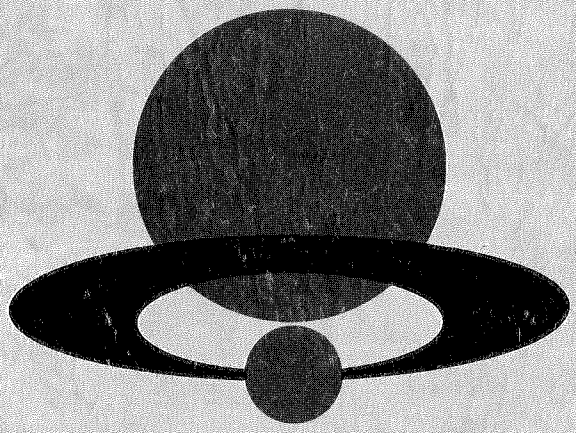
第18回原産年次大会
報文集

PROCEEDINGS
OF
The 18th JAIF ANNUAL CONFERENCE



昭和60年4月9日(火)－11日(木)

東京
ニッショーホール

1985. 5. 27
No. 21479

(社)日本原子力産業会議
JAPAN ATOMIC INDUSTRIAL FORUM, INC.

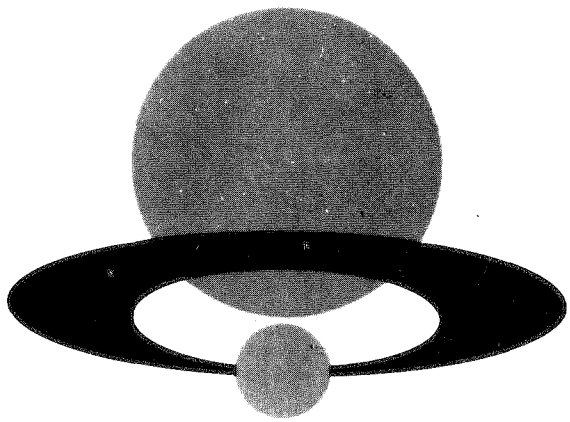
第18回原産年次大会

報文集

PROCEEDINGS

OF

The 18th JAIF ANNUAL CONFERENCE



昭和60年4月9日(火)－11日(木)

東京

ニッショーホール

(社)日本原子力産業会議

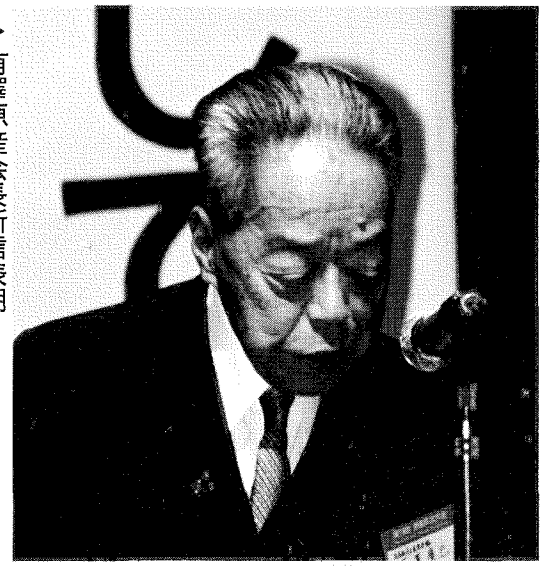
JAPAN ATOMIC INDUSTRIAL FORUM, INC.

第１８回原産年次大会準備委員会委員名簿

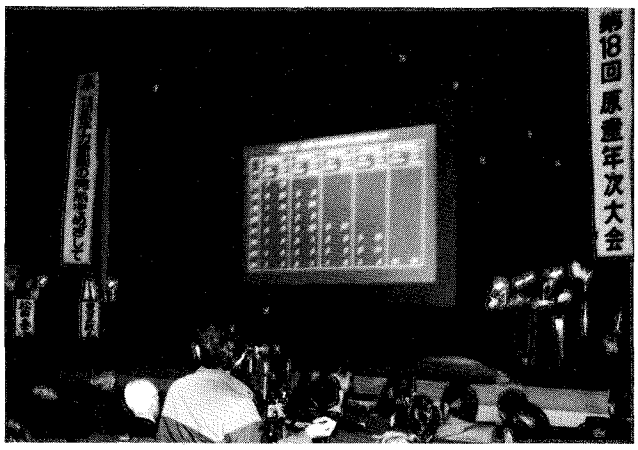
（敬称略・五十音順）

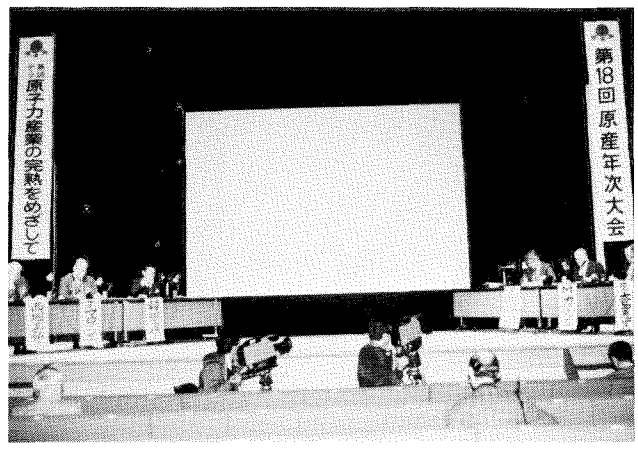
委員長	吉山博吉	㈱日立製作所会長
委員	青井舒一	㈱東芝副社長
	青木成文	東京工業大学名誉教授
	秋元勇巳	三菱金属㈱常務取締役
	秋山守	東京大学教授
	飯田孝三	関西電力㈱副社長
	飯田庸太郎	三菱重工業㈱副社長
	五十嵐冨英	日本経済新聞論説委員
	石川寛	日本原子力研究所副理事長
	神谷和男	日本開発銀行理事
	川上幸一	神奈川大学教授
	佐々木元増	住友原子力工業㈱副社長
	高橋宏	日本エネルギー経済研究所研究顧問
	田中好雄	日本原子力発電㈱副社長
	戸田一夫	北海道電力㈱副社長
	豊田正敏	東京電力㈱常務取締役
	永根五郎	動力炉・核燃料開発事業団副理事長
	長橋尚	電気事業連合会専務理事
	中村政雄	読売新聞論説委員
	西政隆	㈱日立製作所副社長
	野村顕雄	日本原燃サービス㈱副社長
	林政義	中部電力㈱副社長
	村田浩	原子力安全研究協会理事長
オブザーバー		
	中村守孝	科学技術庁原子力局長
	松田泰	通商産業省資源エネルギー庁長官官房審議官
	松田慶文	外務省科学技術審議官

◀吉山大会準備委員長挨拶

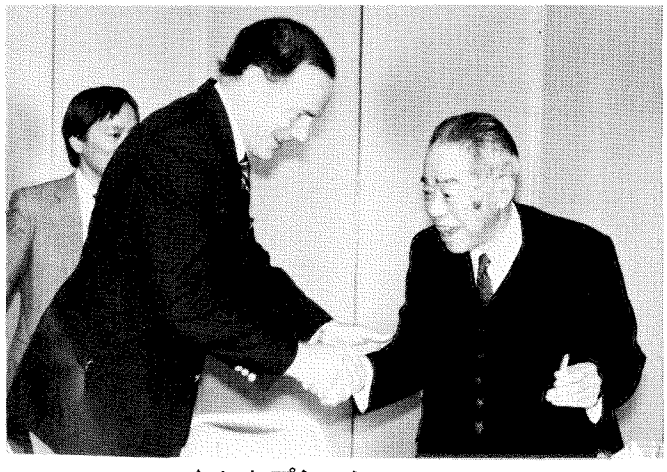


▶有澤原産会長所信表明





▲パネル討論▲



▲ レセプション

▲ 午餐会

目　　次

プログラム

＜開会セッション＞

大会準備委員長挨拶…… 吉山博吉 ……1
原産会長所信表明…… 有澤廣巳 ……5
原子力委員長所感…… 竹内黎一 ……10

＜セッション1＞　世界のエネルギー情勢と原子力発電の将来展望

原子力平和利用における国際協力とIAEAの役割（英文）…… H. ブリックス ……17
アメリカにおける原子力発電（英文）…… J. ジョンストン ……37
フランスのエネルギー計画と原子力産業政策…… M. マルヴィ ……46
日本における原子力開発の位置付けと課題…… 那須翔 ……55
中国の原子力発電計画と国際協力 …… 劉書林 ……65
インドネシアのエネルギー事情と原子力開発政策（英文）…… D. アヒムサ ……69
オーストラリアの原子力産業（英文）…… D. ウォーカー ……83

＜セッション2＞　軽水炉の運転経験と改良の方向

基調講演　わが国における軽水炉の運転経験と今後の課題…… 豊田正敏 ……105
パネル討論　各パネリストキーノート（英文）…… J. ルクレア ……126
〃　（英文）…… H. シェンク ……140
〃　（英文）…… 朱以淵 ……148
〃　…… 松田泰 ……152
〃　…… 飯田庸太郎 ……154
パネル討論 ……167

＜午　餐　会＞

通商産業政務次官所感 …… 与謝野馨 ……173
特別講演　日本人の美の心 …… 東山魁夷 ……176

＜セッション3＞　原子力産業技術の最前線

原子力発電と自動化技術…… 是井良朗 ……183
原子力発電施設耐震信頼性実証試験 …… 大森敏二 ……194
シッピングポートの廃炉計画と応用技術（英文）…… R. スケイブデール ……201

アメリカのウラン濃縮新技術（英文）…… J．ロングネッカー ……220
燃料開発への新技術の導入 …… 植松邦彦 ……229
燃料の安全輸送技術 …… 青木成文 ……239
スウェーデンにおける放射性廃棄物の貯蔵・管理（英文）…… S．ビューストローム ……245
カナダにおける放射性廃棄物管理（英文）…… R．ライアン ……260
ＪＴ－６０の建設と核融合技術開発 …… 森茂 ……279

＜セッション４＞ 燃料サイクル産業化への課題
わが国における燃料サイクル事業確立上の諸課題…… 村田浩 ……285
フランスにおける燃料サイクルダウンストリームの開発の現状と計画（英文）
…… M．ドランジュ ……295
西ドイツにおける再処理事業の推進体制（英文）…… H．シュンク ……312
イギリスの再処理事業体制（英文） …… W．ウィルキンソン ……322
放射性廃棄物管理 — その国際的展望（英文） …… P．ストロール ……332

＜セッション５＞ 国際核不拡散体制への新しいアプローチと平和利用の促進
基調講演 原子力平和利用と核不拡散 — 過去と未来 …… 西堀正弘 ……349
パネル討論 各パネリストキーノート（英文）…… M．カーン ……356
〃 （英文）…… J．ウーヴリュー ……373
〃 （英文）…… 韓弼淳 ……378
〃 （英文）…… J．マローン ……382
パネル討論……389

第１８回原産年次大会

プ ロ グ ラ ム

昭和６０年４月９日（火）～１１日（木）
東京・ニッショーホール

基調テーマ ： 原子力産業の完熟をめざして

<table>
<tr><th></th><th>第 １ 日</th><th>第 ２ 日</th><th>第 ３ 日</th></tr>
<tr><td></td><td>４月９日（火）</td><td>４月１０日（水）</td><td>４月１１日（木）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">午前</td><td>開会セッション
(9:30～10:40)
大会準備委員長挨拶
原産会長所信表明
原子力委員長所感</td><td rowspan="2">セッション２
(9:30～12:00)
「軽水炉の運転経験と改良の方向」
［パネル討論］</td><td rowspan="2">セッション４
(9:30～12:50)
「燃料サイクル産業化への課題」
［講　演］</td></tr>
<tr><td>セッション１
（午前　10:45～12:05）
（午後　14:00～17:30）
「世界のエネルギー情勢と原子力発電の将来展望」
［講　演］</td></tr>
<tr><td rowspan="3">午後</td><td rowspan="2"></td><td>午餐会　(12:20～14:15)
通商産業大臣所感
［特別講演］
於ホテル・オークラ</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>原子力映画上映
(13:00～14:10)
セッション３
(14:30～18:00)
「原子力産業技術の最前線」
［映像講演］</td><td>セッション５
(14:00～17:00)
「国際核不拡散体制への新しいｱﾌﾟﾛｰﾁと平和利用の促進」
［パネル討論］</td></tr>
<tr><td>レセプション
(18:00～19:30)
於ホテル・オークラ</td><td></td><td></td></tr>
</table>

4月9日（火）

開会セッション（9:30～10:40）

議長：　山下　　勇　　三井造船㈱会長

大会準備委員長挨拶　　吉山　博吉　　㈱日立製作所会長

原産会長所信表明　　有澤　廣巳　　(社)日本原子力産業会議会長

原子力委員長所感　　竹内　黎一　　原子力委員会委員長，科学技術庁長官

＜休憩　10:40～10:45＞

セッション1：世界のエネルギー情勢と原子力発電の将来展望（10:45～17:30）

議長：　田中　精一　　中部電力㈱社長

「原子力平和利用における国際協力とＩＡＥＡの役割」

Ｈ．ブリックス　　国際原子力機関（ＩＡＥＡ）事務総長

「アメリカにおける原子力発電」

Ｊ．ジョンストン　　アメリカ上院議員（民主党、ルイジアナ州）
エネルギー天然資源委員会上級委員

＜昼休み　12:05～14:00＞

議長：　藤波　恒雄　　日本原子力研究所理事長

「フランスのエネルギー計画と原子力産業政策」

Ｍ．マルヴィ　　産業再編・対外貿易相付エネルギー担当国務大臣

「日本における原子力開発の位置付けと課題」

那須　　翔　　東京電力㈱社長

＜休　憩　　１０分＞

議長：　伊藤　俊夫　　日本原子力発電㈱会長

「中国の原子力発電計画と国際協力」

劉　　書林　　中国原子力工業公司会長

「インドネシアのエネルギー事情と原子力開発政策」

Ｄ．アヒムサ　　インドネシア原子力庁（ＢＡＴＡＮ）長官

「オーストラリアの原子力産業」

Ｄ．ウォーカー　　オーストラリア原子力委員会副委員長

レセプション（18:00～19:30　於 ホテル・オークラ）
別館地下２階　曙の間

4月10日（水）

セッション2：軽水炉の運転経験と改良の方向（9:30～12:00）

議長：　三島　良績　　東京大学名誉教授

＜基調講演＞

「わが国における軽水炉の運転経験と今後の課題」

豊田　正敏　　東京電力㈱常務取締役

＜パネル討論＞

J．ルクレア	フランス電力庁（EDF）副総裁・原子力火力発電本部長
H．シェンク	オブリッヒハイム原子力発電会社社長 西ドイツ原子炉安全委員会（RSK）委員長
飯田庸太郎	三菱重工業㈱副社長
豊田　正敏	東京電力㈱常務取締役
松田　泰	通商産業省資源エネルギー庁長官官房審議官
朱　以潤	台湾電力会社副社長

午餐会（12:20～14:15　於　ホテル・オークラ）
本館1階　平安の間
通商産業大臣所感
＜特別講演＞「日本人の美の心」
日本画家　東山　魁夷

原子力映画上映（13:00～14:10　於　ニッショーホール）
- 原子力の平和利用を守る（科学技術庁）
- 安全をつくる－高浜発電所3,4号機の建設（関西電力）
- イギリスにおける高速増殖炉開発（UKAEA）

セッション3：原子力産業技術の最前線（14:30～18:00）

議長：　木村　繁　　朝日新聞調査研究室主任研究員

「原子力発電と自動化技術」

是井　良朗　　㈱日立製作所原子力事業部長

「原子力発電施設耐震信頼性実証試験」

大森　敏二　　(財)原子力工学試験センター理事

「シッピングポートの廃炉計画と応用技術」

R．スケイブデール　　ゼネラル・エレクトリック（GE）社
廃棄物管理運営部長

「アメリカのウラン濃縮新技術」

J．ロングネッカー　　アメリカエネルギー省次官補代理

「燃料開発への新技術の導入」

植松　邦彦　　動力炉・核燃料開発事業団理事

「燃料の安全輸送技術」

青木　成文　　東京工業大学名誉教授

＜休　憩　　5分＞

「スウェーデンにおける放射性廃棄物の貯蔵・管理」

S．ビューストローム　　スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社(SKB)社長

「カナダにおける放射性廃棄物管理」

R．ライアン　　カナダ原子力公社（AECL）
ホワイトシェル原子力研究所廃棄物管理部長

「JT－60の建設と核融合技術開発」

森　茂　　日本原子力研究所理事

4月11日（木）

セッション4：燃料サイクル産業化への課題（9:30～12:30）

議長：　小　林　健三郎　　日本原燃サービス㈱社長

「わが国における燃料サイクル事業確立上の諸課題」

村田　　浩　　(社)日本原子力産業会議副会長

「フランスにおける燃料サイクルダウンストリームの開発の現状と計画」

M．ドランジュ　　フランス核燃料公社（COGEMA）再処理事業部産業担当理事

「西ドイツにおける再処理事業の推進体制」

H．シュンク　　在日西ドイツ大使館首席参事官（科学担当）

「イギリスの再処理事業体制」

W．ウィルキンソン　　イギリス核燃料公社（BNFL）理事

「放射性廃棄物管理－その国際的展望」

P．ストロール　　OECD原子力機関（NEA）事務次長

セッション5：国際核不拡散体制への新しいアプローチと平和利用の促進（14:00～17:00）

議長：　大島　恵一　　東京大学名誉教授

＜基調講演＞

「原子力平和利用と核不拡散－過去と未来」

西堀　正弘　　原子力委員会委員

＜パネル討論＞

J．ウーヴリュー　　フランス原子力庁（CEA）国際局長

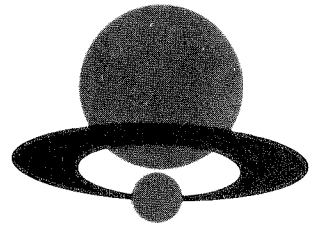
西堀　正弘　　原子力委員会委員

韓　　弼淳　　韓国原子力委員会委員

M．カーン　　パキスタン原子力委員会委員長

J．マローン　　アメリカ国務省次官補（海洋国際環境科学問題担当）

開会セッション



大会準備委員長挨拶

㈱日立製作所会長
吉山　博吉

原産会長所信表明

(社)日本原子力産業会議会長
有澤　廣巳

原子力委員長所感

原子力委員会委員長
科学技術庁長官
竹内　黎一

大会準備委員長挨拶

㈱日立製作所

会長　吉山博吉

ご臨席の皆様，第18回原産年次大会の開会に当たり，準備委員会を代表してご挨拶申し上げる機会を得ましたことは，私の大きな喜びであります。

本日は，国内からは竹内黎一国務大臣・科学技術庁長官，海外からはハンス・ブリックス国際原子力機関（IAEA）事務総長，ジョンストン・アメリカ上院議員，マルヴィ・フランス産業再編対外貿易相付エネルギー担当国務大臣，劉書林中国原子力工業公司会長をはじめとして，パキスタンなど新たに参加された国を含めて，国内外の高名な原子力関係者多数のご参加を得まして，本年次大会を盛大に開催する運びとなりましたことは，大変光栄に存じます。

ここに改めて，本年次大会における議長，スピーカーをご快諾戴きました大会関係者各位に厚くお礼を申し上げるとともに，本年次大会に参加された国内ならびにはるばる海外から参加された方々に，深甚なる感謝の意を表する次第であります。

私ども準備委員会は，本年次大会のプログラムの編成に当たり，基調テーマを「原子力産業の完熟をめざして」と定めました。

ご高承の通り，わが国の長期エネルギー戦略の基本は，いかにして石油依存度を低下させるかにありますが，そのための主柱をなす原子力発電は，今や，合計29基，2,073 万kWが運転中であり，総発電設備の14％を占めるに至っております。また，発電電力量においても，原子力の割合が本年度末には25％に増加することが予測されております。さらには，原子力発電所の運転実績においても，1982年から３年間連続して，時間稼働率，設備利用率の双方で70％台の高率を達成し，今後とも原子力発電が主力電源として大きな役割を果たすことが期待されております。このためには，これまでの実績に甘んずることなく，軽水炉の改良高度化，建設・運転費の低減など信頼性，経済性の一層の向上を目指して，在来電源に対する原子力発電の優位性をさらに強固にしていくことが重要な課題となっております。

また，原子力発電の円滑な推進にとって欠くことのできない燃料サイクル事業を早期に確立するという大きな課題が残されております。とくにウラン濃縮ならびに燃料サイクルバックエンド分野の事業化は，まだその緒についたばかりであり，今後その確立に向けて官民双方が総力を上げて取

り組む必要があります。

将来にわたって原子力産業が活力ある発展を維持していくためには，技術的かつ経済的な観点から産業基盤の強化を図る必要があり，最先端技術との連繋を含めて常に積極的な技術革新を図っていくことが望まれます。

加えて，原子力の持つ国際的な側面は最近ますます強調されてきておりますが，巨大技術である原子力の開発利用においてわが国が一層重要な役割を果たすことが期待されております。わが国は諸外国からの協力要請に対して，国際社会における原子力平和利用の拡大をめざして，積極的に対処することが肝要かと思われます。

準備委員会は，以上のような現状認識の下に，本年次大会の基調テーマを「原子力産業の完熟をめざして」と定めた次第であります。

本年次大会は，この開会セッションの後，３日間の会期に５つのセッションの下で，わが国および国際社会において原子力開発を推進する上で直面している諸問題について，論議を行うことと致しております。それではセッションの順を追って，それぞれの内容をご紹介申し上げます。

セッション１の「世界のエネルギー情勢と原子力発電の将来展望」では，国際原子力機関をはじめ，アメリカ，フランス，中国，インドネシア，オーストラリアそして日本の代表から，それぞれ各国のエネルギー情勢への展望と原子力発電の見通しについて，見解を伺います。

最近の世界の石油市場は，イラン・イラク戦争の長期化等による不安定要因にもかかわらず，一応安定しており，そのため世界経済は平静を保ちつつあります。このような世界のエネルギーを巡る情勢の下で，先進諸国は，より低廉で供給安定性のあるエネルギーの確保をめざして，エネルギー源の多様化を図っております。

ここ当分の間，石油を中心とする化石燃料が相当の比重を占める，いわば“複合エネルギー時代”が続くと思われますが，エネルギー資源に乏しいわが国では，脱石油の主役たる原子力の開発推進に積極的な努力を傾注することが目下の急務であります。わが国では，1973年10月の「第１次石油危機」以来，国をあげて努力を行った結果，減少傾向にありますが，１次エネルギー供給に占める石油の割合は，10年後の1983年度においても61％を占め，その大部分が海外から輸入されている現実を思い起こすべきだと考えます。

本セッションの各代表からは，さまざまなエネルギー事情，原子力の役割ならびに原子力政策についてレビューし，併せて今後の原子力開発の方向付け，国際協力の在り方等について，長期的視野に立った示唆に富んだ提言が行われるものと思います。

次にセッション2の「軽水炉の運転経験と改良の方向」では，フランス，西ドイツ，台湾および日本の軽水炉ユーザー，メーカーなど6名の代表が討論を行います。

先程申し上げました通り，わが国においては，軽水炉の運転実績は，ここ数年来，非常に優秀な成績を記録しております。しかしながら将来にわたって，運転の信頼性と，石炭火力等と比べた発電コストの経済性を継続的に向上させるためには，設計，建設，運転面における一層の改良ならびに許認可手続き，定期検査等の合理化を推進する必要があります。

このセッションでは，これまでに蓄積された軽水炉の運転経験と各種実証試験の成果についてレビューが行われるほか，国際協力の推進を含めて，軽水炉による原子力発電が抱える当面の課題について，充分な意見の交換が行われるものと考えます。

次にセッション3の「原子力産業技術の最前線」では，原子力開発の全般的分野における最新の技術開発の動向が紹介されます。現在の産業界の動向を見ますに，エレクトロニクス，光技術を中核とした情報技術，ニューセラミックスをはじめとした新素材，メカトロニックスならびにバイオテクノロジー等の先端技術が飛躍的な進歩をみせておりますが，原子力産業分野においても，既存技術の改良とともに，そのような先端技術の応用について，積極的な努力がなされております。こうした新技術の使用により，原子力発電所の運転・保修，さらには燃料サイクル，放射性廃棄物管理等の面において，原子力の安全性，経済性ならびに信頼性が一層確立されるものと判断されます。一方核融合分野においても，このような新技術がその開発に大いに貢献するものと思われます。

本セッションでは，内外の発表者から，興味深い最新技術が紹介されるものと期待しております。

次にセッション4の「燃料サイクル産業化への課題」に関しましては，内外の代表5名から燃料サイクル産業化の経験，現状ならびに課題等が紹介されます。

わが国の燃料サイクル産業化については，去る3月，ウラン濃縮と低レベル放射性廃棄物管理の事業主体となる日本原燃産業株式会社が設立され，その円滑な推進が大いに期待されるところであります。申し上げるまでもなく，燃料サイクルの確立は原子力発電には不可欠でありまして，その意味で同社の設立は原子力開発の一里塚として記録されるべきものであります。しかるに，技術的には既に確立された燃料サイクルを事業化し，推進していくためには，研究開発機関・民間産業界の支援体制および国内諸制度の整備とともに，地域住民との協調ならびに国際協力等の重要課題が多々残されております。

本セッションでは，わが国における燃料サイクル事業確立上の諸課題が明らかにされるとともに，OECD原子力機関代表と，再処理事業において先進国である欧州3か国の代表から，わが国の燃料サ

イクル産業確立にとって，極めて有益な報告が行われるものと考えます。

最後のセッションは「国際核不拡散体制への新しいアプローチと平和利用の促進」と題して，現行の核拡散防止条約を中心とする核不拡散体制の問題点と課題について，５名の方々により討論が行われます。開発途上国の原子力利用への意欲が近年急速に高まってきておりますが，こうした中で本年９月，ジュネーブにおいて第３回NPT 再検討会議が，さらには来年11月，ジュネーブにおいて国連原子力平和利用会議が開催されます。このような国際会議に先立ち，本セッションのパネル討論では，核不拡散と原子力平和利用の両立をめざして，新しい国際秩序の確立と国際協力促進への方策について，様々な見解の発表や提言があると思います。

終わりに，３日間の本年次大会を通して，活発な論議が展開され，原子力開発の確固たる進路が明らかにされるとともに，各国のエネルギー事情について内外参加者の充分な相互理解が得られますことを期待するものであります。

原産会長所信表明

日本原子力産業会議

会長　有澤　廣巳

日本原子力産業会議第18回年次大会を開催するにあたり一言ご挨拶申し上げます。

昨年のわが国の経済は，実質経済成長率が5.8％となり，ようやく景気が回復してまいりました。一昨年のOPECの原油価格値下げや景気回復に伴う産業活動の活発化を反映して，わが国の一次エネルギー需要は，83年度に前年比4.4％とようやく上向きに転じ，その後も増加傾向が続いています。なかでも原子力は，83年度11.6％の伸びをみせるなど，その伸び率は著しいものがあり，電気事業連合会では，電力供給量に占める原子力の割合が，今年度中にも4分の1程度に，10年後には3分の1程度に高まると見通しています。

わが国の原子力発電所は，昨年福島第二の2号機をはじめ，女川，川内1号，また今年に入り高浜3号が運転入りし，全体では29基，2,073 万KWに達するまでになりました。全発電設備に占める割合は14％を超え，火力に次ぐ基幹電源に成長し，発電コストでは資本費の高い原子力発電には不利な初年度コストでみましても，KWh 当たり13円と最も安い電源に位置づけられています。この経済性に加えまして，わが国の原子力発電所は，信頼性についても世界的に高く評価されています。算定方法も各国で若干違うようですが，1基当りの年間スクラム回数も昨年は，0.1 回にまで下り，また軽水炉燃料棒の一次冷却系への年間のリークも，10万本に対して1本以下と，諸外国に比べかなり低くなっています。これらの高い信頼性を背景に，高い稼働率を維持してきており，昨年度の稼働率は，73.9％に達しました。平均90日程度の厳しいチェックによる現在の定期検査を差し引きますと，稼働率は実質95％以上と，極めて高いものとなり，わが国の原子力発電は，すでに成熟の段階に入ったといえます。

しかし，この段階でとどめることなく，準備委員長からも話しがありました「完熟」をめざし，もう一歩進めなければなりません。そのためには，原子力がもっています，大量のエネルギーを経済的に供給できるという，優れた特性を十分引き出していくことです。具体的には，一昨年の年次大会でも指摘しました建設費の低減をはかるとともに，従来のベースロードとしての役割からミドルロードとしても対応していけるよう技術の確証，あるいは火力との調整を進めるべきです。また，現在の高いパフォーマンスに甘んじることなく，機器やシステムの信頼性の一層の向上や簡素化，

さらに保守の省力化など，いわゆる軽水炉の高度化にも取り組んでいかなければなりません。

この点につきましては昨年，総合エネルギー調査会の軽水炉高度化小委員会が中間報告をとりまとめていますが，それによりますと，現状では平均3か月程度かかります定期検査を2か月程度に，また定検から定検の間の運転継続期間を，11か月から15か月程度にもっていくことを目標におくとともに，原子力発電所自体の寿命を長くするための補修，あるいは工法等の技術開発にも取り組んでいくべきであるとしています。これらが実現していきますと，80%以上の稼働率の達成が可能となります。この高度化への努力により，生涯にわたる原子力発電所の平均発電コストは，大幅に低減していくことは間違いありません。これから実施していきます原子炉廃止措置や廃棄物の最終処分コストを考えますと，コスト的優位性が覆えされるとの批判もありますが，原子力発電コストの優位性は，将来ともに約束されたものになると確信しています。この高度化に関してですが，来年，原産は創立30周年を迎えるにあたり，来年度の年次大会開催にあわせて「軽水炉技術高度化に関する国際会議」を開催し，各国の権威者とともに，この分野における経験ならびに今後の協力方策等について意見交換を行なう場をつくりたいと考えています。みなさまの協力をお願いする次第です。

軽水炉高度化とあわせて，最後に残された大きな課題であります燃料サイクルの確立を，いかに経済的に遂行していくかが，これからの一つのカギとなります。燃料サイクルに対して，ワンス・スルーの方が経済的に僅かながら有利との試算もでています。しかし，これには技術の進歩というファクターが加えられていません。技術とコストは相関関係にあります。また，エネルギー資源に乏しいわが国としましては，燃料サイクルを完結していくことが最も適った方法と考えています。私達関係者は，30年間の原子力開発の総決算としてこの開発に取り組む決意です。こうした認識のもと電気事業連合会は，ウラン濃縮，再処理，低レベル放射性廃棄物貯蔵の3施設の立地を青森県六カ所村に決め，昨年関係方面に協力を申し入れました。これに対し地元六カ所村は，受け入れを表明していますが，県としての結論はまだ得られていません。青森県知事は，「協力の要請に応じてしかるべきである」との考え方に立っており，まもなく県としての受け入れの結論が出ることと思います。

この燃料サイクルの3施設を運営していきます事業者についてですが，5年前，INFCE の「核拡散の原因は，技術ではなく政治的誘因による」との結論を踏まえたうえで，ただちに再処理を業務とする日本原燃サービス株式会社が設立されています。またウラン濃縮と低レベル廃棄物の集中貯蔵を業務とする日本原燃産業株式会社は，今年3月に設立されました。県の受け入れにもよりますが，それぞれの施設の準備工事は，来年から始まる予定です。順調に建設が進みますと，ウラン濃

縮については1991年から年間 150トンSWU でスタートし，最終的には 1,500トンSWU の施設を計画しています。また，低レベル廃棄物の貯蔵に関しましては，1991年から受け入れを開始し，規模としては，20万立方メートル，ドラム缶で 100万本相当分を当面の目標として計画が進められることになっています。わが国の自立的な燃料サイクルの最後の輪を閉じることになる再処理につきましては，1995年に操業を始め， 2000 年には年間 800トンの処理を予定しています。

このように，燃料サイクルの産業化に向かって，国内での組織を整え，その規模と開発の時間を決め，世界でも初めてといえる民間による取り組みを行うことになりました。資源の有効利用と放射性廃棄物の処理・処分を産業規模で，つまり経済性を高め，平和利用に徹して確立するという，従来の方針を着実に進めていかなければなりません。これまでの軽水炉の実用化までの道のりは，わが国が軽水炉導入当初考えていた以上に厳しいものがありました。また高い稼働率が得られるようになりましたのは，ここ数年のことです。これから始まります燃料サイクルにつきましても，実用化規模での技術の確立については，簡単に考えるわけにはまいりません。濃縮でいいますと，レーザー法など新しい研究開発が諸外国で進んでおり，これらが実用化されると思われる10年後に，十分競合できるものでなければなりません。わが国でこれから進めます遠心機自体の性能とともに，その寿命についても高いレベルにもっていく必要があります。再処理では，ピンホールのため何か月も運転が止まるようなことがあってはなりません。そのためには，原子力開発を始めたころの初一念に立ち帰り，関係者が一丸となり，燃料サイクル実用化に向け技術開発に取り組んでいくべきです。

これらの計画につきましても，世界的にエネルギーに対する緊迫感が弱まってきていることから，需要とのバランスを考え，新しい技術の見通しを見極めながら，慎重に進めていかなければなりません。このことは増殖炉についてもいえます。例えば，増殖比を犠牲にしても経済性を高めていくという発想が必要です。今日では，これらを検討していくための時間は与えられていると思います。

燃料サイクルを進めるにあたっては，核不拡散に関する日米間の懸案事項を解決しておくことも必要です。両国間には米国産燃料を再処理する際の手続きについて，すでに４年前，両国の首脳の間で早急に恒久的解決をはかる，との合意が得られているものの，この問題についてはいまだ決着をみていません。これまでの話し合いで双方の立場や考え方は披瀝されており，今後は恒久的解決をはかるための決定をしなければなりません。平和利用に徹しているわが国で，原子力は，すでに重要な電源として定着しており，この利用が阻害されるようなことがあってはなりません。

現代文明は，エネルギーを大量に供給しなければなりませんが，原子力は，大量かつ安定的な新

たなエネルギー供給源として今世紀に登場してきました。100万KWの火力発電所を1年間運転しますと，20万トン級タンカーで7隻分の重油を必要とするのに対し，原子力は，濃縮ウランがわずか30トン程度で済むほか，化学的反応とは違ったクリーンなエネルギーでもあります。また私は，技術の発展とともに，最も経済的に供給できるエネルギーとの認識で進めてきました。この認識は今も変わっていません。しかし，不幸にも原子力は，開発初期に兵器として使われ，それが有力な兵器であったため，核兵器の生産競争が始まりました。現在もその増強が続けられており，軍事的利用が政治的に勝っているといえます。本来，原子力は，人類をエネルギーの制約から解放できるものであり，この新しいエネルギーを，途上国でも利用できるようにすべきです。世界の破壊のためではなく，世界の平和のためにのみ利用していくべきです。

核の増強が続き，一部の国に拡散する恐れがある現状では，NPT は大切な役割をもっていますが，NPT が平和利用への妨げになってはなりません。今年は第3回NPT 再検討会議が開催されますが，平和利用が円滑に進められるよう各国は，平和利用に徹することを誓い，一方，核兵器国は，核の廃絶のため努力すべきです。そうすることによって，NPT 自体必要のない世界を一刻も早く迎えたいものです。

私は，東西の核の対決が尖鋭化しつつあることを危機感をもってみています。世界のリーダーもこうした考えをもっていると信じています。これまで何回となく核の削減交渉や廃絶が叫ばれていますが，依然として実行が伴っていません。秒単位で発射が要求され，しかも膨大な数に達した核のコントロールがはたして可能なものか，私はこれに対し疑いを禁じえません。西洋のことわざにもありますように「地獄への道は善意のコトバで溢れていた」であってはなりません。もはや専門家の討論だけでなく，核保有国は速やかに核の廃絶にとりかからなければなりません。さいわい，包括的な軍縮交渉が米ソ間で再開しましたが，これに大いに期待したいと思います。

わが国原子力界は，国内の原子力開発だけではなく，平和利用に徹し，諸外国にニーズに合わせた協力を進めていく考えです。中国では現在，経済改革が進められていますが，そのためには特に，電力の安定供給が不可欠です。この中国の政策にわが国の技術が加われば，これからの発展に弾みがつくことは間違いありません。昨年も申しましたが中国自身の発展は，アジア諸国の平和と安定につながるものと確信しており，わが国原子力産業界は，中国の原子力開発に惜しみない協力をしていく所存です。そのためには，中国との原子力協力協定を結び，国際的なルールにのっとって進めていくことはいうまでもありませんが，両国政府はこの協定に関しまして，すでに基本的合意を得ており，近いうちに協力協定が締結されるものと信じます。

中国以外に，アジア太平洋地域をはじめとする開発途上国との原子力協力活動も年々活発化しています。昨年度でみますと，IAEAのアジア原子力地域協力協定（RCA ）にもとづく協力では，10数か国から60名程度の技術者を受け入れたほか，技術指導，専門家会合のため10数名の技術者・研究者を派遣しています。また，２国間ベースでも，マレーシアに対する研究炉技術協力をはじめ，いくつかの実績をあげつつあります。さらに，本年度から科学技術庁が「原子力研究交流制度」を発足させましたが，今後は，質・量とも充実した協力活動が展開されることになると思います。

原産の国際協力センターでも，民間の立場からこれらの活動に協力していくとともに，きめこまかな対応をはかっていきたいと考えています。そのため，今月下旬には，政府・民間合同による「東南アジア原子力協力代表団」の派遣を，また秋にはジャカルタにおいてセミナーの開催を企画しております。

わが国は，輸出できるエネルギー資源はありませんが，いつでも供給できます原子力技術があります。これは，これまでのように簡単に，機器や装置を輸出するだけで済むというものではありません。受け入れ国の技術レベルの向上に手をかしながら，わが国のこれまでの経験も含め，本当に技術が根づいていくよう，漸進的に供与していく考えです。アジアの諸地域が21世紀に向け，ゆっくりと，しかし着実に原子力時代を迎えられてこそ，アジアの発展は約束されたものになります。

最後に，本大会のため，わざわざ海外からご参加くださった発表者，ならびに吉山準備委員長はじめ日本の議長，発表者の方々に対して心からお礼を申し上げますとともに，核不拡散問題ほかそれぞれのセッションでの討議が実りあるものとなりますよう期待しまして，私の所信表明を終わらせていただきます。

原子力委員長所感

原子力委員会委員長・科学技術庁長官

竹内　黎一

本日，ここに内外から多数の原子力関係者をお迎えして，第18回日本原子力産業会議年次大会がかくも盛大に開催される運びとなりましたことは誠に慶賀にたえません。有澤会長，吉山大会準備委員長をはじめ，今大会の開催にご尽力された皆様方に心からお祝いを申し上げますとともに，各国，各機関において原子力分野で指導的役割を果たされている参加者の皆様方に対し心から歓迎の意を表したいと思います。

今大会においては，「原子力産業の完熟をめざして」という基調テーマのもとで様々な討論が行われると伺っております。

皆様，御高承のとおり，わが国が原子力の開発利用に本格的に着手して以来，30年余を経過し，原子力発電について言えば，総発電電力量の20%以上を賄うまでに至っております。また，その稼働率も，法律によって課せられている定期検査に要する日数を考慮すると，実質的にはフル稼働に近い極めて良好な実績を挙げており，技術的にも経済的にも，電力供給の重要な一翼を担うに十分なものとなっております。

また，原子力産業も，近年，黒字基調で推移している等，産業としての確固たる地歩を築きつつあります。

このように，我が国の原子力開発利用は，まさに今大会の基調テーマにもありますように「完熟をめざして」という段階に立ち至っております。しかしながら，これまでの開発の歴史を振り返ってみますと，当初においての研究開発の段階，初期の実用期，そしてそれに続く昭和40年代後半から50年代前半にかけての，燃料棒の曲がり，配管の応力腐食割れ，蒸気発生器の伝熱管損傷等の問題が生じ，それらを自分達の手により一つ一つ克服していった，いわば苦難の時代を経て，今日を迎えている訳でありまして，その道程は決して平坦なものではありませんでした。今日の，この発展は，まさに関係の方々の，自主技術確立を目指しての血のにじむような努力の賜でありまして，原子力という未知の分野に飛び込み，手探りで開発に携わった先達の方々，そしてここに御参会の方々をはじめとする関係各位に対し，改めて深甚よりの敬意を表する次第であります。

ところで，ここまで到達してきた我が国の原子力開発利用も，まだまだ多くの乗り越えるべき課

題をかかえております。

現下の原子力政策上，当面する最大の課題は，自主的な核燃料サイクルの早期確立であります。

原子力発電は，経済性に優れ，大量かつ安定的な電力供給源として最も有望なものでありますが，加えて，使用済燃料を再処理し，回収されるプルトニウム及びウランを利用することにより，ウラン資源の有効利用を図ることができるとともに，資源面での対外依存度を低減できる点に，化石燃料とは異なる特徴を有しております。即ち自主的な核燃料サイクルを確立し，プルトニウムの利用等を図ることにより，原子力発電は，高い供給安定性を有する準国産エネルギーとして位置付けられ得る訳でありまして，エネルギー資源に全くと言っていい程恵まれていない我が国にとって，この自主的核燃料サイクルの確立及びプルトニウムの利用システムの実用化は，とりわけ重要な意味を持つものであります。

現在の我が国の状況を見ますと，ウラン濃縮役務及び使用済燃料の再処理の殆どを海外に依存している状態にあり，また，放射性廃棄物に関しても，現在事業所内において安全に貯蔵されているものの，その最終的な処分体制を確立するまでに至っておりません。

これまで核燃料サイクル分野においては，動力炉・核燃料開発事業団を中心に，鋭意研究開発が進められ，ウラン濃縮，再処理ともに，いわゆる実用化移行段階と言われる時期に達しております。このような段階を迎え，昨年４月には，電気事業連合会より青森県に対しまして，ウラン濃縮施設，再処理施設及び低レベル放射性廃棄物貯蔵施設の３施設の立地協力要請がなされ，その後，関係各方面において，立地推進のための努力が精力的に続けられてきているところであります。そして，まさに本日，青森県議会において，本件に関する県論集約のための最終的な御討議が行われる運びとなっている由でございまして，朗報をお聞かせいただけることを切に願う次第であります。

このように，自主的な核燃料サイクル確立に向けて大きな前進が見られつつありますが，本３施設の建設は，国として是非とも成し遂げなくてはならない最重要プロジェクトでありまして，今後とも，その円滑な推進に，官民一体となって，取り組んでいかなければならないものと考えており，政府としても積極的な支援を行って参る所存であります。

以上述べましたような状況の中にあって，原子力委員会は，再処理問題に関しましては，「再処理推進懇談会」を，また放射性廃棄物の処理処分に関しましては，「放射性廃棄物対策専門部会」を設け，早期に結論を得るべく，鋭意調査審議を進めているところであります。さらに核燃料サイクル全般にわたる関係施設の効果的推進を期すため，関係の方々に御参集いただき，「核燃料サイクル推進会議」を随時開催してきておりますが，来たる12日，青森県知事も御参加をいただき，本

推進会議を開催し，先に述べましたようなこれまでの進展の状況を踏まえ，今後の対応方針等につき，御討議いただくこととしております。

続いて，次代の発電炉として期待される新型転換炉及び高速増殖炉の開発並びに軽水炉によるプルトニウムの利用を進め，その実用化を推進することも極めて重要な課題であります。

我が国は，国産エネルギー資源として扱うことのできるプルトニウムを有効に利用していくとの観点から，軽水炉から高速増殖炉へという炉型戦略を基本としておりますが，高速増殖炉の実用化時期に関しましては，世界的な趨勢として，従来考えられていた時期より先に延びるとの見方が強まりつつあります。従いまして，高速増殖炉実用化までの間におけるプルトニウムの早期利用を図る観点からの，新型転換炉の開発及び軽水炉によるプルトニウム利用に，より積極的に取り組んで行かなければならないものと考えております。

我が国独自の力により開発が進められております新型転換炉に関しましては，すでに原型炉「ふげん」が順調に運転されてきております。それに続く実証炉計画については，官民協力の下に電源開発株式会社が建設・運転の主体となり，1990年代初め頃の運転開始を目標に諸準備がすすめられておりますので，当面この円滑な推進を期することが肝要であると考えております。

また，軽水炉によるプルトニウム利用については，先般，日本原子力発電株式会社敦賀炉における，少数体規模での実証計画に係る安全審査も完了しているところであり，今後，少数体規模での実証を経，実用規模での実証に向って，着実に進めていくことが必要であると考えております。

一方，高速増殖炉につきましては，これは将来の原子力発電の主流となる炉型であります。その開発は動力炉・核燃料開発事業団を中心に自主技術開発により着実に進められてきており，現在原型炉「もんじゅ」の建設準備が急ピッチで進められている段階であります。また，「もんじゅ」の次の段階の炉である実証炉については，原子力委員会「高速増殖炉開発懇談会」においてその開発の進め方等につき調査審議が進められていますが，現在，関係の機関においてその概念を固めるための検討が行われているところでありますので，その結果をも踏まえ，官民の広いコンセンサスの上で実証炉開発計画が着実に推進されるよう努めて参る所存であります。

また，原子力発電の推進に，引き続き積極的に取り組んでいかなければなりません。

近年，国際的な石油需給は緩和傾向にある等，内外のエネルギー情勢は大きく変化してきておりますが，なお，将来にわたって低廉なエネルギーを安定的に確保すべく，石油代替エネルギーの開発・導入を推進することは，引き続き我が国の重要な政策課題であります。就中，経済性，大量供給性等に優れた原子力発電の推進に，引き続き積極的に取り組んでいかなければならないものと考

えております。

今後，原子力発電の規模をより一層拡大していくためには，安全確保の一層の徹底はもとよりのことでありますが，そのほか，経済性の向上，立地の円滑化等の諸課題に，引き続き力を傾けていくとともに，将来に向けて原子炉の廃止措置に対し適切に対処していかなければならないと考えております。

原子力発電の経済性に関しましては，近年，原子力発電の発電コストは徐々にではありますが上昇しております。今後，我が国の電力供給に占める原子力発電のウエイトが増大するにつれ，国民経済全体に与える影響も大きくなってきつつあります。原子力発電は，燃料価格の占める割合が小さく，かつ，技術集約度が高いため，今後の技術開発努力により一層の経済性を図っていくことが可能なものであります。設備利用率の向上，発電原価に占める割合が高い建設費の低減等を中心に今後とも官民一体となって取り組んでいく必要があると考えております。

次に，立地の問題に関しましては，地元住民をはじめとする国民の各層において，広く原子力が受容される基盤を醸成することが，最も肝要なことであると考えております。このためには安全運転の実績を着実に積み重ねることが第一でありましょうが，それとともに，原子力に対する正しい認識を持っていただくための広報活動を展開する等地道な努力の積み重ねも重要であります。また同時に，原子力発電施設の立地が地域の発展につながるよう，国及び地方自治体は，今後とも立地地域の実情を踏まえ，地域と原子力発電が共存していくための地域振興策を講じ，立地の円滑化を図っていかなければならないと考えております。

また，原子炉の廃止措置につきましては，安全の確保を大前提に，地域社会と協調を図りつつ進めるべきであり，さらに狭あいな国土のなかで原子力開発利用を進めざるを得ない我が国としては，原子力発電所の敷地は引き続き有効利用するとの観点から，原子炉の運転終了後できるだけ早い時期に解体撤去することを原則とし，個別には諸状況を総合的に判断し対処することとしております。

原子炉の廃止作業は，現時点でも既存技術またはその改良により対応できると考えられますが，安全性の一層の向上を図るとともに，費用の軽減を図る観点から解体技術，除染技術，遠隔操作技術等を中心に技術開発を進めていかなければならないと考えております。また，廃止措置に伴う放射性廃棄物の処理処分対策，料金制度等の資金面での対応策等についての検討を進めていかなければならないと考えております。

さらに，より長期的観点に立ち，原子力の研究開発に着実に取り組んでいかなければなりません。

まず，核融合につきましては，その中核装置である日本原子力研究所の臨界プラズマ試験装置JT

-60 がこの程本体部の製作を終え，昨日よりプラズマ実験を開始し，昨日の15時５分に，ファーストプラズマが確認されたところであります。これにより，我が国の核融合研究開発も世界の最先端に並びました。今後，臨界プラズマ条件達成へ向けて，日，米，EC各国の研究開発も一段と熱を帯びるものと思われ，その成果に大いに期待しているところでございます。原子力船の研究開発につきましては，先般，日本原子力船研究開発事業団を日本原子力研究所に統合し，今後の原子力船研究開発に必要不可欠な知見，経験を得るために原子力船「むつ」による実験を行って参る所存であります。その他，多目的高温ガス炉の研究開発等長期的観点にたち，多様な研究開発に取り組んでいくこととしております。

最後に，原子力開発利用をめぐる核不拡散と国際協力について述べたいと思います。

我が国は原子力基本法にのっとり，原子力開発利用を厳に平和目的に限って推進してきており，国際的にも「核兵器の不拡散に関する条約」を批准するとともに，IAEAの保障措置を受け入れることにより，原子力開発利用に関し平和利用に徹していることを世界に明らかにしてきているところであります。今後とも我が国は原子力基本法及びNPT 条約の精神にのっとり，核不拡散について先導的役割を果たす所存であり，保障措置及び核物質防護に関する国内体制の充実を図るとともに，IAEAを中心に進められている核不拡散に関する新しい国際的枠組作りに進んで参加するなど，国際的視野に立った核不拡散体制の確立に積極的に貢献していく考えであります。

また，近年，原子力分野における国際協力の機運が，先進国，開発途上国を問わず大いに高まってきており，我が国に寄せられている期待は極めて大きなものがあります。我が国としては，原子力先進国としての国際的責務を果たすとの観点から，これまでの原子力開発利用の実績を生かし，進んで国際協力に努めていくべきであると考えております。

特に開発途上国との協力につきましては，原子力の利用は平和目的に限るとの方針に十分に配慮しつつ，我が国に寄せられている期待に積極的に応えていく所存であります。

また，中国との原子力協力の問題に関しましては，現在，協力のための協定につき協議が重ねられているところでありますが，出来る限り早期に合意に至り，その新たな枠組みの下で積極的に協力を進めて参りたいと考えております。

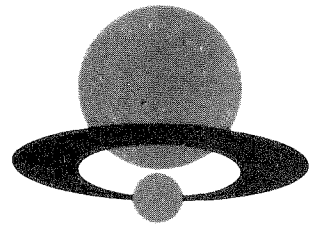
以上，簡単ながら，最近の我が国の原子力開発利用をめぐる諸情勢と今後の原子力政策の課題についての所感の一端を述べさせていただきました。先ほど申し上げましたように，我が国をめぐるエネルギー情勢は近年大きく変化しておりますが，エネルギー資源に乏しい我が国にとっては，原子力開発利用の推進は将来にわたって重要な課題であり，原子力委員会といたしましても，原子力

をめぐる種々の課題に適切に対処し，原子力開発利用を円滑に推進すべく全力をあげて努力していく所存であります。もとより原子力の研究開発の推進に当たっては，多額の資金及び多数の人材が必要とされます。今日の国の行財政をめぐる情勢には誠に厳しいものがありますが，国としても，その重要性に鑑み，効率化，重点化等に配慮しつつ，積極的に取り組んで参りたいと考えております。

最後に，本大会におきましては，多数ご参加の内外の有識者，専門家の方々の間で活発な意見交換，忌たんのない提言がなされ，本大会が盛況のうちに成功をおさめられんことを祈念いたしまして，私の挨拶を終ります。

セッション1

世界のエネルギー情勢と原子力発電の将来展望



原子力平和利用における国際協力とＩＡＥＡの役割

国際原子力機関（ＩＡＥＡ）事務総長
H．ブリックス

アメリカにおける原子力発電

アメリカ上院議員（民主党，ルイジアナ州）
エネルギー天然資源委員会上級委員
J．ジョンストン

フランスのエネルギー計画と原子力産業政策

産業再編・対外貿易相付エネルギー担当国務大臣
M．マルヴィ

日本における原子力開発の位置付けと課題

東京電力㈱社長
那須　翔

中国の原子力発電計画と国際協力

中国原子力工業公司会長
劉　書林

インドネシアのエネルギー事情と原子力開発政策

インドネシア原子力庁（ＢＡＴＡＮ）長官
D．アヒムサ

オーストラリアの原子力産業

オーストラリア原子力委員会副委員長
D．ウォーカー

International Co-operation in the Utilization of Nuclear Energy and the Role of the IAEA

by

Dr. Hans Blix

Director General
International Atomic Energy Agency

18th JAIF Annual Conference
Tokyo, 9 April 1985

May I start with two simple statements. First that the development of the peaceful uses of nuclear energy is having a profound impact in the world. Second that this development is much accelerated and broadened by international co-operation.

As regards nuclear power perhaps we should remind ourselves that it is only 43 years since the first controlled chain reaction took place and no more than 32 years since the first nuclear power plant came into operation. Today there are around 350 nuclear power plants in the world and they produce about 12% of the world's electricity. Yet the nuclear industry is only in its early stages. It is true that overall growth of nuclear power is currently slowing down, but this is primarily because of a much lower increase in demand for electricity than was expected ten years ago and not because of any failure on the part of nuclear power to be safe, viable and competitive. On the contrary, nuclear power has given countries like Japan an energy mix that is safer, more economic and less burdensome for the environment and involving a lesser dependence on foreign supplies.

Nuclear medicine is now a vast subject which is producing new and important methods in diagnostics and therapy. Nuclear techniques in agriculture create new strains of seeds through irradiation-induced mutations and through various uses of radioisotopes. In industry nuclear methods are increasingly used for measurement and polymerization.

Now, to my second point: perhaps no branch of science and technology has benefited so much from and been so dependent on international co-operation as the nuclear one.

Today's extensive trade in nuclear equipment and material would hardly be possible without the unique international safeguards system which the IAEA operates. This system enables exporters to feel confident that their exports will not help to create nuclear weapons and, conversely, enables importers to demonstrate that they are using nuclear energy only for peaceful purposes.

Today's transport of nuclear material would also hardly be possible if there did not exist universally applicable rules for the international transportation of such material. The IAEA developed such rules early on and is periodically engaged in updating them.

The expanding use which we witness today of irradiation to ensure the wholesomeness and prolong the shelf life of various foods was preceded by years of international co-operation through the World Health Organization, the Food and Agriculture Organization and the IAEA.

The steadily improving safety of nuclear power plant operation is facilitated by an international sharing of knowledge and experience. Knowledge and experience is also pooled internationally on the handling and disposal of radioactive waste - the most recent major occasion was a worldwide conference organized by the IAEA in Seattle in 1983.

These few examples may suffice by way of introduction to show how important, indeed indispensable, international co-operation is in different nuclear fields. There are many channels and fora for such co-operation. The present meeting of the JAIF is not only an internal Japanese gathering but serves also as a forum for an international exchange of knowledge and experience. It is an honour for me, representing the worldwide intergovernmental organization for co-operation in the nuclear field, the IAEA, to be present at this meeting of the very successful Japanese nuclear industry. I am glad to have the opportunity to examine with you how international co-operation through the IAEA can further assist Japan and the world to harness nuclear energy for peaceful purposes in a safe and viable manner.

Exchange of experience and knowledge

The exchange of experience and knowledge constitutes an important part of most of the IAEA's activities, from the annual General Conference where ministers of energy or science and technology or heads of atomic energy commissions and nuclear regulatory commissions meet, to the hundreds of scientific and technical meetings which take place each year. In 1984 the IAEA organized some 330 meetings, ranging from major conferences and symposia to small consultants' meetings. A total of more

than 10 000 people took part in these meetings. From many of them reports or records are published and disseminated to enable a wider audience to share their results. The IAEA is, in fact, the world's largest publishing house in the nuclear field.

A central mechanism designed to facilitate worldwide access to published knowledge in the nuclear field is operated by the IAEA in the form of the International Nuclear Information System (INIS). It was set up 15 years ago and is now a computer-based bibliographic information system containing over 800 000 items, to which more than 70 000 documents are added each year. It is used by scientists throughout the world, and I am pleased to add that Japan hosted a regional INIS training seminar last year.

Another example of how the IAEA can serve Member States as a centre of information helping to stimulate better performance of nuclear power is the Agency's Power Reactor Information System (PRIS). It contains data on experience from about 2500 reactor years and some 14 000 plant outages, and further information is added each year. The data are used for analytical studies of power plant performance and of the principal causes of unavailability. The results of the studies are made available to power plant operators throughout the world. PRIS data clearly tell Member States that there is room for improvement in the performance and availability of many of the 350 or so nuclear power plants that are currently in operation, and we also think PRIS points to some of the main factors which can improve performance. While the cumulative average

availability is about 65%, a performance of 80-90% is consistently achieved in a few countries. Much is being done to improve availability, and Japan is among the countries that have made the greatest strides in this area in recent years. Needless to say, such progress is of great importance for the economic viability and competitiveness of nuclear power. To further stimulate such progress the IAEA is planning a major conference on the Technical and Economic Performance of Nuclear Power. It will be held in 1987 in Vienna.

Development Co-operation

I should like to turn now to a number of fields in which international co-operation is indispensable and in which the IAEA is a mechanism for such co-operation. Let me first take the transfer of technology to developing countries. The IAEA is an important multilateral channel for the transfer of technology through the provision of technical assistance. Many nuclear activities in developing countries owe their origin to Agency assistance. The total development co-operation programme is still not very large - about US $30 000 000 a year. This spreads rather thinly over the 70 or so developing member nations and nearly half of it goes to assisting developing countries to use radiation and radioisotope techniques in agricultural and medical research and applications. For instance, to measure scarce underground water resources and their recharge rate to determine how much can safely be used. And to breed crop mutants with higher yields or better disease resistance. To conduct medical research on tropical endemic diseases.

The Agency also has a long tradition of assisting developing countries with electric system expansion planning, determining whether and when nuclear power can be justified economically and technically. More than 50 countries are now using the Agency's planning methodology which is also accepted in connection with the financing of power projects, whether nuclear or non-nuclear.

At present the IAEA's largest technical co-operation activity in Asia is a regional project on the industrial applications of isotope and radiation technology (RCA) to which funds amounting to some $16 million have been pledged.

The project's main objective is to transfer product-specific nuclear technology to industries in the participating developing countries, e.g. paper mills, steel works, mineral processing plants and facilities for the sterilization of medical products. Since the project started in 1982, 11 pilot and demonstration facilities have been established and are in operation in the Asian region, including facilities for:

- tracer technology in India;
- non-destructive testing in Singapore and Japan;
- sterilization of medical products in the Republic of Korea;
- radiation processing of natural rubber latex in Indonesia; and
- surface coating of wood products and wood panels in Indonesia.

In addition, a regional scheme for nuclear instruments maintenance is at present based largely in Japan.

Let me dwell for a moment also on another extremely interesting activity within the RCA, namely, the Regional Project on Food Irradiation which is generously supported by the Japanese and Australian Governments. Work conducted in the ten participating countries has demonstrated the technological and economic viability of radiation processing of fishery products (dried and cured), tropical fruits, onions and spices. Food irradiation technology in several countries of the region has now reached the stage where it can be transferred to the relevant industries and the infrastructure required for such technology transfer already exists for a number of commodities, such as spices and frozen and dried fishery products in some countries.

As the first country to commercialize irradiated food (potatoes) in 1973, Japan deserves much credit for pioneering this activity which is now being actively taken up in a number of advanced countries including Belgium, the Netherlands, the USA and the USSR.

Let me also point out that during the past few years considerable progress has been achieved on the acceptance of food irradiation at the international level. A worldwide Codex General Standard for Irradiated Foods has been developed by the Joint FAO/WHO Food Standards Programme in close co-operation with the IAEA and was adopted by the Codex Alimentarius Commission in 1983.

Furthermore, in May 1984 the International Consultative Group on Food Irradiation was established under the aegis of the IAEA, FAO and WHO to be a focal point for providing advice on the application of food

irradiation to Member States and the international organizations involved. It would be my hope that Japan, that has so much valuable expertise in this area, would join the 20 States that now make up this Group, thereby especially assisting the developing countries in this region in their efforts to promote wholesome food supply and proper nutrition to their populations.

Let me conclude my discussion of international development co-operation by reminding you that the Third Review Conference on the Non-Proliferation Treaty will take place this year and that Article IV of that Treaty promised the non-nuclear-weapon States parties to it a contribution to their development of peaceful applications of nuclear energy. The IAEA is an important channel through which this contribution can be made. Provided that Japan and other donor countries are willing to provide more assistance, the Agency can handle larger volumes of technology transfer of the kinds I have discussed to developing countries than it does now. Apart from the direct benefits this would help to strengthen support for the Non-Proliferation Treaty.

Nuclear Trade

Let me turn now to another area where more co-operation is undoubtedly needed, namely nuclear trade. There have always been special constraints in this trade to prevent the proliferation of nuclear weapons. Sometimes the restraints have been a source of frustration. While it is easy to understand the concern of suppliers that nuclear trade should not result in more nuclear weapons, the concerns of buyers regarding the reliability of nuclear material supplies and enrichment and

fuel element manufacturing services are equally understandable, particularly when one thinks of the high capital investment required to set up a nuclear programme. The world became conscious during the oil embargoes of how serious a cut in oil supplies is. For a country to have its uranium fuel supply cut off would be no less disturbing. It is not surprising that States which import nuclear materials have wished to decrease their vulnerability through long-term supply assurances or by having a full fuel cycle of their own.

Various international efforts have been made to come to grips with the problems of supply assurance and nuclear trade. The IAEA's Committee on Assurances of Supply (CAS) was set up by the Agency's Board of Governors to advise it on "ways and means in which supplies of nuclear material, equipment and technology can be assured on a more predictable and long-term basis in accordance with mutually acceptable considerations of non-proliferation".

On specific items such as mechanisms for the revision of supply agreements and emergency back-up mechanisms, there has been some concrete progress, and the mere existence of CAS is significant, as it provides a forum where both suppliers and recipients can air their problems and work together on what could eventually be a mutually acceptable code of conduct. It should also be noted that as the number of suppliers in the world increases, there is less risk that supplies will be cut off unjustifiably. The diversity of supply sources will provide consumers with increased protection.

Nuclear Safety

As the many uses of nuclear energy and radiation have become available to man the public has become aware of the potential risks of radiation. Much remains to be done in informing the public and in convincing it that this hazard is manageable; that with prudent handling, nuclear energy is an enormous natural resource which can be harnessed safely for the benefit of man.

Curiously coal, oil and hydroelectric power seem to have built up a "credit capital" in the eyes of the public despite the many deaths and the vast environmental change or destruction they cause. Nuclear energy must gradually earn - and is gradually earning - the same capital through beneficial use and few accidents.

While the government of each State is responsible for the safe use of nuclear energy within its territory, co-operation among States wishing to learn from each other and to elaborate common guidelines has a long tradition in the field of safety and continues to expand. Nuclear safety is not only a necessity for the public acceptance of nuclear power. It also has a direct link with reliability of performance and, thus with economic results.

One of the first products of the Agency's work in the field of safety was a set of regulations for the safe transport of nuclear material, published in 1961. The Basic Safety Standards for Radiation Protection

followed shortly afterwards. Their recent revision, carried out by the Agency together with ILO, WHO and the Nuclear Energy Agency of OECD, is a milestone in the establishment of international standards for such protection.

For more than ten years a large part of the IAEA's efforts in this area have been devoted to the development of a set of internationally agreed safety guidelines.

This has been done through the Nuclear Safety Standards or NUSS programme, with which many of you will be familiar. This programme - now embodied in almost 60 documents - covers every aspect of the design, siting, construction and operation of the most common types of power reactor. While none of these recommendations or guidelines is binding, they have achieved a worldwide impact through incorporation in whole or in part in national legislation and in the guidelines of other international bodies.

More and more attention is now being given to assisting Member States directly in implementing the internationally agreed safety and radiological protection recommendations. As required, advice and assistance are given and training programmes are arranged through the Agency. Special missions to advise on planning and preparedness for radiation emergencies are sent to Member States on request. Moreover, an operational safety review team (OSART) can be sent to countries requesting outside independent advice on reactor safety. This is a service which has already been used by a number of countries: Yugoslavia, Spain, Philippines and the Republic of Korea.

To enable Member States to learn and benefit from each others' experience in operating nuclear power reactors, the IAEA has established an Incident Reporting System (IAEA-IRS) which is now in full operation. Information on significant safety-related events at nuclear power plants is collected from all parts of the world, assessed and distributed. Currently, a total of 22 of the 25 Member States with operating nuclear power plants have participated. Each year, technical committees review and discuss the more significant events and select those of particular interest to the international community for dissemination throughout the world.

Finally, I have recently established an International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG) consisting of 13 eminent experts - one of them from Japan - chosen from regulatory authorities, research organizations and the nuclear industry. Together, they have a broad range of experience and knowledge of the approaches used in the world's different regions. The Group's main function will be to examine current and evolving safety issues which could have an international impact.

The first meeting of INSAG was held recently in Vienna and agreed to take the source term and incident reporting and analysis as first items for discussion.

Spent Fuel Management

While the safe handling of spent fuel and safe disposal of waste are the responsibility of national governments much international co-operation is conducted in this area and there is room for more.

In 1982 an IAEA expert group concluded that international co-operation in the management of spent fuel could offer several advantages, such as economy of scale and additional time to evaluate and implement decisions regarding the back-end of the nuclear fuel cycle.

A stepwise approach was considered suitable. A possible first step could be to explore the feasibility of a mutual system for emergency assistance when sufficient storage capacity is not available. The discussions could lead later to the construction of new facilities in a co-ordinated manner by the parties involved. A further step would be to include other services such as the reprocessing or management of high-level waste. These are interesting ideas. The initiative for transforming the conceptual work done in this study to more specific and practical storage arrangements would have to come from governments and utilities.

While no new agreements or commitments for international spent fuel storage have yet materialized, several countries are still examining the possibility of multinational arrangements to deal with spent fuel.

Waste Disposal

In the field of the disposal of nuclear waste, international co-operation can make important contributions.. Through the IAEA, Members exchange information on the latest knowledge available. They pool their experience and draw up guidelines or recommendations. Such

recommendations and standards, based on international consensus are useful and command authority. They give some reassurance to all of us that nuclear waste will be dealt with safely, and that the oceans, international rivers and the atmosphere will not be contaminated by nuclear activities within or beyond our frontiers.

One area of concern in recent years - which is of particular interest to Japan in view of its dependence on the ocean as a source of food - has been the disposal of radioactive wastes in the ocean. There are a variety of international and regional conventions covering the protection of the marine environment. The Agency's work towards the preparation of "Definition and Recommendations" under the London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping Wastes and other Matter belongs to this type of regulatory activity. The IAEA's responsibility under this Convention is to define high-level wastes unsuitable for dumping at sea, and to make recommendations for those radioactive wastes which could be dumped in the deep ocean. The Agency's revised "Definition and Recommendations" have been operative under the London Convention since 1978. They are currently being reviewed and a new revision will be completed this year. I must emphasize that the Agency's "Recommendations" should not be construed as encouraging the dumping of radioactive waste at sea, and I note the important statement by the Prime Minister of Japan to the effect that Japan will not dump any radioactive waste in the South Pacific, if any of the countries there object.

May I now turn to the future. While it is obvious that responsibility for waste management rests with national governments I should like to stress the need for more international co-operation. For instance, there may well be countries in which there are no geologically acceptable sites for the ultimate disposal of high-level waste. And there are countries with very small nuclear power programmes for which the construction of a nuclear waste repository would be a significant economic burden. I see no reason why such countries should be excluded from the benefits of nuclear power. In my view, we should work towards regional or other international solutions which would offer the possibility of limiting the total number of disposal sites and choosing the most favourable ones. This would entail more co-operation between governments than seems politically possible today. However, if one day the community of States were to consider the matter rationally - and that is a big "if" - I think it would recognize that such co-operation would have great overall advantages. It is curious that while today all countries with nuclear power rightly hold that they can safely dispose of high-level nuclear waste, only the USSR and China have expressed willingness to receive and handle such waste from other countries. I am confident that, in due course, other countries will follow their example.

Before leaving the issue of waste, I should like to draw your attention to the fact that the further use of nuclear power in the world will help to contain or even reduce some environmental problems of international dimensions. In several parts of the world, emissions of sulphur dioxide, partly caused by coal or oil based power industries and often resulting in transfrontier pollution contribute to acid rain, dying

lakes or forests. By using nuclear power, these emissions can be reduced. A recent press notice indicated that in Belgium the emissions of sulphur dioxide from power stations fell from 362 000 tons in 1980 to 204 000 in 1983 and are expected to be only 120 000 in 1986. This development was said to be the result of the Belgian policy of replacing fuel-oil power stations with nuclear plants.

The simple fact is that, properly handled, nuclear energy has very great environmental advantages. It does not produce any sulphur dioxide nitrogen oxide or any carbon dioxide which is connected with the burning of fossil-based fuels. The current increase in the rate of carbon dioxide in the earth's atmosphere, it is feared, might have severe effects on the world's climate. Nuclear waste is small in volume and can be safely handled.

Measures to prevent proliferation

I have already referred to the efforts to prevent the spread of nuclear weapons to further countries and to safeguards. I might note that the first IAEA safeguards agreement was signed in relation to a small Japanese research reactor in 1960. Since then, the Agency's safeguards system has been revised and expanded to cover all types and sizes of nuclear plants. The Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) - with around 125 parties - and the Treaty for the Prohibition of Nuclear Weapons in Latin America (Tlatelolco Treaty), have made safeguards a large-scale activity. Non-nuclear-weapon States parties to these treaties have committed themselves to submitting all their peaceful activities, present and future, to IAEA safeguards. Japan, of course, belongs to this group of countries.

While these treaties create very important barriers to the spread of nuclear weapons non-proliferation will only be secured if Governments remain genuinely convinced that it is in their own best interests not to acquire a nuclear capacity. The parties which have adhered to the Tlatelolco Treaty and to the Non-Proliferation Treaty have done so because they wanted to create the maximum of confidence in the peaceful nature of their nuclear programmes. For this reason they have agreed to hold their programmes open for international verification. The IAEA performs this independent and impartial service. Without the confidence created by international safeguards, many nuclear activities might give rise to mutual fears and suspicions and, as I pointed out in my introduction, trade in nuclear materials and equipment would become even more difficult.

The IAEA's monitoring is carried out by a growing inspectorate which regularly visits the nuclear facilities in countries accepting control. In discharging its responsibilities, it co-operates closely with national inspectorates which implement States' own accounting systems. The IAEA checks accounting, analyses samples, its inspectors apply seals and its cameras take millions of pictures when inspectors are absent. In some cases, as in Japan, resident inspectors continuously monitor particularly sensitive plants. This whole apparatus, at present costing some $30 million a year, provides a large volume of data which is analysed with the help of computers. Many anomalies are found and cleared up but the final verdict of the system each year has been, not surprisingly, that no diversion has been identified. This creates confidence that the

monitored facilities and equipment are not being used for nuclear explosive or other military purposes. An important fringe benefit is that safeguards provide governments with a check on the effectiveness of their own nuclear accounting system.

The safeguards system has been built up in a relatively short space of time and while it may still need some consolidation, it is already a respectable professional scheme. It is remarkable that it has been possible to build up an international system of this kind so quickly, During the last five years, the number of safeguarded installations has grown from 560 to 840 and the number of man-days of inspection has risen from 2260 to about 6600.

The world has been remarkably successful in preventing a spread of nuclear weapons to further countries. Regrettably the world has been much less successful in preventing the so-called vertical proliferation, the continuous growth of nuclear arsenals, now containing some 50 000 warheads. It cannot be doubted that the best means of strengthening the non-proliferation regime would be measures of nuclear disarmament, especially an agreement on a complete test ban.

I began this speech by saying that the nuclear industry is still only in its early stages and I should like to conclude with some comments on how international co-operation is used to promote further stages in this industry's development.

There are people who think that there should be no further stages, who refer to so-called alternative sources of energy and to energy savings as a panacea. No-one I know in the nuclear world is opposed to energy saving and there are undoubtedly many significant gains that could, should and will be made. Nor do I know anyone in the nuclear trade who is opposed to the development of various alternative sources. On the contrary a mix of many different energy sources is everywhere regarded as desirable. Wind power, heat pumps, solar heating, etc., all stand to be tried and may be found in some or several cases to be of use. However, it seems highly unlikely that in the foreseeable future any of these sources will be able to make very sizeable contributions to growing energy needs. Just how much these needs will grow is admittedly a debatable point. What we do feel sure about is that electricity demand will grow more than the demand for other forms of energy. It would certainly not be responsible if we did not explore and try out new types of nuclear power reactors to meet such demands. Indeed, several countries, including Japan, are doing precisely this and the IAEA offers a framework within which some of the international co-operation in this field can take place.

One study that has been launched within the Agency has regard to small- and medium-sized power reactors. If there could be offered reactors in the range of 100-500 MW, suitable for smaller grids or isolated areas and preferably simpler in design and operation than the current large-sized reactor, a number of developing countries might be able to make use of nuclear power.

With the present low uranium prices the breeder reactors are not attracting much attention. However, it must not be forgotten that uranium is a finite resource and that a breeder makes use of the energy contents of uranium 50 times better than the light water reactor. It is not surprising therefore that a recent report of Euratom urges co-operation to ensure that by 2005 breeders will be available that can compete with the light water reactors which will then be available. The international community should be gratified that there are some countries - and Japan is among them - that have taken upon themselves the economic burden to deepen our experience in a technology that practically makes uranium a renewable source of energy.

More distant but more fascinating is the prospect of fusion energy. The cost of the research and experiments in this field are very high and this calls for an international co-operation through which a certain distribution of labour and pooling of resources can take place. Japan, I am happy to note, is a main participant in the IAEA INTOR fusion project through which knowledge and experience are exchanged. There are people who consider fusion ventures a luxury research. I would rather see it as a long-term life insurance in the energy field.

I trust that this brief survey has demonstrated how international co-operation permeates practically all peaceful aspects of nuclear energy. As the applications and use of nuclear energy have increased in volume and variety, so has international nuclear co-operation. Many of the activities which the States of the world now conduct through the International Atomic Energy Agency are vitally important to them and the Organization retains the potential to be employed for further needs of governments as the world moves into further phases of the nuclear era.

Nuclear Power in the United States

Remarks by United States Senator J. Bennett Johnston

to the Atomic Industrial Forum of Japan

April 9, 1985

All over the world nuclear energy is a low cost, secure, environmentally acceptable form of energy. Everywhere except in the United States. In my country, civilian nuclear power is dead.

In the United States 112 nuclear plants have been abandoned or cancelled in the last decade. There have been no new orders for nuclear plants since 1978. All the nuclear plants ordered in 1974, 1975, 1976, and 1977 have been cancelled. We once talked of several hundred nuclear plants in operation by the year 2000. We now think we will be fortunate to have 125 operating nuclear plants in the U. S. in the year 2000.

There are almost 90 completed nuclear power plants in the United States today. About 45 are under construction. Several of those under construction will eventually be abandoned. Even so, the prospect for the year 2000 is that nuclear energy will provide about 20 percent of U.S. electricity generation, compared with the 13 percent supplied last year. Projected U. S. nuclear generation in 2000 is a big program in comparison to any other country in the world. But it not going to get any bigger.

The Edison Electric Institute, the principal advocate for investor-owned electric utilities in the U. S., recently stated:

> "..under present regulatory and institutional arrangements, no American electric utility would consider ordering a new nuclear power plant."

There may not be any new orders for nuclear power plants in the United States for the rest of this century.

This situation is unprecedented. The U. S. nuclear industry began the decade of the 1970's in a spirit of unparalleled optimism. Orders for new plants rose from 27 in 1965 to 109 in 1970 to 223 in 1974.

Throughout the 1960's the job of managing an electric utility in the U. S. was not a difficult job at all. The demand for electricity grew at a rapid and predictable rate: 7 to 8 percent per year. Electric capacity to meet that demand could be added at predictable cost

- predictable cost of capital,

- predictable cost of construction,

- predictable time to construct and license,

- predictable cost of fuel, and

- predictable regulatory treatment of the output.

And it was profitable to construct new capacity. Each new plant was more efficient than the plants already in existence. Adding capacity lowered the cost of electricity produced. The main job of regulation was to step in from time to time and lower rates so that the benefits of new, more efficient generating technology could be transferred from the utility to the consumer.

Nuclear plants that entered service in the late 1960's and early 1970's produced and continue to produce electricity at an affordable 1 - 3 cents per kilowatt hour. And electric utilities ordered nuclear plants enthusiastically.

After 1974 all that changed: dramatically and for the worse.

Nuclear plants brought on line in the mid-to-late 1970's became progressively more expensive. And the post-Three Mile Island plants now threaten to bankrupt the utilities that are building them.

There is a major utility in my State of Louisiana that has 288 percent of its common equity invested in nuclear construction. Over a dozen nuclear power plants now on order are estimated to cost more than $3,000 per kilowatt of installed capacity. This is ten times the generally expected capacity cost of 1970.

In New York State a nuclear power plant (Niagara Mohawk's Nine-Mile Point plant), when complete two years from now, will cost over $5 billion dollars. Electricity from this plant must be sold for 18 cents per kilowatt hour to cover these costs. That is more than five times the cost of electricity from existing coal or nuclear plants. An oil-fired power plant would produce electricity at 18 cents per kilowatt hour only if the oil it used cost $90 per barrel.

Utilities with about-to-be-completed nuclear power plants face unprecedented rate increases - 80 percent to 100 percent in some cases - to pay for these plants. The political opposition to these rate increases is very, very strong.

There is also an ideological opposition to nuclear power. But it is the rate increases that do the real damage to the base of political support for nuclear energy. Wherever these new, ultra-expensive nuclear plants are about to be turned on in the United States there is political turmoil. It is dangerous politically to be a friend of nuclear power. Believe me. I know.

So there is a de-facto moratorium on orders for nuclear power plants in the United States.

Many people outside the United States assume that the U. S. can afford to do without nuclear energy because of our supplies of coal. Don't believe it. The problems of the nuclear industry are severe, but so are the problems of coal.

There is a growing political opposition to coal use in the United States. The concern over acid rain is a first-class political issue. We have not yet seen the full scope of the constraints that coal-fired power plants will have to meet.

Electricity from new coal-fired power plants now costs two to three times the cost of electricity from existing coal and nuclear plants. It takes 12 years to construct and license a nuclear plant in the U. S. It takes 8 years to construct and license a big coal plant. Both coal and nuclear plants require extensive environmental review early in the process before construction can start.

In the United States, there have been only two new orders for large central station coal plants in the last three years. In 1982 and 1983, 29 coal plants were cancelled. During the same period 13 nuclear plants were cancelled.

Slightly over 50 thousand megawatts of nuclear capacity remain on order in the U.S. today. Coal capacity on order is only slightly over 30 thousand megawatts.

The U. S. is not shifting away from nuclear to coal. The U.S. is shifting away from the construction of <u>any</u> new generating capacity at all.

U. S. utilities are abandoning both nuclear and coal as sources of new electric generating capacity. Nothing is taking the place of this abandoned capacity. We in the United States are simply in the process of stopping the building of new electric power plants.

Why is this?

It is very likely that the U. S. will need new electric generation capacity. Growth will require new power plants. So expectation of low growth is not why we are stopping.

We are stopping for a combination of reasons, all of which add up to an extraordinarily powerful set of disincentives to new power plant construction.

There is uncertainty about what the demand for electricity will be. For years before the 1970's the demand for electricity in the U. S. grew steadily at almost 8 percent per year. The average rate of growth in the demand for electricity from 1977 through 1983 was less than 2 percent. In 1984 demand grew by 4.5 percent. There is a big argument among the experts about whether U. S. demand will grow at 2, or 3, or 4, or 5 percent, or more, or less. There seems to be no consensus at all.

There is uncertainty about the cost of money. In 1965 the prime interest rate in the U. S. was 4.5 percent. In 1981 it was 18.9 percent. The U. S. govenment is running - and it appears will continue to run - huge deficits. These deficits have to affect interest rates in the future. But no one knows how or when.

There is uncertainty about the inflation of the costs of construction. In 1965 the inflation rate in the U. S. was 1.7 percent. In 1980 it was 13.5 percent. The U. S. inflation rate is low now, but no one knows how long that will continue.

Most of all, there is tremendous uncertainty about regulation. What began as a fairly straightforward exercise of monitoring a growing industry has been turned - by intervenors, by the accident at the Three Mile Island plant, by the adversary system of licensing itself - into a nightmare of paper pushing that most now agree has very little scientific basis, but is a lawyer's delight.

Imagine that you are the president of one of the private utilities in the United States. Imagine that you are deciding whether to build a nuclear power plant in the face of these uncertainties.

If you do not build this plant, but you later find out that you needed to, you will not have enough capacity to serve your customers. Your region will suffer, perhaps your country will suffer. You will be criticized, cursed even. But you will be able to sell all the electricity you can produce. Your company will make money.

On the other hand, if you do decide to build this plant, and later you find out that you don't need it, there will be excess generating capacity. The regulatory system, therefore, may well not let you charge for the full cost of the unneeded plant in your rates. Your company may go bankrupt.

Or perhaps the costs of the plant will get out of control or its licensing will become snagged for years while the interest mounts on the money you borrowed to build the plant. Your company may be financially crippled.

You may lose your job.

You will decide, perhaps, that it is better not to build the plant.

All over the United States a psychology just like this has taken hold in the utility industry. As a result, over the years to come, U. S. utility executives and their planning departments will err seriously in the direction of not building new power plants.

Yet, there is no uncertainty about the safety and environmental record of nuclear power plants. This record is excellent.

Notwithstanding this excellent record, the nuclear industry has no new orders and none in prospect.

Notwithstanding this excellent record, the utility industry has decided to risk capacity shortages ten years from now to avoid the difficulties new construction would bring. An industry that should plan for its growth needs long term has been reduced to planning for survival in the short term.

The source of much of our problem was the accident at Three Mile Island. There, a stuck valve and operator error did more damage to the nuclear industry in one day than all the efforts of anti-nuclear intervenors and all the waste and carelessness of power plant construction managers could do in a decade. This accident and the dramatic television coverage of the efforts to cope with it produced an inescapable impression in the public of an industry and a regulatory process that was out of control.

The U. S. Nuclear Regulatory Commission was traumatized by this public relations debacle. In the aftermath of Three Mile Island, the NRC produced a torrent of new regulations all aimed at insuring safety from even the remotest contingencies. These new regulations were imposed retroactively on all plants under construction. Major design changes had to be implemented even

though this meant tearing out large portions of previously completed plant. Moreover, this process continued for at least two years, making planning for construction of a partially completed plant impossible. Today, there are pending before NRC 90 rulemaking and 60 safety issues that, it is estimated, could cost each existing U. S. nuclear plant $100 to $200 million in plant modification.

In a recent report on backfitting the Chairman of the NRC Regulatory Reform Task Force said:

> "There is a substantial amount of evidence that the (NRC) staff's backfitting practices which have cost consumers bilions of dollars have made nuclear plants more difficult to operate and maintain, have injected uncertainty and paralyzing delay into the administrative process and in some instances may have reduced rather than enhanced public health and safety."

This disruption in the regulatory process has had its effects on utility management. Thousands of properly executed welds had to be redone because documentation that the welds were proper was missing. As construction times lengthened, construction workers learned that hours on the job at high pay could be increased if the NRC inspector suspected construction errors. Hundreds of anonymous complaints about alleged construction shortcuts led to more tearing out and rebuilding. In an effort to get control of nuclear construction projects, new, overlapping layers of management were imposed. Lines of authority and responsibility became confused.

After Three Mile Island there was great pressure to accept all sorts of new safety requirements. There was very little sympathy for anyone seeking to question the costs of these safety requirements. The NRC simply did not place a priority on limiting costs. It still doesn't.

The U. S. is a very different place from France or Japan for someone building and operating a nuclear power plant. In the U. S. there is no centralized management of the nuclear enterprise. Over forty independent electric utilities in the United States have or are acquiring nuclear generation. There is no common ownership or management of these utilities. Each approaches the nuclear power business in its own way.

The economic and much of the environmental regulation of each utility is the responsibility of the State in which the utility sells its electricity. Each State has its own laws and practices governing this regulation.

The safety aspects of design, construction and operation of nuclear power plants are the province of the Federal government acting through the Nuclear Regulatory Commission. The NRC has bent over backwards to be sure that it "regulates", but does not "encourage" the use of nuclear energy.

NRC Commissioners are independent regulators. They are not under the direction of the President. An NRC Commissioner need not adhere to Administration policy. An NRC Commissioner need not follow the lead of the NRC Chairman. Once appointed, a Commissioner is guaranteed a term of five years.

Commissioners are only supposed to discuss issues before the Commission on the public record. So most of the communication among Commissioners is in writing. Because of the "government-in-the-sunshine" laws nearly all of this writing can be read by anyone. So Commissioners have to be careful what they say. Communication is pretty stilted.

Individual Commissioners have small staffs, but the Commission as a whole has a huge permanent staff. Commissioners come and go, but the Commission staff remains, responsive not to the President, not to the Commissioners, but to itself alone.

The Commission considers the applications by utilities in an adversarial proceeding that is a lot like a courtroom trial. This process is designed to produce winners and losers. It is not designed to produce scientific truth, safety or good economics.

What needs to be done?

In the United States we need to ask ourselves a very fundamental question. Do we want nuclear power or not?

This question hasn't been asked. I think it should be answered in favor of nuclear power. But it should be answered soon. Acid rain may mean that coal is not a real alternative to nuclear power. Ultimately we will have to come back to a consideration of nuclear energy for our electricity. The exotic sources - fusion and solar energy - can not possibly fill the gap.

If we want the option to turn to nuclear energy, the U. S. needs to make fundamental changes in its regulatory system. In making these changes we should also look at the systems that are now in place in France and in Japan. Here, nuclear power plants are built and licensed in half the time it takes in the United States. Nuclear electricity is produced economically. Is this because France and Japan take shortcuts in safety? How is the

safety of U. S. plants improved by the extra 6 years we take in construction and licensing?

Is there a way to arrive at determinations about what constitutes good science, good engineering and achievable safety without hiring all these lawyers? How does Japan do it? Are the Japanese people satisfied wiht the answers that come from your process?

The U. S. is a litigious society. That will not change. I'm told that U. S. law schools last year graduated more lawyers than exist in all of Japan. It is also probably politically impossible to totally scrap and then rebuild the U. S. regulatory process. But we have to begin.

Any long journey begins with the first few steps. Here are some we are considering:

We need to develop standardized plant designs and then expeditiously license any plant that is built in accordance with those designs.

It should be possible to obtain pre-approval of power plant sites for these standardized designs. Issues that are settled during consideration of these generic designs and preapproved sites would then not be revisited in subsequent proceedings in the licensing process. Once a standarized design is declared acceptable, the only issue in site-specific licensing should be whether or not the utility building the plant followed the design. We shouldn't re-decide the issue of whether the design is safe in subsequent proceedings.

Backfitting of existing construction should only be ordered when it can be shown that substantial increased protection to the public health and safety would result that is justified by the cost. A rule of this sort is now under consideration. NRC needs to summon the courage to make fundamental reforms in its existing backfitting practices.

Currently two NRC trial-like licensing proceedings are required. One proceeding occurs before construction begins and the other occurs after construction has been completed, but before operation begins. In the second proceeding there is often an opportunity to raise and contest all over again questions that were supposedly setttled in the first proceeding - issues like the safety of the plant design or the appropriateness of the design to the specific site. If utilities will provide adequate design information, there only need be one such proceeding and one license.

Finally, the procedures of the NRC itself need to be reformed so that the Commission Chairman has more control over the NRC staff and organization. These procedures should also be reformed o make safety and good science and engineering goals of the process, rather than benefits that we can only hope will emerge from an adversarial proceeding.

Many of these changes may seem eminently reasonable and sensible to you. You may wonder why such changes have not been made long ago. There are lots of reasons. One is that there is less appreciation in the U. S. than in Japan of the importance of nuclear energy to the nation in 1985 and the much larger potential importance of nuclear energy in the future. Another is that the U. S. regulatory scheme has not recovered from the nightmares of the 1970's.

The need for energy in an industrialized society is an irresistible force. In the United States regulation has become the immovable object that prevents the economical supply of that energy from nuclear power. So here we have the classic standoff between progress and stagnation. In the resolution of this standoff, I hope, I believe that the United States will choose progress.

フランスのエネルギー計画と原子力産業政策

産業再編・対外貿易相付

エネルギー担当国務大臣

M.マルヴィ

エネルギーの諸問題に対して，日本とフランスは大体において良く似かよった戦略と開発計画を採っています。

このため，皆様にフランスのエネルギーおよび原子力政策についてご説明申し上げるよう有澤先生からお招きをいただいたときは，あまり躊躇せずにお引き受けすることができました。また，経済活力と技術力で私たちの敬服の的となっている貴国の産業の現状を直接みる，またとない機会を与えられたとも私は確信しました。先ずは，第18回原産年次大会にお招き下さいました有澤先生に御礼申し上げたいと思います。

日本とフランスの両国は，鉱物エネルギー資源に欠けるという点においても，また，この自然の恩恵の欠乏を代替資源で補いつつ輸入への依存を抑え得る産業技術力をもっている点においても共通な状況にあります。1980年代初頭に，日本は，フランスと同様，国内総生産 1,000ドル当たり石油換算３トンというアメリカの約半分のエネルギー消費率を達成して，最もエネルギーを節約する先進国の一つになりました。

両国で実施されている政策およびそこから得られた結果は驚く程類似しています。消費を抑える絶え間無い努力の結果，1973年から1983年までの間に石油消費は日本で23%，フランスで30%も減りました。これと平行して，原子力はますます大きなウエイトを占め，今日では日本の発電量の20%，フランスの発電量の50%を占めるに到っています。

このような努力によりまして，輸入エネルギーへの依存度は今日，日本で80%，フランスで60%にまで下がりました。

日本と同様に，フランスが採ったエネルギー政策は，需要を満たす，供給源の多様化を図る，エネルギーコストの軽減を図る，そして安定供給を強化するという四つの目標に応えるものです。

この努力は適切な供給と消費の抑制の双方に向けられるものです。

一次エネルギーの総需要は1984年で石油換算１億9,160 万トン，すなわち1973年よりわずか850万トン（4.6 %）しか増えていません。この推移は経済危機の影響とともに，エネルギー利用の合

理化政策の成果を表わしています。年間経済成長率が平均3.5 %から４%で推移すれば，エネルギー需要は1990年に石油換算２億トン，今世紀末には２億３千万トンに達するだろうと推定されます。

フランスのエネルギー源別の供給構成もこの10年間かなり変化してきましたし，今後も変化するでしょう。

1973年から1984年までの間，石油の割合は69%から45%に下がったのに対して，全エネルギー消費に占める原子力発電の割合は７%から27%に上がりました。

1984年に，原子力発電所は 1,820億kWh を発電しましたが，これはわが国の発電量の60%，全国一次エネルギーの総生産量の半分に当たります。水力発電およびその他の再生可能エネルギーは，この生産量の23%を占めています。その他の生産は化石エネルギーでまかなっていますが，その85%は輸入に依っています。

1990年には，フランスの発電量における原子力の割合は75%に上がります。そのときの余剰発電能力をもって，私たちは，発電能力の不足している近隣諸国の電力需要に対しても，十分競争力のある形で応え得るのです。

それでも，国の自立を強化し，対外赤字を減らすために，私たちは省エネルギー，新エネルギーあるいは再生可能エネルギーの開発に力を入れています。

こうして達成されたエネルギー節約は，構造的影響を除き，1980年代半ばに石油換算で年間約３千万トンに達しています。今後の目標は1990年までにこの節約量を二倍の年間６千万トンにもっていくことです。

住宅部門と第三次産業においては，この節約は主として，新旧住宅の断熱性向上による暖房消費の減少および家電用品のエネルギー効率改善を意味しています。

工業においては，エネルギー効率の改良は新しい技術の導入や，熱あるいは農業廃棄物からのエネルギーの回収方法の開発などを通じて行なわれました。

運輸部門では，省エネルギー車両と公共輸送手段の開発に力を入れています。

今，概略について述べたようなエネルギー政策の大枠に基づいて，フランスの原子力計画をご紹介したいと思います。

1. フランスの原子力計画

フランスの原子力開発史は，加圧水型原子炉建設の一貫性を示すもので，この一貫性は発電量に占める原子力の割合の増大という形で表われています。

また，フランスの産業各社は，採鉱をはじめ，濃縮，燃料の製造と再処理，廃棄物管理に到るまでのサイクル全般に亘り成功を収めています。これらの活動は全てフランス原子力庁（CEA ）で行なわれています。

発電所に関しては，CEA の研究開発チームと，フラマトム社，アルストム社など各メーカーやフランス電力庁（EdF ）の工業チームとの間で効率良く，調整をとり，協力が実り多いよう図らなければなりません。

もう一つの特徴としては，フランスの原子力産業はかなり進んだ標準化を取り入れています。このため，原子力発電所の84％は単基出力90万kW級の加圧水型原子炉で占められています。

これらの特徴は広く知られていますが，安全問題に対する注意とともにわが国の原子力の成功に貢献していますので特に強調したいと思います。設備の性質上およびそれに対する住民の往々にして否定的な反応から，この分野に特別な注意が払われています。私たちは安全問題の研究を産業と規制行政との必然的な補完性に基づいて行なっています。

私はまた，原子力安全最高会議のような機関の役割の重要性を強調しなければなりません。これは大臣の諮問機関であり，政治家，労働組合，新聞記者など各界の人々が意見を述べる場です。

原子力のパブリックアクセプタンスにも特別な注意が払われています。国政レベルでは，エネルギー問題，すなわち原子力発電計画は国会で討議の対象になっていました。地方レベルでは，電力側と地元住民との対話を可能にするため，各発電所ごとに広報委員会を設けています。原子力平和利用開発に対して好意的なフランス国民の数が継続的に増えているのは，まさに，このためです。

さらに次の二つの点について触れたいと思います。原子力発電所と燃料サイクルです。

2．原子力発電所

(1) 設備計画

1985年１月１日現在，フランスの原子力発電所は，運転中41基で総設備容量が 3,300万kW，ならびに発注済あるいは建設中のものが24基あり，総設備容量 3,000万kWになります。

1984年に，６基の発電所が商業運転に入り，うち２基は初の 130万kW級のものです。この他，２基の発注確定があり，契約に到りまして，このタイプの原子炉の国産化が具体的なものになりました。

こうして，フランスは，その原子力計画の規模とその開発ペースにより国際的にトップに立つようになりました。発電能力と発電量において，フランスはアメリカに次ぎ，ソ連と日本をリー

ドしています。同じ経済と人口状況をもつヨーロッパ近隣諸国に比べて，フランスは原子力発電をエネルギー供給問題を解決する重要な答えの一つと考え，その開発に対し明確な取り組みをしてきました。

フランスの原子力発電所の信頼性も優れています。原子炉の平均稼働率は1984年に83%に達して，世界で最も高いレベルになっています。新しい運転方法を徐々に導入していますが，これによって負荷追従運転および自動周波数調整運転（AFC ）を行なうことが可能になりました。原子力発電所が今ではピークロードでも運転されているため，このような運転の柔軟性は格別に重要になってきます。

フランスの原子力発電計画は今後も経済情勢とエネルギー情勢に合わせて推進されます。電力生産に関しては，ウランによる石油の代替がほとんど完了していますので，今後の原子力発電の発展は電力需要の増加をカバーすれば良いのです。このような枠組みの中で，1985年と1986年の計画が閣議で決まりました。

(2) 電源別電力コストの比較

原子力設備計画の策定は当然他電源との厳密な比較を必要とします。フランスではこのような比較を定期的に行なっています。

これに関する最近の研究は，1984年に発表されています。それによりますと1992年以後，ベースロードで運転する発電所に関しては，石炭火力発電に対する原子力発電の競合性が確立されています。この場合では石油火力のkWh 当たりの発電コストは原子力よりおよそ50%高くなっています。

運転期間が減少しますと，原子力の競合性も低下しますが，それでも，条件次第で年間 2,000から 4,000時間までと推定される運転時間までなら，この競合性は保たれます。

これらの結果は1984年１月１日現在の経済条件および１ドル＝7.5 フランという為替相場を想定して得られたものです。当時より高くなったドル相場が今後も続くなら，原子力の競合性はさらに高くなりましょう。

外国でも，原子力の競合性は大体確保されていますが，その規模はより限られています。実際，安い石炭資源をもつ国や建設期間が長い国においては原子力の採算性がより低くなります。ちなみに，私たちの原子力発電所は７年間で建設されています。

(3) 安全：絶対優先項目

安全性もまた，原子力開発計画の最優先項目です。安全性の考えは原子力特有のものではありません。しかし安全性に対する要求が産業活動全般の規準になる程厳しいのは原子力部門であることは間違いありません。原子力安全のこのような模範的状況は，核分裂に基づく工業開発の初期から，エンジニアと科学者たちが安全性に対して最大の関心を払い，それを自分たちの仕事に取り入れているからです。

使用される放射性物質の危険性に対して，いかなる場合でも，このような危険物が安全バリアーの内にしっかりと閉じ込められることを保証しなければなりません。このため，科学者たちは原子力発電所に係る複雑な物理現象を，研究所や実験室を通じて完璧に理解することを要求されます。また，メーカーには，建設事業を通じて徐々に習得する機器製作の技術や品質の完全掌握が要求されます。そして電力会社には，人員の訓練と運転保守の実施において厳密な注意が求められます。政府は，明確に定められた責任の範囲内に，各当事者の仕事が正しく行なわれ，かつ最終的安全性が良好であるようにしなければなりません。

予想されるリスクの技術的科学的分析に基づき，かつ技術および人の感による不確定性までも考慮に入れた結果，今日の原子力の安全性は優秀な成果を収めています。しかし，成功がいつまでも続くと考えるわけにはいきません。稼働中の発電所の運転を通じて日々得られる経験を注意深く見守り，その中の，そのままにしておくと設備の安全性を脅かしかねない異常や欠点を出来るだけ見つけ出すことが絶対不可欠であります。私たちは，フランスの発電所の進んだ標準化と構造の効率の良さを充分に利用して，この点について努力しています。このような経験の活用によって，私たちは将来に亘っても，常に模範的な安全性を維持し得ることを保証しているわけです。

(4) 原子力発電所の将来

将来は技術の角度からも考えなければなりません。加圧水型原子炉に関しては私たちははっきりした目標をもっています：

——私たちは発電コストを減らそうとしています。このため，より進んだ保守作業と老朽化の把握によって発電所の寿命を今予想されている25年間より延ばそうと努めております。

また，発電所の信頼性と稼働率を向上させたいと思っています。これは燃料の改良によって運転期間を延ばす方向で行なっています。定検による停止時間をも短縮しなければなりません。これには，より進んだロボット化と各機材の自動化によって，蒸気発生器と格納容器の点検を短縮

するようにしなければなりません。

運転コストを抑えるためには，発電所を中程度の出力で運転しなければなりませんが，このような運転方式の影響を評価する研究計画が現在進行しております。

――私たちはまた，作業人員の被曝線量をも減らしたいと思っています。運転期間の延長による間接効果の他に，私たちは作業の自動化，核分裂生成物と腐食生成物の所在の把握，そして材料の最良化などに努めています。

また，私たちは核分裂物質をより有効利用したいと思っています。このため，とりわけ燃料サイクルのコストにおける競合性を改善し，原子炉から出るプルトニウムを活用する事を目指して新型炉を開発しています。

この他，EdF とCOGEMA社は，ウランとプルトニウムの混合燃料であるMOX 燃料の使用を考えています。このプロジェクトには，商業ベースで年産100 トンの能力を想定した年産10トンのパイロット・プラントの建設を必要としています。

これらの計画を推進するためには，今までの努力の延長として，試験と製造関係の大きな投資計画の実施が不可欠です。

私たちは，高速増殖炉の分野でも進んでいます。フランスにおけるこの開発は順調に継続的に行なわれています。各ステップは私たちのノウハウを具体化していますが，それは前の炉の建設と運転で蓄積された経験を検討して初めて決定されるものです。1967年のラプソディ炉の運転開始以後，フェニックス炉も運転に入りましたが，このフェニックス炉は今まで 140億kWh を発電しながら試験台として稼働し続けています。

今，私たちは 120万kWという産業規模のスーパーフェニックス炉の運転に入ろうとしています。1984年にナトリウムの注入が行なわれましたが，今年末に送電網につながる予定であります。

高速増殖炉に対し私たちが執着するのは，全く当を得ております。この型の炉は，世界的にウランが比較的不足してくるときに将来の需要に応え得ると思うからです。また，地球上の一次エネルギーの効果的使用にもつながります。

現在，スーパーフェニックス炉の発電原価が従来型の原子炉の発電原価をはるかに超えている事は確かです。このため，これに続く高速増殖炉の建設コストを下げる研究を続けなければなりません。特に部品，連結部と内部構造の簡素化に力を入れなければなりません。

現段階でも，例えばkW当たりの設備の体積を40％程減らせると推定できますので，建設コストの大幅低下が期待されます。

次の 150万kWの高速増殖炉を建設するかどうかを決めるのは，これからの研究とスーパーフェニックス炉の一年間の運転経験を検討してからという事になっています。今のところ，この次期増殖炉の建設，運転と安全性に関する仕様を定めるための研究が行なわれています。

ところで，もし私がスーパーフェニックス炉の開発はフランス一国によるものだという印象を与えてしまったならば，この私の講演も不正確なものになりましょう。

実際，高速炉に関するヨーロッパ各国間の協力は大分前から行なわれています。この協力は，1971年に，スーパーフェニックス炉を共同で建設する電力会社間の協定に端を発しました。さらに，より正式な形で，ヨーロッパ5か国の政府は1984年に，高速炉開発に関する意見の一致を強調しました。また，特に付け加えなければならないのは，参加各国ともこの協力を他の国にも拡大することに興味を示していることです。

3．燃料サイクル

ここで，原子炉の部門を離れて，天然ウランから廃棄物管理までの燃料サイクルに話を移しますが，フランスはこのサイクル全体の制御に成功しております。

直接にまたは系列会社を通じて，COGEMA社は燃料サイクルの各段階を手掛ける世界で唯一の会社であります。その活動範囲は世界中のウラン探鉱，フランス，アメリカ，カナダ，ニジェールおよびガボンにおける探鉱，同社が半分以上の株をもっているユーロディフ社によるウラン濃縮，あらゆる原子炉用の燃料製造，使用済み燃料の再処理，核分裂生成物のガラス固化，そして燃料サイクルのエンジニアリングとサービスに到ります。これらのことから燃料サイクルにおけるこの会社の活動範囲の広さがおわかりいただけると思います。

放射性廃棄物の管理については，CEA 所属の専門事業団が担当しています。

1984年のCOGEMA社の売り上げは 170億フラン，うち41%が海外からのものです。同じ年に，主として濃縮に関する60億フラン分の新しい長期契約が締結されました。

全体で見ますと，世界中で稼働中または建設中の原子炉は合計3億kWe の設備容量になっていますが，そのうち1億kWe に当たる 112基の原子炉はCOGEMA社から原料物質または濃縮役務の供給を受けています。ということは，昨年11月にCOGEMA社の事務所が開設されました，ここ日本においても，アメリカ，西ドイツ，スイスなどにおいても，世界中で稼働中または建設中の原子炉の3分の1はCOGEMA社の顧客であります。

(1) 天然ウランに関しましては，COGEMA社はウラン鉱石の探査と処理の新しい方法に関心を抱いています。やや減少傾向にあるにも拘らず，探鉱費は天然ウラン関連の売り上げの約５％に維持されています。フランス国内の探査事業は全体の約半分以上を占め，過去一年において，採掘された量に匹敵する新しい埋蔵量の発見に導きました。

海外での探査ではとりわけカナダのシガーレイクの巨大な鉱床の発見に導きました。

COGEMA社とその子会社の生産量は市場に適応したものです。国内では，他のフランス系会社の生産とともに，3,000トンを越えたイエローケーキを生産する一方，アフリカ系子会社の生産は約 4,300トンに達しています。

(2) ウラン濃縮に関しましては，トリカスタン工場は世界生産量の３分の１を占めています。フランスのガス拡散法は，今のところ世界でもっとも信頼性が高くもっとも高性能な濃縮方法と言えますし，現にそのため，フランスがこの役務を大いに輸出することができました。

しかし，ここでも将来に備えなければなりません。こうして，ガス拡散法と化学濃縮法に十分な研究を続ける一方，フランスは1990年代末に実用化されるといわれる先端プロセスの開発をも目指しています。

(3) 燃料製造については，1984年には濃縮ウランとプルトニウムをもとに造られる混合燃料棒が１万本生産されました。1984年にもう一つのタイプの燃料の工業生産に向けて大きな段階が越えられました。それはCOGEMA社とベルゴニュークリア社が1984年10月にCOMMOXという会社を設立したことです。同社はベルギーのデッセルとフランスのカダラシュにそれぞれ燃料棒の製造に契約上の責任を負っています。

フランスの市場に供給された 800トンの燃料の他にも，COGEMA社とその輸出子会社のFRAGEMA社は1984年にいくつもの注文と仮注文を獲得しています。

(4) 燃料の再処理に関しては，ラアーグとマルクールの両工場は1984年に，EdFの各発電所とフランス・スペイン共同のヴァンデロス発電所の天然ウラン炉から出た民間燃料を 500トン以上再処理しています。

ラアーグ工場は，また，加圧水型炉燃料を累計 1,000トン以上再処理していますが，これもこのタイプの燃料におけるCOGEMA社の技術力を確かなものにしました。

現にCOGEMA社の投資努力は主としてこの部門に向けられています。ラアーグの大規模投資計画による工事も順調に進んでいます。

(5) 私は先程，放射性廃棄物の管理を担当する専門事業団のことに触れました。

ANDRA，すなわち国立放射性廃棄物管理事業団は原子力庁内部機関として設けられましたが，経費は廃棄物発生者自身によってまかなわれています。

1984年に，短寿命の中低レベル廃棄物を2万2千m³受け入れましたラマンシュ貯蔵施設の工業活動の他にも，ANDRA は新しい陸上貯蔵施設2か所の立地調査を始めています。

そして，地層貯蔵施設の建設に先立つ地下試験施設の用地さがしも行なわれています。これらの用地さがしは住民と緊密な協議の上に推進されています。

議長ならびにご来席の皆様，私が皆様にお見せしようとしてきましたフランスの原子力産業の現状から，この分野における私たちの野心ならびに私たちの計画の水準の程がお分りいただけたと思います。

原子力産業の発展によって提起されました様々な技術的，経済的，社会的諸問題を克服したことによって，従来のエネルギー状況にあった対外エネルギー依存が既に減ってきました。私たちは，エネルギー安定供給の追求と生産コストの低減において大きなかつ速い進歩を遂げ，わが国の経済に国際競争における新たなチャンスを与えています。

私たちが得ました経験は，また，原子力発電を発展させようとする各国が国際市場に出した競争入札に参加する道を開いてくれました。私たちの顧客は，私たちが設備の完璧な信頼性と契約義務の絶対長期遵守を保証し得ることを知っています。

終りに，次の二つの希望を是非申し上げたいと思います。

1）原子力の市場がオープンな市場であり続けること。市場の原則は，最良のものや最良の役務を最良の価格で提供する企業に利するべきです。

2）原子力の国際市場が先進各国間の協力を発展させる新しい機会を開くこと。

もう一つ希望を付け加えますと，このたび日本原産が再び私たちにその機会を与えて下さいましたように，この会議に参加しているすべての国々が今後も定期的に互いの経験をぶつけ合う実り多い場がもてるよう期待しております。

日本における原子力開発の位置づけと課題

東京電力株式会社
取締役社長　那須　翔

1. 新しい段階を迎えた原子力開発

わが国の原子力発電は，近年安定した高利用率運転が定着し，電力供給全体の約2割を占めるまでに成長してきた。設備出力の面でも，本年1月には2,000万kWを突破し，今や原子力発電は，わが国における主力電源の一翼を担うに至っている。さらに昨年は，原子力産業界の懸案であった原子燃料サイクル施設立地の具体的推進に向けて，その一歩を踏み出した。すでに設立ずみの使用済燃料再処理の事業主体となる日本原燃サービス株式会社に加えて，先般，各方面のご協力を得て，ウラン濃縮と低レベル放射性廃棄物貯蔵の事業主体となる日本原燃産業株式会社を設立し，原子燃料サイクルの自立化に向けて着実な前進を図るために，鋭意努力を傾注しているところである。原子力発電導入の当初，立地問題への理解や予想しなかった初期トラブルへの対応に苦しんだ電気事業関係者の一人として，現在の順調な原子力開発の状況を見るにつけ，よくぞここまで到達し得たものとの思いを深く感ずる。

このように，軽水炉発電技術の定着と，原子燃料サイクル施設建設の大きな前進という明るい状況の中で，しかも昭和60年という一つの節目となる年に開催された今回の原産年次大会は，誠に意義深いものであると考える。その基調テーマ「原子力産業の完熟をめざして」からも，これまでの努力によって培われてきた原子力産業界の自信と，将来への並々ならぬ意欲が感じられて，大変心強く感じる次第である。

日本の原子力開発が，軽水炉技術の定着から原子燃料サイクルの自立化へとステージを変え，新しい段階に入りつつある現在，私なりに日頃考えることが少なくないが，本日はつぎの二点について私見を述べさせていただき，皆さまのご批判をいただければと思う。

その一つは，これから21世紀にかけての日本における原子力開発の位置づけについてである。ここでは，エネルギー競合状態の中で，原子力をとりまく状況が変化しつつあることに触れ，しかしながら日本のエネルギー問題の基本構造の中で，原子力の役割は不変である，という考えを述べたいと思う。

そしてもう一つは，これからの原子力開発が直面し，対応を求められている課題についてである。ここでは，原子燃料サイクル自立化の推進，コストダウンの追求，技術開発の着実な推進などの重要性について申し上げてみたいと思う。

2. 原子力開発の位置づけ

(1) エネルギー問題をめぐる最近の動き

振り返ってみると，高度経済成長期のあと，二度にわたる石油危機の荒波にもまれ続けた日本経済も，近年に至り，ようやく一応の安定をとりもどしたように感じられる。もちろん，日本経済の前途には，財政再建や貿易摩擦の問題，あるいは為替レート動向など，さまざまな不安要因が存在するため必ずしも楽観は許されないわけであるが，石油危機後の激動と調整の10年を経て，新しい成長と発展の展望がようやく開けてきたということはいえるのではないかと思う。

このような経済活動の立直りを背景として，永らく低迷を続けてきたエネルギー需要も，上向きに転じている。昭和55年度から57年度まで3年連続で減少傾向を続けたわが国のエネルギー需要は，58年度には久し振りに前年度を上回った。また，電力需要も，9電力会社の販売電力量でみると，58年度は前年比で6.3％増を記録し，59年度も5％前後の増加となったことが見込まれるなど，一時的な天候要因の影響もあった結果とは申しながら，堅調な実績を示している。

このエネルギー需要動向とともに，エネルギー需給の分野では，近年もう一つの注目すべき変化が進みつつあるように感じられる。それは，国民の間や産業界におけるエネルギーコストとエネルギー選択への関心の高まりと，その結果としてのエネルギー競合状態の顕在化である。

石油危機によるエネルギー価格の急激な上昇は，エネルギーの供給と需要の両面に，大きなインパクトを与えた。まずエネルギー供給の分野では，電気事業，ガス事業の脱石油化努力を加速するとともに，コンバインドサイクル発電，燃料電池，太陽光発電などのような新しいエネルギー供給システムの開発を促している。また，石油危機のインパクトをエネルギー需要の側面からみると，機器や設備の効率向上を通じた省エネルギーが，極めて広範な分野において進展していることは，私たちが日常生活や生産活動において強く実感しているところである。そしてエネルギー多消費産業においては，石油から他のエネルギーへの転換が

急速に進んだが，さらに最近では，従来電気，ガス，灯油などのエネルギー別の需要区分が比較的明確であった家庭用の調理，給湯，暖房，事務所や商店の空調などの生活関連需要分野においても，これまでの区分にとらわれない，新しいエネルギー利用システムの開発が行なわれ，普及しつつある。

そしてまた，日本にとってまことに幸いなことに，近年国際的なエネルギー需給が緩和基調となり，行き過ぎた石油価格も，徐々に是正される傾向にある。それにつれて，ＬＮＧや石炭など他の化石燃料の価格水準も，このところ低下傾向をたどってきた。これには，原子力をはじめとする石油代替エネルギーの増加による石油消費の抑制が大きく貢献しているのはもちろんのことである。

以上申し上げたような，エネルギーの生産・供給技術，利用技術，価格などをめぐる状況の流動化が，需要と供給の多様な組み合わせを可能とし，エネルギー間の選択，競合という状況を招来しているのである。

電気事業としては，これらのエネルギー需給をめぐる状況変化の中で，高品質の電気を安定した料金で供給し続けていくことを求められている。そして，それに応えていくために，供給安定性が大きく，発電コストの低い原子力への期待は，極めて大きなものがあると申さなければならない。

(2)　発電コストと原子力

また，最近エネルギーコスト面でもう一つの関心を集めているものに，電源別発電コストの問題がある。それは，石油危機によってもたらされた化石燃料価格の急激な上昇により，原子力発電コストを大幅に上回っていた火力発電コストが近年低下傾向を示しており，その結果，特に原子力と石炭火力の発電コスト差が接近してきたというものであり，いわば発電部門における一次エネルギー競合と呼べるものかも知れない。そしてこの問題について，わが国では資源エネルギー庁が毎年発表するモデルプラントを前提として試算された運開初年度発電コストをベースにして議論されている。

この問題に関しては，私は，欧米で一般的に行なわれているように，発電所のライフ・タイムを通じる全運転期間のコストで比較すれば，わが国の場合，原子力の優位性はゆらいでいないと考えているし，また，原子力の供給安定性という，資源小国日本にとっての大きなメリットを見落としてはならないと思う。

しかし私は，石油危機直後に原子力が他のエネルギーに対してもっていた際立った優位性

が，最近のエネルギー情勢の落着きの中で，少しずつ縮小しつつあることを否定することはできないと思う。

すなわち，最近の石油をはじめとする化石燃料の需給緩和要因の一つに，現在では2億2,000万kWを超える世界各国の積極的な原子力開発があった。例えば，昭和58年度におけるわが国の原子力発電量 1,143億kWh は，火力発電用の石油に換算すると，約 2,600万klにも達する。同じ年のわが国の石油輸入量が約2億5,000 万klであることからも，原子力発電による石油消費抑制効果の大きさをおわかりいただけると思う。したがって，わが国の原子力開発は，大きな成果を達成したが故に，エネルギーの需給と価格の安定をもたらし，その新たな局面の中で他のエネルギーとの競合が生じて，より一層の前進の必要性に直面している，ということがいえるのではないかと思う。これからの原子力開発は，バックエンドを含めても，他のエネルギーよりも低コストであるという優位性を維持し，しかもこれまでと同様に高い安全性を維持し，高利用率運転を続けることが求められている。これらの条件を着実に満たし，どの側面からみても他のエネルギーより優れていることを実績で示していくことが，わが国における原子力開発に対する国民の合意と支持を得るための基本的な途であると思う。

(3) わが国のエネルギー問題の基本構造

ところで，エネルギー需給の緩和やエネルギー競合をとらえて，原子力などの石油代替エネルギーの開発を急ぐ必要はない，という意見もあるが，私は日本にとってのエネルギー問題の基本的な条件は少しも変わっていないと考えている。

それらは，

- 国民や産業界は，低コストの安定的なエネルギー供給を望んでいること
- わが国のエネルギー資源小国としての制約条件は，将来にわたって変わらないこと
- 化石燃料価格の中長期的な見通しは，必ずしも楽観を許さないこと
- エネルギー需要，なかでも特に電力需要は今後も増加傾向をたどる可能性が大きいこと

などである。

そして，これらの基本的な条件を前提とする限り，省エネルギーを進めながら，エネルギー供給構造の多様化を図っていくという，わが国のエネルギー政策の基本的な方向性を変更する理由はいささかも生じていないと考えるべきであろう。資源小国という決定的なエネルギー資源制約のもとにある日本にとってのエネルギー問題の本質は，エネルギー・セキュリティーの確保とより低廉なエネルギー・コストの追求である。これが日本のエネルギー問題

の原点である。この二つの目標のバランスは，その時々の情勢によって若干変動することがあるわけであるが，どちらか一方に極端に偏すれば，いずれはそのとがめを招来することになると思う。

私たち電気事業者は，日本のエネルギー供給に責任を負っている当事者であるので，強い責任感と現実的な視点を持ち，しかも日本の21世紀までも見通す立場から，エネルギー問題に取り組んでいきたいと考えている。

3. 原子力開発の課題

では，以上に申し述べてきたような情勢のもとにおけるわが国の原子力開発にとっての具体的な課題とは何であろうか。私は，大きく申し上げて，

- o 原子燃料サイクル自立化の推進
- o コストダウンの追求
- o 技術開発の着実な推進

の三点だと考える。これらは相互に深く関連し合う課題であり，とくに技術開発の動向は，他の二つの課題達成の大きな鍵を握っている。

(1) 原子燃料サイクル自立化の推進

まず，第一にあげた原子燃料サイクル自立化の推進であるが，わが国では，軽水型発電所に関する建設技術，運転技術，そして保守技術が，世界でも高い水準に達して，安全性の確保や高利用率運転が定着した結果，原子力開発にとっての最大のキーポイントは，いまやウラン濃縮，使用済燃料の再処理，放射性廃棄物の貯蔵・処分などの，原子燃料サイクルの自立化に移りつつある。

エネルギー資源に恵まれない日本の原子力開発にとっては，ウランとプルトニウムの有効活用とエネルギー・セキュリティーの観点から，原子燃料サイクルの自立化が強く求められている。わが国の原子力発電は，ウラン濃縮と使用済燃料の再処理の面で，現在米国やフランス，英国などに大きく依存しているが，いよいよこれから，海外依存度を減少させ，自立性を強化していく段階を迎えている。電源構成に占める原子力の比率が着実に増加していく今後は，原子燃料サイクル施設の重要性は一層大きなものとなっていく。例えば，私ども東京電力の発受電電力量に占める原子力の比率は，昭和58年度には27％であったものが，69年度には41％に達することが見込まれる。また，昭和69年度までの今後10年間に増加する当社

の発電設備量約 1,520万kWのうち，原子力は 770万kWと，その約２分の１を占めている。このように原子力の比率が高まってくると，電力の安定供給確保，あるいはセキュリティーの確保という意味合いからも，原子燃料サイクルの自立化の必要度が，ますます強くなっていく。また，国際的な原子燃料サイクル・マーケットの健全な競争条件形成のためにも，日本が独自の施設を保有する必要があると考えている。しかし，これらの施設の建設，運転に当っては，核不拡散上の見地をはじめとする国際的な理解と協力が必要であるので，私たちはそのための最大限の努力を傾注していくつもりである。

幸いにも，地元の方々のご理解とご協力とによって，原子燃料サイクル施設の青森県下北半島むつ小川原地区への立地が，実現に向けて動きはじめている。現在計画している事業の概要について申し上げると，まず使用済燃料再処理施設については，日本原燃サービス株式会社が事業主体となり，年間処理能力約 800トンのものを，昭和70年頃までに完成させることが予定されている。ウラン濃縮施設については，1,500トンＳＷＵ程度の年間処理能力を目指している。また低レベル放射性廃棄物貯蔵施設については，当面ドラム缶約 100万本，最終規模 300万本の貯蔵能力を計画している。ウラン濃縮施設と低レベル放射性廃棄物施設の事業主体には，先般設立された日本原燃産業株式会社がこれにあたるが，昭和66年頃から操業を開始し，その後逐次増設していくことが予定されている。

これらの原子燃料サイクル施設に関する基本的な技術開発は，すでに着実に進められており，課題の焦点は，高い信頼性と経済性とを兼ね備えた実用化プラントの建設にある。電気事業の立場としては，これらの三施設が，コスト面で国際競争力を備えた，文字通りの実用化プラントであることが必要であると考えている。そのためにも，これまで国が中心となって開発してきたウラン濃縮や使用済燃料再処理に関する技術が，二つの事業主体や関連する原子力産業に，円滑に移転されることを期待したいと思う。

私たちは，軽水炉の安全性や利用率をめぐる批判に対して，原子力産業界をあげての努力による実績の積み重ねで応えてきた。その結果，わが国の軽水炉技術は，完全に定着したと申しても過言ではないと思う。私たちは，これまでのプロセスを通じて，原子力のように大規模で新しい技術が社会に受容されるためには，着実な実績の積み重ねで不安を解消していくことが，結局は決め手となることを学んできた。そして私たちの努力のつぎの重点は，原子燃料サイクルの自立化に向けられなければならない。この分野に人材，資金などを重点的に投入し，必ず成功させなければならないと思う。これまで先人たちが切り開いてきた原子

力開発の実績をさらに前進させていくためには，いま何が最も必要なのか，国民の原子力開発に対する幅広い共感を得るためには，いま何が求められているのか，という視点から，原子燃料サイクル施設の問題に取り組んでいくことが肝要であると考える。

(2) コストダウンの追求

これからの原子力開発にとっての大きな課題の第二は，安全性確保の大前提の上に立ったさらに一層の経済性の追求である。原子力発電は，これまでの開発を通じて，石油消費の削減と発電コストの抑制に多大の貢献をしてきた。このエネルギー供給における原子力の役割に対しては，将来についても極めて大きな期待が寄せられている。すなわち，先ほど電源別発電コストの比較に関連してお話したように，原子力開発のコストの低減に対し，さらに一段の努力が必要だと考えている。原子力発電のコストダウンには，運転や保守の改善とともに，資本費の比重が大きいことから，建設費の低減が重要である。そしてすでに，メーカーや建設業界などとの緊密な協力体制のもとに，建設費のコストダウン成果が着々と実現しつつあることは，ユーザーである私ども電気事業を，大変心強くさせるものである。建設経験の積み重ねによるリピート効果，機器配置の見直しによる原子炉建屋の縮小，建設工程の効率化などを通じたコストダウン達成のために，これまで原子力産業界の各分野で払われた大変なご努力に対しては，心から敬意を表したいと思う。

しかし，私は，コストダウン追求の努力に終りはないと考えている。電源構成に占める原子力の比率が大幅に増加していく今後は，原子力のコストダウン動向が発電コスト全体に与える影響の度合が，従来よりもはるかに大きなものとなっていく。したがって，私は，原子力のコストダウンを通じた電気料金の安定こそは，エネルギー競合時代に電気事業が社会の期待に応えていくための大きなポイントであると考えている。私たちは，原子力コストダウンの成否が，電気事業にとどまらず，原子力産業全体の将来を左右するのだ，という強い共通認識を持ちながら，原子力という日本にとって大きな可能性を秘めたエネルギーの開発路線を維持し，発展させていく必要があると思う。

高度成長期の昭和40年度から48年度の平均では，500万kW以上にも達していた9電力会社の年間最大電力の増加が，今後10年間の平均では390万kW程度にまでスローダウンすることが予想されているというような電力需要の基調変化のもとで，この数年間わが国の原子力発電所の開発テンポについても，調整が行なわれてきた。例えば，総合エネルギー調査会の見通しによる，わが国の昭和65年度における原子力発電設備量は，昭和54年時点では5,300万

kWであったものが，57年には 4,600万kW，58年には 3,400万kWというように，下方修正されてきた。これからの原子力産業は，このような状況の中でその産業基盤を維持，強化し，しかも万全な安全性確保のもとに一層のコストダウンを追求していかなければならないという，難しい局面を迎えているといえる。

しかし電気事業は，これからも大きな決意をもって，原子力のコストダウンに取り組んでいく。これまで国，電気事業者および原子炉機器メーカーが一体となって進めてきた軽水炉の標準化は，信頼性や安全性さらには経済性の向上などの面で，すでに注目すべき成果をあげている。そして，電気事業としては，運転，保守における効率化の一層の推進を図るとともに，今後も引き続いて，自ら標準化をはじめとする原子力発電全般にわたる努力を積み重ねていく必要があると考えている。また，より性能の優れた燃料の開発による運転期間の長期化や，定検作業の効率化等による定検期間の短縮などは，利用率向上のために是非とも推進しなければならないものである。そして，これらの開発努力の成果を集大成するＡ－ＢＷＲ，Ａ－ＰＷＲなどの新型軽水炉の開発についても，着実な努力を重ねていく所存である。

(3) 技術開発の着実な推進

原子力開発にとってのもう一つの課題として申し上げたいのは，民間活力を生かした技術開発の着実な推進についてである。

わが国の原子力開発は，当初，軽水炉をはじめとする多くの分野で，欧米各国からの導入技術に依存してきた。その後，次第にそれらを消化吸収し，自主技術の確立ならびに国産化の推進に官民に挙げて努めた結果，最近では第一級の技術水準に達したといわれている。その結果，これからの技術開発は，わが国自らの努力によらなければならない面が多くなっている。いま私が述べた原子燃料サイクル自立化の推進とコストダウンの追求という二つの課題を達成するためにも，これからの原子力技術開発がもつ重要性は，極めて大きいと申さなければならない。

現在の軽水炉から高速増殖炉によるプルトニウム利用に至る長期的な，そして多様な技術開発を総合的に進めることによって，準国産エネルギーとして期待されている原子力の経済性と自立性が確保されることになる。

ところで最近，財政再建の動きの中で，エネルギー予算にも制約が出はじめていることから，国の原子力に関する技術開発についても，その資金効率性とテーマの重点的なしぼり込みとが求められつつある。そして，一方においては，これまでの経験を通じて，相当の技術

力を蓄積してきた原子力産業界にとっては，自らが積極的に技術開発に取り組んでいく必要性と期待とが強まっている。例えば，軽水炉の信頼性や経済性向上のための技術開発については，原子力産業は，民間活力を生かした主体的な取り組みができる条件を備えつつあるように思われる。私たちは，これらの期待に積極的に応えながら，メーカー，ユーザーそれぞれの立場で，自ら主体的に技術開発を進めるとともに，相協力して民間としての技術力を一段と高度化していくことを目指したいと思う。

一方，私たちは，高速増殖炉技術に関する情報交換にみられるように，原子力開発の国際協力分野でも，近年着実に前進しつつある。ウラン資源の大部分を海外に依存しており，かつウラン濃縮や使用済燃料の再処理についても，核不拡散上などの見地から，国際的な理解のもとに進めざるを得ない日本にとっては，国際協調に努めることが極めて重要である。それに加えて，高速増殖炉開発にみられるように，大規模な原子力技術開発の分野においては，原子力先進国との国際的な技術交流を通じて，相互の啓発をはかることが重要であると考えている。そして，この国際交流を実りあるものにしていくためには，やはり対等の協力者となるための自主技術保有が必要条件となる。つまり，国際的な技術協力のためにも，計画的な自主技術開発が必要であると申さなければならない。

また近年，原子力分野におけるわが国の技術協力に対する開発途上国の期待が高まりつつある。国の主導のもとに，人材交流や研修者の受入れなどを着実に積み重ねるなど，原子力先進国としての責務を果たすという意味からも，これらの期待には積極的に応えていく必要があると思う。

4. 21世紀へ引き継ぐエネルギー基盤

これまで私は，日本における原子力の位置づけと今後の課題について，日頃考えていることの一端を述べてきた。

顧みると，日本の経済・社会は，私たちの先人たちの時代を見通す叡知と努力とにより，戦後の困難な状況を克服して，世界でも類例をみないといわれる急速な成長，発展をとげてきた。さらに，二度にわたった石油危機による難局も乗りこえて，私たちをとりまく状況は再び一応の安定をとりもどしたように思われる。そして，情報化，ソフト化などをはじめとする新しい変化の芽が次第に現実味をおびてくる中で，21世紀への橋渡しの期間となるこれからの約15年間，さらにはその先の21世紀初頭あたりまでの社会イメージが，おぼろげに見えはじめてきた

ように感じる。

では，私たちエネルギー関係者が，21世紀に引き継いでいくべきものは何かといえば，それはより安定度の高い，そしてより低廉なコストで供給されるエネルギーの基盤であろう。そして，この目標に到達するためのいくつかの選択肢の中でも，私は，原子力は非常に大きな可能性を備えたものであると考えている。供給可能量，供給コストなどのいろいろな面を考えてみても，安全確保を図り，環境に影響を及ぼすことのないように努めていくならば，原子力は将来にわたり優れた特性を備えている。私たちは，この特性をさらに着実に伸ばすことによって，多くの国民の期待どおりに，原子力を将来のエネルギー供給の柱の一つに育てあげていく責務を担っていると考える。

エネルギーの安定供給は，これまでそうであったように，これからも文明，社会を支える基本的条件であり続けることは，疑問のないところである。エネルギー問題の長期的な性格のために，21世紀の日本人が依存するエネルギー供給構造の構築に，現在の私たちがかかわっていかなければならない，つまり，現在の私たちの判断と行動とが，21世紀の人びとの生活を大きく規制していくことになるということを考えると，私たちは，大きな責任感を抱きながら原子力開発に対して真剣に取り組んでいかなければならないと思う。

20世紀の最後の四半世紀の人間が，将来をどのように展望し，どのようなエネルギー供給基盤を後世のために残そうとしたのかについて，21世紀の人びとに問われることは間違いないであろう。私たち原子力に関係する者は，自分たちの毎日の仕事が，実はそういう将来とのかかわりを持っている，という自覚のもとに，21世紀の人びとの評価と共感とを得られるような，強靭なエネルギー供給構造の構築をめざさなければならない。それは，電力について申しあげるならば，原子力を主柱とし，そのほかの電源もバランスよく組み合わせ，また技術開発の進展次第では，現在研究開発段階にある各種の新エネルギーをも含めた，効率的かつベストミックスを指向した電源構成の追求であろう。その中で，原子力が期待どおりに，これからの電力供給の柱となっていくためには，原子力産業が新しい課題領域に積極果敢に挑戦し，着実な成果を積み重ねていくことが極めて重要である。いま私たちは，わが国にとってのエネルギー問題の基本と長期展望とをしっかりと踏まえた，着実な原子力開発への取り組みを求められている。私は，これからの原子力開発が，社会の発展を支える基盤となり，また国際協力のシンボルの一つとなっていくであろうことを，心から期待しながら，本日のお話を終わらせていただきたいと思う。

「中国の原子力発電計画と国際協力」

中国原子力工業公司会長

劉　書林

中国の原子力開発事情の概略をご紹介申し上げます。

中国は1950年代より自国の原子力開発を開始致しました。現在既にウラン鉱の地質調査，探査，採掘，製錬，転換，濃縮，燃料製造，再処理および放射性廃棄物処理・処分等に至る原子力産業体制と研究開発体制がかなり整ってまいりました。原子力エネルギー利用の方面については既にいくつかの用途の異なる原子炉，例えば研究試験炉，小型動力炉，生産炉を建設しております。アイソトープの利用については既にアイソトープ製品の研究開発・製造部門を作り上げており，それによりアイソトープと放射線照射技術が民生経済部門に有効に使用され，農業利用分野では，放射線照射技術を活用して既に穀物，油脂原料，野菜，果樹等について多くの新品種を作り出しております。工業利用分野では，放射線計測器，ラジオオートグラフィー，放射線トレーサー，放射化学分析，放射線プロセシング等幅広い利用を行っております。医学利用分野では，中国では既に700 余の医療部門において放射線を使用して臨床診断や治療を行っております。こうして原子力技術は，国民経済の各分野において一定の進展を見せております。永年に亘る原子力科学技術の学問と実践を通じて，中国は既に相当経験を積んだ科学研究開発，設計，製造，生産運転，建設据付ができる陣容を養成しており，わが国の原子力産業は既にある程度の基礎を有しております。

現在中国は全面的に社会主義近代化の建設を展開しており，全国人民のたゆみない努力のもとに，近代化建設についての作業は各方面においてまことに喜ばしい進展を見せております。中国の経済開発計画目標は，2000年までに工農業の総生産高を四倍にし，人民の生活水準を絶えず高めていくというものです。現在のところ中国が目指しているこの目標は実現する可能性が十分あります。中国の経済，技術，科学，文化の発展は，中国の原子力産業と科学技術の進歩にとり，更に広い前途を約束するものです。

中国が工農業の総生産高を四倍にするという目標を実現させるためには，エネルギー開発が極めて重要な業務です。中国は十分な水力，石炭資源を有していますが，その大部分が中国の西北部，西南部と北部に偏在しており，中国の経済が比較的発達している華東，華南，東北地区にはありません。そのため水力発電，火力発電の開発に加え，原子力発電は開発しなければならないエネルギ

ーの一つです。中国は水力発電，火力発電および原子力発電の三方面から電力事業の発展を速めるということを決定しております。短期的には，中国の電源開発は火力発電を主とし，これを補充するものとして水力発電と原子力発電を併せて発展させることとし，適切な規模の原子力発電開発計画を現在策定中です。目下の計画では複数の原子力発電所を建設する予定で，今世紀末までに1,000 万kW前後にしようとしております。中国の実情から考えて，中国の原子力発電所が必要とする燃料は国内で充足することとし，完全な燃料サイクルを確立するつもりです。中国の原子力開発は，自主開発と国際協力の二点から進めます。例えば，原子力発電分野では，われわれは外国の先進的な設備と技術を導入し，建設協力を通じて，逐次自力で大型の原子力発電所を設計，建設できるようにまでするということです。現在中国政府が許可した設計，建設中の原子力発電所は次のものがあります。

1．秦山原子力発電所

秦山原子力発電所は中国の浙江省海塩地区に位置します。これは30万kW規模の加圧水型原子力発電所で，70年代中期に研究設計の作業を開始しました。国の許可を得て1983年６月にサイト整地を開始しました。現在工事進捗状況は良好であり，1984年の各種作業計画は予定通り終了しております。例えば原子炉建屋の基礎のベースマットは既に完成しており，タービン発電機の建屋の土台ピットも掘削を終了しております。また，原子力発電所の大部分の機器設備が製造中です。現在の工事の進展状況から見て，この原子力発電所は1989年頃完成するものと思われます。これは中国の自主開発，設計，建設による原子力発電所です。ここで私が特に強調したいのは，秦山原子力発電所の建設には多くの友好国の関係機関の協力を得たことです。中国は，またいくつかの大型設備を輸入しており，たとえば，原子炉圧力容器やその他若干の材料は日本から導入したものです。このような友好協力は双方にとってためになるものです。今後秦山原子力発電所は引続き若干の設備，器材および技術的なコンサルティングサービスを導入するものと思われます。

2．広東原子力発電所（加圧水型，90万kW２基）

これは中国広東原子力発電有限公司と香港原子力発電投資有限公司の双方が共同で建設し経営しようというものです。これは深圳大亜湾に位置します。1980年合弁経営についての準備作業を開始し，1985年１月18日両者は正式に北京において合弁経営契約書に署名しました。この大型原子力発電所は1991年頃に完成する予定です。

3．その他のプロジェクト

上記のほか江蘇省江陰地区と東北渤海湾地区に同規模の大型原子力発電所を建設する計画があります。また，大型原子力発電所のほかに，中国は小型原子力発電所や，都市向けの熱併給炉，石油化学コンビナート向けの蒸気と電力を供給する原子力熱併給発電所の建設も積極的に計画中です。

中国政府はまた原子力の安全確保を重視しており，最近，国家原子力安全局を設置し，原子力の安全確保の責任を全面的に持たせています。国家原子力安全局はわが国における平和利用の原子力施設に対して，原子力安全の審査，チェック，管理を行い，また原子力の安全研究体制を組織する専門機関です。中国の原子力発電所の安全性に対する基本原則は国際的な規則と一致しています。これはつまり，原子力発電所の作業者や地元の地域住民の安全をまもること，原子力発電所設備の安全を確保すること，および周辺環境を保護することです。われわれは，原子力の安全性確保分野でも，諸外国の関係者がわれわれと交流し合い，協力し合うことを心から歓迎します。

中国の長期的な計画発展を図るため，われわれは新型炉の研究開発を現在進めております。例えば高速増殖炉，高温ガス冷却炉および核融合炉等です。その他の分野ではウラン鉱の探査，採掘，製錬，ウランの転換，濃縮，使用済燃料の再処理，放射性廃棄物の固化，放射性物質の輸送，貯蔵および最終処分等々の作業ならびに原子力科学技術の工業，農業，医学への広範な応用が，それぞれ程度の差はあれ，進められております。

中国は開発途上国であり，原子力発電においてもアイソトープ利用，その他原子力平和利用の技術開発においてもすべての面で各国の先進技術と経験を手本にする必要があります。政府の対外開放政策にもとづき，われわれは原子力平和利用の各領域において国際間の技術交流，友好協力を展開することを心から歓迎致します。現在中国は既に多くの国家と原子力平和利用についての交流協力計画および貿易契約を締結しております。原子力平和利用と友好協力を促進するために，中国は国際原子力機関に加盟しました。われわれは主権の尊重，内政不干渉，平等互恵の原則を基礎として原子力平和利用のための国際的友好協力を積極的に展開することを主張します。これらの協力が平和目的のみに用いられることを保障するために，中国はこれに対し慎重な責任ある態度をとっております。中国政府は正式に次のような政府声明を発表しました。

「中国は差別的な“核拡散防止条約”に対しては批判的な態度をとっており，この条約には参加していない。しかしながら決して核拡散を主張しているのではなく，また自らも核拡散は行わない。他国の核兵器開発に協力することもない。」これは中国が他国と原子力協力を行う場合に遵守する

基本政策であり，この政策の指導のもとに，中国は原子力材料や原子力設備を輸出する際，受入れ国が国際原子力機関の規約の原則どおり保障措置を受入れることを要求するものであります。中国が原子力材料，原子力設備を導入する場合も，平和目的に用いることを確実に保障します。

最近，中国の原子力産業と科学技術における指導力を強化するため，国務院に李鵬副総理をリーダーとする原子力発電指導グループが設置されました。このグループは，全般的な計画立案，検討，決定ならびにこれらの作業の組織調整を担当するものです。

中日両国において日増しに発展しつつある友好協力は既に新しい段階に入っております。これらの友好協力は正に中日両国の指導者が確認した「平和友好，平等互恵，相互信頼，長期安定」という中日関係を指導する原則に沿って勢いよく発展しております。中国の原子力産業界および科学技術界は中日両国が原子力の平和利用についての協力を更に発展させることを心から希望しております。全世界が原子力平和利用を推進し，原子力を人類の幸福に役立たせるよう共に努力しましょう。

大会のご成功と，中日両国の友誼が末永く続くことを祈念致します。

THE ENERGY SITUATION AND NUCLEAR ENERGY POLICY IN INDONESIA

by

Djali Ahimsa

Director General

National Atomic Energy Agency

The Indonesian economy grew fairly rapidly during the three periods of Repelita I through III (the first through the third five-year plans). It was also transformed structurally during the same 15 years. Although economic growth was somewhat slowed down during the past three years to about 3% annually, it had achieved a sustained growth of 7.5%/year from 1969 to 1982. The GDP increased from Rp 4820.5 billion in 1969 to Rp 12325.4 billion in 1982 in constant 1973 prices. At the same time, the proportion of the agricultural sector decreased from 46.9% to 29.8%, while the proportion of the manufacturing sector increased from 8.3% to 15.4%. Table-1 shows this transformation.

Table-1 Gross Domestic Product, 1969-1983

(billion rupiah, constant 1973 prices)

Sector	1969	1971	1973	1975	1977	1979	1981	1983
Agriculture	2,263.0	2,441.0	2,710.0	2,811.2	2,981.3	3,255.6	3,593.5	3,845.6
Mining	452.0	551.0	831.0	828.1	1,070.0	1,046.9	1,069.1	956.5
Manufacturing	399.0	490.0	650.0	847.9	1,057.7	1,395.3	1,877.8	1,942.5
Utilities	19.6	24.7	30.4	41.2	49.0	68.6	89.9	112.8
Construction	114.0	171.0	262.0	364.8	463.8	562.8	720.2	804.5
Transportation & Telecomunication	158.0	210.0	257.0	302.7	438.7	559.8	676.9	752.5
Trade, Finance & Other services	1,414.9	1,657.0	2,013.0	2,434.9	2,821.5	3,275.9	4,027.2	4,427.8
T O T A L	4,820.5	5,554.7	6,753.4	7,630.8	8,882.0	10,164.9	12,054.6	12,842.2

These beneficial aspects of economic development were accompanied by some negative aspects in energy developments. The most important of these were :

1. The economy was highly dependent on oil, which was not only the most important commercial energy source, but also the most important source of domestic revenues as well as the most important earner of foreign exchange. These factors have contributed to over-reliance of the economy on oil and hence have subjected the economy to the uncertainties of the world oil market.

2. Indonesia's population of 165 million is mostly concentrated in Java, and hence most of the commercial energy demand is located in Java island. Unfortunately, most of Indonesia's energy resources lie outside Java island, also the energy production centers such as oil refineries and coal mines. Only geothermal resources are abundant in Java and these have not yet been developed. The remaining hydro resources on Java are limited.

3. In terms of heat value, the largest contribution of energy supply came from non-commercial energy, namely firewood. With the population of Java reaching 100 million, the island is in danger of suffering from environmental impacts arising out of wood consumption. Indonesia's wood resources are located on the other islands.

The following table presents a summary of Indonesia's energy resources.

Table-2 Energy Resources

	Resources	Reserves
Oil, billion barrels of oil equivalent	53.8	15.2
Gas, trillion cu. ft.	361.5	100.5
(Hydrocarbons, BBOE)	114.1	33.2
Coal, billion tons	19.3	1.2
Hydropower, MW	77000	4000
Geothermal power, MW	10000	1500

The table shows that although Indonesia possesses substantial energy resources, they may not be sufficient to cover the long-term requirements of a rapidly growing population, especially if these resources are to be relied upon as a source of domestic revenues and foreign exchange to finance economic development. Therefore current policies in the energy sector have focussed on three important components, as follows.

Intensification of Energy Resources

All types of energy resources are to be developed. Non-renewable energy production such as oil and gas is to be increased and to be exported as much as possible. Lately, the OPEC ceiling at 1.2 million barrels per day has acted as a constraint.

Diversification of Energy Resources

Dependence on oil products as commercial energy source and on wood as non-commercial energy source is to be decreased. In particular coal is to be developed as the main source of commercial energy for power production, which to date is the principal means of diversification.

Conservation of Energy

Specific energy consumption for all types of activity is to be reduced. In particular consumption of oil products is to be carried out as efficiently as possible. The price of oil products will be increased in stages to reflect its economic cost. At the same time the majority of the population should benefit from the availability of indigenous energy resources.

The firt policy has been pursued since the begining of the Repelita I. The second policy was initiated during the period of Repelita II, and by the end of the period a limited success has been achieved as shown in Table-3. Diversification away from oil to gas and coal will be stepped up in the current Repelita IV, as shown in the table. The third policy began to be implemented during Repelita III and will be intensified during the current Repelita IV. In the future, the three policy guidelines will be adopted concurrently in the development of commercial energy in Indonesia.

Table-3 Commercial Energy Mix

(in million BOE)

Energy Source	End of PELITA II (1978/1979	End of PELITA III (1983/1984)	End of REPELITA IV (1988/89,project.)
Natural Gas	24.5 (15.3%)	43.31 (17.7%)	55.2 (18.9%)
C o a l	Ø.65 (Ø.4%)	1.14 (Ø.5%)	28.2 (9.7%)
Hydropower	3.85 (2.4%)	11.64 (3.7%)	24.3 (8.3%)
Geothermal	-	Ø.42 (Ø.2%)	1.96 (Ø.7%)
O i l	131.Ø (81.9%)	167.11 (77.9%)	182.4 (62.4%)
T o t a l	160.Ø (1ØØ.Ø%)	223.61 (1ØØ.Ø%)	292.2 (1ØØ.Ø%)

To illustrate the developments in commercial energy consumption (mainly oil products), Table-4 shows the sales of petroleum products for the period 1969-82. It is seen that :

- consumption of commercial energy increased very rapidly, stimulated by low energy pricing
- during the early 197Ø's, petroleum product consumption was dominated by gasoline and kerosene
- the consumption of high-speed diesel oil increased very rapidly, such that by the early 198Ø's it constituted 3Ø% oftotalpetroleumproducts consumption.

Table-4 Domestic Sales of Oil Products 1969-1983

(thousand barrels)

Product	1969	1971	1973	1975	1977	1979	1981	1983
Aviation gas	187	144	123	139	128	126	105	85
Aviation turbo	469	963	1,658	2,579	2,913	3,665	4,869	4,423
Super-98 gasoline	5	100	359	661	710	618	391	244
Premium gasoline	189	8,029	11,757	14,284	17,356	21,294	25,650	24,309
Gasoline	8,974	2,378	-	-	-	-	-	-
Kerosene	17,017	18,927	23,146	30,623	36,880	45,457	52,501	48,155
High-speed diesel	4,536	6,923	11,838	18,023	27,041	34,542	44,747	49,417
Diesel oil	2,003	2,740	3,488	4,673	6,239	7,333	9,410	10,084
Fuel oil	4,477	5,346	7,924	7,844	10,296	11,984	17,570	22,220
T O T A L	37,857	45,550	60,293	78,826	101,563	124,929	155,243	158,937

These developments were of great concern to planners in Indonesia. In a relatively short time we have been forced to cut down our oil exports in order to "fuel" our economy. Several energy studies were therefore carried out to investigate Indonesia's future energy options. These were :

- The NIRA-BATAN study on the feasibility of the first nuclear power plant in Indonesia, of which the first part comprised an evaluation of Indonesia's long term energy-economic prospects (April 1980).

- The Bechtel-BPPT study on alternative energy supply strategies, which produced four scenarios based on two rates of growth and two energy strategies (December 1980).

- The EDI-DJK study called "Energy for Development", which produced energy demand projections for 1990-2000 based on an assessment of the 1979 energy consumption and on economic projections made by the Economic and Social Research Institute of the Faculty of Economics of the University of Indonesia (August 1981).

- The IBRD-UNDP study reviewed the Indonesian energy balance for 1979/80 and produced projections of the energy balance picture for 1989/90 and 1999/2000 (November 1981).

These studies have used higher assumptions of economic growth than Repelita IV and have thus produced higher projections of energy demand. See Table-5 below.

Table-5 Estimates of Commercial Energy Demand

(in million BOE)

Study/Reference	1990	2000
NIRA-BATAN, 1979, 2 scenarios	463-574	1311-1861
Bechtel-BPPT, 1980		
Strategy I	371-406	709-870
Strategy II	381-439	788-1094
EDI - DJK, 1981	419-439	774-1065
IBRD/UNDP, 1981	494	965-1295

Note : 1. The above mentioned studies have made assumptions of economic growth rates of, respectively,6-7%, 6.5%, 5.8(5.5)-7.0%, and 8.2(6.5). The current targeted growth rate for the Fourth Repelita is 5%/year.

2. Two of the studies have estimated that by 2000 about 60% of total commercial energy demand will be demanded by the industrial and power sectors.

Because of the policies mentioned earlier, the consumption of oil products during 1983 and 1984 did not show a significant increase over the level of consumption in 1982. During the same period, however, Indonesia experienced the effects of world recession. Hence it is not clear how much of the levelling off in domestic oil consumption has been due to the rationalization of domestic energy pricing.

For the same reasons, it is not yet clear what the appropriate forecasts should be for the very long term energy developments of Indonesia. In the past, an energy demand of about 10%/year and a power demand of about 15%/year were considered reasonable.

Nevertheles, the main trends are quite clear. Indonesia has just begun its efforts towards industrialization. Hence we feel that an energy demand growth rate of about 8%/year in the long term is a fairly reasonable assumption. Also, bearing in mind the experience of the State Electricity Utility during 1973-83, a projection of a power demand growing at about 10%/year is quite realistic. See Table-6. We therefore feel that the current goal in Kepelita IV of total installed capacity of 9168 MWe (or an additional increase of 5256 MWe in 5 years) is attainable. This means that by the year 1990, Java's grid will have an installed capacity of around 7000 MW, a grid large enough to accomodate a 600 MWe nuclear power plant.

Table-6 Sales of PLN Electricity

Year	Total (KWh)	Growth (%)
1973	2 174 744 721	-
1974	2 444 107 288	12,7
1975	2 803 612 955	14,7
1976	3 081 817 030	10,0
1977	3 527 103 658	14,4
1978	4 286 920 850	21,5
1979	5 343 406 299	24,6
1980	6 560 162 284	22,8
1981	7 845 466 087	19,6
1982	9 101 134 375	16,0
1983	9 999 708 098	9,9

In terms of a nuclear power program, BATAN also see a role to be played in Indonesia's electricity developments in the very long term. The 10% growth rate from 1990 means that by 2000 the Java-Bali grid should reach a total installed capacity of about 18000 MW, or the addition of the order of 11000 MWe during the decade 1990-2000. Surely nuclear power could account for at least 2000 MWe of this amount.

The nuclear energy option has been considered in Indonesia since 1968, when the first seminar was held on the introduction of nuclear power to the Jawa system. A joint cooperation was established between BATAN and PLN during 1972-1982 to conduct studies on nuclear power, including "Nuclear Power Planning Study for Java Island" carried out with IAEA and the above-mentioned feasibility study for the first nuclear power plant.

Even though the government decided in 1981 not to proceed with the nuclear power project, the economics of nuclear energy remain attractive. The feasibility study had earlier indicated that a 600 MW nuclear plant could be installed in 1989, confirming its competitiveness. The publication by the IAEA of its guidebook *) again reaffirmed this fact, showing conclusively that nuclear plants of 900 MW or higher capacity by conservative estimates are economic. The OECD 1983 publication*) also confirmed this.

---

*) "Guidebook on the Introduction of Nuclear Power", Technical Reports Series No. 217, IAEA, Vienna, 1982; "The Costs of Generating Electricity in Nuclear and Coal Fired Power Stations", A report by an Expert Group, Nuclear Energy Agency, OECD, 1983.

Bearing in mind the above considerations and the fact that the Jawa system 10 years from now, corresponding to the lead-time of a nuclear power plant project, will have surpassed 10000 MW, it is now opportune to seriously consider the nuclear option. The economic benefits of "going nuclear" are :

- to provide an alternative to oil, in addition to coal which is being developed, because of constraints in large scale development of hydro and geothermal resources in Jawa; moreover the nuclear alternative is less affected by changes in fuel prices than other alternatives;
- to optimize the energy system by incorporating base-loaded nuclear plants in the Jawa power system, by virtue of its lower generating costs and lower overall investments, and also allowing in the long-term of lower foreign exchange payments;
- to give impetus to industrial development, because of its high requirements of industrial standards.

In view of the foregoing considerations,we have initiated a study which we have called "The Updating of the Nuclear Power Plant Feasibility Study". The first part of the study, namely appraisal of the long-term energy and power demand of Indonesia, is already well under way with assistance of the International Atomic Energy Agency. We propose that the complete study, including optimization of the Java system expansion plan, analyses of comparative environmental impacts of coal-fired plants and nuclear power plants, and presentation of alternative nuclear strategies, will be completed by the beginning of 1986

for consideration by the BAKOREN, the Energy Coordination Board.

If and when the Government of Indonesia decides to introduce nuclear power into the Java-Bali network, formidable problems face the agencies and institutions charged with implementation of the program, including BATAN. However, we believe the problems are not insurmountable. It is well known that developing countries such as Korea, Argentina and India already have already reached an advanced stage in their nuclear power program. In the case of Indonesia we are currently in the preparatory stage of introducing nuclear power.

For some years BATAN has operated three research centers in Jakarta, Bandung and Yogyakarta. The latter two centers have two small research reactors as their principal research tool. Formerly, the three research centers have focussed on the application of radioisotopes and radiation in various fields such as medicine, agriculture, industry and hydrology. During the second and third Repelita more attention was paid to nuclear technology, especially fuel technology. In the current fourth Repelita, a new nuclear research establishment is being built in PUSPIPTEK, Serpong, about 30 km from Jakarta.

The facilities at the new research center, to be operational by 1987, include a 30 MW multi-purpose reactor, a fuel fabrication facility for the research reactor, an installation toproduce experimental power reactor fuelto be tested in the reactor, a radioisotope-production facility and a waste-management facility. Other facilities will be added in the

future, such as a radiometallurgy laboratory, an engineering and safety laboratory and a nucleo-mechano-electric workshop. The operation of all these facilities in the near future will enable Indonesia to provide the requisite manpower required for the implementation of the nuclear power program. In this way we can enter with confidence the forthcoming era of nuclear power in Indonesia.

References

1. A. ARISMUNANDAR, "Energy Policy in Indonesia", Keynote Address presented at the Indonesian-French Seminar on Nuclear Energy, Jakarta, March 18-20, 1985.

2. SARDJONO, "Electric Power Development in Indonesia", Paper presented at the Indonesian-French Seminar on Nuclear Energy, Jakarta, March 18-20, 1985.

THE NUCLEAR INDUSTRY IN AUSTRALIA

by

D G WALKER

Chief Executive Officer, Australian Atomic Energy Commission
Private Mail Bag, Sutherland, N.S.W. 2232, Australia

INTRODUCTION

The history of the development of the nuclear industry in Australia is essentially the history of uranium mining. Although various initiatives have been taken to introduce other aspects, they have been largely unsuccessful. Australia remains a significant exporter of the uranium concentrate yellowcake, but no other nuclear power or fuel cycle activities exist on a commercial scale. Industrial radiation processing, and the production of radioisotopes and radiopharmaceuticals, are the only other endeavours that can reasonably be included under a nuclear industry umbrella.

URANIUM MINING: THE EARLY YEARS

Uranium mineralisation was first recorded in Australia in 1894 but the only two significant occurrences of uranium mineralisation known in 1944 were the Radium Hill and Mount Painter deposits, both in South Australia. Radium Hill was discovered in 1906 and Mount Painter in 1910. Both were mined spasmodically for radium up to 1934, but were finally forced to close down because of the complexity of the ores, and the discovery of pitchblende at Great Bear Lake in Canada.

A search for uranium in Australia was begun in 1944 at the

request of the United Kingdom Government, when it was urgently required for defence purposes.

In response to this request, the Mount Painter and Radium Hill deposits were tested, but were found to be too low in grade and too small to be of immediate importance. However, by 1950, a treatment process was developed for Radium Hill ore and the potential ore reserves were sufficient to justify the opening up of the deposit and the building of a treatment plant.

In the meantime, in 1947, the Commonwealth Government sought the co-operation of State Government authorities in a general search for uranium. A very large number of samples from museum collections, mining residues, and other sources were examined and tested for radioactivity; a pamphlet on the occurrence of radioactive minerals,methods of prospecting and mineral identification was published.

In January, 1948, the Commonwealth Government instituted a system of tax-free rewards for discoveries of uranium ore. The rewards were designed to encourage individual prospectors and small syndicates to take up the search.

The discovery of uranium at Rum Jungle in the Northern Territory of Australia was made late in 1949 by Mr J M White, a local prospector who had for some time been aware of the existence of distinctive and unfamiliar minerals in the area. When he saw the government pamphlet on radioactive minerals, which included coloured illustrations, he reported the locality of the occurrence and his belief that the minerals were uraniferous.

Government geologists confirmed the presence of uranium-bearing minerals. Prospecting and mining began early in 1950, leading to the discovery of a number of small deposits. However it was not until December 1951 that a substantial and

high grade orebody was discovered in the area. Mr White received the maximum sum (£25,000) payable under the reward scheme for his discovery of the Rum Jungle deposit.

In 1952, the United States Atomic Energy Commission sent a party of experts to Australia at the invitation of the Commonwealth and South Australian Governments. The party was accompanied by a United Kingdom representative and a basis for development of the Rum Jungle and Radium Hill fields was discussed. Agreement was reached on broad principles and arrangements were made later for funds for the projects to be provided by the Combined Development Agency - the joint Anglo-American uranium purchasing organisation.

In August 1952, the Commonwealth Government made arrangements with Consolidated Zinc Pty Ltd for the development of Rum Jungle. A wholly-owned subsidiary company was formed to mine and treat the ore. Exploration continued under the control of the newly established Australian Atomic Energy Commission. Open-cut mining of White's deposit began in September, 1954, and the treatment plant - the first uranium mill in Australia - was opened in the same month.

This development and the incentives offered by the Commonwealth Government led to a uranium prospecting boom commencing in 1954. By early 1954 several exploration companies had been formed and some of the larger Australian mining companies were actively engaged in this work. By the middle of 1955, 22 new companies had been incorporated specifically to prospect for and mine uranium.

An immediate result was a marked increase in the rate of discovery, particularly in the Mt Isa/Cloncurry region of Queensland and the Katherine/Darwin region of the Northern Territory. The boom reached its peak in 1954, when prospects were traded at very high premiums. It resulted in the discovery

of the Mary Kathleen deposit in Queensland and a number of deposits in the South Alligator River region of the Northern Territory. After 1954, prospecting activity gradually tapered off as the capital of many of the smaller companies was exhausted by the expense involved in mounting field exploration programs of the type required and, in a number of cases, by speculative ventures which had little chance of success.

Of the very many discoveries made at this time, only the deposits in the South Alligator and Rum Jungle regions and at Mary Kathleen were brought into continuous production.

In November 1955, the United Kingdom Atomic Energy Authority, at the invitation of the Commonwealth Government, sent a mission to Australia to discuss the Authority's requirements for uranium for its proposed nuclear power program. A contract was negotiated to buy uranium from the Mary Kathleen deposit. Arrangements were also made at this time to provide a market for any deposits in the South Alligator River region which proved to be of economic importance.

Open-cut mining began at Mary Kathleen in October 1956 and the treatment plant was completed in June 1958. Shipment of pitchblende concentrates to the Combined Development Agency from the South Alligator River area commenced in 1956-57. Contracts in 1958 for the delivery of uranium oxide concentrates to the United Kingdom Atomic Energy Authority led to the opening of two treatment plants near the South Alligator River field in 1959.

The decline in prospecting activity which became noticeable towards the end of 1955 continued for many years and was primarily due to the decline in world demand for uranium and the poor economics of companies without firm orders.

Production continued from the well-established mines but virtually all contracts were filled by the end of 1963. The smaller mines were closed, and Mary Kathleen was placed on a care-and-maintenance basis. Operations continued at Rum Jungle under a Commonwealth Government contract with the objective of mining out all the ore reserves and continuing the treatment plant operation to convert the stockpile to yellowcake. Processing at Rum Jungle finally concluded in 1971.

URANIUM MINING: THE SECOND DISCOVERY PERIOD

The low exploration activity and the mining operations of the late 1950s and early 1960s led to a fall in the known uranium reserves in Australia. In 1967 these were estimated at little more than 6000 tonnes U in the low cost category (then less than US$10 per lb U_3O_8). In view of the low level of these reserves, and in anticipation of a requirement for uranium for an Australian nuclear power program which was expected to commence in the 1970s, the Government introduced an export policy designed to conserve sufficient uranium to meet Australian needs while facilitating exploration by giving some assurance that a portion of new discoveries could be exported. In brief, this policy allowed up to one half of medium sized discoveries, that is, up to about 1500 tonnes U,to be exported. Beyond this, the amount to be exported would be subject to negotiation.

This new policy, together with an upward trend in the anticipated overseas market led to an increase in exploration in Australia. By mid-1969 some 30 companies were engaged in uranium exploration and by mid-1970 estimated reserves recoverable at less than US$10 per lb U_3O_8 had risen to over 10,000 tonnes U mainly as a result of the discovery of a number of small deposits.

The major boost to the Australian uranium industry was to

occur in 1971. By mid-1971 the number of uranium exploration companies had risen to 80, and radiometric anomalies had been detected which would lead to the delineation of the major Nabarlek and Ranger deposits. These discoveries gave promise of Australia becoming a major uranium producer and the policy of export restrictions was modified in recognition of this potential. Quantitative restrictions were removed although all exports had to be approved by the Government which would ensure that adequate domestic reserves were held and that mandatory safeguard conditions would be applied.

Important new discoveries continued to be made over the next few years. Reasonably assured resources at US$10 per lb U_3O_8 increased to 70,000 tonnes U in 1972 and exceeded 100,000 tonnes U in 1973. In the Alligator Rivers region of the Northern Territory, the Jabiluka and Koongarra deposits were explored, as was the Yeelirrie deposit in Western Australia. Exploration peaked at about this time. The uranium market remained sluggish and prices low in the face of substantial stockpiles held by major countries.

URANIUM MINING: POLICY FORMULATION IN THE 1970s

By 1974 the international uranium market situation had substantially improved as fears developed about the long-term future of energy supplies, particularly of oil. Some forward contracts were written by companies holding titles to deposits. However, the Australian Government of the day moved to take over the exploration, development and marketing of Northern Territory uranium by giving the responsibility for these activities to the Australian Atomic Energy Commission (AAEC).

Under this policy, the AAEC would mine ore from the Ranger deposits in conjunction with the Ranger joint venture companies, and at the appropriate time similarly from other deposits. For the Nabarlek deposit, located within the Arnhem

Land Aboriginal Reserve, the agreement of the Aboriginal people concerned was essential before mining could commence. Mining of the Koongarra deposit, which occurs in the proposed Kakadu National Park, would have to conform with the proposed legislation on national parks and wildlife conservation. A uranium milling plant, financed by the AAEC and the Ranger participants, would be established in the Northern Territory to treat ore from the Ranger deposits. At the same time, a decision was made to re-open the Mary Kathleen mine in Queensland, with the AAEC taking up some 40% of the shares in the company.

Although the world price for uranium for long-term delivery escalated as utilities sought to assure their forward needs, further activity in Australia, including the implementation of these policies, was largely suspended as the Government introduced new environmental protection legislation and instituted a public inquiry, the Ranger Uranium Environmental Inquiry. As in other countries, groups in Australia were voicing concern over participation in nuclear power and the nuclear fuel cycle, and the Inquiry assumed broad terms of reference which, in addition to covering site specific environmental questions, also included generic questions of the risks and dangers of nuclear power in a global context.

The Inquiry commenced public hearings in September 1975 under the Presiding Commissioner, Mr Justice Fox. Although a change in government occurred at the end of 1975, the new government agreed to await the report of the Fox Commission, as it came to be known, before deciding its policy with respect to the exploitation of Australian uranium. Although prospecting activity declined sharply, further exploratory drilling at known deposits raised the low cost Australian reserves to over 200,000 tonnes U.

The first report of the Inquiry, concerned with generic

issues, was not published until October, 1976, and the second report, covering the impact of the Ranger proposal on the local environment and the impact of uranium mining on the Aboriginal people, was released in May 1977. Permits for export from the Mary Kathleen mine were issued after the first report, although technical problems at the treatment plant restricted production. For the Alligator Rivers Region the Government set up a task force to examine the implications of the reports of the Inquiry and to consider questions relating to Aboriginal land rights. Concurrently, a decision was made to withdraw the AAEC from uranium exploration and to restore this activity to the private sector.

In August 1977, the Prime Minister announced the Government's decision. In brief,it was that there should be further development of uranium under strictly-controlled conditions and that uranium development projects would be permitted to proceed only if they satisfied certain conditions:

- The mining operations must conform with a mandatory "code of practice" which the Government would progressively prescribe.

- The requirements of the Environment Protection (Impact of Proposals) Act 1974 must be complied with.

- The Government must be satisfied as to the acceptability of the development on the environment and on the Aboriginal people - the total level of activity would be taken into account in this regard.

- The sales of uranium produced must conform with the Government's safeguards policy.

The Ranger Uranium Environmental Inquiry made more than 100 recommendations in its reports and, with few exceptions, these

recommendations were accepted by the Government.

The Government also decided to proceed with the Ranger Project under the joint-venture agreement concluded between the previous government and the companies. For the other deposits, the decision required the completion of satisfactory agreements with the Aboriginal people, and the development of acceptable environmental controls over mining and processing operations. The necessary legislation to cover these issues was passed through Parliament.

A key issue in the new policy was an increased attention to the safeguards conditions to be applied to the export of uranium from Australia. The major principles were:

- Export only for peaceful, non-explosive purposes.

- Export only to Non-Nuclear-Weapon States party to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) and to Nuclear-Weapon States that accept International Atomic Energy Agency (IAEA) safeguards on the supplied uranium.

- Full IAEA safeguards to apply from the time the material leaves Australian ownership.

- Provision for fall-back safeguards to apply in the event that NPT safeguards cease to apply.

- Adequate physical security to be maintained.

In addition, Australia would require its prior consent to any re-transfer of the supplied nuclear material to a third party, its prior consent to the enrichment of supplied uranium beyond 20% uranium 235, and prior consent to reprocessing of supplied nuclear material.

The delays in bringing the mines into production had, by this time, placed some companies in potential breach of supply contracts which had been negotiated in the early 1970s. An agreement between the companies and the Government allowed for the borrowing of yellowcake from the Commonwealth stockpile which had resulted from the Rum Jungle operations.

Partly in response to uncertainties in government policy implementation and partly owing to international market conditions, exploration in Australia was at a low ebb during the late 1970s. Reserves, which had reached 290,000 tonnes U in the low-cost category, remained virtually unchanged for several years. However, although not yet contributing to the reserves figures, drilling at the Olympic Dam prospect on Roxby Downs Station in South Australia was indicating the presence of substantial resources.

The Nabarlek ore body was mined and the ore stockpiled in 1979. Production of yellowcake commenced in 1980. Progress at Ranger under the joint venture agreement continued during 1979. In December 1979, the Government announced it would divest its interest in the Ranger Uranium Project by sale to a new company, Energy Resources of Australia Ltd, established by the two private co-venturers. This divestment was completed by September 1980. Mining and production commenced at Ranger in 1981. Progress in the development of the other major Alligator Rivers deposits, Jabiluka and Koongarra, was delayed by lengthy negotiations with the Aboriginal people and by the environmental impact analyses. Further exploration at Roxby Downs delineated a large copper-uranium orebody and the sinking of an exploratory shaft commenced in 1981. The Mary Kathleen mine closed in 1982 having produced enough yellowcake to meet contracts. Further extraction was considered uneconomic.

URANIUM MINING: RECENT POLICY DEVELOPMENTS

At its National Conference in 1982 the Australian Labor Party, then in opposition in the Commonwealth Parliament, adopted a policy that gave particular attention to the question of uranium mining. This policy required a future Labor government to:

- declare a moratorium on uranium mining and treatment in Australia;

- repudiate any commitment of a non-Labor government to the mining, processing, or export of Australia's uranium; and

- not permit the mining, processing or export of uranium pursuant to agreements entered into contrary to ALP policy.

The policy did, however, recognise that a phasing out, rather than termination, of the existing industry might be required, with certain conditions being applied during this period. Nevertheless, the policy called for no new uranium mine developments to commence or to come on stream, but consideration would be given to "applications for the export of uranium mined incidentally to the mining of other minerals on a case by case basis and on the criteria of whether in the opinion of a Labor Government the mining of such minerals is in the national interest".

The Australian Labor Party was elected to government in March, 1983. By the end of that year, Australia's low cost (less than US$80 per kg U) reserves had risen to 474,000 tonnes U, about 30% of the world's total reserves. The increase was primarily due to inclusion of reserves estimates for Roxby Downs.

In November 1983, the Government announced the result of its examination of policy related to Australian uranium. It decided that:

- the Roxby Downs Joint Venturers be advised that if a commercial decision to proceed with the development of Roxby Downs were to be made by them, the Government would permit the export of uranium produced from that mine; and the export of the uranium would be subject to whatever safeguards arrangements applied generally to uranium exports at the time of export;

- with the exception of Roxby Downs if commercially feasible, the Government not permit the development of any new uranium mines;

- all future exports of Australia's uranium - under both existing and any future contracts - be made subject to the most stringent supply conditions, such conditions to be determined by the Government following an inquiry into Australia's role in the nuclear fuel cycle.

The inquiry referred to was to be conducted by the Australian Science and Technology Council (ASTEC). ASTEC was asked to examine in particular:

- Australia's nuclear safeguards arrangements, giving particular attention to the effectiveness of the bilateral and multilateral agreements, and to the scope for strengthening these agreements;

- the opportunities for Australia through the conditions of its involvement in the nuclear fuel

cycle to further advance the cause of nuclear non-proliferation, having regard to the policies and practices of recipient countries; and

- the adequacy of existing technology for the handling and disposal of waste products by consuming countries, and the ways in which Australia can further contribute to the development of safe disposal methods.

The Prime Minister presented the report of the ASTEC Inquiry to Parliament in May 1984. The report noted the importance of nuclear power in the world context, and of national and international energy security to a peaceful global environment. It concluded that Australia would best be able to make a significant contribution to non-proliferation and world peace if it were actively involved in the nuclear fuel cycle. It rejected the suggestion that the solution to the problems of nuclear proliferation would be for the world to forgo the use of nuclear energy and for countries such as Australia to take a lead by withholding supply of uranium. The report made a number of recommendations in relation to strengthening adherence to the Nuclear Non-Proliferation Treaty (NPT) and addressed the issues of nuclear waste management. In the latter context it noted that the technology required to limit exposures to a small fraction of natural background levels was available.

The Australian Labor Party again considered the uranium issue at its National Conference in July 1984. The resolution adopted at that time noted that, for the time being at least, Australia's ability to contribute to the reduction of those risks and hazards (of nuclear materials and technologies) will be enhanced if Australia continues to participate, as a uranium exporter, in the nuclear fuel cycle, subject to certain terms and conditions. Among the key conditions of Party policy were

the following:

A Labor Government will, subject to all contracts complying with Australia's floor price:

- allow the export of uranium from only Nabarlek, Ranger and Roxby Downs mines under the most stringent nuclear non-proliferation conditions, to those countries which the Government is satisfied observe the NPT, maintain strict safeguards and security controls over their nuclear power industries, are committed to non-proliferation policies and have ratified the international and bilateral safeguards agreements necessary to support these controls and these policies;

- prevent the development of any mines other than Nabarlek, Ranger and Roxby Downs;

- prohibit the establishment in Australia of nuclear power plants and all other stages of the nuclear fuel cycle;

- refuse to allow the supply of Australian uranium to France until France ceases testing nuclear weapons in the South Pacific region.

The Government is currently considering the ASTEC report recommendations and a statement is expected soon. Under the present arrangements exports of uranium from Nabarlek and Ranger are continuing (except to France). During 1984 these mines produced around 4,400 tonnes U as yellowcake, about 11% of the world's total production.

In December 1984, the Roxby Downs Joint Venturers (Western Mining Corporation and B P Australia) announced that they had

instructed Fluor Australia to prepare a technical study which is to be used in the feasibility study for the project. The planning is to be consistent with reaching a production rate of 150,000 tonnes per annum of copper, 4,000 tonnes per annum of U_3O_8, and associated gold as soon as market conditions permit. The first stage production target rate is to be approximately 2,000 tonnes U_3O_8 per annum, commencing in 1988. The feasibility study was to be completed in March 1985.

NUCLEAR POWER

Electricity generation in Australia is the responsibility of the States. However, from its beginnings in 1953, the AAEC has studied world nuclear power developments and assessed them in relation to the possible introduction of nuclear power stations into Australia. During the early 1960s, a study with Australian State generating authorities concluded that, because of the abundance of cheap coal in New South Wales and Victoria, and the comparatively low cost of coal coupled with the comparatively small generating unit sizes in Queensland and Western Australia, the prospects for introducing competitive nuclear power plants into these States seemed remote within the next decade. For South Australia, the small unit size was also limiting, although fossil fuel was more expensive in that State.

However, in 1969 the Commonwealth Government initiated discussions with State Governments on the introduction of nuclear power into Australia. Subsequently, the Government invited New South Wales to collaborate on a study of the feasibility of establishing a Commonwealth-owned 500 MWe station as a pilot project for the introduction of nuclear power into the States. After the completion of the feasibility study, the Prime Minister announced that the station would be built on Commonwealth territory at Jervis Bay on the New South Wales coast. The AAEC would have the overall project

responsibility and the Electricity Commission of New South Wales would be responsible for operation and maintenance. Invitations to tender were issued and a short list of four systems chosen for detailed evaluation. In the meantime, site work commenced at Jervis Bay, including the collection of base-line environmental data.

However, in June 1971 the Government announced that a decision to defer the project for 12 months had been taken, primarily because of the higher-than-expected costs and the current financial circumstances of Australia. The following year the Government again deferred a decision, on this occasion pointing to safety reviews in the USA and noting that the United Kingdom Central Electricity Generating Board was delaying the choice of reactor type for the next generation of power reactors. The AAEC reported at that time that, as world price increases had not impacted on Australian fossil fuel production and that significant resources of natural gas had been discovered, the role of nuclear power in the future was obscure. On a straight comparison with the US costs, the prospects for economic nuclear power in Australia seemed bleak.

Indeed, no further attempts were made to revive the Jervis Bay project, and the Commonwealth Government withdrew from any prime role in State initiatives. Long term planning investigations continued at State level, particularly in Western Australia where preliminary site selection was commenced, but were eventually discarded in the early 1980s. The current policies of the Commonwealth Government and of most State Governments are opposed to the building of nuclear power stations in Australia.

CONVERSION AND ENRICHMENT

The presence of uranium deposits in Australia led to the early realisation that, under favourable circumstances,

Australia might commercially exploit other front-end fuel cycle activities as well as produce yellowcake. The large ore discoveries of the late 1960s and early 1970s increased this expectation, and the AAEC, in collaboration with other government organisations, commenced consultations with interested overseas countries with the objective of developing firm proposals for a future upgrading industry.

In 1971 Australia joined other countries at meetings in Washington, D C, to discuss the possible use of US enrichment technology in multinational plants located outside the USA. At the same time, a joint feasibility study was initiated between France and Australia to examine the technical and economic aspects of building an enrichment plant in Australia using French gaseous diffusion technology. The AAEC worked with State and Commonwealth authorities to identify possible sites for enrichment plants.

In June 1973, the AAEC joined other countries at the first meeting of the Association for Centrifuge Enrichment (ACE) an organisation established by URENCO Ltd. Concurrently, the AAEC pursued its own program of centrifuge development in collaboration with Australian industry.

The ACE study continued during 1973, the first phase being completed early in 1974. In October 1974, the Government announced that its policy was to treat and fabricate Australia's minerals in Australia to the greatest practical extent. For uranium, this meant that consideration was to be given to domestic enrichment to upgrade the value of uranium exports. The Government initiated bilateral discussions with Japan on collaboration in the establishment of a uranium enrichment plant in Australia, including the joint acquisition of technology. The AAEC invited overseas companies to collaborate in a feasibility study to build a 5,000 tonne per annum conversion plant.

With the change of government at the end of 1975, the policy changed to the extent of having private enterprise participate as fully as possible in the development of conversion and enrichment industries in Australia. Companies were invited to express interest in such activities. Independently, the South Australian Government commenced its own study of a conversion and enrichment industry for that State. These studies continued during 1976 and 1977, including meetings between the AAEC and officers of Japanese agencies and industries. The final report of the Australia-Japan study was issued in 1978.

Early in 1979, the Government announced its intention to proceed with the feasibility of establishing commercial enrichment in Australia. It noted that State Governments and private companies had demonstrated an interest in such a venture. The Government stressed that multinational participation in any plant would be examined, particularly the potential advantages from the non-proliferation viewpoint of such participation.

In 1980, a joint venture of four Australian companies was formed to undertake a pre-feasibility study of commercial enrichment. Known as the Uranium Enrichment Group of Australia (UEGA), it reported to the Government in 1981 that it was prepared to undertake a full feasibility study on the establishment of an integrated uranium industry in Australia as a commercial venture. At the same time, a consortium in South Australia announced a joint venture to study the economic viability of constructing and operating a conversion plant in that State. The South Australian enrichment study also continued.

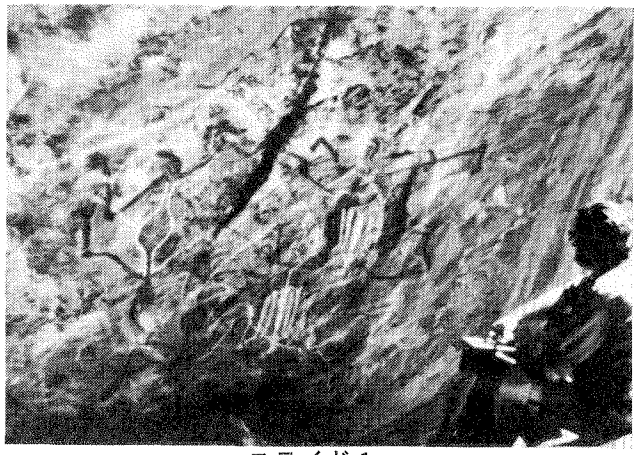
In 1982, UEGA announced that it had selected URENCO Ltd as the technology supplier for a joint venture to build an

enrichment plant. Possible sites were identified in South Australia and Queensland. The venture was to be preceded by a detailed market analysis. In March 1983 the new Government announced that it did not wish to facilitate or be otherwise involved in the UEGA study and consequently the UEGA consortium did not pursue the matter further.

CONCLUSION

Although a major proportion of the world's low-cost uranium reserves exists in Australia, the domestic nuclear industry has not developed beyond the mining and export of uranium as yellowcake. This lack of expansion into nuclear power and other fuel cycle activities has been due to a number of factors, including Australia's favourable fossil fuel resources and their distribution, population density and distribution, social factors and government policies. Only two mines are in operation, and a further mine is at the feasibility study stage. Nevertheless Australian production forms a significant fraction of the world's output and, even restricting development to those deposits currently approved by the Government, it can be expanded to maintain a major share.

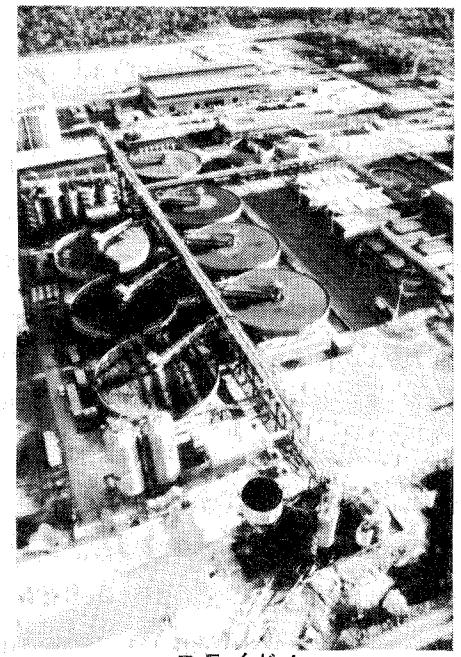
Government policies reflect the belief that non-proliferation objectives are best advanced through Australia remaining a significant and reliable supplier of the uranium needs of other countries under stringent safeguards conditions.



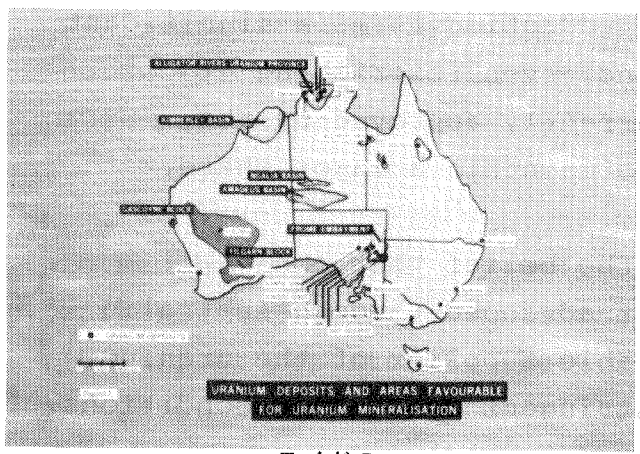
スライド 1

スライド 2

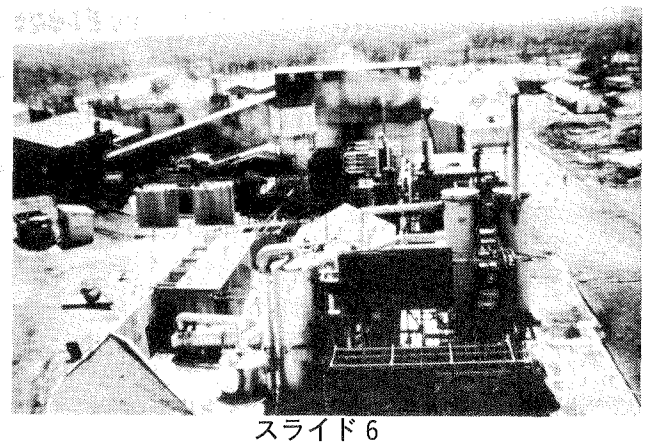
スライド 3



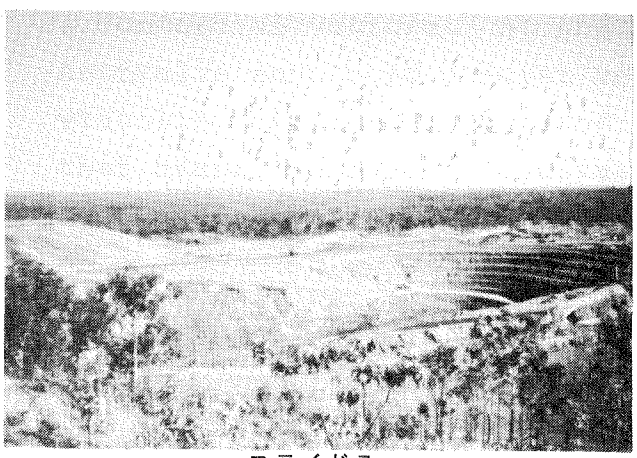
スライド 4



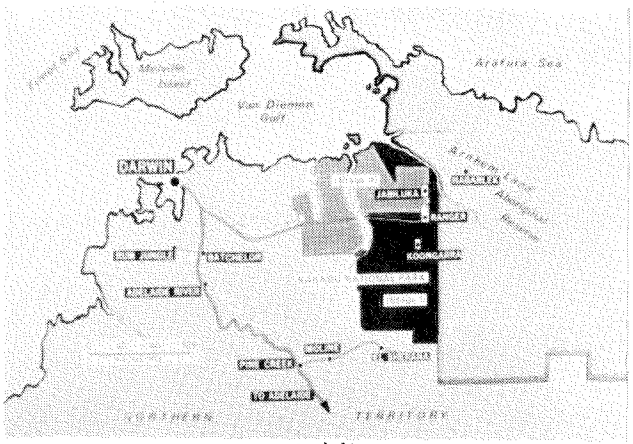
スライド 5



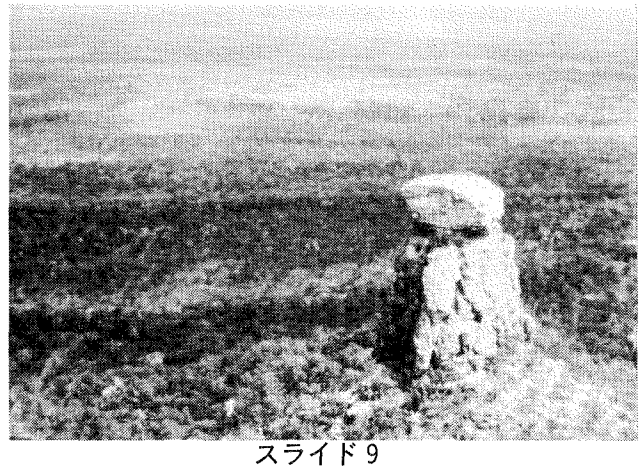
スライド 6



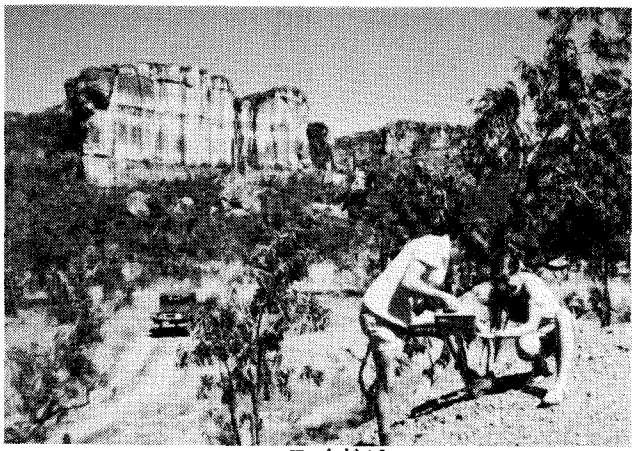
スライド 7



スライド 8



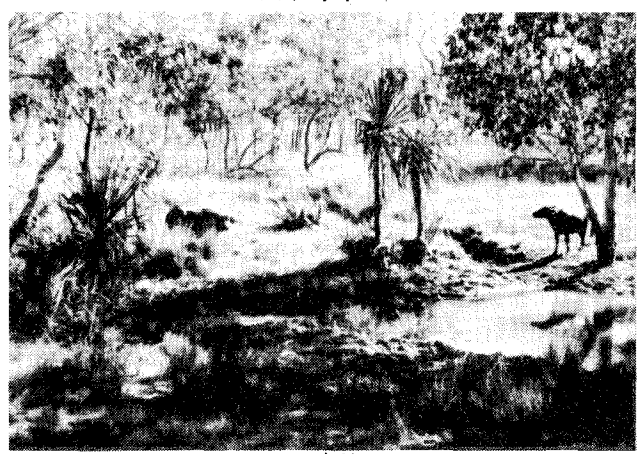
スライド 9



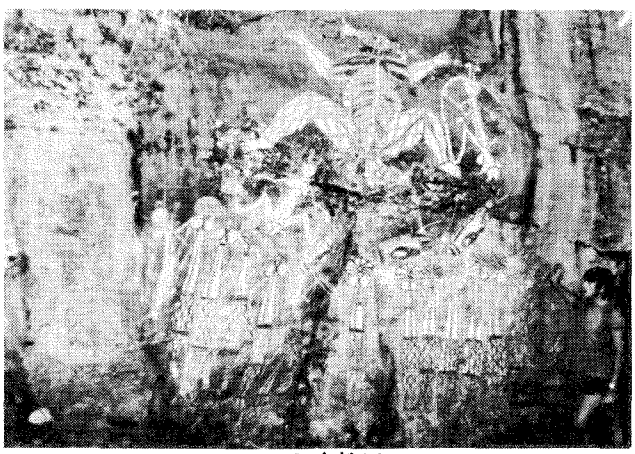
スライド10

スライド11

スライド12



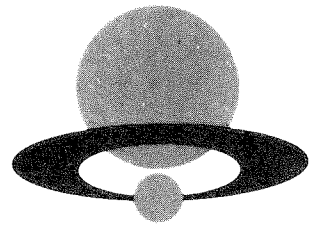
スライド13



スライド14

セッション2

軽水炉の運転経験と改良の方向



＜基調講演＞

わが国における軽水炉の運転経験と今後の課題

東京電力㈱常務取締役
豊田　正敏

＜パネリスト＞

フランス電力庁（ＥＤＦ）副総裁
原子力火力発電本部長
Ｊ．ルクレア

オブリッヒハイム原子力発電会社社長
西ドイツ原子炉安全委員会（ＲＳＫ）委員長
Ｈ．シェンク

三菱重工業㈱副社長
飯田庸太郎

東京電力㈱常務取締役
豊田　正敏

通商産業省資源エネルギー庁長官官房審議官
松田　　泰

台湾電力会社副社長
朱　　以[illegible]

第18回原産年次大会

〔第2セッション基調講演〕

「わが国における軽水炉の運転経験と今後の課題」

東京電力㈱常務取締役　豊　田　正　敏

わが国の商業用原子力発電は，最初のスライドに示すように現在運転中のものは，ガス冷却炉1基16.6万kW，ＢＷＲ14基1071.7万kW，ＰＷＲ13基 967.8万kW，合計28基2056.1万kWであり，全発電設備容量の13％，発電電力量の2割を占める。これに建設および建設準備中のものが，ＢＷＲ10基1044.5万kW，ＰＷＲ10基 968.8万kW，合計20基2013.3万kWが加わる。

次のスライドは，わが国の原子力発電所地点の位置を示すもので，赤色が運転中，黄色が建設中，緑色が建設準備中のユニットを示す。これらの原子力発電所は，1基を除いてすべて軽水型原子力発電所であるが，これらの軽水型原子力発電所は，当初米国からのプラント導入により始まったが，以降技術援助契約による技術修得に鋭意つとめ順次国産化をはかってきた。

次のスライドには，国産化率を年次的に示しており，下部を緑色に塗ったものは輸入機，茶色のものが国産機であるが，最近ではほゞ100％の国産化率となっている。

国内技術として定着化するまでには，次のスライドに示すように，ＢＷＲでは一次系配管の応力腐蝕割れ，給水ノズルの熱疲労割れ，及び燃料のピンホール，ＰＷＲでは蒸気発生器伝熱管の漏洩，制御棒支持ピンの応力腐蝕割れ，燃料棒の曲り，及びバッフル・ジェットなどの初期トラブルに遭遇した。一例として，ＢＷＲの一次系配管の応力腐蝕割れについて説明する。これら配管には304ステンレス鋼が使用されていたが，1974年よりこれら配管に応力腐蝕によるひび割れが発生した。その原因究明と補修対策等の樹立が緊急の課題となった。その原因は，次のスライドに示すように局部的な応力集中と歪集中，材料組織の鋭敏化，及び環境，特に酸素と塩素濃度の3つの因子が重畳して発生するものであることが判明した。これら3つの因子の原因の除去ないし低減のため，次のスライドに示すような対策が考えられた。

(1) 組織の鋭敏化を軽減し，また残留応力の局部的集中を低減し，あるいは配管内面の水に接する部分を圧縮応力とするため，溶接入熱をコントロールするとともに，改善した溶接施工法を採用する。

(2) 組織の鋭敏化をさけ得るステンレス材料として，304（ＬＣ）ないし316（ＬＣ）を採用する。

(3) 環境，特に溶存酸素量をコントロールするため，起動時に脱気を行う。

これらの対策については，実証試験によってその有効性をたしかめた。

ところで，これらの対策をとるには，既設の配管を新材料にとりかえ，改善した溶接施工法を採用する必要があり，建設中のプラントでは建設工程のおくれ，運転中のプラントでは1年以上の長期にわたって停止する必要がある上，作業員のうける線量の増大が懸念された。

しかし，上記の対策をとらなければ応力腐蝕割れに悩まされ，毎年長期停止を余儀なくされると考えたので，20インチ以下の配管を対象に，定期検査期間を半年位に延長し，2ないし3回に分けて実施することとした。

また，20インチ以上の配管については，応力腐蝕割れの発生確率は小さくなるが充分発生すると考えられたので，既存の配管の内面を水冷した状態で外部より高周波加熱を行い，水面に接する内面に圧縮応力を生じさせるＩＨＳＩ工法を採用することで対処した。次のスライドは，このＩＨＳＩの施工の状況を示したものである。

次のスライドに示すように，これら初期トラブルの原因究明と補修対策樹立のため，長期間停止を余儀なくされ，設備利用率は1975～1977年に約40％程度に大幅に低下した。しかし，その後，トラブルに対する再発防止対策，信頼性向上対策等によって，運転中のスクラム停止率は平均0.5％／ユニット／年以下に減少し，また，定検作業の自動化・遠隔化（ロボット化），クリティカル・パス作業の効率化，同時併行作業の実施等により，定検期間の短縮をはかるとともに，運転期間を9ヶ月より12ヶ月へと長期化した。これらの改良は，国，電力，及び原子炉メーカーが一体となってすすめられた改良標準化計画によって行われ，その成果は，新設プラントのみでなく既設プラントにも可能なかぎり取り入れることとした結果，最近2年間の設備利用率は，70％以上に上昇してきており，2～3年後には75％程度に定着するものと期待されている。最近の記録としては，福島第一原子力発電所（合計6基）で一昨年11月以来運転中スクラムなしの記録があり，また，玄海2号機で定期検査期間60日，運転継続期間 415日という記録がある。次のスライドには，軽水炉のスクラム停止率を年次別に示した。

次のスライドは，原子力発電所の信頼性向上対策を示したもので，システムの信頼性向上のため計装制御系の多重化を行ったほか，機器の信頼性向上，品質保証の徹底，及び保全管理の徹底がはかられた。

定検作業の自動化・遠隔化（ロボット化）の一例として，次のスライドにＢＷＲのＣＲＤ（制御棒駆動機構）の遠隔自動交換装置の写真を示した。次のスライドには，従来と遠隔自動交換装

置による作業の比較を示した。

次のスライドは，同じＢＷＲの燃料の自動交換機を示す。

次のスライドには，ＰＷＲの蒸気発生器の補修用ロボットを示す。これにより，蒸気発生器伝熱管の肉厚のチェック，及び補修が遠隔で行える。

次のスライドは，ＰＷＲの原子炉容器蓋の上部構造物を一体化したものを示し，原子炉容器蓋取替作業の効率化をはかっている。

次のスライドは，ＢＷＲの定検時に主蒸気ラインにプラグをして，原子炉での燃料取替と，逃がし安全弁，主蒸気隔離弁の点検とを同時に併行して実施することにより，定検期間の短縮をはかるもので，次のスライドに主蒸気ラインプラグの写真を示した。

次に，安全面についてもＴＭＩ事故後，次のスライドに示すように，サブクール計及び格納容器内高レンジ放射線モニターの設置の他，主制御盤において，警報の重要度に応じた分類，配置及び色による識別，重要な監視計器の色による識別や新型制御盤におけるＣＲＴ－計算機システムの強化など，マン・マシン・インターフェースに配慮している。次のスライドには，マン・マシン・インターフェースを考慮した主制御盤の一例を示す。

作業者の受ける放射線量低減のためには，次のスライドに示すように，放射線源の減少として材料の選定，及び浄化装置の改善，保守性の改善として機器設備の信頼性向上と機器設備の設計改良，作業方法の改善として定検作業のロボット化，機器配置の改善及びモック・アップによる訓練，作業環境の改善として除染及び遮蔽の追加があげられる。これらの対策により，従来ユニット当り年間1000マン・レム程度であったものを，現在 200～ 500マン・レムに低減している。

また，放射性廃棄物の発生量の低減については，次のスライドに示すように，気体及び液体廃棄物の放出量を大幅に低減するとともに，固体廃棄物についても，プラスチック固化，ペレット化及び焼却処理など処理方法の改善により，例えばＢＷＲでは，従来，ユニット当り年間ドラム缶約4000本であったものを，1000本程度に減らすこととしている。

このように，わが国における原子力発電は良好な運転実績を示しているが，エスカレーション，サイト条件の悪化，及び安全性・信頼性強化対策の採用のため，近年建設単価が５％／年の割合で増加してきており，一方，石炭価格の低落もあり，石炭火力との経済的優位性は縮まってきている。次のスライドは，1984年11月の資源エネルギー庁の試算結果を示すが，1984年度運開ベースで初年度発電原価が，原子力発電13円／kWh ，石炭火力14円／kWh と接近している。私としては，長期的には燃料価格が上昇するので，原子力発電の経済的優位性は保たれると確信しており，

例えば，次のスライドに示す日本エネルギー経済研究所の生田理事長の試算でも，1995年度運開ベースで耐用年平均発電原価は，原子力発電14.8円／kWh に対し，石炭火力は19.4円／kWh と推定されている。しかしながら，原子力発電の場合，発電原価に占める資本費の割合が約70％であるので，建設費のコスト・ダウンをはかることが，原子力発電の経済的優位性を高めるために最も重要である。このため，次のスライドに示すように，

(1)標準化によるリピート効果，(2)設計の合理化，(3)建設工期の短縮，及び(4)購買方法の見直し等によって，コスト・ダウンにつとめており，東京電力の例では，柏崎・刈羽２，５号機の主機代については，柏崎・刈羽１号機に比べて15％以上の低減をはかっている。さらに，建築土木工事についてもコスト・ダウンを鋭意検討中であり，また，Ａ－ＢＷＲについては，在来型設計のものに比べてさらに10数％のコスト・ダウンを目標に設計の合理化をはかっている。

これとともに，設備利用率の向上と燃料の燃焼効率を高めることによる燃料費の低減が重要である。

設備利用率をさらに向上させるためには，次のスライドに示すように，運転中トラブルの減少，定検期間の短縮，及び運転期間の長期化をはかることを考えている。

運転中トラブルについては，今後とも，電中研の原子力情報センターを活用し，米国の原子力発電所運転協会であるＩＮＰＯ，欧州のユニペデ主催の原子力発電所運転経験に関するオン・ライン情報交換・処理システムであるＵＳＥＲＳの密接な協力を得て，国内外のトラブルの詳細な情報の収集につとめ，これを解析して再発防止対策を既設，新設をとわず採用するとともに，経年劣化対策，予防診断技術の開発をはかることにより，さらに，トラブル発生率の低減をはかる所存である。また，運転員に対するシミュレーター訓練，保修・訓練センターによる保修員の訓練も従来に引続きさらに充実強化することを考えている。

定検期間については，次のスライドに示すように，現在改良工事を含まない１10万kW級の通常定検期間は92日程度と考えているが，第２次改良標準化ユニットでは70日，第３次改良標準化ユニットでは45～60日程度に短縮することを考えているが，将来は，既設を含め平均60日程度に短縮していくことを目標にしている。このため，現在行われている点検項目，点検インターバルについても諸外国の実例，及び従来の運転実績を参考に見直しを行うことが必要であると考えている。

次に，運転期間については次のスライドに示すように，現在12ヶ月まで伸ばしてきているが，燃料燃焼度の延長と機器の信頼度向上により15～18ヶ月へ長期化することを考えている。

これらの対策をとることにより，設備利用率は80～85％に上昇するものと期待している。

次に，燃料については，燃料設計，製造時及び運転中の管理の改善によって現在破損燃料は10万本（rod ）につき１本程度と低減してきているが，将来はバリヤ燃料の採用により，健全性の向上と負荷追従特性を改善し，運転性能を向上させ出力上昇に伴うロスをさらに減少するとともに，炉心設計を改善して燃料の燃焼効率を高めることを考えており，これと濃縮度の増加と併せて燃焼度を延長し，燃料費の低減をはかることを考えている。

また，プラント寿命中に発生する電力量を増加させることも経済性向上の観点から重要なことであるので，プラント寿命予測技術及びクリティカル機器・システムの長寿命化技術の開発を行い，プラントの長寿命化をはかることが必要であると考えている。

次に，作業員のうける放射線量を，さらに，ユニット当り年間 100マン・レムを目標に低減するとともに，固体廃棄物の減容化についても，ユニット当り年間 200～ 400本程度を目標にしている。

また，安全性・信頼性を保ちつつ経済性の追求，大容量化，炉心燃料の改善による燃焼効率の向上，定検期間の短縮，放射線量の低減等を目指したＡ－ＢＷＲ，及びＡ－ＰＷＲの開発をすゝめている。

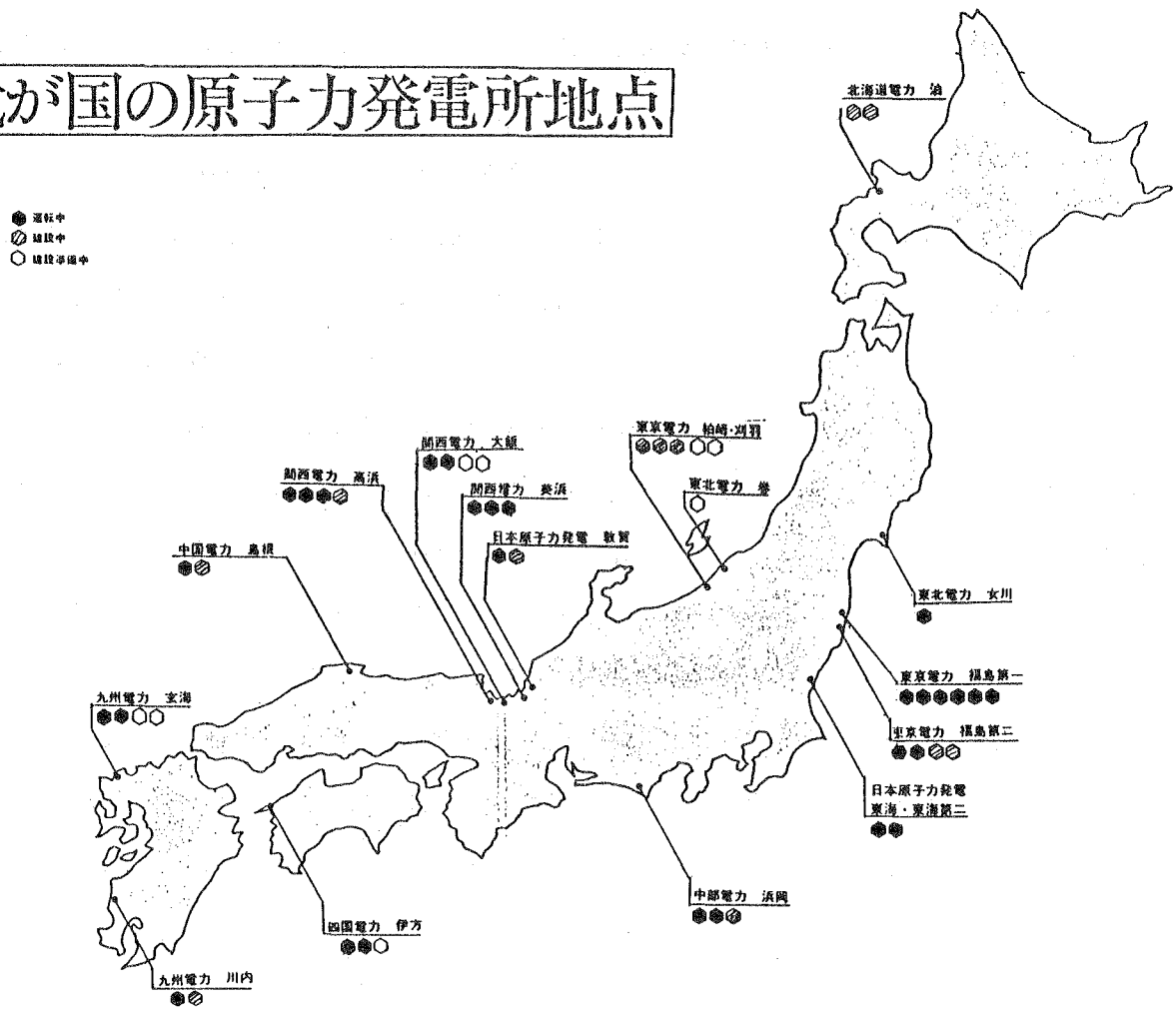
次のスライドに示すように，Ａ－ＢＷＲの技術的特徴としては，130万kWへの大容量化，インターナル・ポンプの採用，新型制御棒駆動機構の採用，鉄筋コンクリート製格納容器の採用，非常用炉心冷却系の合理化であり，これとともに設計の合理化によるコスト・ダウンをはかることとしている。次のスライドに示すように，右が 110万kWの従来型であり，左が 130万kWのＡ－ＢＷＲであるが，Ａ－ＢＷＲは出力を増加しているにもかかわらず原子炉建屋は逆に小さくなっていることがお判りと思う。また，次のスライドに示すようにＡ－ＰＷＲの技術的特徴としては，130万kWへの大容量化，新型炉心の採用・運転サイクルの長期化，蒸気発生器の高性能化・信頼性向上，非常用炉心冷却系の合理化，及び制御・保護系の自動化・デイジタル化である。

ウラン埋蔵量の増加とＦＢＲ商業化の遅れにより，今後40～50年は軽水炉時代が続くものと考えられているので，わが国においては，今迄述べたような対策をとることによって軽水炉の信頼性・運転性をさらに高めるとともに，コスト・ダウンをはかり他の電源に対して経済的優位性を高めることにより，原子力発電を，今後とも電源開発の主軸として位置づけていくことが出来るものと確信している。

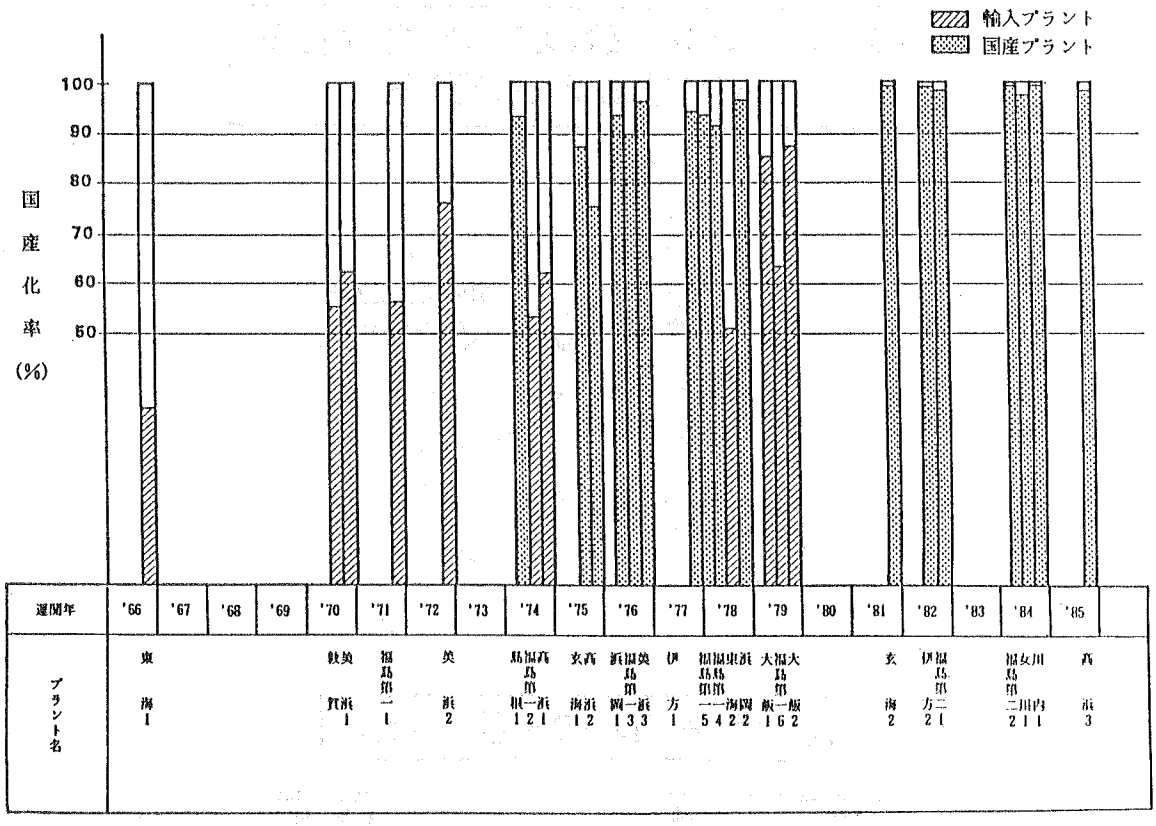
日本における原子力発電

	型　式	基　数	出　力（MW）
運転中	GCR	1	166
	BWR	14	10,717
	PWR	13	9,678
	小　計	28	20,561
建設中又は建設準備中	BWR	10	10,445
	PWR	10	9,688
	小　計	20	20,133

我が国の原子力発電所地点



日本における原子力発電所の国産化率



日本における原子力発電所
初期トラブル

〔ＢＷＲ〕

(1) 一次系配管ＳＣＣ

(2) 給水ノズル熱疲労割れ

(3) 燃料ピンホール

〔ＰＷＲ〕

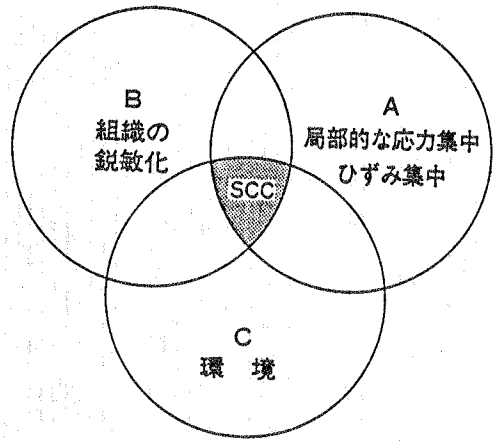
(1) 蒸気発生器伝熱管の漏洩

(2) 制御棒支持ピンＳＣＣ

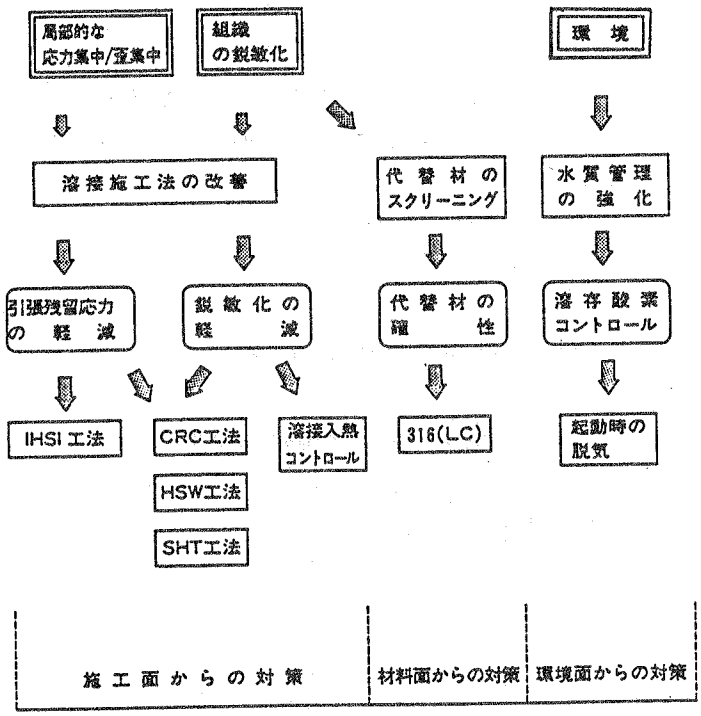
(3) 燃料棒曲り

(4) バッフル・ジェット

304ステンレス鋼の応力腐食割れを支配する３つの因子



応力腐食割れの要因と対策



CRC: 内面パタリング法

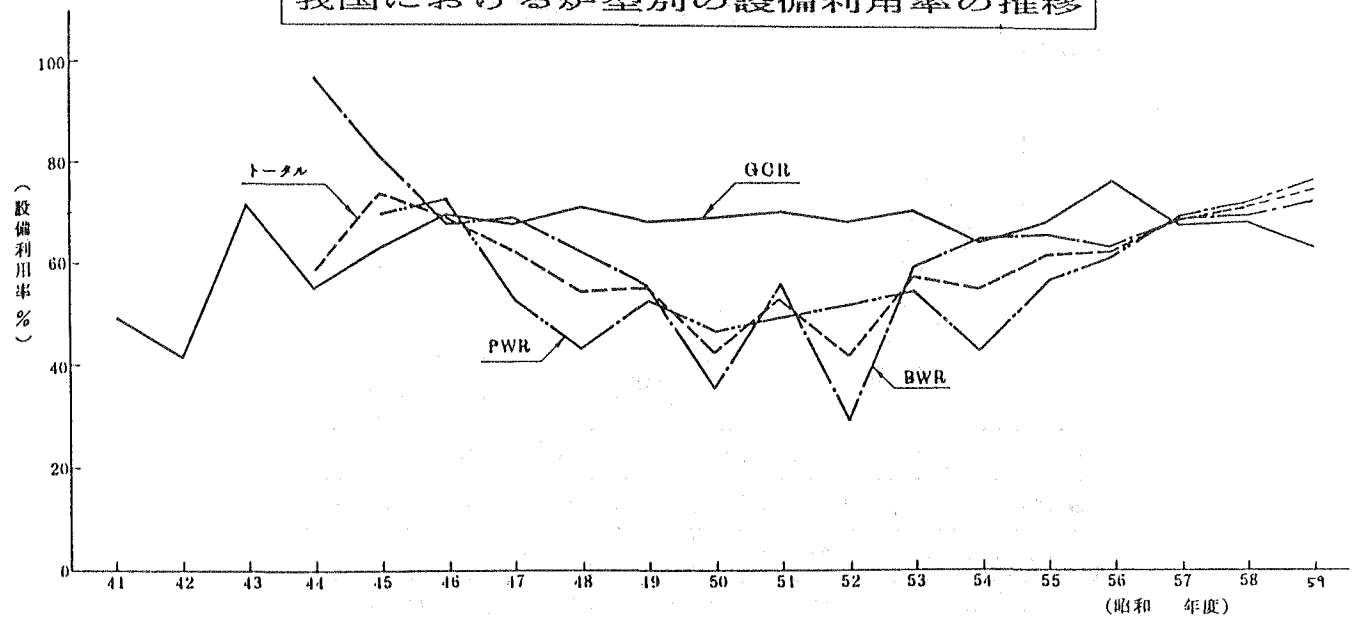
HSW: 水冷溶接法

SHT: 溶体化処理

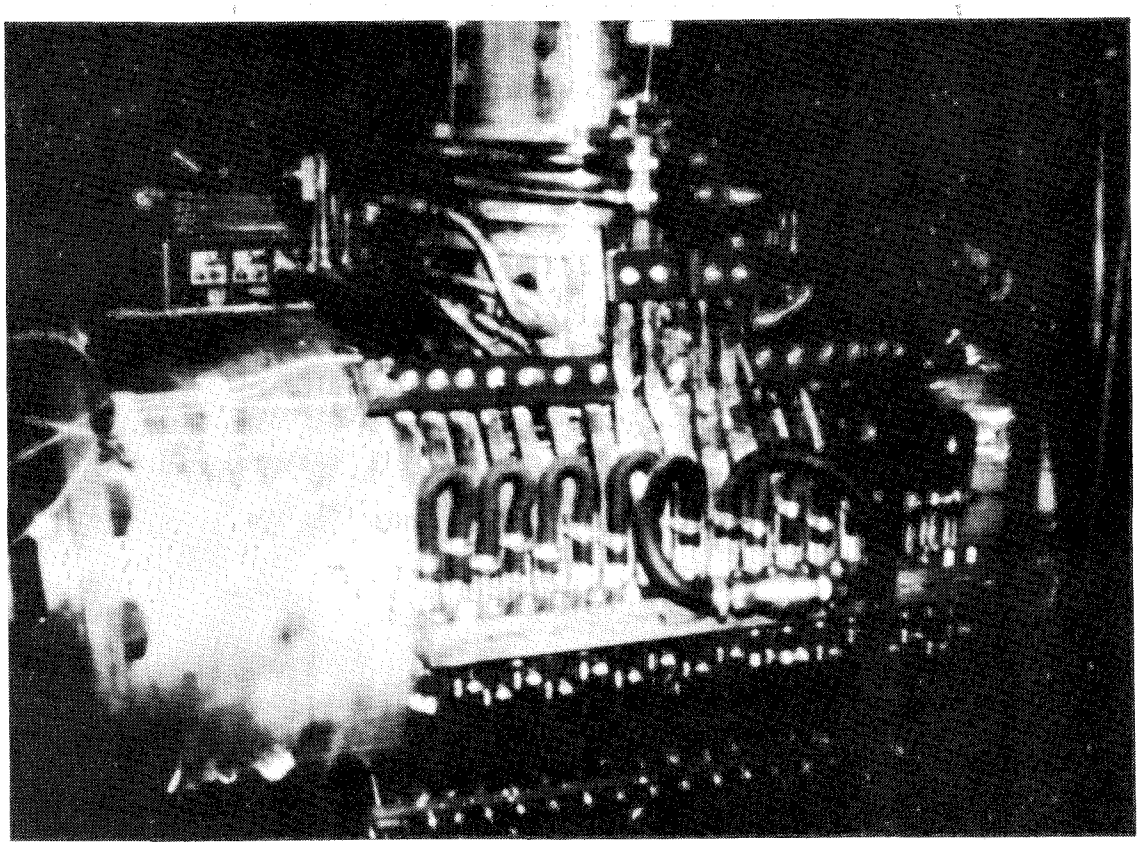
IHSI：高周波加熱法による残留応力改善

溶接入熱コントロール：低入熱溶接(20,000ジュール／cm以下)

我国における炉型別の設備利用率の推移

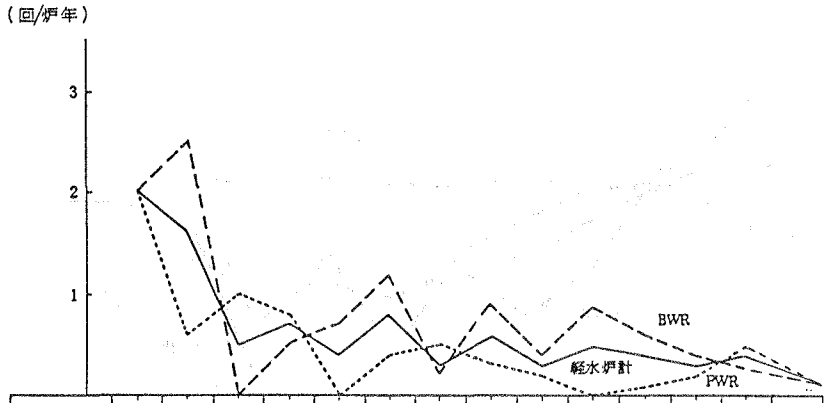


ＩＨＳＩ　（高周波加熱法による残留応力改善）



自　動　停　止　率

（軽水型原子力発電所）



年　度	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
軽水炉計	2.0	1.5	0.5	0.7	0.4	0.8	0.3	0.6	0.3	0.5	0.4	0.3	0.4	0.1
BWR	2.0	2.5	0	0.5	0.7	1.2	0.2	0.9	0.4	0.9	0.6	0.4	0.3	0.1
PWR	2.0	0.6	1.0	0.8	0	0.4	0.5	0.3	0.2	0	0.1	0.2	0.5	0.1

日本における原子力発電所の信頼性向上対策

(1) システムの信頼性向上

・計装制御系の多重化

(2) 機器の信頼性向上

・燃料の設計改善

・配管のＳＣＣ対策

・蒸気発生器の設計改善

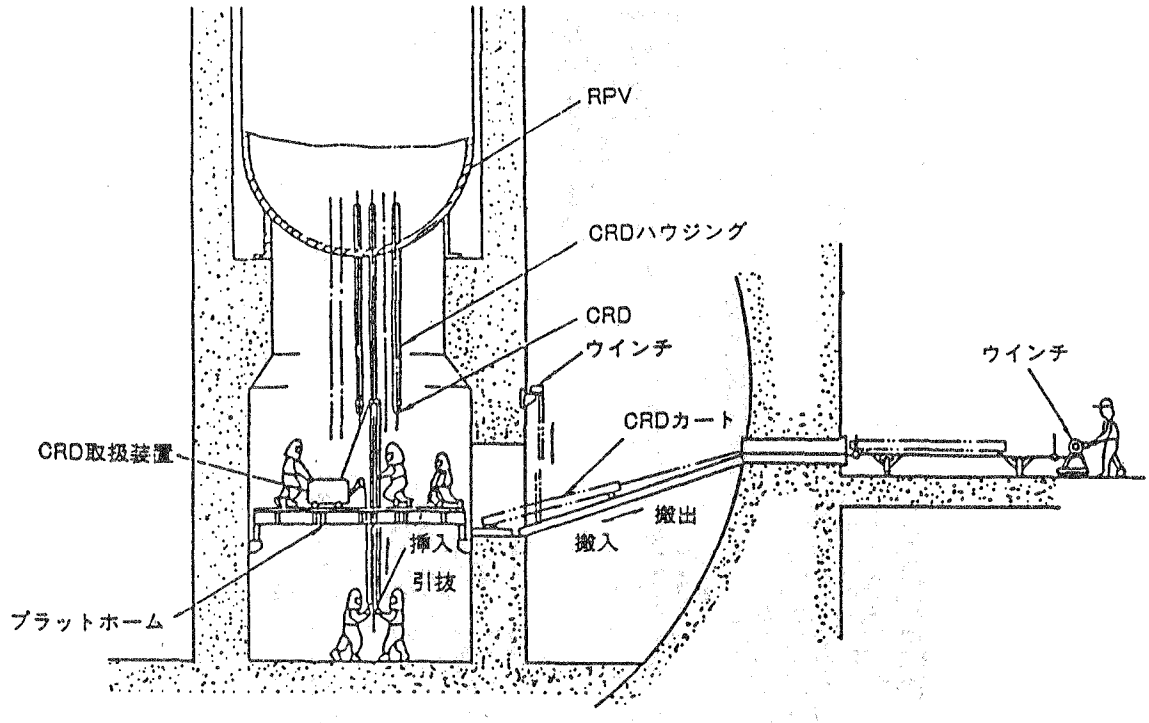
(3) 品質保証の徹底

(4) 保全管理の徹底

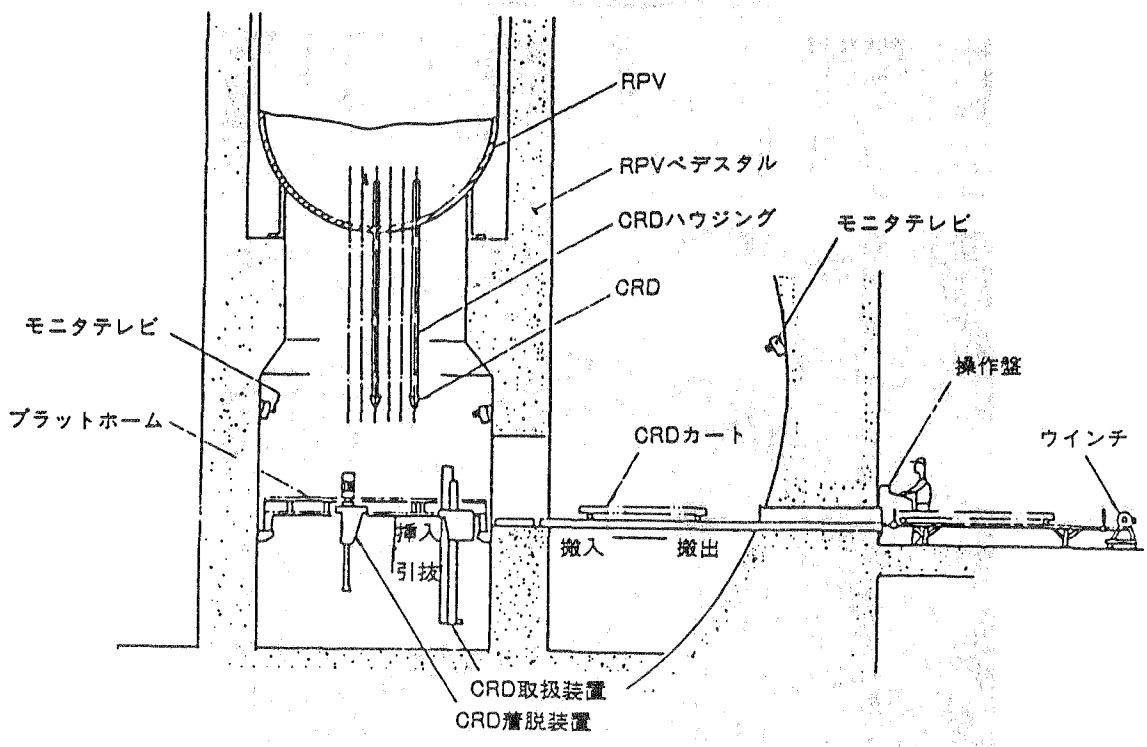
・綿密な定期的点検・保守

・予防保全の徹底

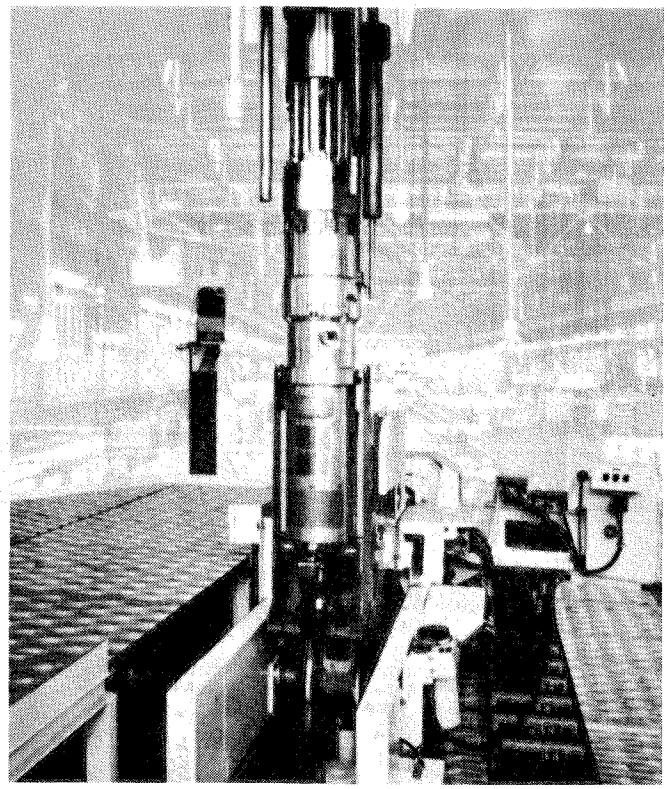
従来のCRD交換作業



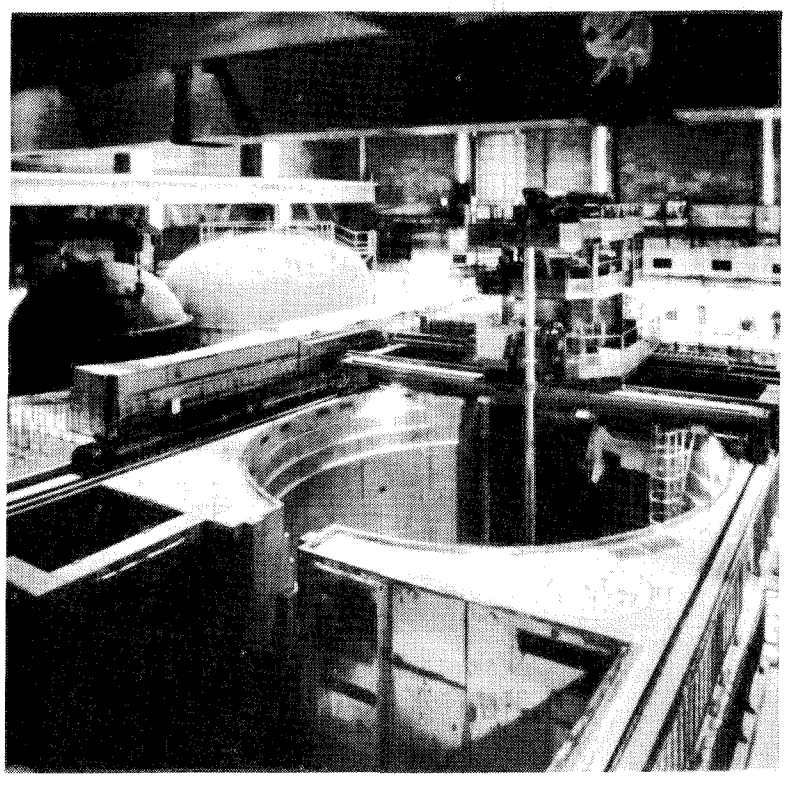
遠隔自動CRD交換作業全体図



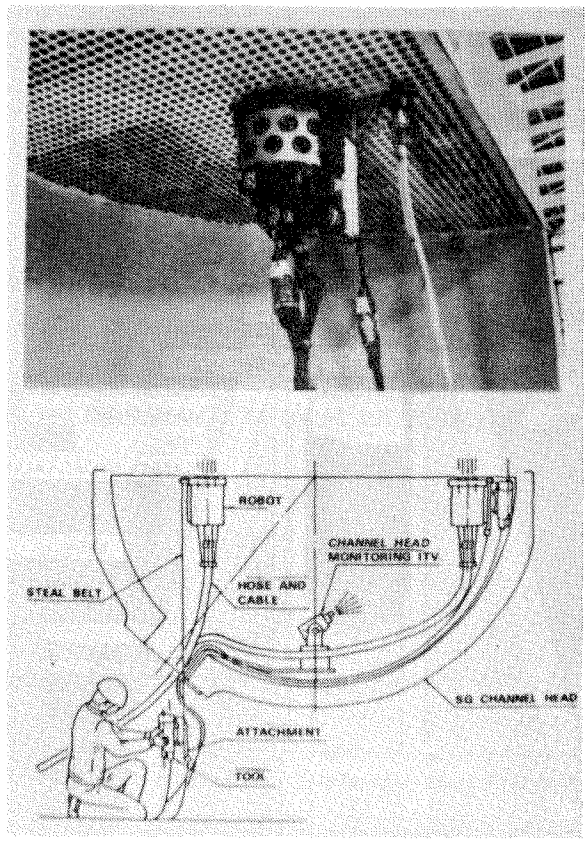
CRD遠隔自動交換装置



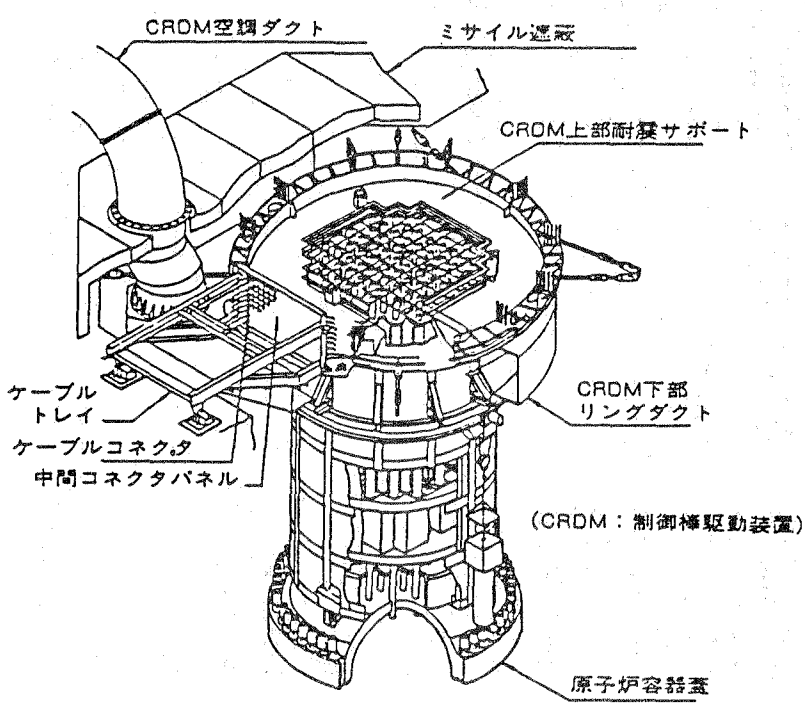
燃料自動交換機



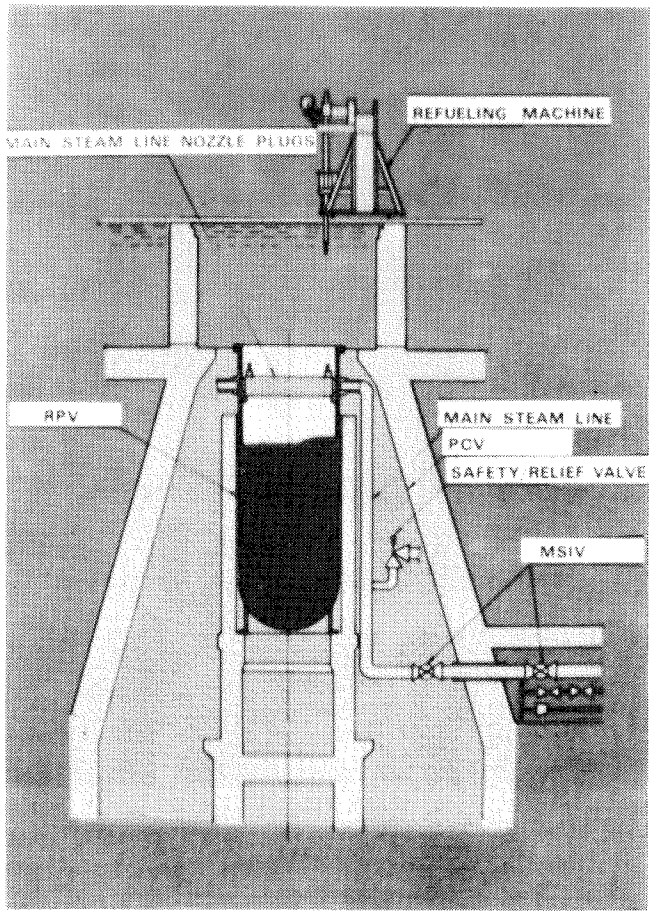
S/Gメンテナンス用ロボット



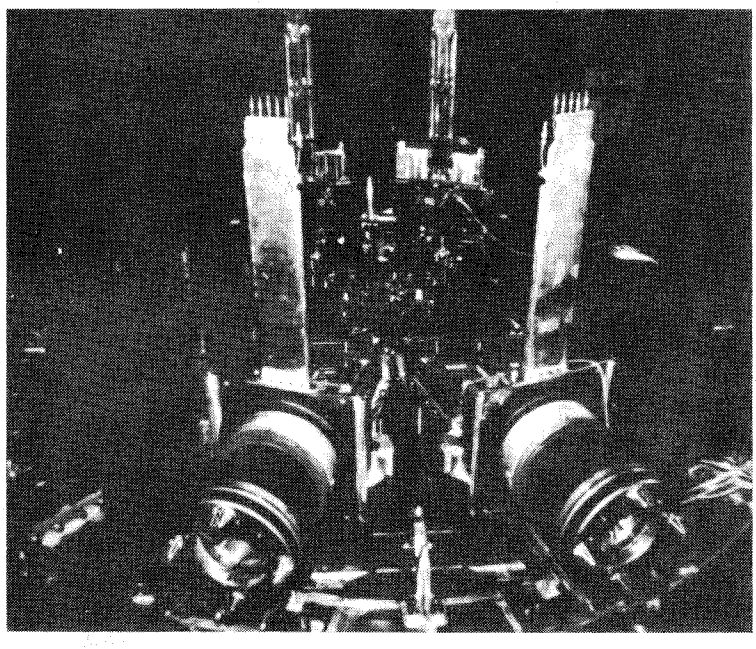
原子炉容器蓋の上部構造物の一体化



耐圧形主蒸気ラインプラグの装着状況



耐圧形主蒸気ラインプラグ



ＴＭＩ改善例

(1) サブクール計の設置

(2) 格納容器内高レンジ放射線モニタの設置

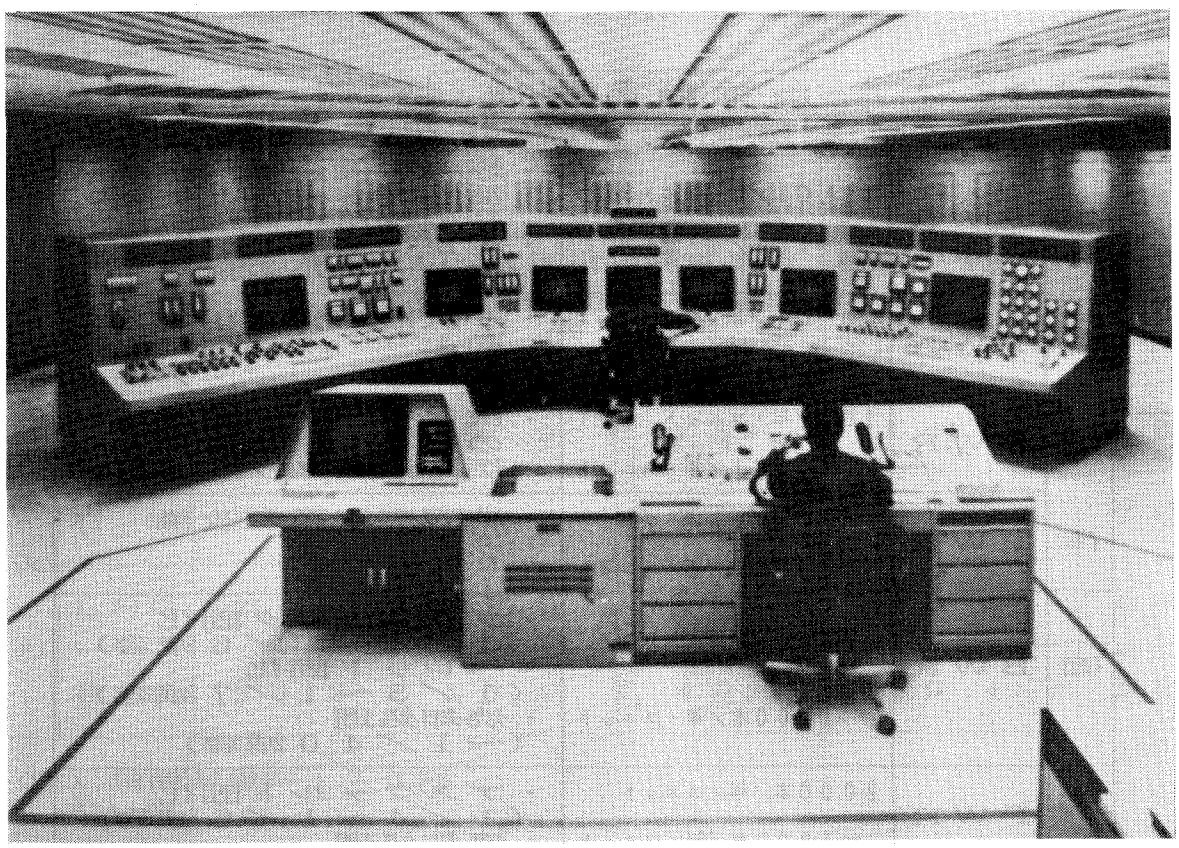
(3) マン・マシン・インターフェースの改善
（中央制御室制御盤の改善）

・警報の重要度分類見直し，再配置，色分け

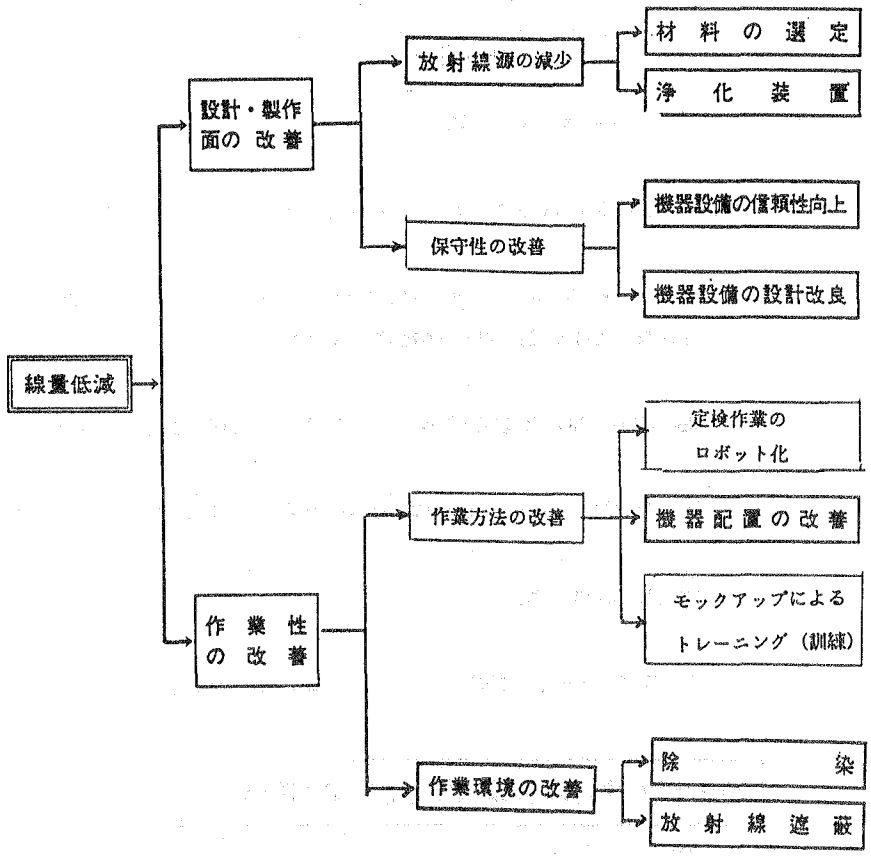
・炉水位，炉圧計など重要計器の色（赤枠）による識別

・ＣＲＴ－計算機システムの強化

新型中央操作室制御盤



線量低減対策強化



廃棄物の低減

気体	BWR	10^5 Ci／年・サイト ⇒1Ci／年・サイト	・燃料の健全性向上 ・活性炭ホールドアップ系の採用 ・改良型タービングランドシール系の採用
	PWR	10^3 Ci／年・サイト ⇒1Ci／年・サイト	・一次冷却材浄化能力の向上
液体	BWR	1Ci／年・ユニット ⇒10^{-3}Ci／年・ユニット	・床ドレン・洗濯廃液系の改善 ・炉持込みクラッド低減
	PWR	10^{-1}Ci／年・ユニット ⇒10^{-3}Ci／年・ユニット	・洗濯廃液系の改善
固体	BWR	4000本／年・ユニット ⇒1000本／年・ユニット	・プラスチック固化（1／4～1／6減容） ・ペレット固化（1／5～1／7減容） ・焼却処理（～1／40減容）
	PWR	2000本／年・ユニット ⇒1000本／年・ユニット	・アスファルト固化（1／4～1／6減容） ・焼却処理（～1／40減容）

電源別発電原価

(1) 資源エネルギー庁試算（５９年１１月）

５９年度運開ベース

電源種別		建設単価 (万円／kW)	送電端発電原価 (円／kWh)	燃料費率
原子力		３１程度	１３程度	２．５割程度
火力	石油	１４〃	１７〃	７．５割〃
	LNG	１９〃	１７〃	６．５割〃
	石炭	２４〃	１４〃	４割〃
水力		６３〃	２１〃	—

（注） 設備利用率：７０％（水力は４５％程度）

(2) (財)日本エネルギー経済研究所 理事長 生田豊朗試算（５９年１２月）

７０年度運開ベース

電源種別		建設単価 (万円／kW)	初年度送電端発電原価 (円／kWh)	燃料費率	耐用年平均送電端発電原価 (円／kWh)	燃料費率
原子力		３８．４	１５．９	２３％	１４．８	２８％
火力	石油	２０．１	２１．８	７０％	２５．３	７８％
	LNG	２７．４	２１．０	５９％	２３．６	６８％
	石炭	３０．３	１８．０	４０％	１９．４	５２％

（注） 設備利用率：７０％

建設費コスト・ダウン対策

(1) 標準化によるリピート効果

(2) 設計の合理化

(3) 建設工期の短縮

(4) 購買方法の見直し

設備利用率の向上

(1) 運転中トラブルの減少

(2) 定検期間の短縮

(3) 運転期間の長期化

運転期間の長期化

設備利用率向上による発電コストの低減

（過　去）　9ヶ月

⇩ プラントの信頼性向上
　燃料の信頼性向上

（現　状）　12ヶ月

⇩ 高性能燃料の導入による反応度向上
　燃料平均濃縮度の増加

（当面目標）　15 ヶ 月

⇩ 高燃焼度燃料の開発
　プラント機器長期運転対応

（将来計画）　18 ヶ 月

定検期間の短縮化

設備利用率向上による発電コストの低減

（現　状）　92 日

⇩
- 改良型機器の採用
- 作業手順の合理化
- 改良炉心
- 作業体制の効率化

（当面目標）　70日

⇩
- 長寿命機器の採用
- 予防保全技術の採用
- 点検項目および点検インターバルの最適化
- 作業体制の効率化

（将来計画）　45日～60日

Ａ－ＢＷＲの技術的特徴

・プラントの大容量化（１３００ＭＷｅ）

・インターナル・ポンプの採用

・新型制御棒駆動機構の採用

・鉄筋コンクリート製格納容器の採用

・非常用炉心冷却系の合理化

Ａ－ＰＷＲの技術的特徴

・プラントの大容量化（１３００ＭＷｅ）

・新型炉心の採用・運転サイクルの長期化

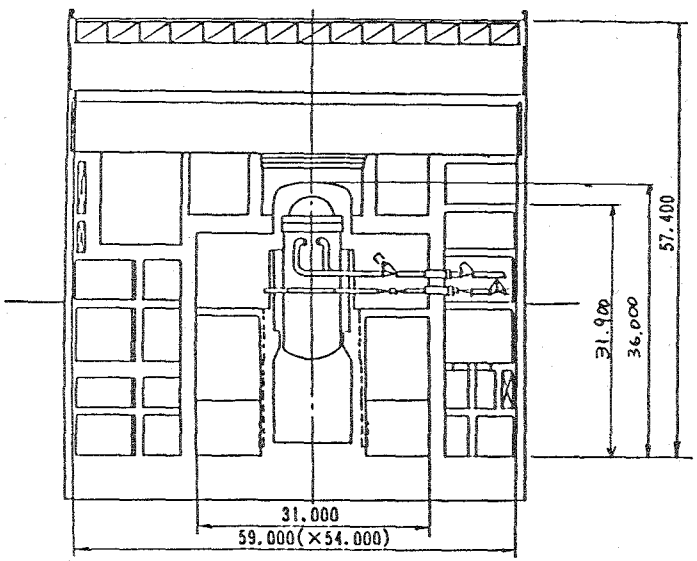
・蒸気発生器の高性能化・信頼性向上

・非常用炉心冷却系の合理化

・制御・保護系の自動化・デジタル化

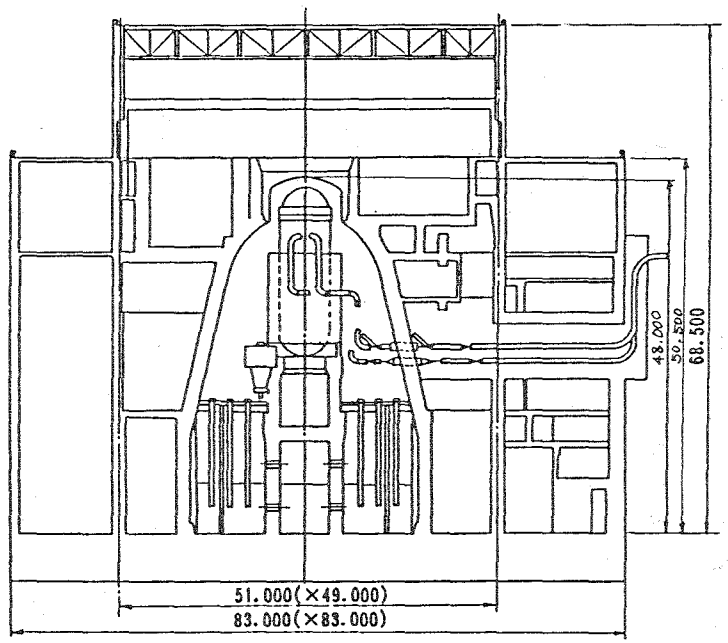
従来型格納容器とA－BWR用コンクリート格納容器の比較

（単位：m）



1300MWe A－BWR原子炉建屋

炉心高さ(マット上端から)：13.200
格納容器高さ(マット上端から)：36.000
格納容器内径　　：29.000
二次格納施設容積　　：約120,000㎥
(原子炉格納容器を含む)



1100MWeマークII改型原子炉建屋

炉心高さ(マット上端から)：24.300
格納容器高さ(マット上端から)：48.000
格納容器内径　　：29.000
二次格納施設容積　　：約170,000㎥
(原子炉格納容器を含む)

OPERATING EXPERIENCE OF NUCLEAR POWER PLANTS

FRENCH AND JAPANESE EXPERIENCE

Jacques LECLERCQ
Senior Vice President and
Group Executive
Nuclear and Fossil Generation
ELECTRICITE DE FRANCE

In the field of electricity produced by nuclear generation, Japan and France have several points in common, and I thought it would be interesting to compare French operating experience with Japanese experience which has a significant anteriority.

In the first section, I shall review the common base characteristics of both countries in order to show the importance of nuclear energy within the context of their respective energy policies.

In the second section, I shall examine several performance indicators, including the most significant; and several forecasts will be made in the third and final section.

1. Let us firstly review some significant figures:

- Gross National Product per inhabitant, a synthetic indicator of the level of economic development of a country is similar for both France and Japan ($10,000/inhabitant).

- average consumption of primary energy is 3 toe/inhabitant in Japan and France.
- average consumption of electricity per inhabitant is also approximately the same (5,000 kWh). Therefore, taking into account the population ratio, the generation of electricity is twice as high in Japan (600 billion kWh) as in France (310 billion kWh) in 1984.
- finally, energy dependence, in terms of national primary energy requirements is high: 87% and 77% respectively for Japan and France in 1973.

This excessive dependence on imported energy, and particulary oil, has been the dominant feature (graph no. 1) in both countries; and the fundamental objectives of the energy policies of both countries, established after the 1973 oil crisis are almost identical:

- to diversify the forms of primary imported energy (and supplier countries);
- to develop a dynamic energy savings policy ;
- to use "national" energy resources, that is those which are economic in terms of financial dealing: "new" energies and nuclear energy.

Only nuclear energy has shown itself capable of reducing the effects of energy costs and its development in oil importing countries has been the global response to the aftermath of the oil crises of 1973 and 1980, as shown on the second graph.

2. What overall evaluation are we able to make today?

- We should firstly examine the nuclear power plants operating in Japan and France (graph no. 2).

Since 1966, Japan has developed a nuclear program which uses both pressurized water reactors and boiling water reactors to an equal extent. Based on American 'know-how', as France, the Japanese industry was very quickly able to continue and take overall responsiblity for the construction of nuclear power plants.

France developed the uranium-graphite gas reactor between 1960 and 1972, and from 1972, the PWR alone was adopted with the production of standard 900-MW and 1,300 MW units.

On February 1985, Japan had 20,000 MW of net installed nuclear power available with 14 BWR plants giving a total of 10,350 MW and 13 PWR plants with a total power of 9,650 MW. In France, E.D.F. operates 41 nuclear power plants, for a total of 33,000 MW, comprising thirty-one 900-MW PWR plants. two 1,300-MW PWR plants and one 305-MW PWR plant.

In France in 1984, 59% of the total French electrical power output was produced by nuclear generation (a little more than 20% in Japan). The equipment startup rate has produced an average age for the PWR plants at the start of 1985 of approximately 7 years in Japan and 4 years in France (graph no. 3).

Finally, I would add that in France the "coal" kWh for facilities operating on base load costs approximately 40% more than the nuclear kWh when the total economic cost, for startups in 1992, is compared.

- Secondly, what parameters are used to evaluate PWR operating results?

I would like to say, at this stage, that the standardization of definitions is essential for meaningful comparisons and, to this end, we have undertaken a detailed study of the current definitions with U.N.I.P.E.D.E. (International Union of Producers and Distributors of Electrical Energy) in Europe and with I.N.P.O. (Institute for Nuclear Power Operation) in the United States.

Having said this, I shall use the five most often used indicators here: the capacity factor, the availability factor, the duration of scheduled shutdowns, the frequency of scrams and the average overall exposure of personnel per unit per year.

a) The capacity factor:

The capacity factor is a good indicator of the service provided to the grid by a plant or a group of plants operating at base load. The 1984 results show this factor to be 71% for Japanese PWR plants and 75% for French PWR plants.

However, the dominance of nuclear generation in the French power generation system requires PWR plants to participate in load following on the grid. The technical and economic conditions for this type of operation are entirely satisfactory: the flexibility of PWR plants fitted with new control equipment is superior to those of fossil generating equipment (variation of power by 5% from nominal power per minute).

This ability to control nuclear generation means that, at certain times, the available kWh are not produced. For this reason, the capacity factor no longer correctly reflects the service provided.

Thus, in France in 1984, the theoretical energy availability factor was evaluated at 81.3% on the basis of all PWR plants in industrial operation, taking account of the availability status of the equipment in each plant.

The comparative development of capacity factors for PWR plants in service in Japan and France is given in graph no. 4. These results combine the balances per calendar year relating to power plants of varying outputs and above all differing ages.

This graph shows the effect of inspections carried out on French nuclear power plants (3 to 4 months shutdown after one year of operation) on a small number of units. The capacity factor then improves considerably, going from 60% in 1982 to 75% in 1984. This improvement is linked to the resolution of technical problems encountered in 1982 on the pins of control rod guide tubes and on moisture separator reheaters of plants in the second multi-annual contract CP 2.

Japanese power plants also suffered from difficulties with steam generators, particularly in the 1970s. The increase of values noted since 1980 reflects the elimination of problems with young reactors.

If we make a point at 31.12.1984 observing countries which have more than 5 000 MW PWR in commercial operation, taking only into account the units capable of 350 MWe or more, five countries in the world are involved :

U.S.A. :	50 plants	42,726 MW	average age : 9 years
France :	28 plants	25,165 MW	average age : 4 years
Japan :	11 plants	8,030 MW	average age : 7 years
U.S.S.R. :	11 plants	6,979 MW	average age : 9,5 years
West Germany :	6 plants	6,285 MW	average age : 8 years

The load factors vary between 60% (U.S.A.) and 80% (West Germany). The German results for 1980 (and previous years) were at the level of French results for 1983. For 1984, the theoretical capacity factor in France is also greater than 80% in view of the necessity to carry out load following; this is a satisfactory result if we consider that French reactors, approximately four times larger, is on average four years younger (graph no 5).

b) Availability factor

This indicator, which is widely used in the United States and Japan, stipulates the time, within a given period, during which the plant was available, whether connected to the grid or not, since the industrial startup.

If we look at the best ten French units in 1984, the average of the availability factor was 89.3% for an installed capacity of 8970MW. Globally in 1984, results were 73% for Japan and 83% for France. This difference stems from the extent of scheduled shutdowns for maintenance and refueling, in the absence of faults affecting forced outages of plants - as in France in 1982 and 1983.

Thus, taking into account the forecast and controlled nature of these shutdowns, the campaign capacity factor, with the exception of scheduled shutdowns (for plants operating on base load), and the campaign availability factor are much more representative of the overall quality of one plant on the grid. The results obtained by Japanese and French PWR plants are particularly revealing, since the development of this indicator, in terms of energy produced (or likely to be produced), has been increasing over the last few years: it is now in the 90 to 96% range for adult plants.

c) Duration of scheduled shutdowns:

The operation of a pressurized water reactor takes place in successive campaigns. At the end of each campaign, the plant is shut down to refuel one third of the core and to carry out a certain number of inspections and repairs to equipment. The duration of these shutdowns must be reduced to minimize the cost of substitution: one day's unavailability of a 900-MW unit in France costs an average of 300,000 $.

Depending on the extent of inspection and preventive maintenance programs and the number of modifications to be carried out, the duration of shutdowns varies from one campaign to another. Therefore, in France, a complete shutdown lasting 3 to 4 months at the end of the first campaign is followed by partial inspections of 4 to 7 weeks. The average development of the length of shutdown in calendar years is shown on graph no. 6. The French target is not to exceed an average of 13% scheduled unavailability per year for all plants (this target was almost achieved in 1984) ; the availability target is greater than 80% in the context.

The duration of scheduled shutdowns of Japanese PWR plants appears to be considerably higher: more than 150 days per year if all shutdowns are totalled from the very beginning (with the exception of MIHAMA 1), approximately 120 days at present. The shutdown of GENKAÏ 2 in 1984, less than 60 days, shows that several potential gains may be expected in this field: the application of experience gained to optimize the organization of plant shutdowns is an important factor in reducing shutdown time, which seriously affects the availability evaluations shown.

d) The frequency of scrams (graph no. 7)

This indicator is particularly interesting, but its composite nature requires caution on the level of international comparisons: we must define exactly what we are talking about. In addition, the nature of the events leading to the forced outage of a reactor may vary widely, e.g.: reliability of equipment, the principle of reactor protection channel redundancy, the margins used for the setting of protection thresholds, the policy adopted for periodic testing of protection channels, the operating mode, and particularly, the most frequent demands on equipment, e.g. load following.

In FRANCE in 1984, there were an average of 4 scrams caused by internal faults per 900-MW PWR plant in service and turbo-generator set connected to the grid. This value is comparable to that observed on American PWRs (about 6), and it is much higher than that observed for Japanese PWRs (less than 0.5 scram per plant per year). This indicates that in France a certain potential for improvement exists in this field. We are familiar with the morphology of forced outages and we have undertaken work to improve the quality of the behavior of the primary circuit

e) Radiological protection:

Maintenance should be optimized in terms of overall cost, but optimization may not be carried out by increasing the personnel radiation dose. The reduction and maintenance of a satisfactory level of individual or collective doses for an entire power plant is an important target.

Graph no. 8 shows the movement in the average annual collective dose for Japan, the United States and France. The value of 208 man/rems obtained in France in 1984 should be compared with the value of more than 500 man/rems in the United States over the last few years, although for reactors of a greater average age.

3. Last points, several future trends:

The feedback from experience and international comparisons allows us to work towards the improvement of performances. The areas of study and development for the future appear to be the following:

For plants in service or soon to be started up:

- optimization of the policy for using nuclear fuel, as technological improvements or long campaigns (18 months) ;
- training of personnel (an average of 80 man-hours training per year per employee in France since 1979 for the 25,000 employees of nuclear and fossil generation);

- the development of plannning and operating methods in the field of maintenance, both in terms of work organization and the development of special tools for the reduction of forced outages and scheduled shutdowns.

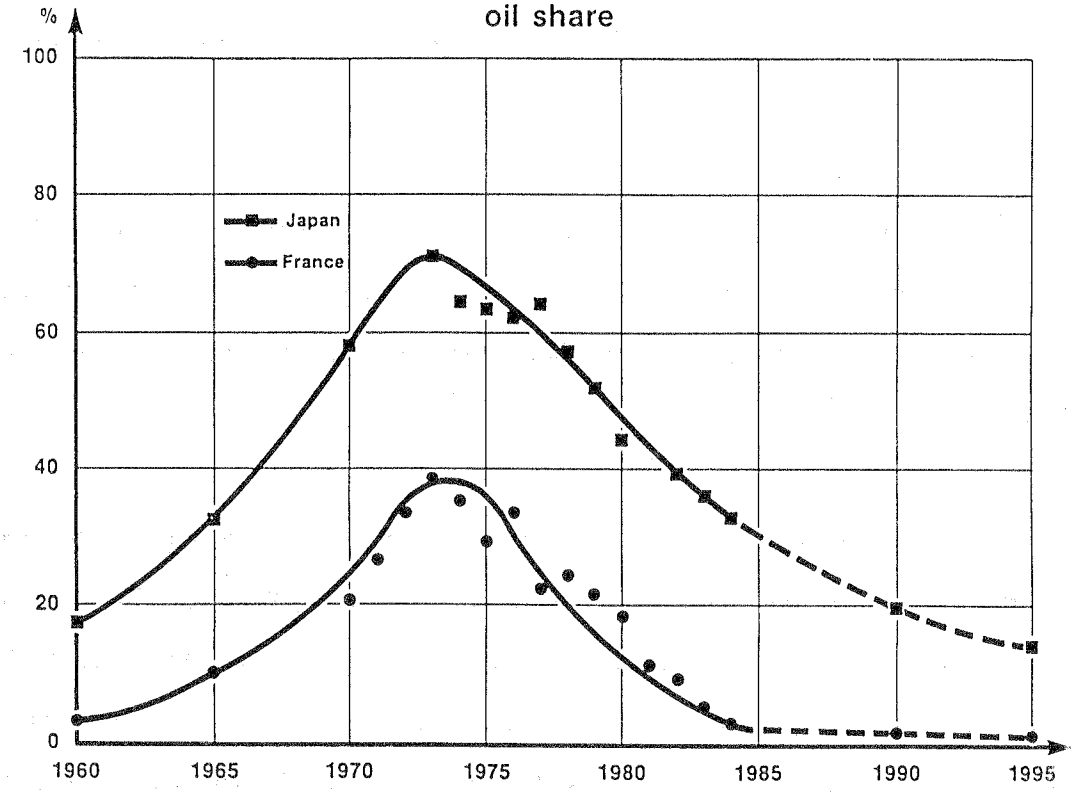
In addition, the "new" PWRs for the years 1990 to 2000 are ready, or almost: program N4 in France and the "Advanced PWR" program in Japan: the approaches are parallel and the spectacular nature of this development is converging world wide towards common availability targets, towards average annual values equal to or greater than 80% forall plants, which is remarkable in view of the inevitability of shutdowns for refueling.

It is also important to underline the interest shown in France and Japan in the design and development of fast breeder reactors.

The similar situations in our two countries are obvious: and while each retains his national character and methods, frequent and fruitful exchanges of information lead to mutual enrichment and are an additional step towards perfection.

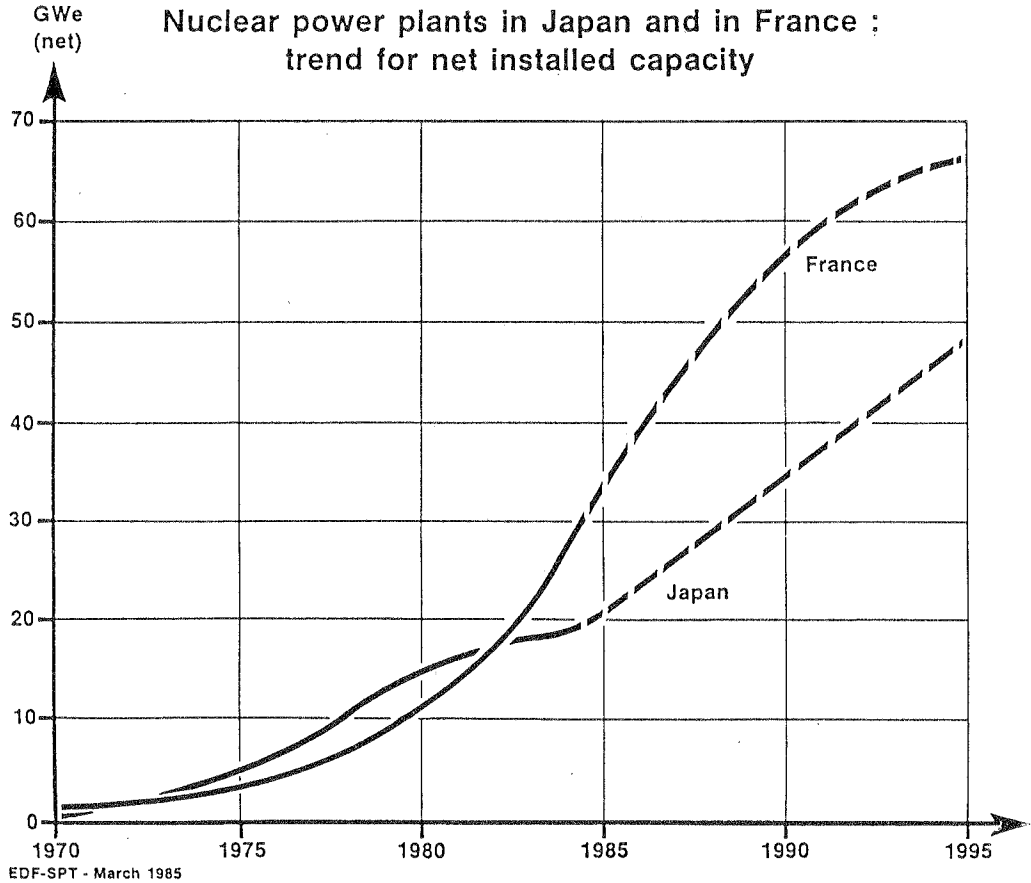
In the year 2000, the French nuclear power plants should be generating 70,000 MW of installed power and Japanese plants 60,000 MW. These figures express both technical continuity and confidence in the economic maturity of nuclear generating equipment in our countries: the quality of the evaluations which we are able to show today is a security for future success.

Electric energy production: oil share

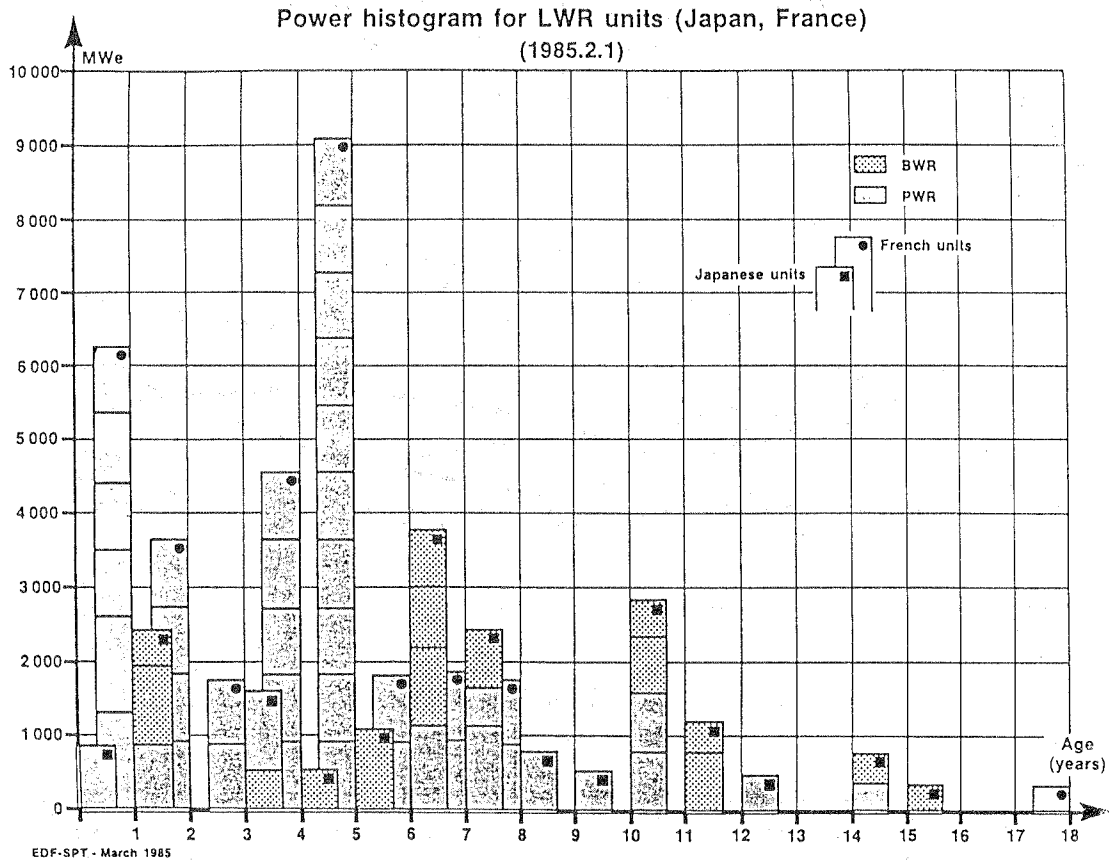


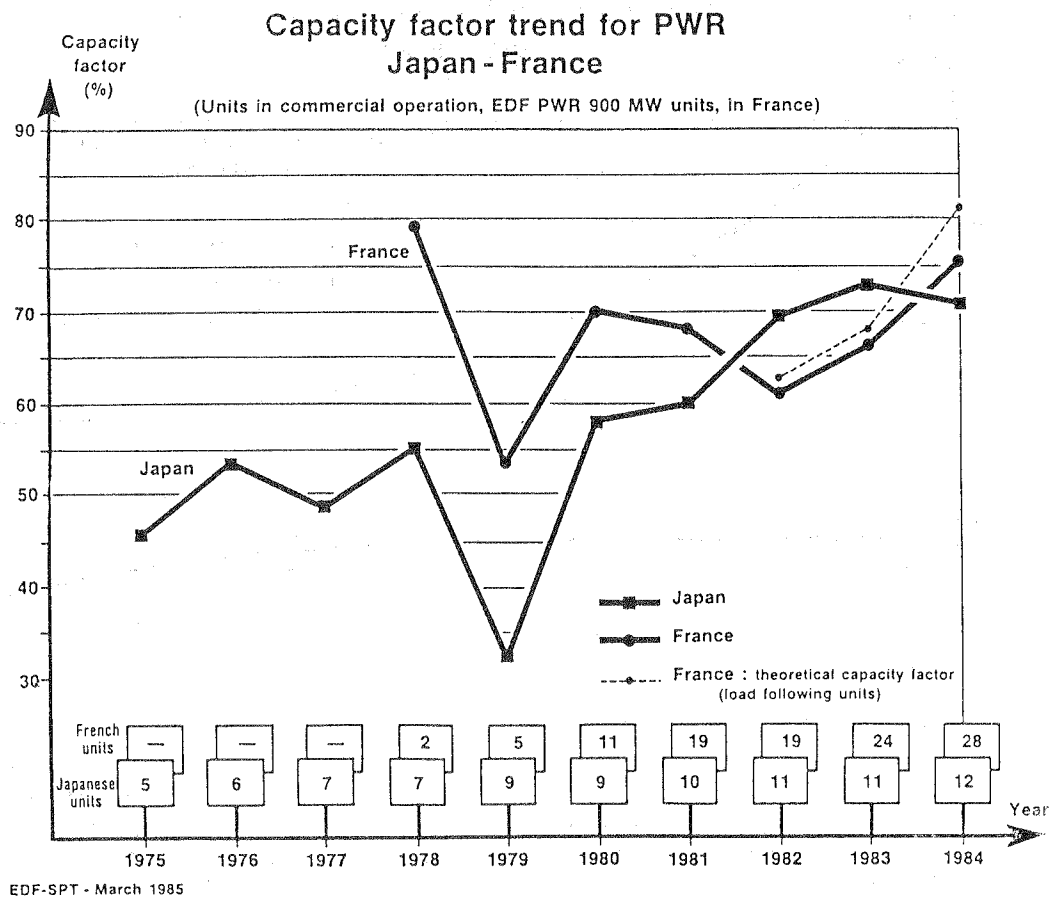
EDF-SPT - March 1985

Nuclear power plants in Japan and in France : trend for net installed capacity



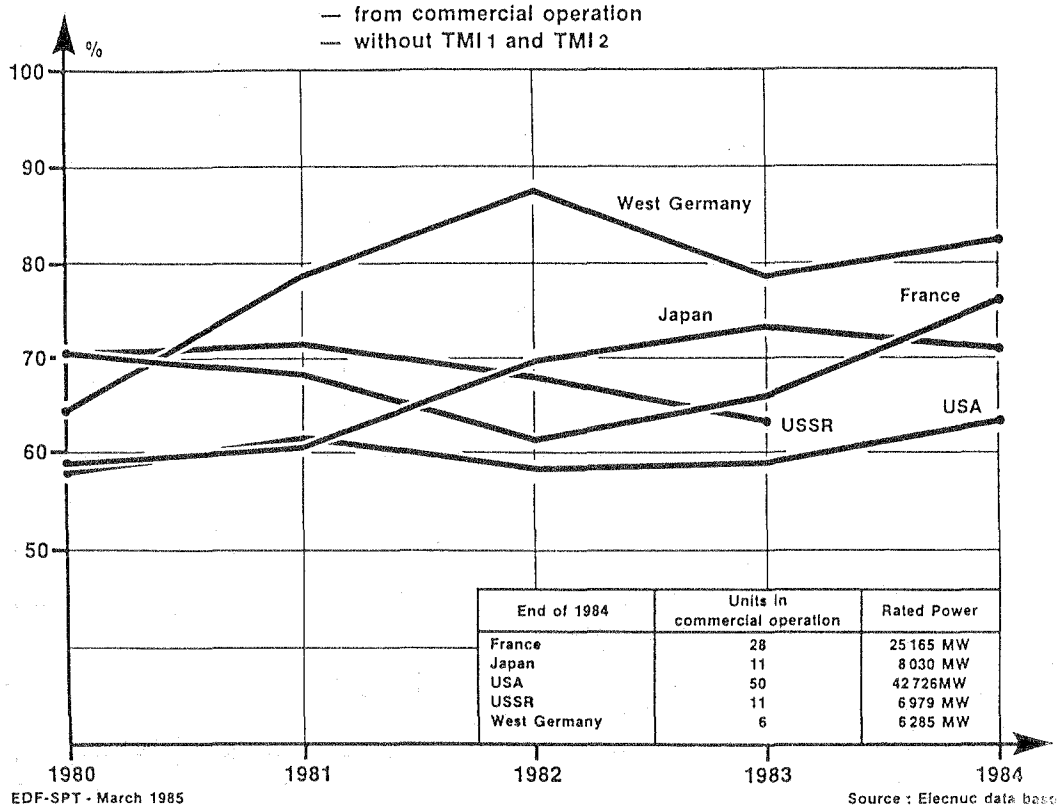
EDF-SPT - March 1985


Power histogram for LWR units (Japan, France)
(1985.2.1)
MWe
10 000
9 000
8 000
7 000
6 000
5 000
4 000
3 000
2 000
1 000
0
BWR
PWR
French units
Japanese units
Age
(years)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
EDF-SPT - March 1985


Capacity factor trend for PWR
Japan - France
(Units in commercial operation, EDF PWR 900 MW units, in France)
Capacity factor (%)
90
80
70
60
50
40
30
France
Japan
Japan
France
France : theoretical capacity factor
(load following units)
French units
Japanese units
1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984
— — — 2 5 11 19 19 24 28
5 6 7 7 9 9 10 11 11 12
Year
EDF-SPT - March 1985

Capacity factor trend for PWR units

— maximum output > 350 MWe (net)
— from commercial operation
— without TMI 1 and TMI 2

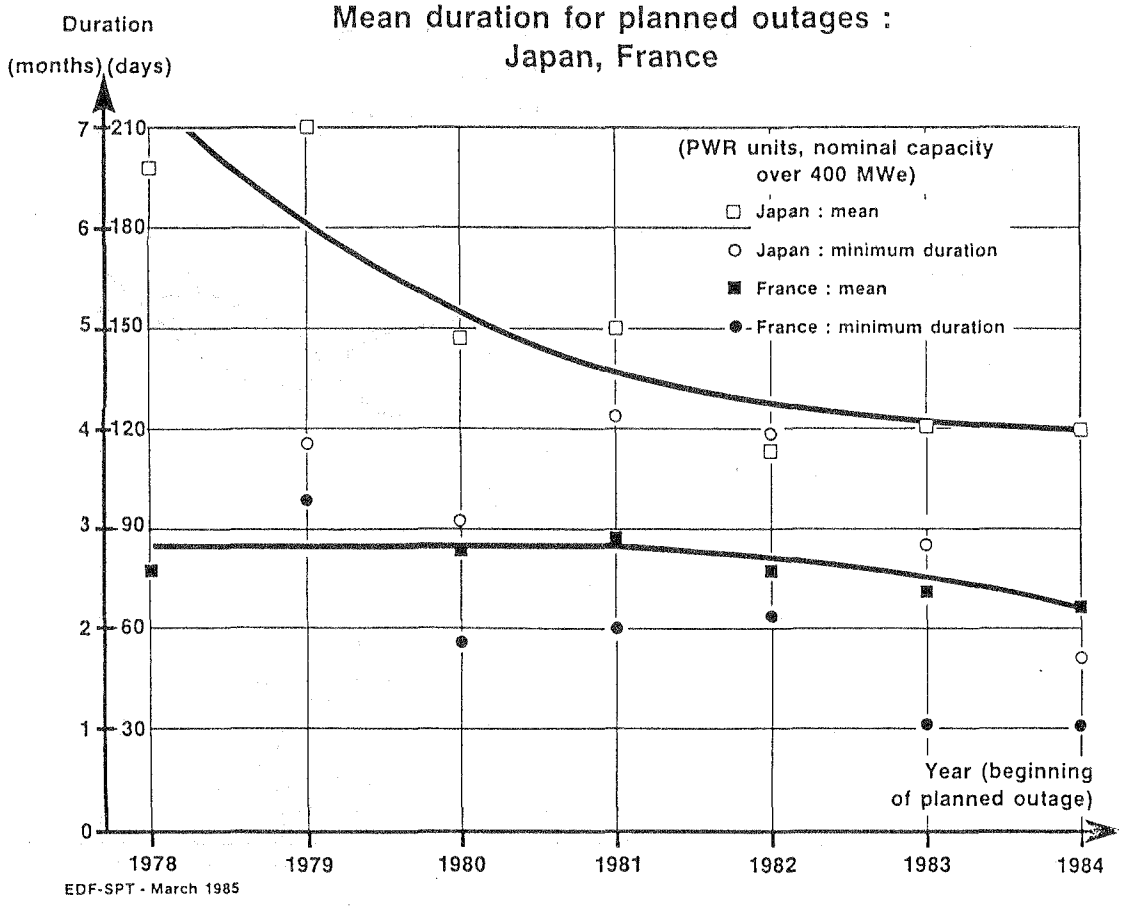


End of 1984	Units in commercial operation	Rated Power
France	28	25165 MW
Japan	11	8030 MW
USA	50	42726MW
USSR	11	6979 MW
West Germany	6	6285 MW

EDF-SPT - March 1985

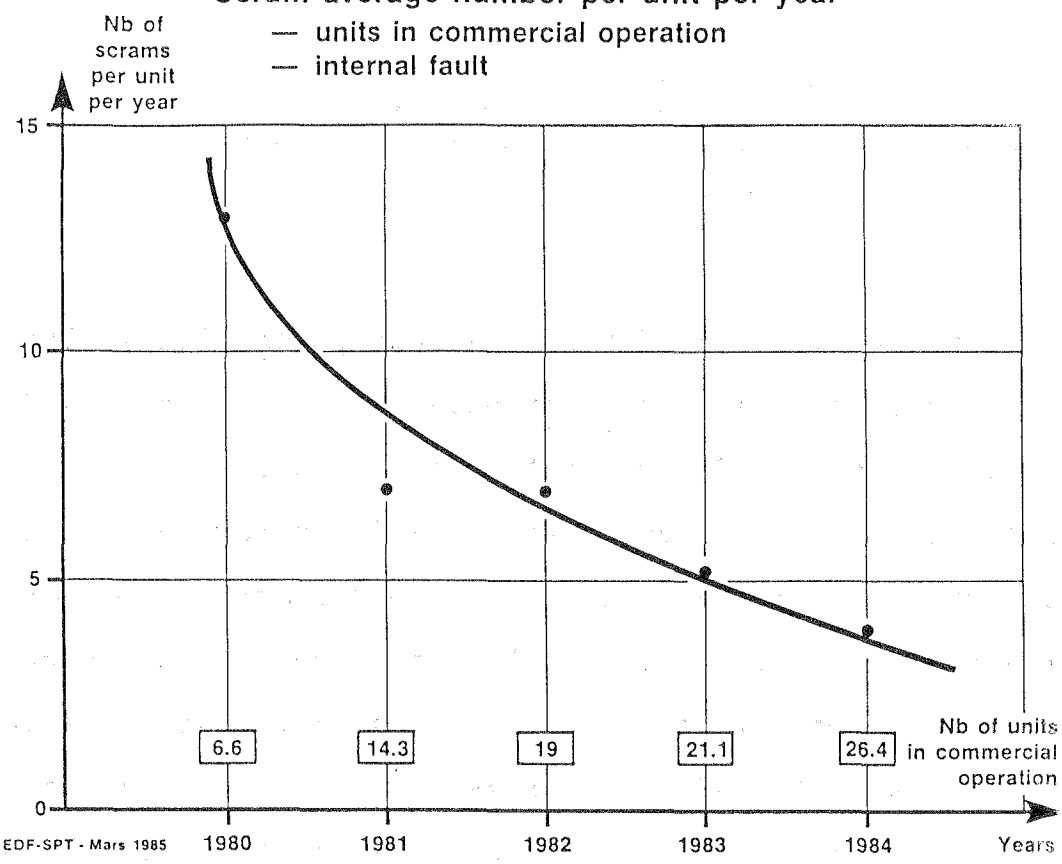
Source : Elecnuc data base

Mean duration for planned outages : Japan, France

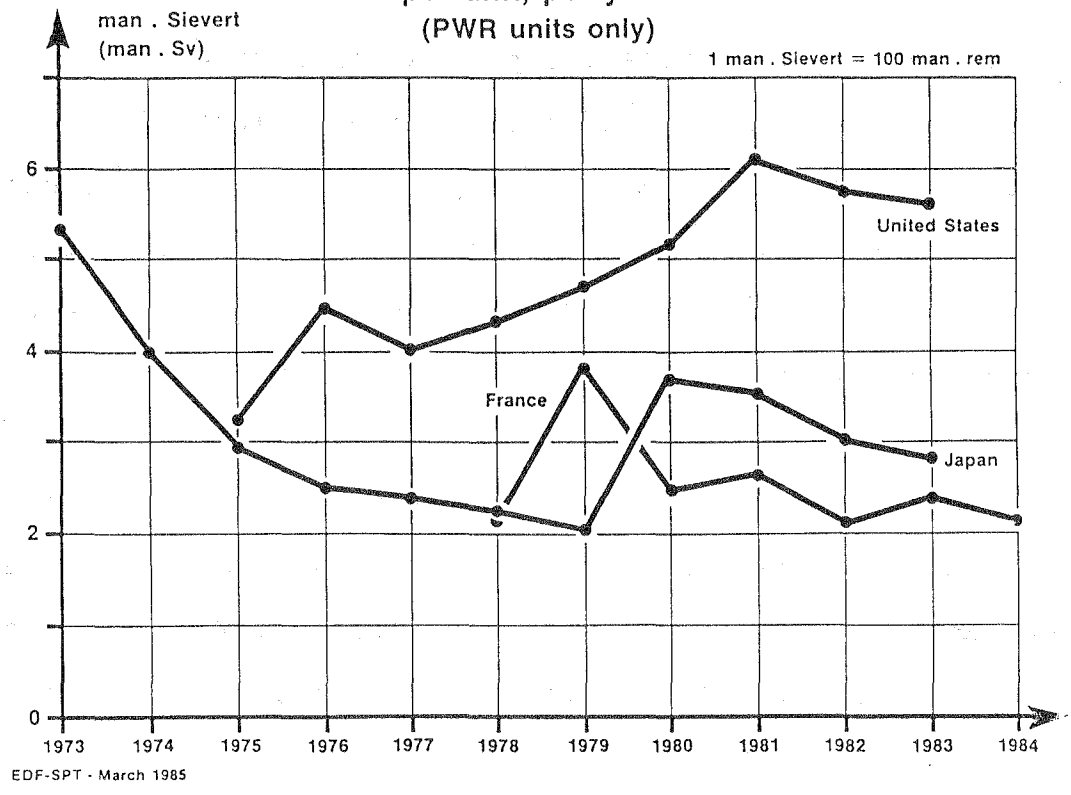


EDF-SPT - March 1985

Scram average number per unit per year



Collective dose per unit, per year (PWR units only)



OPERATIONAL EXPERIENCE OF LWRS AND DIRECTION OF IMPROVEMENT

Dr. Herbert Schenk
President, Kernkraftwerk Obrigheim GmbH
Chairman, Reactor Safety Commission, F.R. Germany

In the Federal Republic of Germany nuclear power plants with light water reactors have been established as a reliable and competitive instrument for generation of electricity. At present 16 nuclear power plants ($>$ 300 MWe) are in operation with a total capacity of 16898 MWe (gross) accounting for 17,5 % of the total installed capacity and 23,5 % of the electricity generated by utilities in Germany in 1984. Five pressurized water reactors with a total capacity 6677 MWe (gross), one high temperature gas cooled reactor 308 MWe (gross) and one breeder reactor 327 MWe (gross) are under construction.

The performance of the operating plants has been very satisfactory, economically and from a safety point of view, as well; for example the 8 plants with pressurized water reactors the average cumulative capacity factor from start of commercial operation up to the end of 1984 has been 80,4 %, a figure well above the world average.

Also the safety features are very satisfactory. No serious occurrences or incident happened. The average number of scrams per year and plant was 0,7 /a (turbine trips 0,6/a). The total number of occurrences to be reported to the licensing authority in 1984 have been 144; No one has been

directly safety-related. No person received radiation doses above the licensed limits.

As special highlights in performance may be mentioned:

- the Grafenrheinfeld plant for the second consecutive year has produced in 1984 more electricitry per unit than any other LWR-plant. Another two German plants 1 PWR (KKU) and 1 BWR (KKK) produced more than 10 GWh each in 1984.
- during the recent commissioning tests the Grohnde plant (assisted by low coolant water temperatures)has achieved an output of just over 1400 MW gross electricity power.

With respect to cumulative time availability, also the plants Atucha 1 in Argentina, Borssele in the Netherlands an Gösgen in Swizerland - built by German industry hold places among the first 25 of the world ranking list of about 140 water cooled reactors. This confirmes also that German industry not only gained rapidly independence in nuclear technology, but was also successful in exporting such technology.

The state of the art of the two types of LWR-plants in Germany can be summarized as follows:

Four power plants with boiling water reactors, KWW, KKB, KKI and KKP 1 have been upgraded successfully during the past years, the major areas have been

- the exchange of piping material, mainly for feedwater and steam lines within the containment
- improvements in the pressure suppression system in pipe whip

restraints.

The upgrading measures were started in the first plant in 1980 and ended in the last one in 1983; each plant was out of operation for nearly 1 year.

The time availability of the four plants has been 82,7 % on average after the upgrading action has been completed, compared to 60 % and less before the implementation of the improvements. In addition the 1300 MW plant KKK and the two unit plant of Gundremmingen B and C which starts a new generation of boiling water reactor power plants entered into service.

The essential features of the two new boiling water reactor plants in addition to those well established - like internal axial pumps and fine motion control rod drives - are the following:

- 1300 MW power output
- 9 x 9 fuel elements
- safety containment in prestressed concrete
- new reactor building design

For the PWR-system it can be said that the targets established a few years ago namely

- stabilisation of the licensing procedure
- regain of control over construction schedule

are being met.

This applies not only to the Brokdorf project, being built basically as a replica of Grohnde, but also for the projects being built under the Convoy principle, where the major construction-permits have been obtained and the original schedules

will be met on all plants very probably.

The convoi principle achieved successful the following rationalization effects which stabilized the costs and reduced the construction period:

- standardization of plant design and construction
- standardization of licensing procedure (identic license packages for 3 plants in different countries which reduced consultant costs and time).

A substantial contribution towards the high availability comes from the short duration of the annual revision period: The average length being 51 days, but minimum values as short as 17 days have been achieved. Good accessability of the reactor building also prior and after the actual shut down period, contributes towards efficient organization of the inspection and repair work. Beside the unavailability of the annual revision there are minor contributions from unscheduled outages due to component failures. For example in PWR plants the primary system cause an unavailability of about 3 % (steam generator 1 %, reactor coolant pumps 0,8 %, reactor vessel and internals 0,6 %), the secondary systems of about 2,2 % and others about 0,7 %. All together a total annual non-availability of about 20 % is the average for German PWRs.

As an example for improvements of plants the development of acitivity emissions out of PWR plants can be taken. Due to backfitting measures in older plants (f. e. installation of

filter systems - avoiding of fuel defects and last not least operating experience, for example to keep the primary circuit tight) it was possible to decrease the activity emissions very extremely during the last 15 years.
As an example, in the pressurized water reactors the emissions of noble gases with the off-air could be lowered from about 10 000 Ci/a down to about 200 Ci/a (factor 50). Similar results could be achieved with aerosols and J 131. The activity emission with waste water could be decreased from 10 Ci/a to 0,05 Ci per plant and year (factor 200). The bioling water plants lowered the activity emission also.

By analyzing the radiation exposure of the personnel working in nuclear power plants there are three different groups to consider:

- the older BWR-plants have caused relative high annual doses due to the mentioned up-grading actions (max.2000-3000 rem/a) besides that, the average annual doses are about 400 rem/a
- the older PWR-plants caused average annual doses in the range of 500-600 rem/a. These values are also connected with backfitting measures and steam generator repairs.
- The new PWR plants cause average annual doses of about 150-200 rem/a.

The newer BWR plants need more operating time to compare them with the above mentioned groups. The mean integral radiation exposure of the operating personnel is decreasing since 1971 (from 1,2 rem per season to average values of about 0,4 rem per season in 1984).

The soundness of the reactor system concept has been confirmed also by the review carried out on occasion of the TMI incident. No essential measures had to be taken as a direct consequence of this incident. Under the lessons learned from T.M.I. the introduction of the water level gauge in the reactor pressure vessel is tested and adaptations were performed such as the connection of the sump water recirculation to the high pressure injection system.

The new plants are already prepared for future demands for flexible response to grid load. The capabilities are demonstrated during commissioning tests they meet the requirements for day/night cycles,as well as for load following and frequency support.

Future development of the LWR-system will concentrate on

a) maintaining and increasing the economic edge of nuclear power generation by reviewing critically plants costs,

b) the sophistication of systems for surveillance of the plant operating conditions and of the systems for processing the information to be offered to the operator,

c) improvements in the economy of the fuel cycle for example, by increasing average batch burnup; 45 000 to 50 000 MWd/t average bunup's are under consideration .

d) In addition to this developments it is very important to assure a safe operation of the nuclear power plants in order to achieve final acceptance by the public and to prove that

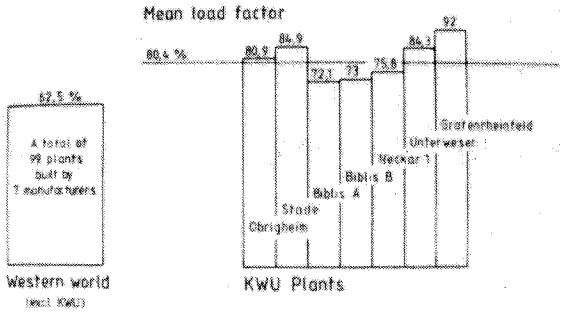
nuclear power plants can be operated over at least 40 years in a safe and economic manner.

e) and last not least,
improving even further the approach to radioactive waste management by introduction of more effective measures for each type of waste, such as centrifugal separators for liquids, improved held up lines for noble gases and incineration of burnable waste followed by continuous cement fixing process for solid wastes.

These measures will provide operators with more flexibility for preparing such waste for the final storage in a central repository. Recently, the selection of a site for the reprocessing plant for spent-fuel elements was finalized, and the decision to build such a plant was taken, this constitutes an important step towards completion of the fuel cycle, offering the potential for an increased recycling of Pu in LWR for which considerable experience has already been built up in Germany. It is our intention in Germany to close the fuel cycle as far as technically possible and economincally reasonable.

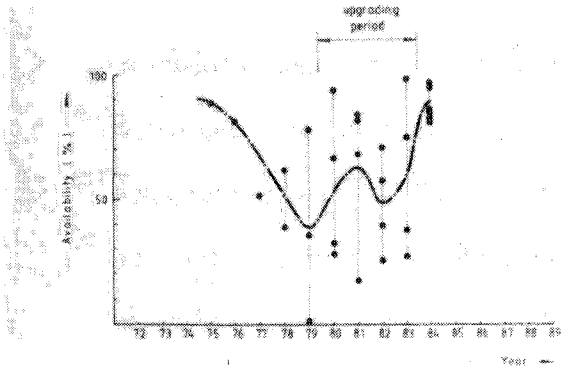
In order to stay within the given time schedule, I have to finish now my short presentation on operating experiences with light water reactors in Germany and the direction of improvements which are under way.

Thank you very much for your attention.



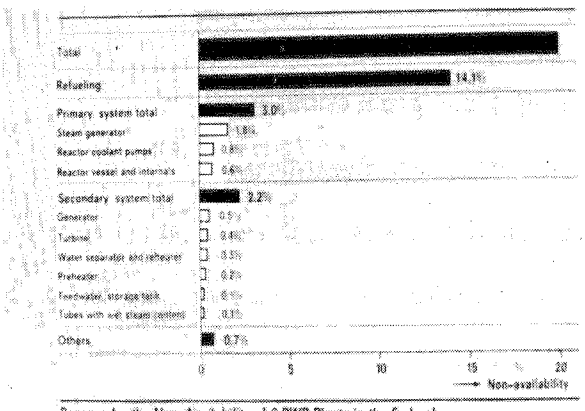
Cumulative Load Factor or Nuclear Power Plants with Pressurized Water Reactors from Hand-over to Dec. 31, 1984

スライド 2



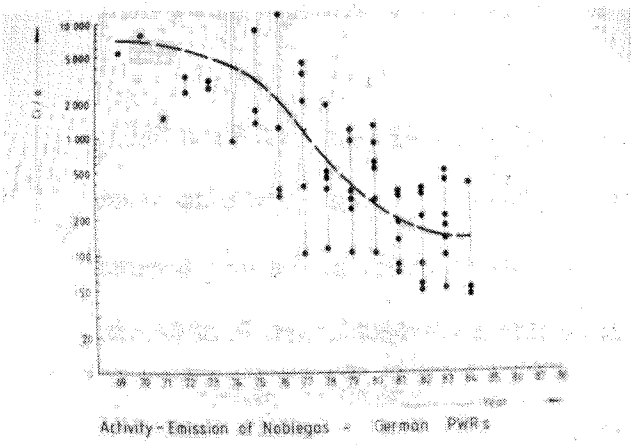
Time Availability German BWR - Plants

スライド 3



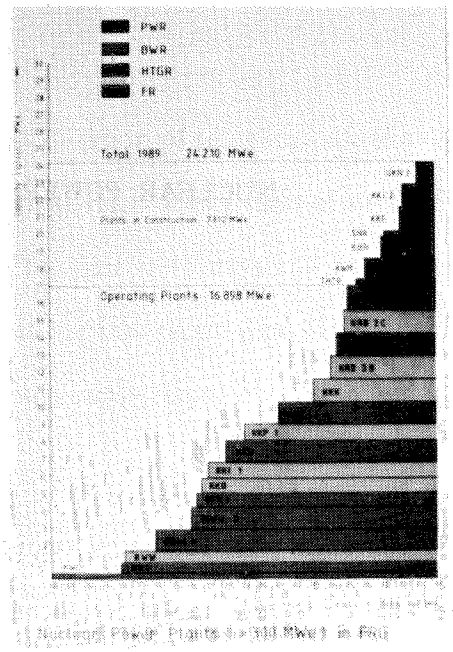
Reasons for the Non-Availability of 6 PWR Plants in the Federal Republic of Germany between 1969 and 1981 (32 Years of Reactor Operation)

スライド 4

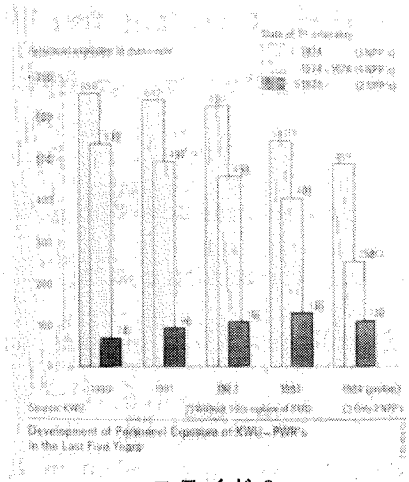


Activity-Emission of Noblegas - German PWR's

スライド 5

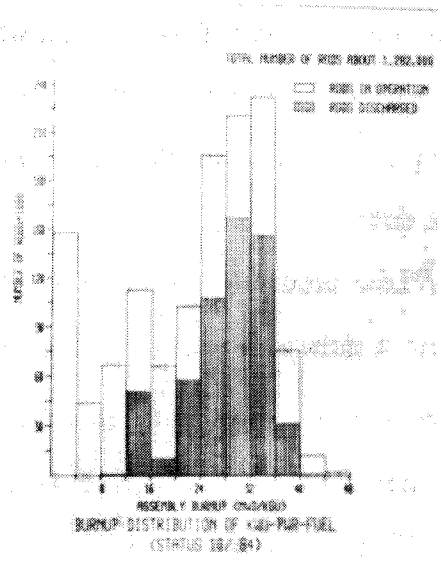


スライド 1



Development of Personnel Exposure at KWU-PWR's in the Last Five Years

スライド 6



スライド 7

NUCLEAR POWER IN TAIWAN POWER COMPANY

I-HSIEN CHU, VICE PRESIDENT
TAIWAN POWER COMPANY

Taiwan is poor in energy resources. 86% of total energy comsumed depends on coal and oil input. In order to carry out the energy diversification policy and reduce power production cost, Taiwan Power Company started to build the first nuclear power plant in 1969. Since then, four BWR units and two PWR units are in operation consecutively, with the total capacity of 5144 MWe. Table 1 lists the information of the six units.

In 1984, nuclear power produced 23.6 Billion KWH, representing 48% of total power production. Production cost in 1984 calender year, including backend fund, was around 25 U.S. mills per KWH, in comparing with coal firing plant production cost 44 mills per KWH and oil firing units 56 mills per KWH in the same year. Regardless of the high invenstment cost, once a plant is built, the depreciation and interest cost are fixed and will not be effected by inflation or change of economic environment. The only major cost influence comes from fuel cost which is only 22% of total cost.

Table 2 shows the nuclear production cost against production cost of coal and oil fire plant. As a result, the cost saving in 1984 due to nuclear production was 0.7 Billion U.S. dollars.

Low production cost was mainly due to the high capacity factor of these units. Table 3 shows the availability and capacity factors during subsequent operation years since startup. It is noticeable that C.F. was gradually improved as the unit became matured. As in 1984, 3 units having operated more than 3 years achieved C.F. of 84.6%, 84.2% and 71.6% respectively.

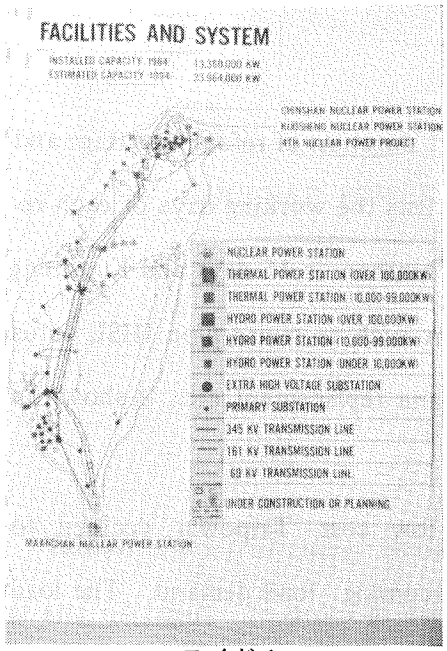
The high C.F. was primarily attribute to the short duration of refueling outage and the setup of plant betterment program. Table 4 lists the working days of each refueling outage. Except the very first one, in average Chinshan is 45 days and Kuosheng is 50 days. Major maintenance and betterment items such as recirc pipe IHSI, torus modification, steam dryer repair, turbine blade and vane replacement etc., is shown in Table 5.

Since nuclear power is rather reliable and low cost, Taipower decided to continuously develop nuclear power to meet the on-coming load demand. The load growth and power projection call for 14 units with total installation capacity of 12144 MW by the year of 2000. The project of units 7 and 8, 1000 MW class each, will soon be started.

For the operating units,Taipower is continuously pursuing to improve C.F. in all possible ways including shorten refueling outage by using automatic tools, 18 months fuel cycle, strengthen and computerize preventive maintenance, reinforce surveillance test, upgrade SRO/RO training and retraining program, strengthen on-the-job training program of maintenance personnel, establish availability and reliability team (ART) for plant betterment, adopt strict administrative policies and establish reasonable C.F. bonus program etc.

For maintaining the good operation record and further improving the operation of nuclear power plant, Taipower has been devoting every effort to reduce the number of unit trip/scram. Table 6 shows number of scram/trip. Measures established to mitigate the unit scram are:

* establish "post trip review" procedures
* establish a procedure to track down causes and followup corrective action after reactor trips
* experiences on each trip back feed to operator's retraining program
* Setup system betterment plans

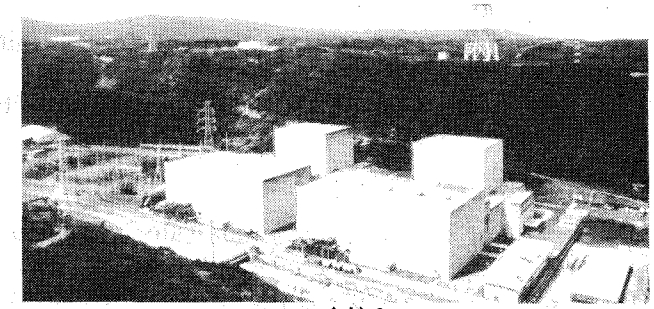


スライド 1

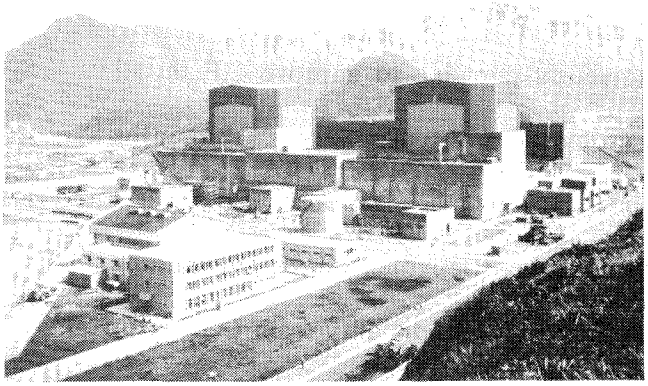
TABLE 1. MAJOR FEATURES OF NUCLEAR POWER PLANTS IN TAIWAN

Units	NSSS			TG		AE	Commercial Operation	Construction Cost (US$/KWe)
	Supplier	Type	Rating MWt	Supplier	Rating MWe			(Including first core)
Chinshan-1	GE	BWR4	1775	W	636	EBASCO	1978/12	518
Chinshan-2	GE	BWR4	1775	W	636	EBASCO	1979/7	
Kuosheng-1	GE	BWR6	2894	W	985	BECHTEL	1981/12	804
Kuosheng-2	GE	BWR6	2894	W	985	BECHTEL	1983/3	
Maanshan-1	W	PWR	2785	GE	951	BECHTEL	1984/7	1260
Maanshan-2	W	PWR	2785	GE	951	BECHTEL	1985/5	

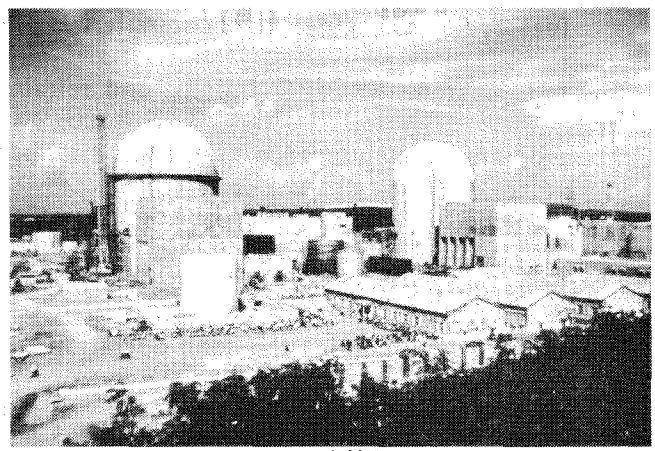
スライド 2



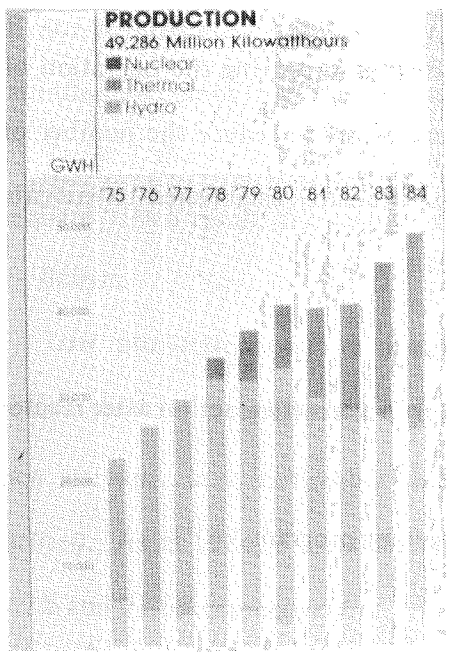
スライド 3



スライド 4



スライド 5



スライド 6

TABLE 2. TPC POWER PRODUCTION COST 1984FY (NT¢/KWH)

ITEM	NUCLEAR	OIL	COAL	HYDRO
Fuel	22.28	175.62	125.20	
Depreciation	31.41	26.38	26.12	33.47
Maintenance	6.30	5.63	5.93	10.49
Others	5.44	4.61	6.87	15.25
Interest	23.02	12.42	12.33	23.23
Back End Management	12.60			
Total Cost	101.05	224.66	176.45	82.44

US$/NT$ = 1/40

スライド 7

TABLE 3. CF AND AF OF CHINSHAN AND KUOSHENG NUCLEAR POWER STATION

UNIT \ YEAR / ITEM		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Chinshan-1	AF	6.5	68.3	74.1	82.7	95.6	65.2	87.7	93.4
	CF	1.8	47.8	55.2	72.8	87.3	52.5	80.0	84.6
Chinshan-2	AF	—	1.6	78.2	84.3	85.9	85.6	85.1	90.7
	CF	—	0.2	58.4	74.0	75.2	80.3	77.4	84.2
Kuosheng-1	AF	—	—	—	—	35.7	64.8	65.7	81.3
	CF	—	—	—	—	18.7	51.1	56.7	71.6
Kuosheng-2	AF	—	—	—	—	—	28.5	76.6	78.6
	CF	—	—	—	—	—	14.9	60.8	69.1

スライド8

TABLE 4. DATA OF REFUELING OUTAGES FOR CHINSHAN AND KUOSHENG NUCLEAR POWER STATION

A. CHINSHAN

ITEM / UNIT / REFUELING OUTAGE	WORKING DAYS		MAN-DAYS		MAN-REMS	
	Chinshan-1	Chinshan-2	Chinshan-1	Chinshan-2	Chinshan-1	Chinshan-2
1st	59.8	45.2	35,281	30,774	520.92	121.40
2nd	45.8	37.5	49,280	41,789	182.48	267.70
3rd	56.9	44.6	69,752	49,402	238.60	175.63
4th	45.7	42.5	47,632	47,849	202.58	474.97
5th	43.8	—	46,731	—	275.18	—

B. KUOSHENG

ITEM / REFUELING OUTAGE / UNIT	WORKING DAYS		MEN		MAN-ENTRIES		MAN-REMS	
	Kuosheng-1	Kuosheng-2	Kuosheng-1	Kuosheng-2	Kuosheng-1	Kuosheng-2	Kuosheng-1	Kuosheng-2
1st	97	58.2	2541	2043	65638	55811	600.6	423.8
2nd	47.9	—	2063	—	40328	—	564	—

スライド9

TABLE 5. MAJOR WORK ITEMS FOR EACH POWER PLANT DURING REFUELING OUTAGE

POWER PLANTS	WORK ITEMS
Chinshan	1. IHSI heat treatment 2. Steam dryer modification and replacement 3. MSR modification 4. Torus T. quencher and vent header deflector installation 5. Drywell control cable replacement 6. LP turbine rotor replacement 7. HP turbine casing flange repair 8. Low pressure feed water heater replacement 9. Jet pump sensing line repair 10. Additional 3 AHU installed in drywell 11. CSCW sea water pipe re-lining with FRP (Fiber Re-inforcement Plastic) 12. 4.16 KV 480V station service Tr. rewinding
Kuosheng	1. IHSI heat treatment 2. LPCI buffle plates installation and flow test 3. LP turbine stationary vane replacement 4. Steam tunnel insulation re-inforcement 5. Steam dryer repair 6. TB building HVAC system modification 7. Generator isolated phase bus modification

スライド10

TABLE 6. YEARLY NUCLEAR UNITS SCRAM NO. LIST

YEAR	CHINSHAN-1		CHINSHAN-2		KUOSHENG-1		KUOSHENG-2		MAANSHAN-1	
	After Criticality	During Power Operation	After Criticality	During Power Operation	After Criticality	During Power Operation	After Criticality	During Power Operation	After Criticality	During Power Operation
77	7	12								
78	9	23	3	0						
79	1	14	2	24						
80	1	9	2	9						
81	6	9	3	10	5	27				
82	1	4	0	1	2	8	3	10		
83	2	6	3	2	3	2	0	11		
84	2	3	0	1	1	5	1	4	16	35

スライド11

TO INCREASE RELIABILITY

- Establish "post trip review" procedures
- Establish a procedure to track down causes and follow up corrective action after reactor trips
- Experiences on each trip back feed to operator's retraining program
- Setup system betterment plans

スライド12

TO INCREASE AVAILABILITY

- Shorten refueling outage by using automatic tools
- 18 months fuel cycle
- Strengthen and computerize preventive maintenance
- Reinforce surveillance test
- Upgrade SRO/RO training and retraining program
- Strengthen on-the-job training program of maintenance personnel
- Establish availability and reliability team (ART) for plant betterment
- Adopt Strict administrative policies and establish resonable C.F. bonus program

スライド13

軽水炉の運転経験と改良の方向

資源エネルギー庁審議官
松　田　　泰

軽水炉の技術レベルがどのような水準に達しているか、各パネリストの方から説明がありましたが、私は主として、経済的、社会的な周囲条件から見て、軽水炉に期待される役割と技術的課題について述べてみたいと思います。

我が国は一次エネルギー供給の８割以上を輸入に依存しており、先進国の中でも際だって脆弱なエネルギー供給構造を持っている。従って経済的なエネルギーを安定して確保することが、エネルギー政策の中心命題であるが、原子力発電は供給安定性・経済性・大量供給性の点から優れた特質を有する準国産エネルギー源として、今後のエネルギー供給の主要な柱として位置づけている。１９８４年度の発電電力量の２２％が原子力によって供給されているが、この割合は１９９０年で２８％，１９９５年で３５％と高めることを目標としており、さらに２０００年には３９％程度となることが期待されている。

このように原子力発電が主力電源となってくると，長期間トラブルのない安定した運転が可能であることが重要であり、信頼度の高い設備である必要がある。勿論負荷追従性等の弾力的運転性能の確保や、運転員・保守員の増加に対応する人的管理面を含めた対策がとられることも必要となってくる。

また原子力発電コストが全体の電力コストに与える影響が大きくなり、コスト低減をはかることが重要となる。近年石炭火力発電コストとの差が減少してきているが、これは石炭の価格が低下しているのに対し、原子力発電設備の建設費が増加傾向にあったためである。原子力発電コストは設備費のウエイトが大きく、燃料費の変動の影響が少ないという特色があるが、この長所をいかすためにも、建設費の低減に努めることが重要である。

１０余年にわたる原子力発電所の建設・運転・保修の各段階において、また放射性廃棄物の処理等について多くの貴重な経験が蓄積されてきており、今後益々増加すると考えられるが、これらの分散した経験に関する情報を集め、整理・分析して提供できる情報システムが同時に整備されつつある。基数が増加しつつ、しかも信頼度をあげていくためには、情報の活用が極めて重要であり、情報技術の進歩を充分に利用することがのぞまれる。

情報技術の飛躍的発達をもたらした半導体・コンピューター関係の技術はもとより、ニューセラミック等の新素材、光ファイバー利用技術等のいわゆるハイ・テクノロジーが、急速に進歩している現状において、これらの技術を原子力発電の性能向上に利用しうる可能性が高いことも、注目していなくてはならない。ロボットの利用も次第に行われつつある。

長期的には原子力発電の主流となると期待されている高速増殖炉の実用化の時期は、従来考えられていたものより先になると見込まれるが、このことは、軽水炉が電力供給の主力である期間が長期化することを意味し、軽水炉の寿命の長期化をふくめ、その性能向上の重要性が極めて大きいことを示している。

以上のような状況の認識から、今後の軽水炉技術の高度化の方向を次のように示すことができよう。

まず、すべての課題に共通する基本的事項として、建設・運転から廃炉の段階にいたるまでのトータルライフを通じての効果の評価を行うことが重要である。例えば長期サイクル運転や定期検査の効率化を検討する場合、炉の生涯にわたる信頼性・経済性が考慮されなければならない。つぎに、マイクロ・エレクトロニクス、新素材、光技術等の先端技術を積極的に利用して新しい飛躍を可能にすることである。

技術高度化の第一の課題は、定期検査の効率化及び運転継続期間の長期化によるより高い信頼性と経済性の追及である。運転中検査技術の開発、長期連続運転においてクリティカルとなる機器の健全性の確証等も含まれる。事故・故障の未然防止のために機器の劣化状況の検知技術、オンラインによる早期異常予知・評価システムの開発等も必要となろう。これらの技術により、現在、時間稼働率８０～８５％を達成することを目標にかんがえている。

次の課題は、プラントの長寿命化である。既存のプラントを合理的な寿命評価或いはわずかの追加投資によって、長期にわたり稼働させることができれば、その経済的効果は極めておおきい。圧力容器のような取りかえ困難または不可能と見られている機器・システムの寿命予測、補修技術等が考えられる。

第三の課題として保修作業の効率化と被ばくの低減があげられる。　今後、原子炉基数の増加と経年劣化の進展につれて保修作業量及び作業者の総被ばく線量が増大傾向をたどると考えられるため、作業の自動化、遠隔化とともに作業環境の改善を計り被ばくの低減をはかることが必要となる。

第四に運転性の向上があげられる。基数の増加に従い、運転員の確保と資質の向上がますます重要になるが、同時にシステムの面からも運転員の負担の軽減と対応の適正化に努める必要がある。また負荷追従性の向上に関するシステムの健全性の確証、高信頼度化等の課題がある。

これらの課題の推進に当たっては、軽水炉が既に実用化されているという視点からすれば、基本的には電気事業者、メーカー等の民間が主体となって行うべきものである。しかし原子力がエネルギーの安全保証上極めて重要であるとの認識に立ち、開発リスクの大きい技術、パブリックアクセプタンスのため、特に必要な実証試験等については、国が民間を支援し、必要なものは国が実施することとなる。これらの技術開発の成果は速やかに規制行政に反映させることも重要である。

軽水炉の運転経験と改良の方向
[パネル討論] キーノート

三菱重工業㈱
副社長　飯田庸太郎

日本の軽水型発電所の運転経験と改良の方向について豊田さんの御講演をメーカの立場で補足し乍ら簡単に御説明申し上げます。

先づ、スライドによりまして日本におけます軽水炉の運転・建設状況を御報告申し上げます。　(Auto 始め)

最初のＢＷＲ、敦賀１号機および最初のＰＷＲ、美浜１号機が昭和４５年に夫々運転に入ってから丁度１５年になります。その間、御覧のようにＰ、Ｂ合せて２７基が運転中、青色の１２基が建設中、黄色に示す８基が建設準備中であります。

運転中の設備容量は２０００万KWを越え、昨年は全電力量の２２％を原子力で賄いました。

運転状況を軽水炉全体で見ますとプラントの少なかった初期には設備利用率は４０％付近迄下るような年もありましたが、運転基数の増加と共に初期の技術的問題を克服し最近は連続して７０％を超え、去る３月３１日迄の５９年度は２７基の平均が74　％を超えております。

以上の状況をプラントワイズにＰＷＲを例として眺めますと初期のパイオニア的発電所は当初、連続運転を示す赤色の部分が少なく、定検期間は長く、又定検以外の理由でプラントを停止した期間も長くなっております。理由は、ＳＧ伝熱管の損傷、燃料、炉心構造物の損傷など予想出来ない機器の故障によって、その原因の究明および対策に長期間を要したためでありますが、これらを克服すると共に、御覧のように連続運転期間３５０日を超えるプラントや６０日で定検を完了するプラントも出て来ております。

軽水炉全体として連続運転日数が２００日を超えたプラント数をグラフとして眺めますと、プラントの数も達成した連続運転日数も年と共に多く、又長くなっていることが御覧頂けると思います。　(Auto 終り)

今、初期のプラント機器の予想出来ない故障によって、と申し上げましたが、ここまで設備利用率が改善されるまでに経験したトラブルをＰＷＲのＳＧを例として御説明致しますと、当初ほとんどのプラントで二次系水処理に使用しておりましたり人酸ナトリウムが管支持板すき間部や管板上のスラッジ中で濃縮

し伝熱管を腐食、減肉させました。

その後水処理法を変更致しましたが、残ったりん酸ナトリウムから出来た苛性ソーダにより主として管板管穴で伝熱管が損傷を受けました。

一方、海外ではコンデンサーリークが原因となって管支持板が腐食し、伝熱管を押し凹ませるデンティングが起こっていますが、日本では水処理の管理が良いため起こっておりません。

また、輸入致しましたＳＧの一部では半径の小さいＵベンド部で応力腐食割れが見られました。

これらのトラブルが経験される都度、一歩一歩実証を積み重ねて改善し、信頼性を高めた結果が今日の高い稼動率としての実績になって表れております。

此のように良い成績となって来た裏には官民協力して進めて来た３段階にわたる改良標準化計画に負う所が大きいと考えられます。

先づ第１次計画ですが、昭和５０年度から３年間、機器の信頼性向上、定期検査の効率化及び被ばく低減、作業性の向上などの改良を行ないその成果を採り入れたプラントを第１次改良標準プラントとしております。ＢＷＲでは福島第二の1号機，ＰＷＲでは川内－１号機であり、そのほか部分的にも成果を反映することが出来たプラントをうす赤色で示しております。更に５３年度からの３年間の成果を盛り込んだものを第２次改良標準プラントとしており、ＢＷＲでは福島第二の３、浜岡－３、ＰＷＲでは高浜－３、－４号、敦賀２号機以降が相当し、黄色で示しております。第３次計画は５６年度から５年計画で現在進行中であります。

改良標準化の目標は、沢山の項目に分れますが、簡単に申し上げますと、設備利用率は第１次を年間７０％、第２次で７５％に引上げる事を目標と致しましたが、第１次改良標準プラントの運転を待つ迄もなく第１次の目標は既に全軽水炉の平均として達成されております。

定検期間は第１次で従来の１００日程度から８５日に短縮、第２次で７０日にすることを目標としております。

軽水炉全体で年間停止期間を１基当りの平均として見ますと５９年度は８０日程度迄短かくなっており機器の信頼性向上と共に定検短縮に着実に実効を挙げている事が分ります。

一方、被ばく低減については第１次の目標は改善前の７５％を、又第２次では５０％を目標としており、国内軽水炉として平均致しますとセミログスケー

ルで高い所の１／２～１／３に減少して来ております。特に低いプラントでは改善は顕著で定検当り、即ち年間当り１００人・レムという将来目標を既に達成しているプラントも幾つかあります。

次いで第３次計画におきましては、これ迄の第１次、第２次の成果をベースとして機器、システムは勿論、炉心を含む原子炉本体に至るまで自主技術を基本として国際的にも協力を進め乍らより信頼性高く、使い易くしかも経済性の高いプラントに目標をおいて開発中であります。

その具体的プラント例はいわゆる１３０万KW級のＡＢＷＲ、ＡＰＷＲでありまして、夫々負荷追従運転による利用率７５％で１８ヶ月運転が容易に実現出来る設計であります。ＡＢＷＲにおいては外部再循環ループをなくしインターナルポンプを採用することにより系統を単純化させ、信頼性向上を図っております。又、ＡＰＷＲにおいては、図のような原子炉容器を用い大型スペクトル制御方式の炉心により、現在の炉と比較し燃料費を２０％以上下げることが出来る設計としております。新型蒸気発生器は更に信頼性も性能も高めたものとして余裕のある設計になっております。又、制御保護系および中央制御盤も人間工学的に最新技術を使った、又運転中の補修が可能な設計としております。

最後に廃棄物については年間ドラム缶数で１基当り１００本以下となる設計であります。

二次系設備につきましては、タービン、発電機をはじめとする機器、系統の大容量化に対応する開発を進めておりますが、特に低圧タービン最終翼に写真のような５２インチ翼を採用して排気損失を減らす事によりプラントとしての経済性は更に向上するものと考えております。

さて、今後の改良の方向と致しましては、今簡単に御説明しましたＡＢＷＲ、ＡＰＷＲをユーザに御満足頂けるよう立派に仕上げるのは勿論のこと、流動するエネルギー事情に柔軟に対応し得るよう技術開発を行ない、ユーザの御指導を得てプラントとしての最適化を進めて行く事を考えております。

そのため、当面は此処に御覧頂きますように、

- 炉心について、燃料サイクルを最適化し得るよう、Pu利用および燃料の処理・処分方式まで一貫した考え方に基づいて炉心管理を行なう技術。
- 設備の利用率を一層向上するために、機器、システムの信頼性を更に追求して向上し、運転中の検査技術の向上と相俟って定検期間と運転サイクルを最適化する努力。

・又、運転性の観点からは負荷追従能力を更に向上させると共に保修作業を効率化し、廃棄物の管理や被ばくの管理がやり易いよう徹底追求する努力。

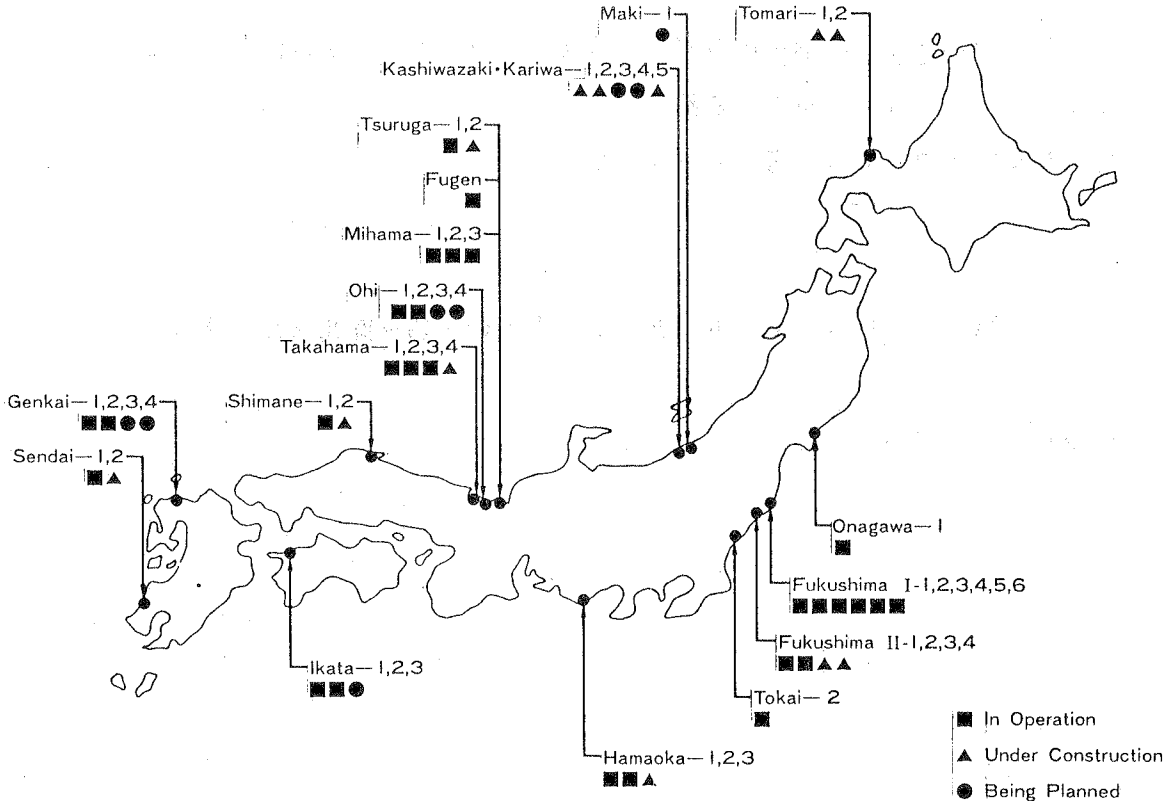
・又、全体として熱効率の改善、大型化、又プラントを長寿命化することによりプラントコストを下げる努力。

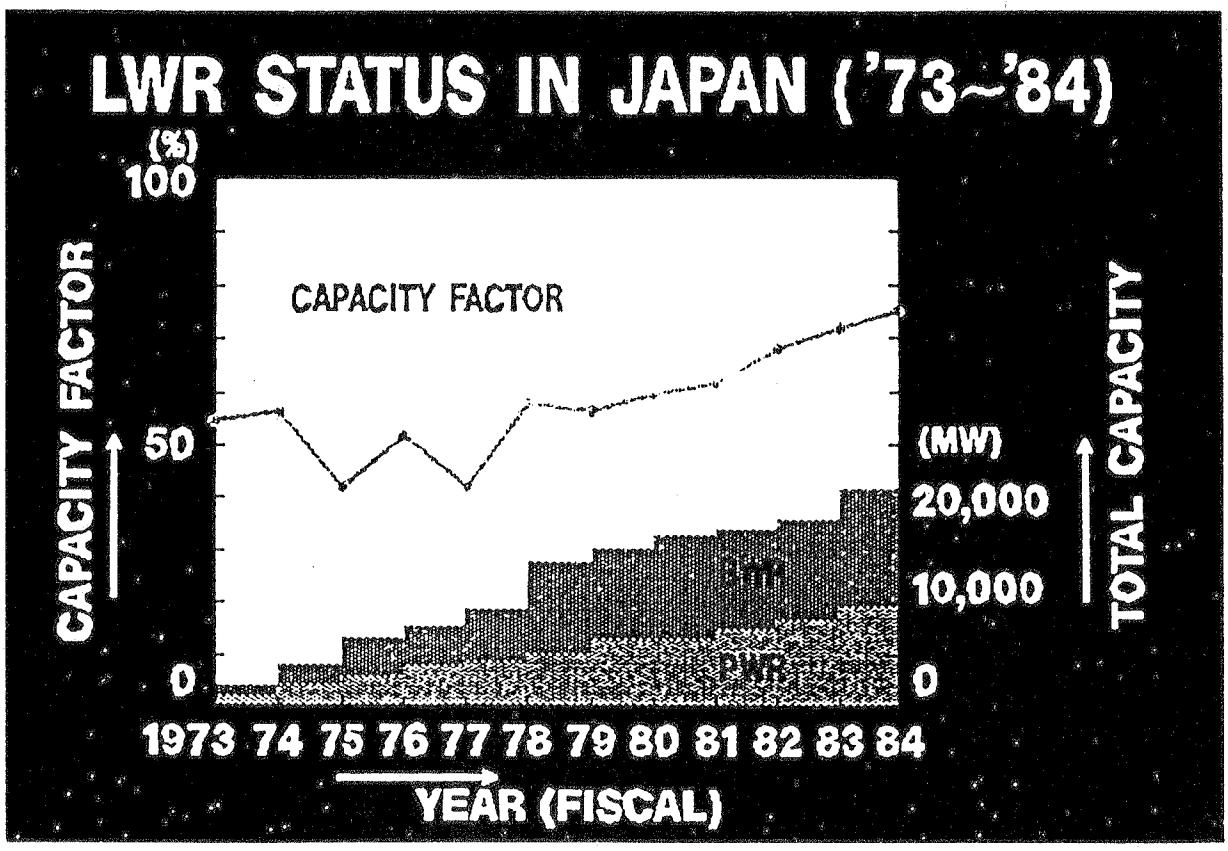
などが重要事項であると考えております。

以上で簡単ながら日本のメーカーとしての考えの一端を御報告致しました。

ご静聴有難うございました。

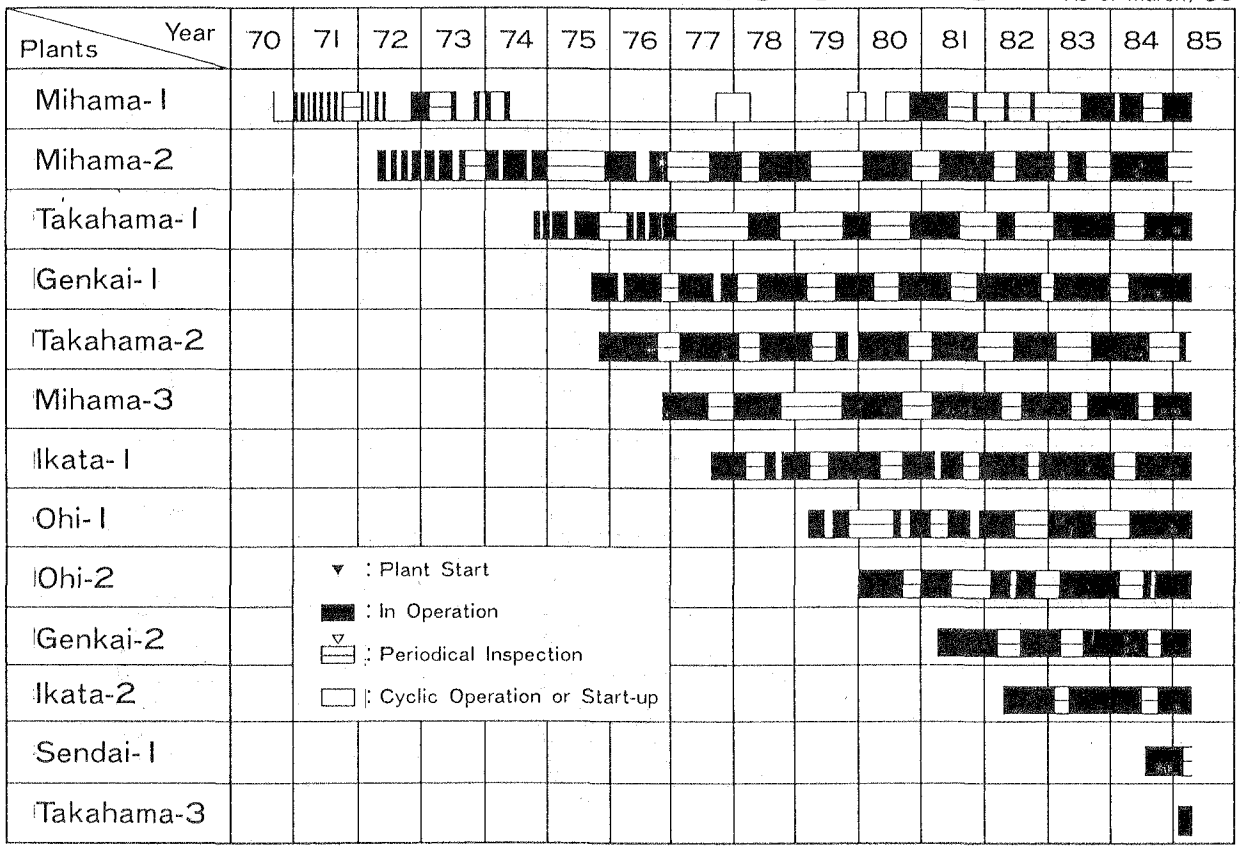
LIGHT WATER REACTORS IN JAPAN

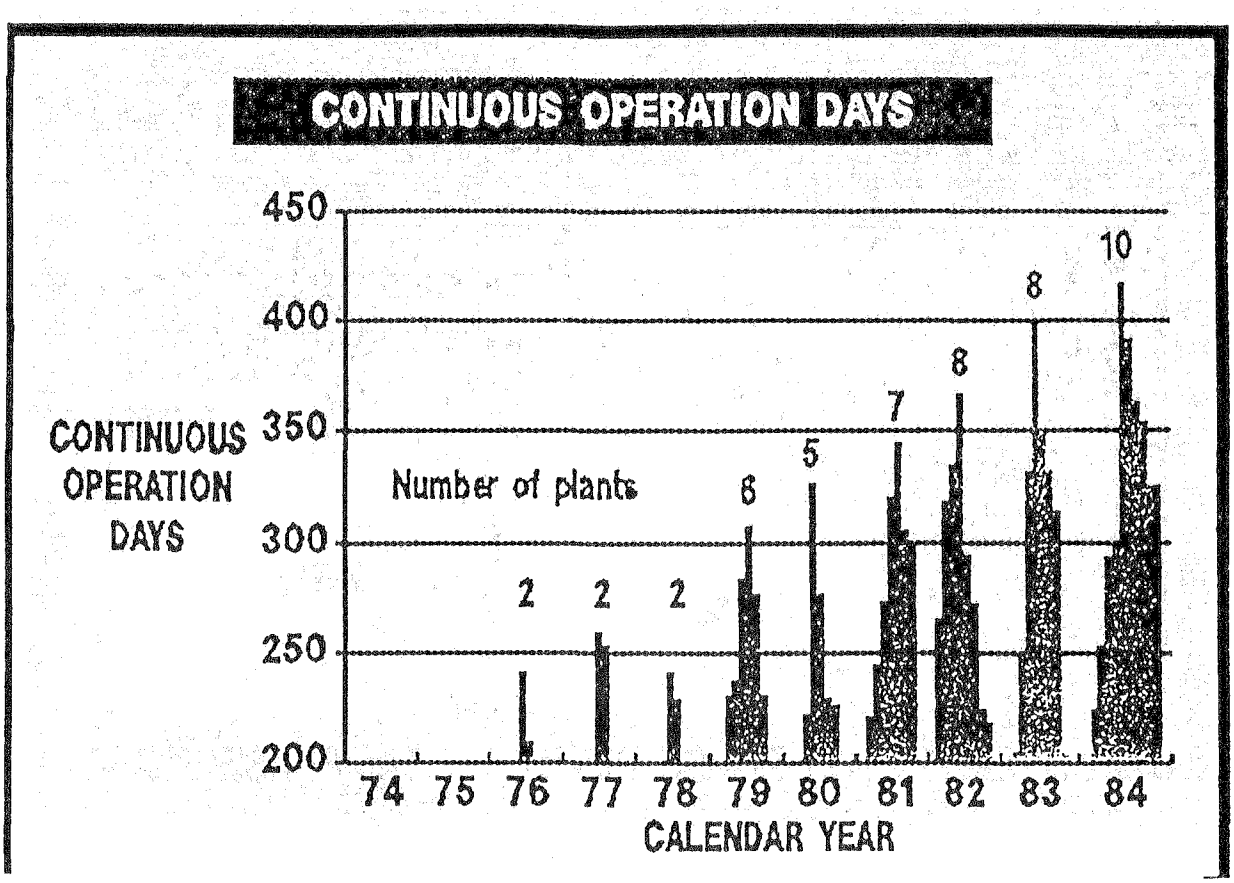




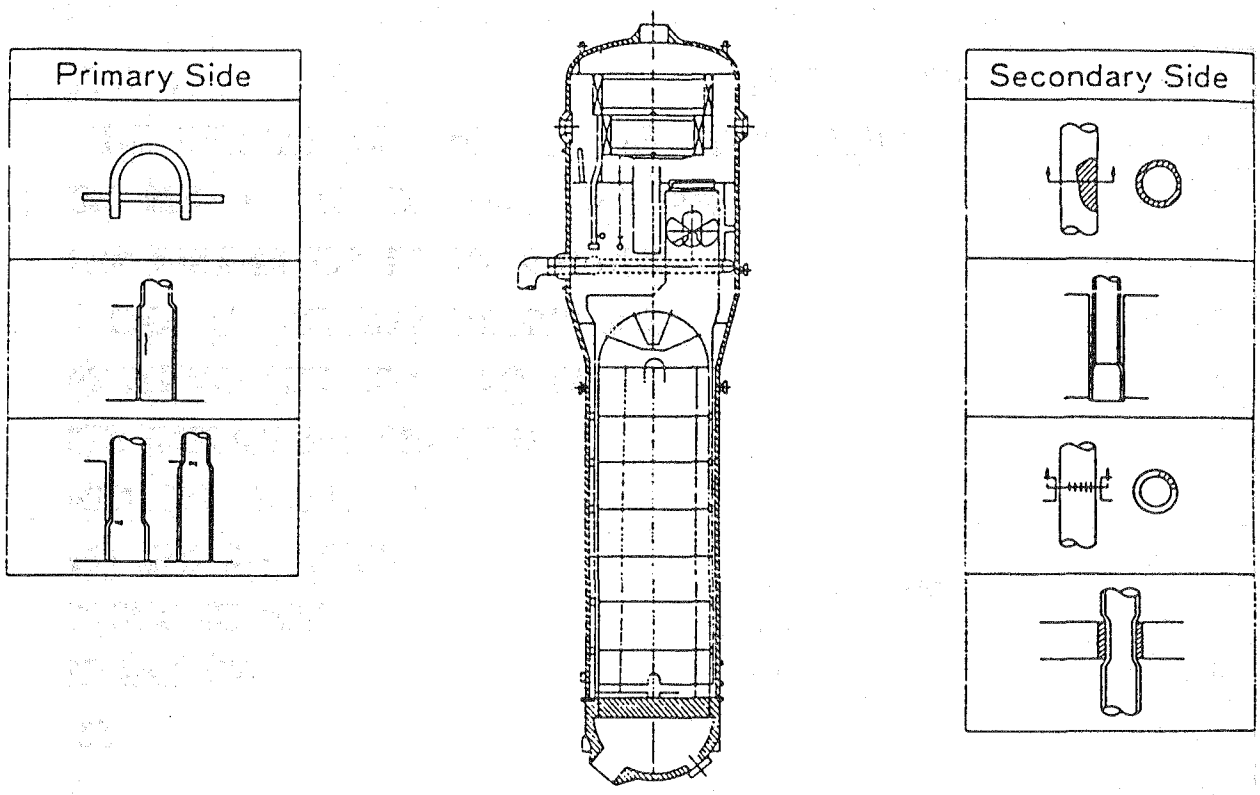
—PWR—
OPERATING PLANTS STATUS

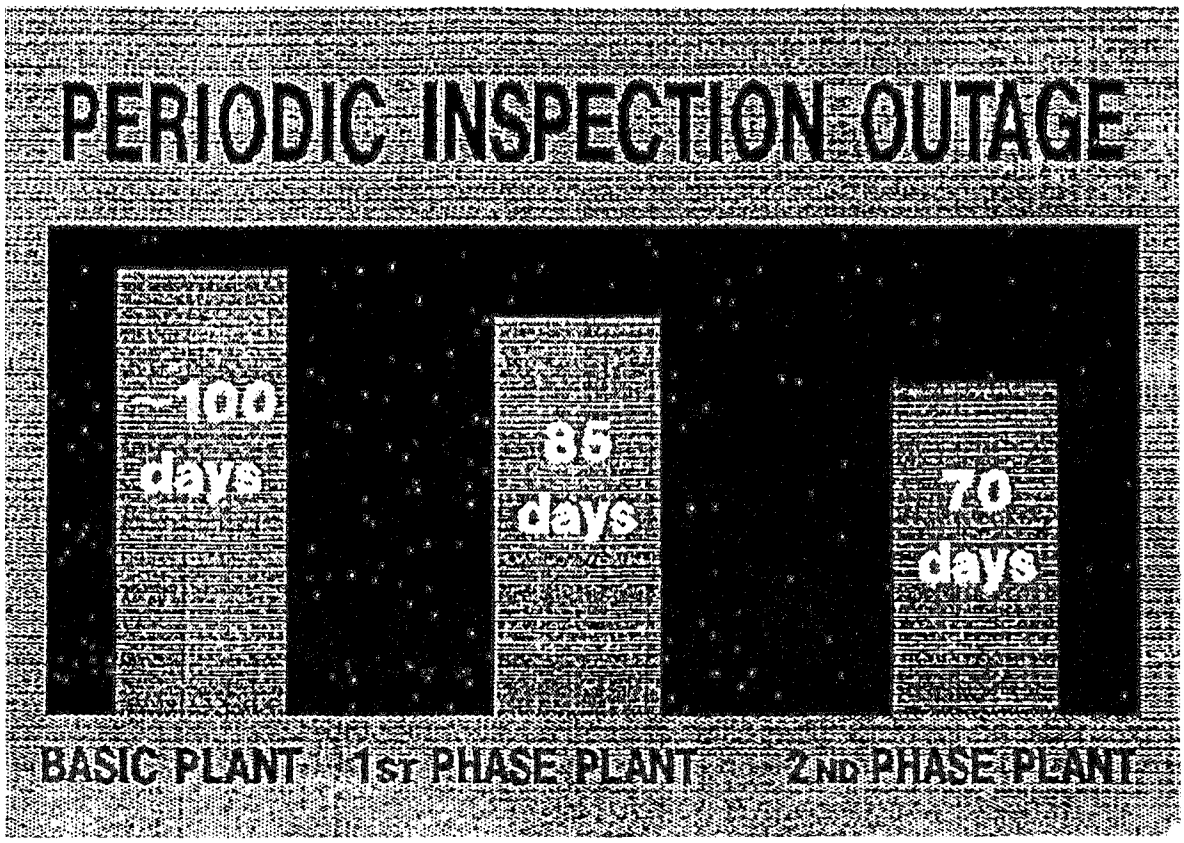
As of March, '85

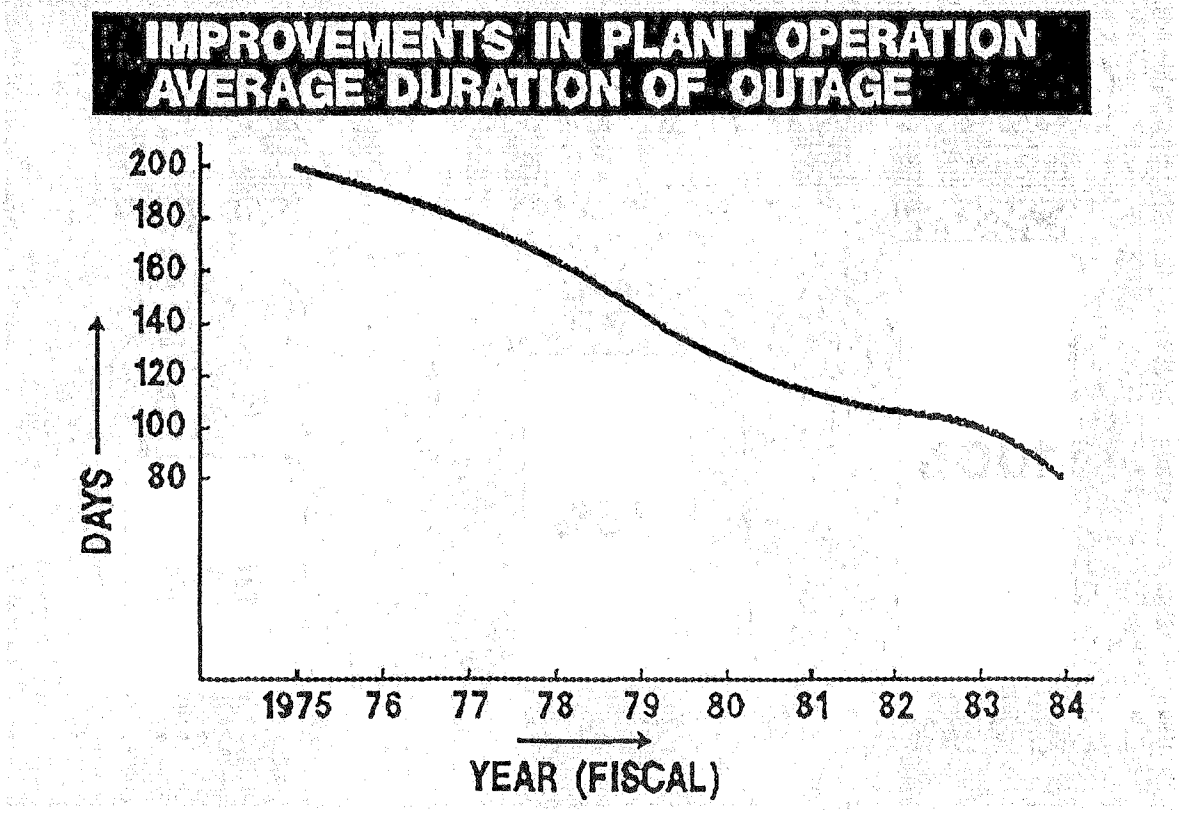




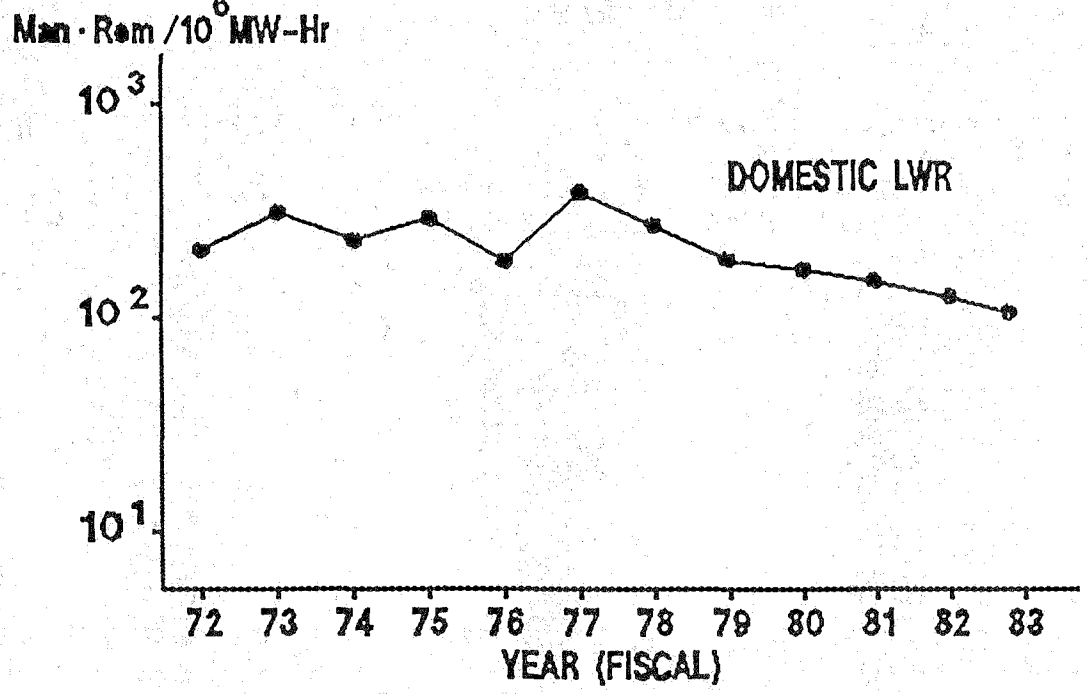
STEAM GENERATOR EXPERIENSES

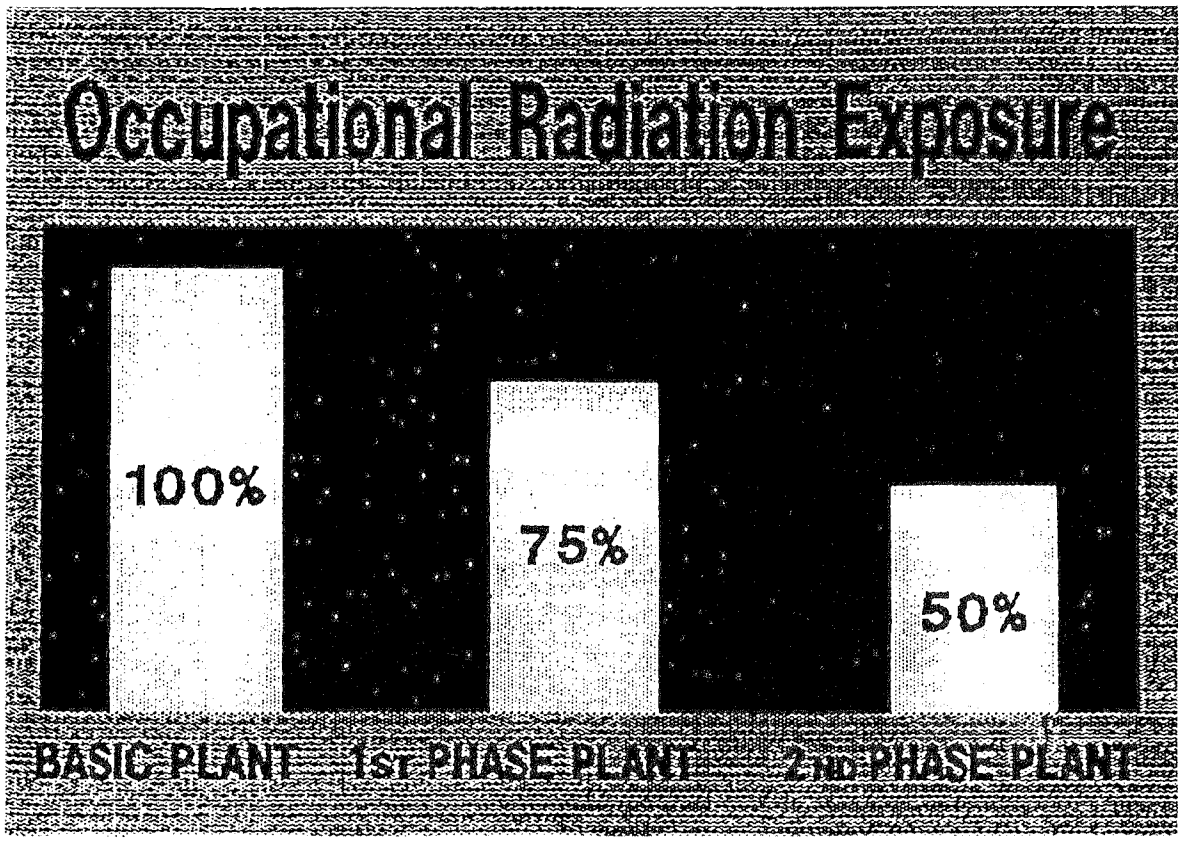



PERIODIC INSPECTION OUTAGE
~100 days
85 days
70 days
BASIC PLANT
1ST PHASE PLANT
2ND PHASE PLANT


IMPROVEMENTS IN PLANT OPERATION
AVERAGE DURATION OF OUTAGE
200
180
160
140
120
100
80
DAYS
1975
76
77
78
79
80
81
82
83
84
YEAR (FISCAL)

RADIATION EXPOSURE

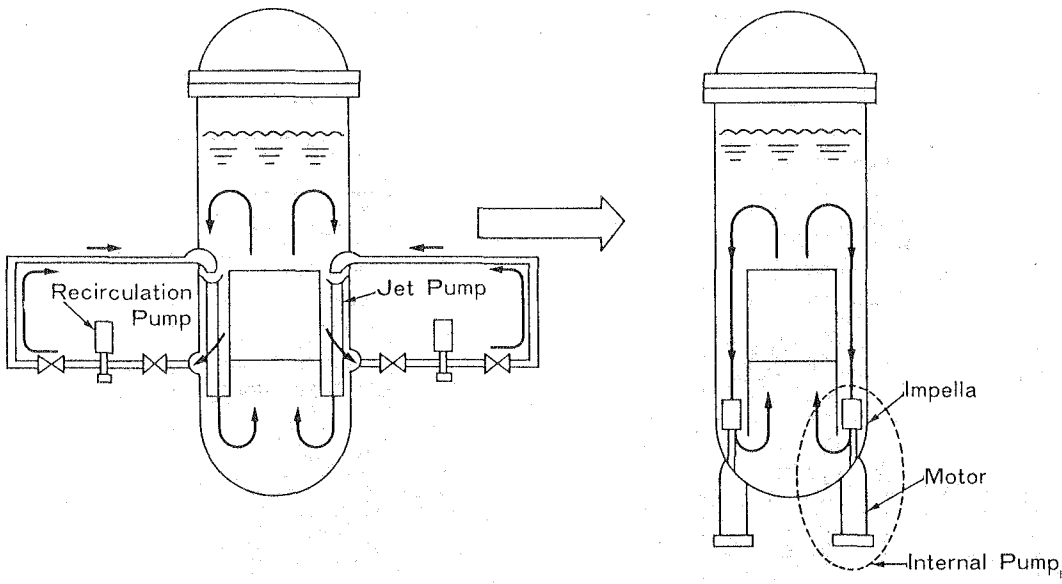




THE 3RD STEP PROGRAM

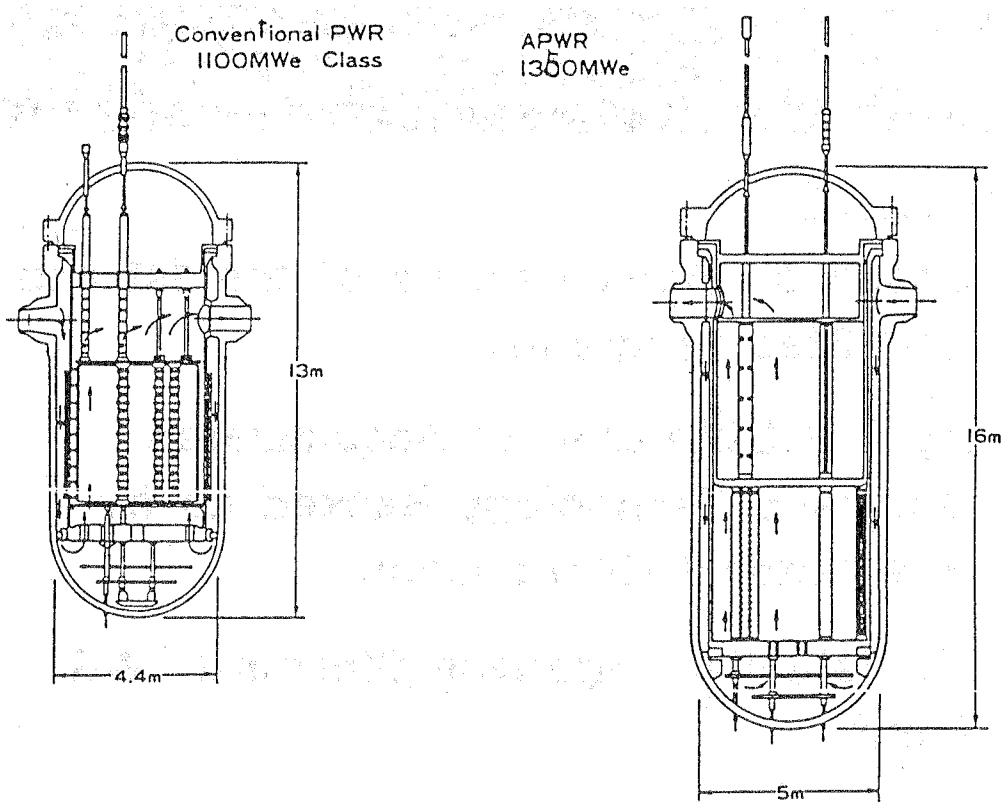
Objectives

- Based on Achievements of the 1st and 2nd Step Programs.
- By Full Utilization of Accumulated Domestic Technology Backed up by International Cooperation.
- To Establish Japanese Standard LWR Plant.

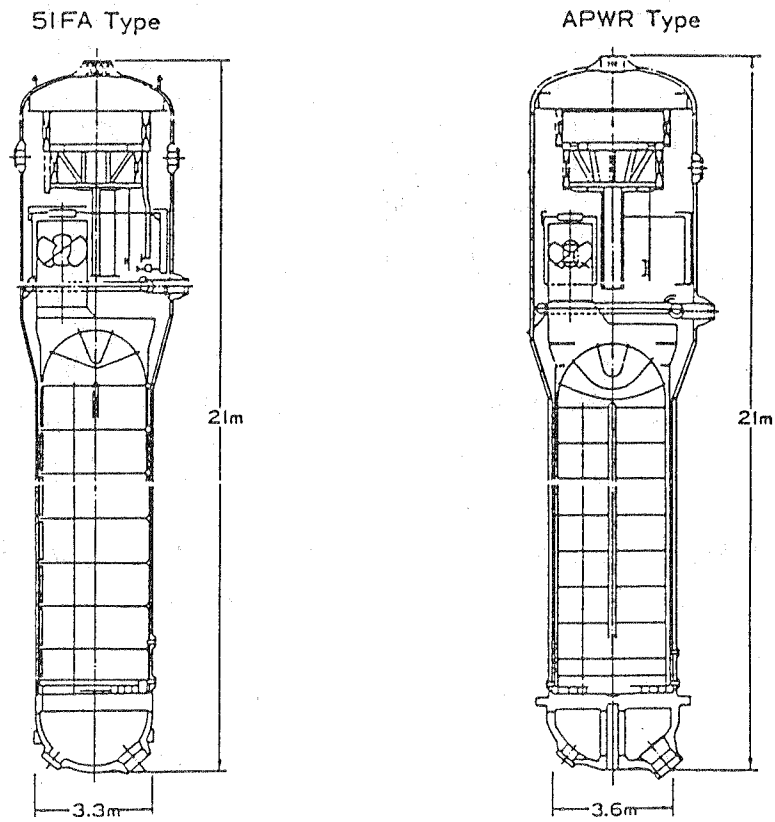


Jet Pump Method
Current BWR

Internal Pump Method
ABWR

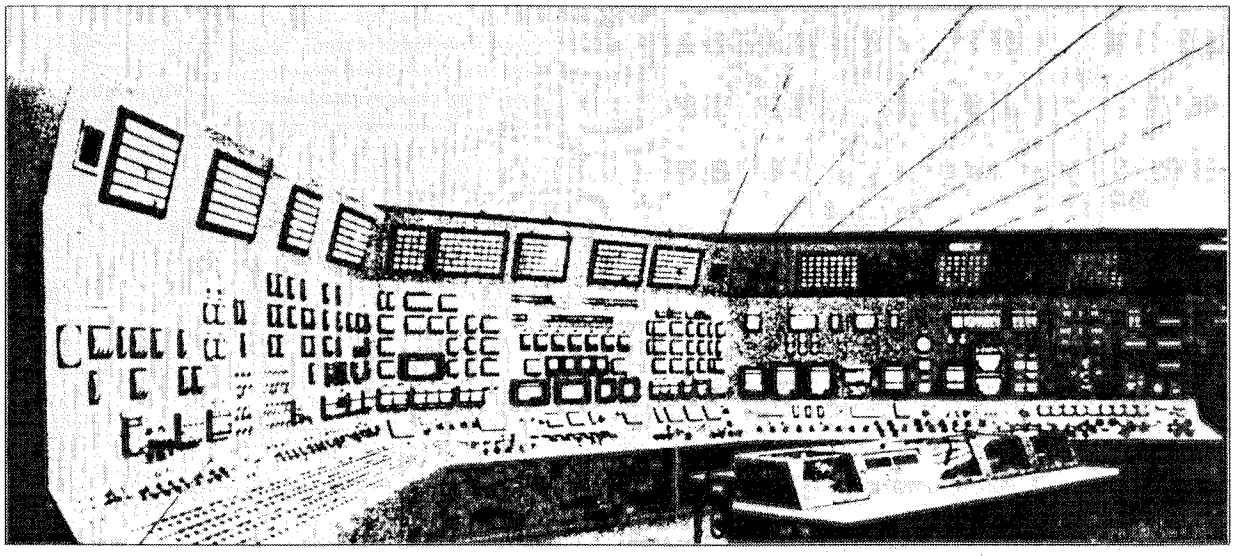


OUT LINE OF REACTOR INTERNALS

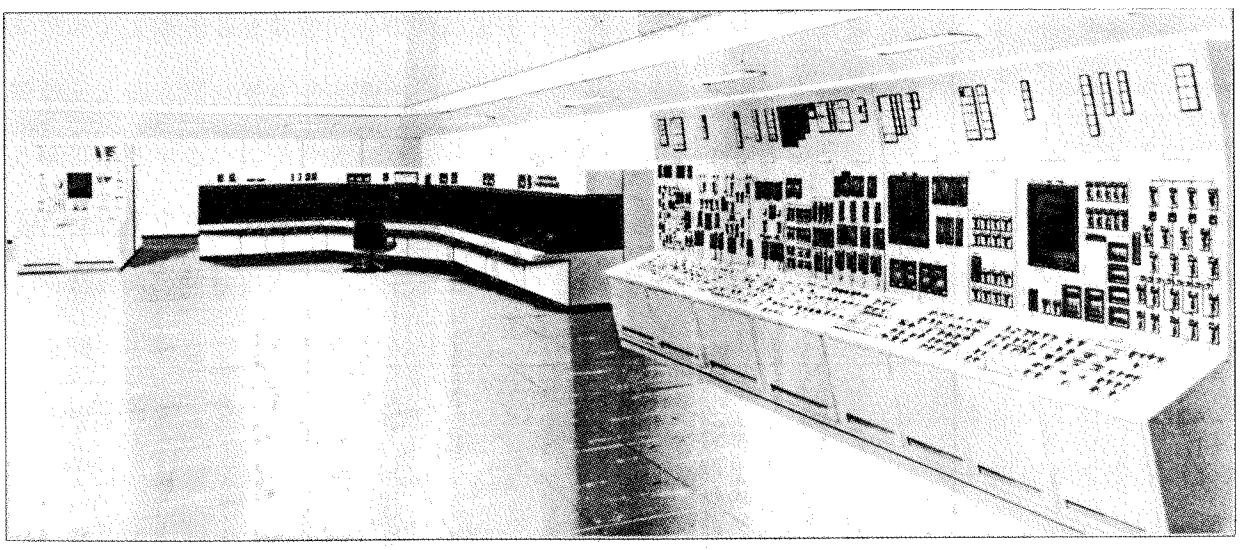


COMPARISON OF STEAM GENERATOR

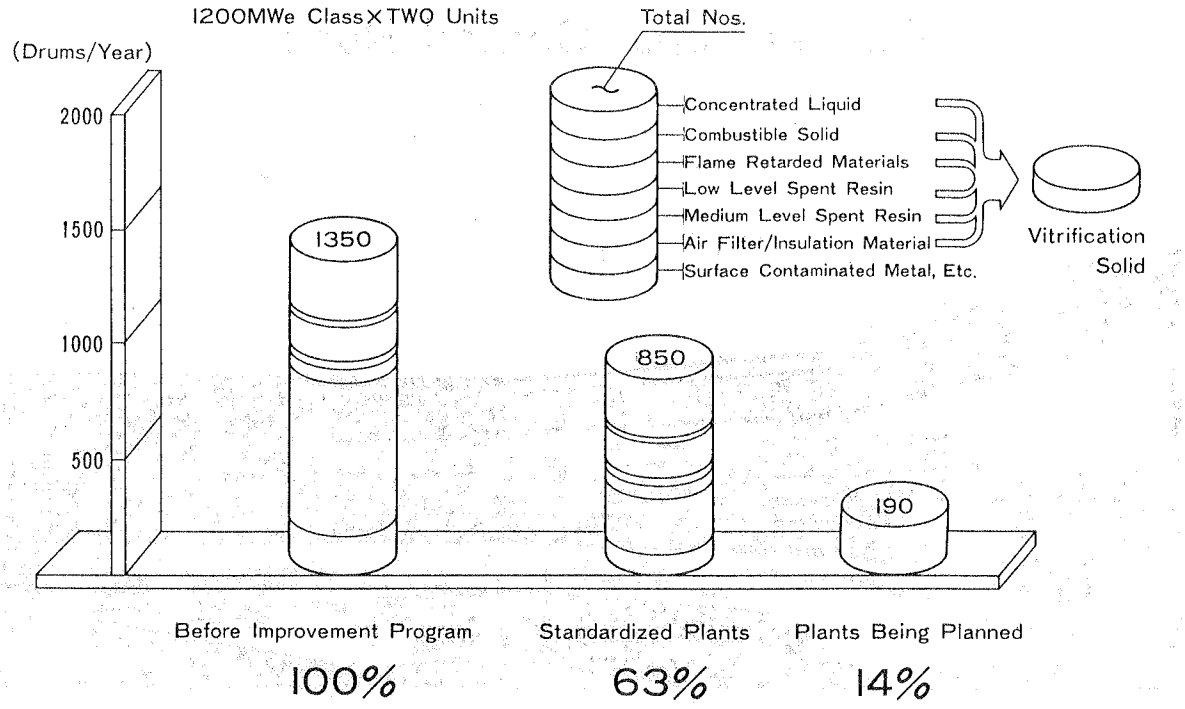
Conventional Control Room

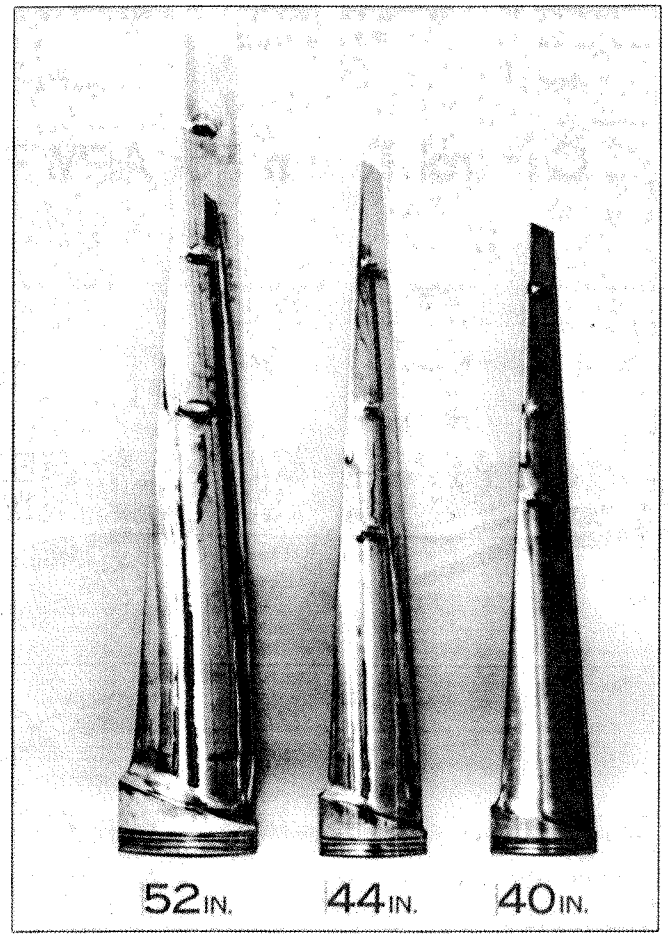


Control Room For APWR



REDUCING THE STORED WASTES (PWR)





パネル討論

（セッション2は，豊田正敏氏による基調講演のあとパネル討論に入った。パネル討論では，最初に「ここまで各国の軽水炉の運転がなぜ良くなったのか」および「現在の良好な運転状態を維持し，かつ今後のより一層の向上を図るために何をなすべきか」の2点に絞って，ルクレア氏，シェンク氏，朱氏，松田氏，飯田氏の順に各パネリストからキーノートの発表が行われた。以下は，これらのキーノート発表後の討論の内容である。）

議長　これから討論に入りたいと思いますが，本日あと残りました時間が約20分になりましたので，あまりいろいろとご討論いただく時間がなくなってまいりましたので，最初にせっかくおいでいただきました外国からのパネリストの方々のご発言をまずいただきたいと思います。では，ルクレアさんから順次3人の方々に日本の経験その他について，ご質問がございましたら一言ずつご発言いただきたいと思います。では，まずルクレアさんからどうぞ。

ルクレア　豊田さんに伺いたいのですが，将来の停止期間を削減するスケジュールについてご説明いただきたいと存じます。

豊田　日本ではご存知のように定検期間が外国に比べて，今のところはかなり長いわけでございまして，これをどういうふうにして短縮していくかひとつの大きな課題でございます。我々としては，やはり外国での停止期間中に点検されている実際の様子を，今後外国のプラントに実際に我々のエンジニアを派遣しまして，その実態を十分に把握すると共に，日本での今までのプラントの運転経験から，例えば，ポンプとかバルブなどの定検のインターバルは，今まで1年毎にやっていたのを，2年とか3年とかに1回というようなことに延長することによりまして，もう少し定検期間を短縮することを考えております。

それから，定検期間中の定検作業につきましても，従来から自動化・遠隔化，すなわちロボット化を図って短縮しておりますけれども，さらにロボット化を進めることによって短縮を図っていく，そういったことで，将来は既設も含めて，60日程度に短縮したいと思っておりますが，これにつきましては，規制当局の方のご理解も必要でございますので，通産省とも十分相談しながら，あまり定検期間を短縮することによって，運転中のスクラム回数が増えてくれば，これは何にもなりませんので，そういうことのないような方法で，短縮を図っていきたいと思います。そしてできるだけ諸外国のレベルまでもっていくことを考えていきたいと思います。以上です。

議長　ありがとうございました。ではシェンクさん何かございましたら。

シェンク　私も豊田さんに伺います。今後こういう方向で向上しようとのご説明をいただいたわけでございますが，私共の方向性と非常に似ている，非常に並行的だということで印象を深くしたわけでございます。それぞれ同じ方向に向かって，考えているな，という確認を得られたわけでございます。今ルクレアさんからのご質問がありましたけれども，シャット・ダウンのほとんどが，パイプのテストのためということでございますが，修理とかいうことではなくてテスト用の期間が多い，ということでございましょうね，それを確認したいのですが。私共の国の考えておりますことは，重要な一次系配管などのテストの数，期間を減らすこと，これは近年の運転実績に則って考えますと，それができるのではないかと，そういう方向に向かって考えているわけでございます。

それから放射性廃棄物を入れたドラム缶の数が増えているということを言われたと思います。それから考えまして，やはり，合理化ということが，大切ではないかと，思うわけでございます。西ドイツでも，この廃棄物の合理化ということを，考えておりますが，廃棄物の合理化についても何かコメントをいただきたきと思います。

豊田　パイプにつきましては，溶接部分について，ISI をやるということはありますけれども，これはASMEでも，きまっている線でやらなければいけないということもございますので，その線に従ってやることになります。これを，やはりISI の装置を自動化して効率的にやるということで，ISI の期間を減らすということが必要であると，考えております。それから，これはパイプだけではなくて，圧力容器その他につきましても，そういうふうなことでやるわけですけれども，これからつくる物につきましては，圧力容器の構造をISI を容易に効率的にやれるような構造にするという事も必要であると考えております。

それから廃棄物のお話でございますけれども，我々としても，今まで廃棄物量がかなり多く出てきたということから，先ほど申しましたようにプラスチックで固化するとか，あるいは濃縮乾燥減容しまして，ペレット状にする，あるいは，可燃性の固体廃棄物は焼却炉で燃やして減容する，それと同時に，将来の方向としては，可燃性でない，燃えない廃棄物につきましても可燃性の廃棄物といっしょに，これを焼却炉で燃やして高温で減容するような方法も考えて採用していきたい。そういったことで，先ほど申しましたように廃棄物のドラム缶の本数を従来より１／４から１／５に減らすことを考えております。

議長　ありがとうございました。それでは朱さん，何かございますか。

朱　私の方も，豊田さんに質問させていただきます。台湾ではスクラム回数が，今高いということ

でございまして，アメリカでも高いんでございますけれども，日本の炉におきましては，1ユニット，1年当り一桁以下ということになっているわけでございますけれども，どうやって，そのようになったのか，何か特別な理由がおありでしょうか，特別なことをしておられるんでしょうか。

豊田　ではお答えいたします。日本では従来スクラム率は5程度のものがあったわけですけれども，国内外でトラブルの起こるたびに，その原因を究明して，その再発防止対策をたてる，という事をやっておりまして，その再発防止対策につきましては，同一仕様のプラントすべてに実施する，これは建設中及び運転中のプラント全部に実施してきております。それから定検中に綿密な定検保守をやっておりますし，それから定検中に経年劣化する機器につきましては，これを計画的に取り換えるというようなことを，やってきております。

そういった事と機器自体の信頼性を向上させる，特に，品質保証ということについて，これは，メーカーの製造段階，および，現場での据え付け段階について，細心の注意を払ってやってきていますし，計装系につきまして，特にタービンの計装系のトラブルによって，原子力発電所全体をスクラムさせた例が，いくつか発生いたしましたので，この計装系を多重化して計装系としての信頼性を向上させてきました。

それと，運転員，保修員に対して，シミュレーター訓練とか，保修訓練センター等によりまして技能を向上させ，その維持を図る，そういったことが，日本のスクラム率が低くなった原因ではないかと考えております。

議長　どうもありがとうございました。それでは日本の方からお伺いすることがございますのを，私が代表して，それぞれの方に一つずつお尋ねしたいと思います。

では，まずルクレアさんに，先ほど，フランスでは原子力発電の占める率が今後70%近くなるというお話なのですが，あまり原子力発電の占める率を高くすると，負荷追従を，相当やらなければならなくなりまして，設備利用率が下がって経済性がそこなわれるのではないか，というのがよく議論になりますが，そのへんについてどうお考えでしょうか。

ルクレア　議長，これはあまりやさしい質問ではないと思いますが，まず第1に，1990年ということを考えてみたいと思います。1990年に80%は原子力発電によるものということになります。で私共の電力の80%が原子力であるならば，それは全設備容量の80%が原子力にるものではない，ということであります。5,000 万kWが原子力，化石燃料は2,000 万kW，そして，水力が2,500 万kWとの内訳になります。ですから私共の原子力発電所は，だいたい55%を占めるということになります。まあ，グラフを示してご説明した方が簡単かもしれませんけれども，グラフなしでご説明いたした

いと思います。

まず，コストを比較してみたいと思います。この全体的な経済性についてコストで比較してみたいと思いますけれども，これは，プラントの寿命中に，どのくらいになるか，ということであります。これを原子力と化石燃料のkWh 当たりの発電コストで比較したいと思います。それによりますと，原子力のkWh 当たりの発電コストといいますのは，この原子力発電所が年間で2,000 時間あるいは3,000 時間運転すれば，化石燃料より安くなるということであります。ですから，このようなレートカーブが出てくるわけであります。8,600 時間とか，そのところで出てきて，このようなカーブをします。で，その短期間の間に第2のユニットを使うということが，できます。そしてグラフでお見せした方が簡単に説明できると思います。

このロードカーブは，1990年でありますけれども，このＸ軸に時間，8,600 時間がでております。そして設備容量が，このようにＹ軸に出ております。ですから原子力は必ずしも，ベースロードではない，ということを意味しております。そして，ここで重要な点は，この原子力での最大可能な分野というのは8,000 時間のところでありまして，Ｙ軸のところでは，大体4,000 万kWのところ，この点が非常に良いところ，そして，この四角をとってみますと，この最大可能な1990年における量といいますのが85％であろうということであります。これは，ベースロードで使うということではなくして，このような形で使うことが可能であろうという数値を示しております。そして，その定期点検によります，停止でありますけれども，これは，そのプラントを必要としていない時に行われます。そこでフランスでは，夏の６か月間ということを考えております。そして負荷追従は，冬の６か月間に，行うということを計画しております。その間の時間稼働率は大体90％でありまして，そしてこの計画停止を除外して90％となります。そして1990年で，設備利用率が80％になると思います。

原子力のkWh 当たりの発電コストはフランスだけではなくしてヨーロッパ全体でより安くなるということが考えられております。1984年には，ヨーロッパ全体で私共の原子力発電量の15％を輸出しております。ですから90年にもそれが20％位になるであろうということが考えられます。そして，またロード・カーブを，修正するということによりまして，ウィークエンドと１週間の数日の間との，そしてまた，日中と夜間の間との差をなくしていくということもできると思います。そういうことを考えていいますと，設備利用率がそれほど制限されることもないと思います。周波数制御でありますけれども，豊田さんがおっしゃったと思いますが，自動周波数をセカンダリィレベルでする為に必要な出力というのは，全出力の90％でありますが，原子力の１／２以上のものが周波数制

御に関しまして90%以上同じものに参加しているということになります。そして前にも申し上げましたように，私共でみると周波数制御で全ては，負荷追従できる，ということであります。このような状況におきましては，全ての原子炉が90年には，負荷追従を行い，そして出力は83%以下ということであります。そうなりますとこのような運転方法によりまして，設備利用率がそれ程大きな制限を受けないということになると思います。

議長　ルクレアさんありがとうございました。では，シェンクさんに1つお伺いしたいのですが，西ドイツで定期検査の時間が大変短いというお話を先ほど伺いましたが，定期検査が非常に短くて済む理由が何か，教えていただけませんでしょうか。

シェンク　私共の定期検査の期間は，前にも申しましたように5週間から6週間というのが，一般的な数値であります。私共が，このような期間で済ましている理由について，さらに私共はこれを25日位に下げたいと考えているわけですが，何故私共がこれをできたか，また25日，すなわち4週間位で今後やろうとしていることについて申し上げたいと思います。その理由として運転中に格納容器にアクセスできる点，これが非常に重要であります。といいますのも，運転中に修理・補修ができるということ，つまり停止しないで運転中のままでこのメインテナンスをやることによって，期間を短くすることができる，これが重要であります。

それからもう1つ重要な点は，数年前から導入している方法でありますけれども，これは基本的な安全原則というものがありまして，この原則ではまず材料，例えば，パイプとか圧力容器とか，そういったもののデザインあるいは材料の選択について，まずそれ自体が安全なものを選択する，ということであります。その結果，重要なパイプ，圧力容器など検査時間を大幅に下げることができます。

それからもう1つの点は圧力容器，それに重要な機器に対して点検とテストの手続きを最適化するということを行ってきております。

そして最後に非常に熟練した要員が必要であるということ，それによりましてサイトで非常に効率よく，また迅速に作業を行うことができるということであります。要約いたしますと，このような点が私共の短い定検期間に貢献した要因であろうと思います。

議長　ありがとうございました。それでは最後に朱さんに，台湾の今までのご経験で主なトラブルはどういうようなことがございましたでしょうか。発電所で起こりました，主なトラブルの原因で，どういうことが一番主なことだったでしょうか。

朱　前に申しましたように，スクラム数が多いということが頭痛の種であるということが，一つで

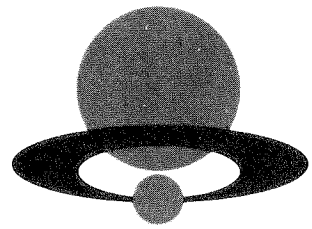
ございます。第2は，私共が買いました機器，この品質管理が非常にまずかったということが判明しているわけです。ですからこういったコンポーネントの破損率が非常に高いことから，45日から50日位の定検期間が必要となってしまいます。こういった破損，あるいは破損した機器を取替えるのに，これだけの日数が必要となってしまいます。それから燃料交換についても，3，4週間かかってしまっているわけでございます。コンポーネントの破損，タービン発電機など燃料交換よりも，実際には，時間がかかるということでございます。そのへんが頭痛の一番大きいところでございます。

議長　ありがとうございました。それではまだいろいろご討論があるところと思われますが，時間になりましたので本日のセッションを終りたいと思います。本日は6人のパネリストの方々からそれぞれ4つの国の軽水炉の経験を持ち寄っていただき討論をしていただきました。それぞれ，大変豊富なご経験を持ち寄っていただいたわけでございます。資源の事情によって多少の違いはあると思いますけれども，これから先当分まだ軽水炉が原子力発電の主流となってやっていかなければいけないということは，どこの国も同じでありまして，原子力発電が発電の中に占めるパーセントには多少の違いがありますので，ロードフォローをやる緊急度というものには，多少の違いがあるようですけれども，いずれにしましても，当分，“原子力発電の中心は軽水炉である”ということは同じようであります。そこで各国がこれから協力して情報を交換しあって，やっていかなければいけないという点では一致したかと思います。本日のこのパネルがそういう点で，これから協力してやっていく上でお役に立つことになりましたら幸いであると思います。

長い時間にわたりまして，ご協力をいただきました皆様方には，厚くお礼を申し上げます。どうもありがとうございました。

これをもって，パネルを終らせていただきます。

午　餐　会



通商産業政務次官所感

通商産業政務次官
与謝野　馨

特別講演　　日本人の美の心

日本画家
東山　魁夷

通商産業政務次官所感

通商産業政務次官　与謝野　馨

本日は，第18回原産年次大会にお招きにあずかり誠にありがとうございます。

このような場で，内外の原子力関係者の皆様と親しく懇談する機会を得ましたことは，私の大きな喜びであり，また光栄とするものであります。また，今次年次大会がこのように盛大に開かれることになりましたことにつき，心からお祝い申し上げるとともに，この大会を準備された有澤会長，吉山準備委員長をはじめ，関係の方々に敬意を表する次第です。

さて，原子力は，不幸にして核兵器の開発という軍事目的を発端として，その利用が始まった訳ですが，その後，約30年の間に行われた平和利用の推進に向けての努力には目をみはるものがあります。日本原子力産業会議がまとめておられる「原子力発電所一覧表」を拝見いたしますと，昨年末の段階で，世界中には324 基，約２億２千万kWもの原子力発電所が既に稼働しており，さらに323 基，約３億２千万kWが建設中又は計画中であるとのことです。国の数でみますと，現在25か国で原子力発電所が運転されていますが，計画中のものも含めますと，将来，37もの国で原子力発電が行われることになる訳です。

ご高承のとおり，わが国においても，今や原子力発電は28基，2,056 万kWと２千万kWの大台を越え，世界第４位の規模となっております。また，設備利用率につきましても，昭和59年度におきましては73.9%と過去最高の，また先進国の中でも，良好な実績を示しております。発電量ベースにおいても，現在原子力発電はわが国の発電量の20%以上を賄っており，ここ一年位の間には，新たに約400 万kWに相当する４基の原子力発電所が稼働することにより，この比率は25%にも達するものと期待されます。

私，実は，政界に入ります前は，日本原子力発電に勤務しておりました。丁度，わが国最初の商業用原子力発電所の建設・運転開始にたずさわっていた訳でございます。この炉は英国から導入いたしましたコールダーホール型の16.6万kWのガス炉で，今建設されているものと比べると小さな炉ですが，現在でも順調に動いています。しかしながら，初期段階では，多くの未経験のトラブルが発生し，またその後導入された米国の軽水炉においても，当初は燃料棒のピンホール，応力腐食割れ，蒸気発生器内の細管腐食による微小漏えい等のトラブルもありました。これらを一つ一つ改善し，先程述べたように，現在では世界でも良好な設備利用率を維持するに至っております。このよ

うな発展を顧みるにあたり，私個人としてもまことに感慨深いものがあります。このように軽水炉は規模の面においても，また技術の面においてもわが国に定着したと言える訳で，今回の年次大会のテーマである「原子力産業の完熟をめざして」は，まさに時宜に適したものと言えましょう。

しかしながら，長期的な観点からみますと，ようやく原子力の平和利用は既存の原子炉を用いた原子力発電の定着という第一段階を卒業しつつあるところであり，今後資源の有効利用を図る上で非常に重要なプルトニウムの平和利用という第二段階を目指して，現在その準備がなされているところであると言えましょう。今後とも原子力平和利用の促進を図る上で，わが国として考えている主要課題について説明させて頂きたいと思います。

その一つは，核燃料サイクルの確立であります。

原子力は，自主的核燃料サイクルの確立により，エネルギー資源に乏しいわが国にとって準国産エネルギーとして位置付けることができる等多くの優れた特性を有しております。この優れた特性を十二分に発揮させることが原子力発電を真に安定したエネルギーの供給源として定着させる上で不可欠であります。原子力発電所から発生する使用済燃料を再処理し，そこで回収されるウランおよびプルトニウムを再利用することは，わが国にとって資源の有効利用，エネルギーの安定供給の確保を図っていく上で重要かつ緊急の課題となっています。

この点につきましては，昨年，電気事業連合会より青森県に対し，核燃料サイクル三施設を建設する計画の申し入れがなされ，現在青森県において検討が行われてきているところであります。昨日には，本件に関する青森県議会全員協議会が開催され，県議会の同意が得られたところであり，今後所要の手続きを経て事業者に対し，正式回答がなされるものと聞いております。

私どもといたしましては，今後とも青森県をはじめ地元の方々の十分な御理解の下に立地が円滑に進められるよう期待するとともに，核燃料サイクルの事業化を適正かつ着実に進めるため，建設資金の確保，立地の円滑化，技術開発等の施策を総合的に推進して行くこととしております。

第２の課題は，軽水炉技術の高度化および新型炉の開発であります。

わが国の原子力発電は，先程述べましたように，現在世界的にも極めて高い水準にあります。しかし，火力発電において燃料の低廉な調達が発電の鍵を握るように，原子力発電においては，技術の活性化が非常に重要であります。また，電力が今後益々産業を支えるエネルギーとして十分な経済性を有する必要が高まってくることや，また，電力の中核となる原子力発電の中で，軽水炉が21世紀に入っても当分の間主流を占め続けると考えられることから，軽水炉が主力電源にふさわしい経済性，信頼性，運転性を有するよう技術の高度化を進める必要があります。

また，使用済燃料を再処理して得られるプルトニウムの有効利用は，限りあるウラン資源の活用を図る上でも重要であります。わが国は，このプルトニウムを軽水炉及び新型転換炉，さらに長期的には高速増殖炉で利用することとしており，そのために必要な準備，技術開発等を鋭意進めているところであります。

第３の課題は，国際協力であります。わが国は，ご高承のとおり，平和利用に徹して原子力開発を行ってきており，この精神に沿って今後とも世界の原子力開発の推進のため，原子力先進国や，これから新たに原子力利用を進めようとしている国々との協力を積極的に行っていくことが，原子力先進国としてのわが国の責務であると考えております。

以上，わが国の原子力開発の現状と政策および課題を簡単に申し上げた訳ですが，これらの課題を着実に克服していくことが，原子力平和利用の新しい段階への移行を果たす上での鍵であります。さらに，また将来のエネルギー源として期待されている核融合についてもわれわれの子孫のために，真剣に研究開発に取り組んでいく必要があります。このような幾多の課題を解決していくためには，国際的な理解と協力の下に関係する者全員の英知の結集が不可欠であります。このため，本日ご列席の皆様および海外の関係者の方々のご協力をお願いする次第であります。

最後に，この年次大会をかくも盛大に開催されました日本原子力産業会議の労を深く多とし，皆様の御発展を心からお祈り申し上げまして私の挨拶とさせて戴きます。

〔特別講演〕

日本人の美の心

日本画家　東山　魁夷

本日は原子力についての最も新しく，また最も高度の知識や技術を持っておられる皆様方に対して，科学的な知識の乏しい私が，どんなことをお話しすればよいかと，いろいろ考えました。結局，私は画家であり，日本画を描いておりますので，私の体験を通じて，日本人の美の心と自然観について，私が日頃から考えておりますことをお話しするのが適当ではないかと思った次第です。お食事のあとの休憩の時間を皆様がくつろいだ気分でお聞き願えれば幸いであります。

私は，主に自然の風景を描いております。若い時から旅をすることが多く，したがって四季折々の自然の表れの中に，自分の心を反映させて風景画を描き続けて来ました。したがって，この講演は，自然を美の心で眺めている一人の画家の告白であります。

いまは，丁度，東京でも京都でも，いわゆるお花見の季節ですね。この桜の花を好む気持の中に，日本人の美の心が表れていると考えられるのです。

もう，ずいぶん以前のことになりますが，私は日本の古い都である京都の四季の移り変わりをシリーズとして描いたことがありました。その中に，円山公園にある「祇園の夜桜」で有名な，しだれ桜の満開の姿と，春の宵の満月とが相呼応する情景を描いてみたいと考えました。それで，4月の10日頃でしたか，その夜が，丁度，満月であることを確めて，京都へ向かいました。

昼間，円山公園に着いてみると，その桜は丈高い幹から四方に垂れ下がる無数の枝に，見事に咲き揃った満開の花をつけて，まるで，京都の春の喜びを一身に集めたかのように見えました。私は夕方まで京都の北の郊外にあるお寺を訪ねたあと，時間を見計らって京都の町の中へ帰って来ました。

途中で，ふと車の窓から外を見ると，東の空に，もう丸い月が浮かんでいるではありませんか。私は驚きました。円山公園のしだれ桜を前にして，その背後にある東山から満月が顔を出したばかりの瞬間が見たかったからです。空高く月が昇ってしまったのでは，私にとって，意味がなくなってしまうのです。私は心配しながら円山公園へ着いたのですが，ほっと一安心しました。なぜなら，ここでは東山がすぐ近くにありますので，月はまだ昇っていなかったのです。

もう，あたりは暗くなっていました。濃い青色に暮れた東山を背景に，あのしだれ桜は周りに巡らされた篝火（かがりび）の焔や，ぼんぼりの灯に照らされて，淡紅色（うすべにいろ）に浮かび上っていました。その姿は昼間よりも，さらに豊かで，また夢幻的に見えました。

まもなく山の頂きの空が明るくなり，丸い大きな月が顔を出して，紫がかった宵空を静かに昇り始めました。満開の花は，いま満月を見上げています。月も花を見下します。

この瞬間，私の心には，篝火も，ぼんぼりの灯も，また，公園に群れ集っている大勢の人々のざわめきも，全てが消え去って，ただ，月と花だけが呼び合っている静かで清らかな情景が浮かびました。

これを巡り会いというのでしょう。桜の盛りは短くて，満月と出合うのは，なかなか難しいことであります。満月はこの場合，ただ一夜（ひとばん）だけです。もし，その夜が曇りか雨になれば見ることができませんね。その上，私がその場に居合わさなければなりません。自然は常に変化してゆくものですし，それを見る私たち自身も，日々，移り変わってゆきます。花が永遠に咲き，月が毎晩丸い形で空に浮かび，私たちも永遠にこの地上に存在しているなら，これらの巡り会いは何の感動もおこらないでしょう。花を美しいと思う心の底には，お互いの生命をいつくしみ，地上での短い存在の間に巡り会った喜びが，無意識のうちにも，感じられているに違いありません。桜の花の下で，酒を飲み交わし，愉快に歌ったり，騒いだりしている人達にも，心の深いところに，お互いに過ぎ去って行く者同士が，今この時を同じくしているという連帯感があると思われるのです。

このような感じ方は，私だけのものではなく，多くの日本人に通じるものです。そこで，更にこの点について考えてみましょう。

日本では，昔からお茶の会の心得として，よく使われる「一期一会」という言葉があります。親しい人々同士の集まりの茶会でも，厳密に言えば，それは生涯に一度のことと思わねばならないという意味です。生涯にただ一度と思えば，客のほうも，客を迎える亭主も，共に深い心が籠り，この巡り会いを大切にする心情が生まれるからです。茶の精神の根本はここに在るのでしょう。

巡り会いを大切に思う心は，人生を旅と見る心が根底にあると思われます。時が過ぎ去るのではなく，私たちこの世に存在する全てのものが過ぎ去ってゆく，即ち「無常」という宿命の中に，私たち全てが存在しているという認識が基になっていると思います。

人間はもとより，世の中の全てのものは過ぎ去ってゆく。これは動かし難いことです。しかし相手も自分も共に過ぎ去ってゆくという認識の上に，お互い同士が，いまこの時を同時に生きている

という緊張感が起きます。そこにお互いの心が通い合い，連帯感も，また愛と美も生まれるということになります。

このような無常感は，仏教の説くところと一致するかどうか，私にはわかりませんが，無常，即ち変化し流転するもの，実はこれこそ生命の姿であり，成長と衰滅の輪を描くことが，生きている証拠であると私は考えています。この考え方は意識するとしないとにかかわらず，多くの日本人の心の底にあるのではないでしょうか。桜は咲いている時期の短い花で，一夜（ひとばん）強い風が吹けば散ってしまいます。それだからこそ，咲き匂う時の姿に，一層生命の輝きが表われるとも考えられるのです。その桜が，古来，多くの日本人の最も好む花であるところに，日本人の自然観も，美の心も表れているのを感じます。

この春の桜と共に，秋には紅葉を見に行くことが，日本人の古い時代からの風習であります。秋の紅葉も，赤や黄に見事に色付くと，すぐ散ってしまいます。冬の季節を目前にしてこそ，生命感が漲る紅葉の鮮やかな色が，さらに照り映えて見えるわけです。

さて，私の話は，一人の画家としての眼と心を通じて，日本人の自然観と美に触れてのお話をするのが主題ですので，こんどは，日本のごく普通の山の中の谷川に沿って峠へと登って行く道の，四季折々の姿を，私がどのように受けとめているかを，お話しましょう。

勿論，車ではなくて，歩きながら登って行くのです。

皆様も，私と一緒に日本の山道を歩いて行くことを想像しながら聞いて下さい。外国からのお客様の中には，自分の国の風景とよく似ていると思われる方も多いと思います。また，だいぶ様子が変わっていると感じる方もあるでしょう。私の自然に対しての感じ方の中には，日本人としての性格と，外国の人とも同じ人間同士としての普遍性もあることと思いますので，そのような点を考えながらお聞き願います。

では，まず初夏の季節から始まり，夏，秋，冬，そして春へと，一年の季節の環（わ）の巡る順にお話しましょう。

私たちはいま，山路（やまみち）を登って行きます。すがすがしい初夏の季節です。

見下ろすと谷はかなり深く瀬になり淵になって谷川が流れています。山の斜面を蔽う闊葉樹の明るい緑の中に，風が渡るたびに，白っぽい裏葉がひるがえるのが見えます。濃緑の針葉樹は，黙々と聳えています。

急に水音が聞こえてきます。一筋の滝が，白く，細く懸っているのが見えます。絶え間なく鳥が

鳴いています。すぐ近くの茂みの中にウグイス，向こうの山ではのどかなカッコウの歌が聞こえ，時々，ホトトギスの鋭い声が響き渡ります。

私たちはいま，山路を登って行きます。夏の季節になりました。雨が上がり，霧が湧き昇って来ます。山々は紺青の渋い色に統一され，遠くは灰色の中に，ぼんやりとした輪廓を見せています。

霧がますます濃くなり，谷を蔽い，峰をかすめて漂い流れます。近くの樹木は，怪奇な姿となって枝をひろげて立っています。まるで墨絵のような，夢幻と神秘のトーンです。ついに全ては空漠として「無」の中に没し去りました。しかし，また，突然，思いがけない空間に山頂だけが，くっきりと青く浮び上がるのを見ます。

私たちはいま，山路を登って行きます。秋の季節です。

カエデの赤，シラカバの黄色，ミズナラの茶，ブナの金茶，ナナカマドの紅（くれない）。山々はまばゆいばかりの紅葉（こうよう）に彩られています。ところどころに常緑樹の緑が見え，谷間には紫の影が漂っています。

これらの色彩の響き合うような鮮やかさ，豊かさ。冬が近づく前に，樹々は全ての生命力を燃え立たせ，赤々と山を蔽うのです。

陽が翳（かげ）ってきました。いままで競い合っていた華麗な色調は，急に落ち着きある調和を示して，明暗の対立は穏やかになり，個々の色の持つ味わいが深まるのを感じます。山はいま，静かに冬の訪れを待っています。

私たちはいま，山路を登って行きます。冬が来ました。

白一色の世界の底に，谷川が黒く細い帯となって流れています。細い枝に雪が凍り着き，風が吹くと触れ合うたびに，かすかな澄んだ音を立てています。雪の重さにうなだれる針葉樹は，時々，身震いして白い雪を煙のようにふるい落とします。

雪がまた激しく降り出しました。しかし，山も谷も静かな深い眠りの中に沈んでゆきます。

私たちはいま，山路を登って行きます。春が巡って来ました。

金，銀，黄，緑，白緑（びゃくろく），紅（くれない）……と，樹々の芽吹きが，いっせいに朝の目覚めを明るく歌い上げています。小さな芽は，上を向いて揃って立つもの，下に向って開くものと，なんと多彩であり，多様であることでしょうか。新生の喜びを祝福する小鳥たちの囀（さえず）り。どこかでコゲラが樹の幹を叩く音が響きます。向こうの山に白く揺れているのはコブシの花でしょう。

これは，日本のどこにでもある，平凡な山路での，自然と私の心の通う有様をお話しました。こ

の場合，私は心を無にして，自然の語る声を聞くのです。そこに私は絵にする動機を持つのです。自然を美の観点に立って眺める時，自然と人間とは，一つになって，この地上に生きていることが感じられます。

日本列島は，程良い緯度に位置し，南北に長い地形を，背骨のように山脈が縦走しています。そして，複雑な海岸線で囲まれています。気候は温和で空気は潤いがあり，樹木の種類も多く，よく繁っています。南は亜熱帯的な景観から，北は亜寒帯的な性格をもつ風土になっていて，四季の移り変りが鮮やかであります。また，高い山も多く，山頂には雪，中腹は紅葉，麓はまだ緑という状態によく出会うことがあります。このように，日本の風景は多彩な面を持っているのです。

しかし，空気に潤いがありますから，霧や霞がかかり易く，大陸の国々の乾燥した空気の中で見る鮮明さと違い，風景に柔らかみのある色と調子が表れています。そして，一方では，また，深遠な趣も現れるのです。

こうして，多彩と淡白，華麗と幽玄という二つの異なった性格を持ち，その表れが強烈ではなく，繊細であり味わい深い趣を持つという点が，日本の自然の特色と言えるでしょう。

千年を超える日本画の歴史を顧みてみます時に，８世紀の終りから12世紀へかけての平安時代に成立した純日本式の彩色画である大和絵（やまとえ）の優美と，12世紀から14世紀に至る鎌倉，室町時代の墨絵（すみえ）の枯淡というふうに，日本の自然の持っている二つの性格が，そのまま絵画の様式の上に表れているのを感じます。

これは勿論，自然の影響ばかりではありませんが，絵画は，その国の自然環境と切り離すことの出来ない要素を持っていることも確かであります。なぜなら，自然環境は民族性に強い影響を持つからです。

日本の古代文化が大きな発達を遂げたのは，６世紀から８世紀にかけて，大和や奈良を中心に統一国家としての体制が整った時期です。大和地方は，なだらかな山々に囲まれた盆地で，農耕民族国家としての首都を置くのにふさわしい，温和な気候と，自然風土を備えています。農耕を生活の基とする民族にとって，季節の移り変りは密接な関係があり，自然の恵みによって生かされている意識が濃いことは言う迄もありません。ことに，豊かな自然が間近にあり，四季の変化する状況を常に心こめて眺めている人々にとって，自然に親しむ心が生まれるのは当然でありましょう。「万葉集」という，その頃の多くの人々の歌を集めた歌集がありますが，人々は，自分の心を表すのに，

哀しいとか嬉しいとかの言葉を使わずに，山や野の情景，草や木の姿に託して歌っている場合が，ずいぶん多いのです。

また，大和，奈良の都に続いて，その少し北の京都に都が移ったのは8世紀の終りからですが，この京都は最も美しい自然環境を持っている土地です。12世紀の終りまで，宮廷文化がここで大きく栄え，日本的な純度の高い美が成立したのです。その後，政治の実権が武士に移ってからも，京都は江戸時代の終りまで千年間，天皇の都であり，日本文化の中心でもありました。

しかし，江戸時代に徳川氏が江戸に幕府を開いてからは，江戸を中心に庶民の文化が盛んになり，浮世絵のような優れた庶民の芸術が生まれました。そして明治以後は，東京が国の首都となり，西洋の文化を積極的に取り入れて現代に続いてきたわけです。

こうして，時代と共に，日本人の生活様式も，ものの考え方も変って来ました。勿論，美術の世界も大きく変化して来ました。しかし，多くの日本人の心の底には，今でもやはり昔から変らない美の心も生き続けているのです。

今迄お話しましたことは，科学技術の分野を日々新しく開発してゆかねばならぬ世界の現状と関わりがないことのように見えます。しかし，日本人の美の心には，このように，自然と深いかかわりのある意識があって，長い年月を通じて日本文化の上に大きく影響しております。そこで，人間生存の母胎は，やはりこの地球の大地と海，それを取り巻く空気と，太陽からの光と熱でありましょうから，自然を大切にし，自然との調和のある開発をして，長い眼で見た人類の繁栄を目指すことが理想であると多くの日本人は感じているのです。日本人的な考え方からすれば，人間をはじめ，あらゆる地球上の生物，草や木に至るまで，その生命の源は自然の中に在り，その生命を与えられて生きている。いわば生かされているとも言えましょう。私は自然との対話の中で，風景画を描いている画家の一人に過ぎません。私の出来ることは，ただ，これだけで，それは全く小さい力でしかありません。

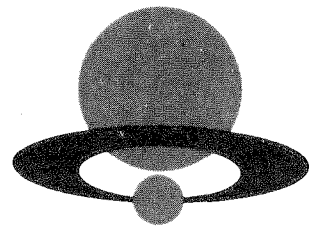
皆様は原子力という，人類の歴史上初めての最も大きなエネルギーを，どういうふうに人類の平和と幸福のために役立てるかについて，直接関係し，指導される立場の方々であります。

どうか皆様の御盡力で，また，自然環境の保全にも大きな御配慮をいただいて，人類の未来が，ますます，良き発展と繁栄を続けることが出来るようお願いしまして，私の講演を終らせていただきます。

御清聴有難うございます。

セッション3

原子力産業技術の最前線



原子力発電と自動化技術

㈱日立製作所原子力事業部長

是井　良朗

原子力発電施設耐震信頼性実証試験

(財)原子力工学試験センター理事

大森　敏二

シッピングポートの廃炉計画と応用技術

ゼネラル・エレクトリック（GE）社

廃棄物管理運営部長

R．スケイブデール

アメリカのウラン濃縮新技術

アメリカエネルギー省次官補代理

J．ロングネッカー

燃料開発への新技術の導入

動力炉・核燃料開発事業団理事

植松　邦彦

燃料の安全輸送技術

東京工業大学名誉教授

青木　成文

スウェーデンにおける放射性廃棄物の貯蔵・管理

スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB）社長

S．ビューストローム

カナダにおける放射性廃棄物管理

カナダ原子力公社（AECL）

ホワイトシェル原子力研究所廃棄物管理部長

R．ライアン

JT－60の建設と核融合技術開発

日本原子力研究所理事

森　　茂

原子力発電と自動化技術

（株）日立製作所
原子力事業部長　是井　良朗

御紹介にあずかりました日立製作所の是井でございます。本日はこのセッション３の第１番目の講演者として御指名戴き，光栄であります。

さて，本日は「原子力発電と自動化技術」と題しまして，株式会社東芝，三菱重工業株式会社，株式会社日立製作所の三社を代表して発表させていただきます。（スライド１）

１．原子力発電における自動化技術

①自動化の目的（スライド２）

石油代替エネルギーの中核的エネルギー源として，総発電量に占める原子力発電の比率は年々増加しつつあり，その安定供給の確保が求められております。原子力発電のより高度な発展のためには，原子力の最大の利点である経済性の向上と，安全かつ安定した電源としてのパブリック・アクセプタンスが重要課題であります。

この課題を解決するために，原子力発電においては信頼性向上，省力化，被曝低減を目的として各種の自動化技術が適用されております。

②高い自動化のニーズ（スライド３）

また，原子力発電は大規模システムであるため，省力化や作業時間短縮を図る上で，自動化の対象は広い範囲におよびます。さらに，原子力に要求されている高い安全性を確保するための手段として，自動化による信頼性向上の要求は高くなっています。また，放射性雰囲気という特質から，放射線下作業の遠隔自動化は必須であります。

③自動化技術の適用対象（スライド４）

このような高い自動化のニーズに応えて，原子力発電においては設計，製造・建設，運転，保守のすべての分野で，計算機の支援による自動化技術の適用が図られております。

以下，それぞれの分野において現在適用されている自動化技術の一端を御紹介いたします。

2．自動化技術の適用状況

①設計／CAD （Computer Aided Design ）

まず最初に設計における自動化適用例として，CAD を御紹介いたします。

ここに示しますのがCAD システムの構成例です。（スライド５） 設計情報をファイルしたデータバンク，中央処理装置，端末機等から構成されています。このシステムは設計解析や生産設計システムと直結することもできます。これによって設計の効率化と信頼性の向上を図ることができます。

設計者は，このように端末機を操作し，正確・迅速に図面を作成できます。（スライド６）

この写真はCRT 画面上の表示例で，原子炉建屋の垂直配置設計図です。（スライド７）

これは，配管設計図の例です。（スライド８）

これは，燃料集合体の機器設計図の例です。（スライド９）

②製造・建設／配管自動溶接

次に製造・建設における自動化適用例として，配管自動溶接装置を御紹介いたします。（スライド10） 原子力発電所の製造・建設に当たっては，溶接構造が多く用いられています。溶接の品質確保は重要であり，このため容器や配管の製作・組立には各種自動化が行われています。

ここに御紹介するのは，全姿勢自動TIG 溶接装置です。これはPWR の一次冷却材配管を工場で溶接しているところです。（スライド11）

これは溶接ヘッド部分の写真です。（スライド12） この装置は配管にガイドを取付け，ヘッドが動くことにより全姿勢で溶接が可能です。

③運転／新型中央監視制御システム

運転における自動化適用例として，新型中央監視制御システムを御紹介いたします。（スライド13） 近年，運転に必要な情報量は増大しており，これに対処するため運転の自動化が進められています。 ここに示します総括運転監視盤は，人間工学に基づいた配置・構成とすることにより，操作ミスの可能性が減り，運転員の負担が軽くなりました。（スライド14）

また，CRT を用い，運転状態に応じて必要な情報を合理的に表示します。

これは，BWR の制御棒操作による出力制御を行う時に使用するものです。（スライド15）

これはプラント・トリップ時に水位，圧力等の主要データを示すものです。（スライド16）

制御用計算機システムは，多重かつ分散型の構成とし，極めて信頼性の高い運転自動化シス

テムとしています。（スライド17）

④保守

最後に保守における自動化適用例として３例を御紹介いたします。

・「CRD 自動交換機」

まずBWR の制御棒駆動装置（CRD ）の自動交換機を御紹介いたします。（スライド18）

CRD 自動交換機は，交換機本体と制御装置から構成され，定期点検時のCRD 交換作業を，遠隔自動で行うことができます。これにより，大幅な被曝低減と作業時間短縮，および作業の安全性，信頼性の向上が図られます。

中央の白い装置が，工場で試験中の交換機本体です。（スライド19）

これは，実際の発電所でCRD を取付けているところです。CRD は水平にして搬入し，原子炉の真下で垂直にしてCRD ハウジングに挿入します。（スライド20）

最後に，このようにボルトを締めて固定します。（スライド21）

交換作業は，遠隔操作室内に設けられた制御装置を用いて，遠隔自動で行います。（スライド22）

・「自動ISI 装置」

次に供用期間中検査（ISI ）における実例を御紹介いたします。

この図は，ISI システムの構成例です。（スライド23） 超音波探傷を中心としたISI 作業は従来手動により行われ，被曝線量が高く，熟練した検査員を要していました。このため被曝低減，検査の信頼性向上，効率向上という目的で，自動ISI 装置が開発されています。

これはノズル用駆動装置です。ワンタッチで着脱可能な仮設軌道に沿って高精度で探触子が走査してゆきます。（スライド24）

また，探触子にはマルチ探触子が採用され，１回の走査で０°，45°，60°の３角度の探傷が可能です。（スライド25）

採取データはコンピューターにより，解析，作図，映像化等が行われ，容易に欠陥の有無を判断出来ます。

これは，配管の欠陥を断面表示した例です。（スライド26）

・「SGメンテナンスロボット」

次に御紹介いたしますのは蒸気発生器（SG）メンテナンスロボットです。

PWR のSGのISI は渦電流探傷検査によって行われます。被曝低減と作業時間短縮のために，

遠隔自動化が早期より図られてきました。（スライド27）

この装置は蒸気発生器の管板に取付け，管板上を任意の方向に移動し，指定された場所で必要な検査及び作業を行います。（スライド28）

渦電流探傷検査を行う場合には，ここに示す装置を用い，２個の探査針を同時に２本の蒸気発生器伝熱管に挿入，引抜きを行って検査することができます。（スライド29）

蒸気発生器伝熱管に異常が発見された場合にはこの写真に示しますように，補修用工具を取り付けることにより，人間が水室内に入ることなく作業を行うことができます。（スライド30）

3．技術開発の動向

①現状の自動化レベル（スライド31）

以上，自動化技術の適用状況の一端を御紹介いたしましたが，その適用に当たっては，高頻度かつ定型的な比較的効果を得やすい作業から自動化が図られております。従って，現状は限定した範囲において専用的な自動化が適用されています。

②より高度な自動化（スライド32）

ここで，自動化技術の目覚ましい革新と原子力発電におけるニーズを展望すると，今後は少量かつ多種な作業への自動化適用範囲の拡大，判断・自律機能の拡大による人間の補助の削減が課題としてあげられます。これらから汎用化，知能化というより高度な自動化の目標が示されます。

③重点開発技術の選定（スライド33）

このような自動化の目標に基づき，今後の開発技術の動向をまとめますと，重点開発技術として，設計においては高度な判断・計画業務の自動化が，製造・建設においては少量かつ多種な作業の自動化が，また運転においては高度な運転判断の自動化が，そして保守においては汎用・知能ロボットがそれぞれあげられます。

今後，運転プラントの増加に伴い，放射線下作業員の不足対策として，被曝低減のニーズがますます高くなると予想されます。そのため，保守における汎用・知能ロボットの開発は，今後の重要な開発課題となっております。

4．重点開発技術の開発状況の実例－保守用自動化技術の最先端－

ここでは，各社が個別に開発を進めている汎用・知能ロボットの基盤技術について３事例を映

画で御紹介いたします。（映画省略）

・「知能移動ロボット」

このロボットは，視覚により周囲の状況をとらえ，自身の判断で移動し，作業をする「知能移動ロボット」です。

テレビカメラは人間並の広い視野をもちます。これより得られた情景認識に基づき，高速の知能型誘導を可能としています。これは，目標との間にある障害物を避けて，別の道を選んで進んでいるところです。

走行部には形状可変型クローラを採用することにより階段，障害物等の走行も可能であり，さらに，カーボンファイバ強化プラスチック（CFRP）を用いて軽量化したため，高速の移動が可能となり，軽量で機動性の高い移動メカニズムになっています。

６つの自由度を持つ多関節ロボットアームは，移動と協調作業をする力制御方式を採用することにより，このようなドアの開閉も可能です。また，このアームにもCFRPを採用して軽量化しています。

そのほか広範囲・無指向性の無線通信機能等の特徴を持ち，その各機能がバランス良く複合されたロボットシステムとなっています。

・「システム保全ロボット（AMOOTY）」

次に御紹介いたしますのは「AMOOTY」と呼ばれる移動型知能ロボットです。

このロボットは，高度な移動能力を持った走行部と，作業領域の広いマニプュレータ，対象物までの位置を測定する視覚センサー，およびこれらを総合制御する制御装置から構成されています。床面の移動は，走行部の先端に付いている車輪を使用します。

作業をする時や階段を昇る時には，ホイルベースを広げ，ロボット本体を安定にします。

マニプュレータは９つの自由度を持っており，CFRP の採用により，軽量化が図られています。このため人間ではできないような，特殊な姿勢での作業も容易にこなすことができます。

階段の昇り降りは，走行部についているＹ字形のアームを回転して行います。

このロボットには，制御を効率よく行わせるため，各要素の制御をマイコンベースで独立させ，上位の頭脳コンピュータでそれらを総括的に制御するという，新しい制御方式が採用されています。

・「四足歩行ロボット」

最後に「四足歩行ロボット」を御紹介いたします。

この「四足歩行ロボット」は前進，後退，旋回，階段の昇降等の動作が可能なため，障害物のある場所でも自在に歩き回ることが出来ます。

このロボットは胴体に中央で折れ曲がる4本の足を備えた本体と，信号・動力ケーブルでつながれた，コンピュータ内蔵の外部制御装置で構成されています。

足先には障害物などを検知するヒゲセンサー，目標物との距離・角度を測定する超音波センサーなどを装備して周囲の状況を正確に摑み，さらに，上げた足を次にどの位置に置けば重心がとれるかを即座に判断できるため，障害物の多い場所でも，動物のように各足の移動を同時に行うことが出来ます。

これは，ヒゲセンサー部を拡大したものです。

将来，制御を無線にすることによって，原子力発電所のメンテナンス等，放射線環境下での作業等に活躍が期待されます。

汎用・知能ロボットのニーズに応えて国のレベルでも通商産業省工業技術院の大型プロジェクト「極限作業ロボット」の一つとして原子力関連作業ロボットの開発が推進されています。

5．自動化技術の完熟をめざして－最適な効果をねらった自動化技術の開発－（スライド34）

以上述べてきたとおり，今後自動化技術は汎用化，知能化に進むものと考えられます。さらに，このような個々の自動化技術開発に加えて，システム化を促進し，また自動化に適した形へと適用対象を改善してゆくことによって，総合的な自動化システムへの対応を図ってゆく必要があります。また，自動化システムの実現においては，常にコストベネフィットの認識を持ち，その時点における最適システムとすることにより，自動化技術の完熟に近づくものと考えます。

我々メーカーとしても，皆様方の御協力のもとに自動化技術の完熟に向け，努力してゆく所存であります。

最後に，原子力産業会議殿の我々の産業活動における御支援に感謝するとともに，通商産業省及び科学技術庁を始めとする各官庁，ならびに電力会社殿の日頃の御支援に感謝し，今後のより一層の御支援，御協力をお願いして，私の講演を終わらせていただきます。

どうも御清聴ありがとうございました。

原子力発電と自動化技術

スライド 1

1. 原子力発電における自動化技術

① 自動化の目的

電力安定供給の確保

経済性の向上
パブリック・アクセプタンス

1. 信頼性向上
2. 省　力　化
3. 被曝低減

自 動 化 技 術

スライド 2

② 高い自動化のニーズ

原子力発電の特質

大規模システム 高い安全性の要求 放射性雰囲気	広範な適用対象 信頼性向上 遠隔自動化	高い自動化のニーズ

スライド 3

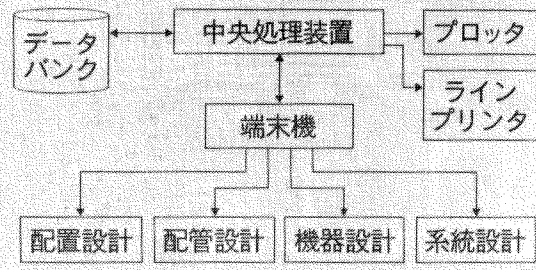
③ 自動化技術の適用対象

1. 設計 ---------- 計画・設計・解析
2. 製造・建設 -------- 加工・組立・検査
3. 運転 ---------- 監視・判断・操作
4. 保守 ---------- 点検・補修

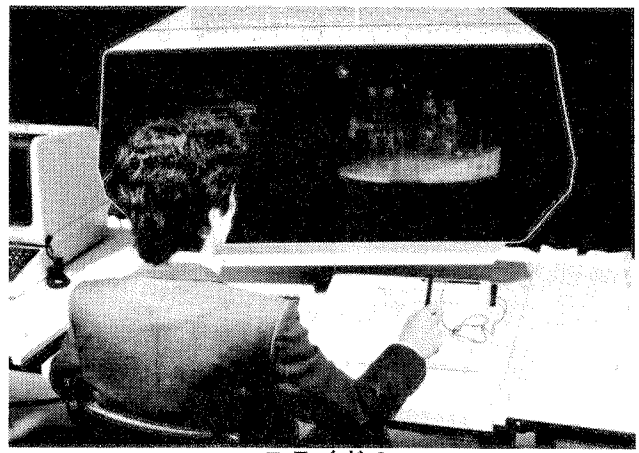
スライド 4

設計における自動化／CAD

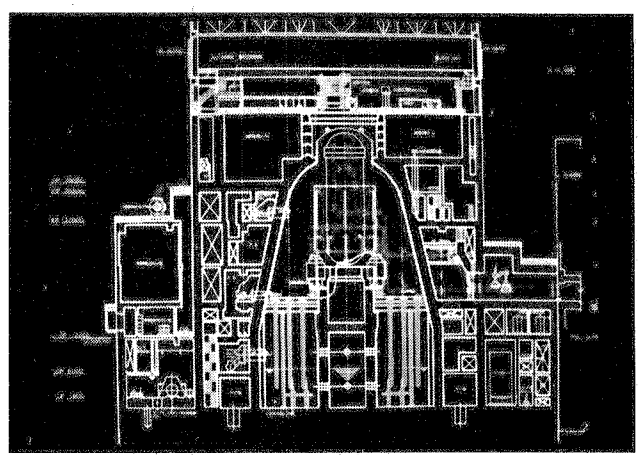
CADシステム　（東芝の例）



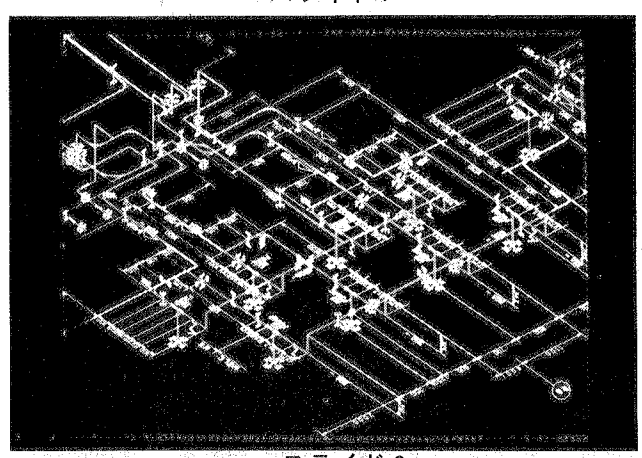
スライド 5



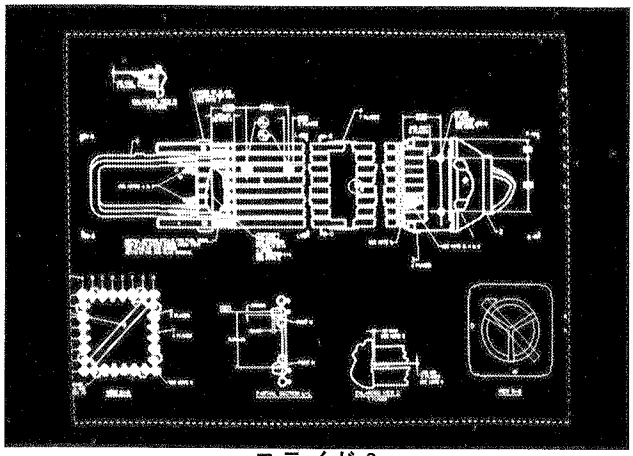
スライド 6



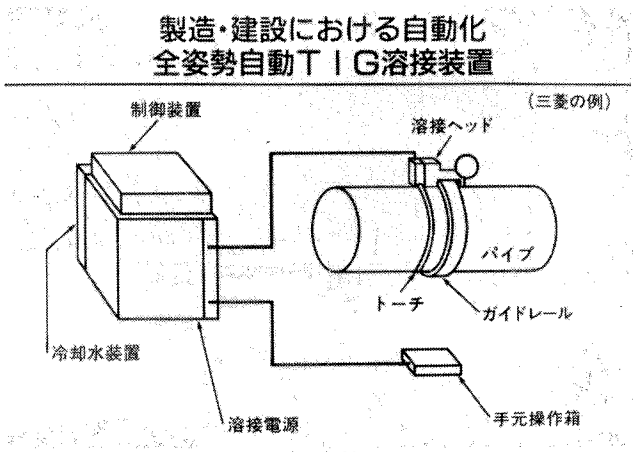
スライド 7



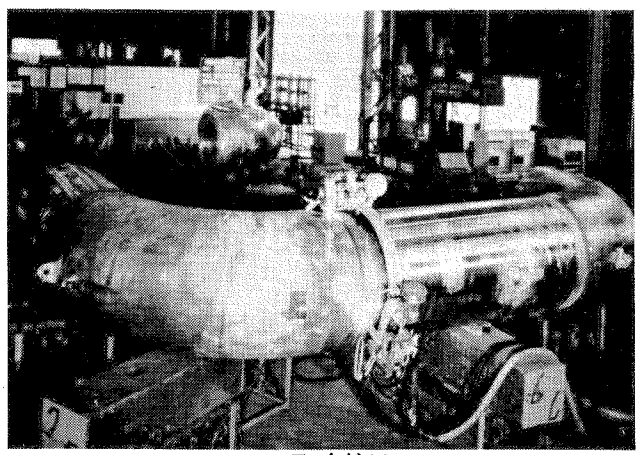
スライド 8



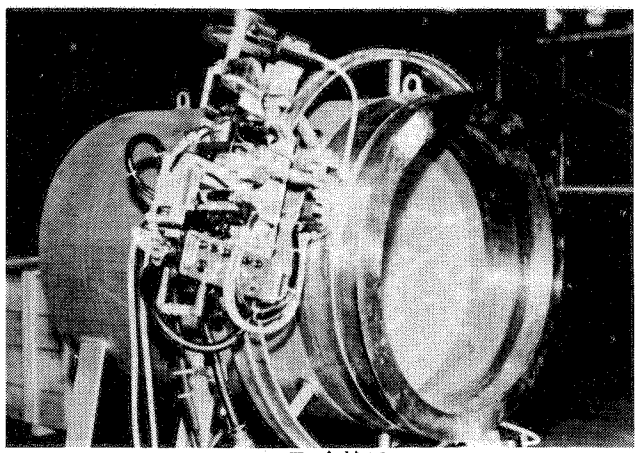
スライド 9



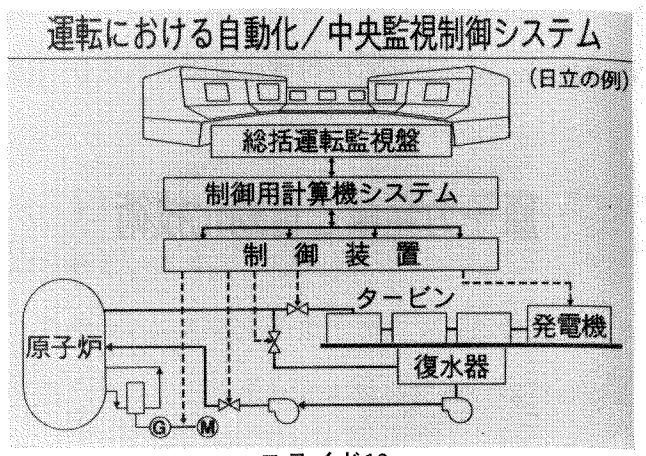
スライド10



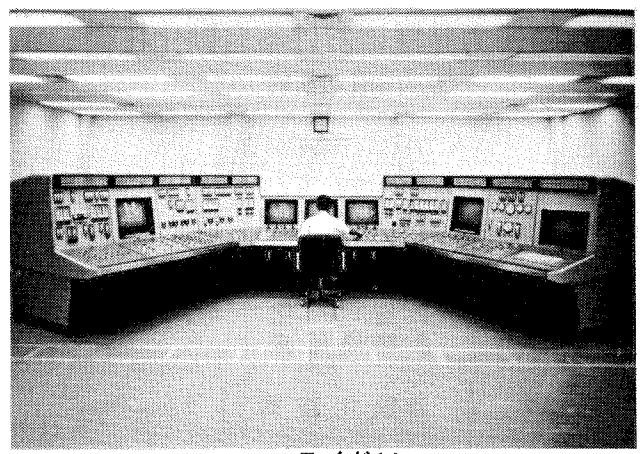
スライド11



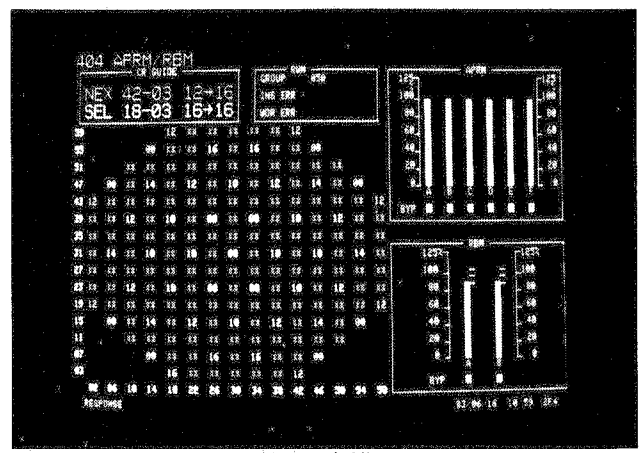
スライド12



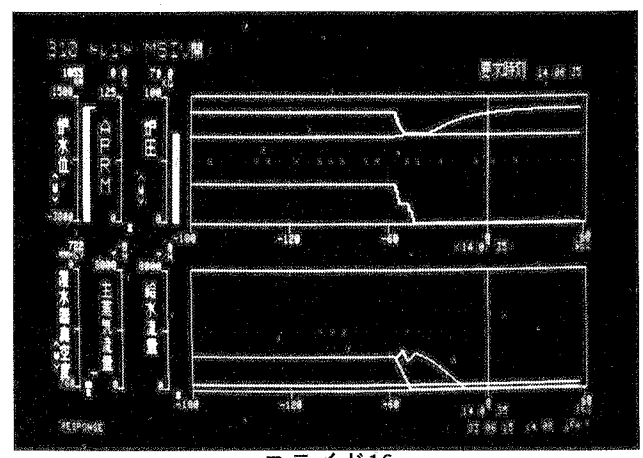
スライド13



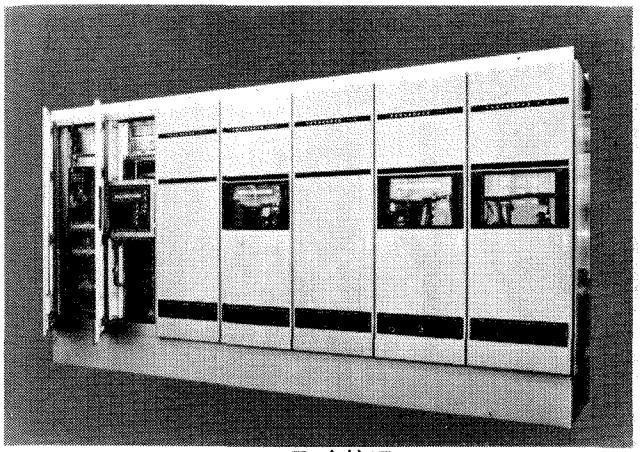
スライド14



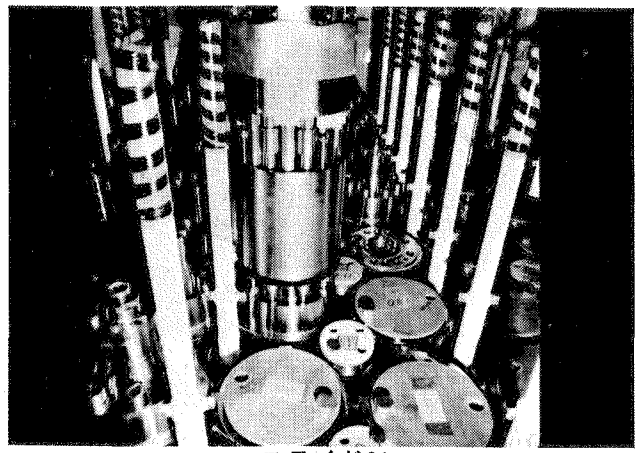
スライド15



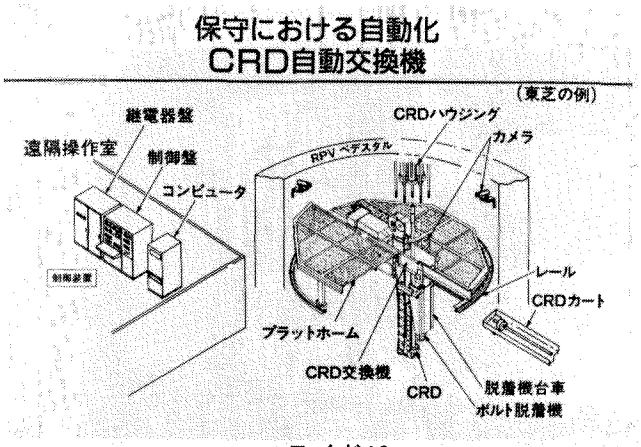
スライド16



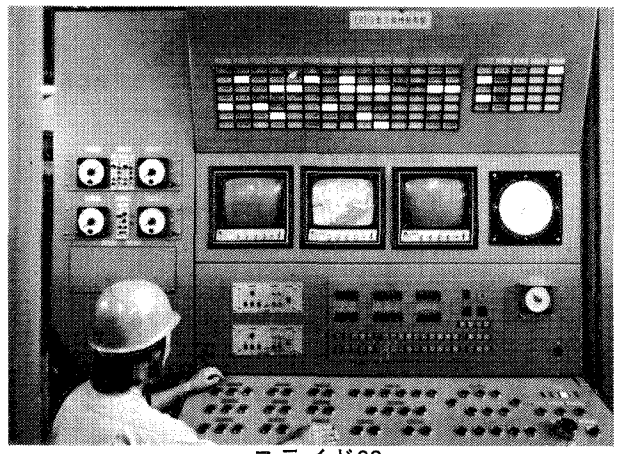
スライド17



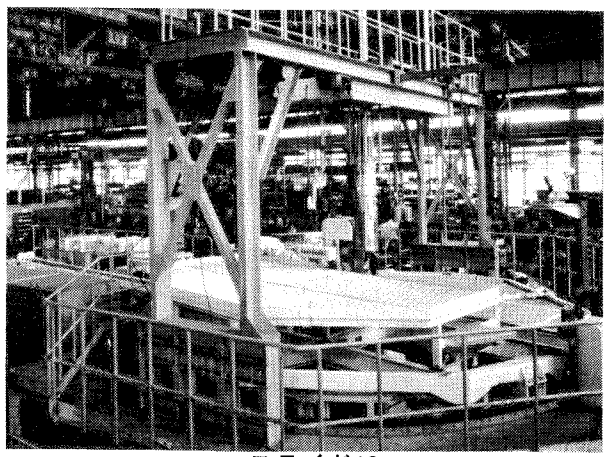
スライド21



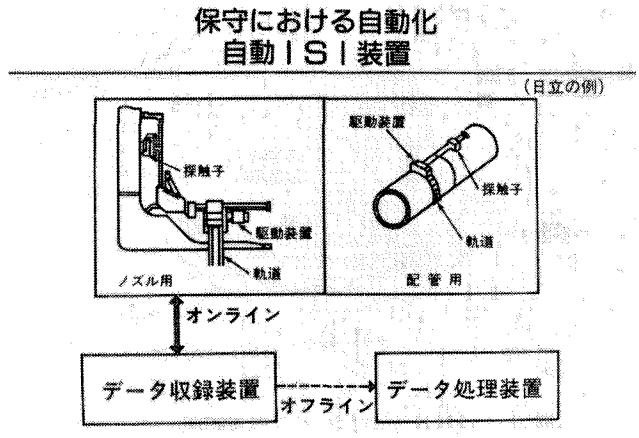
スライド18



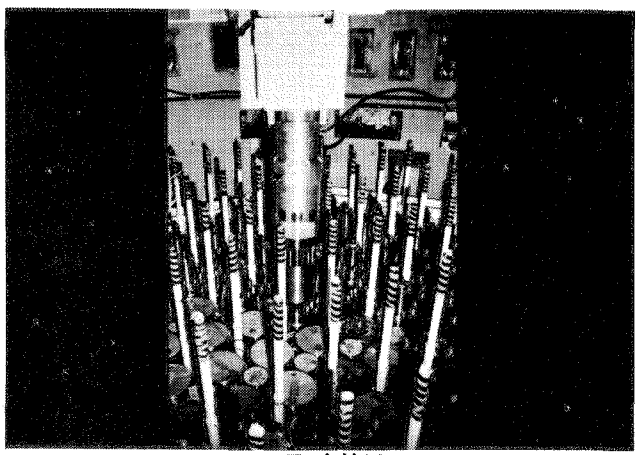
スライド22



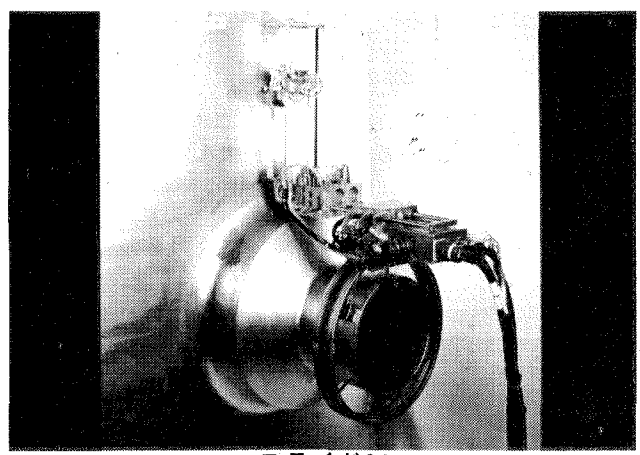
スライド19



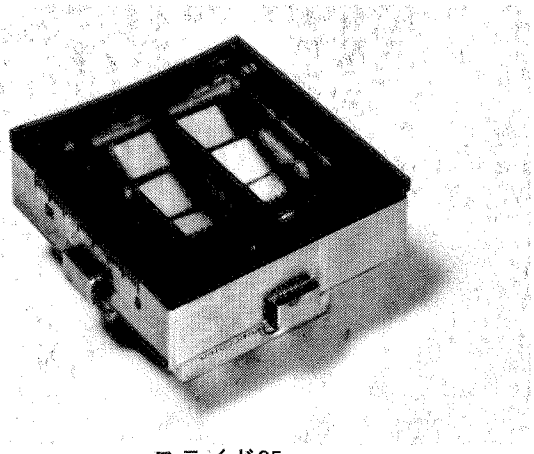
スライド23



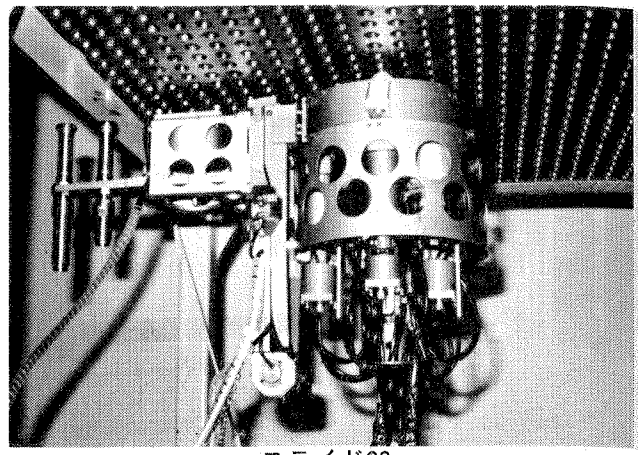
スライド20



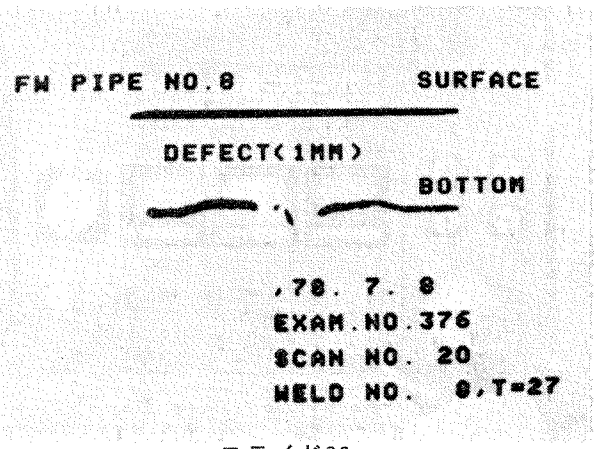
スライド24



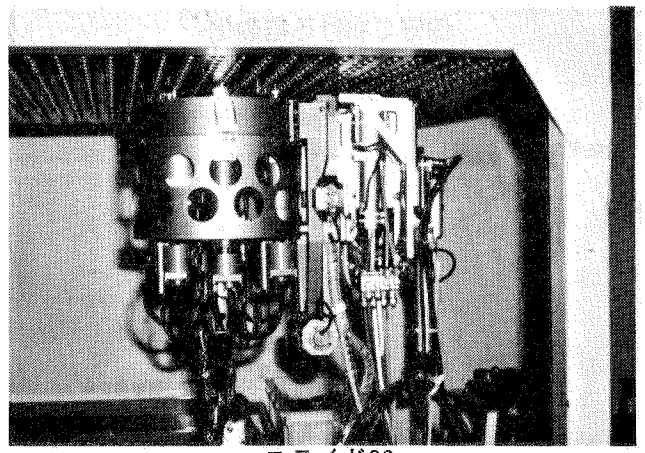
スライド25



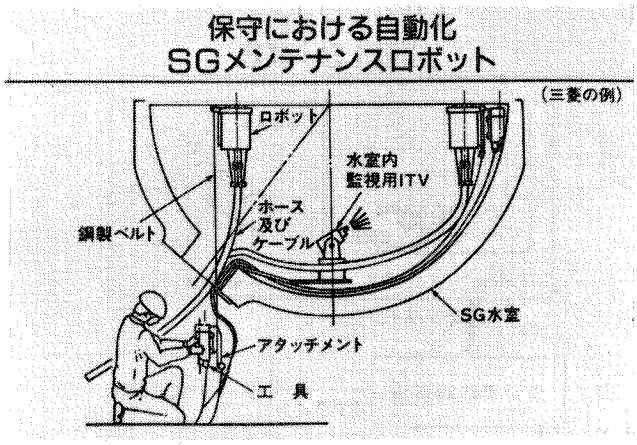
スライド29



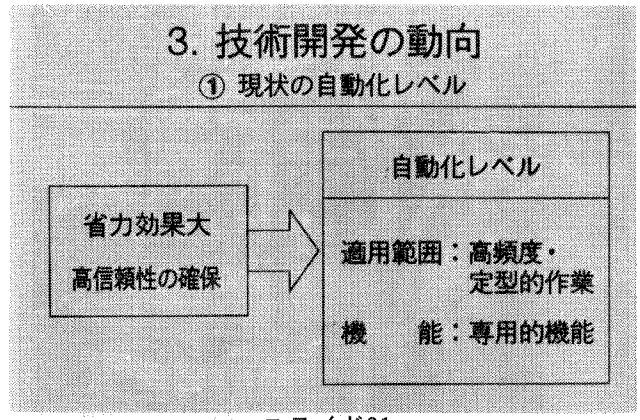
スライド26



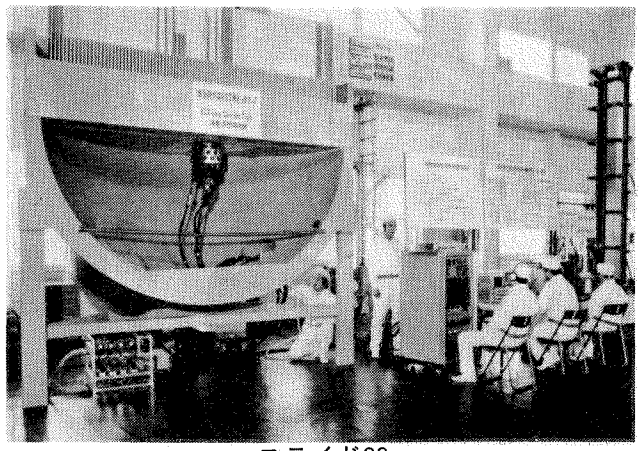
スライド30



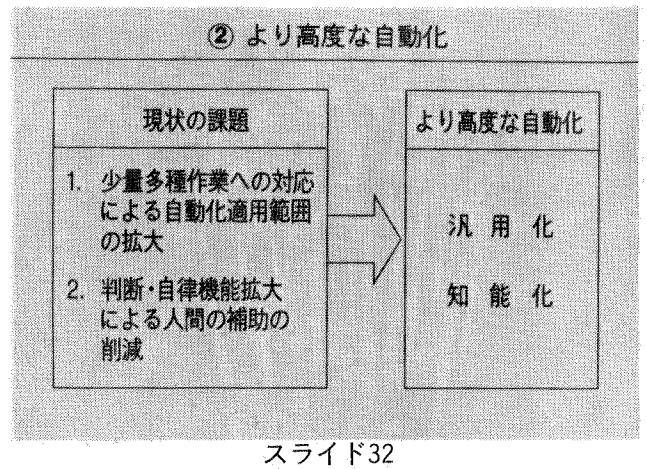
スライド27



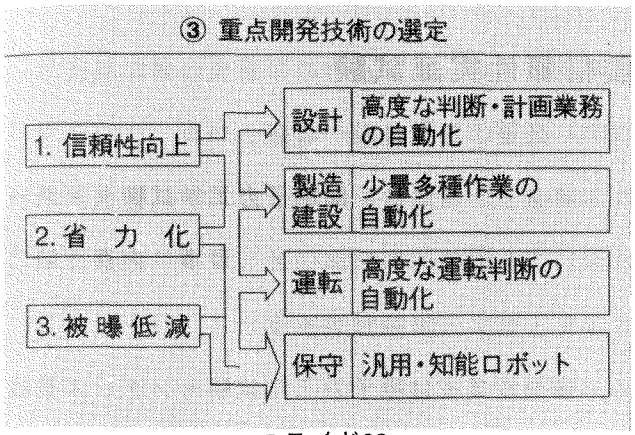
スライド31



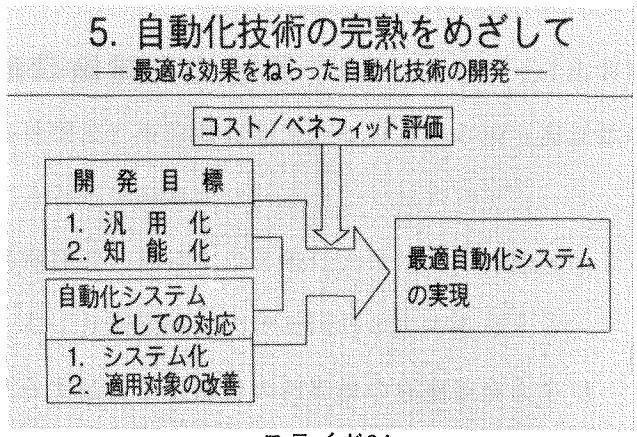
スライド28



スライド32



スライド33



スライド34

原子力発電施設耐震信頼性実証試験

㈶原子力工学試験センター

理事　大森　敏二

原子力発電施設の地震時の信頼性を実証するため，通商産業省は原子力工学試験センターに委託し，世界最大の大型振動台を使用して，原子力発電施設耐震信頼性実証試験を実施している。

本日はこの大型振動台の概要と耐震信頼性実証試験の状況について紹介したい。

耐震信頼性実証試験では原子力発電所の安全上重要な大型機器のできるだけ実物に近い模型を実物と同等な材料で製作し，これを振動台にのせて振動台を加振し，実物が地震時に受ける応力と同等な応力を発生させることにより地震時の状況を実験的に現出せしめてそのときの信頼性を強度および機能上から実証することをねらいとしている。そのためには極めて大型かつ高性能の振動台を必要とし，試験体を載せて振動する振動台テーブルは寸法が15m×15m，最大積載能力が1,000t，最大加振力が水平3,000tf，垂直 3,300tfという巨大な基本性能が決定された。

大型振動台は通商産業省の補助金を受けて，香川県多度津町の多度津工学試験所に建設され，1982年に完成した。多度津工学試験所は瀬戸内海に面する多度津港に隣接し数百トンの重量を有する大型試験体の輸送に極めて便利である。振動台は試験体を載せて振動する振動台テーブル，これを加振する水平及び垂直加振機，加振機を駆動する高圧油を発生する油圧供給装置と加振機を制御する制御装置より成りこれに附帯する設備として試験データの集録およびデータ処理装置，大型試験体を吊り上げるクレーン，油圧ポンプに電力を供給する受電変電設備と設備および試験体を収容する建物がある。なかでもデータ集録装置は最大300 チャンネルのデータを１／1,000 秒の間隔で同時に集録することができる。

原子力発電施設の耐震信頼性実証試験としては，すでに

PWR 原子炉格納容器の１／3.7 模型

BWR 再循環系配管の　１／１　模型

を用いた耐震実証試験が終了し，現在は

PWR 炉内構造物の１／１模型

による耐震実証試験が行われている。

実証試験の実施に当たっては，設計用基準地震動（S1及びS2）を用いて原子炉建屋の地震応答解析を行い，実際の機器の据付位置の振動（床応答地震波）を作りだして，これと同じ波（実証試験用入力波）で試験体の載った振動台を加振することとしている。

なお模型が１／Ｘの縮尺模型の場合には床応答地震波の加速度はＸ倍に大きくし，時間軸は１／Ｘに短くしたものを実証試験用入力波とすることにより試験体に実物と同等の応力を与える。

PWR 原子炉格納容器耐震実証試験

本試験は多度津工学試験所の振動台により実行された最初の試験である。試験体は，800MWe級PWR 鋼製格納容器の１／3.7 縮尺模型である。試験体は，直径10.8m，高さ19.4mで支持構造物を含めた重量は約350tである。

設計用基準地震動S1およびS2に基づく実証試験用入力地震波で試験体の載った振動台を加振して試験を行い，強度を実証した。

また強度を実証する試験の前と後とに，内部を空気で加圧して漏洩率試験を行い，気密性の変化がないことを確認している。

試験体は更にS2の1.5 倍に相当する地震で加振され，安全余裕を確認した。この試験では，振動台は限界性能で加振された。

BWR 再循環系配管耐震実証試験

試験体は，BWR 型 1100MWe級改良標準型再循環系配管の１ループを模擬した実物大模型である。配管は圧力容器やγ線遮蔽体などを模擬する支持構造物に直接あるいはサポートによって接続される。試験体は高さ12.3m,配管類の重量は約110t，支持構造物等の重量は約555tで全重量は約665tである。

設計用基準地震動S1およびS2に基づく実証試験用入力地震波で加振した試験を行い試験体の強度を実証した。更にS2の1.1 倍（振動台の限界）に相当する入力地震波で加振を行い，安全余裕を確認することができた。

PWR 炉内構造物耐震実証試験

PWR 型 1100MWe級改良標準型プラントの実物大模型を用いて試験中である。試験体は高さ約17.5m，重量約555tである。

本試験では燃料集合体など炉内構造物の耐震信頼性を見るために地震中に於ける制御棒挿入機能が試験されるのが特徴である。

すでに設計用基準地震動S1およびS2に基づく実証試験用入力地震波で加振し，制御棒挿入機能の確認を終わっている。

（ビデオによる説明内容）－ビデオ省略

多度津町の風景です。

日本地図で多度津の位置を示しています。

多度津港は，四国の玄関の一つです。

多度津工学試験所の外景です。原子力発電所の耐震信頼性実証試験はここで行われています。

試験所の説明図です。

実験棟です。実験棟の基礎は，振動台の基礎を兼ね，15万トンに達する鉄筋コンクリートで作られています。

油圧源棟です。油圧ポンプやアキュムレーターがあります。

計測制御棟です。

振動台をアニメーションで説明します。振動台テーブルは縦横15メートル，最大1,000 トンの試験体をのせることができます。

7台の水平加振機と12台の垂直加振機が油圧によって動きます。その力は，水平方向3,000 トン，垂直方向3,300 トンです。

振動台テーブルが船で運ばれている所です。

これは油圧供給装置です。油圧ポンプで作られた高圧の油は，大型のアキュムレーターに貯蔵され，試験のときに放出して加振機を動かします。

アキュムレーター室です。

これは計測制御室です。振動台を運転操作する制御装置と試験のデータを集録解析する装置があります。

振動台テーブルの据付です。天井クレーンでテーブルが吊り下げられていきます。

テーブルはガイドローラーに導かれて，ゆっくりと据付位置へ下げられて行きます。

据付工事がおわり，総合試運転が始まるところです。

運転コンソールです。

振動台が加振されています。（水平方向加振，垂直方向加振）

テーブル上に大型負荷をのせて，本格的試運転が始まります。

試験に備えて，油圧操作盤が操作されています。油圧ポンプが動いています。

運転中央操作盤の準備が行われています。加振準備完了のランプがつきました。加振開始ボタンを押します。加振がはじまり，試験体がゆれています。

モニター盤に振動波形が現われています。これも地震波形の記録です。

（第１回実証試験）

実証試験が始まります。

第１回の実証試験に使われたPWR 原子炉格納容器の試験体です。

実証試験開始のセレモニーです。起動ボタンを押します。

テーブル上の試験体は縮尺１／3.7 ，重量350 トンです。

大勢の見学者が見守っています。

（第２回実証試験）

第２回目の実証試験です。

BWR 再循環系配管の試験体が振動台テーブルにのっています。

白く光っているのが配管です。（スプリングハンガー，メカニカルスナバー）

青い部分は配管を支える支持構造体です。

加振開始の秒読みです。

ボタンが押されます。

重量665 トンの試験体が振動しています。

水平2,000 ガル，垂直350 ガルの地震波です。

試験体のゆれを示すアニメです。

振動が記録されています。このほか約300 点のデータが記録されます。

（第３回実証試験）

これはPWR 炉内構造物試験体です。

模擬燃料集合体が装荷されるところです。

模擬燃料はウランの代りに鉛・アンチモン合金が入っております。

実証試験が公開され，大勢の人々が見守っています。

この試験では地震中の制御棒挿入が試験されます。

加振開始です。水平720 ガル，垂直370 ガル，加振時間40秒です。

制御棒が炉心に挿入されたのがランプで表示されています。約1.1 秒後に挿入されました。

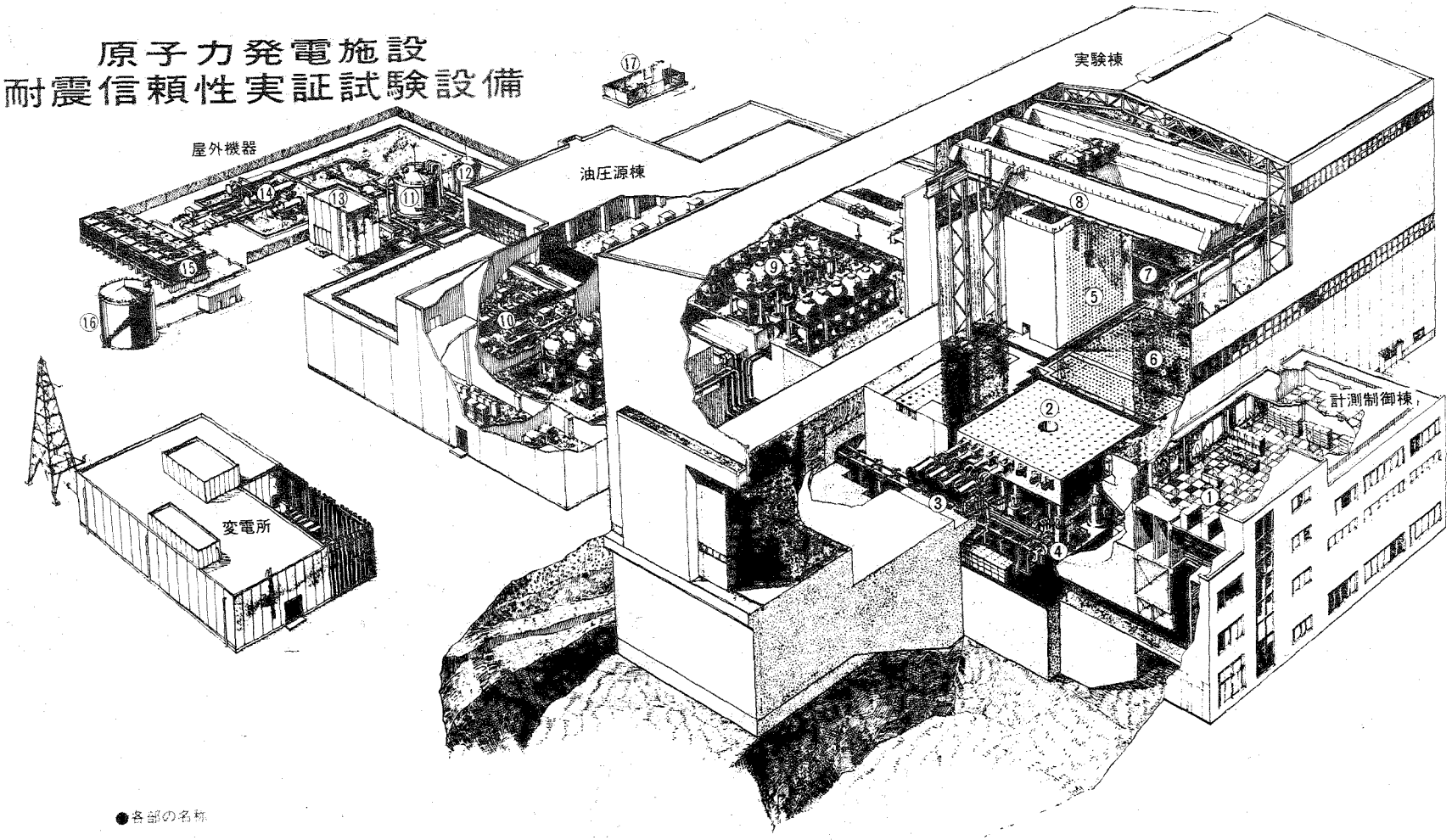
地震中の燃料集合体の振動と，制御棒が挿入されていく様子をアニメで示しています。

試験中の内部の振動をファイバースコープで観察しています。燃料集合体の揺れを拡大してスローモーションでうつしています。グリッドの部分です。

以上でPWR 原子炉格納容器，BWR 再循環系配管およびPWR 炉内構造物の実証試験の模様を紹介いたしました。

私の説明を終わります。

原子力発電施設
耐震信頼性実証試験設備



●各部の名称

①制御装置・計測データ処理装置
②振動台テーブル
③水平加振機(7基)
④垂直加振機(12基)
⑤耐力壁
⑥耐力床
⑦試験ピット
⑧天井クレーン(250T×2基)
⑨アキュムレータユニット(36基)
⑩油圧ポンプ
⑪主油タンク
⑫副油タンク
⑬フィルター室
⑭油冷却器
⑮クーリングタワー
⑯給水タンク
⑰窒素ガス封入装置

●主要性能

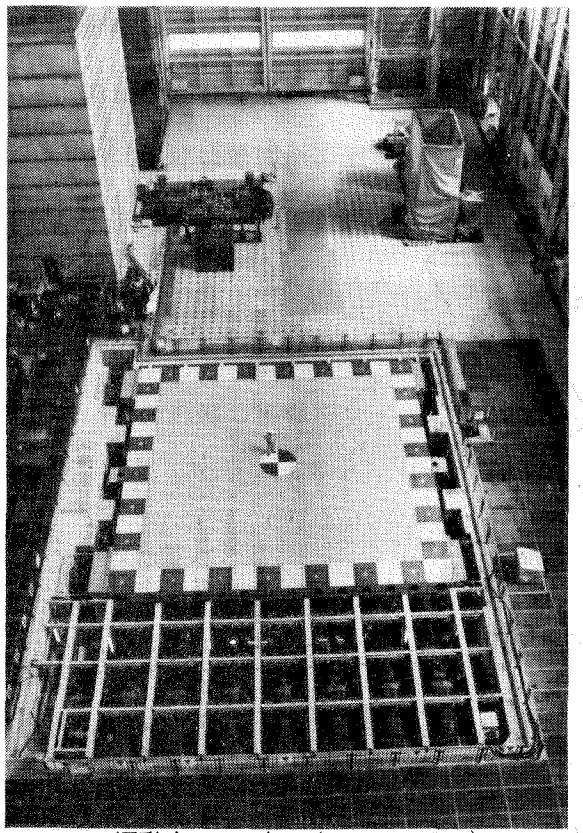
- 最大積載重量1,000ton
- 加振方式水平垂直同時2軸
- テーブル寸法15m×15m
- 周波数範囲0～30Hz
- 最大ストローク
  - 水平±200mm
  - 垂直±100mm
- 最大加振力
  - 水平3,000ton f
  - 垂直3,300ton f
- 最大加速度
  - 水平2.72G(500t荷重)
  - 1.84G(1,000t荷重)
  - 垂直1.36G(500t荷重)
  - 0.92G(1,000t荷重)

●実験棟

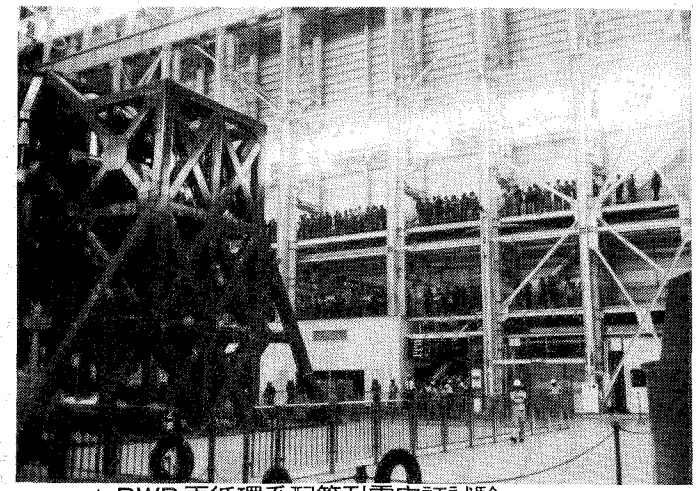
- 建物
  - 45m(幅)×90m(長さ)×38m(高さ)
  - 4,100㎡
- 基礎
  - 45m(幅)×90m(長さ)×21m(最大高さ)
  - 150,000ton

②

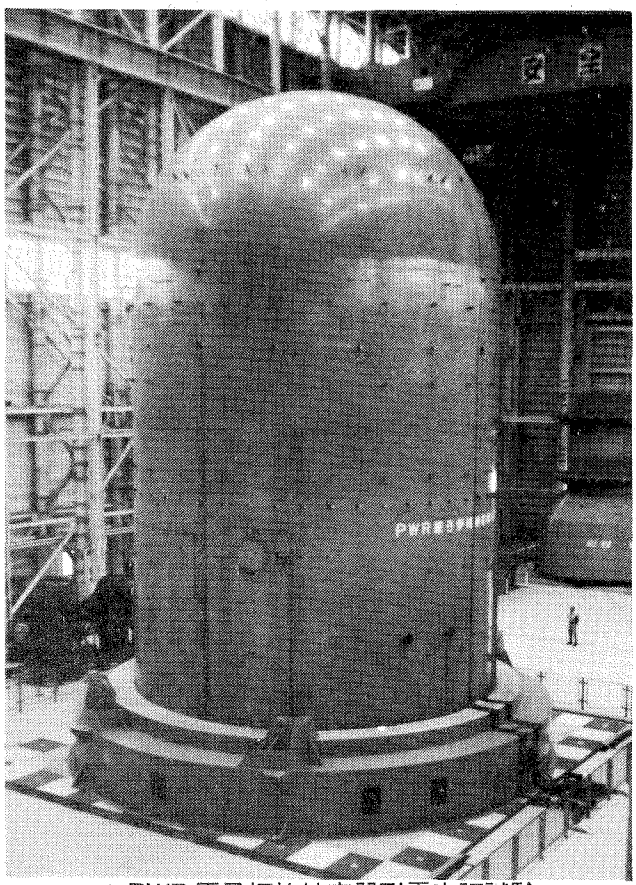
▲ 多度津工学試験所全景



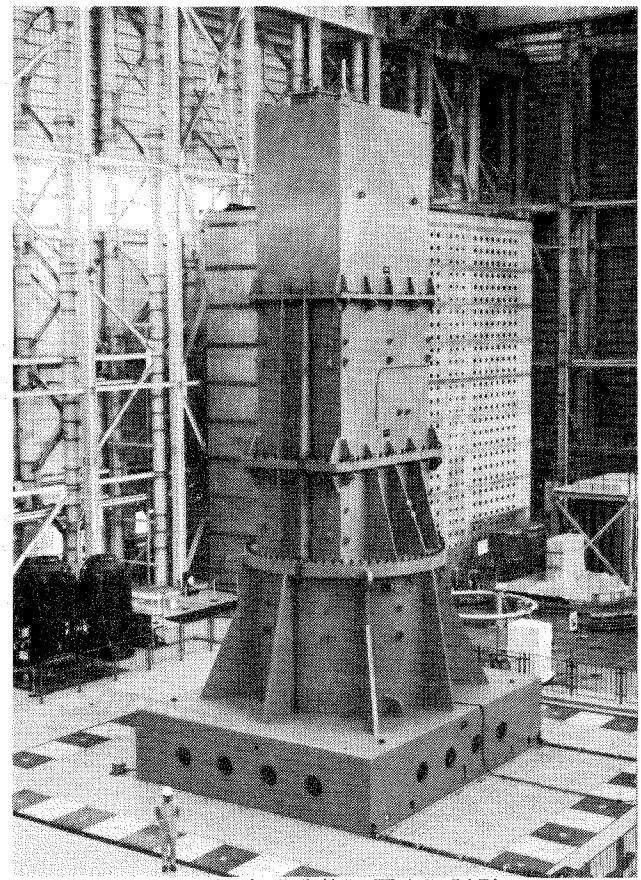
▲ 振動台テーブル（15m×15m）



▲ BWR 再循環系配管耐震実証試験
（公開試験のため一般見学客の姿が見える）



▲ PWR 原子炉格納容器耐震実証試験



▲ PWR 炉内構造物耐震実証試験

SHIPPINGPORT ATOMIC POWER STATION
DECOMMISSIONING PROGRAM AND APPLIED TECHNOLOGY

F. P. Crimi and R. E. Skavdahl

Nuclear Energy Business Operations
General Electric Company
San Jose, California, USA

INTRODUCTION

The Shippingport Station Decommissioning Project will be the first decommissioning of a large-scale nuclear power plant. Shippingport is also the first nuclear power plant to be decommissioned which has had a long period of power operation, having operated and produced electricity for twenty-five years. Nuclear facilities which have been decommissioned to date have operated for much shorter time periods and have been small in comparison to commercial power reactors. However, the experience gained from decommissioning these facilities, as well as that gained from nuclear plant maintenance and modifications, has helped to establish the technology and cost basis for Shippingport and future decommissioning projects.

This paper describes the current status of the preparations being made by the General Electric Company, its integrated sub-contractor, Morrison-Knudsen, and the U.S. Department of Energy for starting the decommissioning phase of the Shippingport Atomic Power Station. Also discussed is an overview of the technology that will be applied on the project.

Plant Description

The Shippingport Station is located 40 kilometers Northwest of Pittsburgh, PA. It is on the South Bank of the Ohio River and occupies seven acres of land owned by the Duquesne Light Company and leased to the U.S. Department of Energy in 1954. Construction was started in 1955 and the plant began critical operation in 1957. It was permanently shut down in 1982, after producing over 7.4 billion kilowatt-hours of electricity.

The reactor plant is a four-loop, 72 MWe Pressurized Water Reactor. Figure 1 shows the "pear shaped" reactor containment chamber and the two boiler chambers which each house two of the reactor coolant loops. A concrete shield wall separates each of the loops to reduce radiation levels when one of the loops requires maintenance. Figure 2 shows the two boiler chambers and the auxiliary equipment chamber. The reactor containment chamber is connected to the other three containment vessels through large welded steel ducts. The four steel containment vessels are housed in underground concrete vaults with the refueling canal connected to the reactor containment chamber's concrete vault. The Fuel Handling Building covers the reactor containment chamber and the refueling canal. A Radioactive Waste Processing facility, a Heat Dissipation System and numerous tanks for storage of liquids were used to service the plant.

General Electric Scope of Work

The Shippingport Project is currently in the early stages of the Decommissioning Phase, the major objectives of which are:

- To maintain the site in a radiologically safe condition

- To demonstrate safe, cost effective dismantlement of a large scale nuclear power plant

  and

- To provide useful data for future decommissioning projects

Removal of fuel from the Shippingport Station was completed during the summer of 1984. The last spent fuel shipment left the station on September 6, 1984, on which date responsibility for the Station was transferred from the Naval Reactors Branch of DOE to the Richland Operations Office of DOE. At that time operational responsibility for station surveillance, maintenance, and operations was transferred from Duquesne Light Company to the General Electric Company.

Figure 3 is a plan view of the Shippingport Site which shows the buildings, tanks, pads and other structures that will be removed. Buildings will be removed to at least one meter below grade. Surfaces below the one-meter depth will be decontaminated, if necessary, and the cavities filled with clean rubble up to the one-meter depth. Top soil will be used to fill the last one meter to grade level before releasing the site for unrestricted use.

Decommissioning Operations

Decommissioning Operations began on January 1, 1985 and will continue to project completion. Since January, additional manpower has been mobilized and detailed planning and bid package preparations for major subcontracts are in progress. Physical decommissioning will start in September of this year. The mobilization of all management manpower is completed and the Project organization is now a self-contained construction management group with a small plant operations component.

Key activities during 1985 will be:

- Preparation of bid packages and award of subcontracts
- Completion of site modifications required before the start of physical decommissioning
- Initiation of work on long lead activities
- Development of detailed work plans and procedures

  and

- Establishment of radiation worker training programs

The subcontracting of decommissioning work will be optimized. The site engineering and procurement activities required to support the start of physical decommissioning work are identified in activity specifications prepared by Burns and Roe for DOE during the previous Phase I Engineering Contract.

The activity specifications usually define what is to be done. They describe how the work is to be done only when radiological safety is involved or when the salvage or scrap value of the material is to be preserved. The activity specifications logically group the work so that radioactive work is separated from non-radioactive work. Similar work is grouped together considering contractor qualifications and craft jurisdictions.

Particular emphasis is being placed on the critical path work involving asbestos removal from components in the boiler chambers. This work will be sequenced and completed so as to permit the start of the exterior decontamination of the piping and components in one chamber in September.

Routine on-site and off-site radiation surveys and environmental monitoring are currently being performed and will continue throughout the decommissioning phase.

SCHEDULE

The schedule for Decommissioning Operations is shown in Figure 4. Project completion is scheduled for August 1988.

TECHNICAL FEATURES

Two features of the Shippingport Project which are particularly noteworthy are:

- No primary system decontamination will be conducted

  and

- The reactor pressure vessel will be removed in one piece

Figure 5 shows the results of a recent radiation survey of the Plant's Primary System. Because of the low radiation levels that exist in the Primary System and the reactor containment chambers, gross reactor system decontamination is not required. The estimated occupational exposure for

the entire project is approximately 1000 man-rem. It is estimated that at the peak work period, approximately 250-300 people will be applied to the decommissioning effort. Figure 6 shows the manpower loading and man-rem exposure over the life of the project.

With regard to radiation, the Shippingport Project will provide relevant information for future decommissioning projects. Although the general area dose rates are low compared to many other nuclear plants, low levels of radiation and contamination require the same strict controls and attention to detail as high radiation levels. The difference is that fewer workers will be required for a nuclear plant with lower radiation levels.

A unique feature of the Shippingport decommissioning will be the one piece removal of the reactor pressure vessel. It has been estimated that, compared to segmentation of the vessel and internals, this approach will save about $7 million, reduce personnel radiation exposure by more than 100 man-rem, and reduce the total decommissioning schedule by about one year. Figure 7 shows how the pressure vessel is shielded and prepared for removal. Figure 8 shows the lifting tower used to remove the vessel. This approach has direct application for decommissioning commercial nuclear plants constructed during the 1960's and will help to provide relevant information for decommissioning the large 1100 MWe nuclear plants being operated and constructed today.

Figure 9 compares the Shippingport Reactor Pressure Vessel and Neutron Shield Tank with an 1100 MWe PWR Pressure Vessel. As can be seen, the Shippingport vessel and shield tank package is as large as a PWR vessel. It is also representative of the diameter of a BWR vessel. The weight of the Shippingport package is in the same range as that of the 1100 MWe PWR and BWR pressure vessels.

DECOMMISSIONING TECHNOLOGY

Since the birth of commercial nuclear power, the nuclear industry has had to maintain radioactive reactor equipment and systems. At times this also involved the removal of large radioactive components such as steam generators and the removal and modification of portions of the radioactive

reactor systems. The experience and technology that have evolved from nuclear plant maintenance and modification are being used at Shippingport. Some of the existing technologies that may be applied to Shippingport are:

- o Remote Cutting
- o Decontamination
- o Concrete Removal
- o Volume Reduction of Liquids and Solids

and

- o Robotics

1. Remote Metal Cutting

a. Mechanical Cutting

Several mechanical cutting processes will be used at Shippingport, the cost of which is low relative to plasma arc or laser beam cutting. Some of the remotely operable mechanical cutting equipment which has been successfully used for reactor plant maintenance include powered hacksaws, hydraulic and pneumatic shears, circular cutting machines, and guillotine saws. Figure 10 shows a typical remotely operable guillotine saw and a circular cutting machine.

b. Plasma Arc

Figure 11 shows an underwater plasma arc cutting system used to cut irradiated and highly contaminated components removed from nuclear power plants. This cutting process is fairly easy to adapt for remote operation and can be used to cut any metal section up to 15 cm thick. For thicker metal sections up to one meter, the Plasma Arc torch can be replaced with the Arc Saw.

Because of its relatively high cost and the one-piece removal of the reactor pressure vessel, little plasma arc cutting is anticipated to be used.

2. Concrete Removal

The removal of radioactively contaminated concrete requires dust control and selection of a concrete removal process which does not cross contaminate clean concrete and other materials.

a. Scabblers

Commercial floor and wall scabblers are effective in removing contaminated concrete from large areas to a depth of about two mm. Figure 12 shows these devices and a typical scabbler bit. These devices can be adapted easily with vacuum systems equipped with HEPA filters for effective dust control.

b. Spalling Devices

Spalling devices are used to remove contaminated concrete to a depth of 2 to 25 mm. A commercially available mechanical concrete spaller is shown in Figure 13, which also shows a commercial concrete chipping hammer. Both the concrete spalling device and the chipping hammer are powered by a commercial hydraulic or pneumatic head similar to those used in the stone quarries and the construction industry since the late 1800's.

c. Water Cannon

A high-pressure jet spalling device known as a water cannon is an effective method of spalling contaminated concrete from small areas. Shots are fired about eight cm apart in a triangular pattern. High strength concrete requires about 250 shots to remove one square meter of concrete. A schematic of a water cannon is shown in Figure 14.

d. Concrete Cutting

At this time there is no identified need for cutting large sections of contaminated concrete. Because of the conservative radiation shielding design used, there is no irradiated concrete that needs to be removed. However, if large concrete sections must be removed, conventional concrete saws, concrete splitters, flame cutters, or thermic lances will be used.

3. Decontamination

As indicated previously, there will be no primary system decontamination of the reactor plant. However, contaminated pipes and components will be decontaminated if they can be released for unrestricted use subsequent to decontamination. To reduce general area doserates, high pressure, low volume water lance units will be used to reduce surface contamination of the fuel storage canal walls and fuel storage racks.

4. Volume Reduction

a. Liquids

Currently there is approximately 2,000,000 liters of contaminated water stored in the fuel handling canal and radioactive liquid storage tanks at the Shippingport Station. Because of the relatively low radioactivity, most of the water will be processed through filters to remove particulate material, and discharged when within the approved discharge limits. Approximately 100,000 liters of liquid will be processed using the thin film evaporator currently located in the Radioactive Waste Processing System. The sludge generated by the evaporation process will be solidified using the cement solidification process and existing equipment.

b. Solids

1) Volume reduction of low level solid waste will be accomplished with an existing hydraulic compactor.

2) Approximately 60 cubic meters of spent resin is located in the resin storage tanks. The current plan is to package the resin in High Integrity Containers which will be dewatered and then transported to a government waste repository.

5. Robotics

Because of the relatively low area doserates in the containment chambers, there is limited opportunity for the use of robotics. However, a literature review has been initiated and it appears that a general purpose robot, capable of lifting 50 kilograms, can be obtained and equipped to hold metal cutting equipment. Such a robot, if properly mobilized, could perform repetitive operations and reduce the man-hours and total man-rem exposure for the Project. A robot that could be used for repetitive type operations is shown in Figure 15.

Material Shipments

The radioactive components and the waste generated during the Decommissioning Project will be loaded onto a 4,000 ton ocean-going barge as shown in Figure 16, and shipped to the Department of Energy's waste repository located at Hanford, Washington. The barge will be transported down the Ohio River and the Mississippi River to New Orleans, LA. The barge will then be transported from New Orleans to Hanford, Washington by the route shown in Figure 17.

CONCLUSION

It is fitting that the Shippingport Station, which was the world's first commercial-size nuclear power plant, should become the first commercial-size nuclear power plant to be decommissioned. Just as Shippingport "led the industry" in reactor technology development and demonstration, it will now "lead the industry" in the development and demonstration of safe, cost-effective reactor decommissioning technology.

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

SYSTEMS, COMPONENTS, AND STRUCTURES PRIOR TO REMOVAL

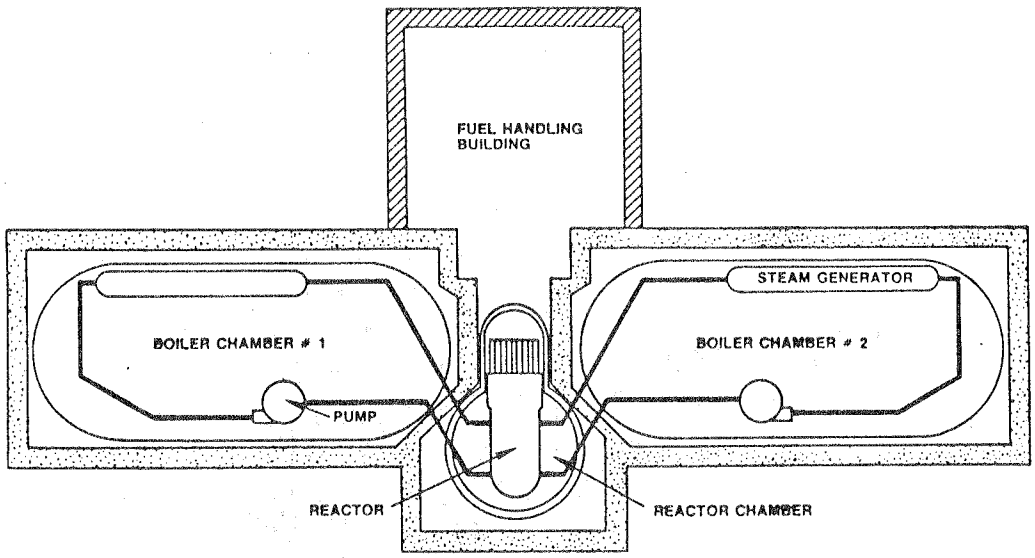


FIGURE 1

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

SHIPPINGPORT ATOMIC POWER STATION UNDERGROUND STRUCTURES

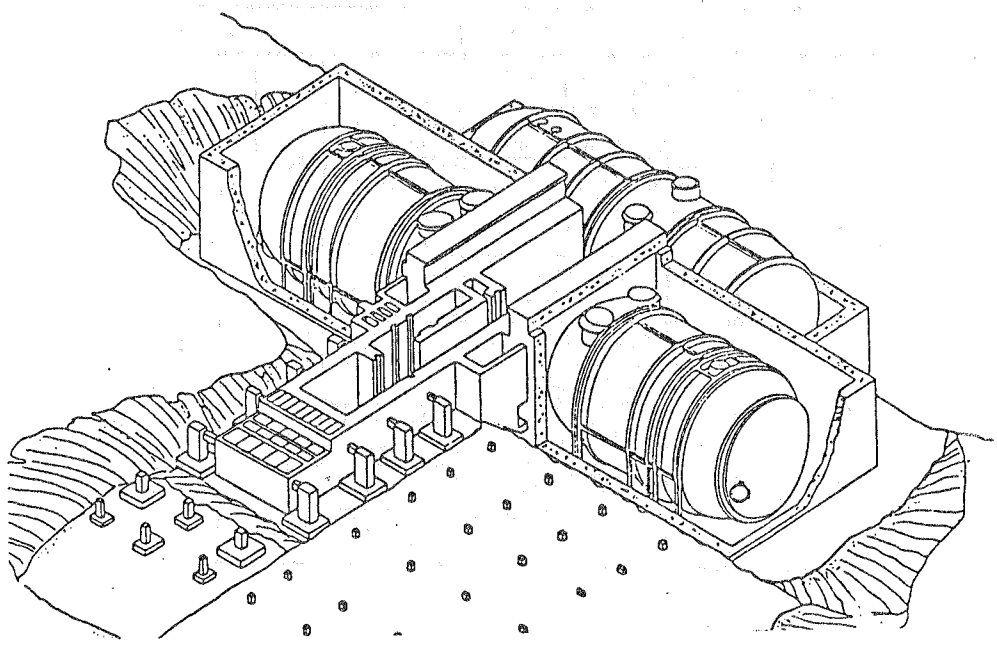


FIGURE 2

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

SHIPPINGPORT STATION SITE PLAN

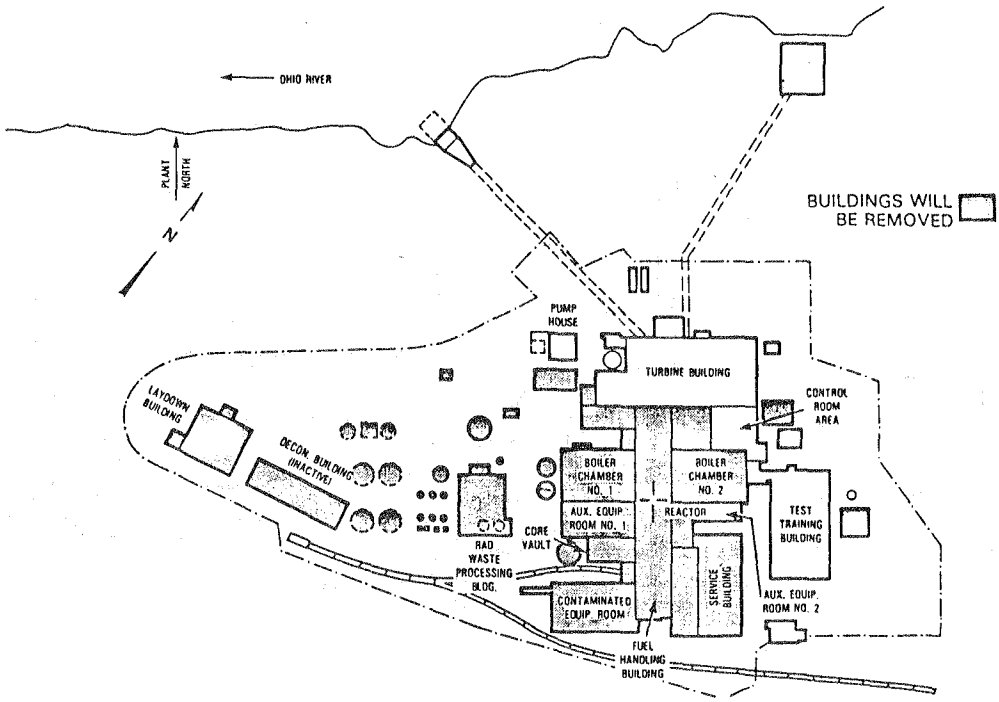


FIGURE 3

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

DOC SCHEDULE

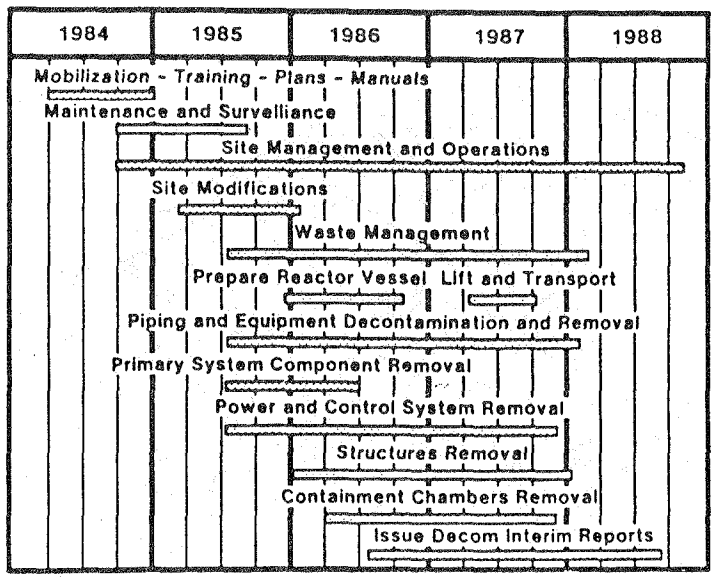


FIGURE 4

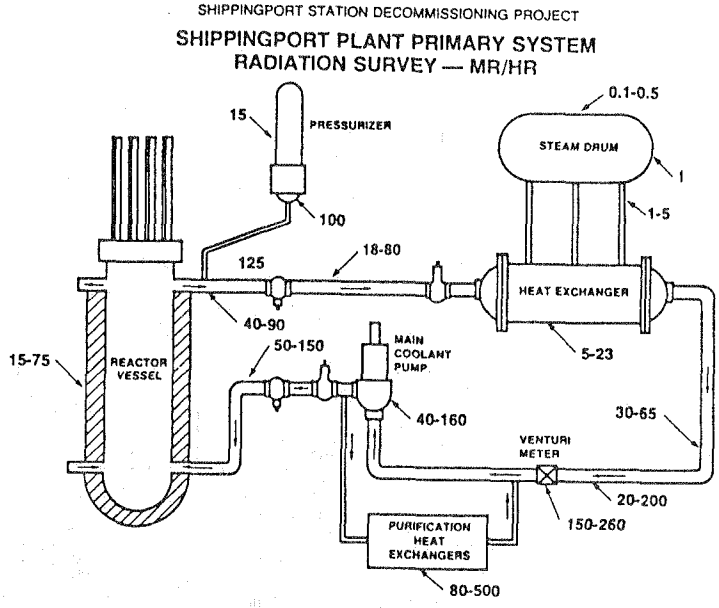


FIGURE 5

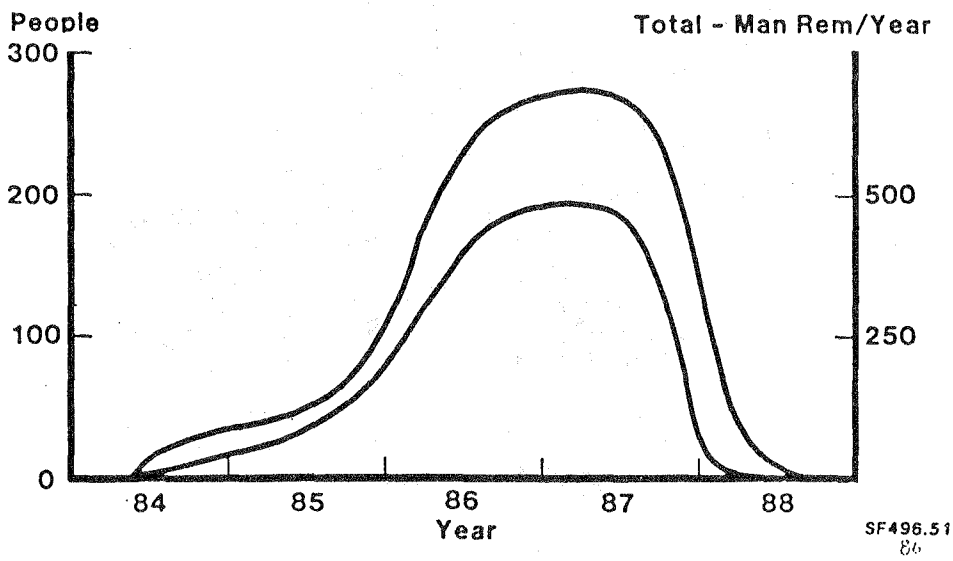


FIGURE 6

SHIPPINGPORT STATION
DECOMMISSIONING PROJECT

REACTOR VESSEL PACKAGE

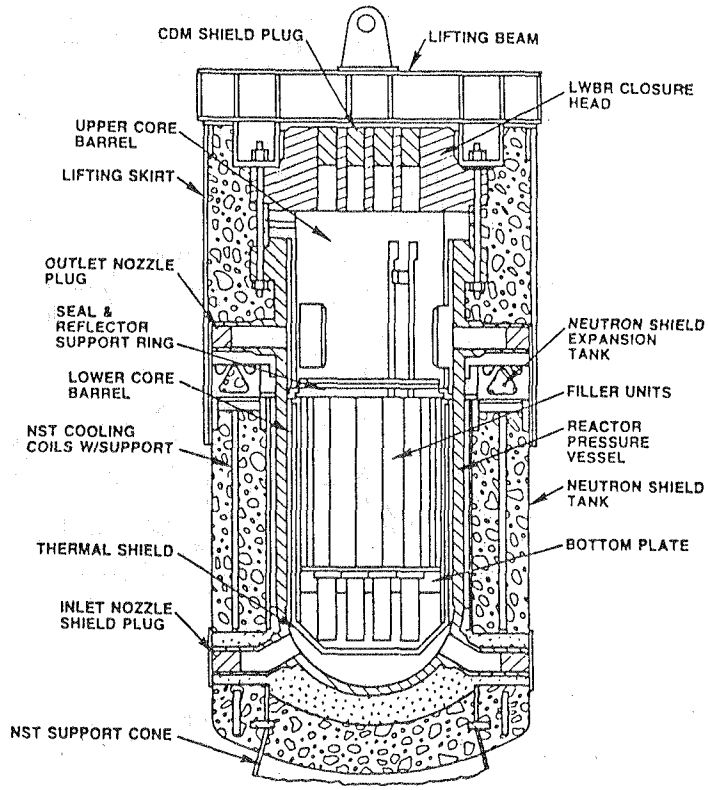


FIGURE 7

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

LIFTING OF RPVI/NST PACKAGE

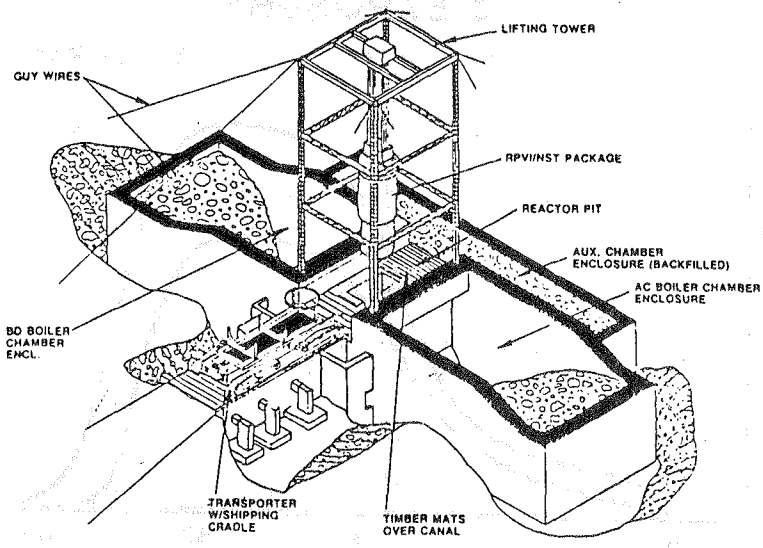


FIGURE 8

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

Reactor Pressure Vessel-Dimension Comparison

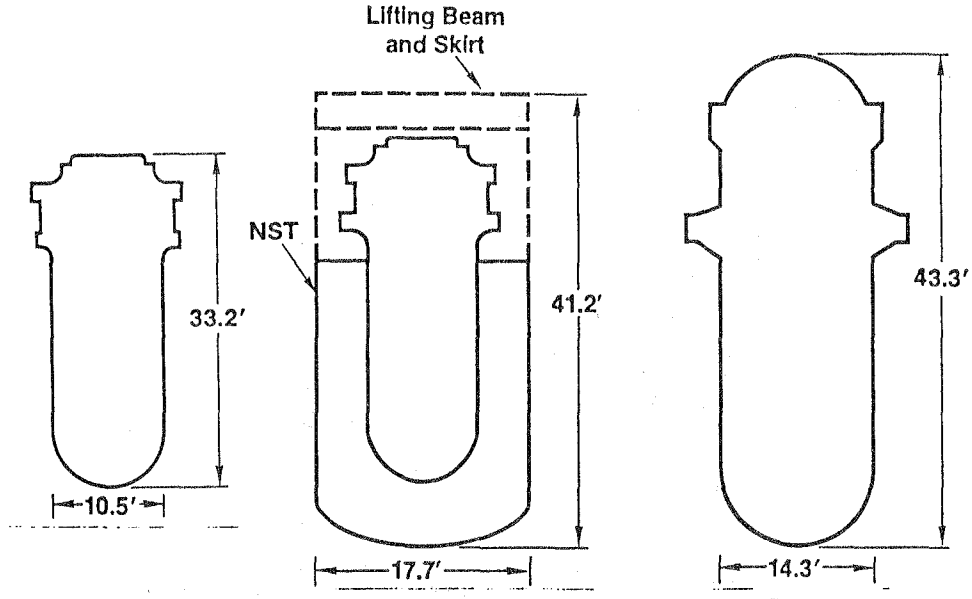


FIGURE 9

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

PORTABLE AIR-POWERED GUILLOTINE SAW

CIRCULAR CUTTING MACHINE

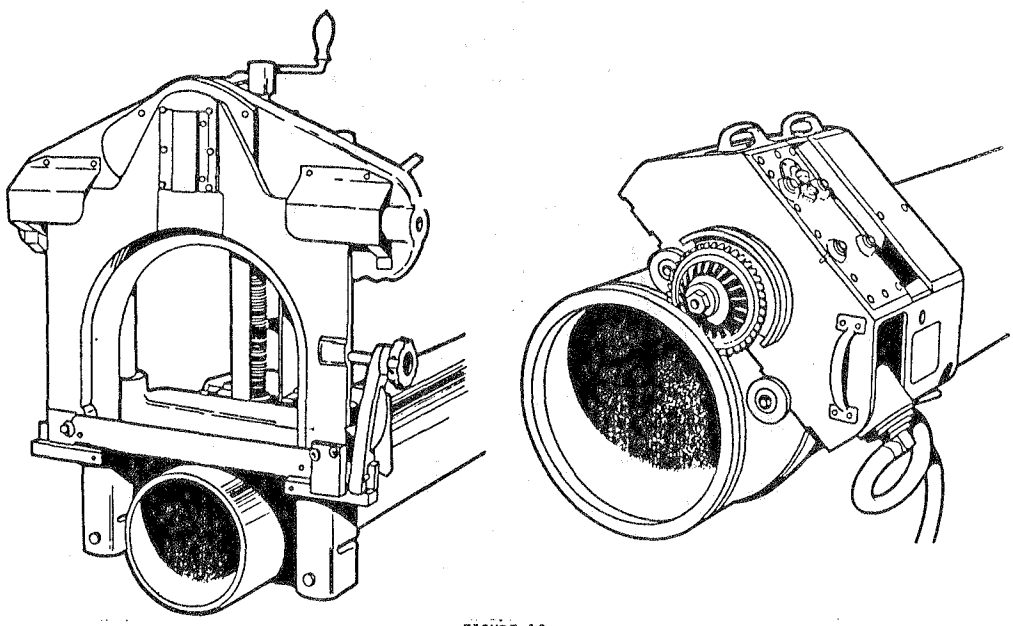


FIGURE 10

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

UNDERWATER PLASMA ARC CUTTING SYSTEM

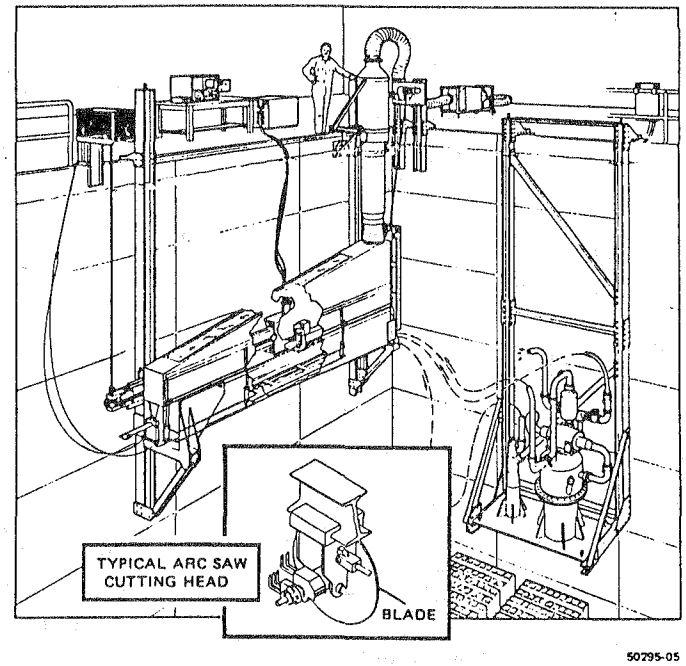


FIGURE 11

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

FLOOR SCABBLER

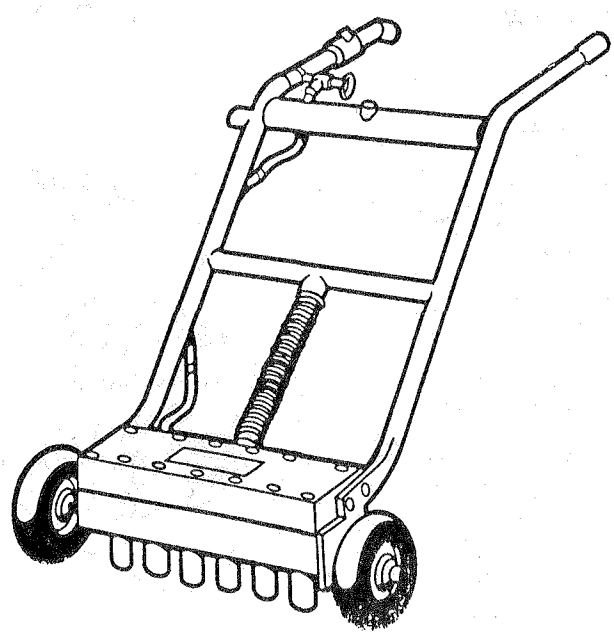


FIGURE 12

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

CONCRETE SPALLER WITH HYDRAULIC CYLINDER

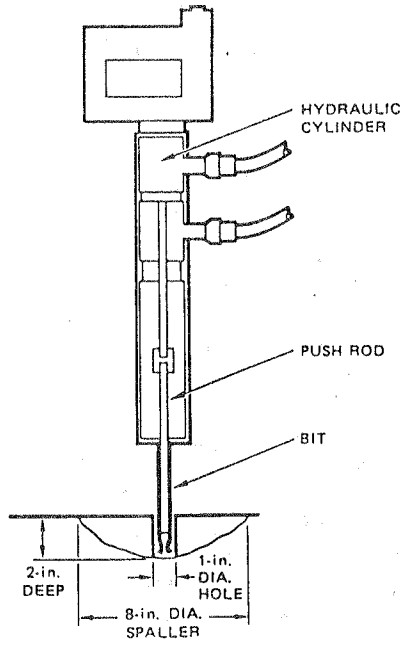


FIGURE 13

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

SCHEMATIC OF A WATER CANNON BASIC COMPONENTS

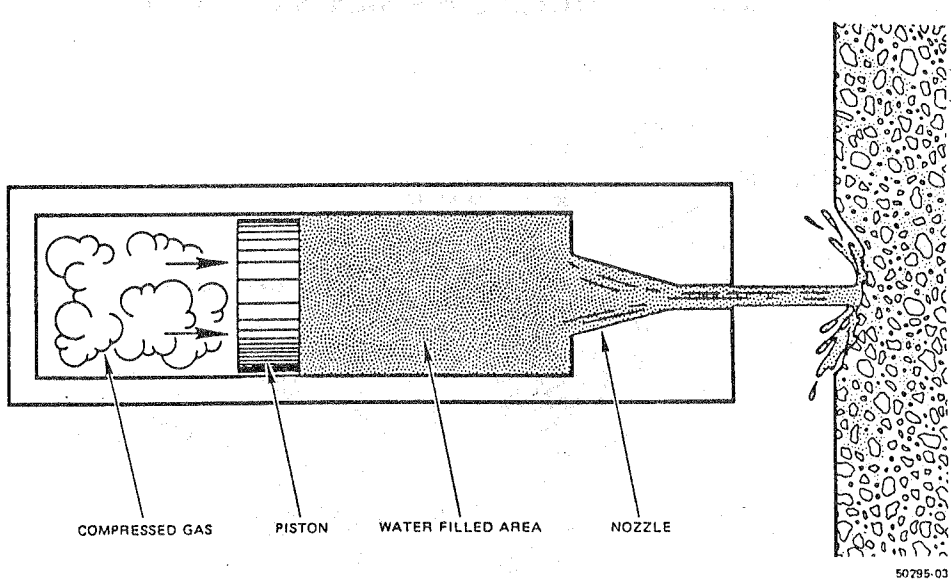


FIGURE 14

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

ROBOT USED FOR REPETITIVE DECOMMISSIONING OPERATIONS

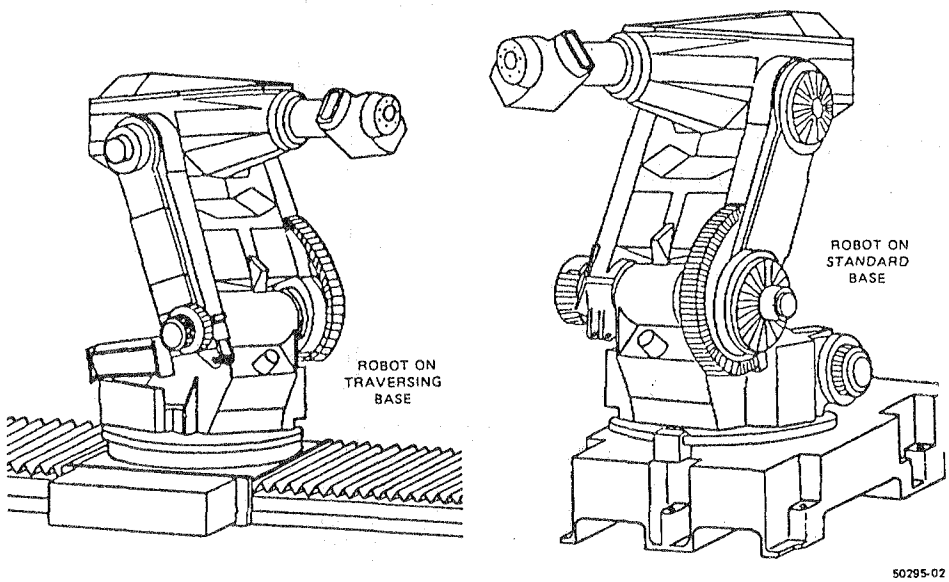


FIGURE 15

SHIPPINGPORT STATION DECOMMISSIONING PROJECT

RPVI/NST PACKAGE AND OTHER COMPONENTS ON BARGE

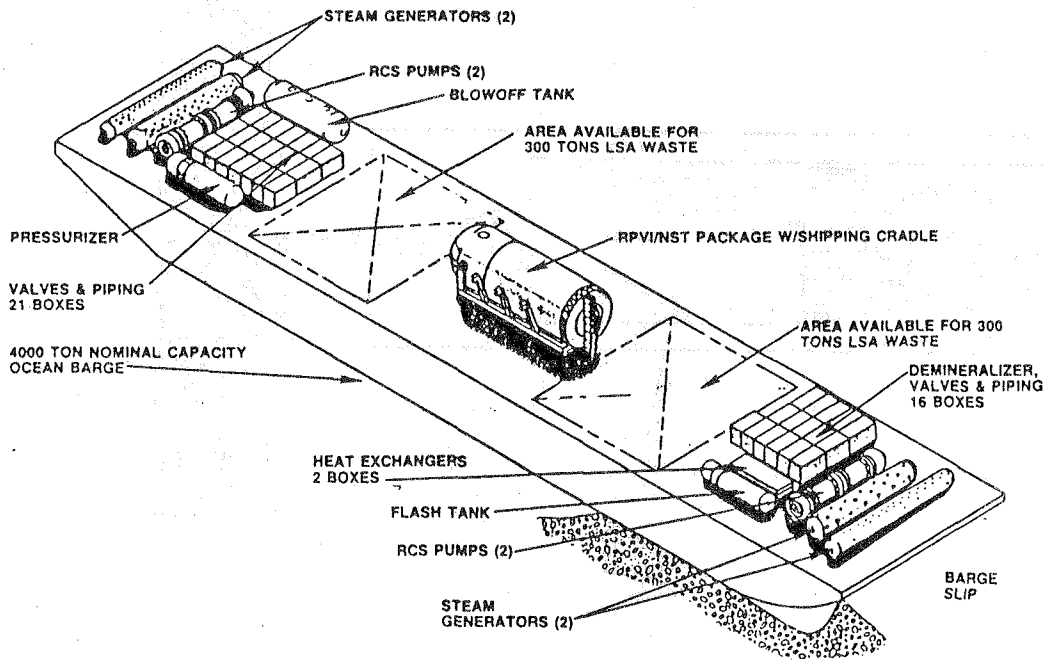


FIGURE 16

SHIPPINGPORT STATION
DECOMMISSIONING
PROJECT

BARGE TRANSPORTATION ROUTE

FIGURE 17

UNITED STATES ADVANCED TECHNOLOGIES-- THE ASSURANCE OF LOW PRICES

JOHN R. LONGENECKER
DEPUTY ASSISTANT SECRETARY FOR URANIUM ENRICHMENT
UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY

Mr. Chairman, honored guests, good afternoon and thank you for allowing me to participate in this very prestigious international forum. In reviewing the basic theme of this conference, several goals stood out:

1) To strengthen the technological & economic foundation of the industry, and

2) To achieve this by consistently applying advanced technologies and making the nuclear industry the locomotive of industrial technologies.

The accomplishments described to you by the international representatives during the last two days shows that great strides are being made toward achievement of these goals. Some of the most notable accomplishments in the advancement of nuclear power, of course, are occuring here in Japan. As my friend, Mr. Toyota, described for you in his keynote address this morning, Tokyo Electric as well as other Japanese utilities, are constructing and operating nuclear power plants in a manner that sets a very high standard for the United States and the rest of the world. Japan is making important strides in development of the nuclear fuel cycle, and I want to congratulate you and wish your success in your uranium enrichment and other fuel cycle endeavors of the Japan Nuclear Fuel Industries Company.

We in the United States share the goals stated in the theme for this conference and it is my pleasure today to address the application of advanced technologies for uranium enrichment as a means by which we can assure that nuclear fuel costs will remain competitive in the future.

Introdustion

The future of any supplier in today's uranium enrichment market depends on his ability to be price competitive both in the near and long term. Considering the duration of enrichment contracts, customers make purchase decisions based not only on a supplier's ability to deliver reasonably priced material now, but also on the likelihood that his price will remain competitive in the future. The United States is strongly committed to advanced enrichment technology development, and has brought both the Advanced Gas Centrifuge (AGC) and Atomic Vapor Laser Isotope Separation (AVLIS) programs to a point of significant technical refinement. The ability to deploy advanced technologies is the basis for our confidence in competitive future prices. Unfortunately, developing advanced technologies is capital intensive, and continued near term large investment in these programs must be measured against their potential for assured future cost reductions.

Recognizing the fierce competition in the international marketplace today, we are working to strike an appropriate balance between keeping near-term expenditures down and assuring the retention of our ability to promptly deploy new technology in the future. The year 1985 is a key year for advanced technology development in the United States since we will be making a decision in a few weeks on whether to pursue AVLIS or AGC as our primary enrichment technology for the future. Making a sound technical and business decision and then proceeding with a logical demonstration plan, could reduce considerably the costs of deploying advanced technology as compared to our plan in 1983 and will allow near term price reductions. Choosing the proper path to deployment of new technology, is critical to the Department of Energy's (DOE) price competitiveness over the next 2 decades. In developing advanced enrichment technologies, there are two primary concerns. First, we want to be certain that the winning technology is fully demonstrated prior to deployment to assure that the costs and schedule of bringing that technology into commercial operation are well known. This is absolutely essential from an investment point of view considering the billions of dollars required to deploy either technology. Secondly, we want to be certain that deployment plans are realistic in the context of our business strategy for the marketplace. The size of new capacity additions must match our customer's demand and our plans should not be constrained by insufficient funds. A deployment plan that can be financed by internally generated funds with possible private capital must be in place before we make a significant new investment in deploying advanced technology. Deployment planning must consider

environmental, safety, and socioeconomic factors. Also, the introduction of new technology in small increments can provide the flexibility to respond to rapid changes in customer demand, technology advancements, and changes in the availability of capital. Simply put, our deployment plan must be flexible.

The precise timing and scale of new capacity additions depends largely on the demonstrated technical and economic benefit of the selected technology and a determination that deployment of new technology will result in making the DOE enrichment enterprise more competitive. It is our singular objective in the U.S. enrichment program to deploy new technologies in a manner that will result in lower price to customers. We plan to continue the trend begun in 1984 of reducing our prices.

Background on Technology Selection Process

In 1983, both AGC and AVLIS advocates proposed that the decision be based on full scale demonstration of both technologies in 1987. Because of the capital intensive nature of full scale demonstration programs, DOE decided that it would be most cost effective for the enterprise to proceed with partial scale demonstration and make a selection earlier than 1987. This approach allows DOE to focus available funding on rapidly advancing the selected technology and most importantly, will play a key role in keeping near term prices down. Preparation for the selection between AGC and AVLIS technologies began in late 1983, when we held a comprehensive review of the status of both technologies. In this timeframe, we sought input from both AGC and AVLIS advocates on how a fair and thorough comparison of the technologies might be conducted. In early 1984, then Secretary of Energy Hodel approved a revised uranium enrichment strategy that led to restructuring both technology programs to support a technology choice by 1985. The draft criteria for the selection were issued in April 1984, and an independent assessment agent, the Mitre Corporation, was selected to assist DOE in the evaluation process. The initial exchange of design documents and scientific data began in May 1984. Secretary Hodel named seven individuals with technical, economic, and business experience to serve on a Process Evaluation Board (PEB) that would manage the evaluation and selection. After the Secretary endorsed the PEB charter, the Board promptly set about the business of finalizing the selection criteria and establishing the details of the PEB selection process.

A summary of the criteria used by the PEB is shown in Figure 1. You will note that they include both technical and economic factors and strongly indicate that this is a business decision. The review process was divided into three parts as shown in Figure 2. The review initially focused on the technology and engineering design basis for each process, proceeded to the definition of a reference plant design for both AGC and AVLIS and is now focusing on a financial analysis of incorporating either technology into the uranium enrichment enterprise. The schedule of major PEB activities is shown in Figure 3. The final PEB meeting was held last week with AGC & AVLIS advocates and the board is now conducting its analysis and awaiting final experimental results.

AGC Program Highlights

By way of reference, the U.S. AGC (Set V machine) is intended to provide triple the separative performance of the baseline 200 separative work units per year centrifuge now being installed in the Gas Centrifuge Enrichment (GCEP) plant. In the past year, significant progress has been achieved.

Currently, the AGC program is testing complete full size centrifuges and minicentrifuges in the Set V operating regime and Production of 360 SWU/Yr was recently demonstrated. Before the PEB decision in May 1985, nine full size rotors and eight minicentrifuges will have been operated. Separative performance will have been optimized to within 10 percent in a centrifuge machine operating at 85 percent of full speed and improved lower suspension systems will have been tested for 2 months.

Figure 4 illustrates the AGC plant cost distribution as estimated by the centriguge advocates. You will note that 61 percent is amortization of capital, 36 percent is for operation and maintenance, and only 3 percent is for electricity.

AVLIS Highlights

The other advanced enrichment technology is the AVLIS program. AVLIS has made significant progress during the last year in the development of the laser and separator systems and in preparing for a one-half scale integrated enrichment experiment. In February 1984, a near full scale materials handling demonstration module went into operation and recently completed a 100 hour

(25 percent of plant run time) demonstration of liquid uranium materials handling. Plant prototypic copper vapor lasers were developed and tested and are now being integrated into a high power laser demonstration facility. Laser enrichment will take place in a half-scale, plant prototypical uranium vaporizer/separator facility at the Lawrence Livermore National Laboratory. At this time, AVLIS has successfully integrated the laser and separator facilities at low laser power. Additional runs over the next month at increased laser power should provide significant increases in separative work. Results of these experiments, along with the centrifuge test data previously described, will provide a basis on which the PEB will make its May 1985 recommendation to the Secretary. A breakdown of AVLIS production plant costs, as estimated by its proponents is shown in Figure 5. You will note that amortization of capital represents 35 percent, operating cost represents 43 percent, and electricity 22 percent of the total AVLIS production cost estimate.

How We Proceed After Process Selection

After the PEB has made its recommendation, DOE will announce a demonstration and deployment plan for the selected technology. A decision to deploy the selected technology depends, obviously, on a successful demonstration that: (1) operating costs are significantly lower than that of gaseous diffusion; and (2) that deployment would keep DOE's price in the competitive range. The estimate by the advocates of the funding required to complete GCEP with Set V technology is nearly $4 billion and the estimate by the AVLIS advocates for development and construction of a commercial scale facility of similar capacity is about $2 billion. Given the magnitude of these potential investments and the potential impacts on the future of the U.S. uranium enrichment enterprise, DOE must and will approach this decision with great care.

First and foremost, a well planned demonstration program is of paramount importance to the decision. Demonstration must focus on validating, at full scale, the technical and economic estimates and test results that were generated during the techbology selection. We believe that within 2-3 years after process selection, we will have an adequate data base upon which to make the decision on when to introduce new technology into our enrichment complex. For this multi-billion dollar deployment decision, we will utilize standard investment criteria. We will look at the total capital required to build a new plant considering the available revenue stream, estimates of annual operating outlays, the estimated payback period for the investment,

internal rates of return, and other standard figures of merit. Underlying all of these measures will be the demonstrated ability of the selected new technology to lower DOE's enrichment price and to keep the United States competitive in the long term.

We understand fully that deployment timing for either technology must be a careful balance between the thorough demonstration of the technical and economic potential of the technology before making a large capital investment and the desire to introduce new technology promptly so as to assure our future economic competitiveness.

Fortunately, recent improvements in the operation of the gaseous diffusion plants has the dual benefit of giving us more time to demonstrate the technical and economic merits of the selected technology and to arrange financing methods for new capacity.

Our strategy is to remain fully committed to advanced technology deployment as a means of assuring the lowest possible price, and we intend to proceed in a manner that (1) fully demonstrates the technical and economic benefits of the technology and (2) deploys the technology as fast as possible once a deployment decision has been made.

Summary

Progress in the development of both the AGC and AVLIS technologies has been dramatic over the last 12 months. We have high confidence that either technology can be made to work effectively. Which of the two is expected to operate most reliably and provide the lowest cost when deployed will be the primary basis for our decision this May.

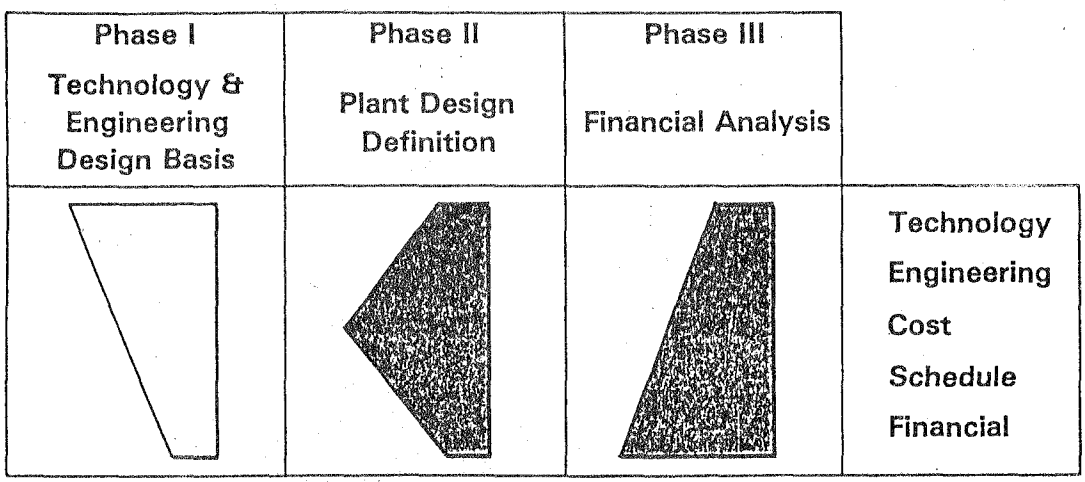
We are committed to being more businesslike and to developing and deploying new technology in a timeframe that results in lower costs to our customers. We do not plan to relinquish our leadership in advanced enrichment technology development. However, we do not view outspending out competition as a good measure of our leadership. Our key objectives are to maximize our sales volume and minimize our operating costs. We are dedicated to meeting these objectives and making the future of uranium enrichment in the United States a very bright one.

In summary, the U.S. uranium enrichment program is on a course toward lower prices, more flexible terms, and continued international competitiveness. We believe that this will help utilities in Japan and other countries supply low cost energy to their consumers on a reliable, long term basis. We thank our valued customers in Japan for their continued support and cooperation in this regard. We look forward to continuing our longstanding warm relationships with you. Thank you again for the opportunity to address this distinguished forum.

FIGURE 1 Selection Criteria For Enrichment Technologies

- **Major Figures of Merit**
  1. SWU Price
  2. Return on Investment
  3. Total Enterprise Cost
- **Major Consideration In Figures of Merit**
  1. Technical Feasibility of Each Concept
  2. Validity of Capital Costs To Construct Facility
  3. Validity of Operating & Maintenance Costs
  4. Future Potential For Privatization of Concept
  5. Ability To Deploy Concept Commercially in the Time Frame in Which U.S. Needs Cost-Competitive, New Capacity
  6. Ability to Maintain Viable Program Within Existing Budget Constraints
  7. Relative Risk of Each Process In Meeting Cost Goals
  8. Demand For Enriched Uranium
  9. Flexibility to Adjust to Variation in Demand

FIGURE 2 Process Selection: Review Emphasis & Format



Phase 0 Exchange of Existing Documents
Baseline Design Definition

Phase I, II & III
- Information Briefing
- Document Exchange
- Meet & Confer
- Point/Counterpoint Review Meeting

FIGURE 3

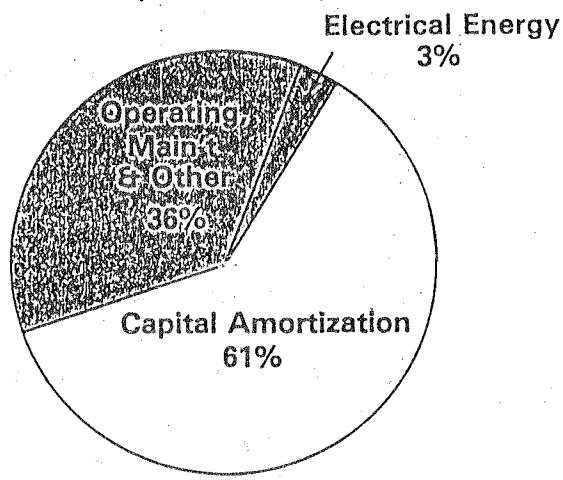
Process Selection Schedule

• Interim Selection Criteria	Apr 17, 1984
• Establish Methodology For Comparison	Jul 31, 1984
• 1st Major Review Meeting	Oct 1984
• 2nd Major Review Meeting	Dec 1984
• 3rd Major Review Meeting	Feb 1985
• Experimental Data Cutoff	Apr 1985
• 4th Major Review Meeting	Apr 1985
• Complete Evaluation & Prepare PEB Report	May 1985

FIGURE 4

AGC Production Plant Cost Distribution

(13 M SWU/Yr)

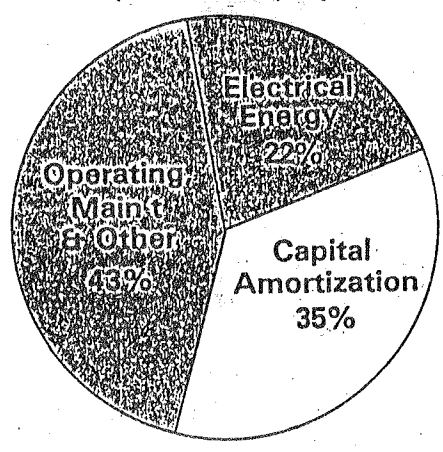


* Including Development

FIGURE 5

AVLIS Production Plant Cost Distribution

(12 M SWU/Yr)



燃料開発への新技術の導入

動力炉・核燃料開発事業団
理事　植松　邦彦

動力炉・核燃料開発事業団は、原子力の先端技術開発に積極的に取り組んでおり、周辺の産業界に沸き起こっている新技術開発の動向を観察すると共に核燃料開発に役立つ新技術の採用には常々努力を払っている。

核燃料開発技術は、放射性物質を取り扱う設備産業技術の性格を有しているので、新技術を応用することにより、①工程の簡素化、②遠隔化、③自動化などを計ることができ、その結果、省力化、被曝低減化、低コスト化が期待できるわけである。さらに装置類の寿命延長、保守・補修に要する時間の短縮、廃棄物の発生量の減少あるいは効率的な核物質防護なども期待できる。

以上のような観点から事業団では、核燃料サイクル諸施設で新技術を開発中であるが、そのうち、主なもの５つについて紹介する。

(1)　マイクロ波技術
(2)　高品位ＴＶカメラ技術
(3)　トモグラフィー技術
(4)　光ファイバー技術
(5)　ロボット・マニピュレータ技術

1．Micro 波技術

図－1はマイクロ波による液体の加熱曲線を示している。硝酸溶液を例にとると、マイクロ波を照射するとごく初期において硝酸溶液の昇温が起こり、次いで溶液の濃縮が起こり、硝酸塩の加熱が起こってついには硝酸塩の熱分解、酸化物の生成が短時間に起こることを示している。

（図－1）

マイクロ波は、液体の内部加熱をするのに効率のよい方法であることは良く知られているところである。硝酸溶液についても同じことである。こういったマイクロ波による溶液の加熱特性を用いて、動燃ではマイクロ波によるU・Pu硝酸溶液の直接脱硝技術を開発している。この直接脱硝技術の特徴は、表－1に示すようにプロセスの時間が短く、また廃液の発生量が少ないというところにある。特に廃液の発生量が少ないことは重要な点である。この技術を応用して動燃はすでに実用的規模のプルトニウム転換施設を建設し、運転している。すでに累計約1ton のU・Puの転換が達成されている。

（表－1）

また、マイクロ波による加熱は、溶液の加熱にとどまらず、色々なものの内部加熱ができる。例えば写真－1で示すように、Puで汚染された廃棄物のCeramic 固化処理を行っている。ここに示しているのはヘパフィルターなどにマイクロ波を照射すると、岩石のような非常に強固な固体ができる状態である。この技術は現在動燃が建設中のPuによって汚染された廃棄物の処理施設で使われる予定になっている。

（写真－１）

ところで、マイクロ波を加熱という面だけではなくて、マイクロ波の反射を液面制御に活用しようとする例も開発中である。高レベル廃液のガラス固化用溶解炉の運転においては、液面の制御が重要であり、常に液面位の確認をすることが重要であるが、高温・高放射能という点から通常の液面測定では達成が容易ではない。そこで図－２に示すようにマイクロ波の液面からの反射を利用した非接触型の液面計を開発して、高レベル廃棄物のガラス固化溶融炉の運転に使用するための試験を実施している。

（図－２）

２．高品位ＴＶカメラ技術

次に、ＮＨＫなどが開発し、今回のつくば科学万博などでも良く使われている高品位ＴＶカメラ技術である。この高品位ＴＶカメラ技術は、写真－２で示すように非常に高い視認性がその特徴である。この写真の人形のえりの部分と帯の部分のもようを比較すると、そのDetailが明らかであることがよくわかる。この視認性が優れているので色々な活用方法が考えられる。

（写真－２）

写真－３は、ホット・セル内の遠隔補修の場合のセル内の視覚システムとしての実用試験を行っている例であり、高品位ＴＶカメラの軽量化、耐放射線性、耐硝酸雰囲気性などの向上が計られ、セル内での実用化が近づきつつある。非常に鮮明度が高いことから三次元テレビを使用しなくても大画面の高品位ＴＶカメラを使用することによって、三次元的な印象をオペレーターに与えることが出来ることが非常に大きな特徴である。

（写真－３）

写真－４は、高品位ＴＶカメラ技術の高解像度から、燃料の外観検査などに適用されている例である。これは燃料被覆管の表面の小さなキズを示しており、画面下方にあるように通常のテレビによる場合は、ブレアーが起こり細かい傷まで観察することが容易ではない。高品位ＴＶカメラ技術を使用し、またカラー処理を行うと、非常に容易であり、またオペレーターを疲れさせずに欠陥部分を確認することができる。この方法により、生産性の向上、被爆の低減、自動化を計ることが出来、動燃ではこれを実用化している。

（写真－４）

３．トモグラフィー技術

トモグラフィーの医学面での応用はいちじるしい進歩を示している。同様のトモグラフィーの方法が原子力の分野にも適用可能である。写真－５は高レベル廃液のガラス固化体を作った場合、ガラス固化体の内部情況を非破壊的に観察することができる例を示している。

上のほうはガラス固化体を切断した形状であり、それを非破壊的にトモグラフィーで撮ったのが下の写真である。

（写真－５）

トモグラフィーの方法は照射された燃料ピンの内部を非破壊的に観察することにも使用が可能になってきており、写真－６は非常に高い燃焼度の燃料ピンの断面写真とその場所のトモグラフィーを示したものである。うまくデータ処理をすることによって、ピンの内部を観察することが出来るようになっている。

（写真－６）

さらにデータ処理を行って、各核種ごとの分布を測定することが容易にできる。写真－７に示すように各核種ごとの軸方向、半径方向の核種分布を三次元的に表示することも可能であり、動燃では燃料ピンの非破壊的測定に実用している。

（写真－７）

４．光ファイバー技術

光ファイバーの実用もまことに目ざましいものがある。従来の分析には、発光分析、吸光分析などの分析法がよく使われているが、これらの装置は精密な光学系や電気系を含むため、運転・保守の面から放射線の強いホット・セル内に設置することは非常に困難である。このために従来は測定すべき放射性物質をセル外に持出して来て測定していたが、これは放射性物質による汚染を引き起こす可能性があるという問題がある。

図－３は、発光分光分析装置の発光部をセル内に設置したところを示したものであり、また、写真－８はプラズマトーチで非常に高い温度が作られているところを示したものである。

（図－３、写真－８）

プラズマトーチによる発光部分を光ファイバーを経由して観察すると、写真－９に示すように見えるわけである。

（写真－９）

写真－10は、発光させた信号を光ファイバーを経由して、セル

外におかれた発光分光分析装置に導いて、分析しているところである。この装置はすでに動燃で実用化され、非常に高い放射能をもった物質の分析に非常に威力を発揮している。

（写真－10）

5．Robot ・マニピュレータ技術

マスタースレーブマニピュレーターでホット・セル内の作業が行われるわけであるが、セル内で遠隔的な保守作業を行う場合には、保守作業の作業感覚が操作員にフィード・バックされることが大切である。これによってより精密な作業を行うことが可能になる。また、写真－11に示すような両腕型のマニピュレーターであれば、両腕による協調作業が可能となり、作業性の向上が計られる。

（写真－11）

Robot の活用の面は非常に巾の広いものがある。その一例を示すと写真－12に示すように大型固体廃棄物の解体のために、プラズマ溶断ロボットを開発し、動燃ではすでに実証試験を行っている最中である。

（写真－12）

東海再処理工場の溶解槽の補修にRobot が活躍した。図－4で示すように溶解槽を内部から検査し、それを遠隔的に補修をするという作業を実施した。これは非常に困難な作業であったが、ロボットの活躍により成功している。

（図－4）

また、写真－13は、再処理工場の溶解槽の補修に使用した溶接Robot の一部を示したものである。

（写真－13）

写真－14は、現在東海で建設中の大型ＭＯＸ燃料の加工施設である。この加工施設では、多くの遠隔自動化、省力化、被曝低減化技術が取り入れられている。

（写真－14）

また、図－５は、動燃でＭＯＸ燃料の加工時の作業員被ばくを示したものである。動燃では“常陽”ＭＫ－Ⅰの燃料を２ton 製造したが、この時に作業員が受けた被ばく線量を１とすると、これに引続いて行われた“常陽”ＭＫ－Ⅱ燃料の製造においては、推定約３倍の被ばくがあるであろうと予想したが、製造工程の機械化により被ばく量がＭＫ－Ⅰ製造時と同程度におさえることが出来た。

今度の施設においては、非常に大きな製造量をもっていると同時に、取り扱うプルトニウムも、次第に高次化することになるので、“常陽”ＭＫ－Ⅰ燃料の製造方式と同じ方式をとったとすれば、約15倍位の被ばく線量が予測される。しかし、遠隔自動化によって、被ばく線量が従来のそれと比較して少ない量におさえることが出来ると考えている。

（図－５）

以上のように動燃事業団では、燃料の開発に適用できる新しい技術を常に観察し、新技術を積極的に開発して来ている。

今回は動燃の行っている新技術開発の一部を紹介した。

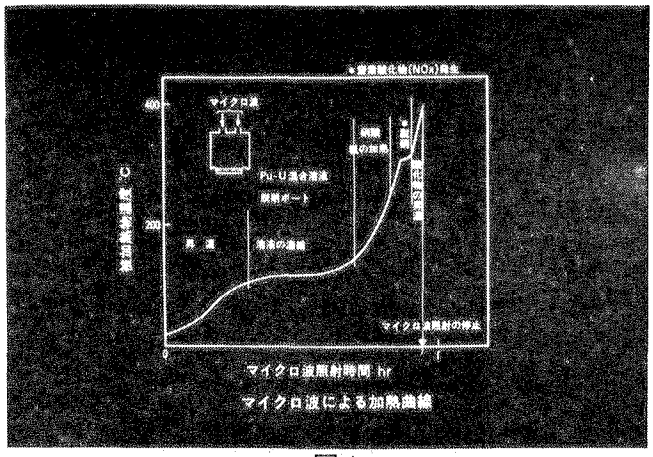


図1

マイクロ波加熱直接脱硝法の特長

- プロセスが短く操作が単純
- 生成粉末の加工性が良好
- 廃液発生量が少ない
- 混合転換法に最適

表1

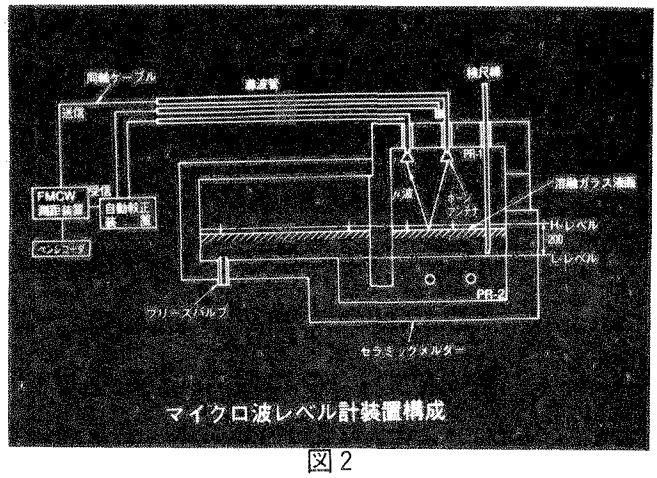


図2

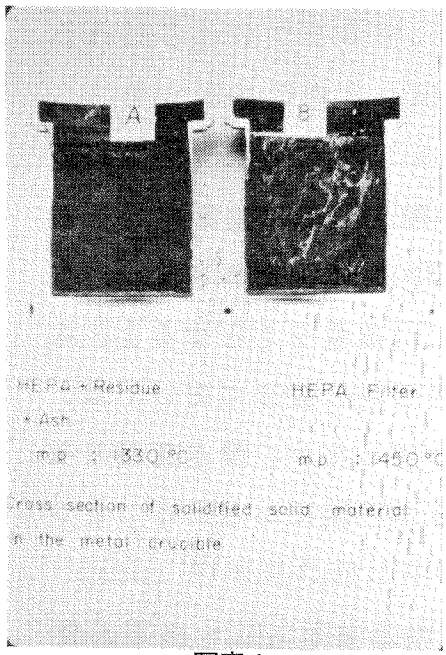


写真1

写真2

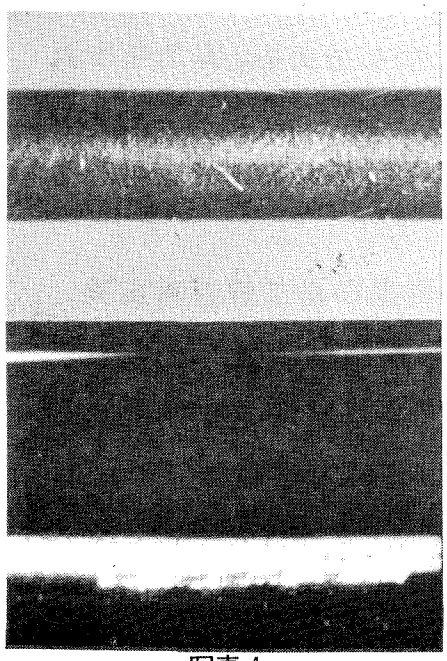


写真4

写真3 （出典：ORNL）

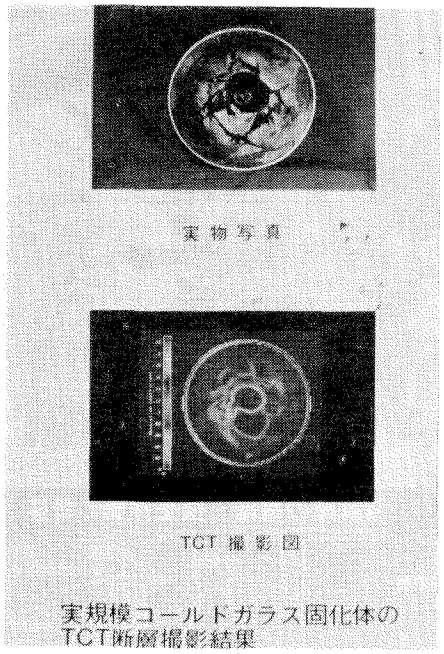


写真5

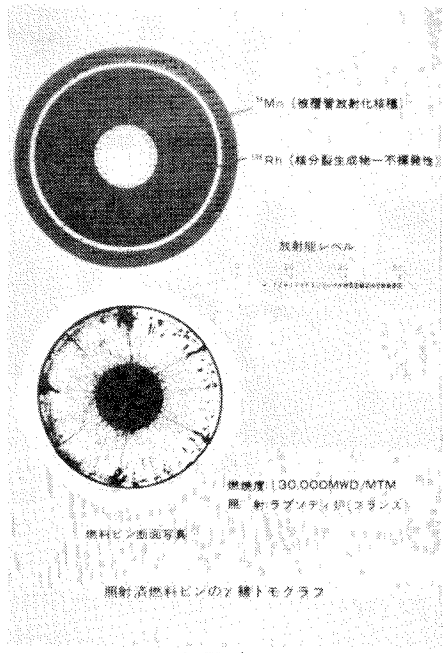


写真6

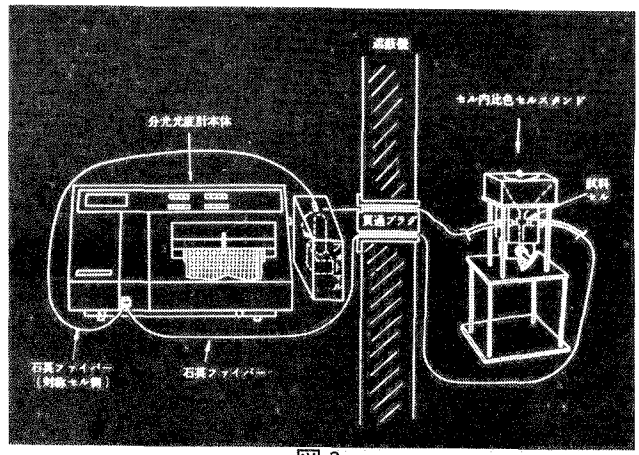


図3

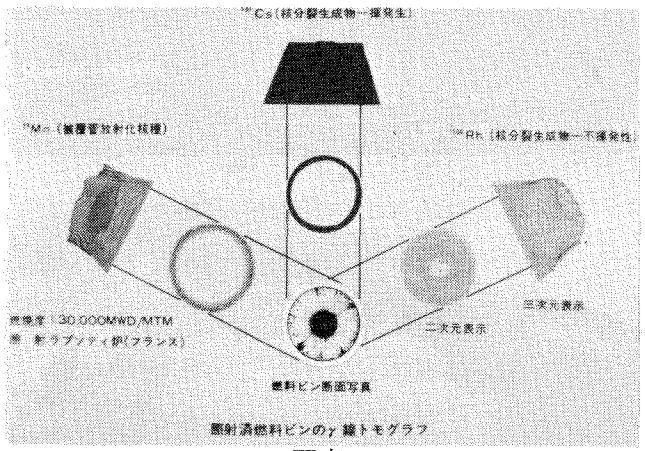


写真7

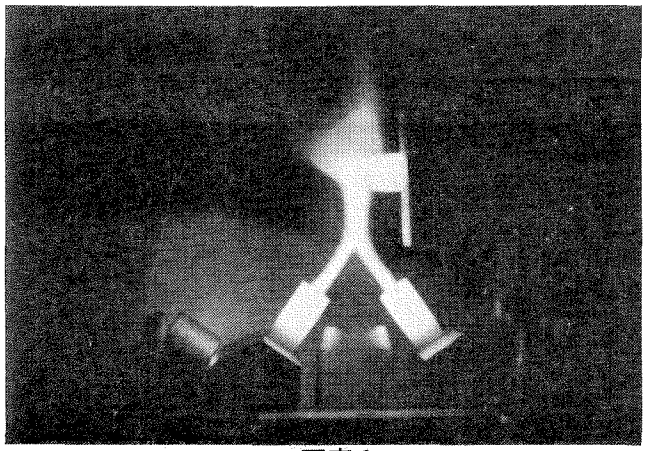


写真8

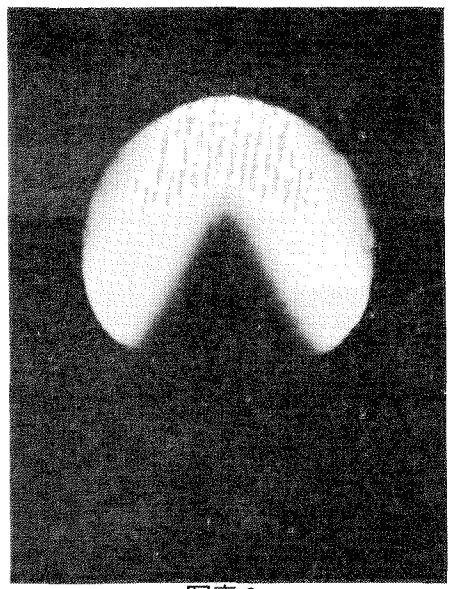


写真9

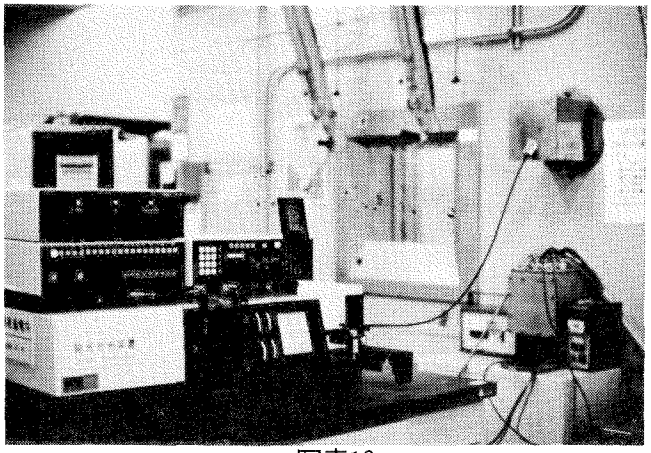


写真10

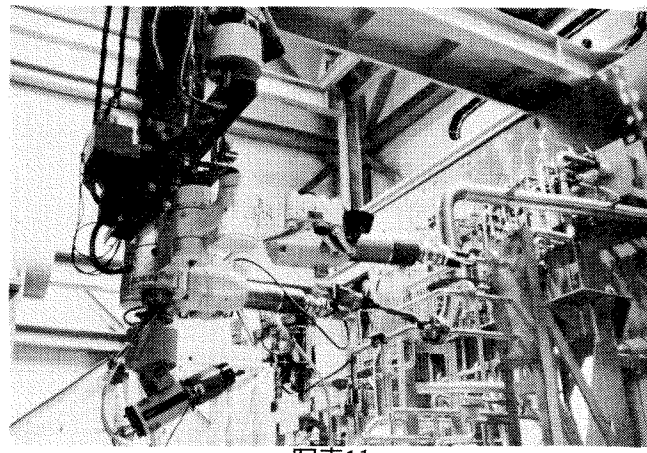


写真11

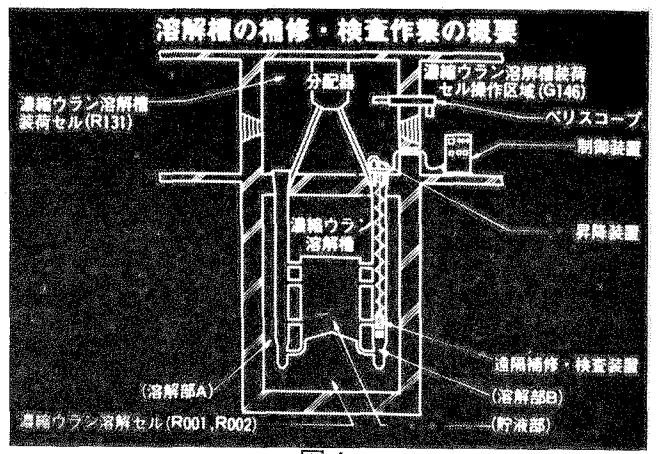


図4

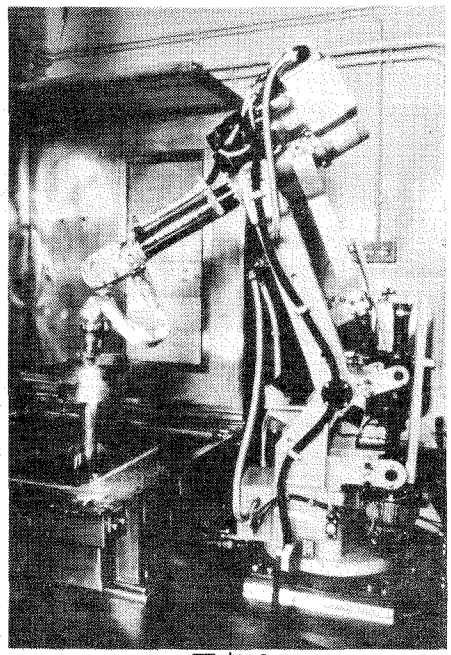


写真12

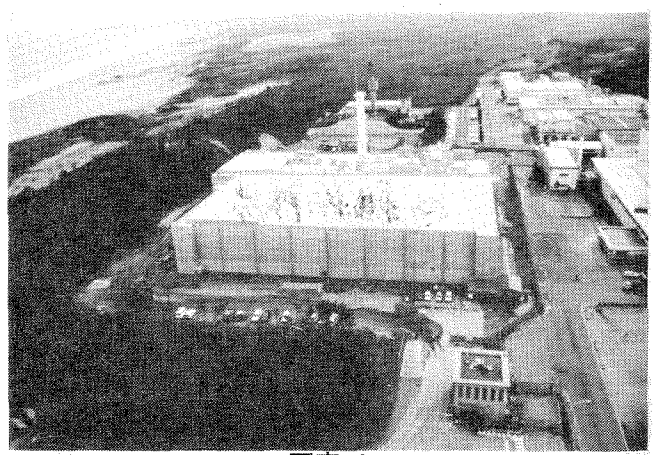


写真14

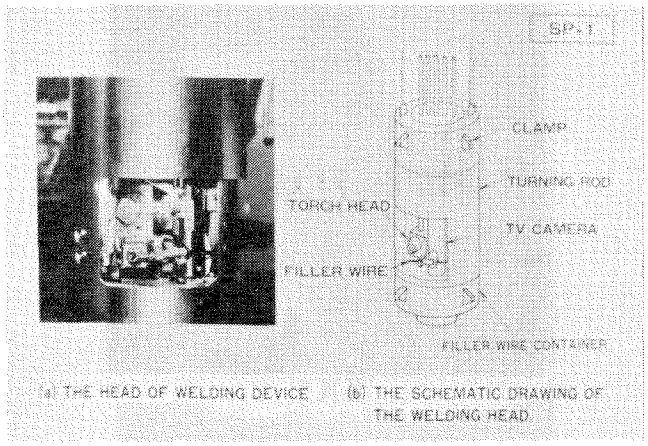


写真13

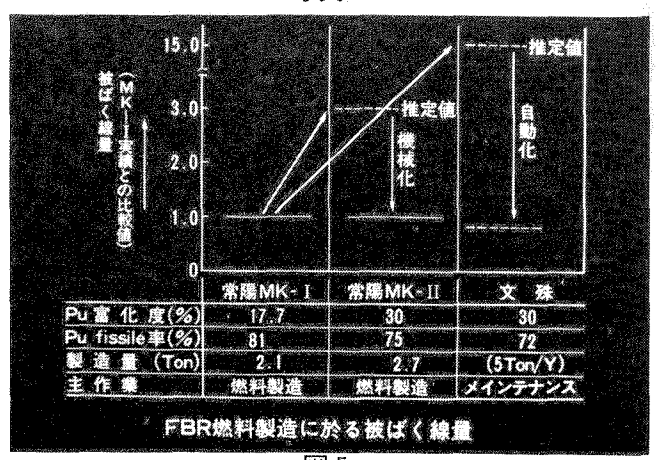


図5

ナーレーション

燃料の安全輸送技術

東京工業大学名誉教授（Professor Emeritus,
Tokyo Institute of Technology)
青　木　成　文（AOKI　Shigebumi)

我が国では現在２８基の原子力発電所が建設、運転中であり、１９８４年の設備利用率は年平均７２．３％を達成し、その後も極めて順調に稼動しており、更に３基が試運転中であって世間の注目を浴びるような事故も無い。このような状況の中で１９８４年８月２５日に発生した六フッ化ウラン(Uranium hexafluoride)UF_6輸送船「モン・ルイ」号の沈没事故は、遠くアジアの果てにある我が国にまで大きな影響を与え、さらに我が国の軽水炉使用済燃料がフランスで再処理されて抽出されたプルトニウムが、我が国に返還輸送されることが報道されたため世間の関心は核燃料の輸送に向けられるようになった。

輸送中の安全確保のためには、既に２０年に及ぶ技術的研究開発を重ねてその健全性を高めてあり、現在年間６００トン(ウラン)に及ぶ新燃料の陸上輸送やここ数年間に合計約１００回の使用済燃料の海上輸送を実施してきたが、軽微な事故すら１件も起こってはいない。世界的にみてもその事故発生の確率は極めて低い。

このような安全輸送を実施することが出来るようになった我が国における輸送容器の開発研究、実証試験、および輸送事故実証試験を、また米国および英国における実物試験を紹介して輸送の安全技術が如何に確保されているかについて述べる。

「１６㎜フィルム　我が国の開発試験　上映」

我が国に於いては、１９６６年以来、日本機械学会(Japan Society of Mechanical Engineers)において使用済燃料用輸送容器の基礎的開発研究実験を実施してきて多くの成果を上げてきた。とくに落下試験では系統的に縮尺を変えたモデルを用いて、１９６９年から２ケ年間実施された。

この試験塔は当時東村山にあった機械技術研究所に建設した実験施設であって９ｍの落下試験が出来る。

写真１

これは、１０トン　モデル　キャスクの水平落下試験である。

写真２

これはコーナー落下試験を示す。小型モデルで実験すると、とびはねて２次的な衝撃力を受けるので、これら一連の系統的な実験により、我が国は国際会議において小型モデルによる実験は不適当であることを提唱し、実験に使われたモデルの仕様を明示しなければならないことが決まった。

次の画面は　ショック　アブソーバーの効果を知るために行なわれた実験を示すものである。このフィルムから判るように　ショック　アブソーバーは輸送容器の健全性を維持するために是非必要であることを示している。

つぎに１９７３年から２年間実施された、野外火災試験の実況を示す。この実験は東京月島において実施されましたが、御覧のように、もうもうたる黒煙をあげ、大火災と誤認され、消防庁に東京湾のまわりの各地から火災通報が殺到したそうである。その後２度とこのような火災試験を野外で行うことは出来なくなった。

写真３

「ビデオ　電力中央研究所による実証試験」 上映

１９７７年から９ケ年計画、約６０億円の予算規模で「使用済燃料輸送容器信頼性実証試験」を、電力中央研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry)が武山試験研究センター(Takeyama Testing and Research Center)で実施している。この試験は重量約５０トンおよび約１００トンの２種類の実用規模輸送容器を用い、落下試験(Drop Test)、浸漬試験(Immersion Test)、吹き付け試験(Spray Test)、火災試験(Fire Test)、漏洩試験　(Leak Test)、遮蔽試験　(Shielding　Test) 及び 耐圧試験(pressure Test)などを行っている。この実験施設はこれらの試験が順に実施出来るように配置されている。最初に実験設備の幾つかを示している。

写真４

この画面は１００トン　キャスクの９メートル垂直落下試験(vertical　drop　test)を示している。上下の黄色の部分はショック　アブソーバーである。

写真５

次ぎに５０トン　キャスクの９メートル　コーナー落下試験を示す。この場合も可なり反跳しているのが判る。

写真６

次ぎは追加試験として試験基準の９m を越える１２メートル水平落下試験も実施している。これは高さの影響を見る為である。この試験でも異常は認められなかった。

次ぎに火災試験(fire test)の実施状況を示す。この場合は furnace test と呼ばれる方法がとられている。まずキャスクを炉内に入れ、点火する。この場合は炉の内部で火炎にさらされるので、野外試験のように炎の中のキャスクの状態を常時観察することは出来ない。しかし野外試験のような黒煙は出ない。このフィルムは１００トン キャスクの火災試験である。

写真７

この画面は８００℃、３０分の試験を終了して外に取り出したときである。燃えているのは中性子遮蔽用のレジンである。

次の画面は六フッ化ウラン(Uranium hexafluoride)ＵＦ６輸送容器の火災試験の実施後の状況を示すもので、外側容器を取り外しているところである。この輸送容器も火災試験要件を満たしていることが見られる。この容器はモン・ルイ号につまれていた容器より一回り小さいもので、我が国で使われているものである。

写真８

「３５㎜ スライド 3枚 動力炉・核燃料開発事業団によるトラック衝突実験」

国際原子力機関(International Atomic Egergy Agency) IAEAの輸送規則に規定されている試験基準では不十分であるとの声がある。これに対してはIAEA規則に定められた試験要件を越える条件での種々の実験が方々で実施されている。たとえば、後に示すように最近各国で行なわれている実物試験に倣って我が国でも放射性物質を輸送中のトラックの衝突実験を実施して、積載物の固縛(tie－down) 方法の確立のためのデータを確立することに努めている。

ここに示すスライドは、動力炉・核燃料開発事業団(Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)ＰＮＣ が実施した速度５０km/hで走行する新燃料輸送トラックをコンクリート壁に正面衝突させたときの実験結果を示すものである。容器に与える加速度は、車台に取り付けられた緩衝器(shock absorber)により、自動車に加わった加速度の１／１０になっていた。この実験でも新燃料輸送容器の健全性は証明された。

このスライドは衝突前である。

次のスライド衝突時の状況を示す。

最後のスライドは衝突後を示すものである。

「ビデオ　輸送トラックの側面衝突　上映」

1984年から2年計画で原子力安全研究協会(Nuclear Safety Research Association)は科学技術庁(Science and Technology Agency)の委託を受けて、新燃料集合体の輸送トラックの側面衝突の実験を実施した。フィルムは試験設備および速度３０km／hで走行するトラックが停止中の輸送トラックの側面に衝突したときの状況をスローモーションで示しているものである。。この場合も固縛の健全性は証明されたことを示している。本実験は現在なお継続中であり、その成果は全計画完了後に報告される。

「１６mm　フィルム　サンディア研究所による実物輸送容器衝突実験　上映」

写真9

サンディア国立研究所では、１９７７年頃重量約２０トンと約６０トンの実物キャスクを用い、これらを積載して速度１００から１３０km／h の高速度輸送車のコンクリート壁衝突や踏切事故実験を実施し、またそのような事故に対する解析手法や縮尺モデル実験との比較検討を行った。フィルムは最初に、予備解析の成果の一部を紹介している。

次に模型実験の状況を示している。最初の実験は速度１００km／hの輸送トラックのが、重量２０．５トンのキャスクを積載してコンクリート壁に激突させた実験である。

次のフィルムも同じく１３０km／h での衝突実験の状況を示すものである。画面に見られるように、キャスクの健全性は保たれている。

次の画面は２０．５トンのキャスクを積載した貨車に速度１３０km／h のディーゼル機関車が踏み切りで衝突した場合を想定して実施した実験をしめすものである。

次は重量６１．８トンのキャスクを積載した鉄道貨車が速度１３０km／h でコンクリート壁に衝突した場合を想定した実験である。これら総ての実験結果は、ＩＡＥＡの設計要件を満たすように製作された輸送容器はこの程度の事故においてもその健全性を保持することが出来るとを証明した。

「ビデオ　ＣＥＧＢによる列車衝突実験　上映」

写真10

英国中央電力庁(Central Electricity Generating Board)ＣＥＧＢは１９８４年７月１７日に列車用ディーゼル機関車と線路上に横転しているキャスク専用輸送貨車との衝突実験を公開で実施し、大成功裡にキャスクの健全性を実証した。このフィルムはＣＥＧＢか

ら日本ＩＥＲＥ会議(The International Electric Research Exchange) に寄贈されたものを利用させて頂いている。この衝突実験に於ける列車の速度は約１６０km／h で、使用されたキャスクはMagnox炉の使用済燃料用キャスク Mark M2c、その装荷全重量は４８tであった。

この実験によっても英国で実施されている輸送容器の列車輸送は、たとえ列車事故が発生しても輸送容器の安全性は達成されることを実証している。

このように、輸送容器の健全性を確立するために、我が国は勿論世界各国において基礎的な開発研究から、さらには実物輸送容器のＩＡＥＡ要件を越えた状況での実験を実施して、燃料物質や新燃料、更に使用済燃料の輸送容器の健全性を高めるための努力を払ってきた。さらに輸送システムの配慮を加味することにより輸送の安全性を達成するように努めている。今後は更にその精度を高めるとともに、核物質防護の観点からプルトニウム航空輸送容器の開発とその実証試験、また高、中、低レベルの再処理廃棄物の輸送容器の開発などが次の課題とされている。

写真１　落下試験設備（昭和43年
機械技術研究所東村山分室）

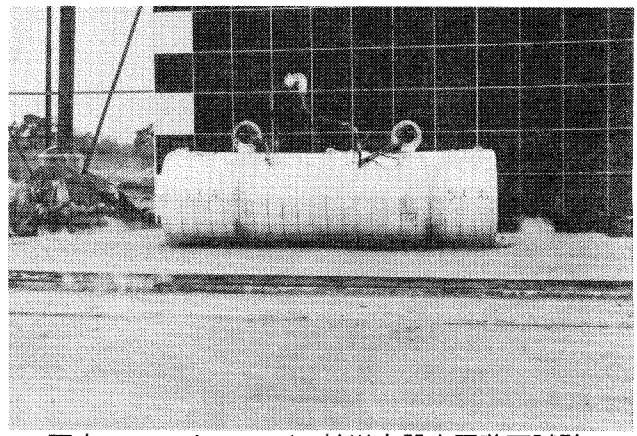


写真２　10トンモデル輸送容器水平落下試験

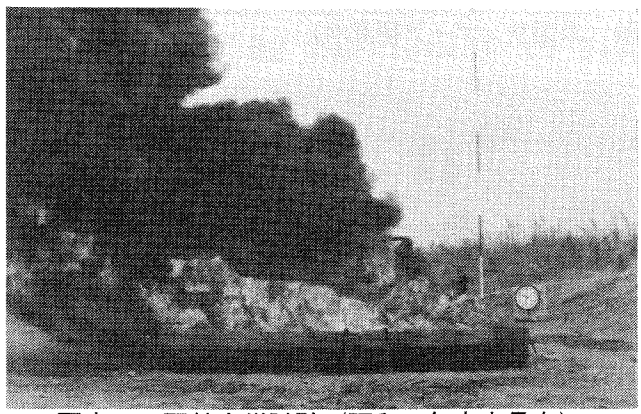


写真３　野外火災試験（昭和48年東京月島）

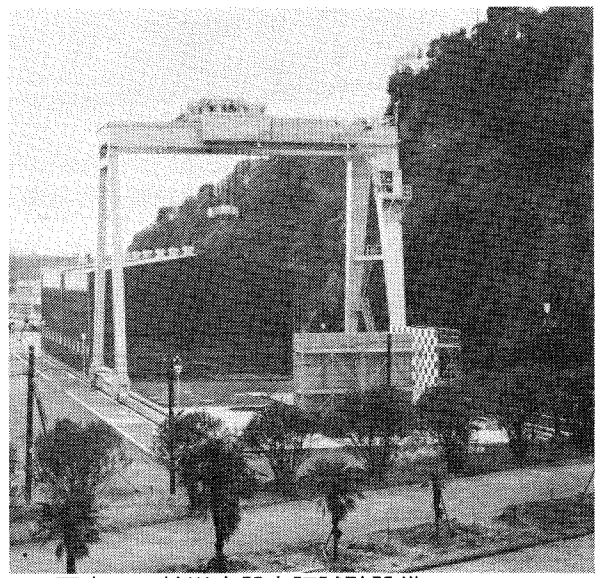


写真４　輸送容器実証試験設備
（電力中央研究所 武山試験研究センター）

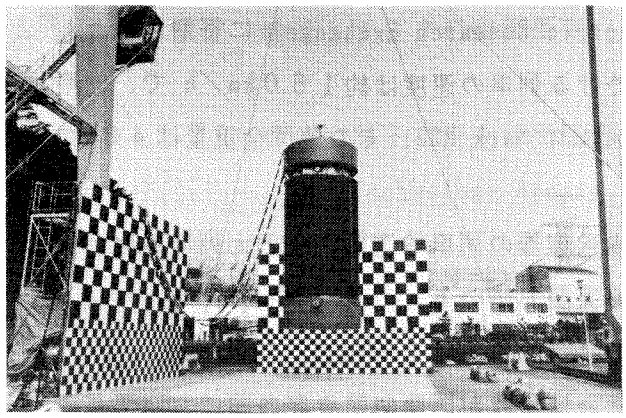


写真５　100トン容器垂直落下試験

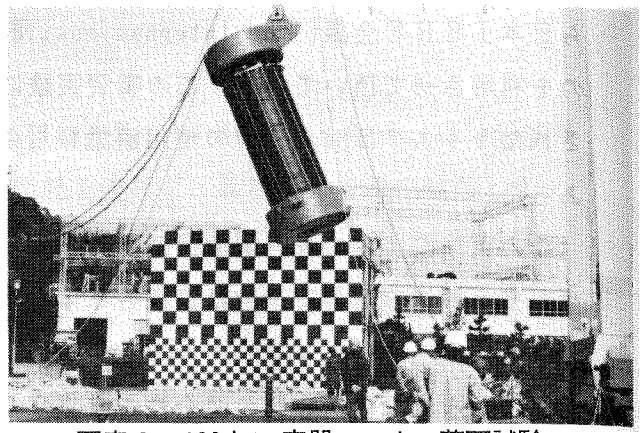


写真６　100トン容器コーナー落下試験

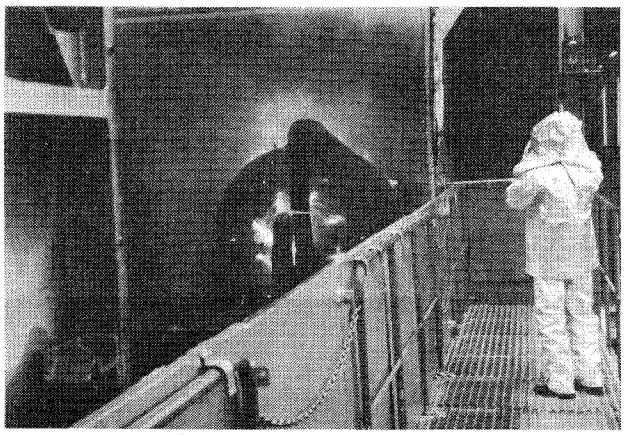


写真７　100トン容器炉内火災試験

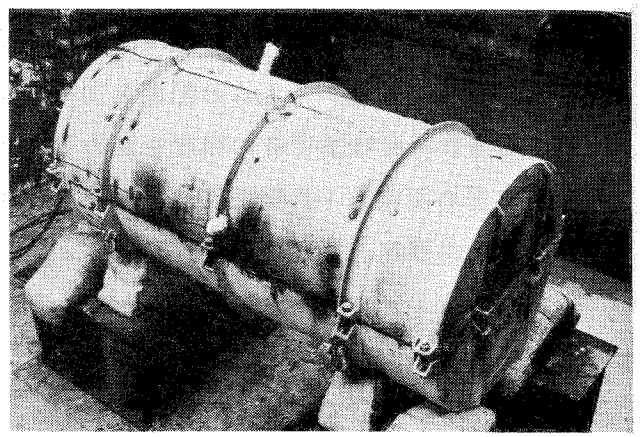


写真８　火災試験後の六フッ化ウラン輸送容器

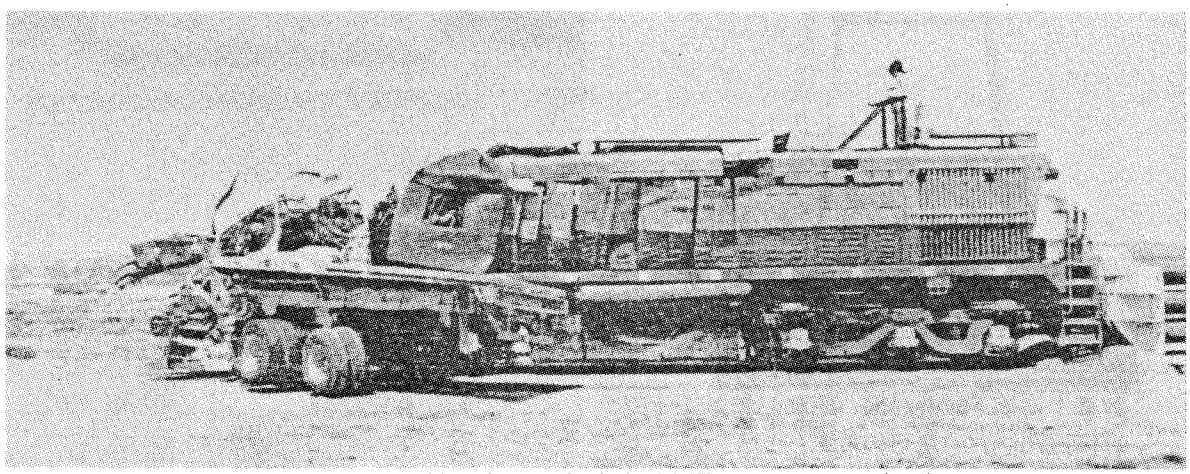


写真９　実物輸送容器衝突試験（米国サンディア研究所）

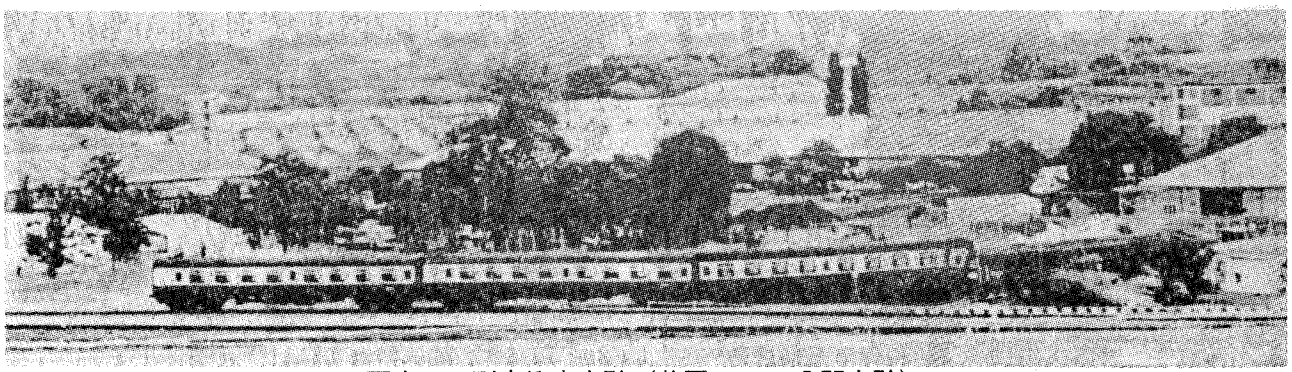


写真10　列車衝突実験（英国CEGB公開実験）

THE SWEDISH PROGRAMME FOR SPENT FUEL AND RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT

Dr Sten Bjurström
President
Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co
Stockholm, Sweden

INTRODUCTION

The Swedish programme for nuclear power production comprises twelve reactor units with a total capacity of 9.500 MW. The first Swedish reactor was taken into operation in 1972 and as from 1985 the twelve reactors will generate 45-50% of the electricity produced in Sweden, the rest being produced by hydro. In 1984 the electricity production was around 120 TWh.

According to a decision taken by Parliament no more reactors are to be built and the existing ones should not be operated beyond the year 2010. This decision was taken after an intense public debate on the nuclear issue during the 70's and a referendum in 1980. The nuclear discussion and debates in the 70's together with the referendum and the subsequent decisions by Parliament to limit the time for nuclear energy production has naturally greatly influenced also the nuclear waste programme. The decision have determined the timing for and the quantities of different kinds of nuclear waste to be disposed of. Besides, the debate and the decision have also contributed to the fact that Sweden today has developed a fairly complete system for the back end of the fuel cycle, not only from a technical point of view but also with regard to legal, administrative and financial matters.

The Swedish nuclear legislation stipulates that the owner of a nuclear reactor shall bear the responsibility for all steps necessary for safe handling and final disposal of all radioactive residues from the nuclear energy production including the financing of the total costs.

The Swedish nuclear power utilities have assigned to their jointly owned company, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB) the duty to undertake the necessary research work and planning for the design and construction of the required waste management facilities for the Swedish nuclear programme as well as the operation thereof.

The regulation and supervision of the nuclear power production by society is undertaken by three different authorities mainly dealing with safety, radiation protection, and financing respectively.

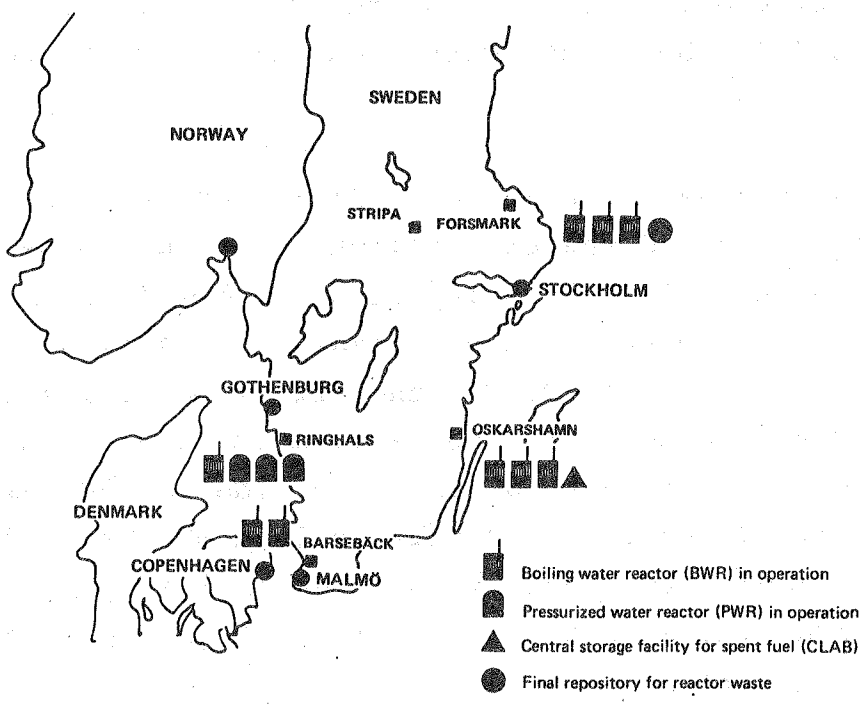


Figure 1. Location of Swedish nuclear power stations and radioactive waste storage facilities

To meet the need for transportation and storage of the spent fuel and radioactive waste from the nuclear energy production a domestic system has been developed based on the principles of a sea transportations system and interim storage for 30-40 years prior to final direct disposal of unreprocessed fuel deep in crystalline rock formations.

Thus, a sea transportation system for all kinds of radioactive products has been in operation since 1982 and a central facility for interim storage of spent fuel (CLAB) and another facility for final disposal of reactor waste (SFR) are under construction and should be operative in 1985 and 1988 respectively. For the remaining step intensive research efforts have resulted in conceptual methods for final disposal of high level radioactive residues. The methods have been accepted as safe by the Swedish government.

NUCLEAR WASTE MANAGEMENT SCHEME

Radioactive residues generated by the operation of the Swedish BWR and PWR reactors are spent nuclear fuel and different kinds of low and medium level reactor waste. Furthermore, in the future decommissioning waste will be generated when old reactors are decontaminated and dismantled.

The accumulated amounts of waste from the operation of the twelve Swedish reactors up till the year 2010 have been estimated to about 7.500 metric tons (calculated as uranium) of spent fuel, 90.000 m3 of low and medium level reactor waste and around 115.000 m3 of decommissioning waste.

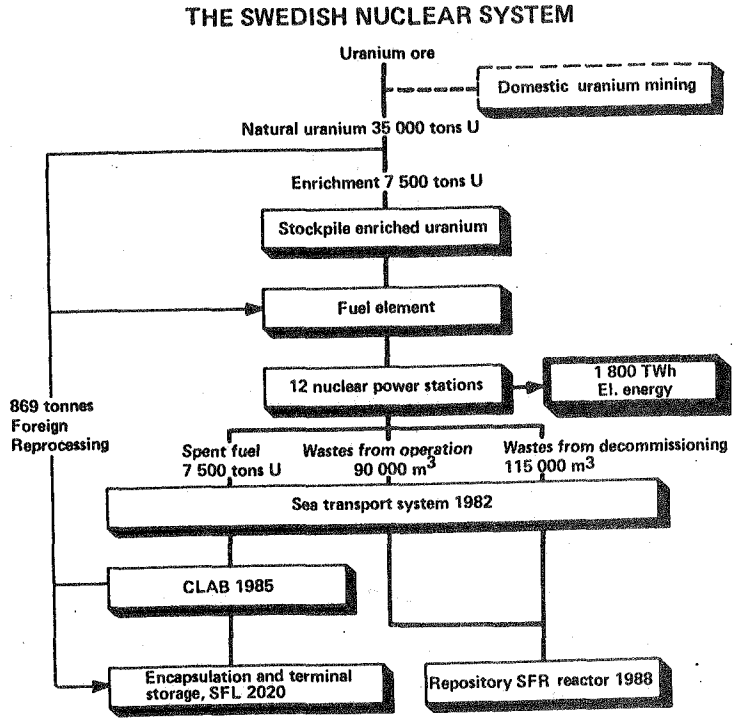


Figure 2.

The Swedish nuclear fuel and radio-active waste management scheme

Presently, most of the spent fuel from the operation to date is stored in pools at the reactor site. The low and medium level waste has been solidified in cement or bitumen and is temporarily stored in specially built facilities awaiting to be shipped to the final repository now under construction. The handling sequence for the Swedish fuel is illustrated in Fig. 3

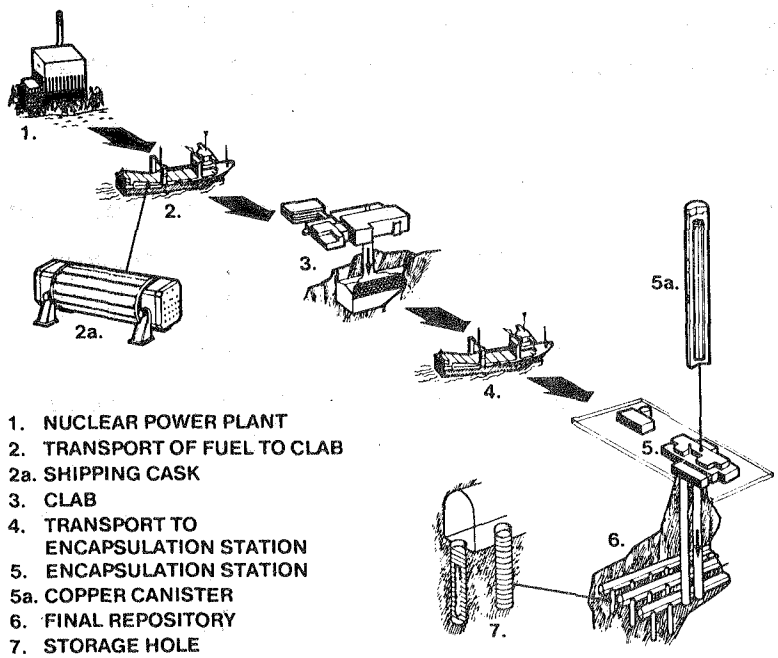


Figure 3.

Handling sequence for spent nuclear fuel

The Swedish system for the handling and storage of radioactive residues consists of two parts; one part already in operation or under implementation, where technology and systems are chosen and designed to meet the requirements for uninterrupted nuclear power production up till the year 2010, and another part in which research and development is still being carried out. The latter refers to investigation of different disposal methods for high level waste and the siting of a repository aiming to give a firm base for the design of a repository planned to be operative around the year 2020.

Systems in operation or under construction

All the nuclear power stations as well as the storage facilities are located along the coast. It has therefore been natural to develop a sea transportation system for the nuclear waste. Thus, a ship for the transportation of casks started operating in 1982. From the summer of 1985 the ship will anually transport 250 tons of spent fuel from the power station to the central interim storage facility CLAB. From 1988 the same ship will be used for the transportation of reactor waste to the central final repository for low and medium level waste now under construction. The ship will make around 30 trips a year between power stations and storage facilities.

The ship has a length of 90 m and a payload capacity of 1.400 tons. She is specially designed for her purpose; machinery, electrical systems etc. are duplicated for higher reliability and the cargo hold is surrounded by double hull and double bottom. This ensures very high floatability and protects the cargo in the event of a serious collision or grounding.

The spent fuel is transported in casks with a capacity of 17 BRW fuel assemblies or 6 PWR fuel assemblies (around 3 tons of fuel). Ten casks of the type TN17/MK2 for fuel and two for reactor components are assumed to cover the need. Other types of wastes e.g. reactor waste will be transported in steel or concrete containers.

The terminal handling of casks in containers is made by three special vechicles one of which is stationed on board the ship.

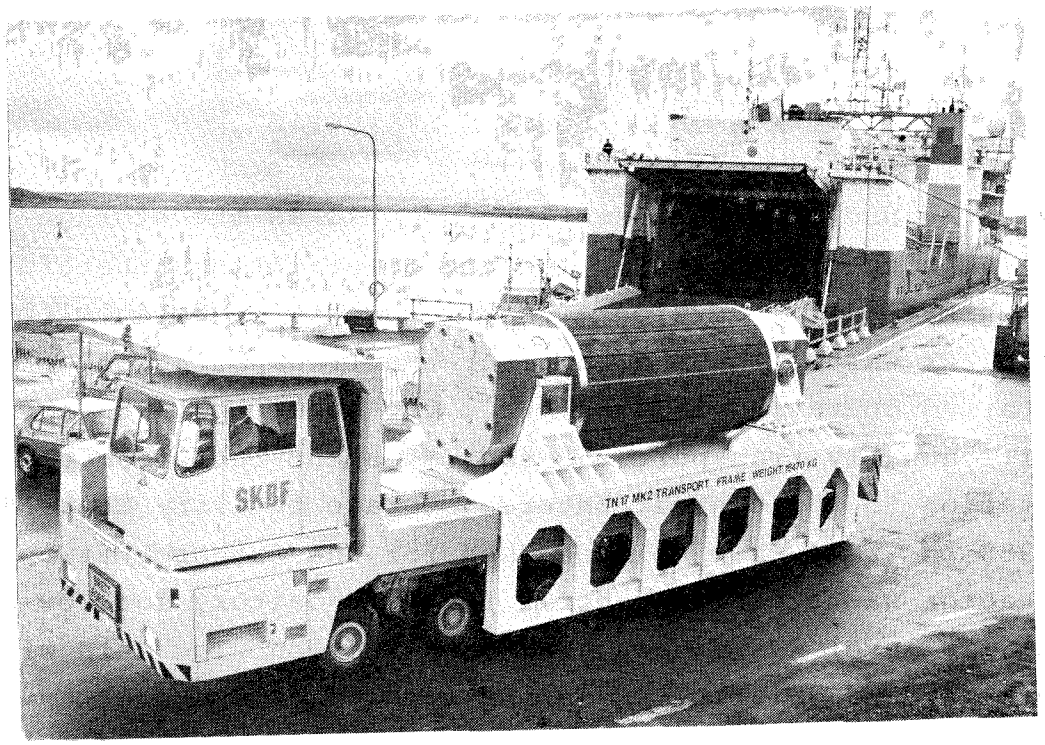


Figure 4. Vechicle, transport cask and ship for transports of spent nuclear fuel and radioactive waste

Central facility for interim storage of spent fuel, CLAB

The Swedish system for the management and disposal of spent fuel is based on interim storage of 30-40 years prior to final disposal. For this purpose a central facility for interim storage for spent fuel from all Swedish reactors,

the CLAB, has been built and is scheduled to be operative in 1985. The principle of wet storage in pools is applied.The CLAB facility is situated on the east coast of Sweden adjacent to the Oskarshamn power station.

The facility consists of underground storage pools in a rock cavern and receiving buildings on the surface. The storage pool now built can hold 3.000 tons of spent fuel, which is enough up till the mid 1990's. One or two additional expansions are required to accomodate all the fuel and components from the Swedish twelve reactor programme.

On the surface, the CLAB consists of a building for receiving and unloading of incoming transport casks. The storage cavern is located 25 metres below surface, see Fig. 6. During the storage period the heat generation and activity of the spent fuel is greatly reduced which facilitates subsequent handling.

The CLAB facility constitutes a fundamental strategic function in the Swedish spent fuel management scheme. It will secure the uninterrupted nuclear power production and it will provide ample time for the R&D work, site selection, systems design and optimization needed to achieve a suitable and safe complete system for the spent fuel management. It will also mean freedom of choice of a technical solution to be finally implemented for the final disposal of high level waste.

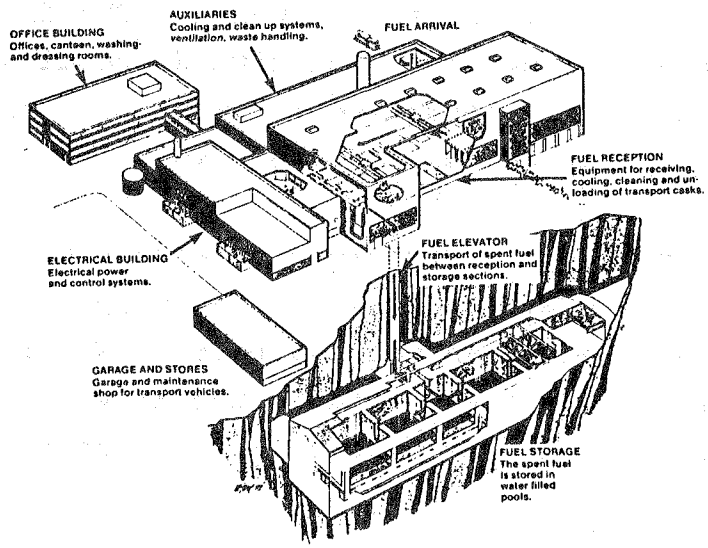


Figure 5.
Receiving building and storage section of CLAB

Central repository for final disposal of low and medium level reactor waste, the SFR

Adjacent to the harbour of the Forsmark nuclear power plant 200 km north of Stockholm, a central underground repository for final disposal of reactor waste is currently under construction. The repository will accomodate the Swedish nuclear power industry's low and medium level operational waste (reactor waste). Small amounts of similar kind of waste from hospitals, industry and research institutes will also be disposed of in the SFR. The entire repository is situated in crystalline rock 50 m below the seabed around 1 km outside the harbour.

The repository will consist of rock caverns of various designs depending on the type of waste to be disposed of. The medium level waste, which contains most of the activity, will be disposed of in a silo-like concrete structure cast inside a cylindric rock cavern and the waste will be isolated from the surrounding rock by, among other things, concrete walls and a layer of clay back-fill (bentonite) between the silo and the rock. The low level waste is deposited direct in rock caverns designed for the particular type of containers being used for such waste.

The total waste volume of SFR is estimated at 90.000 m3. The SFR will be built in two phases. The first phase will consist of two silos and five disposal chambers and is planned to be operative in 1988, the second phase is planned to start at the end of the 1990's.

The location of SFR close to a harbour and below the sea gives several advantages from the point of view of transportation as well as that of safety. Under the horizontal sea water table the driving forces on the ground water flow in the fissures of the rock are almost eliminated

and very little transportation of radioactive products can take place in the almost stagnant water around the repository.

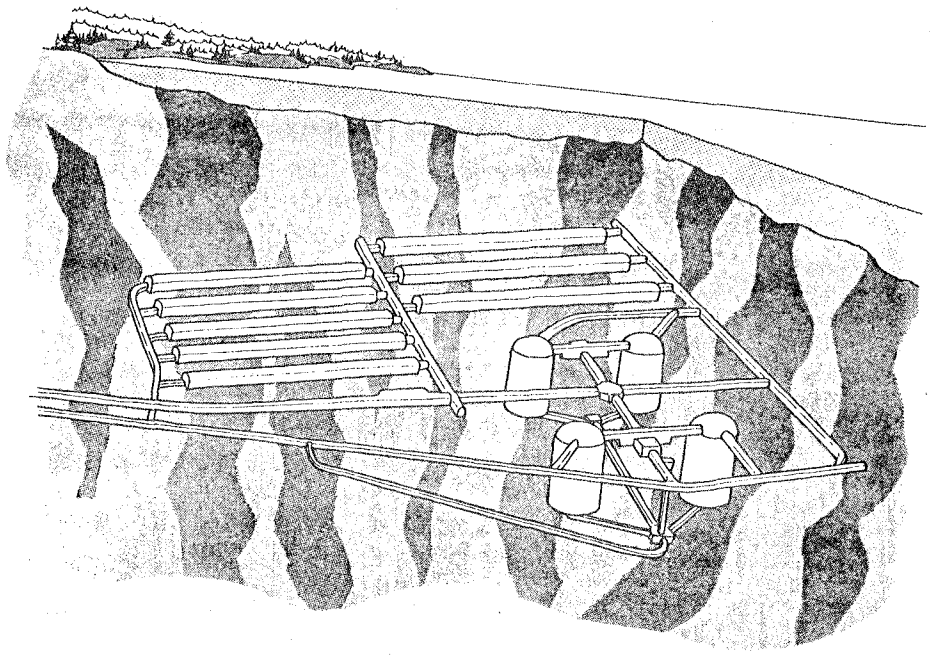


Figure 6. Central underground facility for low and medium level waste, the SFR

Activities for the future final disposal of high level waste

The Swedish Act on nuclear Activities stipulates that a reactor may only be taken into operation if the owner has demonstrated a method for safe handling and disposal of the fuel in both the short and long time perspective. The Act also requires that the research and development work needed for the implementation of the best possible solution of the ultimate disposal scheme is to be carried out until a decision has been made after the turn of the century.

Large research efforts have been undertaken since the mid 70's. They have resulted in concepts for final disposal of waste from reprocessed fuel as well as for direct disposal of spent fuel without reprocessing. The concept of direct disposal is summarized in the KBS-3 report.

The KBS-3 concept comprises a system for the handling, encapsulation and final storage of the spent fuel in crystalline rock. A comprehensive report on the method was submitted to the Government as a basis for the fuel loading applications for reactors 11 and 12 of the Swedish programme. In June of 1984, the Government granted fuelling permits on the basis of the KBS-3 report after extensive review by domestic and foreign specialists. The Swedish Government hereby took the official standpoint that a feasible method for safe direct disposal of highly radioactive and longlived waste had been satisfactorily demonstrated with regard to safety and radiation protection.

The KBS-method is assumed to meet the following demands by society:

- very high safety, both in the short and long term perspective
- only proven technology shall be used
- greatest possible international independence
- no burden on future generations

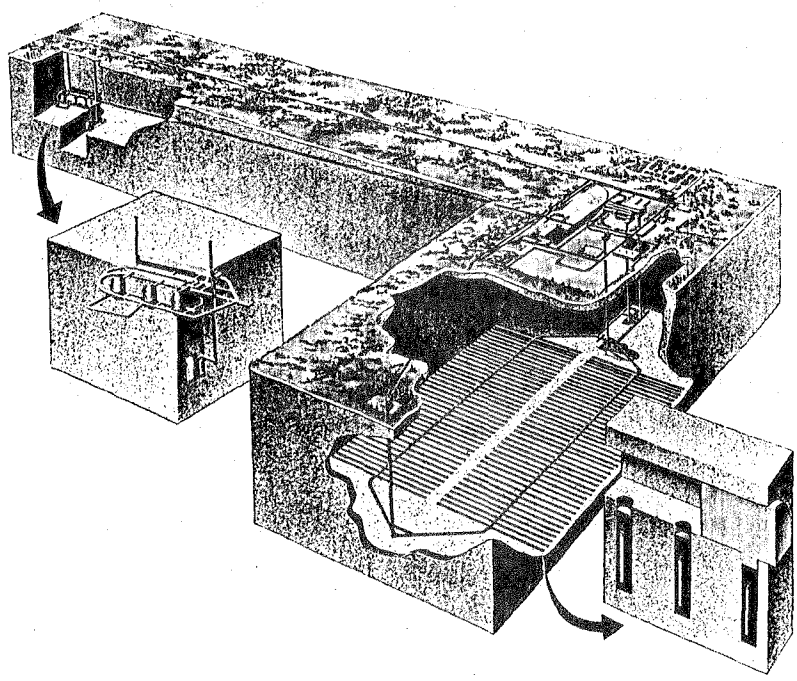


Figure 7.
Perspective drawing of final repository for high level waste according to KBS-3

In principle, final disposal according to KBS-3 is simple; the spent nuclear fuel is encapsulated in tight copper canisters, which are deposited 500 m down in the crystalline bedrock, see Fig.7. When the repository is full all shafts and tunnels are backfilled and sealed, after which the repository does not require any further surveillance. The safety of the repository is based on the fact that degradation of the canisters and subsequent transport of their contents with the groundwater to the surface of the ground will take such a long time that the radioactive substances will decay and be diluted to such a degree that they reach the biosphere only in harmless concentrations.

Even if the KBS-3 report has shown that safe final storage of high level radioactive waste can be effective with present day technology and the geological conditions existing in Sweden, considerable work remains to be done to show how these measures are to be realized in detail in an optimal way. The future work for the realization and optimization of a safe system for final disposal of nuclear waste comprises

- continued research and development work in order to further deepen the scientific knowledge that constitutes the base for the performance and safety assessment
- studies and evaluation of alternatives to the methods and concepts investigated so far,
- optimization of systems as regards technology, economy and the use of resources in relation to the improved scientific knowledge
- investigation for site selection

A basis for the planning of the R&D work is an overall timetable for the realization of a final repository for the spent fuel. This timetable is based upon the present KBS-3 concept for management and final storage of spent fuel, which includes forty years of intermediate storage of spent fuel before disposal. Construction of the final repository is planned to start about the year 2010. The time available until then will be used for R&D work, optimization and design, site investigation and site selection as indicated in Fig. 8. An application for licensing of a repository is foreseen around the year 2000.

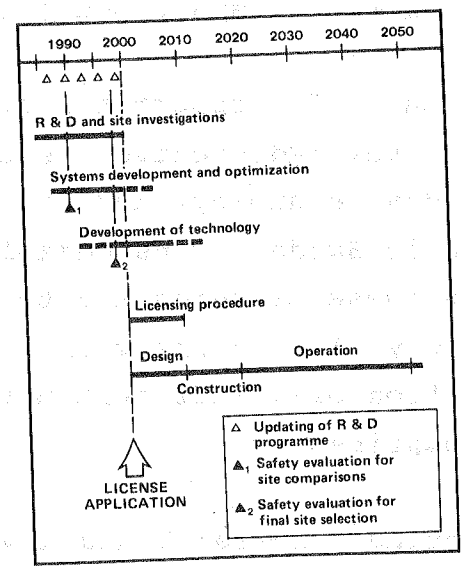


Figure 8.
Overall timetable for R&D for the final repository for high level waste

Selection of site for the final repository for high level waste.

The choice of site for the final repository of high level and longlived waste is technically and economically very important and of great political and public interest. A number of sites have been investigated since 1977, Fig. 9, and the investigations have clearly stated that the Swedish bedrock dominated by granite and gneisic formation of old age provides acceptable conditions for safe disposal.

The geological conditions play a decisive role in the final choice of repository site. But demographic factors, transport conditions and economics must also be taken into consideration. All of this justifies investigating a large number of areas in order to obtain comprehensive knowledge and data to serve as a solid basis for a screening process and siting decision some time around the turn of the century.

The investigation programme includes 10-15 deep core drilled boreholes to 7-800 m depths. Geophysical, hydrological and geochemical measurements are taken on the surface and in the boreholes. An ongoing programme to improve measurement techniques are running in parallell and the results from this are applied in the site investigations. During the ramining part of the 1980's one or two new sites will be investigated each year. After 1990, two or three of the sites will be chosen for more detailed studies including a pilot shaft down to the foreseen depository level in order to verify investigations from the surface and to further develop methods for in situ investigations of the bedrock.

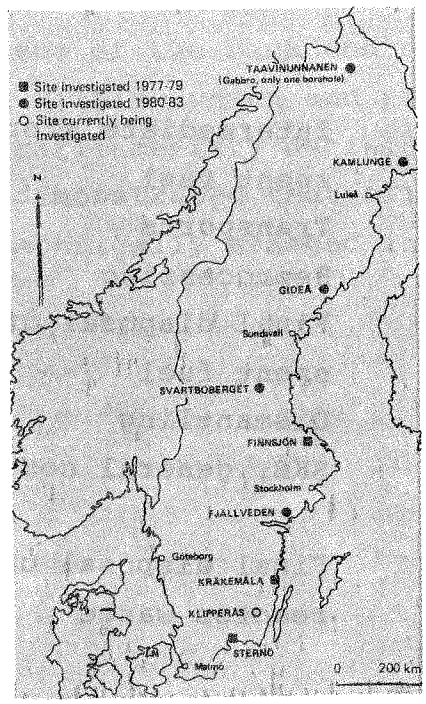


Figure 9.
Sites which have been investigated during 1977-83

COSTS AND FINANCING

The total cost for management and disposal of spent fuel and radioactive waste in Sweden is calculated to 45 billion SEK (about 5 billion US$ at 1984 price level). These costs also include the decommissioning and dismantling of nuclear power plants and the waste management facilities and final closure of the repositories.

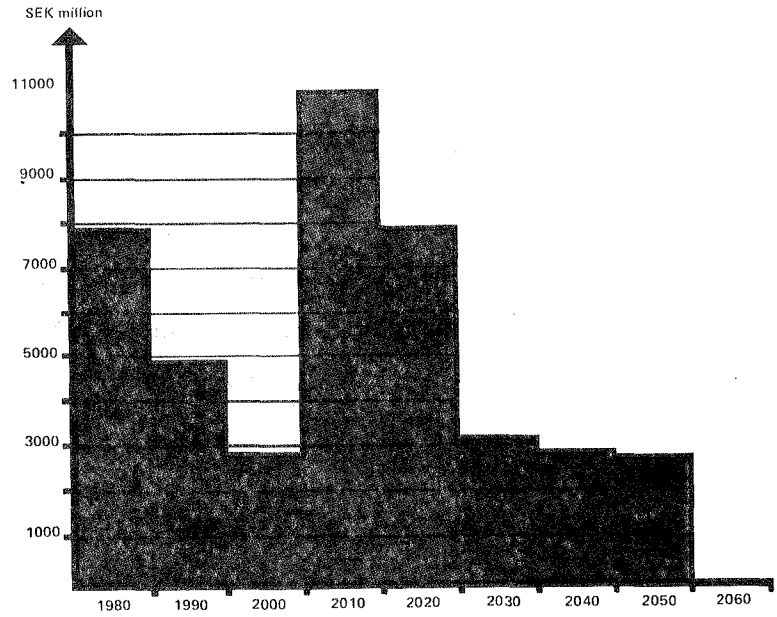
The costs for the fuel cycle back end activities are financed through a fee paid to a fund controlled by the government in accordance with the terms of a special Financial Act. The fee is based on a scenario of and cost estimate for the whole nuclear back-end. A report concerning this is annually submitted by the nuclear industry to a state authority (National Board for Spent Fuel) . After examining the report, the authority makes a recommendation to the government, who decides the fee for the coming year.

For 1984 the cost was SEK 0.020/kWh. Of this SEK 0.019 consists of a fee paid to the government fund. These costs are broken down as follows:

	SEK/kWh
Intermediate storage of spent fuel	0.0031
Transports	0.0016
Reprocessing	0.0038
Final disposal of spent fuel	0.0045
Dismantling	0.0041
SKB, general costs	0.0019
	0.019
Final disposal of reactor waste	0.001

Figure 10.

Total cost for waste management and dismantling of nuclear power plants (price level 1984)



CONCLUDING REMARKS

The Swedish system for handling and disposal of different kinds or radioactive residues is planned and designed to meet a very high standard as to occupational health and safety and environmental impact. It also meets the demand that no undue burden be laid on future generations and only proven techniques be used.

The implementation of all steps of the back end of the fuel cycle are and can be managed within Sweden and are compatible with the pending parliamentary decision. The work being undertaken so far has demonstrated that all nuclear back end activities can be technically managed in a safe and satisfactory way.

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT IN CANADA

R.B. Lyon
Atomic Energy of Canada Limited
Whiteshell Nuclear Research Establishment
Pinawa, Manitoba, Canada ROE 1LO

1. INTRODUCTION

Canada's radioactive waste management activities[1] include research programs pertaining to highly radioactive nuclear fuel waste[2], low- and intermediate-level wastes,[3-6] and uranium mine and mill tailings[7,8]. This paper focuses on the management and disposal of highly radioactive nuclear fuel waste.

Responsibilities for nuclear fuel waste management are defined in a 1978 agreement between the governments of Canada and the Province of Ontario. Under this agreement, the provincially owned utility, Ontario Hydro, is responsible for developing technologies for interim storage and transportation of used fuel, while the federal crown corporation, Atomic Energy of Canada Limited, is responsible for coordinating and managing the research and development program for the immobilization and safe disposal of nuclear fuel waste.

The Canadian concept for nuclear fuel waste disposal is focussed on interim storage of used fuel, followed by immobilization and subsequent disposal of fuel waste deep in stable plutonic rock in the Canadian Shield. Technologies are being developed for the immobilization of both used fuel and fuel recycle wastes.

Used fuel is currently stored in water-filled storage bays at the reactor sites. Present facilities allow adequate time for developing an integrated disposal strategy. Ontario Hydro is examining several alternatives, including high-density wet storage, convection vaults, concrete canisters and concrete casks[9].

For used fuel transportation Ontario Hydro is working towards the design and acquisition of a prototype road-cask system by 1989-90[10]. The reference cask design includes a two-module (192-bundle) pay load, rectangular geometry, and monolithic stainless steel wall construction. The design ultimately selected must meet the requirements of the International Atomic Energy Agency (IAEA), the AECB, Transport Canada and other regulatory agencies.

The major components of the immobilization and disposal program are: fuel waste immobilization, geoscience research and environmental and safety assessment.

2. FUEL WASTE IMMOBILIZATION

Immobilization research and development are concerned with the man-made components of the nuclear fuel waste-disposal system. The research includes the characterization of, and development of durable containers for, both used fuel and immobilized fuel-recycle waste. Another important aspect entails development of the backfill, buffer and sealing materials for a nuclear fuel waste-disposal vault.

Fuel Isolation

Fuel isolation studies involve the development of durable containment for the disposal of intact used-fuel bundles, and the characterization of used fuel as a waste form[11]. The used fuel is itself resistant to dissolution under chemically reducing conditions and appears to be a viable waste form for disposal. Studies are concentrated on simple cylindrical containers with a high-integrity corrosion-resistant metallic shell to isolate the fuel during its high toxicity phase. Containment systems that could offer substantially longer isolation, using materials such as ceramics, are also being studied.

Several container designs are being evaluated[12,13]. The simplest, the "stressed-shell" design, has a shell thick enough to withstand the hydrostatic pressure in a flooded vault. Others, called "support-shell" designs, have an internal support that permits the use of thin-walled shells. The support is provided by a cast metal matrix (for example, lead), packed particulate material surrounding the fuel bundles (for example, glass beads), or a structural support (carbon steel tubes). Prototypes of these container designs were fabricated from stainless steel or grade-2 titanium and subjected to tests in a Hydrostatic Test Facility at pressures up to 10 MPa and temperatures of up to 150 degrees Centigrade. Preliminary results indicate that stresses generated in the containers are acceptable and do not impair container performance.

The long-term corrosion behaviour of candidate container materials is being studied[14]. For candidate passive metals, i.e., titanium and nickel-based alloys, crevice corrosion is the process most likely to limit container lifetime. For copper, the uniform corrosion rate is expected to depend on the supply of oxidants. Studies of the corrosion behaviour of copper in simulated high-salinity groundwater have shown that copper is a suitable alternative to passive metals[15].

Used-Fuel Characterization

Determination of the leaching and dissolution properties of used UO_2 fuel constitutes the major part of the fuel characterization program. During the past two years, emphasis has been on estimating the fractions of cesium-135 and iodine-129 that are rapidly released from the gap between the fuel and the sheath during the early stages of used-fuel dissolution. The gap inventory of cesium-135 and iodine-129 at the time of fuel discharge from the reactors is now estimated to be about 2.2%. Recent studies have shown a correlation between fuel power history and fuel leaching properties[16].

Waste Immobilization

The objective of the waste immobilization studies is to develop processes and products for immobilizing the waste that would arise if the used fuel from CANDU reactors were recyled. Glasses, ceramics and glass-ceramics are being evaluated as possible waste forms.

An in-can melting technique, involving a container into which molten glass can be poured, is being produced. Since in-can melters have poor heat transfer and slow rates of evaporation, a wiped-film evaporator is being tested to concentrate the waste prior to vitrification. A Waste Immobilization Process Experiment facility, consisting of a rotospray calciner and a ceramic electromelter, designed to produce 10 $kg.h^{-1}$ of sodium borosilicate glass, is now in operation.

The ceramic waste forms being considered contain sphene ($CaTiSiO_5$)[17,18]. Calculations indicate that sphene should be stable in groundwaters typical of the Canadian Shield (high Ca^{2+}, low SO_4^{2-} and CO_3^{2-}) in the temperature range 25 to 150 degrees Centigrade. Three types of sphene-based matrices are being studied: natural minerals, ceramic pellets formed by pressing and sintering, and glass-ceramics formed by melting and controlled crystallization of the system Na_2O-Al_2O_3-Cao-TiO_2-Sio_2.

Disposal Vault Sealing

Disposal-vault sealing studies involve the development of the buffer material surrounding the containers, and other barriers that close the man-made openings to the surface, namely, the backfill and the plugs and grouts for shaft and borehole seals.

A study of the physical and chemical properties of buffer and backfill clays has provided information on basic mineralogical, chemical and physical properties, and on the behaviour of clays under wet-dry cycling. A comprehensive review of phyllosilicate clays has indicated that bentonites are suitable as buffers because of their high swelling potentials, low hydraulic conductivities, low effective porositiies and high sorption capacities for radionuclides.[19-21]

A major study on buffer and backfill engineering has provided information on procedures, schedules and costs. The emplacement of containers was assumed to involve four stages: (i) compacting the buffer (either in-hole or in-room), (ii) drilling holes into the buffer, (iii) emplacing containers and capping the holes, and (iv) backfilling.

Computer modelling studies have been performed to determine the effects of container and buffer geometry, and the quality of the rock wall in the emplacement boreholes, on diffusional transport of radionuclides from failed containers. [22-25]

The Immobilized Fuel Test Facility

The newly constructed Immobilized Fuel Test Facility (IFTF) at the Whiteshell Nuclear Research Establishment provides an environment for a wide range of multicomponent experiments [26,27] designed to characterize radioactive waste forms and materials proposed for engineered barriers under conditions that could exist in a disposal vault. Seven concrete canisters for experiments with highly radioactive materials have been constructed and instrumented. The first set of experiments was recently emplaced and the complex data acquisition systems were connected. Experiments in the IFTF will last for up to two years.

3. GEOSCIENCE RESEARCH

The emphasis of the geoscience research is on the evaluation of large plutonic rock masses in the Canadian Shield as potential hosts for immobilized nuclear fuel waste [28,29]. The aim of the research is not to assess specific sites but to contribute to a generic assessment of the concept of disposal deep in stable plutonic rock. The research involves quantifying the in situ mechanical, physical and chemical properties of plutonic rock, the physical and chemical characteristics of groundwater, the nature of groundwater/rock/radionuclide interactions, and the thermal and mechanical stresses that would be created in the surrounding rock by the waste.

Field Research

Deep exploratory drilling and detailed surface mapping are being carried out at designated field research areas in the Canadian Shield. The areas at Chalk River and Atikokan, Ontario, and Whiteshell, Manitoba, contain granitic rocks, while those at East Bull Lake and Overflow Bay, Ontario, contain gabbros.

The research area near Atikokan has been chosen as the site of a regional Flow System Study to be carried out over the next eight years. The purpose of the study is to improve our understanding of groundwater flow in the Canadian Shield and to identify the factors that control the pattern and extent of the flow systems, and associated groundwater chemistry. The study area is about 20 km x 20 km.

Regional groundwater sampling indicated that saline groundwaters occur at depth throughout the Canadian Shield in fractures in plutons not associated with metallic ore mineralization. The origin of these waters is not yet fully understood, and has been variously attributed to fossil sea water, intense rock-water interaction, and leakage from the Paleozoic cover [30].

Underground Research Laboratory

The Whiteshell research area is situated on the Lac du Bonnet batholith, a granitic body in southeastern Manitoba. This research area is the site of the Underground Research Laboratory (URL), which is being constructed below the water table in a previously undisturbed portion of the batholite. The URL project has been underway since 1979[31,32], when field studies commenced to identify a suitable study area and location for the laboratory.

The objectives of the URL project are to study the correlation between surface and subsurface features, hydrogeological and geochemical systems in plutonic rock, excavation damage in rock, the effect of heat on plutonic rock (including the effect on mass transport), and the effect of heat on the buffer/backfill/rock interactions.

Comprehensive geological, geophysical and hydrogeological investigations of the URL lease area are being carried out. Numerous geophysical surveys were performed in boreholes at the URL area[33,34] and three major subhorizontal fracture zones have been identified. Initial activities focussed on defining in detail the hydrogeological conditions, particularly in the immediate vicinity of the shaft and underground excavation. A network of instrumented boreholes was established to provide baseline data on pre-construction hydrogeological conditions and to measure changes caused by the excavation. Groundwater levels are recorded continuously in about 75 groundwater monitoring locations. Predictions of changes in groundwater systems by several independent hydrogeological modelling groups are being compared with the groundwater system perturbations measured during and after excavation.

The surface facilities and shaft are now complete and the next phase of the work, geotechnical characterization, will commence shortly. The URL will be ready for operation in 1986. The underground facilities will have a 255-m deep, rectangular access shaft, a ventilation raise, and a test level with several experimental rooms.

4. ENVIRONMENTAL AND SAFETY ASSESSMENT

The goal of environmental and safety assessment is to use the results of research and development to assess the impact of a disposal facility on man and the environment[35]. There are two major components: pre-closure assessment and post-closure assessment. Pre-closure assessment covers the period up to and including vault backfilling, sealing and closure. Post-closure assessment covers the period after the vault has been sealed, the surface facilities decommissioned and the surface environment restored.

The pre-closure assessment deals with the potential health, environmental and socioeconomic impacts of construction of a disposal facility; transportation, immobilization and emplacement of the fuel waste; backfilling and sealing of the vault; and decommissioning of the surface

facilities. It involves analysis of radiological pathways, impacts on the biophysical environment, the use of natural resources, socioeconomic impacts, occupational safety, public safety, security, and safeguards.

The post-closure assessment considers the potential long-term effects of a disposal vault and its contents on man and the environment after the vault has been sealed and the surface environment restored[36]. The assessment is based on a systems approach, and draws together information from all parts of the program.

The systems assessment is performed using a computer program, SYVAC. SYVAC for Systems Variability Analysis Code, is a stochastic code developed to address parameter variability and uncertainty in the long-term performance assessment of a disposal system[37]. It contains an executive driver routine and a set of submodels representing the components of the disposal system, i.e., the vault, the geosphere, and the biosphere.

References

1. T.E. RUMMERY et al, "Radioactive Waste Management Policy and Its Implementation in Canada", Paper No. IAEA-CN-43/165, Proceedings of IAEA International Conference on Radioactive Waste Management, Seattle, Washington, 1983 May, Vol. 1, p. 175; also Atomic Energy of Canada Report, AECL-8033 (1983).

2. T.E. RUMMERY, E.L.J. ROSINGER, "The Canadian Nuclear Fuel Waste Management Program" Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-8374, 1984 December, presented at ANS International Topical Meeting on Fuel Reprocessing and Waste Management, Jackson Hole, U.S.A., 1984 August.

3. D.H. CHARLESWORTH, "Low- and Intermediate-Level Waste Management Practices in Canada", Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-7629 (1982).

4. T.J. CARTER, "Radioactive Waste Management Practices at a Large Canadian Electrical Utility", Radioactive Waste Management, 2, 381 (1982).

5. D.H. CHARLESWORTH and T.J. CARTER, "Low- and Intermediate-Level Radioactive Waste Management in Canada", Proceedings of the Canadian Nuclear Society International Conference on Radioactive Waste Management, Winnipeg, Canada, 1982 September, p. 242.

6. Energy, Mines and Resources Canada Communique No. 82/165, 1982 October 26.

7. V.A. HAW et al, "Uranium Tailings Research at the Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET)", Paper No. IAEA-CN-42/91, presented at the IAEA Conference on Nuclear Power Experience, Vienna, 1982 September, also Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-7764 (1982).

8. BRAGG, K., POTTER, C., JAMES, A., " Recent Developments in the Regulation and Management of Canadian Uranium Tailings` IAEA-SM-262/1 (1982).

9. DALZIEL, B.P., NAQVI, S.J., RAO, P.K.M., et al., "Long-Term Storage Options for Ontario Hydro's Irradiated Fuel", (Proc. Int. Conf. on Radioactive Waste Management, Winnipeg, Canada, 1982 September 12-15) Canadian Nuclear Society, 428.

10. RAO, P.K.M., "Management of Irradiated Fuel: Transportation Program Plan", Ontario Hydro Report 81288 (1981).

11. D.J. CAMERON, "Fuel Isolation Research for the Canadian Nuclear Fuel Waste Management Program", Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-6834 (1982).

12. D.J. CAMERON, J.L. CROSTHWAITE and K. NUTTALL, "The Development of Curable, Man-Made Containment Systems for Fuel Isolation", Canadian Metall. Quarterly, 22, 87 (1983).

13. K. NUTTALL et al, "The Canadian Container Development Program for Fuel Isolation". Materials Research Society Symposia Proceedings, 15, 677 (1983).

14. K. NUTTALL, "Some Aspects of the Prediction of Long-term Performance of Fuel Disposal Containers", Canadian Metall. Quarterly, 22, 403 (1983).

15. P.J. KING, K.W. LAM and D.P. DAUTOVICH, "The Corrosion Behavior of Copper Under Simulated Nuclear Waste Repository Conditions", Canadian Metall. Quarterly, 22, 125 (1983).

16. L.H. JOHNSON et al, "Leaching of ^{137}Cs, ^{134}Cs and ^{129}I from Irradiated UO_2 Fuel", Nucl. Technol., 63, 470 (1983).

17. P.J. HAYWARD et al, "Leaching Studies of Natural and Synthetic Titanite, A Potential Host for Wastes from Reprocessing of Canadian Nuclear Fuel", Can. Mineral., 21, 611 (1983).

18. P.J. HAYWARD, F.E. DOERN, E.V. CECCHETTO AND S.L. MITCHELL, "Leaching Studies of Natural and Synthetic Titanite, A Potential Host for Wastes from Reprocessing of Canadian Nuclear Fuel", Can. Mineral., 21, 611 (1983). Also Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-7856 (1983).

19. D.W. OSCARSON and S.C.H. CHEUNG, "Evaluation of Phyllosilicates as a Buffer Component in the Disposal of Nuclear Fuel Waste", Atomic Energy of Canada Limited Report AECL-7812 (1983).

20. D.W. OSCARSON and S.C.H. CHEUNG, "Evaluation of Bentonite as a Buffer Material in the Disposal of Canadian Nuclear Fuel Waste", presented at the 20th Annual Meeting of the Clay Minerals Society, Buffalo, New York, 1983 October.

21. R. PUSCH, "Stability of Deep-Sited Smectite Minerals in Crystalline Rock: Chemical Aspects", KBS Technical Report, 83-16, Sweden (1983).

22. S.C.H. CHEUNG and T. CHAN, "Computer Simulation of Contaminant Transport", Proceedings of the 1983 Summer Computer Simulation Conference, Vancouver, Canada, (1983), Vol.I, p. 470.

23. S. PAGE and S.C.H. CHEUNG," Diffusional Mass Transport Phenomena in the Buffer Material and Damaged Zone of a Borehole Wall in an Underground Nuclear Fuel Waste Vault", Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-7801 (1983).

24. S.C.H. CHEUNG and T.CHAN, "Parameter-Sensitivity Analysis of Near-Field Radionuclide Transport in Buffer Material and Rock for an Underground Nuclear Fuel Waste Vault", Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-7796 (1983).

25. S.C.H. CHEUNG and T. CHAN," Effect of Localized Waste-Container Failure on Radionuclide Transport from an Underground Nuclear Waste Vault", Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-7796 (1983).

26. M.A. RYZ, "The Whiteshell Nuclear Research Establishment Immobilized Fuel Test Facility", Trans. Am. Nucl. Soc., 44, 590 (1983).

27. R.B. HEIMANN and L.H. JOHNSON, "Design of Multicomponent Systems Tests on High-Level Nuclear Waste Forms", Advances in Ceramics, 8, 337 (1984).

28. K.W. DORMUTH and J.S. SCOTT, "Research and Development for a Plutonic Rock Radioactive Waste Disposal Vault", Paper No. IAEA-CN-43/166, Proceedings of IAEA International Conference on Radioactive Waste Management, Seattle, Washington, 1983 May, Vol. 3, p. 221; also Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-8087 (1983).

29. S.H. WHITAKER " Applied Geoscience Research in the Canadian Nuclear Fuel Waste Management Program", Proceedings of the Canadian Nuclear Society International Conference on Radioactive Waste Management, Winnipeg, Canada, 1982 September, p. 105.

30. S.K. FRAPE and P. FRITZ, "The Chemistry and Isotopic Composition of Saline Groundwater from the Sudbury Basin, Ontario", Can. J. Earth Sci., 19, 645 (1982).

31. C.C. DAVISON and G.R. SIMMONS, "The Research Program at the Canadian Underground Research Laboratory", Proceedings of the NEA Workshop on Geological Disposal of Radioactive Waste: In Situ Experiments in Granite, Stockholm, OECD/NEA, (1983), p. 197.

32. G.R. SIMMONS, A. BROWN, C.C. DAVISON and G.L. RIGBY, "The Canadian Underground Research Laboratory", Paper No. IAEA-CN-43/167, Proceedings of IAEA International Conference on Radioactive Waste Management, Seattle, Washington, 1983 May, vol. 3, p. 291; also Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-7961 (1983).

33. C.C. DAVISON, W.S. KEYS and F.L. PAILLET, "Use of Borehole-Geophysical Logs and Hydrologic Tests to Characterize Crystalline Rock for Nuclear-Waste Storage, Whiteshell Nuclear Research Establishment, Manitoba, and Chalk River Nuclear Laboratory, Ontario, Canada", U.S. Office of Nuclear Waste Isolation Report, ONWI-418 (1982).

34. N.M. SOONAWALA, "Geological Logging in Granites", Geoexploration, 21, 221 (1983); also Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-7653 (1983).

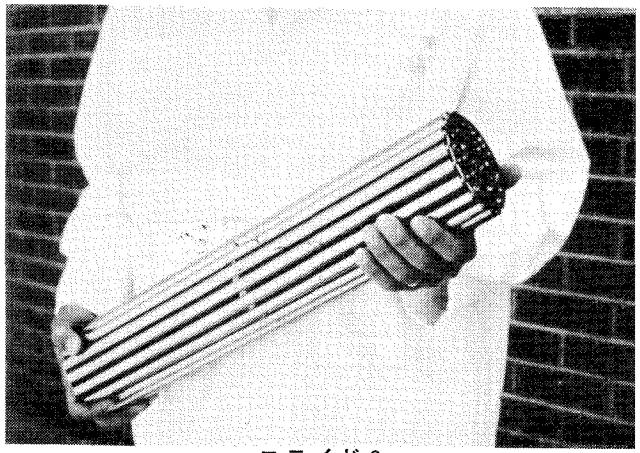
35. R.B. LYON, " Environmental and Safety Assessment for Nuclear Waste Disposal - The Canadian Approach", proceeding of the symposium Waste Management '81, ANS Topical Meeting, Tucson, Arizona, 1981 February.

36. N.C. GARISTO and R.B. LYON, "Environmental Modelling and Geological Disposal of Nuclear Fuel Waste", Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook, Vol. 10, Environmental Geochemistry (1984).

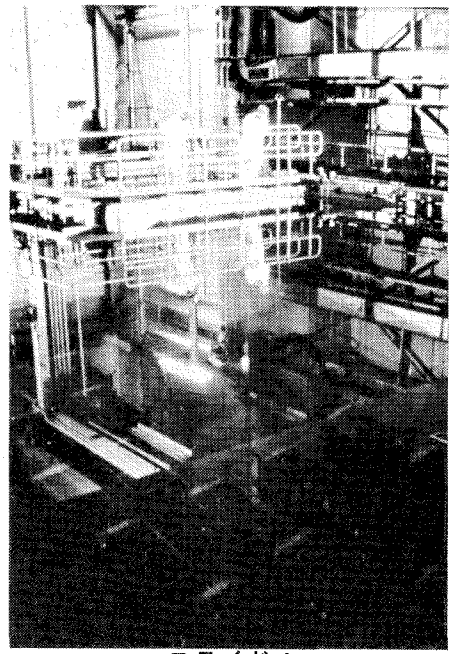
37. K.W. DORMUTH and G.R. SHERMAN, "SYVAC - A Computer Program for Assessment of Nuclear Fuel Waste Management Systems, Incorporating Paramater Variability", Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-6814 (1981).

スライド 1

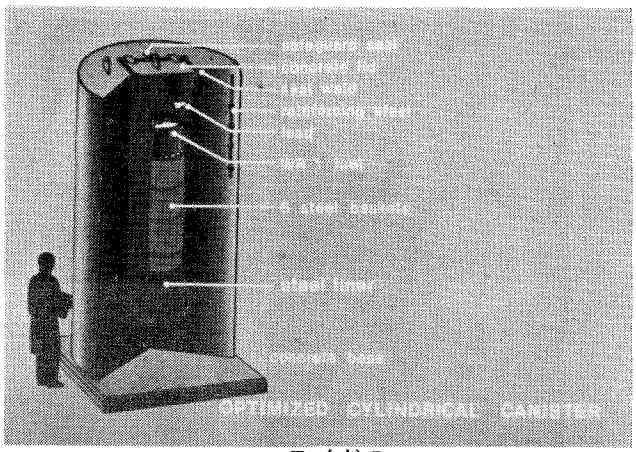
スライド 2



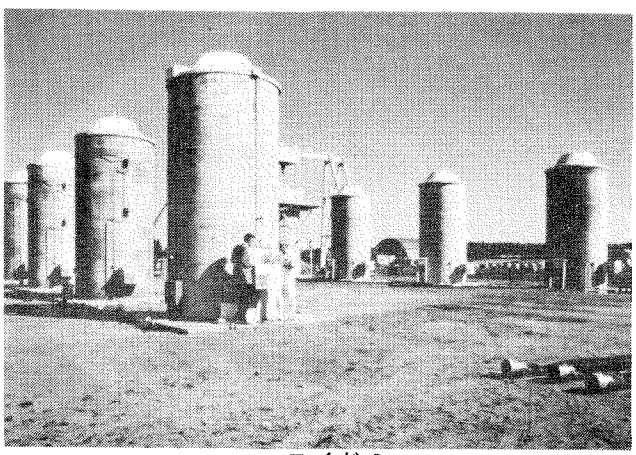
スライド 3



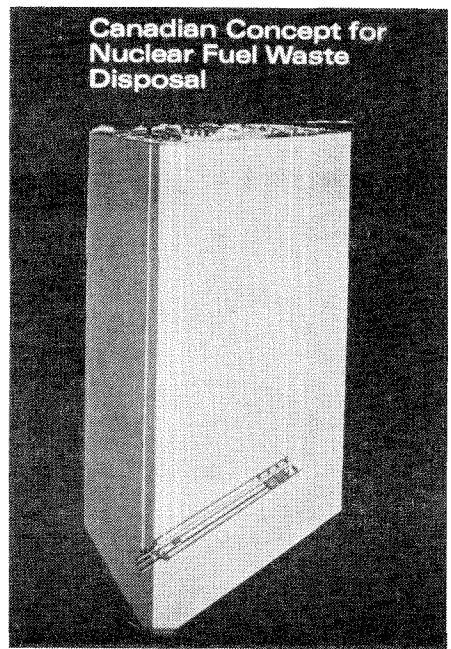
スライド 4



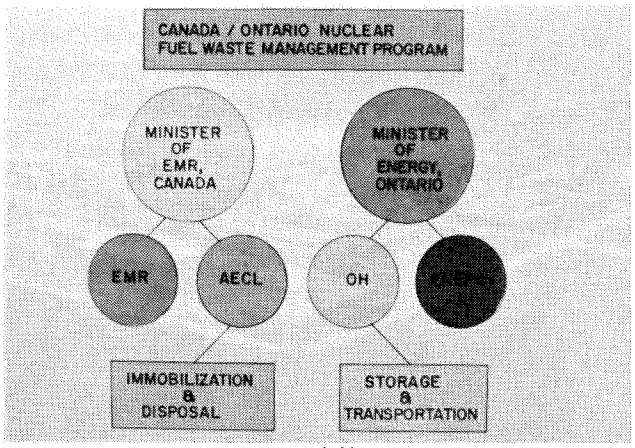
スライド 5



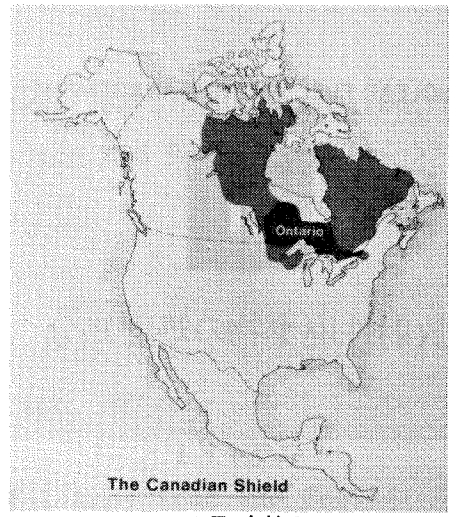
スライド 6



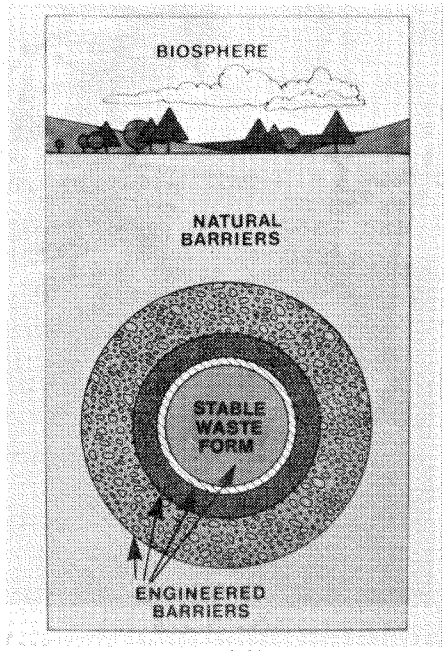
スライド 7



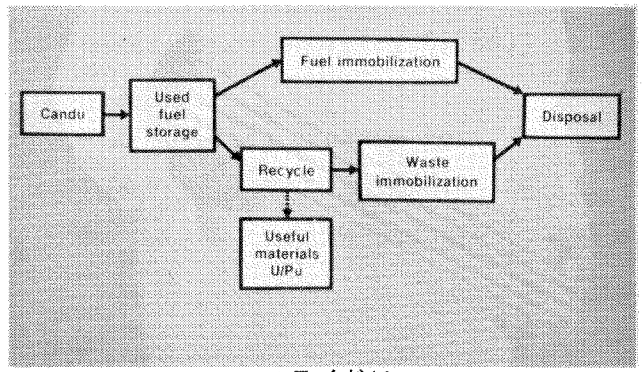
スライド 9



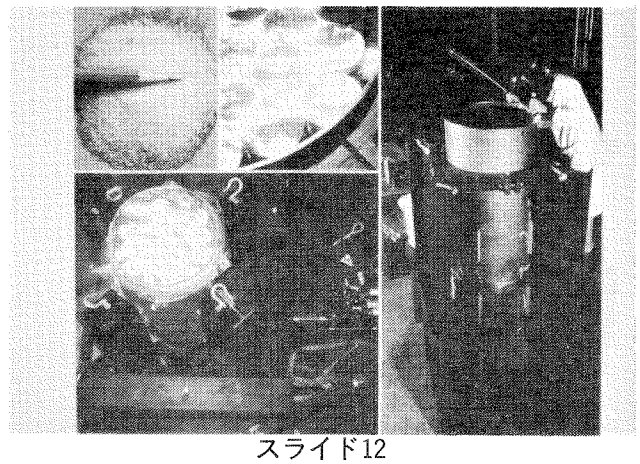
スライド 8



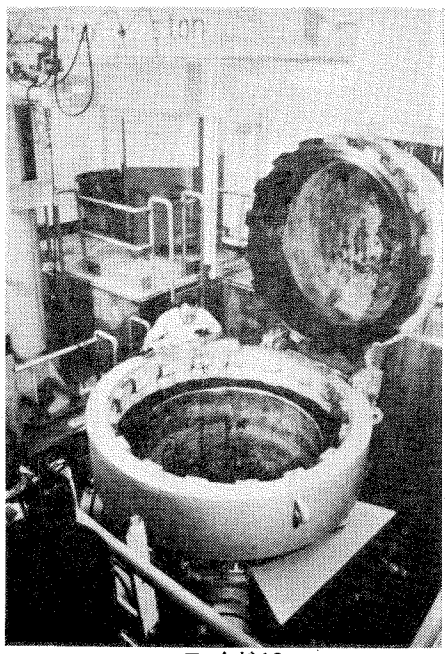
スライド10



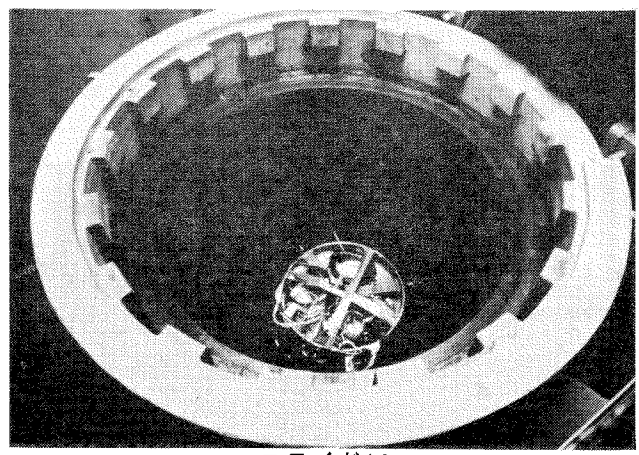
スライド11



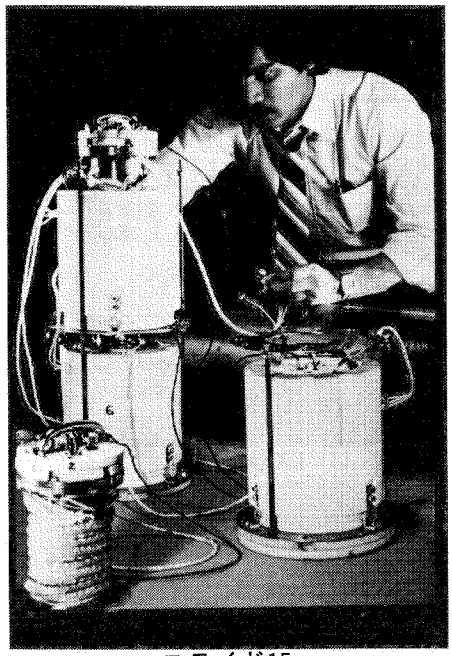
スライド12



スライド13



スライド14



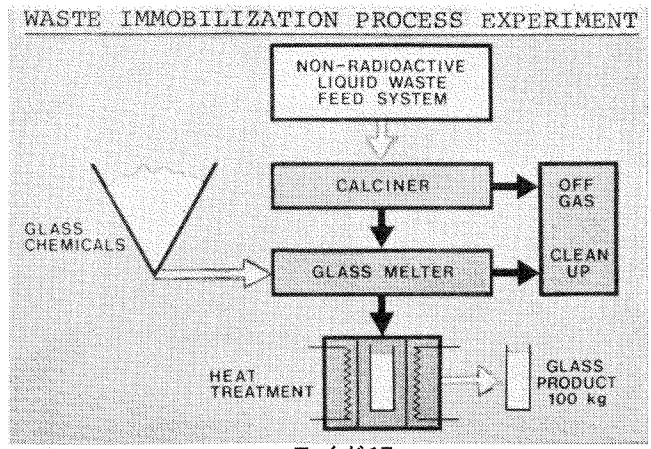
スライド15

WASTE IMMOBILIZATION STUDIES

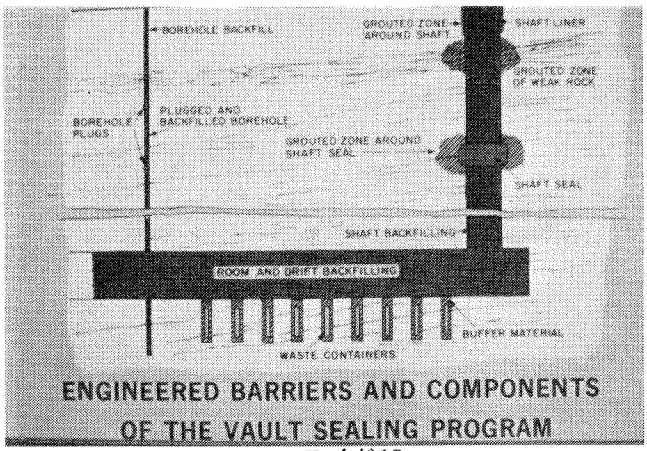
Process development — calcination
— vitrification
— off-gas immobilization

Product development — borosilicates
— aluminosilicates
— calcium aluminosilicates
(nepheline syenite)

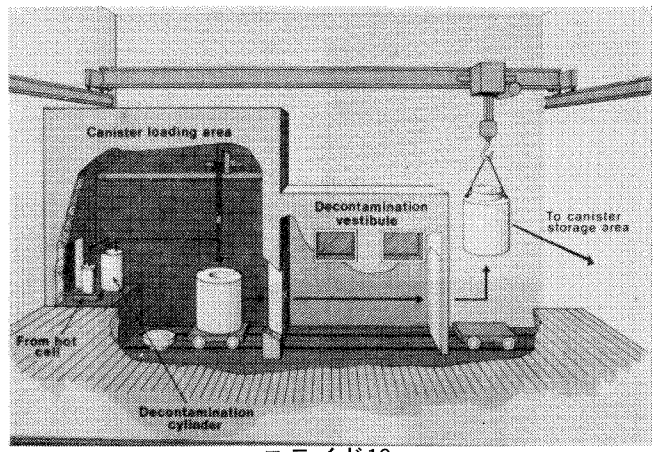
スライド16



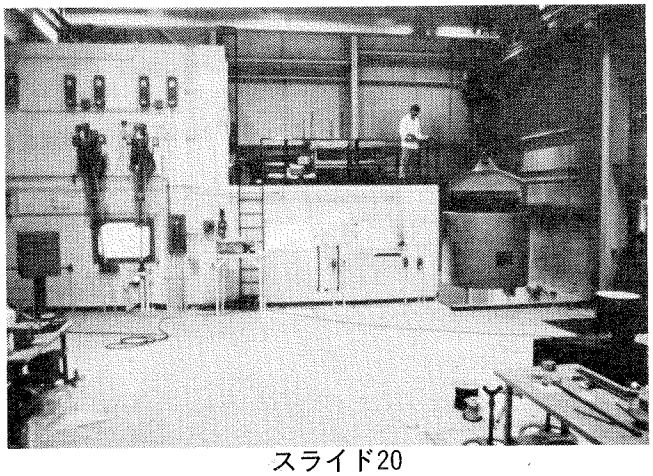
スライド17



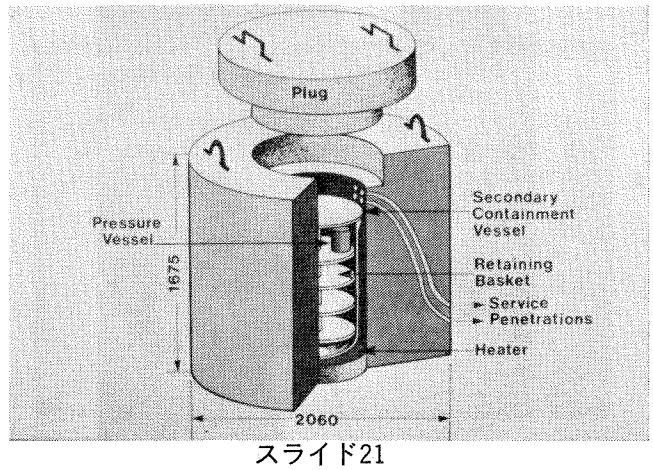
スライド18



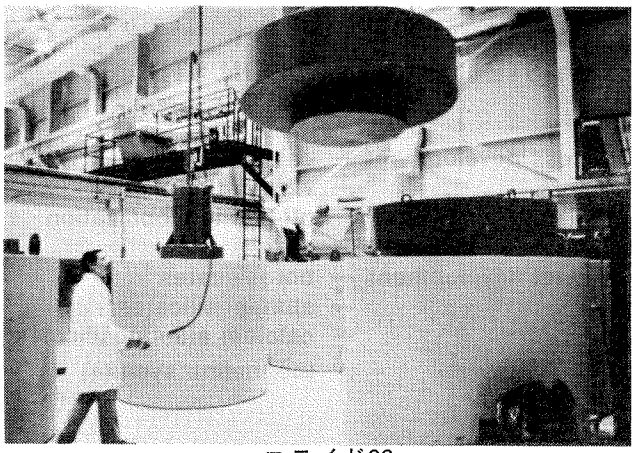
スライド19



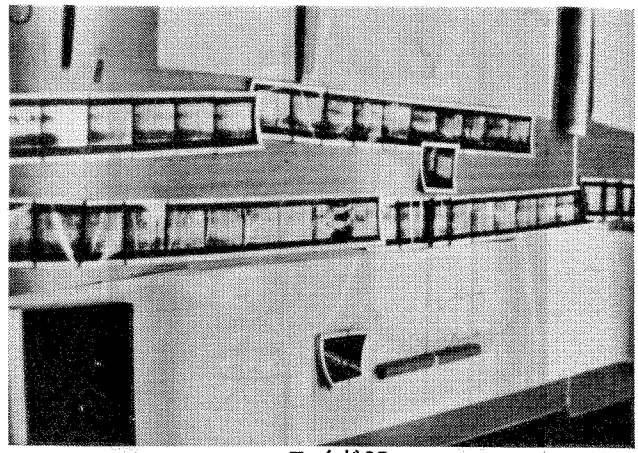
スライド20



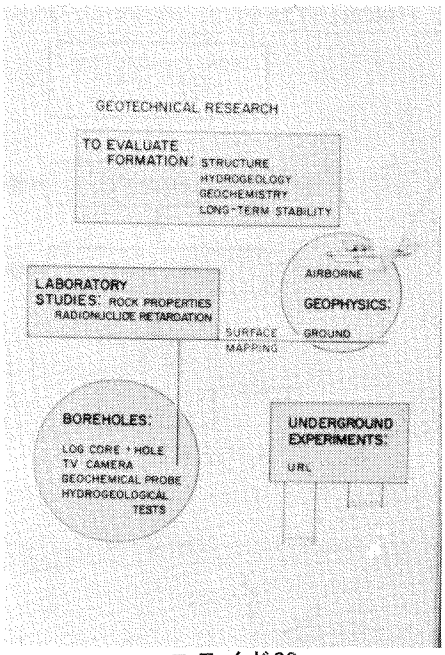
スライド21



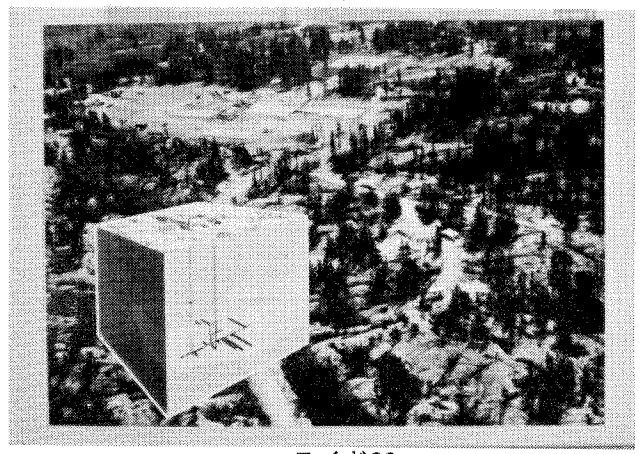
スライド22



スライド25



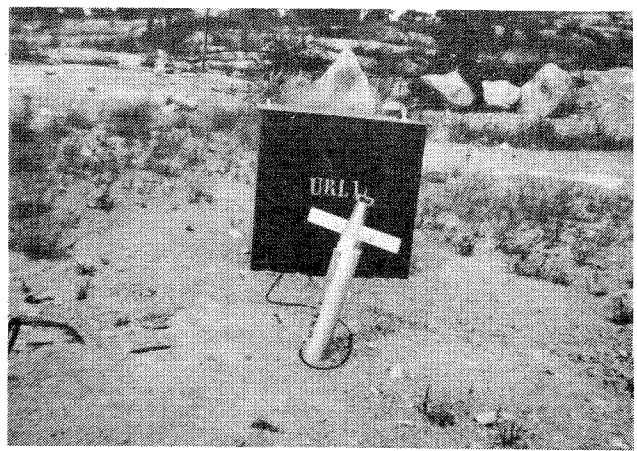
スライド23



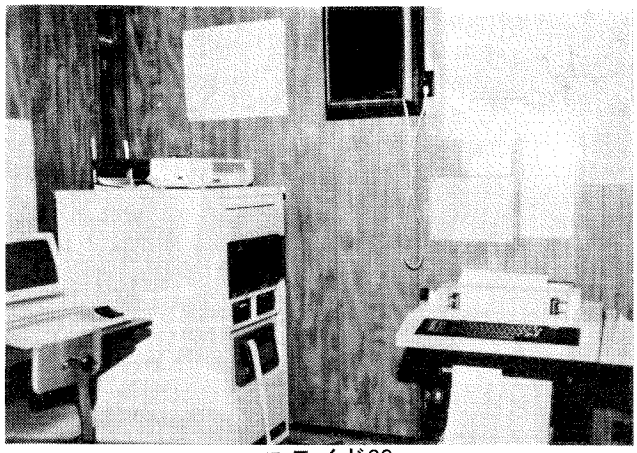
スライド26

スライド27

スライド24

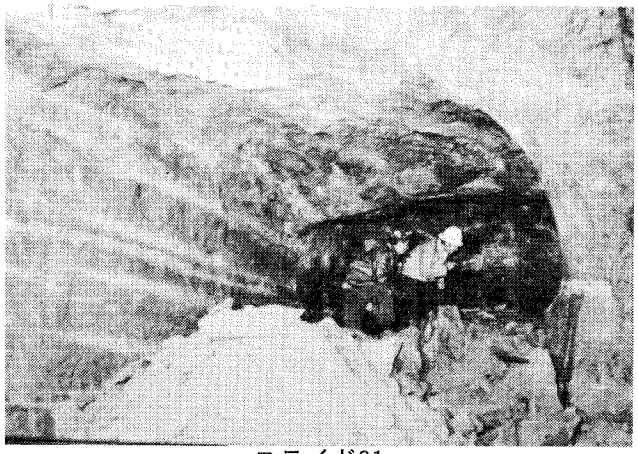


スライド28

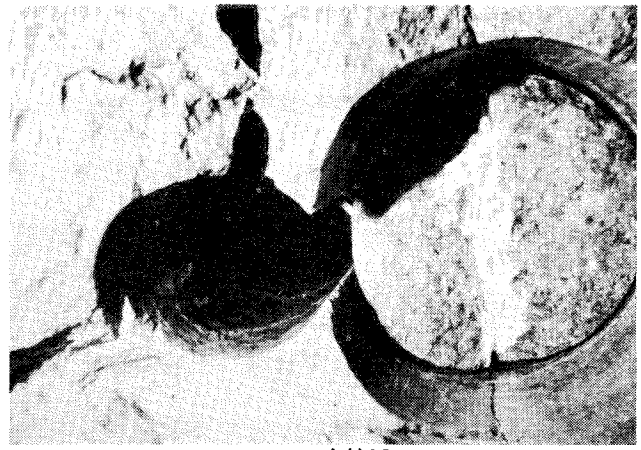


スライド29

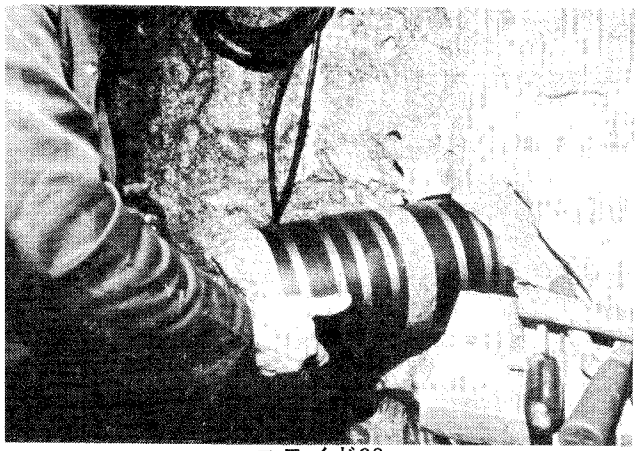
スライド30



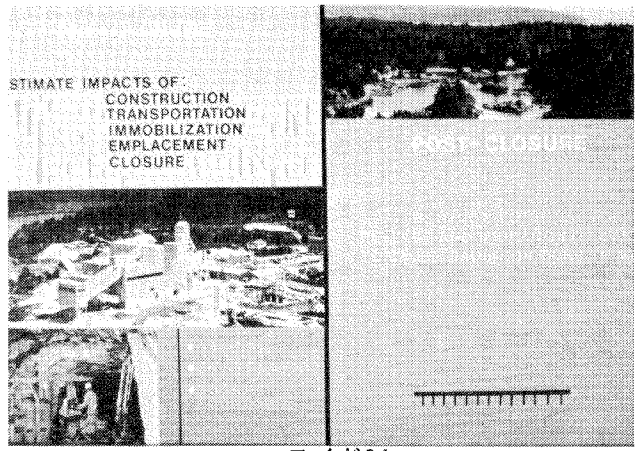
スライド31



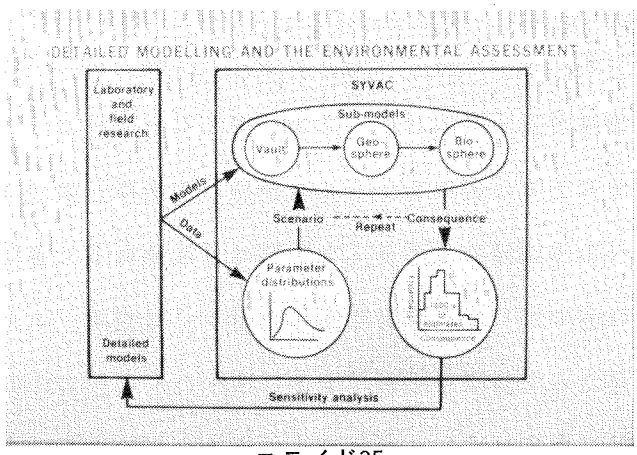
スライド32



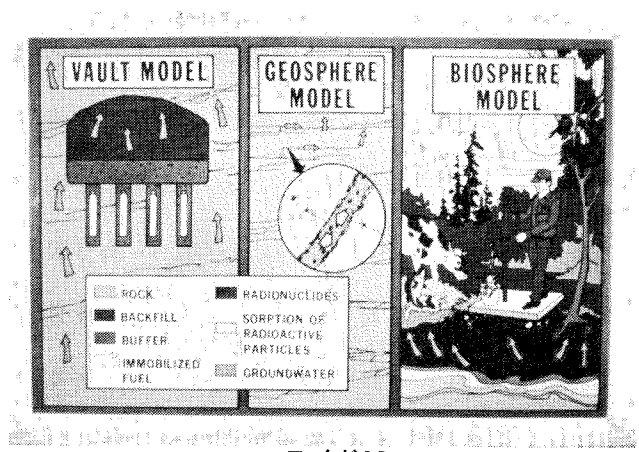
スライド33



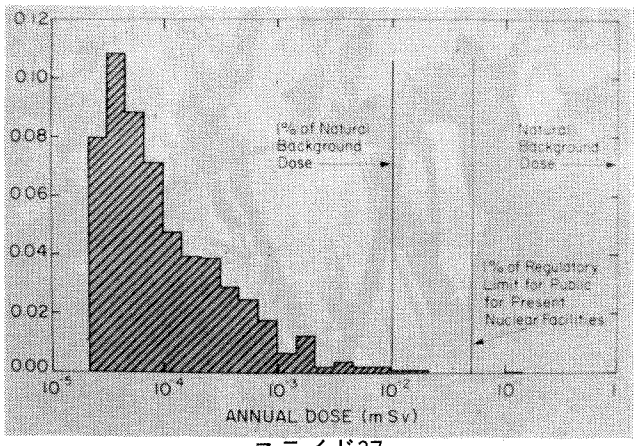
スライド34



スライド35



スライド36



スライド37

スライド38

ＪＴ－６０の建設と核融合技術開発

日本原子力研究所

理事　森　　茂

本セッションの最後は大変風変りな話で恐縮ですが，お時間をいただきたいと思います。今日はまずJT－60の核融合開発における位置付けの話をしまして，次にJT－60の建設と今後の予定をスライドと映画でお話したいと思います。それから，スライドでJT－60に続く核融合炉につきまして，その核融合炉のデータベースとJT－60の関係というものをお話したいと思います。

まず最初の〔スライド１〕をお願いします。これが，核融合の目標を示すものでして，これがブレークイーブン（臨界）と言いまして，プラズマを加熱するための入力とそれから核融合の出力とがつりあう条件です。そのうえはイグニション（自己点火条件）と申しておりまして，外から特別の加熱操作をしなくても，核融合の出力によって燃え続ける条件，いわば実際の炉の条件でございます。この臨界とイグニションとの間は，一種のエナジーアンプリファイアになっているわけで，エナジーをつぎこめばそれが何倍かになってくるということになります。10年あまり前はこの辺のところに研究の最先端がいたわけですが，その頃次はどういうものを計画するかということを考えまして，偶然世界の４つの国がこのブレークイーブンの条件をテストしようということを考えついたわけです。その一つが今日お話しますJT－60です。研究の段階で申し上げますならば，JT－60のような大型トカマク装置というのは核融合炉の炉心の科学的なフィージビリティを実証することを目的にしているわけです。日本のJT－60，アメリカのTFTR，ヨーロッパのJET，そしてソ連のT-15という大型トカマクがそれにチャレンジしているわけでございます。

次の〔スライド２〕をお願いします。これからJT－60の建設状況を映画でおみせしますが，そのまえにJT－60というのはどういうふうになっているかということをご説明して，それから映画をみていただきたいと思います。これはJT－60の鳥瞰図で，ここが切り開いてあるわけでございます。この真ん中の赤い部分がトロイダル状のプラズマです。そのまわりをとり囲むように，トロイダル磁場コイルがあるわけです。それから制御あるいは電流を流すための円周方向のポロイダル磁場コイル，真空にひくための真空装置，プラズマをいれておきます真空容器があります。それからJT－60の特色の一つであります不純物を制御するためのマグネチックリミターというのがあります。それからこの筒のようなものはプラズマを１億度に加熱するための中性粒子加熱装置でありますし，

それから同じくこれも加熱するための高周波加熱装置の導波管とパワーの入口でございます。　それでは映画をお願いいたします。（映画省略）

これが原子力研究所が核融合の研究をしています那珂研究所のJT－60のビルディングです。那珂研究所は全体で約130 ヘクタールの面積がありまして，JT－60と実験炉を置けるような敷地がございます。これがJT－60の架台です。これがトロイダルコイルのサポートで，これがトロイダルコイルであります。このはちまき状のものがプラズマを制御したり，電流を流したりするためのポロイダルコイルであります。今，それを中心に据え付けているところです。ここに回りをみると黄色のものは真空容器を支えるための支持金具です。これが真空容器で，50㎜の厚さのインコネル625 でできております。この白くみえておりますのは保温材です。これは全体でトーラス形，円周状になっているわけで，半分ずつこちらが左半分，こちらが右半分というわけでございます。ここにみえておりますのが，磁気リミターのためのコイルです。プラズマの不純物を排気するためのコイルで特別の工夫をしています。真空容器をこういうふうに据え付けまして，一部分切りかきでございます。この切りかきの部分を通しまして，トロイダルコイルをこの間に入れまして，ずっと円周方向に回していくわけです。といいますのは，真空容器とトロイダルコイルとはお互いにリンクしていますので，どこかで切りかけておいて，あとからその部分を閉じるわけでございます。この場合には真空容器の方を切っておいて，あとから閉じるということでございます。今，ちょうど真空容器の切りかきの間にコイルをさしこんでいるところです。トロイダルコイルはほぼ中心半径が３メートルですが，それを±３ミリ以下の精度でセットしておりますので，非常に精密にセッティングしているところでございます。これもトロイダルコイルを運んでいるところです。トーラスの内側はお互いにせり合いますので，内側は非常に細くけずってあります。これが18個のトロイダルコイルの最後のものでして，ここにトロイダルコイル，「積み込み，完了」という垂れ幕があるわけでございます。最後のコイルを入れまして，それから内側のポロイダルコイルのきりかけ部分をつなぎ，それから真空容器をその場で溶接するわけでございます。これが真空容器の内面でございまして，インコネルあるいはモリブデンのうえに，チタンカーバイドをコートしたものでございます。チタンカーバイドというのは，高温材料であるとともに，もしスパッタされてプラズマのなかに入っても，原子番号（Ｚ）が低いので問題が少ないということで選んだわけでございます。この黄色の大きなサポートの金具はトロイダルコイルの転倒力を建屋の壁に伝えるための構造物でございます。

（映画の説明終り）

以上でJT－60本体の据え付け，総合試験を終りまして，４月初めに装置が完成いたしまして，昨

日最初の電流を流したわけでございます。それが新聞等に大きく報道されましたが，この〔OHP〕はそのときの密度のグラフでして，横軸は時間で，縦軸は電子密度の値を示しています。最高の平均密度としては1×10^{13}／㎤になります。申し遅れましたが，これは2㎜のマイクロ波をプラズマの中に通しまして，その位相のズレから密度を測ったものでございます。このときのプラズマ電流は150 KAでございます。ちなみにJT－60の最高の性能をだすためにはプラズマ電流は2.7 MAまであげなければならないので，これから実験で調整をすすめながらだんだんにプラズマ電流をあげ，温度もあげ，密度もあげるということになっていくわけでございます。

それから次の〔スライド３〕をお願いします。実はプラズマに電流を流すだけでは１億度というプラズマはできませんで，2,000万度か3,000万度位がだいたい限度でして，そこから先は中性粒子入射加熱装置，あるいは高周波によって加熱するわけですが，今その加熱装置の製作が進んでいるところです。この筒のようなものはそれぞれ約２MWの出力を有する中性粒子のインジェクターでございます。これはもうすでにテストが終りましてフルパワーがでることを確認して，据え付けを待っている状態になっております。

これからJT－60の実験予定のようなものをお話したいのですが，次の〔スライド４〕をお願いします。これは一番上がJT－60です。このピンクに塗っておりますところが最初のプラズマができた時でして，これが今年の４月８日です。TFTRは1982年のクリスマスの頃に，JETは1983年６月頃に最初のプラズマを作っております。これらの目的は一番最初にお話いたしましたブレークイーブン条件を達成することであります。そのためには，加熱装置による加熱が必要でして，この図の右側の目盛は加熱のパワーを表わしております。ここは30MW（３万kW）になっています。この加熱装置をとりつけて初めて臨界になるわけですが，この平行四辺形になっているところがブレークイーブン（臨界）の条件ができるであろうと予想している時期を示しており，だいたい1987年頃に臨界の予定になっております。ここで少し説明しておかなければいけませんのは，日本のものだけ加熱のパワーが大変早くあがって，アメリカのものはゆっくりしかあがっていない理由でございます。実はそれは，先程この一つ前のスライドでお見せしましたように，私たちの方は，加熱装置の調整はすでに終っておりますので，据え付けが終れば非常に短時間にフルパワーが出せるだろうというふうに考えて，こういうスケジュールをたてたわけでございます。

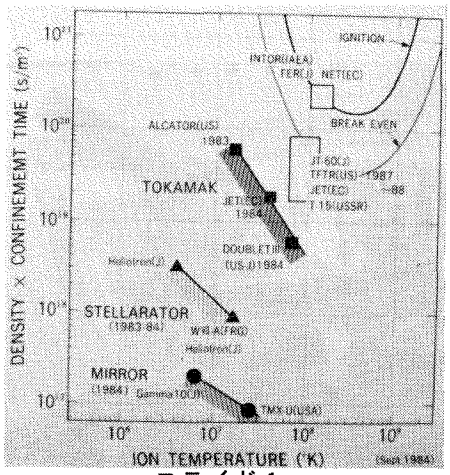
それで，この大型トカマクで科学的フィージビリティが実証されますと，その次に工学，技術の段階が当然考えられなければいけないのですが，それは次の〔スライド５〕でございます。まず外国のはともかく，日本といたしましてはJT－60の次は実験炉を考えておりまして，実験炉というの

は炉心で申しますと，先程の自己点火にします。それから，それだけではなくて工学，技術的な色々のテストがこの装置でできるというような実験炉を作るということを考えておりまして，この段階では実際に熱がでる，あるいは場合によっては発電のテストもできるというところまでいく予定になっています。それが1990年代の後半だというふうに考えております。

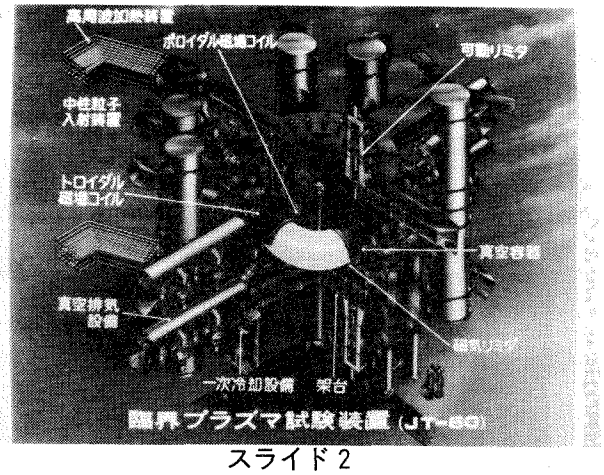
それから次の〔スライド６〕をお願いします。それでは，そういう実験炉とJT－60とはどういう関係にあるのかということを示しましたのがこの絵です。大きさの比較を見ていただくために，こういう絵をかいたわけですが，右半分がJT－60で左半分がINTOR でございます。INTOR はIAEAのもとで国際設計チームが考えましたトカマク炉でございます。中心半径で申しますと，JT－60は3mですが，このINTOR は5.3mで約８割位大きくなっております。出力の方は熱でJT－60が20MWでございますが，INTOR の方は 620MW（平均で 500MW）の出力がございます。INTOR は，出力的にはJT－60の30倍位になっておりますが，リニアスケールはわずか 1.8倍位でございます。

次の〔スライド７〕をお願いします。このJT－60でのデータベースとそれから実験炉に必要なデータベースというのがどういう関係にあるか，というのを例示したのがこれでございまして，縦軸はヒートフラックス，横軸は時間でございます。したがってこういう斜めにひいた線，これが単位面積あたりの熱量のカーブになります。ですから，こちらにいく方が単位面積あたりの熱量が多いわけですから，より困難なわけです。で，濃い色で塗ってございますのがJT－60でございまして，実験炉の条件とほとんど同じでございます。したがって熱という立場でいいますと実験炉に必要な熱のデータがJT－60で得られるということでございます。JT－60のデータが実験炉にも役立つということの一つの例をお示ししたわけでございます。

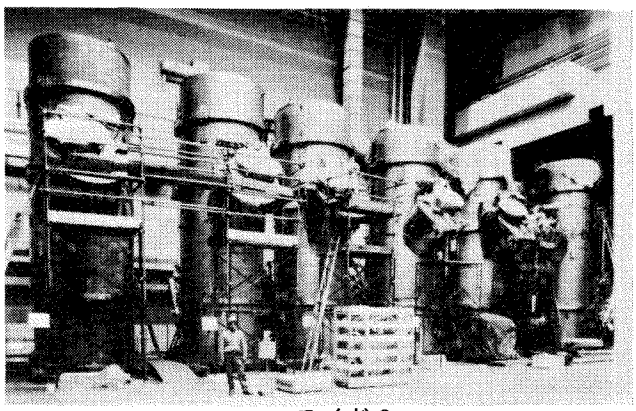
最後の〔スライド８〕をお願います。今のは熱でお話したわけですが，実はどうしてそういうことになったかと申しますと，実はJT－60を設計したのはこの頃（1977年）でございますが，その頃は実験炉というのは非常に大きいと考えていたわけでございます。中心半径で申しますと，JT－60は３ｍですが，その次の実験炉というのは倍にしても 100MWしかできないと思っていたわけでございます。ところがそれから約７年たちまして，閉じ込めの能率が非常に改良されてきましたので，先程お話しましたように，３ｍを 5.3mにすれば，出力でいえば30倍の出力を得られるというふうになってきたわけでございまして，別の言い方をすればこういう実験炉のスケールが小さくなったものですから，JT－60を作った経験というのが非常に役立つということになったわけでございます。以上でお話を終らせていただきます。どうもご清聴ありがとうございました。



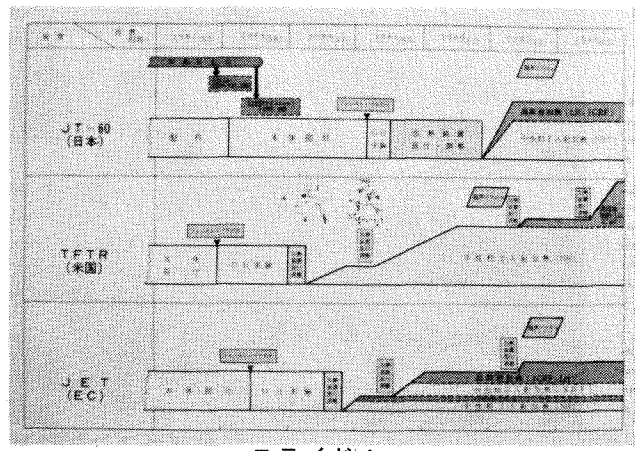
スライド 1



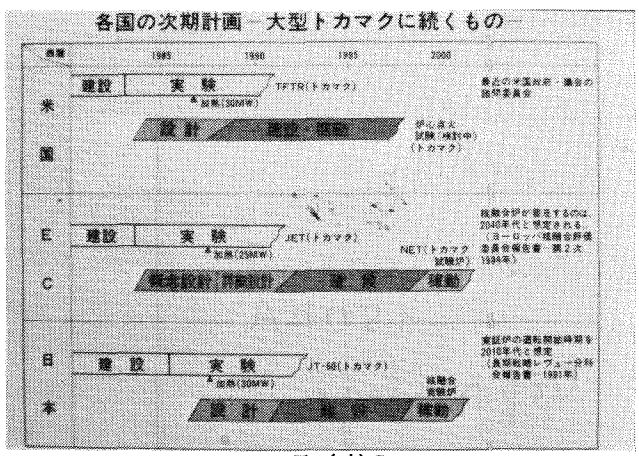
スライド 2



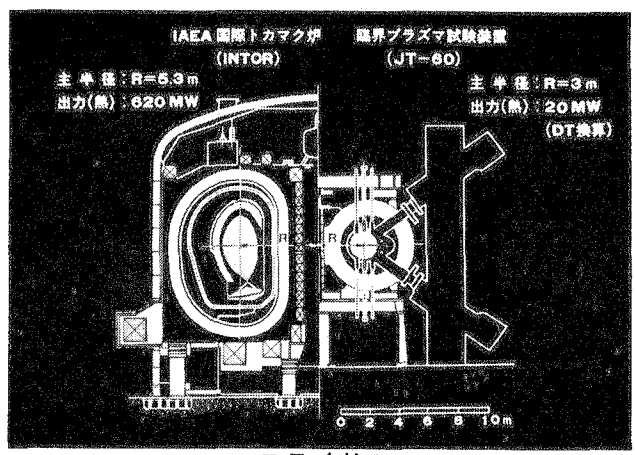
スライド 3



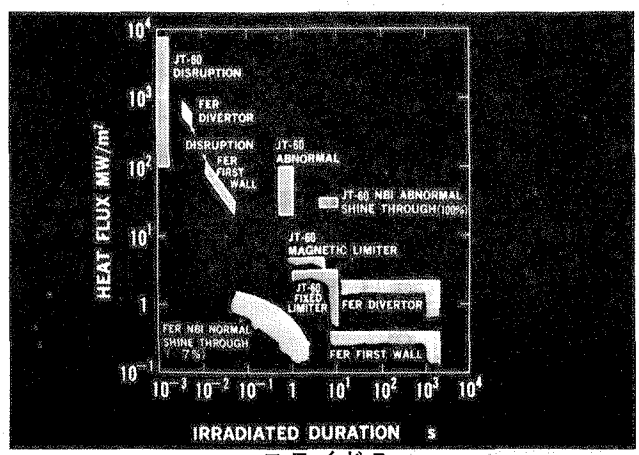
スライド 4



スライド 5



スライド 6

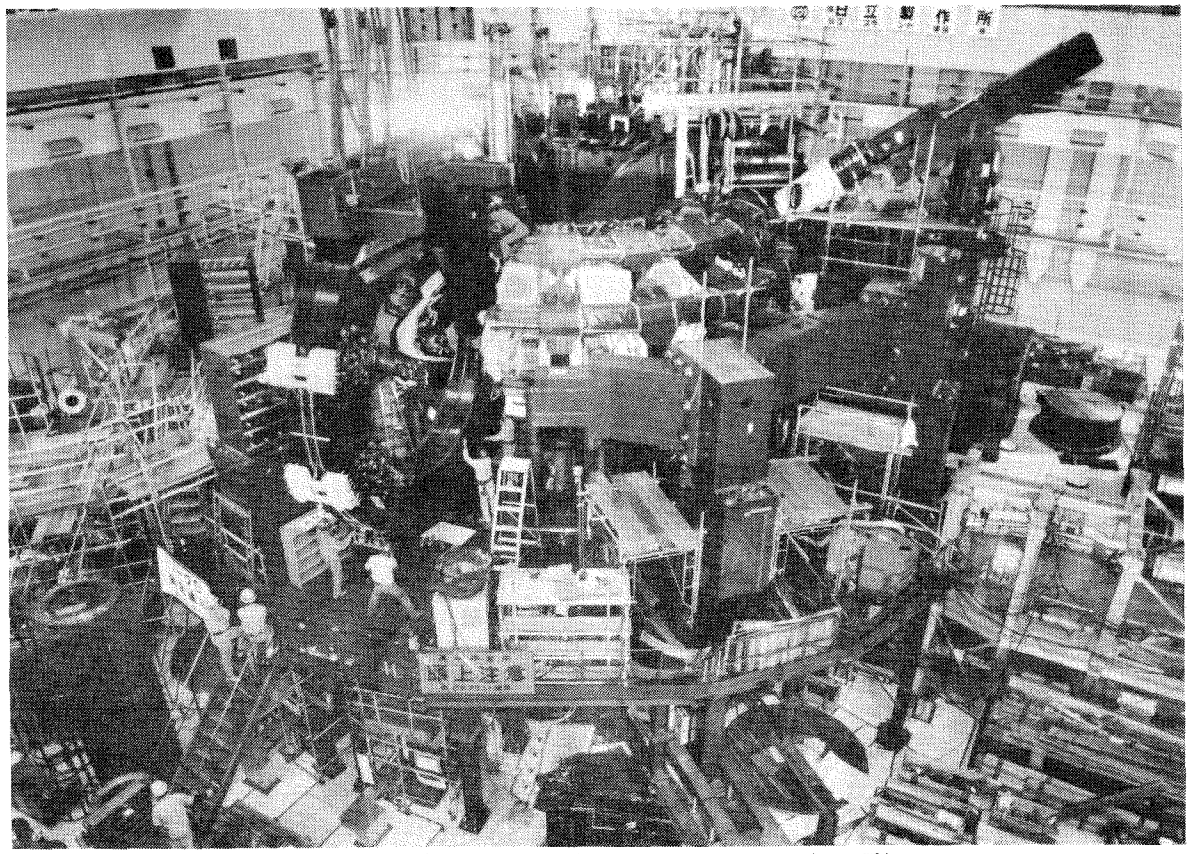


スライド 7

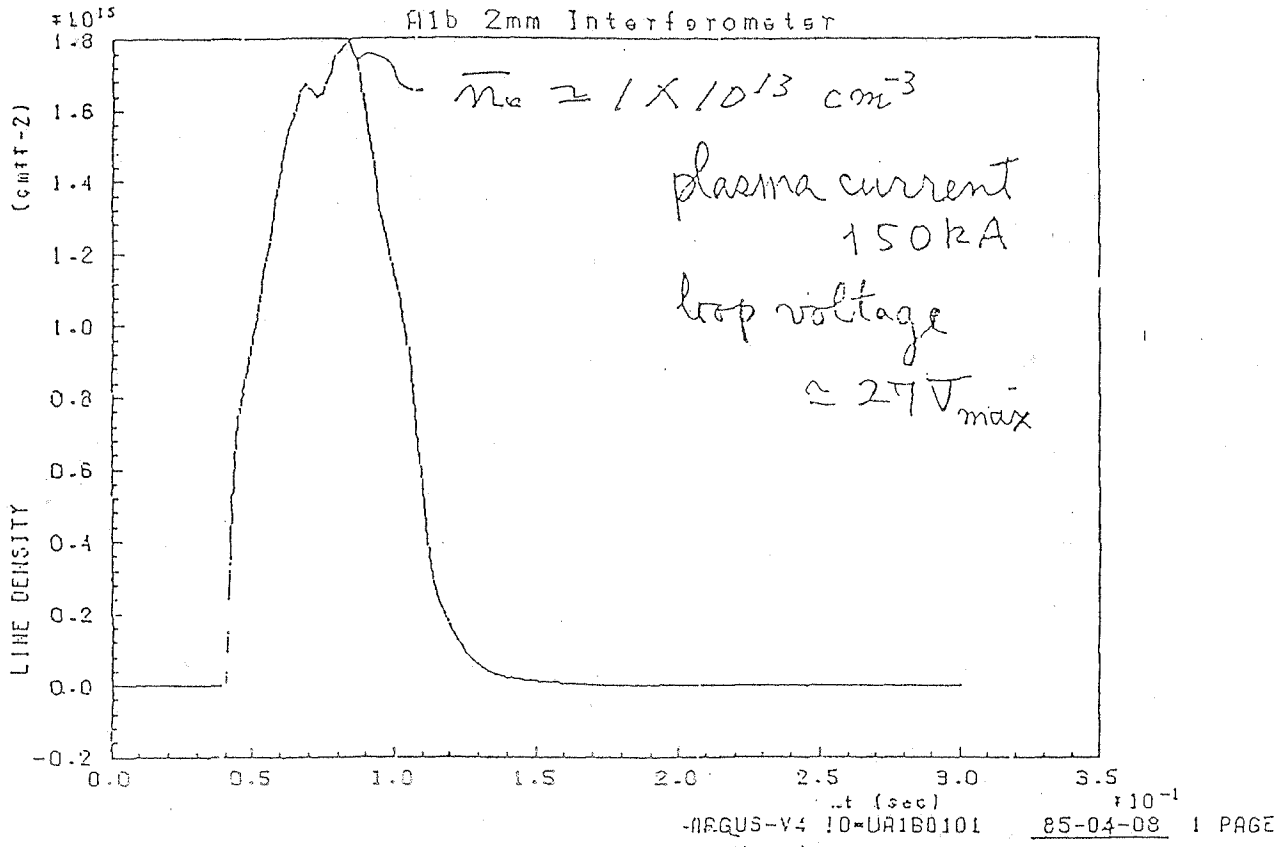
		JT-60	FER-1	INTOR
DESIGN (CY)		1977	1976	1983
THERMAL OUTPUT	PEAK	(20MW)(1)	100MW	620MW
	AV.	(0.3MW)(1)	71MW	500MW
MAJOR RADIUS (m)		3	6.75	5.3
MINOR RADIUS (m)		0.95	1.5	1.2×1.9
TOROIDAL FIELD (T)		4.5	6	5.5

(1) calculated for D-T plasma

スライド 8



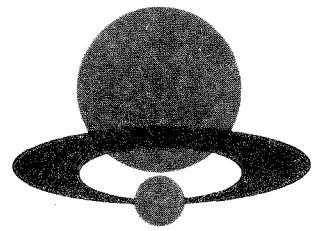
臨界プラズマ試験装置 JT-60（昭和58年12月）



JT-60における最初の電流実験のグラフ

セッション4

燃料サイクル産業化への課題



わが国における燃料サイクル事業確立上の諸課題

(社)日本原子力産業会議副会長
村田　浩

フランスにおける燃料サイクルダウンストリームの開発の現状と計画

フランス核燃料公社（COGEMA）再処理事業部産業担当理事
M. ドランジュ

西ドイツにおける再処理事業の推進体制

在日西ドイツ大使館首席参事官（科学担当）
H. シュンク

イギリスの再処理事業体制

イギリス核燃料公社（BNFL）理事
W. ウィルキンソン

放射性廃棄物管理－その国際的展望

OECD原子力機関（NEA）事務次長
P. ストロール

わが国における燃料サイクル事業確立上の諸課題

（社）日本原子力産業会議
副会長　村　田　　浩

Ⅰ　はじめに

本講演において，わが国の燃料サイクル事業推進の実状を概説するとともに，その事業化を確立する上に重要と考えられる諸問題について私見を述べてみたい。

まず初めに，わが国の燃料サイクル事業の確立について次の２点を明らかにしておこう。

(1)　第１に，わが国は昭和３１年（１９５６年）原子力基本法を制定し，原子力委員会を設置したとき以来，原子力平和利用の基本的方針として，ウラン資源の最大限の活用をはかるため，動力炉の開発と並行して，国内における燃料サイクル技術の基盤を整備し，その事業化を進め，もって燃料サイクルの確立をはかることを基本方針としていることである。

(2)　第２に，この基本方針の下でウラン濃縮，成型加工，再処理，回収プルトニウム及びウランの利用，廃棄物貯蔵及び処理・処分の全般にわたり，一貫性のある調和のとれた燃料サイクルの事業化をすすめることとしていることである。

Ⅱ　燃料サイクル事業化の背景

(1)　燃料サイクル事業推進の意義

わが国の原子力発電は，着手以来約２５年の経験を経て，いまでは総発電電力量の２３％を占め，稼働率も高く，経済性にもすぐれ，大量且つ安定した電力供給源として，いまや電力生産の主要な柱にまで成長し，国民の信頼感も高まってきたと言える。

このような情勢にともない，原子力発電を支える基盤としての燃料サイクル諸要素の充実強化も次第にその必要性が増大してきている。すなわち，原子力発電所へ供給すべきウラン資源の確保，濃縮，成型加工の量的増大とその効率化が問題となる一方，原子力発電所から排出される使用済燃料の量も増大し，低レベル廃棄物の発生量も次第に増加してきている。

これまでの発展段階において，これら必要な燃料サイクル能力については，技術的，経済的観点から，もっぱら海外諸国の協力に期待するのが最も効率的であったが，今後予想される原子力発電への一層の依存度の高まりを考えると，燃料サイクル能力についても，できるだけ国

内において事業化をすすめ，不可欠のエネルギー資源として原子力発電のもつ特色を十分に発揮できる体制をつくり上げることが望ましいと考えられるに至った。

(2) 燃料サイクル技術の開発

これまで，ウラン濃縮，再処理，プルトニウム燃料，廃棄物処理などについては，動燃および原研を中心に関連産業が協力して技術開発努力が続けられてきた。

軽水炉燃料の成型加工については，いちはやく産業化が進展し，現在既に民間3会社が事業化し，その能力は十分国内需要を満たしており，その製品技術は国際的にも非常に高い評価を受けるに至っている。

一方，濃縮については，動燃が中心となって開発した遠心分離方式によるパイロット・プラントが運転中であるほか，約２００トンＳＷＵ／年規模の原型プラントが人形峠で建設中である。また再処理については，動燃東海事業所において，0.７トン／日規模の施設が１９７７年ホット試験開始以来運転中であり現在までに合計１７４トンの使用済燃料を再処理している。

さらにプルトニウム燃料についても，動燃に技術開発の施設が設けられ，高速増殖実験炉用ＭＯＸ燃料ライン（１トン規模）と新型転換炉用ＭＯＸ燃料ライン（１０トン規模）が稼働し，さらに現在その規模を拡大する計画が進行中である。これらＭＯＸ燃料の製造は現在までに合計約７５トンに及び，国際的に見ても有数の実績を示している。このような国内における燃料サイクル技術の開発実績並びに国内外の情勢・動向から見て，いまやこれら燃料サイクル各要素の事業化の時期が到来したものと考えられている。

(3) 原子力白書に示された燃料サイクル確立の必要性

わが国原子力政策の基本について企画決定する責任を有する原子力委員会の白書（昭和５９年発表）によれば，燃料サイクル確立の必要性について以下の如く述べている。

「原子力発電は，経済性に優れ，大量かつ安定的な電力供給源として最も有望なものであるが，使用済燃料の再処理によって回収されるプルトニウムおよびウランが国産エネルギー資源として扱うことができ，その利用によりウラン資源の有効利用を図ることができるとともに資源面での対外依存度を低減できる点に化石燃料資源とは異なる特長を有している。エネルギー資源に乏しいわが国にとって，自主的な核燃料サイクルを早期に確立し，プルトニウムの利用システムの実用化を図ることは極めて重要である。」

Ⅲ　わが国燃料サイクル事業の計画と現状

(1)　計画の概要

かねてより燃料サイクルの事業化の必要性を考えていた電気事業者を中心とする民間産業界は，昭和５５年（１９８０年）に再処理事業の主体となるべき日本原燃サービス株式会社（ＪＮＦＳ）を設立し準備を進めていたが，昭和５９年（１９８４年）４月には，電気事業連合会より青森県に対し，ウラン濃縮施設，再処理施設及び低レベル廃棄物貯蔵施設の包括的な立地協力要請が出され，同年７月にはその具体的な事業計画並びに立地地点が示されるに至った。また本年（１９８５年）３月にはウラン濃縮及び低レベル廃棄物貯蔵の事業主体として日本原燃産業株式会社（ＪＮＦＣ）が設立された。

これにより，今後これら事業化のための主体が中心となり，地元等の協力を得つつ立地予定地点での建設計画を具体化する体制が整ってきたわけである。

(2)　技術移転

これら事業主体が採用する技術については，当然ながら事業経営上，最も有利な方法をとることとなろうが，いずれにせよ，これまで動燃等において蓄積された技術及び経験が十分活用されることが望ましく，円滑な技術移転をはかることとされている。

この点に関し，動燃東海再処理施設が，一昨年来溶解槽の故障のため運転を停止していることが問題とされたが，このほど国内技術で製作した新溶解槽（Ｒ１２）が完成し，据付を完了，去る２月１８日より検査運転を開始しており，新たな技術的成果が期待されている。

(3)　高レベル廃棄物の貯蔵と処理処分

高レベル廃棄物はほとんどもっぱら再処理施設から発生するものであること，また英仏に委託した再処理から発生する高レベル廃棄物についてもまだ具体的スペック等が決定していないことなどのため，今回の燃料サイクル事業化の中ではまだ明確な形で取上げられていないが，その技術開発については，動燃が中心となり，原研等の協力の下に，所定の計画が進められている。その内容には現在東海再処理施設において試験的に実施している高レベル・ガラス固化体の貯蔵プラント計画並びにその地層処分に関する試験を実施するための深地層試験場建設計画が含まれる。

(4)　燃料サイクル３施設等の概要

以上に述べた燃料サイクル事業化の予定立地地点並びにその内容について，スライドにより説明する。

スライド(1)：燃料サイクル３施設に係る電気事業連合会の申し入れの概要

スライド(2)：原子燃料サイクル施設立地図

スライド(3)：各施設レイアウト概要図

スライド(4)：下北半島六ケ所村風景図

スライド(5)：動燃東海事業所全景写真

スライド(6)：動燃東海再処理施設全景写真

スライド(7)：東海再処理施設新溶解槽（Ｒ１２）

スライド(8)：動燃人形峠事業所全景写真

Ⅳ　燃料サイクル事業にともなう諸問題

わが国の燃料サイクル事業は，いよいよ本年から具体化への第一歩を進めることとなろうが，ここで考えておかねばならない問題点或いは課題を挙げれば以下の如くである。

・政府，民間の役割分担の明確化

・研究開発機関から事業主体への技術移転

・燃料サイクル事業の経済性

・混合酸化物（ＭＯＸ）燃料加工の事業化

・核不拡散政策との調和

・立地に係る諸問題

(1)　政府，民間の役割分担の明確化

燃料サイクル施設といえども，わが国においてはすべて平和目的の事業であるから，本来，民間主体で推進すべきことは当然であるが，しかしまだ現在のところ非核保有国としてはあまり例を見ない新しい分野への発展であるから，安全性の確保並びに安全保障上の問題はもとより，新しい事業として成立するために必要な助成策等については政府の積極的な支援が必要である。

すなわち，まず関連法体系の整備，基盤技術開発，低利資金の融資，さらにこれまで原子力発電の計画的推進に効果を挙げた電源三法交付金制度の充実等によるバックアップ等が必要と考えられる。これらの助成策は，事業化リスクの低減，立地上の不安解消等に対しても有効な手段である。

なお，燃料サイクル施設における安全指針並びに安全基準等については，原子力発電所にお

けると同様，国（政府）がその整備，とりまとめを進め遅滞なきを期することとなっている。

(2) 研究開発機関から事業主体への技術移転

動燃等の研究開発機関から事業主体へのスムーズな技術移転の必要性については，これまでもしばしば議論がなされ，その結果両者間の協力体制の確立もはかられてきている。しかしながら今後，燃料サイクル事業具体化の進展にともない，より一層密接な協力関係が築かれさらに技術者の交流，移籍等も積極的に行い，集積技術の継承移転がスムーズに行われるよう努めねばならない。

一方，将来への技術の発展並びに蓄積については，事業主体及び関連民間産業界が，施設の設計，建設，運転を通じてその技術の改善と蓄積をはからねばならない。また，動燃，原研等も国の燃料サイクル確立の基本方針にそって今後とも関連技術の開発に協力すべきである。

(3) 燃料サイクル事業の経済性

燃料サイクルの経済性については，正直言って，なお不分明な点もある。しかし問題を大別すれば次の2点が当面問題であるように思われる。

第1は，燃料サイクル各要素に要するコストが，現在の軽水炉発電における発電コストにどのように影響するかである。この点についても詳しく見れば二つあり，その一つは，既に現在の発電コストに含まれている海外における燃料サイクルコストとの対比における問題であり，他は，一応現在国内において試算されているものとの対比についてである。いずれにしても，この問題は，原子力発電をふくむ燃料サイクル全体の総合的なコスト見積りの中で，それぞれの要素にどのように配分するかということになるだろう。燃料サイクル事業がそれぞれ成り立つために合理的な考え方が必要とされるだろう。

第2の点は，最近一部海外においても議論されている使用済燃料の長期貯蔵との関係で，再処理事業の有利性がコスト面でどうなるかという問題である。

ここで言う再処理の有利性とは改めて述べるまでもなかろうが，二つ考えられている。

その一つは，既に冒頭にも述べたような，わが国の原子力平和利用の基本方針にもとづくものである。すなわちウラン資源の最大限の有効利用をはかるためには，再処理によって初めて回収できるプルトニウム燃料を高速増殖炉に供給することであり，この目標を達成しうるためには，できるだけ確実に再処理技術，プルトニウム燃料技術，リサイクル技術等を実証し，その経済的メリットを明らかにしておく必要がある。

その二つは，原子力開発利用の終着点である高レベル廃棄物の対策上から見ても，使用済燃

料そのままにくらべ量的におよそ一桁減容しうる再処理の効用を認めないわけにはいかない。さらにこの点は長期にわたる安全性及び安全保障の保持上にも関係する。この問題を論ずるに当っては，他の諸国との国情の相違を十分に考慮しなければならず，安易に長期貯蔵の道を進めば，再処理事業は永久に国内に成立しなくなることも考えられよう。

(4) 混合酸化物（ＭＯＸ）燃料加工の事業化

上述の方針の下に再処理事業を進めて行くには，その結果回収される相当量のプルトニウムの積極的利用をはかる体制をつくり上げる必要がある。

この点に関しては，電気事業連合会の提案にもまだ明確には示されていないが，回収プルトニウムの単なる蓄積による貯蔵量の増大は核不拡散政策上のみならずプルトニウムの利用価値の面からも望ましくないので，再処理事業の稼働に合わせて適切な規模の混合酸化物（ＭＯＸ）燃料加工事業が成立している必要がある。この問題について検討した日本原子力産業会議のリサイクル委員会報告は次のように指摘している。

o Ｐｕ利用及びＭＯＸ加工体制を確立するためには，その有効利用及びエネルギー・セキュリティ上の見地から，ＦＢＲ実用化までは熱中性子炉でリサイクルする事が妥当であり，とりわけ今世紀中における軽水炉での利用が重要である。

ＡＴＲによるプルトニウム利用については，原型炉「ふげん」の成果及び１９９４年に運開が予定されている実証炉の開発状況などをふまえて本格的利用の検討に早期に着手する必要があろう。軽水炉におけるプルトニウム利用は，少数体照射試験，実用規模実証試験を経て実用化へ進む必要があり，実用規模実証試験は，数体の照射実績をふまえ，ＰＷＲ，ＢＷＲ各１基ずつ３分の１炉心程度で，１９９０年初頭に開始することが望ましい。

現在の核燃料サイクル計画から類推するとプルサーマルの実用化は１９９０年代後半に開始できるようにする必要があるものと考えられる。

o Ｐｕ利用体制確立に合わせたＭＯＸ加工の事業化体制を確立する必要がある。

この為，ＭＯＸ燃料加工の推進に当っては，動燃と軽水炉用燃料製造にたずさわっているメーカーの実績，経験を効果的に組合せ，長期的視野に立って技術及び技術者の交流移転，総合化をはかり，将来の民間における事業化へ結びつけることが重要であり，少数体照射，実用規模実証試験，実用化の各段階に応じ漸次事業化の体制を整えていくことが肝要である。

また，ＭＯＸ燃料加工の事業化については，プルトニウムという機微な物質を取扱う為，政治的社会的要因に大きく左右され民間事業として成立していくためには，需給見通しの不確実さも含め多くのリスクを有している。

従ってＭＯＸ燃料加工事業の育成に関し，国が積極的に支援を行うべきであり，本事業推進に当って国としてのシナリオ策定，「いつ事業化のあり方について方針を決定し，またその時に何をすべきか，また事業化に当って制度上どのような支援が出来るか」など国自らプルトニウム利用の具体的ビジョン作りに早期に取り組むと共にプルトニウムの熱中性子炉利用に関する核不拡散等の国際的合意の形成，パブリックアクセプタンスの確保等に努めるべきである。

⑸　核不拡散政策との調和

１９８０年２月にまとめられた国際核燃料サイクル評価（ＩＮＦＣＥ）の結論によれば，以下の如くである。

ｉ）今後２１世紀へかけて原子力の役割は益々増大し２１世紀初期にはＦＢＲの導入が必要となる。

ii）ウラン資源は再処理及びプルトニウム・リサイクルが行われなければ，２１世紀に入って枯渇することとなろう。

iii）再処理それ自体は，核拡散防止上，特に問題はない。大規模な原子力発電国は，一国単位で再処理を行う正当な理由があるとみるべきである。

iv）核拡散のリスクをさらに減ずるため「プルトニウム国際貯蔵（ＩＰＳ）」，「使用済燃料国際管理（ＩＳＦＭ）」について引続き国際的な場において検討する。さらに原子力開発を必要とする発展途上国に対して核燃料対策の供給保証の方針を検討するため「供給保証委員会（ＣＡＳ）」を設ける。

上述のごとく，再処理を行うことは，核拡散防止上の問題はないとして，国際的に合意されているところである。

もとより再処理並びにプルトニウム技術は核拡散防止上機微な施設であり機微な情報であるから，所要の保障措置並びに核物質防護対策については，十分な措置を講ずるべきは当然であるが，前にも指摘した通り，平和目的の再処理及びプルトニウム・リサイクルである以上，これらに併せて経済性の確保にも十分留意しなければならない。

(6) 立地に係る諸問題

最後に，燃料サイクル施設の立地にかかわる諸問題について触れたい。

これは原子力開発利用のすべてについて言えることであるが，燃料サイクル施設の立地にあたっては，原子力発電ほど馴染みがないことを考慮し，燃料サイクルの意義と安全確保に対する国民的な理解と合意を深める努力が不可欠である。特に立地地域住民の合意形成には，安全性に対する信頼感の樹立はもとより，燃料サイクル施設と地域社会との共存共栄の方策が具体的に示される必要があろう。このためには，施設の建設を契機として，地域社会が自らも長期的な地域発展の方策を考え出し，その計画的遂行に事業主体並びに産業界が支援し，協力する体制をつくり上げるよう努力する必要がある。

また，燃料サイクル事業の確立が国家的要請にそうものであることにかんがみ，立地の円滑な推進に対しても，国（政府）の積極的支援姿勢と，それを具体化する施策の明確化が望まれる。特に下北半島に計画されている燃料サイクル施設の立地に当っては，同地域内に予定されている他の原子力施設との関連，また社会経済的波及効果の相乗化などを勘案し，地元と協力しつつ総合的広域的な地域振興を目指すべきであろう。

V 結び

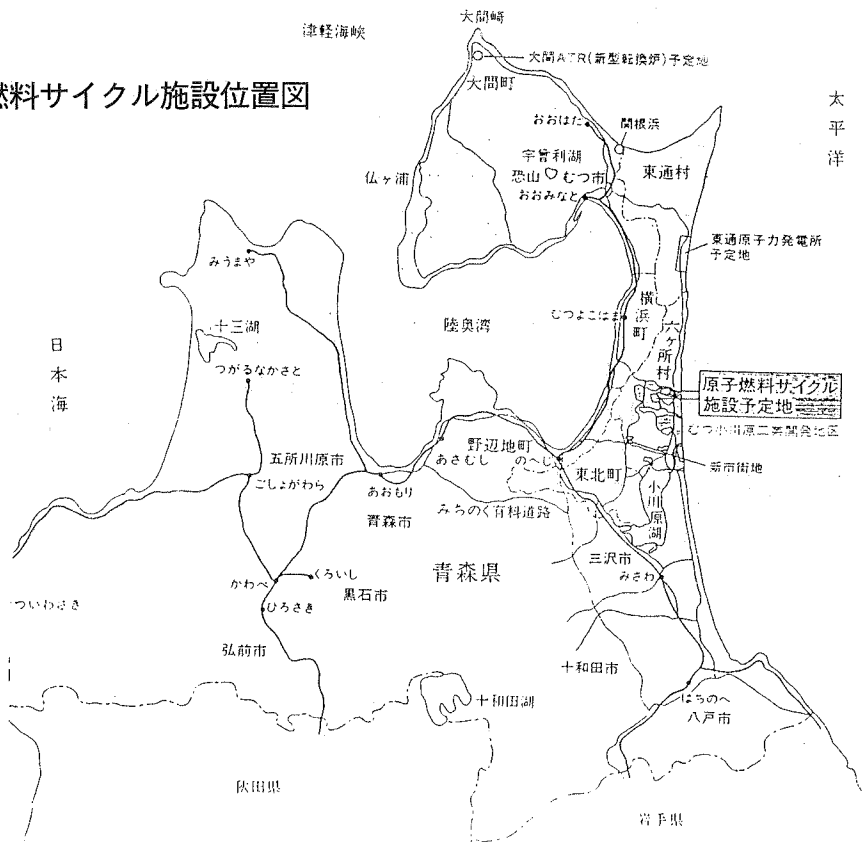
以上，わが国における燃料サイクル事業推進の現状を紹介するとともに，今後対処すべきいくつかの課題について，私見を述べてきた。もとより燃料サイクル事業においても，今後とも国際協力に期待すべき事柄が多いと思われるが，上述した諸課題と真剣に取組み，それぞれの問題を解決或いは克服し，以て一貫性のある調和のとれた事業として，わが国の燃料サイクルの確立に努力することは，きわめて重大かつ緊要の問題である。事業主体となる組織はもとより，関係する政府関係及び民間の各機関が，それぞれの役割に応じて最善を尽し互いに協力して，その目的を達成することを，わが国原子力平和利用の将来のために強く望む次第である。

原子燃料サイクル三施設に係る電気事業連合会の申入れ(59年7月)の概要

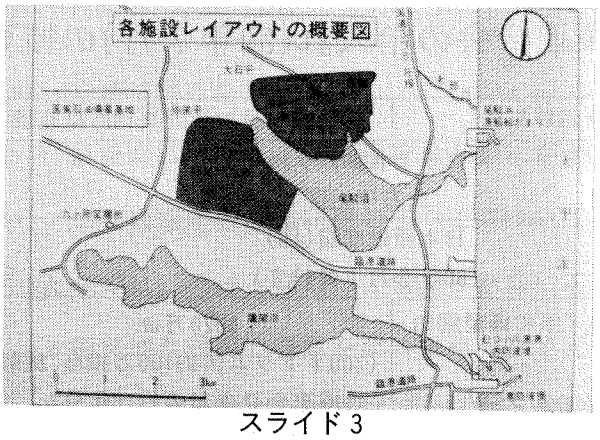
	再処理施設	ウラン濃縮施設	低レベル放射性廃棄物貯蔵施設
建設地点	青森県上北郡六ケ所村 弥栄平地区	青森県上北郡六ケ所村 大石平地区	
事業主体	日本原燃サービス(株) (55年3月1日設立)	日本原燃産業(株) (60年3月1日設立)	
施設の規模	再処理 約800トンウラン／年 (使用済燃料年間発生量の約½) 使用済燃料受入貯蔵 約3000トンウラン	150トンSWU／年で操業開始 最終的には1500トンSWU／年程度(国内需要の約⅙)	約20万m³ (200ℓドラム缶約100万相当、放射性廃棄物発生量の約20年分) 最終的には約60万m³ (同約300万本相当)
用地面積	約350万m² (緑地、道路を含む)	約300万m² (緑地、道路を含む)	
工期	準備工事開始　昭和61年頃		
	貯蔵操業開始　昭和66年頃 再処理操業開始　〃　70年頃	操業開始　昭和66年頃	操業開始　昭和66年頃
建設費	約7000億円	約1600億円	約1000億円
要員 工事最盛期 操業時	約2000人 約1000人	約800人 約300人	約700人 約200人

スライド1

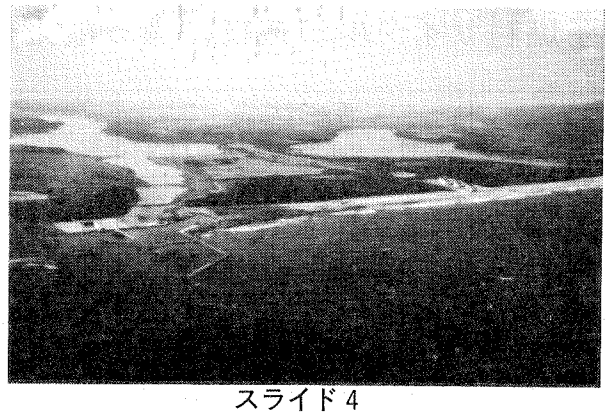
原子燃料サイクル施設位置図



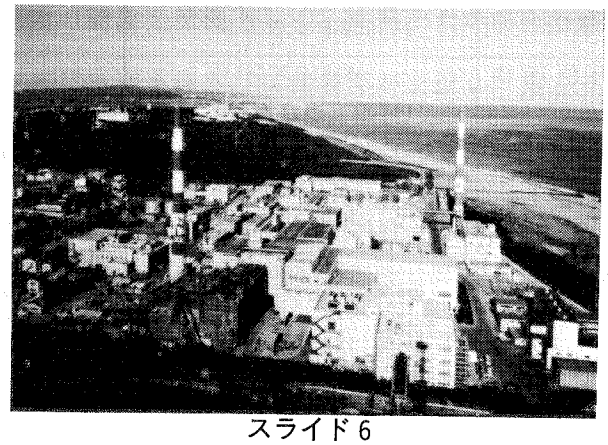
スライド2

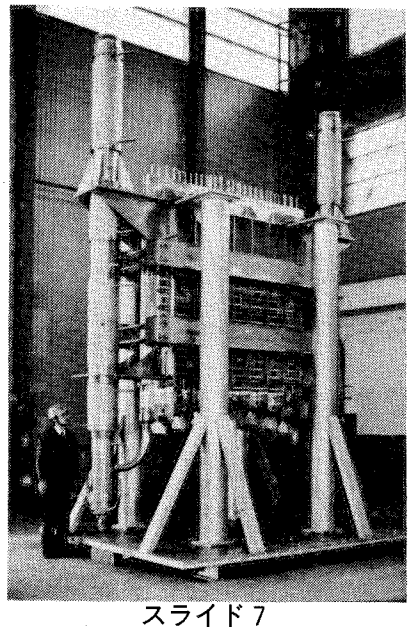


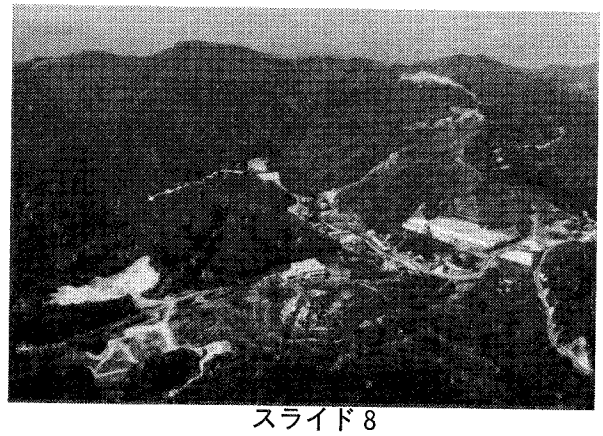
スライド 3


スライド 4

スライド 5


スライド 6


スライド 7


スライド 8

PRESENT STATUS AND PROGRAM OF THE BACK-END OF THE NUCLEAR FUEL CYCLE IN FRANCE

M. DELANGE
DIRECTEUR INDUSTRIEL
REPROCESSING DIVISION
COGEMA

Among the countries that have developed a major civilian nuclear power program, France undeniably occupies a leadership position today concerning the back-end operations of the nuclear fuel cycle.

In fact, France today is the only country in the world with two large-capacity reprocessing plants in service : the UP_1 plant in operation since 1958 at Marcoule, and the UP_2 plant in operation since 1966 at La Hague.

By themselves, these two plants are capable today of reprocessing practically all types and all variants of spent fuels available on the market, discharged from the different types of French and foreign power reactors operated industrially, and, in particular :

- gas-cooled reactors (GCR/MAGNOX),
- light water reactors (PWR and BWR),
- fast breeder reactors (FBR).

Moreover, to cope with the forthcoming reprocessing requirements of the vast French nuclear-generated electricity program, launched in 1974, huge investments are under way and planned on back-end operations of the nuclear fuel cycle, at La Hague and Marcoule, aimed to boost current production capacities.

This exceptional situation is primarily the result of a political determination consistently reaffirmed by the French authorities for over thirty years, in all successive governments, to employ reprocessing to extract the plutonium present in spent fuels from the different reactors operated on the national territory, and, whenever possible, to use it for the purpose of nuclear electricity generation.

The implementation of this immediate and systematic reprocessing policy, for the needs of nuclear generated electricity production, was made possible and encouraged, under the auspices of the French governmental authorities :

- By centralizing, within the CEA Group, which includes Commissariat à l'Energie Atomique (CEA, a public research institution formed in 1945, and its industrial and commercial subsidiaries formed subsequently, most of the responsibilities concerning nuclear fuel cycle operations and particularly reprocessing.
  This arrangement has made and continues to make it possible to account for the needs of the reprocessing industry in R and D work, and also to adapt the engineering resources to these needs.
- By close, permanent joint planning that takes place regularly between the institutions and companies charges with back-end cycle operations and the French State-owned utility Electricité de France (EDF), responsible for the generation of electricity of nuclear origin, and consequently the producer of spent fuels and owner and user of plutonium.
  This arrangement has made and continues to make it possible to harmonize the industrial reprocessing resources permanently in accordance with the plutonium and reprocessing requirements of the utility.

In this general context, we shall now examine the following more closely, as related to the back-end of the nuclear fuel cycle.

- The material and human resources set up in France in the areas of research and development (R and D), engineering and industrial production.
- Procedures governing the relationships between these three areas.
- R and D funding arrangements.
- Methods of securing French industry participation in engineering design and construction.
- Problems encountered and surmounted in technical areas and in relations with public opinion.
- Results achieved to date.
- Programs under way and future prospects in design and development.

1. MATERIAL AND HUMAN RESOURCES ASSIGNED IN FRANCE TO THE BACK-END OF THE CYCLE

These resources were set up gradually in the different areas of R and D, engineering and industrial production.

In most cases, they are managed within the units of the CEA Group, and, in some cases, on the initiative of the CEA Group, in a small number of private industrial firms selected for their know-how and competence.

1.1. Research and development

Operations in this area began very early.

By 1949, in the CEA's Bouchet plant, were extracted the first milligrams of plutonium contained in oxide pellets irradiated in the Zoe experimental atomic reactor. The R and D resources have since rapidly diversified and expanded, while remaining within the CEA.

Today, they are all grouped within the CEA's Technological Research and Industrial Development Institute (IRDI).

They essentially comprise the following.

- Common installations for inactive work :
  - . research laboratories which supply reprocessing data and flow sheets, working since 1950 at Fontenay aux Roses,
  - . chemical engineering testing shops for semi-industrial scale studies, installed at Fontenay aux Roses since 1960,
  - . research laboratories which supply data on waste packaging processes, operating since 1965 at Fontenay aux Roses and Cadarache,
  - . testing shops where all full-scale equipment prototypes are developed, operating at Marcoule since 1974.

- Common installations for active work :
  . research laboratories equipped whith shielded systems and alpha containments installed since 1950 at Fontenay aux Roses and then at Marcoule,
  . semi-industrial workshops designed for demonstration and verification runs, installed since 1962 at Marcoule.
- Specialized pilot facilities for active work :
  . pilot facilities for research on fission product vitrification, operating since 1958 at Marcoule,
  . the TOP (Oxide Treatment Pilot Plant) facility, which went on stream at Marcoule in 1973.

Remarks : Two other specialized pilot facilities were operated and then shut down and dismantled :

. the first semi-industrial reprocessing pilot plant which operated at Châtillon from 1952 to 1956 for the development of the UP_1 process at Marcoule,

. the AT_1 facility at La Hague, which operated from 1969 to 1979 for the development of the reprocessing system for spent FBR fuels.

These overall resources draw on a staff of more than 1000, reporting directly to the CEA, including more than 250 managerial personnel and graduate engineers.

1.2. Engineering

For construction of the first semi-industrial and industrial reprocessing facilities, the CEA did not have its own engineering capability.
It therefore drew on the services of an outside engineering firm, Saint Gobain Nucléaire (SGN), a subsidiary of the Saint Gobain Group, for the design and construction of the UP_1 plant at Marcoule.

A few years later, the CEA asked SGN to build the first UP_2 plant at La Hague.

Outside France, SGN has been selected as the industrial architect for the European plant at Mol in Belgium, and the Tokai Mura plant in Japan, in a joint venture with JGC.

SGN joined the CEA Group in 1977 under the name Société Générale pour les Techniques Nouvelles, and now has outstanding worldwide references for the engineering of reprocessing installations.

The CEA Group also now controls other engineering firms which have partly converted to certain areas of the back-end of the fuel cycle, and which today, under the direction of SGN, participate in the La Hague expansion project.

These firms are USSI and Technicatome.

Today, SGN's own staff amounts to 1200 persons, including more than 550 managerial and engineering staff.

1.3. Industrial production

The two French reprocessing plants were built, commissioned and operated by the CEA.

These were the UP_1 plant at Marcoule, commissioned in 1958, and the UP_2 plant at La Hague, commissioned in 1966.

On 1 June 1976, Compagnie Générale des Matières Nucléaires (COGEMA), a wholly-owned subsidiary of the CEA, which manages all the industrial nuclear fuel cycle installations, became their owner and has operated them since.

At all events, these plants, initially designed as specific plants for a given type of spent fuel, have become versatile facilities through successive transformations.

Thus, UP_1, by alternate runs, handles fuels from plutonium-generating reactors since 1958, and fuels from GCR power reactors since 1977.

UP_1 also has the AVM industrial vitrification facility (1978) based on an original process developed by the CEA.

UP_2, by alternate runs, handles fuels from GCR power reactors since 1966, from light water reactors since 1976, and from FBR reactors since 1979 (diluted with GCR fuels).

Remarks : Besides these two plants, the CEA reprocessed irradiated fuels from the Phénix reactor from 1973 to 1983, in its TOP pilot plant at Marcoule.

Each of the two plants UP_1 and UP_2 has small research and development teams (GED) who deal with minor process problems on the spot. They are also privided with shops for "blank" assembly and equipment testing, prior to final installation in the reprocessing plants.

From the organizational standpoint, the La Hague and Marcoule facilities are placed under the authority of the Directeur Industriel of COGEMA's Reprocessing Division. Together these two establishments today represent a staff of nearly 4400 employees, including 310 managerial and engineering staff.

As for the major plant equipment and expansion works, two works clerks departments, one concerning La Hague and the second concerning Marcoule are directly and personnaly connected with the management of the Reprocessing Division.

Together they represent a staff of 60 employees, including 29 managerial and engineering staff.

2. PROCEDURES GOVERNING RELATIONSHIPS BETWEEN RESEARCH AND DEVELOPMENT, ENGINEERING AND OPERATION

The principles and procedures governing the relationships between the organizations responsible for research and development, engineering and operations, in other words essentially the CEA, COGEMA and SGN, are contained in agreements signed by the three bodies.

They were also gradually clarified and formalized, especially for the initiation of the major expansion works at La Hague, and can be summarized as follows.

- COGEMA, an industrial company, subsidiary of the CEA, is clerk of the works for the construction of new installations.
- The CEA, holder of all the know-how, conducts process research and technological tests, and prepares the process books.
- SGN, a subsidiary of COGEMA, possibly with the assistance of other subcontracting engineering firms, performs engineering design, preliminary project and project studies, and is contracting authority for installation construction and inactive tests.
- After commissioning, COGEMA, as the industrial operator, provides feedback to CEA and SGN, of the knowledged gained in production.

For example, for the La Hague works currently under way, the main procedural steps are the following.

- Technical objectives (production, safety, releases) are set by COGEMA after estimating the needs resulting from market surveys, and are transmitted to the CEA's Research and Development Departments.
- Safety files are submitted by COGEMA for the approval of the safety authorities.

3. RESEARCH AND DEVELOPMENT FUNDING

The research and development activities conducted by the teams of the CEA, a public institution, are partly funded by grants from the State budget for scientific research, and partly by fees paid by the operator COGEMA, the applicant and receiver of the process books.

To provide an idea, the overall annual cost of research and development activities conducted by the different units of the CEA amount to over 700 MF in the area of reprocessing.

The allocation of this budget to the different units is set after arbitration in accordance with the number and scale of the research and development objectives to be attained.

In addition to this research and development budget allocated to the CEA, other research contracts, less important in terms of quantity and cost, are entrusted to :

- other public bodies (French National Center for Scientific Research or the University, for example),
- private and public industrial firms for clearly-defined technological research in their own areas of specialization.

4. RELATIONSHIPS WITH INDUSTRY

As for relationships with industry, the organization set up in France aims to maintain the industrial ownership of sensitive and essential processes and technologies within the CEA Group, together with their marketing in France and abroad.

This policy may assume different forms.

1) Engineering prepares all the detailed working drawings for sensitive equipment.

   These drawings, which may be covered by patents, are owned fully by CEA/COGEMA/SGN.

   Manufacturing is then entrusted to manufacturers selected for their know-how and industrial competence, but which nevertheless acquire no right to ownership in the operation.

   This applies, for example, to the following equipment :

   the spent fuel assembly shearing machine, vitrification furnace, a new type of self-priming pump etc.

   This equipment is marketed directly by the CEA Group.

2) Some manufacturers are entrusted by the CEA Group with design and development of specialized equipment.

   These activities are funded in full by the CEA Group, which retains industrial ownership.

   However, the manufacturers may acquire a licence from the CEA Group to market this equipment in exchange for royalties.

   This area includes certain specific types of telemanipulator, sampling bench system, radiation protection equipment.

3) The nuclearization of conventional equipment (valves, pumps, etc) may give rise to the filing of joint patents by the CEA Group and the manufacturers.

   Marketing may assume various forms, depending on each specific case.

5. PROBLEMS AND SOLUTIONS

The implementation in France by the CEA Group of companies of the foregoing policy and procedures has allowed the gradual edification of a powerful industrial organization on the basis of very solid and broad experience, one that is destined to grow further in the forthcoming years.

To reach this point, it was necessary to solve a fair number of technical problems, and simultaneously to allay the political and psychological anxieties that emerged in public opinion.

At the technical level, the problems that had to be solved for each new reactor system employed stemmed essentially from :

- the increase in burnups,
- changes in spent fuel structures and morphologies.

Hence, with respect to burnup, fuels went from a few hundred MWd/t to 3000, then 5000, then 33,000, followed by 70,000, and eventually 100,000 MWd/t.

Meanwhile, fuels changed from rods and tubes of uranium metal, clad with magnesium, to bundles or zircaloy and stainless steel tubes containing pellets of uranium oxide or mixed uranium and plutonium oxides.

At each of these steps and these new conditions, it was necessary to :

- analyze and adapt the performance of the basic process, the Purex process (extraction and purification rates, radiolytic solvent degradation, decontamination factor of effluent treatment processes etc),
- design and develop new technologies (shearing machines, centrifuges, centrifugal extractors, pulsed columns, vitrification furnaces and equipment, plutonium conversion and packaging equipment etc),

- continuously enhance the safety of the staff working in the plants, despite the increase in fission product and transuranic contents of the spent fuels,
- reach and then consolidate the nominal capacities planned for industrial production plants, while improving the equipment and installation reliability,
- take adequate measures to improve productivity and hence cut operating costs.

With respect to public opinion, the construction of the large reprocessing plants in France, both at Marcoule and at La Hague, took place without any opposition, and even with the very active support of the local communities and authorities concerned.

Only since 1975, and only at La Hague, have anxieties and opposition, varied yet limited, emerged at the local, national and international levels, particularly concerning the following topics : "Safety in reprocessing plants", "No to foreign reprocessing contracts", "Safety of the environment".

A number of demonstrations marked the 1975/1979 period, especially when the first batches of spent fuels reached Cherbourg by sea.

Thanks to the unbending firmness of the French officials, backed by many information and clarification campaigns, these protests gradually disappeared, to the point where the public enquiry on the major extensions of La Hague was conducted in 1979 in an atmosphere of perfect calm, and without the lease incident or demonstration.

In the summer of 1981, a new and short campaign conducted by a number of associations against contracts to reprocess foreign fuels followed the declaration by the new French Government of its decision to honor these contracts, culminating in the parliamentary vote approving and ratifying the Government' decision.

In 1982, a high-level scientific commission, set up by the Government and chaired by Professor Castaing, finally approved the reprocessing techniques and operations as practised and planned by COGEMA.

At the same time, and next to each major nuclear energy facility (reactor, plant), the Government finally decided to set up local committees composed of elected representatives and association representatives, responsible for informing the public directly and commenting on the information issued by the operators.

As for the form assigned to this information, a good example is the weekly news bulletin published by the La Hague facility since 1981, which continues to provide the local press and its national and foreign correspondents with accounts of the major and minor facts that mark the daily life of this plant.

Moreover, the CEA, and then COGEMA, have striven to achieve a smooth integration of their industrial establishments within the local economic contexts, by maximum local recruitment of operating staff, and by enlisting the services of local contractors for conventional maintenance operations.

Note finally that thousands of French and foreign visitors are welcomed every year at Marcoule and La Hague, to receive information and visit the reprocessing installations.

Thus the situation in France today is the following.

- A very broad consensus exists at La Hague between elected representatives, local authorities and COGEMA, on the results achieved and the objectives of the extensions under construction.
- At Marcoule, even better, the local elected representatives have unanimously approved and demanded the implementation of all planned expansion projects : specific reprocessing plants for FBR fuels, mixed fuel fabrication plant, and even new breeder reactors next to the Phénix reactor.

6. ACHIEVEMENTS

The essential results achieved for electricity-generating reactor fuels reprocessing in France are given hereunder :

- Cumulative tonnage of GCR fuels reprocessed (EDF and Hifrensa) as of 31 December 1984 : nearly 6000 t including :
  . 4600 t in the UP_2 plant at La Hague,
  . 2000 t in the UP_1 plant at Marcoule.
- Cumulative tonnage of Phénix FBR fuels reprocessed as of 31 December 1984 : more than 17 t including :
  . 10 t in the UP_2 plant at La Hague,
  . 7 t in the CEA's TOP facility at Marcoule.
- Cumulative tonnage of LWR fuels reprocessed as of 15 March 1985 : nearly 1100 t with 800 t of PWR fuels, and 300 t of BWR fuels, entirely reprocessed in the UP_2 plant at La Hague.
- Mean personnel doses in reprocessing plants : about 200 mrem/year on the average between the Marcoule and La Hague plants.
- Specific doses for burnups of fuels effectively reprocessed : 0.12 Hrem/MWe per year for La Hague plant.

These figures perfectly summarize the scale and variety of experience already gained in France by the reprocessing industry, justifying this industrial expertise that is already universally conceded to COGEMA and the CEA Group.

7. EXPANSION PROJECTS

The CEA Group in general, and COGEMA in particular, after joint discussions with EDF, decided after 1974 to undertake a vast research and construction program concerning reprocessing, designed to cope in time with the large anticipated growth in nuclear-generated electricity production launched by EDF, and dealing with the construction of over fifty PWR reactors (900 and 1300 MW) representing more than 55,000 MWe installed capacity.

The policy established for the purpose by the CEA Group and COGEMA is based on the decision of a new sharing of tasks by the two reprocessing plants at La Hague and Marcoule from 1987 onward :

- the La Hague plant will specialize in the reprocessing of PWR and BWR fuels,
- the Marcoule plant will reprocess plutonium-generating fuels and GCR power reactor and FBR fuels.

The corresponding construction program essentially involves the following.

- At La Hague

  The construction of the new UP_3 reprocessing plant with a capacity of 800 t/year.

  This plant, in the construction of which more than thirty foreign companies are associated, will go on stream in late 1988, and will start by reprocessing 7000 t of spent fuels on behalf of these thirty utilities.

  The construction of installations to raise the capacity of the UP_2 plant from 400 to 800 t/year by late 1990.

  The construction of installations common to the entire site, required for the capacity expansions, particularly concerning waste treatment and vitrification installations.

- At Marcoule

The construction of a facility to reprocess FBR fuels, the CEA's TOR facility, with a capacity of 5 t/year, which will be commissioned in 1986.

The construction and reinforcement of certain installations common to the overall site, and a new waste treatment installation in particular.

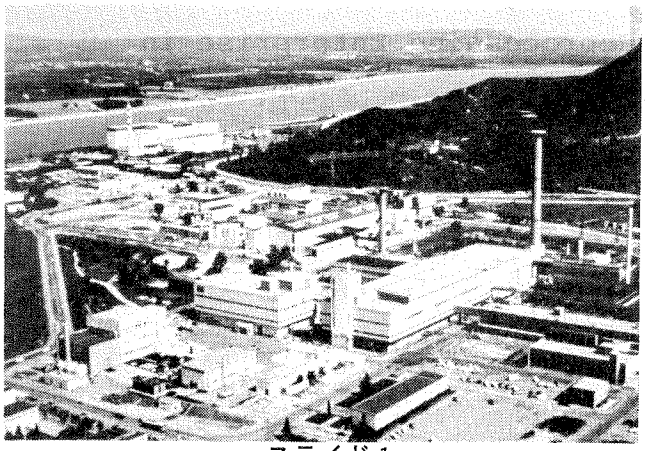
The study to commission a new reprocessing plant for FBR fuels in the next decade, capacity 50 t/year, called MAR 600, for which the final construction decision is expected to be taken by the French authorities in 1987.

CONCLUSIONS

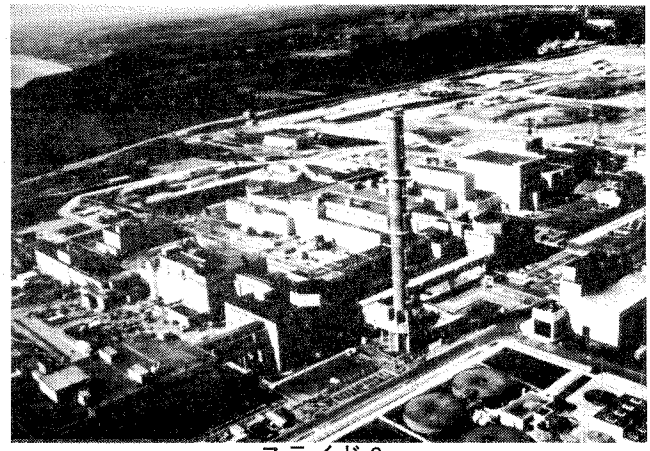
The organization, methods and work relations gradually established in France between Research and Development Departments, engineering firms and French industry, in close cooperation with the national utility EDF have, in less than thirty years, enabled the CEA, followed by COGEMA, to build a solid reprocessing industry that boasts several highly significant achievements at the international level.

In the years to come, the same organization will enable COGEMA to build new large installations, which will substantially boost the current production capacities at La Hague and Marcoule for the reprocessing of LWR and FBR fuels.

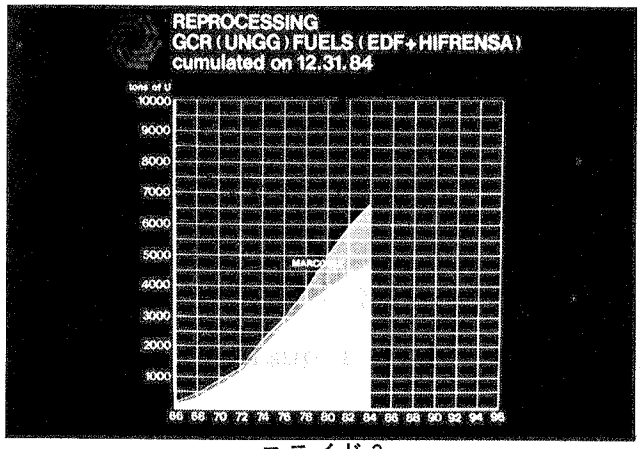
This considerable growth of the reprocessing industry in France, which is implemented with the unflinching agreement and backing of the French authorities, has earned a vast consensus in public opinion, at La Hague as well as Marcoule, a consensus obtained by the broad dissemination of information about performance and the results obtained in production, and also concerning personnel safety and environmental protection.



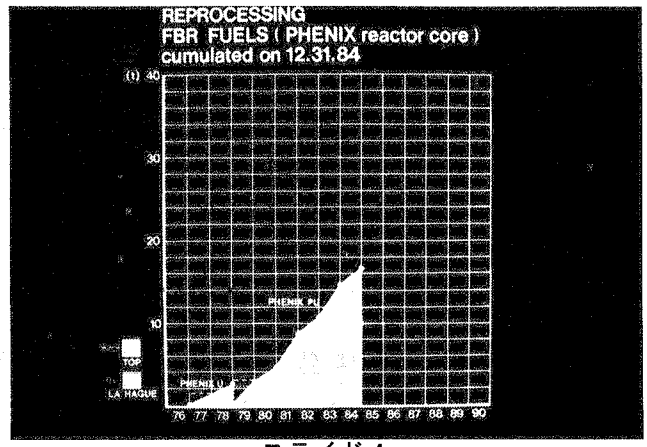
スライド 1



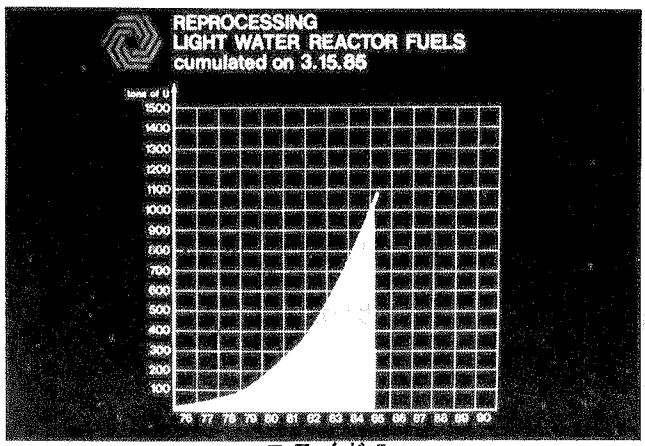
スライド 2



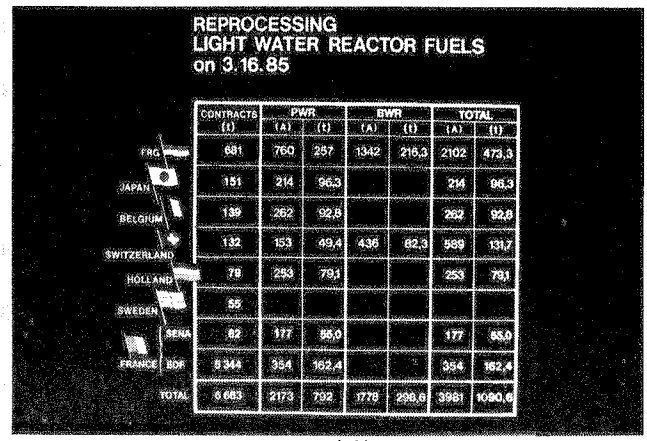
スライド 3



スライド 4



スライド 5



スライド 6

スライド 7

System for Establishment of Reprocessing Enterprise in the Federal Republic of Germany

(Present Situation of Nuclear "Entsorgung")

by Dr. Hermann Schunck
First Counsellor (Scientific)
Embassy of the Federal Republic of Germany

The present situation of nuclear energy in Germany is characterized by three statements:

- Nuclear power stations are of increasing importance for energy supply and produce more than a quarter of electrical energy consumption with high reliability.
- Closing of the nuclear fuel cycle proceeded decisively by governmental and industrial decisions towards reprocessing and recycling of fissile material, and
- two geological projects are under advanced examination with respect to final disposal of conditioned radioactive waste in deep geological strata.

During the year 1984, up to 19 nuclear power stations produced 23% of the nations electricity consumption. The commercial power stations reached an average availability of 85%.

The back-end part of the nuclear fuel cycle, in German "Entsorgung", is based up to now mainly on reprocessing contracts with reprocessors like Cogema of France and

BNFL of Great Britain and on interim storage in casks. The interim storage for used fuel at Gorleben is ready to accept up to 1500 tons of fuel in casks, another interim storage of the same capacity is under construction at the site of Ahaus.

According to German nuclear regulatory system, utilities are responsible for the waste management, including the reprocessing of spent nuclear fuel. The Federal Government has the responsibility for the final disposal of nuclear waste. In 1977 German utilities created the "Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH" (DWK) as their main agent for establishing a system of nuclear "Entsorgung".

On February 4, 1985, the shareholders of DWK decided to build the plant for the reprocessing of used fuel elements which DWK had planned in the years before. This project - called WA-350 - has an average throughput of 2 tons per day and will reach a capacity of 350 tons per year. With this decision the DWK shareholders and DWK itself comply with the resolution of the Federal Government of 23.01.1985 and with the opinion expressed by the heads of the Federal States and by the Federal Government which emphasized the necessity to build a reprocessing plant in the Federal Republic as soon as possible in order to guarantee the "Entsorgung" of German nuclear power plants.

The WA-350 reprocessing plant will be located at Wackersdorf (Bavaria) on a site of 1.1 Million square meters and

will comprise a fuel reception and storage facility, a reprocessing plant, a fuel fabrication plant, a radwaste conditioning plant, storage for conditioned radwaste, workshops, administration buildings, and an information centre. The first partial construction permit is expected mid 1985 and construction will start immediately after the licences have been legally granted.

The first construction permit will comprise site arrangement, fencing, large scale earthworks, fuel reception and storage, guard buildings, excavation for main process building, central workshop and testing facility for process modules. During construction period up to 2.500 workers will be at the site. Operation of the plant will require a staff of about 1.600.

Construction of the main process building will start after granting of the second partial construction licence which is expected in 1987. Subsequent progress in the licensing procedure will lead to successive partial construction licences. Start of cold operation of the plant is scheduled for 1993.

Construction of the whole facility requires an investment volume of about 5.2 billion DM not taking into account the DWK costs like interests during construction time, taxes, buying land area, R + D work etc.

It was decided to hand the project to a general contractor. The assumed construction costs for the plant allow to expect reasonably that the plant will be operated economi-

cally and remain competitive when compared to foreign reprocessing plants, and will, therefore, not reduce the economic advantage of nuclear energy.

In a press release DWK had pointed out that construction and future operation of a 350 tons per year reprocessing plant is based on the proven reprocessing technology which has been applied successfully in the nuclear research centre at Karlsruhe with the WAK plant (nominal capacity 35 t/a) during 13 years of operation. WAK reprocessed 150 tons of used fuel and recovered the uranium and about 730 kg of plutonium, the fuel originating from several German power stations, with a maximum burn-up of 39.000 megawatt-days per ton uranium.

The WAK was originally built (1965-1971) and was operated by the Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK), a publically founded nuclear research center. In 1979 DWK and KfK signed a cooperative agreement with which a joint R + D programm for reprocessing was established and the knowhow transfer from research to industry was organized. Since then the WAK has been and still is operated by DWK itself. This agreement between DWK and KfK has been a key for successfully establishing reprocessing technology with private industry. Technology transfer is by no means cost-free, i.e. DWK has to pay for knowhow and experience originally made by a public research center.

With respect to safety, the reprocessing plant resembles a nuclear power station. The safety measures required in a reprocessing plant are also mastered because of the extensive experience during operation of the WAK facility at Karlsruhe and of the earlier German participation in the joint European reprocessing project Eurochemic in Belgium.

For the Federal Government, this decision is of great importance with regard to energy and technology policies.

First of all, this decision logically resumes the long-term concept for the management and disposal of radioactive waste produced by German nuclear power plants. In fact, the Federal Republic of Germany started the development of radioactive waste management technologies at a very early stage: The construction of the Karlsruhe reprocessing plant and research and development activities on the ultimate storage of radioactive wastes at Asse were started almost 20 years ago. The construction of the first industrial reprocessing plant can now draw on this experience as well as on the results produced by the Karlsruhe nuclear research center implementing its large-scale research programme on reprocessing and waste management and on the extensive experience gathered from international cooperation. Thus, a very advanced technology is available for the construction of the reprocessing plant. The key position of German nuclear technology, which may be concluded from the high degree of reliability and availability

of German nuclear power plants, but which also exists in uranium enrichment, waste management and storage, is being supplemented in this way at a critical point.

The significance of the planned reprocessing plant with regard to energy policy results from the fact that operating German nuclear power plants and ensuring radioactive waste management are closely related to each other. In this connection the political leaders established a set of principles in 1979, which have been realized on schedule since. This decision basically calls for the construction of the first industrial reprocessing plant in the Federal Republic of Germany. In addition, in 1979 the political leaders demanded that a final statement should be made by the mid-1980s on the question of whether abandoning reprocessing in favour of alternative waste management techniques would be of decisive advantage as regards safety problems. In this connection, the Federal Government, on the basis of a large-scale investigation led by the Karlsruhe nuclear research center and on votes given by the competent nuclear commissions stated on January 23rd that direct disposal of spent fuel elements without reprocessing does not have any decisive advantage with regard to safety and, for legal and technical reasons, cannot serve as proof of spent fuel management concerning light water reactors from the present point of view. Therefore, the construction of a reprocessing plant is a necessary precondition for the further operation

of German nuclear power plants. Another reason for building this plant is the fact that, in view of the significance of nuclear energy with regard to energy policy and of the key role waste management plays in the utilization of nuclear energy, reliance on services abroad alone cannot be justified in the future.

In the long run also this decision in favour of reprocessing is the right choice. In contrast to other energy cycles the nuclear fuel cycle has been geared to the recycling of reusable energy raw materials of uranium and generated plutonium from the very beginning as well as to the safe disposal of the radioactive waste produced, a procedure which is of advantage both for the preservation of resources and for the environment. In the longer run, the preservation of resources also includes the possibility of using breeder reactors, which depend upon reprocessing technology.

Nevertheless DWK, the German reprocessors, have announced recently when they took the decision to build the 350 ton per year reprocessing plant at Wackersdorf, that they would be prepared to build a prototype plant for conditioning of used fuel elements for direct disposal, too. This prototype project with a capacity of 35 tons per year should be capable of conditioning all kinds of fuel elements like those from the Thorium High Temperature Reactor THTR, MOX-fuel, fuel elements from material-test reactors etc. However, DWK requested that this technology must be licensable and economically justifiable before detailed planning procedure starts.

Closing this short report of nuclear"Entsorgung" in the Federal Republic of Germany, it must be mentioned that exploration work is continued at the Gorleben Salt Dome with the excavation of two shafts by the freezing method. This exploration work aims at the future use of the salt dome as a repository for conditioned radwaste including high active waste after the year 2000. On the other hand, exploration work is continued at the former iron ore mine "Konrad" with the aim to use this mine as a repository for conditioned radioactive waste without substantial heat release. Depending on the licensing procedure already under way, this repository should be operational in 1989.

Building the WA-350 and establishing nuclear waste repositories provides the German nuclear programm with a sound and independent basis.

A n n e x

Decision of the Federal Cabinet of January 23, 1985

The Federal Government gives the following summary of the results of its assessment of alternative waste management and disposal techniques and the conclusions to be drawn:

1. The Federal Government adheres to its concept of a speedy realization of a German reprocessing plant. It does not see any reason for abandoning the waste management and disposal concept laid down in the Atomic Energy Act, which stipulates the recycling of residual substances and thus upholds the principle of the reprocessing of spent fuel elements.

2. The question raised by the heads of the Federal and Länder Governments in their decision of September 1979 as to whether the direct disposal of spent fuel elements from light water reactors might offer decicive safety advantages over waste management by way of reprocessing can be answered in the negative.

3. From the present point of view, direct disposal cannot serve as proof of the provision of waste management and disposal for nuclear power plants with light waterr reactors. Although direct disposal seems technically feasible, in principle it still requires further research and development work. The Federal Government considers it expedient that, in addition to waste management by way of reprocessing, the direct disposal of fuel

elements be further developed. It will contribute to this paying due regard to international development.

4. From the present point of view, direct disposal is only suitable for those fuel elements for which the development of a special reprocessing technique is economically not justifiable. By means of research and development activities the Federal Government will contribute to developing direct disposal of these fuel elements ready for operation.

Reprocessing Business in the UK

Dr W L Wilkinson
Technical Director
British Nuclear Fuels plc

INTRODUCTION

I would first like to summarise the history of fuel reprocessing in the UK from its inception in the early 1950's, with the processing of uranium metal fuel, and then outline the extension of this technology to meet the demands of advanced thermal oxide reprocessing in the 1990s.

HISTORY

Development of processes to separate uranium, plutonium and fission produsts from irradiated fuel began in Britain in the late 1940's and the First Separation Plant was operational at Sellafield by 1952.

The First Separation Plant design philosophy was to construct simple equipment requiring minimum maintenance to a very high standard of mechanical integrity but since 100% reliability could not be guaranteed, the most active sections of the plant were duplicated. The design philosophy also extended to the siting of key mechanical plant items external to the cells. Similarly liquor transfer and distribution systems avoided the use of pumps and valves. This plant operated very well for more than 12 years with an overall availability of over 95%.

The Second Separation Plant to meet the needs of the growing nuclear power programme became operational in 1964. This was a complex of plants comprising pond storage, decanning, chemical separation, uranium and plutonium oxide production and effluent storage and treatment plants. Experience obtained from the successful operation of the First Separation Plant fully vindicated the minimum maintenance design philosophy.

RESUME OF EXPERIENCE GAINED

In the mid 70's it was clear that the introduction of uranium oxide fuel reactors both in the UK and overseas would require the installation of significant reprocessing capacity. The Magnox programme was also likely to continue at least until the end of the century. It was decided therefore to embark upon the development of a thermal oxide reprocessing plant, THORP, to complement the existing facilities at Sellafield.

The Second Separation Plant has been extremely successful, achieving consistently high throughputs and trouble free in operation. It is still necessary however, to examine the areas of reprocessing technology where further improvements can be made either in terms of safety of economics.

Perhaps the most significant of these improvements are the changes in fabrication methobs and materials to improve the operating life of key items such as dissolvers and evaporators. The uranium metal dissolver in the Second Separation Plant processed approximately 14,000 tonnes of fuel before corrosion failure of pipe connections into the vapour space caused the dissolver to be taken out of service for repair and the installed spare to be commissioned. Two valuable conclusions have been drawn from this experience; the first that it is feasible to decontaminate highly active plant to levels which permit man entry for inspection and eventual refurbishment; the second that examination of fabrication methods and materials have enabled the anticipated life of current dissolver designs to be improved.

As far as the flowsheet is concerned the mixer settler plant used in the Second Separation Plant is highly reliable and stable in operation. However to extend burn-ups to those typical of oxide fuel and to maintain and improve on effluent control it was necessary to consider alternative flowsheets and equipment. Use of 'salt free' reducing agents enables significant improvements to be made in the management of effluents from the process while the use of pulsed columns in place of mixer settlers for the plutonium bearing streams allows more flexibility particularly with respect to criticality control.

I would now like to describe how the new THORP Plant has been developed on the basis of this experience, and to outline the main features of its design and to tell you about the progress we have so far achieved on its construction.

THERMAL OXIDE REPROCESSING PLANT (THORP)

SLIDE 1 THORP is more than a single plant. It is a very large complex of plants but I will concentrate on the Fuel Receipt and Storage and the Head End and Chemical Separation Plants.

SLIDE 2 The first duty for THORP is to reprocess 6000 tU of oxide fuel in 10 years. But the plant is being designed for a life of 25 years. Our experience with the Sellafield plants has confirmed confidence in the underlying design concepts but it is now judged that substantial duplication of plant is not only very expensive but also unnecessary.

SLIDE 3 The ability to decontaminate and refurbish even HA plant permits throughput to be guaranteed provided that the plant capacity is such that even with major outage to decontaminate and repair plant the desired throughput can be achieved. This is the design concept which has been adopted. The plant has a capacity of 1200 tes/year, which allows the necessary contingency, and the cost has been minimised.

SCOPE

The THORP scope covers the following:

SLIDE 4
Fuel Receipt
Storage Pond and Feed Pond
Shearing of Fuel Elements
Dissolution and Off-gas Treatment
Feed Clarification and Accountancy
The First Cycle Separation
Plutonium Purification
Uranium Purification

Uranium Finishing
Plutonium Finishing and Storage
MA Liquid Effluent Evaporation

THORP is integrated into the remainder of the Sellafield reprocessing complex as regards liquid effluent treatment and discharges. Although THORP has its own treatment processes, in many areas wastes and effluents will also pass to other site facilities such as vitrification and the site ion exchange effluent plant.

PLANT PROCESSES

SLIDE 5 Irradiated fuel is delivered by ship and rail to Sellafield. The fuel is then transferred to the main pond in multi-element bottles and stored in racks. Fuel is transferred from the main pond into the Head End feed pond where the assemblies are removed and they then travel up a slope into the shear cave. The fuel is cut and the

SLIDE 6 pieces fall down a chute into a dissolver basket suspended in hot nitric acid.

When a dissolver charge is complete the dissolver is heated to complete dissolution and then the basket, containing the leached hulls, is removed and the fuel solution goes forward to clarification. The hulls are monitored for residual fuel and, are tipped into a waste container which is then put into a flask for transporting to a storage facility.

SLIDE7 Periodically, the shear needs to be maintained. The old pack is removed and, after washing externally, is moved to three stations where the pack sub-assembly is removed and the moving blade, the fixed blade, the gags and bearings are replaced.

SLIDE8 Volatile gases from the dissolver comprise NO_x, steam, CO_2, I-129 and the inert gases Kr and Xe. The NO_x and the water are recovered as nitric acid, residual NO_x,

CO_2 and I-129 are scrubbed with caustic soda, the carbon (including C-14) being precipitated and collected as barium carbonate. The I-129 is discharged to sea and the Kr/Xe are discharged to a stack.

A suspended-bowl centrifuge removes fission product insolubles and suspended cladding fines from the dissolver liquor prior to accountancy and solvent extraction. The fission product insolubles are noble metal alloys and they have a high specific activity.

SLIDE 9 After accountancy and conditioning, the liquor is fed to the HA column. Uranium and plutonium are extracted into the solvent, leaving the bulk of fission products and actinides in the aqueous raffinate. Further decontamination from fission products is achieved in the scrub column.

In the splitting column uranium IV, reductant and hydrazine as stabilizer reduce plutonium to the trivalent state resulting in its transfer to the aqueous. The uranium remains in the solvent phase. The aqueous plutonium stream is scrubbed with solvent to decontaminate it from uranium. The plutonium stream moves on to the purification cycle for further decontamination.

SLIDE10 A further cycle of uranium purification in mixer settlers follows. Extensive flowsheet development and optimisation has enabled product specifications for both uranium and plutonium to be achieved in two cycles rather than three cycles which are normally employed. This gives significant capital savings and is a major feature of the design.

The uranyl nitrate solution from the purification cycle is concentrated by eveporation and then fed to fluidised-bed reactors where uranium trioxide is produced. The UO_3 is packed into drums for transportation and storage. The plutonium nitrate is transferred to the finishing plant where the plutonium is precipitated to oxalate. This is filtered, dried and calcined to plutonium dioxide product, which is packed into welded stainless steel canisters.

SLIDE 11 Medium active liquid effluents are evaporated and the recovered nitric acid is re-cycled to the process.

The design of THORP is based not only on BNFL's extensive practical experience of reprocessing nuclear fuel but also on a comprehensive development programme which has totalled about 2,000 man years.

WASTES

THORP wastes are produced in four main groups:

Solid wastes: arise mainly in the Head End areas and comprise hulls, centrifuge cake,
SLIDE 12 filter solids, barium carbonates, filters and sundry operational wastes: it is intended that all will be despatched directly to an encapsulation plant for cementing into drums.

Liquid effluents: arise in three categories. HA effluents are discharged directly to HA evaporation, storage and vitrification. MA
SLIDE 13 salt-bearing effluents are evaporated and the concentrate stored (the actinides will be removed prior to final discharge). MA salt-free effluents will be concentrated within the THORP and, routed to vitrification.

LA liquid effluents: will be discharged to
SLIDE 14 sea, with a very small environmental impact.

Aerial effluents: Kr-85 and H-3 will be discharged to a stack, C-14 will be trapped
SLIDE 15 and encapsulated as $BaCO_3$ while the I-129 will be trapped and discharged to the sea.

The next few slides show the main features of the construction plan for THORP.

SLIDE 16 Stainless steel pipework installation.

SLIDE 17 Concrete and steelwork installation.

SLIDE 18 Construction manpower.

The next few slides give an indication of the construction progress which has so far been achieved on the THORP project.

SLIDE 19 Fuel receipt building.

SLIDE 20 Installation of modules

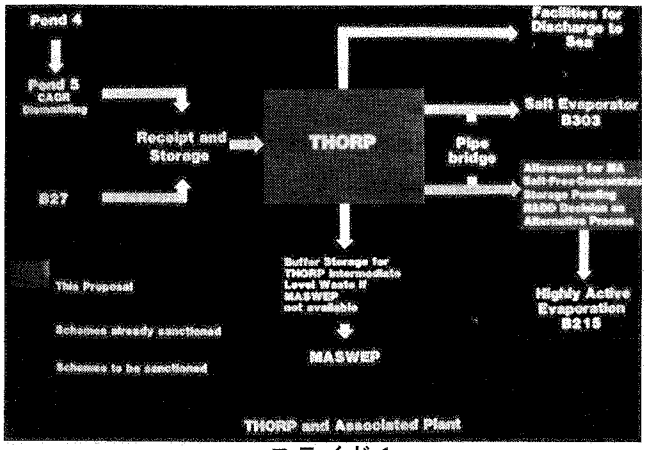
SLIDE 21 Fuel removal pond in Head End Plant

SLIDE 22 Foundations for Chamical Separation Plant.

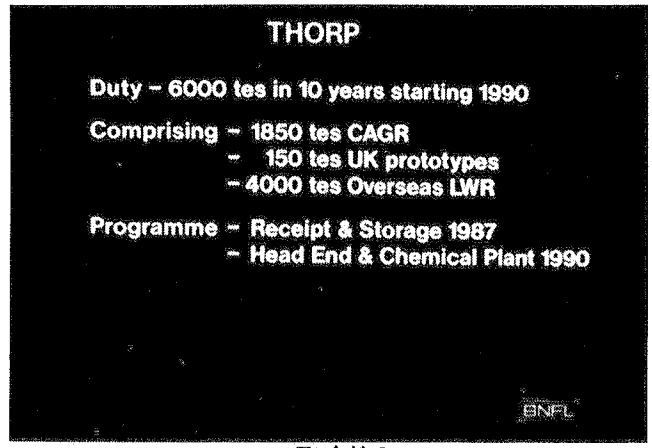
In Summary, Mr. Chairman, reprocessing Technology has been evolving in the United Kingdom for nearly 40 years, Over this period many problems have had to be solved, not only engineering problems but also problems associated with issues such as planning consents and licensing.

British Nuclear Fuels limited now has a total capability including R & D, design, construction and operation all within a single Company.

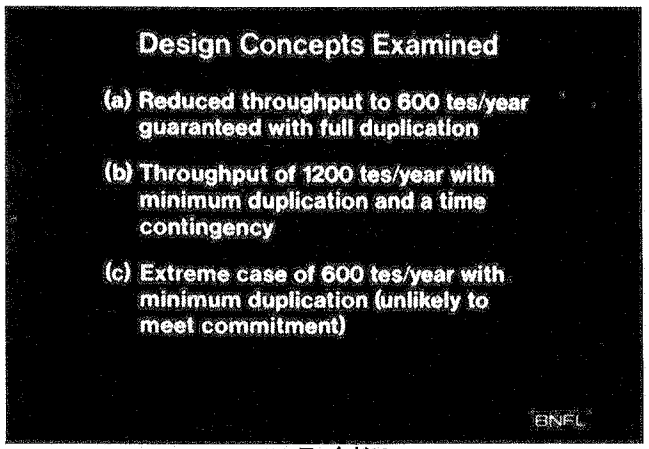
THORP is being built on this foundation.



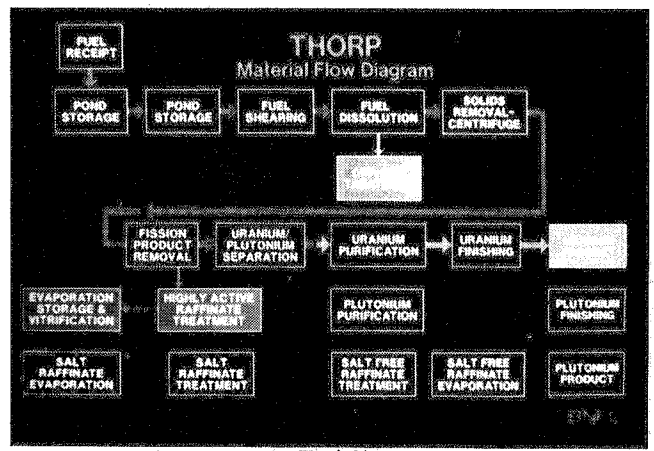
スライド 1



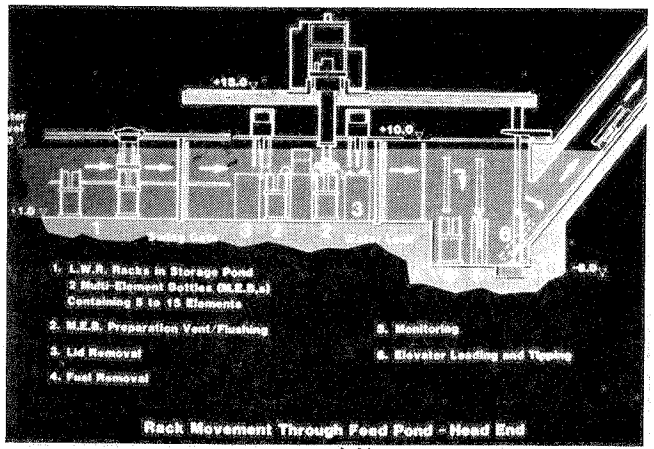
スライド 2



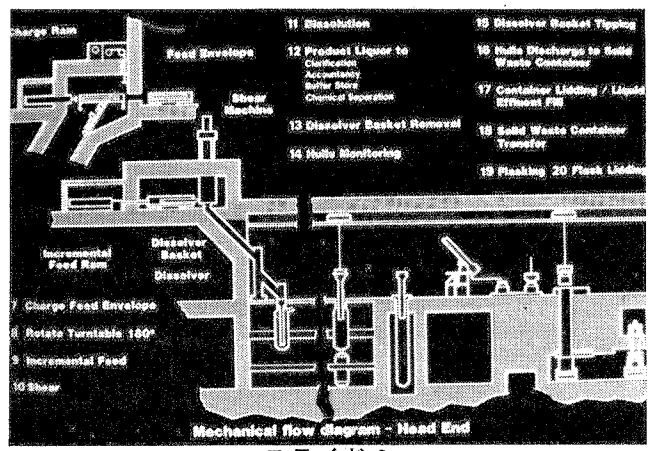
スライド 3



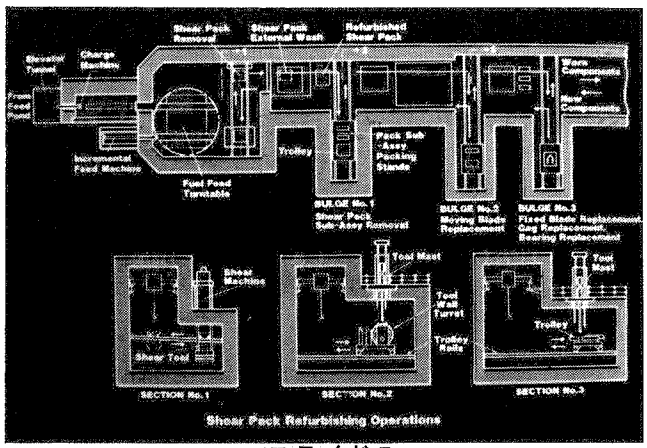
スライド 4



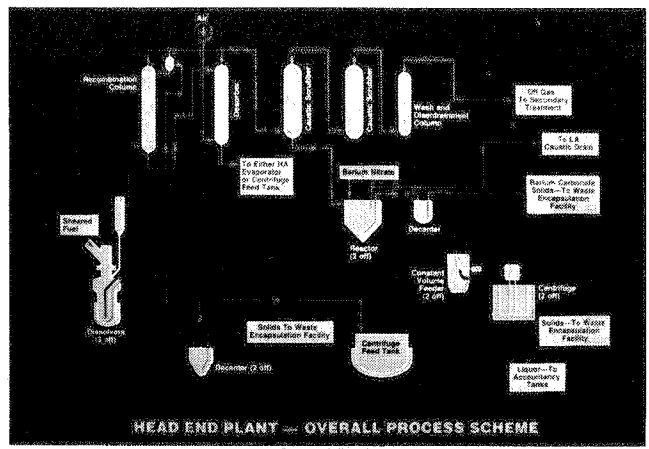
スライド 5



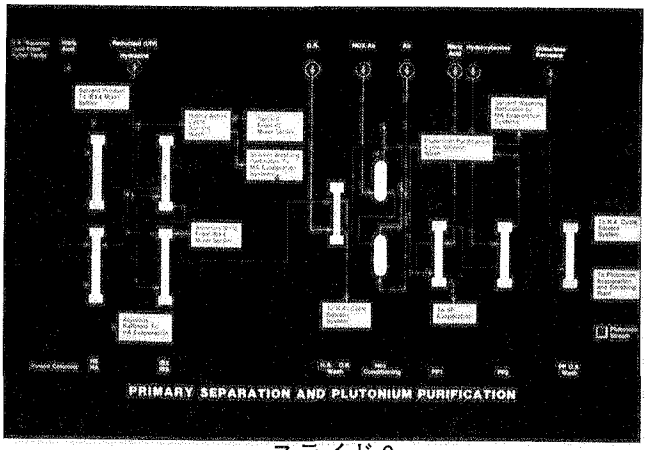
スライド 6



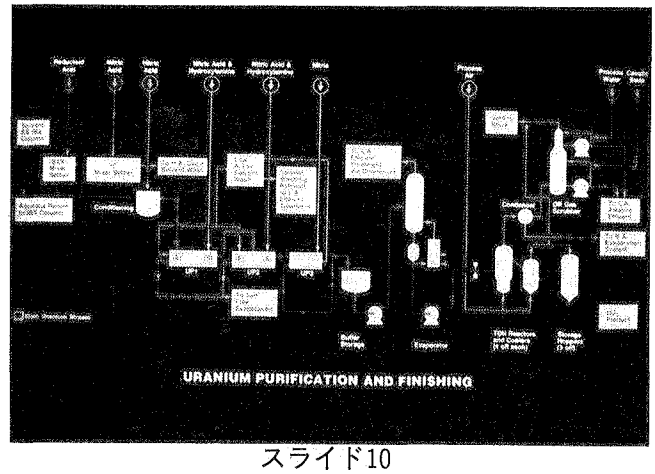
スライド 7



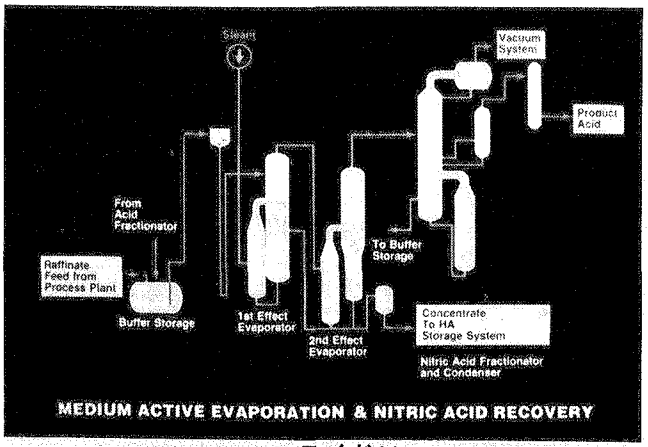
スライド 8



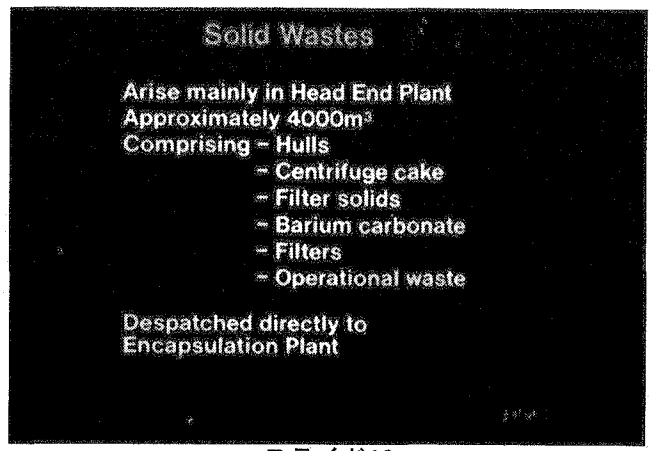
スライド 9



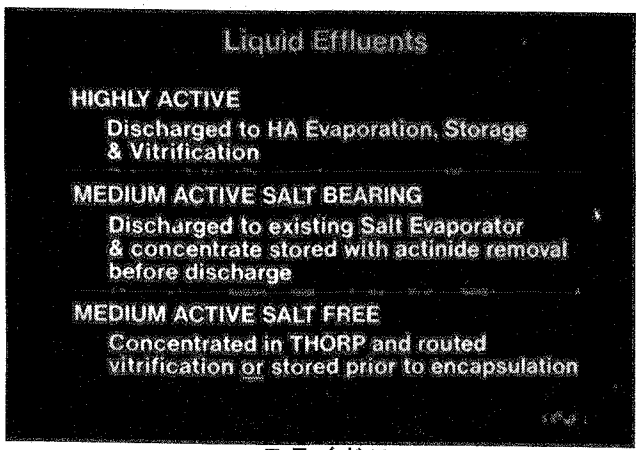
スライド10



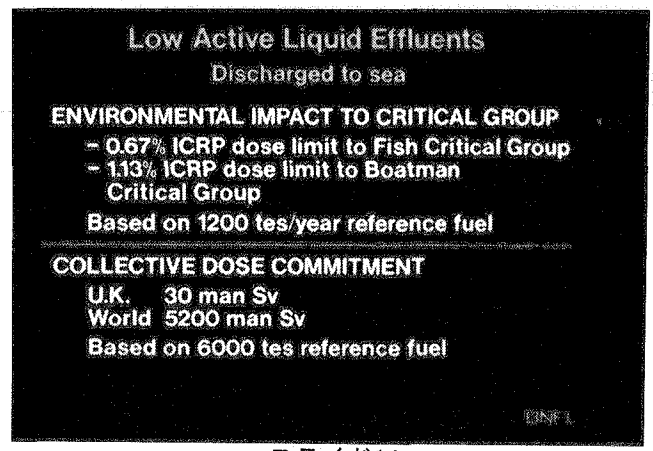
スライド11



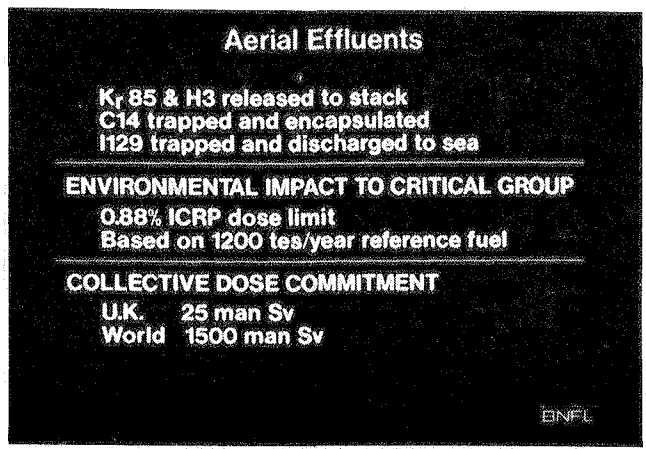
スライド12



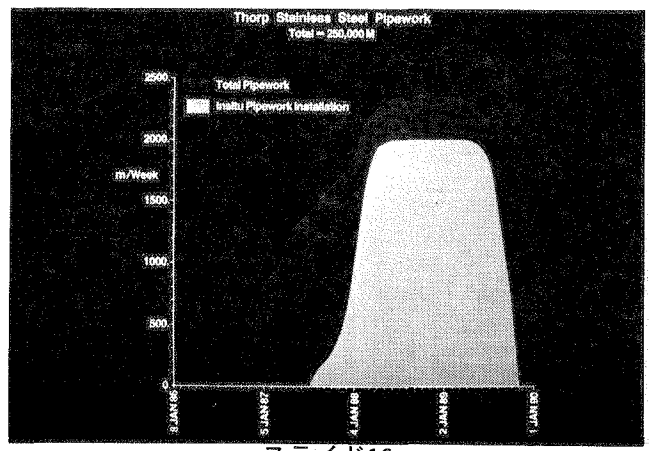
スライド13



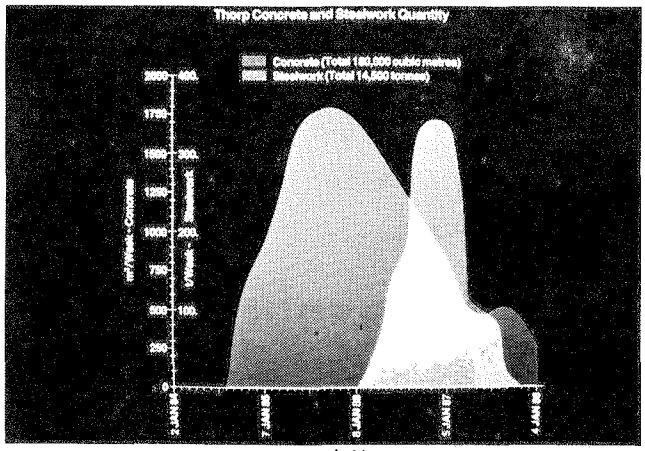
スライド14



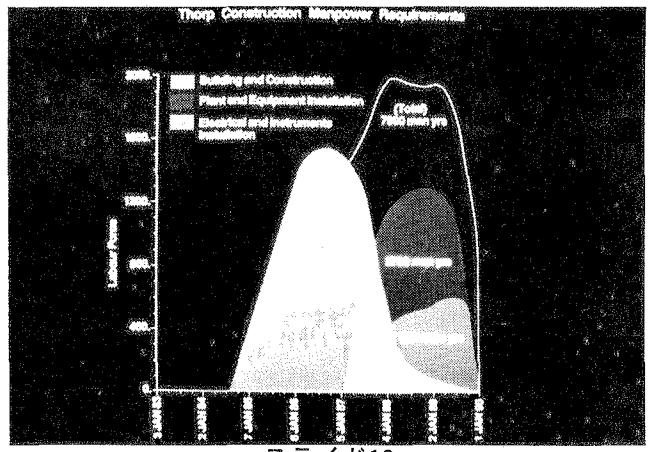
スライド15



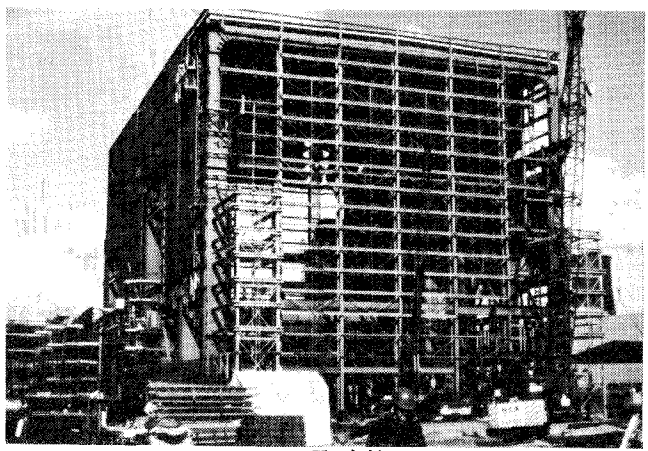
スライド16



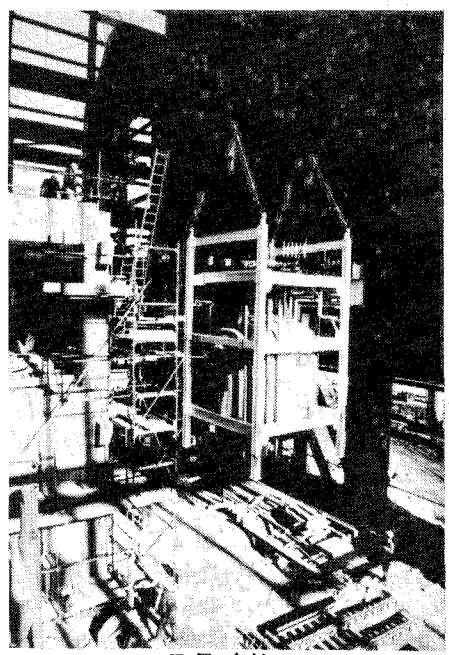
スライド17



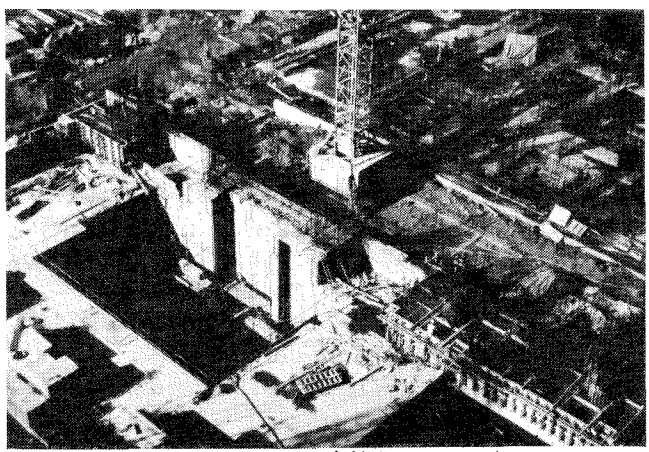
スライド18



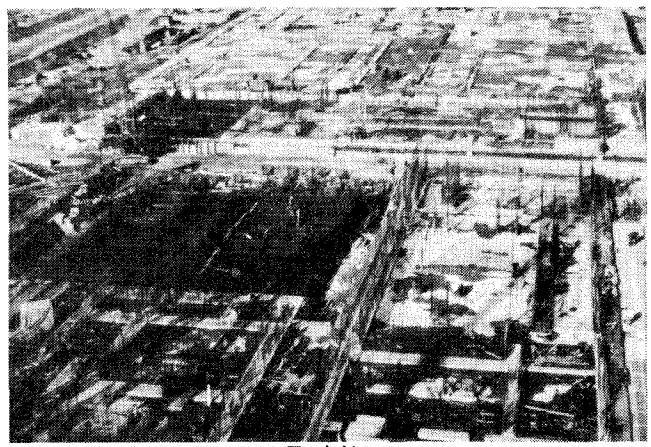
スライド19



スライド20



スライド21



スライド22

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT – AN INTERNATIONAL VIEW

by Pierre STROHL
Deputy Director General
OECD Nuclear Energy Agency

It is a great honor for me to have been given this opportunity to contribute, on behalf of the OECD Nuclear Energy Agency (AEN), to this important Conference. We attach considerable importance in the Agency to our co-operation with Japan and we very much welcome such type of association with the work of Japanese nuclear industry.

When addressing your Annual Conference in March 1977, the former Director General of our Agency, Mr. Ian Williams, said that the presentation of acceptable policies for radioactive waste management was the biggest single factor in gaining public confidence that nuclear power can be adopted with assurance. He added, of course, that this impression related primarily to materials of very high activity and involving major hazards for periods measured in thousands of years. In subsequent years, the public anxiety concerning this issue indeed materialized as the risk connected with radioactive waste was often presented as the major obstacle to the development of nuclear energy. It seems, however, that the climate is now gradually changing and the Radioactive Waste Management Committee of NEA, following completion last September, of a technical appraisal of the current situation in this field has stressed that "an overall impression of optimism and confidence prevails" from this appraisal[1]. This evolution can be easily

explained by the significant progress achieved in radioactive waste management both at the technical level and with respect to the implementation of special legislation and the establishment of specialized institutions and financing schemes.

Before illustrating with a few examples this perception of the positive results achieved, I should like to be somewhat more precise as to the real concern of the public, shared to a large extent by political authorities in many countries. While significant quantities of radioactive waste are currently treated and stored in a number of nuclear centres, without giving rise to any more critical problems than do other industrial operations, most of the attention has been focussed on the long-term nature of the hazards identified with some categories of waste. Public anxiety has primarily resulted from the mistaken belief that the question of disposal of these wastes is largely unresolved from a technological view point and, furthermore, that elaborate and costly measures would have to be applied continuously by competent institutions to protect man and his environment for many thousands of years. This is why radioactive waste management has been presented as a political and social problem to which technical experts could not provide an appropriate solution by technological means alone. This approach also justified the legal requirements which have been introduced in several OECD countries to "demonstrate" or even "guarantee" the long-term safety (or even the absolute safety) of extended storage and final disposal of high-level waste and spent fuel, as a prior condition for the granting of a licence for constructing and operating nuclear power plants. It would be difficult to cite similar examples of such stringent licensing requirements for other industrial activities which create potential risks of damage or other detrimental effects for future generations.

It is therefore essential to properly evaluate the true dimension of the institutional problem involved in long-term management of radioactive waste and, in particular, to have a clearer view of the scope and duration of the institutional control which is required in that context, and of the ability to finance disposal operations.

*

* *

Before coming to the legal and financial considerations, it would be useful to recall some of the technical achievements which have contributed to the changing climate and to show their impact at the international level.

With respect to research and development work concentrating on the long-term isolation of waste into suitable deep geological media, we have noted recently a marked trend to orient research efforts to specific sites, as there has been growing evidence that this disposal concept is sound[2]. Site investigation techniques have significantly improved on the basis of the work done in situ at places such as the Asse Mine in the Federal Republic of Germany and the NEA Stripa Project in Sweden, where many experiments have been carried out, some of them with the participation of experts from Japan. New underground laboratories are being operated, constructed or planned notably in Belgium, Canada, France, Switzerland and the United States. More and more research will focus on the optimisation of technical, safety and economic aspects of specific engineering designs at specific sites. NEA contributes to this general effort essentially in the area of long-term safety assessments in co-operation with its Data Bank. Our efforts are devoted to safety

assessment methodologies, verification and validation of computer codes and the setting up of suitable data bases, all matters of obvious interest to the international scientific community in this field. It should also be noted that the preliminary results from the investigation programme carried out by the NEA Seabed Working Group on the emplacement of high-level waste into deep seabed sediments indicate that this concept, very similar to underground disposal on land, may prove to be both technically feasible and suitably safe.

Implementation of disposal programmes is also progressing. Several countries have made detailed plans to implement site selection and repository construction activities aiming for the initial operation of the first repositories towards the end of the century. In the United States, the Nuclear Waste Policy Act of December 1982 set the administrative and technical scene for the opening of the first deep geologic repository in 1998. In Sweden the time scale envisaged is longer, as a relatively long period of interim storage is foreseen before disposal of HLW and spent fuel can proceed. In the Federal Republic of Germany, disposal sites have been identified for various types of waste and confirmation studies in situ are going on, notably at the Gorleben Salt Dome where all kinds of solid or solidified radioactive waste types could be disposed of, including of course HLW. In other countries (Belgium, France, Switzerland) sometimes on the basis of current work at underground laboratories, test facilities are envisaged although the schedules are not precisely defined. Often the objective is to identify, though a suitable screening process, one or several potential sites which would be suitable for actual repositories.

As already mentioned, the demonstration of safe disposal may be an important requirement. HLW repositories need to keep their integrity and isolate long-lived radionuclides for extremely long time scales, at least compared to the life time of man and human societies. The only possible way to prove that the disposal solutions proposed are satisfactory is through the indirect technique of predictive modelling which has rapidly developed in recent years, based notably on the use of sophisticated computer codes. The objective is to establish, on the basis of reliable codes and scientific data bases, that in normal and foreseeable circumstances the radionuclides present in a repository will not migrate back to man at a rate which will present unacceptable risks. A few examples of long-term "performance" assessments exist to date. I will mention only two of them: the KBS III Project in Sweden, and the "Projet Garantie 1985" in Switzerland[3]. The first one was completed in 1983 and concluded that: "Spent nuclear fuel from the Swedish nuclear power plants can be handled and finally disposed of in a manner that satisfies very high demands on safety and radiation protection. This handling and final disposal can be carried out using technology currently known and available in Sweden. The bedrock at a number of places in Sweden possesses the quality required for a safe final repository. The disposal method described here is flexible and can be adapted to local conditions. Continued research is expected to provide a basis for considerable improvements with regard to economy and resource utilization"[4]. This report was subjected to review by groups of national and international experts, before being accepted by the Swedish Government, which subsequently allowed, in 1984, the loading of fuel into two new power reactors. The Swiss Project which has just been completed came to similar conclusions: even with pessimistic assumptions, estimated exposure levels for generations far into the future would remain

very low. The Swiss Government has now the task to critically examine the report and consider the validity of such a "demonstration". More generally, the "Survey of Activities Demonstrating High-Level Waste Management" which will soon be published by NEA, shows that much of the work for demonstration has already been done, or has been carried to an advanced stage.

As already mentioned, such developments have enabled the NEA Radioactive Waste Management Committee, composed of internationally recognised experts, to take stock of the growing scientific understanding and technical progress at international level and to express their collective opinion on the present knowledge in relation to specific policy issues in radioactive waste management. The fundamental conclusion reached is "that detailed short- and long-term safety assessments can now be made which give confidence that radiation protection objectives can be met with currently available technology for most waste types". In particular, interim storage of radioactive waste "can be relied upon as long as appropriate surveillance and monitoring is provided" and there is therefore "no urgency to dispose of the small volumes of high-level radioactive waste and spent fuel currently accumulated". Finally, "techniques are available for the emplacement of radioactive wastes in disposal facilities" and "there is a high degree of confidence in the ability to design and operate geological disposal systems for high-level waste, spent fuel or other long-lived waste. This is based on extensive conceptual and pilot studies and in situ tests"[5].

This technical appraisal also includes well-balanced assessments of other aspects of waste management such as transport, treatment and conditioning of waste - in particular vitrification of high-level waste - shallow-land burial, sea dumping of low-level waste and seabed disposal. It brings the Radioactive Waste Management Committee to the important and concrete conclusion that "a step-by-step approach to the application of waste management technologies as they become viable on an industrial scale, is both justifiable and safe"[6].

*

* *

Developments over the last few years have shown that the construction and operation of waste storage and disposal facilities can be naturally accommodated within the regulatory framework set up for nuclear activities as a whole. It has also confirmed that the long-term safety requirements for management of high-level and other long-lived waste give rise to greater responsibility for Governments or specialized government agencies or public organisations, and this influences the division of tasks between the public sector and industry in this field.

It is true that general licensing provisions in some of the first basic nuclear legislation already covered waste management activities (for example, the 1957 Prevention Law of Japan, the 1959 Act of Switzerland, and the 1963 Act of The Netherlands). In the United Kingdom, there has been even a specific licensing system for all disposal of radioactive waste since the Radioactive Substances Act of 1960. More recently (since the end of the

Seventies), some countries such as the United States (NRC Regulations of 1981), Switzerland (Federal Order of 1979) and the Federal Republic of Germany, have passed special legislation dealing with the licensing of waste storage or disposal facilities[7]. An even more interesting development during that same period is the creation of a number of specialized agencies, public or semi-public bodies or even private companies, in charge of all or part of long-term radioactive waste management operations. In France, the National Agency for the Management of Radioactive Waste (ANDRA) was set up in 1979 to be responsible for long-term waste management operations within the framework of the general policy laid down by the Government. In Belgium, similar responsibilities have been entrusted, since 1981, to a separate public body, the National Organisation for Radioactive Waste and Fissile Materials (ONDRAF). In the United States, the 1982 Nuclear Power Waste Policy Act has entrusted the Department of Energy with the disposal of high-level radioactive waste and spent fuel. Similarly, in the Federal Republic of Germany, the responsibility for establishing disposal facilities for high-level waste is carried out for the Federal Government by the Federal Institute of Physics and Technology. In some countries, responsibility for the final disposal of all types of waste has been entrusted to bodies with the status of a private company, formed mainly by utilities, with a limited government participation: in Switzerland for example, there is the National Corporation for Disposal of Radioactive Waste (NAGRA), and in The Netherlands, the Central Organisation for Radioactive Waste (COVRA). In other countries, different solutions for the management of low and medium-level radioactive waste have been established involving a semi-public body (such as NUCLECO set up in Italy in 1981) or a government organisation (such as NIREX set up in 1982 in the United Kingdom).

All these examples not only show the many ways of organising long-term waste management depending on the legal, administrative and industrial structures of each country, but also reflect a clear general trend towards a policy of centralizing the functions related to long-term waste management and a strong direct or indirect involvement of the Government or of organisations representing governmental interests. It is not possible in this short paper to describe the advantages and disadvantages of the various solutions available; a more detailed analysis has been given in the NEA Report on "Long-Term Management of Radioactive Waste - Legal, Administrative and Financial Aspects" (Paris, 1984). Whatever solution is adopted with respect to organisational arrangements and the extent of the role of industry, it is of primary importance that the Governments clearly define the radioactive waste management policy and technical strategies and ensure good co-ordination between the various organisations in charge, in particular during the period of transition between the phase of operation of storage and disposal facilities, and the phase after closure of these facilities.

*

* *

Although it is clearly possible to adopt regulatory provisions for long-term radioactive waste management and to establish competent institutions to implement such provisions, serious doubts have been expressed as to the continuous effectiveness of the required institutional controls over a long period of time.

How is it possible to keep such waste under surveillance over periods of many hundreds or thousands of years during which the potential risk of exposure to radioactivity from storage or disposal facilities persists? What assurance can be given that even the most well organised institutions can continue surveillance of these facilities indefinitely? Such questions reveal that the problem of the duration and scope of institutional controls has been misunderstood and I should like to illustrate this by referring to the main technical options.

In disposal by shallow-land burial of low-level waste contaminated mainly with relatively short half-life radionuclides, as well as in temporary storage of other types of waste in artificial structures (for example concrete bunkers) on the surface, some forms of surveillance must be maintained to ensure isolation from man and the environment. Depending on the circumstances, it will be necessary to prohibit access to the site by fencing it off or by the means of other appropriate regulations, to ensure maintenance of the installations, restrict the land use, monitor environmental radiation, and keep an inventory of the waste contained. This means that shallow-land burial and extended storage can only be used as a safe solution for a period of time – which is necessarily limited – during which it is considered realistic to maintain effective surveillance.

With respect to the disposal of long-lived and high-level waste in deep geological formations, waste isolation must be achieved through technical means only and the intrinsic safety of the technical containment will have to be entirely "passive", i.e. no surveillance or other human actions will be necessary after the repository is closed. This will not preclude, as an extra

precaution, other measures during the post-closure phase, such as restrictions on the use of the subsoil or the keeping of records in order to transmit information about disposal sites to future generations. However, such measures should not be designed as a primary safety requirement.

The NEA Report which I just mentioned gives a detailed description of the various solutions which can be applied. It shows that what has been referred to, for purposes of simplification, as "institutional control" of storage facilities and disposal sites after they have been closed, are a whole set of simple administrative or technical measures which have to be maintained on a continuous basis but which are of limited scope and do not make a very great demand on resources. Furthermore, regulatory authorities must estimate the realistic duration of an effective period of institutional control, as part of an overall strategy designed to give technical containment priority over institutional measures.

In general, it is of course not easy to predict the durability of institutions. Various methods are available such as the analysis of historical experience or in-depth sociological analyses of the factors influencing the operation of institutions, their ability to adapt to an ever changing environment and to perpetuate themselves. From a purely pragmatic point of view, experience shows that many institutions are capable of carrying out their tasks in a continuous manner over very long periods of time. This is particularly true with respect to institutions entrusted with functions of vital interest to a society, such as protection of public health and safety. The NEA Report cites the example of the "Waterschap", an institution in The Netherlands responsible since the Middle Ages (approximately 1100-1200 A.C.)

for protecting the country against floods. It is reasonable to assume that simple and limited institutional measures such as those required for long-term waste management, can be effectively maintained for some hundreds of years. This means that given the characteristics of the waste and the performance of technical containment, storage could last 100 or 200 years, if necessary. The decision to use the shallow-land burial method, which requires surveillance of the disposal site, will depend not only on the radioactivity level of the waste and its decay rate, but also to a great extent on how long the surveillance can be expected to continue. A balanced and cautious approach would probably lead the regulatory authorities to define a maximum limit which could be around 300 years, for example. Beyond such a limit, the integrity of any waste containment system either should no longer depend on any action by man or should not be essential from a safety viewpoint.

*

* *

Significant developments have also taken place in relation to the financing of long-term radioactive waste management. Several OECD countries have recently adopted special provisions in their legislation for the financing of defered waste management operations. This is because large-scale expenditures will be incurred in several decades, when the nuclear operator responsible for generating the radioactive waste has perhaps disappeared. Long-term safety requirements therefore may make it desirable to guarantee the availability of all necessary funds as they are needed. In Sweden, a legal obligation was introduced in 1981 for operators of nuclear power stations to pay an annual charge proportional to the quantity of electricity produced,

and calculated on the basis of the estimated cost of radioactive waste management programmes. Contributions are paid into an interest-bearing fund designed to cover future expenditure incurred on waste management. In the United States, the 1982 Nuclear Waste Policy Act provides that nuclear operators must contract with the Department of Energy for the transfer of high-level radioactive waste or spent fuel, and pay a fee of 1 mil per kilowatt hour (10^{-3}) for the expenditure connected with extended storage and disposal. Under such contracts, and in return for the payment of fees, the Department of Energy undertakes to ensure storage and disposal of the waste or fuel and to accept responsibility for all corresponding expenditure. Various other methods of funding have been implemented in several countries such as the Federal Republic of Germany, Finland, France and Belgium, and the ability to legislate for sufficient and assured funding is now well established. It must be recognised that it is difficult to calculate the cost of managing long-lived waste, but available estimates show that the total cost will be only a small percentage of the price of the nuclear electricity produced.

*

* *

The last problem of a legal nature to be considered is the one related to the compensation of damage which might be caused in the very distant future by the release of radioactivity from a geological disposal site. The probability and magnitude of such a damage seems very low indeed since it is difficult to imagine a sudden collapse of the various containment barriers and the release of large quantities of radioactive materials over a limited period of time. Gradual and slow infiltration of radioactivity into geological

strata is a more likely process. Such a situation is very different from an accident in a nuclear installation, but the need for compensation has to be considered even for such a highly improbable event. It is well known that under international conventions, of which the first model is the 1960 Paris Convention on Nuclear Third Party Liability, as well as in the framework of national legislations inspired by the same principles, operators of nuclear installations are absolutely and exclusively liable for compensating damage and must take out insurance to cover such liability throughout the period of operation of such installations. This also applies to installations for storing radioactive waste and could be extended to disposal facilities. However, it may be considered unrealistic to continue applying this liability and insurance system for an indefinite period after storage and disposal sites have been closed. The question could be asked therefore whether compensation from public funds would not afford potential victims more appropriate protection. It is true that the Japanese system of nuclear third party liability already includes some form of State intervention, through the conclusion of indemnity agreements, or under a more general obligation to assist nuclear operators in case of large-scale nuclear damage. But the question could be raised as to whether such an arrangement would apply to disposal facilities in the post-closure phase.

*

* *

Despite the progress achieved at various levels, it is obvious that decisions affecting long-term waste management involve an essential element of political judgement. One reason is that demonstration of safe management of radioactive waste over a long period can only be provided through indirect methods using mathematical models representing the physical and geo-chemical phenomena to be evaluated. This is necessarily less convincing for the public and many politicians. Also, selection of disposal sites is not only technical but also involves many social and political issues which may delay the implementation of programmes considerably.

It is therefore difficult to separate the technical and political aspects of radioactive waste management. Certain disposal methods may be viable from a technical point of view, while at the same time encountering psychological and political opposition. For example, risks to human health or the environment from sea dumping of radioactive waste can be adequately controlled in accordance with the international rules which have been developed for that purpose. In the technical appraisal which has been mentioned above, the Radioactive Waste Management Committee has concluded that it is a viable option also from the engineering and operational viewpoints[8]. However, in the face of public opposition to dumping operations, the conclusions of the current international review undertaken within the framework of the London Dumping Convention could come out against the continuation of these operations on political grounds. The lesson to be drawn from such remarks is that the judgement of decision-makers as to which method to use should be based on a satisfactory balance between political and technical factors. Purely political decisions could lead to the adoption of radioactive waste management strategies which do not have the best technical foundation and may not afford the population the optimum protection.

In concluding this paper, I should like to stress that international co-operation could provide the best opportunity of undertaking the kind of impartial analysis which could help decision-makers in their evaluation of critical issues. This is partly because international organisations are more detached from the day-to-day difficulties confronting national authorities and from the resulting conflicting situations. The main reason, however, which supports the value of an international contribution in this field is to enable quick access to the best knowledge and experience required for sound and independent judgement. There is in this area a considerable and ever growing amount of information available which, as already pointed out by the NEA Radioactive Waste Management Committee, constitutes a good basis for confidence in the future.

REFERENCES

[1] "Technical Appraisal of the Current Situation in the Field of Radioactive Waste Management", OECD/NEA – Paris 1985, page 10.

[2] See the Report prepared jointly by NEA and the Commission of the European Community: "Geological Disposal of Radioactive Waste: An Overview of the Current Status of Understanding and Development", CEC and OECD/NEA – Paris 1984.

[3] "Final Storage of Spent Nuclear Fuel – KBS-3", Swedish Nuclear Fuel Supply Company, Division KBS, Stockholm – 1983; "Projet Garantie 1985": in German: "Nagra: Nukleare Entsorgung Schweiz: Projekt Gewähr", 8 volumes (NGB 85-01/NGB 85-08), 1985.

[4] KBS-3 Report, Volume IV: Safety.

[5] See [1], pages 9, 10, 13 and 14.

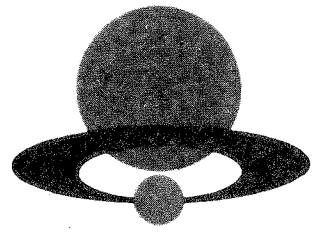
[6] See [1], page 22.

[7] Detailed references to these laws and regulations and others mentioned in this paper, as well as extracts or summaries of these texts, are given in the following NEA Reports: "Long-Term Management of Radioactive Waste – Legal, Administrative and Financial Aspects", OECD/NEA, Paris – 1984 and "Nuclear Legislation – Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities", OECD/NEA, Volume I 1983, Volume II 1984.

[8] See [1], page 14.

セッション5

国際核不拡散体制への新しいアプローチと平和利用の促進



＜基調講演＞

原子力平和利用と核不拡散－過去と未来

原子力委員会委員
西堀　正弘

＜パネリスト＞

フランス原子力庁（ＣＥＡ）国際局長
Ｊ．ウーヴリュー

原子力委員会委員
西堀　正弘

韓国原子力委員会委員
韓　　弼淳

パキスタン原子力委員会委員長
Ｍ．カーン

アメリカ国務省次官補
（海洋国際環境科学問題担当）
Ｊ．マローン

原子力平和利用と核不拡散－過去と未来

原子力委員会

委員　西堀　正弘

議長，ありがとうございました。

私ただいまご紹介たまわりました西堀でございます。本日はこの原産年次大会で皆様にお話申しあげる機会を与えられましたことを非常にうれしく，かつ光栄に存じております。もっとも伝統のある，権威のある大会でございますだけに，世界の原子力界で指導的立場におられる方々が多数ご列席でございますし，また何十年もの間，おそらくは生涯のキャリアとして原子力のお仕事にたずさわっておられた方々が大勢おられますところで，私のように原子力に関係いたしましてわずか二年という新参者が，こと原子力に関しましてお話申しあげるということは，実は正直に申しまして，はなはだ心安からざるものがあるのでございます。冒頭におことわり申しあげたいことは，私は現在原子力委員をやっておりますけれども，これからお話し申し上げますことは，全く私の個人的見解，私が常日頃感じているところの感想と申しますか，印象を申し上げたいと存じます。

さて，この核拡散の危険を排除しつつ，原子力の巨大なエネルギーをいかにして人類の福祉に役立てるか，すなわち原子力の平和利用をどうやって促進するかということは，原子力時代の幕あけ以来，終始一貫して存在してきたところの課題であります。そうしてこの課題を解決すべく，さまざまな構想が浮かんでは消えていったのでございます。かつては原子力の完全な国際管理といった壮大，かつ華麗なアイディアもあったのでございますけれども，東西対立という国際環境のもとでこれは日の目をみなかったのであります。で，いろいろなことがありましたけれども，結局は核不拡散条約（NPT ）と，これに包摂されますところの国際レジームとして定着してきたということがいえるかと存じます。

ところで，このNPT はまことに差別的，かつ不平等なしろもので，それはNPT が世界中の国を二つの全く異なったグループに截然と分けてしまったわけでございますが，その分ける基準となったものは1966年末までに核兵器国となっていたか，あるいは核兵器国となっていなかったかというまことに恣意的，いうなれば偶発的な事実を根拠にして分けたわけでございます。主権の平等性ということを基本理念といたします国際社会におきまして，まことにべらぼうな話でございまして，二国間条約ならいざ知らず，多数国間条約でこのような差別のある不平等なものは，私はおそらく多

数の国が参加した戦争のあとで，戦勝国と戦敗国との関係を律する多数国間の講和条約ぐらいのものじゃないかと思うのでございます。そこで，にもかかわらず，日本を含む127 の国々がこのNPT の締約国になり，NPT 体制を支持してきたのであります。それは要するに，核の不拡散という大義名分のまえにこの主権の平等性ということを犠牲にするという，いわば非常に良識ある態度をとったからでございます。日本のように，平和憲法のもと専守防衛，あるいは非核政策といった平和主義外交を遂行しており，核保有のオプションを放棄してしまった国の場合におきましては，このNPT の締約国になるということは，なんの不都合もないわけでございますし，またなんら実質的な不利益をもたらすものではなかったのでございますけれども，それにもかかわらず，日本がこのNPT に署名をし，批准するということは決して容易なことではなかったのでございます。

日本がこの条約に署名いたしましたのは1970年でございまして，当時私はたまたま外務省におりまして，本件に関する直接責任の局長をやっておりました。この条約に署名すべきか，せざるべきか，喧喧囂囂，侃侃諤諤の議論が行なわれたわけでございますけれども，平和国家日本がこれに署名もしないということはどうも平仄に合わない，痛くない腹もさぐられかねない状況でございますので，結局佐藤総理もご決断になりました。にもかかわらず，当時の有力な閣僚の方二・三名，それから与党である自民党の確か党三役の一人であったと思いますけれども，反対論をとなえられるということで，愛知外務大臣の命をうけまして，亡くなられました牛場外務次官のお伴をして，これらの方々を歴訪いたしまして，反対の気持ちはよくわかるけれども，やはり大きな展開を考えて，署名するということは日本の国益に合致すると，少なくともその反対を公にする，公言することだけはご勘弁願いたい，ということをお願い申しあげて歩いたわけでございます。

その後私は軍縮委員会に対する大使としてジュネーブに赴任いたしておったのでございますが，そして第一回の1975年の再検討会議には出席いたしました。もっとも日本はまだ署名しただけでございますので，発言はできましたけれども，たいへん肩身の狭い思いをしたのでございます。そこで，ジュネーブにおいでになります政界の有力者の方々，あるいは経済界の方々に必ず一席を設けまして早期批准論，批准促進論をぶったりしておりました。私はこの際日本のような国でもNPT に署名し，批准するということは決して容易ではなかったのだという事実を，ことに特権的地位にあります核兵器国の方々は厳粛にひとつ受けとめてもらいたいのでありまして，これを忘れてもらっちゃ困るのでございます。要するに，日本のような国が締約国になったということを，ともすれば当然視することはまことに困るのでございまして，この事実を軽軽に取り扱ってもらっては困るということを，この際力強く申し上げたいと思うのでございます。

そこでこのNPT の差別性，ないしは不平等性というものは結局核兵器の完全な廃絶ということによってのみ解消されるわけでございますが，これは当分実現は難しいので，NPT におきましては非核兵器国に対して，原子力の平和利用の権利を，動かさざるべきところの権利として保証しているわけでございます。

もうひとつ，もちろん平和的核爆発の利益の享受ということもありますけれども，これは当分現実的でございませんので，本日の私の話からは捨象させていただきたいと存じます。一方その核兵器国に対しましては核軍縮のために誠実な交渉を行なえという義務を課しているわけでございます。幸いにしてこのNPT の体制のもとで六番目の核兵器国は出現いたしませんでした。と申しますことは，非核兵器国の側に関します限りはNPT の義務を誠実に遵守してまいったのでございますが，かたや原子力の平和的利用の権利の方は，ともすれば否定的，消極的態度がとられるというようなことで決して十分な機能を果していないということでございます。

もうひとつの核軍縮の方は私がここで申し上げるまでもなく，核軍縮どころの騒ぎではございません。縦の拡散といいますか，核兵器は質・量ともに増強しておるというのが現実でございます。幸いにしてこの三月に米ソ両国の軍縮交渉が行なわれることになりましたので，もちろん今回こそこの核軍縮交渉が成功することを私としては願うわけでございますけれども，長年の間軍縮交渉というものをフォローしてまいりました私といたしましては，決して楽観的になれないのでございます。と申しますのは，現象的に，あるいは表面的に今までの軍縮交渉をふり返りますと，それぞれの理由があったわけでございますけれども，基本的にはこの米ソ両国との今だに力の均衡による抑止論ということを基礎にいたしております。この力の均衡による抑止が全く誤りであるということは世界の学者の方々が指摘しているところであるのみならず，世界中の有力な政治家で良識のある方々が力強く主張しているところなのでございます。皆様にご説明申し上げる必要はないかと思いますが，くだいて申しますと米ソ両国とも相手の国を力の信奉者と認識しておるわけでございます。したがってこういった国と交渉するためには，こっちも強くなければならない，力を持たなければならないということの発想でございます。そうすると，自分の主張だけを正当化しつつ，力を誇示すれば相手が譲歩してくると考えて軍備増強に励むわけでございます。当然のことながら，批難の応酬はますます声高くなる。こういった状況におきましてはどちらかの側がとにかく譲歩するということは，とりもなおさず自分の力の弱さというものを認めた証拠に他ならないということになるわけでございますから，とても交渉の成り立ちようがない。少なくとも外交交渉というものは，要するにそれぞれ自分の主張をある程度譲歩してそこで妥協が成り立つのでございますけれども，い

まのような状況では交渉が成り立ちっこない。これがまあ基本なのでございます。しかしながら日本政府も今のところまだこの力の均衡によって，世界の平和と秩序が保たれているという認識を繰り返しておりまして，ただその軍事力をできるだけ低いレベルで均衡させるのだというようなことを言っております。かく申します私自身この認識に基づくところの日本政府の方針なり政策を，ジュネーブにおける軍縮大使として，あるいはニューヨークにおける国連大使として，それこそ何十回となく演説を行なわさせられたのでございます。そのへんにおきまして，その罪万死に値するという点ではまことに文字通り腹切りものなのでございますけれども，私にはそんな勇気もございませんので，せめてもの罪の償いといたしまして，二年前に外務省をやめ，こと外交政策に関しましては何を言おうとフリーな立場でございますので，請われるままに，求められるままに北は北海道，南は九州にまでどこへでも出かけまして，こういった私の信念をお話申しあげているのでございます。ともかく国と国との間の政治的，経済的，思想的対立がいかに熾烈なもの，いかに激しいものでありましても，この核の時代に軍事力をもってこれを回避するということがもはや無意味になりつつあるわけでございます。その意味において，私は日本の平和憲法というのは二十一世紀における民族国家のあり方を先取りしたものだととらえておるのでございますが，そういった見地からいたしますと，日本の世論の一部にこの平和憲法を制約であるとか，足かせであるとか，あるいは負い目であるととらえる風潮が一部でございますけれども，そのようにみえるのは大変遺憾なことだと思うのでございます。その点原子力のことに携わっておられる皆様におかれましては，当然正しい認識をお持ちだと思いますので，オピニオン・リーダーとしてひとつ世論の啓発につとめていただければ大変ありがたいと思うのでございます。

要するにNPT における核保有国と非保有国との間の権利義務の関係，すなわちバランスのとれた機能というものをNPT が果していないというのが現実でございます。そこへもってきて1974年西南アジアの一角におきまして，NPT の締約国でない一か国によって，いわゆる平和目的のための核爆発実験が行なわれたのでございます。この核爆発実験が世界の原子力界に及ぼしたインパクト，影響というものはまことに強烈なものであったのでございまして，その核爆発を行なった国の原子力の平和利用の計画はそれによって非常に影響をうけたのであります。これはいわば自業自得でございますが，迷惑をしたのはそれ以外の国々なのでございます。核兵器国，ないしは核物質供給国の原子力の平和利用に対する態度，あるいは核不拡散に対する態度というものがますます硬化いたしまして，その政策は非常に否定的，制限的，ないしは消極的になってきたのでございます。

そこで，それではならじということで，当時世界の原子力に関します世界中の英知を集めまして，

INFCE （国際核燃料サイクル評価）の作業が二年四ケ月の長きにわたって行なわれたのでございます。このエキスパートによる協議は大変骨の折れるめんどうな，かつ忍耐を要するものでしたが，その結果いろいろな結論といいますか，国際的コンセンサスが発表されたのでございます。その重要な結論のひとつというのは，核不拡散と原子力の平和利用とはやりようによっては充分に両立するものであるという専門家のご託宣があったことでございます。にもかかわらず，せっかくの専門家のコンセンサスが現実外交の場，あるいは現実政治の場で実現してこない，うまくいかないというのが現実でございまして，いうなれば世界の原子力界というのは今なお不確実性の時代に低迷している，あるいは呻吟しているということでございます。

そこでせっかく世界の英知がこのようなコンセンサスを発表してくれたのに，これがどうもうまくいかない，いったいなぜだろうかということでございます。で，表面的と申しますか，あるいは現象的なことがいろいろとりあげられております。たとえば，原子力産業というのは大変巨額の資本を要しますし，またその設計，建設には非常に長い期間を要し，リードタイムが非常に長いわけでございます。それに比して民主主義国家における政権交代というものは短期間であり，ということはそのたびに若干の政策の変更がある，それをもろにかぶる国々はまことに迷惑をするわけなのでございます。あるいはまた，この核兵器国の側における核不拡散政策というものは，策定の場合に商業的打算の考慮が入るのではないかということを言われる方がおりますが，私自身はそうは思っておりません。そのようなことは絶対にあってはならないことでございますし，私はそのようなことはないと信じておりますが，人によってはそういうことを申します。私は核兵器国の側における核不拡散に対する懸念というものはまじめなものであり，真摯なものであり，ジェニュインなものであると信じております。しかし一方，そのジェニュインであれば何をしてもいいんだということにならないこともまた真理であると思います。

もっとつきつめて考えてみますと，基本的にはこの核不拡散の問題と原子力の平和利用というジャンルの違う問題につきまして，観念的に混乱があるのではないかと私は考えるのでございます。と申しますのは，この核不拡散の問題というのは第一義的には政治的問題でございます。技術的，あるいは制度的な問題というのは核不拡散に関する限りは，第二義的な意味でしか言う人がいないのでございます。くだいて申しますと，ある国が核武装をするということはその国が核武装をすることに国家利益をみいだすような，要するに政治的動機があるわけでございます。したがいまして，これを阻止しうるかどうかということはそういった政治的動機をその国に与えない，もしくはそういった政治的動機をその国から奪ってしまうということが必要なのでございます。そのためには，

たとえば実際にその国が核武装に突き進むといった場合に，その国が被るべき政治的，経済的刑罰，それがいかに苛酷なものであるか，またいかに峻厳なものであるかを予想せしめる，あるいは認識せしめることによって，核武装の政治的意志，政治的決意というものを断念せしめるということが必要なのでございます。ということは究極的には全くこれは政治的問題であるわけでございます。これに対しまして，原子力の平和利用の問題は技術的，経済的な問題でもございます。たとえば，核燃料サイクル関連の原子力活動で核不拡散のリスクが全然ないといったものはないと私は思いますし，また一方，その核不拡散のリスクを100 パーセント排除してしまうという技術もないのではないかと思うわけでございます。

ここのところの違いを認識いたしませんと，核不拡散を目的とするところの技術的な手段，あるいは制度的な手だてを苛酷なものにすればするほど核不拡散の目的が達成されるのだといった，いうなれば非常に短絡的な考えが生じてくる。そういったやり方は逆効果を生ずることもありうるのだということを，我々としては認識しなければならない。したがいまして，非常に制限的，否定的な態度よりはむしろ協力的，積極的な方途の方があらゆる国々に健全な原子力政策を策定せしめるということになる，ということも我々は認識しなければならないと思うのでございます。しかし一方，核不拡散を目的とする技術的ないしは制度的な方途をワークアウトし，それを整備し，確立するという努力，たとえばNPT を補完するものとしてCAS （供給保証委員会），ISFM（国際使用済み燃料管理），IPS （国際プルトニウム貯蔵），といったような制度をワークアウトし，確立し，あるいはIAEAの保障措置の技術的な改良，改善を図っていくということは，核武装に走る国の政治的動機を奪ったり，核武装をしようという政治的決意を断念せしめる一つの誘因となるものでございますから，大いにけっこうで，この点はひとつ一層の努力をいたしましてりっぱなものを確立していただきたいと思う次第です。

このようにみてまいりますと，現在世界の原子力界が悩んでおりますこの不確実性を排除するためには，原子力活動に関してあらゆるカテゴリーの国家があるわけでございます。たとえば，核兵器国，非核兵器国，それから原料供給国，あるいは消費国，あるいは先進工業国，また開発途上国と，こういった国々全てがそれぞれ相手方の立場というものをよく理解したうえで，それぞれ自分の立場を越えて，要するに国際的コンセンサスによりまして，最も客観的かつ合理的な国際的基準，原子力平和利用に関する国際的基準，あるいは共通の制度，共同の措置というものを確立していく以外にないのでございます。こうすることによって，初めて先程来申しておりますところのすぐれて政治的問題である核不拡散の問題と技術的，ないしは制度的問題である原子力の平和利用といっ

た問題のこの二つの間を非常によく調整力のついた，非常に健全な原子力に関する国際秩序というものが確立されていくと，私は信じておるものでございます。

どうも結論が大変抽象的なことになりまして，恐縮なのでございますけれども，基本的な考え方というものはこうあるべきだと思うのでございます。これ以上のこと，もっと具体的なことは，ひとつそれこそ皆様方のエキスパートがお持ちになっているエクスパーティーズにお願いせざるを得ないということでございます。

どうもご清聴ありがとうございました。

Promotion of International Nuclear Cooperation: Need, Problems and Prospects

Munir Ahmad Khan

Chairman, Pakistan Atomic Energy Commission

I am grateful to the Japan Atomic Industrial Forum for the opportunity of participating in the 18th annual meeting of JAIF and addressing this distinguished audience. In this panel, which is discussing nonproliferation and international cooperation, I shall try to present the point of view of the less developed countries (LDCs) --- both signatories and nonsignatories to the NPT.

2. International nuclear trade has not expanded as forecast in the 1970's when the use of nuclear power was being actively promoted both domestically and internationally. This slow-down in the growth of nuclear trade and industry has adversely affected the economies of energy-deficient developing countries, depriving them of the benefits of atomic energy not only in the power sector but in agriculture and health as well. Of the 26 countries in which nuclear energy is used for electricity generation, there are just half a dozen developing countries and their share in the world's installed nuclear capacity is only 2% of the total. Even in non-power areas, the benefits of atomic energy have not trickled down to the LDCs which have the greatest need. It is, therefore, of interest to examine with an open mind the reasons for this decline in nuclear commerce and cooperation and the current depressed state of nuclear industry. Besides the overall slow-down of global economy, the rigidity of the inflexible framework of treaties and " guidelines"

is an important factor that has contributed towards the slow growth of nuclear trade; thereby the tremendous potential of atomic energy still remains largely unrealized in the Third World.

3. The approach adopted by certain industrialised countries in nuclear affairs has led inevitably to a gradual erosion of mutual confidence between the supplier states on one hand and recipients on the other. Supply agreements have been unilaterally abrogated and entirely new and onerous conditions imposed upon on-going contracts. One could perhaps understand upgraded conditions applied for any new contracts, but forced renegotiation in respect of existing arrangements has introduced an element of insecurity in the nuclear business wherein a climate of stability and predictability is all the more important because of the large investments involved in nuclear facilities. Trade flourishes in a milieu of interdependence; hence the feeling that trading arrangements were no longer reliable induced decision makers in many recipient countries to move gradually from a policy of interdependence to one of nuclear autarky viz. self-sufficiency in the nuclear fuel cycle as well as in essential services and materials. This unannounced policy, being followed by countries with large nuclear programmes, is a direct consequence of the restrictive policies of major nuclear suppliers.

4. The ostensible reason put forward by the super-powers and other supplier states for erecting ever-rising barriers against the transfer and sharing of nuclear technology is the risk of nuclear proliferation. Objectively speaking, however, the greatest threat to world peace and even mankind's survival emanates primarily from

the large and constantly growing nuclear arsenals of the super-powers. The Non-Proliferation Treaty (NPT), which is the centre-piece of the existing non-proliferation regime, was launched in 1970 with great expectations. Its provisions promised to promote peaceful uses of atomic energy and to reduce the risk of nuclear war; unhappily it has not been very successful in accomplishing either. Doubtless, the Treaty has played a positive and restraining role in nuclear affairs and achieved a measure of success in containing horizontal proliferation: there has been only one announced nuclear explosion outside the five recognised nuclear-weapon-states (NWS). In the matter of vertical proliferation,however, the very sponsors of NPT have not been faithful to it, and nuclear arsenals have been continuously upgraded in quality and quantity, in clear defiance of Article VI. There has been little sharing or transfer of nuclear technology, as envisaged in Article IV and V, to the disappointment of NPT signatories of the Third World. Nor has the security of NNWS signatories been enhanced and no meaningful guarantees have been provided against threats of nuclear attack. In practice, the balance of obligations and privileges envisaged under the NPT has not been maintained --- resulting in growing disenchantment with NPT among some of its signatories and diminishing incentives for others to subscribe to it. While there are now over 120 adherents to the Treaty, it must be borne in mind that half the world population is still outside its fold and the non-signatories include two recognised NWS, one country which is known to have exploded a nuclear device, and several so-called " threshold"

states and some other important countries. These nations view the Treaty as discriminatory in principle and unfairly implemented in practice. These sentiments would no doubt be voiced at the forthcoming NPT Review Conference, perhaps even more vocally than in 1980. This Conference should provide a valuable forum for both sides to try to achieve some degree of consensus.

5. It is evident that any attempt to make NPT a point of honour is likely to be counter-productive because it will tend to divide the world into two different camps. We must instead try to find some common ground to work together for worldwide development of peaceful applications of atomic energy. There is no dispute about the necessity of non-proliferation. It is agreed by all responsible people that nuclear weapons should not spread to more nations and should, in fact, be phased out by countries which now possess them. There is, however, an unfortunate and persistent misconception that there exists a close connection between nuclear weapons and nuclear power. Such a perceived link does not stand upto the test of either history or practical logic. Historically, all the five recognised NWS had acquired nuclear weapons before using nuclear energy for electricity generation. Secondly, nuclear power stations under IAEA safeguards offer little scope or technical opportunity for proliferation. The Plutonium which can be recovered from a typical power reactor is so contaminated with undesirable isotopes as to be unsuitable

for weapon use except possibly by highly advanced countries with sophisticated technology and years of testing data at their disposal. The diversion of even this material of doubtful military value is extremely unlikely under the vigilance of IAEA inspections. According to the IAEA, over the last 25 years, no significant diversion of nuclear material has in fact taken place at any facility under Agency safeguards. A panel of experts set up by American Nuclear Society two years ago also concluded that civilian nuclear power under safeguards had little or no relevance to proliferation.

6. The logical and useful thing to do would be to think of more practical and acceptable measures in keeping with the existing technical and political realities, which could lead to a stable and universal non-proliferation regime. A first step could be to assign a pivotal role to the IAEA on whose statute all member countries agree. The Agency was created for promoting and regulating peaceful applications of atomic energy under appropriate safeguards. The IAEA safeguards system has evolved to a position of nearly universal acceptability and credibility. It would eminently serve the cause of non-proliferation to strengthen this unique confidence- building system and to accord it even greater prestige and authority.

7. Another useful initiative taken by the IAEA is the setting up of the Committee on Assurance of Supplies (CAS). Its work needs to be expanded and fortified as a necessary complement to the safeguards system. The recipient countries need assurances of vital supplies, information and equipment necessary for their peaceful

nuclear programme no less than the supplier states require guarantees against any military diversion.Arbitrary guidelines and " trigger lists" which do not enjoy the consensus of suppliers and recipients are not only inequitable but impractical; they have quite naturally met with limited success. While CAS has made slow progress in the last four years, it is hoped that it will help establish acceptable norms of international nuclear trade and restore mutual confidence before more nuclear suppliers emerge making it even more difficult to achieve consensus.It is clearly in the economic and political interest of all parties that IAEA safeguards, which are fortunately non-controversial, be agreed upon as an acceptable frame-work for the pursuit of international nuclear commerce. By stifling the growth of nuclear power even under IAEA safeguards, we may succeed in the short run to achieve certain narrow objectives but in the longer run we shall fail to attain the larger goal of non-proliferation.

8. The scope for world nuclear trade is almost unlimited because the energy needs of the Third World are immense. The LDCs, in general, are passing through an energy-intensive phase of socio-economic development--- a phase in which they have to mechanise agriculture, establish industrial infrastructure, augment transportation and other service facilities, and provide electricity and other environmentally acceptable energy forms to their rapidly growing and increasingly unbanising population. Energy

demand must continue to grow significantly for a long time to come, inspite of price induced conservation measures and restructuring of economy, if a reasonable pace of development is to be maintained in the Third World. Saturation levels comparable to those in advanced countries are not likely to be reached for many a generation.

9. The energy sector is an important indicator of the overall health of the economy. Deficiencies in this sector, necessitating energy imports, are responsible for a major part of the $ 900 billion debt burden of the LDCs. In fact, for many oil importing developing countries, the current account deficit has been about the same as their oil import bill for the past several years! And if these countries continue to be starved of energy, their debt will continue to increase while their ability to service and repay existing debts will decrease. The only way to avert the resulting crisis in international finance is to help the developing countries, particularly the oil-importing ones, harness all possible energy sources for their economic development. Embargoes on energy technologies are in the interest of neither developing nor developed countries.

10. The World Bank and several other international agencies have made projections for the rate of GNP growth, and the accompanying rise in energy consumption, over the next two decades for both LDCs and industrialized countries. It is estimated that the average rate of GNP growth in developing countries would be about 5% per annum and energy consumption

will increase by 0.9-1.1% for each 1 % increase in GNP. Based on median values it has been estimated that, by the year 2000, the annual consumption of commercial energy in the world will touch the level of 16 billion TCE of which the developing countries will account for about one-third. By contrast, the global primary commercial energy consumption at present is around 10 billion TCE of which less than a quarter is used in LDCs.

11. How will this tremendous increase in energy demand be met? The main supply options for developing countries will continue to be fossil fuels for transportation and process heat, and these fuels together with hydro and nuclear power for electricity generation. Hydropower is, however, location- and season-constrained. Nuclear power, on the other hand, is a technologically established and economically sound option with abundant potential. Various international studies have shown that nuclear power has economic advantage over power generation based on coal- and oil-fired plants except perhaps in countries having large reserves of good quality coal with low production and transportation costs. Table 1, based on a recent OECD study[1] compares the overall cost economics of power generation based on nuclear and coal/oil fired plants in the U.S. ,Western Europe and Japan. It is seen that, inspite of the per KW capital cost of nuclear plant being 1.5 and 2 times as high as those of coal

(1) International Energy Agency, "World Energy Outlook" (OECD, Paris, 1982).

and oil-fired plants, respectively, nuclear generated electricity is considerably cheaper in all cases except the U.S., where coal-fired power generation has marginal economic advantage over nuclear. Similar conclusions have been reached in a recent analysis by IAEA[2] and by the French Ministry of Industrial Development and Foreign Trade.[3] Further, as seen in Table 1, the fuel cost is a small component (25%) of the generation cost in the case of nuclear plants but accounts for 40-80% of generation cost in the case of fossil-fuel-fired plants. As a result , the higher capital investment in the nuclear plant will be offset by its lower fuelling cost in the first few years of plant operation and its cumulative life-time discounted cost will turn out to be much lower than that of an equivalent fossil fuel fired plant. It will be of interest to illustrate this with a concrete example taken from a study undertaken in Pakistan. Comparing two 990 -MW plants beginning operation in 1992 (one, a nuclear plant,and the other, a thermal plant using imported oil),under the assumption of 8% per annum increase in nominal price of both nuclear fuel and oil upto 1992 and 10% thereafter, it turns out that the cost of electricity generation in the first year of operation will be 60 mills/ KWh for the nuclear plant and 110 mills/KWh for the thermal plant. Accordingly, as shown in Fig.1,it will take just

---

(2) Nuclear Power: Status and Trends (IAEA,Vienna, 1984)

(3) Nucleonics Week (20 December 1984) P.6-7.

four years for the nuclear station to break even with the oil-fired one. Thereafter, the thermal plant will, of course, become progressively more expensive; and the cumulative life-time cost of the oil-fired plant will be 3 times higher than that of the nuclear plant,both discounted to 1992. This shows that, in the long run,oil-fired plants in developing countries will put an unacceptable burden on their economies.

12. Despite these manifest economic realities, transfer of technology in the nuclear power field is severely constrained by political considerations.Leaving aside the power sector, there is very limited trade or transfer even in other areas such as agriculture, medicine and industry. Post harvest losses to the tune of 25% are commonplace in LDCs but advanced knowhow for food preservation is not readily available for reducing this enormous loss. Similarly, there is little use of isotope techniques in medicine with the result that there are less than 80 nuclear medical centres in seven Asian countries catering to a population of about 1000 millions. Radiation and radioisotopes techniques have also found little application in industry e.g. there are not even ten commercial irradiators in the Third World where the problem of harmful microbes is particularly acute because of relatively high ambient temperature and humidity. The Agency sets aside a small budget for these activities and bilateral contacts are also few even though the technologies involved could hardly be called "sensitive" by any stretch of imagination.

13. To overcome the present impasse in international nuclear

cooperation, we should strengthen the IAEA and expand its role in the promotional, i.e. technical assistance, and regulatory, i.e. safeguards, areas. The IAEA safeguards system should be regarded as sufficient guarantee for satisfying the proliferation concerns of supplier states. Another positive contribution to the non-proliferation regime would be support and encouragement, by major world powers, for regional arrangements such as the Treaty of Tlatelolco in Latin America. The concept of nuclear-weapon-free-zones ought to be promoted in the troubled areas of Africa, Middle East and South Asia. Such regional treaties will strengthen non-proliferation and pave the way for increased nuclear collaboration on regional basis.

14. In this context, I would like to make special mention of two models which are worth emulating. One is the IAEA Regional Cooperative Arrangement, covering Asia and the Pacific countries, which started in 1972 and has since made significant headway in promoting cooperation in agricultural, nuclear medical, hydrological and industrial fields. However, its very limited budget of 3 million dollars per year is too inadequate to make a deep impact. Also its scope should be enlarged to cover nuclear power.

15. The other noteworthy initiative is the collaboration extended by the Japan Atomic Energy Commission and the Japan Atomic Industrial Forum to several Asian countries. The International Nuclear Cooperation Centre, established in 1983, has also served

to further this regional cooperation by exchange of personnel and information with Southeast Asian Countries. An Advisory Committee on Cooperation with Developing Countries was set up by the Japan Atomic Energy Commission. This Committee, in its conclusions presented some months ago, has listed six representative areas of cooperation viz the utilization of radioisotopes and radiation, the utilisation of research reactors, nuclear power generation, nuclear safety assurance and nuclear material management, nuclear safety research, and the prospecting and development of uranium resources. It has stressed the need to extend greater cooperation to developing countries by way of vigorous personnel interchanges, instituting a framework for inter-governmental cooperation, concluding nuclear cooperation agreements etc; all these activities should be so carried out that the cause of non-proliferation is also served. This is a commendable initiative and holds great promise for the future. As a major economic and industrial power as well as a leader in nuclear technology, Japan has both the capability and international responsibility of helping the Third World countries in peaceful applications of nuclear energy. Japan should accept the challenge of international cooperation and the Japanese industry should play its due role in nuclear trade. In fact it can no longer afford to stay out.

16. In conclusion, I should like to stress the urgent need to have sincere and serious dialogue between suppliers and recipient states with a view to finding common ground for striving towards the

goal of universal non-proliferation without impeding the development of peaceful applications of atomic energy. Non-proliferation is basically a political problem whose solution will not be found in technical fixes or embargoes. We have already seen that an attitude of confrontation witnessed over the past decade or so has neither advanced the cause of non-proliferation nor spread the benefits of nuclear technology.Time is running out fast, and confrontation must soon give way to collaboration if we want the world to enjoy equitable development in an atmosphere of peace and mutual respect. The cherished goal of non-proliferation will not be achieved by non-cooperation in the nuclear field.

17. Let me close by enumerating some principles that may serve to advance international nuclear cooperation:

1. Rule of law should prevail,international agreements should not be unilaterally abrogated, nor made subject to subsequent changes in national legislation.

2. In order to make safeguards irrevocable, the supply of essential equipment and material should also be guaranteed for the life time of the plants and projects under safeguards. Nuclear plants are too expensive to risk interruption of essential supplies.

3. Nuclear Weapon States signatories of NPT should

move visibly and credibly towards nuclear disarmament as required by its Article VI.

4. Setting up of nuclear free zones in various regions should be encouraged as a positive step towards global non-proliferation.

5. Advanced nuclear states, which are signatories to NPT, should honour the pledge of technology sharing in a non-discriminatory manner, as required by Article IV and V.

6. The perception of NPT non-signatories ,whether developed or developing, ought to be appreciated and understood.

7. Adherence to NPT need not be made a pre-requisite to nuclear cooperation; appropriate IAEA safeguards should be accepted by supplier states as effective guarantees against proliferation.

8. Development of small and medium power reactors should be sponsored by IAEA and international financing agencies such as the World Bank in order to facilitate use of nuclear power by countries with small grids.

9. International support should be mobilised for promoting regional training programmes and technology transfer in the fields of nuclear power and application of nuclear techniques

in agriculture, medicine, industry etc.

10. International agencies like the World Bank should make ample provision for long-term loans on easy terms for financing nuclear power plants as well as research and other projects related to application of isotope techniques.

Table - 1

Indicative Cost Estimates for Electricity Generation
By Fuel (in 1981 US $ capacity factor : 65%)

	Oil(2x600 MW)		Nuclear	Coal with FGD*(2x600 MW)		
	Low sulphur	High sulphur with FGD*	PWR(2x1100 MW)	US	Europe	Japan
Capital Investment (S/KW)	577	692	1331	920	920	956
Fuel Cost	$ 33/bbl	$ 27/bbl		$ 40/t	$ 65/t	$ 65/t
Generation Cost(Mills/KWH)	67.9	64.7	39.0	38.2	48.2	48.9
Capital Cost	15.9%	19.9%	63.8%	44.7%	35.5%	36.4%
Operating Cost	3.7%	6.5%	10.7%	13.4%	10.6%	12.4%
Fuel Cost	80.4%	73.6%	25.5%	41.9%	53.9%	53.2%

* Flue Gas Desulphurization.

Source: World Energy Outlook (IEA/OECD, Paris, 1982)

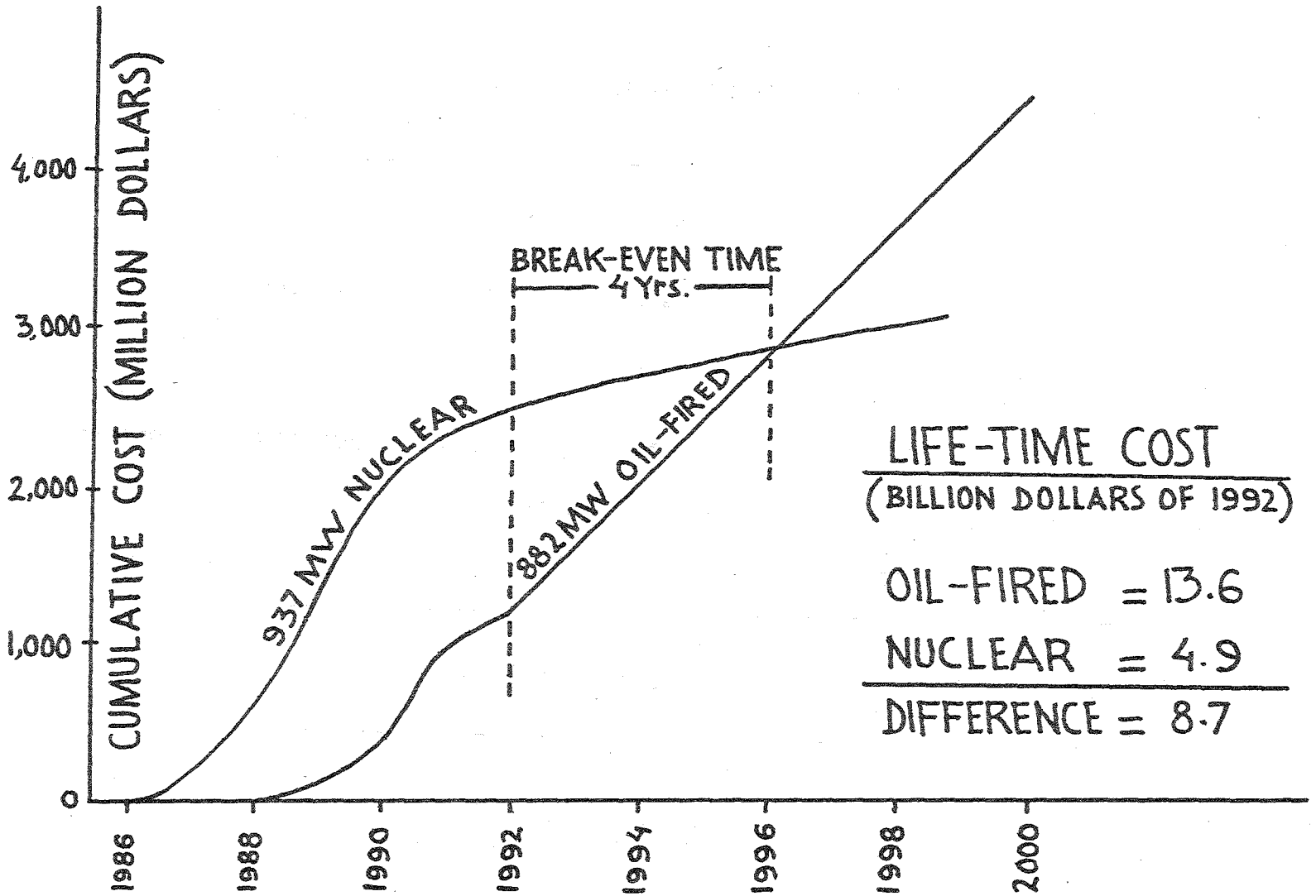


Fig 1. Cumulative cost, discounted to 1992, of constructing and operating typical power plants.

Session 5: New Approaches to Promotion of Peaceful Uses of Nuclear Energy and the Role of NPT - Some Observations

Jean-Bernard Ouvrieu
Director, International Affairs
Commissariat a l'Energie Atomique

It is for me an honour and a pleasure to have been invited to address so qualified an audience on the interesting and topical subject of "New approaches to promotion of peaceful uses of nuclear energy and the role of N.P.T.". Stressing the "promotion of nuclear energy" is, I feel, an approach particularly necessary today in the context of studies on energy in the future.

It is very topical to reflect on the relationship between the growth of nuclear energy and the Non Proliferation Treaty in view of the forthcoming N.P.T. Review Conference which will be held next summer. This latter theme is, however, well established. It has given rise to international discussions for years. These have sometimes assumed a character of confrontation recently which has perhaps made it impossible to pose the problem of nuclear growth in simple terms, rooted in present-day reality.

1 - Some comments on electro-nuclear energy in the world

a) the situation regarding electro-nuclear energy in the world in 1984 seems to me to be marked by:

1) a significant increase in electro-nuclear capacities: 12% of the world's electricity in 1984 was of nuclear origin compared with 10% in 1983. Nuclear energy accounted for 16% in electricity production compared with 14% last year within the OECD, an area which mobilizes 80% of the world's nuclear power. Considering the investements undertaken, this trend will continue to rise until the 90's: nuclear energy will then take a éàú share worldwide, compared with a 28 to 30% share for the OECD.

2) by an inactivity in nuclear energy investment. This general trend affecting the whole of the electric energy sector is very apparent in the nuclear sector. It began several years ago and originates in the world economic recession, with the hazy and diminishing

prospects it induces, and the financial constraints imposed, at a time of high interest rates, by capital investments and those in the nuclear industry.

In this light 1984 was unquestionably a bleak year. In countries with advanced growth, able to opt for or commit themselves to electro-nuclear energy, the burden of the foreign debt in some cases, the caution required to control it in others, have had and will for a time continue to have a braking effect.

Throughout the OECD there were hardly any investment decisions in 1984. This present trend, explained by the general economic context, clearly raises the problem of the contribution of nuclear energy in the world energy balance after 1995.

3) two encouraging factors moderate this bleak situation:

- the decrease in psychological and political opposition to nuclear energy has been confirmed, particularly in some OECD countries where it had previously contributed to halt electro-nuclear development.
- the major upswing in electricity demand in 1984 in many OECD countries led, in some, to a growing concern with the balance between electricity supply and demand in the next decade. In this light, investment in energy, notably nuclear energy, becomes a topical issue. The attractive cost of nuclear energy is stressed by authorities in various countries. This context, if it is confirmed, seems to favour the introduction, as the need arises, and this need exists in some states, of reforms ensuring adequate clarity and stability of safety or permit procedures, necessary to give the electro-nuclear industry every chance of succeding.

II - Some comments on the need to develop the electro-nuclear industry

1) Many factors, today well known, argue in favour of the controlled development of the electro-nuclear industry. Firstly, the premise that plentiful energy at a reasonable cost is essential to such development. Placing the developed

and developing world in a position to meet energy needs, which will inevitably grow in the long term is a striking imperative when considering, for example, the population growth of the Third World. In this same line of thought, the need for cautious management of fossil fuels must not be hindered by short term variations and trends in oil prices.

More recent studies reveal that nuclear energy is probably today the cleanest and safety source of production of large quantities of electricity. Whatever the link, whether direct or indirect, between acid rain and coal burning plants, it is a fact that such plants produce considerable chemical pollution.

2) The deliberate logic behind a policy of promoting electro-nuclear energy is primarily addressed to the developed countries. These countries have to meet less technical or economic difficulties in making extensive use of nuclear energy for electricity production. In this way they alleviate the pressure they exert on the fossil fuels market, providing greater availability of these resources for the developing countries.

It is also addressed to countries undergoing industrialization who have opted for or who are about to opt for, depending on their own circumstances, electro-nuclear energy. However, in this significant example, the problems of financing and the constraints arising from the control of the foreign debt, seem to have a considerable braking effect.

This simplified analysis does not however mean that electro-nuclear energy must not be considered in other countries of the Third World. For some, this energy source will probably represent a course of real advantage in the decades to come. This requires adapting the technology to networks which cannot and which will not be able to absorb the output of excessively powerful units, which are a feature of present-day outputs.

III - Some comments on the relationship between the development of electro-nuclear energy and the Non Proliferation Treaty

1) The development of electro-nuclear energy in the world has occurred and is occurring amid international commercial exchanges (exporting of nuclear power plants, components, reactor fuels) and the transfer of know-how. Such transfers can only take place if the exporting countries, and the international community, have the assurance that they will be used for peaceful purposes. In this light, the increase in the number of signatories to the N.P.T. may be seen as a postitive and encouraging sign.

Yet the tools of non proliferation exist, be they the Internaitonal Atomic Energy Agency, whose role is critical, or bilateral or multilateral agreements which lay down use and control conditions.

2) In this line of thought, it must be mentioned that many countries, mainly the developing countries, emphasize "transfers of technology" encouraged by Article IV of the N.P.T. They sometimes present these transfers of technology as a precondition to electro-nuclear development. Other countries, among the industrialized ones, for example, insist at the same time on the need for suitable assurances of non proliferation and control. This in a nutshell is one of the main arguments in the international debate which has been waged these last ten years. The concern for safety of supplies is central to this debate. It is a perfectly legitimate concern which my country is ready to face.

3) However, while this debate is important, given its existence and its consequences, I do not think it is at the heart of the matter, today.

Nuclear technology is not a technology per se which is able to grow in a state separately from the growth of other technologies. Nuclear technology consists of a number of techniques which involve physics, chemistry, mechanical engineering, electronics. These components can only be

transferred if there is already some development of these tradiational techniques in the country concerned.

Moreover, the existence today of a number of centres of supply of reactor fuels, whether uranium or enriched uranium, somewhat blurs in practice the gravity of the debate on the guaranty of supplies, without completely solving the problem. As for the reactor manufacturing industries, they are sufficiently numerous to meet all demand. The period of the monopoly has given way to a reasonably diversified market in which the risk of political or economic failure no longer has the same relevance.

The guaranties of non-proliferation and the reliability of safeguards are necessary to establish political confidence, a precondition to international nuclear trading. But they are only part of this confidence and are not necessarily a sufficient condition.

In all events, what is halting the development of electro-nuclear energy in industrializing, developing or in developed countries has less to do with the debate on non-proliferation than with matters related to the economic recession and to available methods of financing. This is the real question. It is in this connection that we must exercise imagination and will power.

Position Paper
on
"New Approaches to Promotion of Peaceful Uses of Nuclear Energy and the Role of NPT"

Presented by Dr. Pil-Soon Han
President, Korea Advanced Energy Research Insitute
and
commissioner (nonstanding),
Korea Atomic Energy Commission

It is my great honor to address the distinguished nuclear experts about my personal view on the "new approaches to promotion of peaceful uses of nuclear energy and the role of NPT."

As of today, Republic of Korea ranks 14th among all the nuclear power countries in the installed nuclear generating capacities. We have now 3 nuclear power plants in commercial operation, I unit in commissioning stage and 5 other units are under various stages of construction. Additional 2 units are expected for new project initiation. This will bring our nuclear share up to 40% by 1990 and approximately 50% by the year 2000. It appears that Korea will be among one of several countries where nearly half of her electricity is coming from nuclear by the turn of the century. These countries,

in my opinion, can be justifiably called the "advanced nuclear power program countries". This puts high burden on a nuclear research institute like KAERI since our principal missions are to develope indigeneous technologies from reactor engineering to fuel cycle activities in order to support our nuclear power generation programs. May I say that our nuclear power program is rather large for a small country like Korea, but our level of domestic technologies is still at its infancy.

Let me turn to the fuel cycle situation in Korea. Our nuclear program leads to cumulative uranium requirements to be about 37,000 metric tonnes by 2000 assuming once-through fuel cycle.

Due to lack of domestic uranium resources in Korea, we must depend 100% on imports of uranium as well as enrichment services. This gives us compelling reasons to develope measures for better uranium utilization technologies. Recognizing the international proliferation concerns, Korea has actively participated in the international joint stuies such as INFCE (International Fuel Cycle Evaluation), IPS (International Plutonium Storage), and CAS (Committee on Assurance of Supply). As you very well know, the INFCE study conclued that the closed fuel cycle development and deployment of the breeder reactors will be inevitable for the effective utilization of the limited uranium resources. The study also concluded that the supplier's right of prior consent to retransfer should be exercized in a predictable manner so that it will not jeopardize the recipient's national programs.

Korea become a party to NPT since 1975 and all nuclear related activities carried out in Korea are subjected to IAEA fullscope safeguards as well as bilateral/trilateral agreements with major supplier countries like USA, France and Canada. In addition, Korea has signed and ratified the "Convention on the physical Protection of Nuclear Material" in 1982 in order to reinforce the existing non-proliferation regime. It is our understanding that assurance of supply of nuclear materials as well as critical technologies and assurance of non-proliferation are mutually complementary in nature, and are essential ingredients for international cooperation in the peaceful uses of nuclear energy.

The principles of international cooperation in the field of nuclear energy should be based on mutual confidence and common interests between the suppliers and consumers rather than suspision and speculations.

In summary, I believe the ways and means in which retransfer of nuclear materials, equipment and technology for peaceful purposes should be assured on a more predictable and long-term generic basis, among all the parties to the NPT in the true spirit of Articles IV and V of the treaty. This is particularly crucial for the advanced nuclear power countries like Japan and Korea since our nations' secure supply of electrical energy is so heavily depended on the nuclear power, and thus the indigeneous capabilities are directly linked to our energy security.

Research and development work on nuclear power technologies should be encouraged in order to establish matured nuclear industry for safe, economic and self-supporting nuclear power in Korea. However, assurance of non-proliferation is no doubt an essential precondition for assurance of retransfer mechanism. In this respect, I believe all the parties to the NPT are obliged to work towards better implementation of the IAEA safeguard system as well as Article IV of NPT. I personally would look forward to forthcoming 3rd Review Coference of NPT.

Thank you.

18th JAIF Annual Conference

Remarks by the Honorable

James L. Malone

Assistant Secretary of State for

Oceans and International Environmental

and Scientific Affairs

April 11, 1985

I would like first of all to say that it is a very great pleasure for me to be here with you in Tokyo and to participate in this 18th annual conference of the Japan Atomic Industrial Forum. I am especially delighted to have been asked to join the distinguished gentlemen at this table in a panel discussion of new approaches to promoting the peaceful uses of nuclear energy and the role of the Non-Proliferation Treaty.

As you know, the states party to the NPT will be gathering this coming September in a conference -- the third one - to review the operation of the Treaty. It is the hope of the United States that all Treaty members will take this opportunity to rededicate themselves to achieving the purposes of the Treaty and to ensuring its continued vitality.

The United States regards the NPT as the bedrock of the international non-proliferation regime. With 127 adherents, it stands as the most widely-accepted arms control agreement in history. Since its entry into force in 1970, it has successfully reinforced political constraints to the further spread of nuclear explosives, helped alleviate regional suspicions that can prompt states to pursue a nuclear explosives capability, and sanctioned the creation of technical obstacles to acquiring nuclear explosives. The Treaty has served the security interests of all its parties, and indeed has served the security interests of non-parties as well, since more widespread proliferation would only aggravate global disorder, increase tensions, and raise the level of danger confronting every nation.

While performing this vital non-proliferation function, the Treaty has also provided a framework within which the benefits of peaceful nuclear cooperation and peaceful nuclear use can be made available to serve the needs of mankind. Since the beginning of the nuclear age, the atom has inspired hope as well as fear. Its contributions to civil energy production, health care and medicine, science, industry and agriculture

have been overwhelming, and new applications continue to emerge with astonishing frequency. An unshakeable confidence in the benign uses of the atom was a driving force in creating the Non-Proliferation Treaty, and the Treaty in turn has been instrumental in creating the conditions under which such dreams have become reality. Article IV of the Treaty commits the parties to facilitate the fullest possible exchange of equipment, materials, and scientific and technological information for the peaceful uses of nuclear energy and guarantees the right of all parties to participate in such exchanges. Consistent with Article IV, the more developed nuclear nations have provided substantial technical assistance and support to the peaceful nuclear programs of the less technologically advanced parties to the Treaty.

The United States for its part has been at the forefront of these efforts. At the present time we have bilateral or other agreements for peaceful nuclear cooperation or research with nearly two dozen NPT parties. We have spent millions of dollars over the years to help other nations -- developed as well as developing -- to acquire the research reactors and research equipment necessary to enter the nuclear age. The U.S. tradition of offering extensive training opportunities in

the peaceful nuclear field continues unabated -- approximately 50 percent of all doctoral candidates and 30 percent of all master's candidates now studying nuclear engineering at American universities are foreign nationals. We are working with the IAEA to help train the manpower and build up the technical infrastructure needed to expand peaceful nuclear energy programs in developing countries. In recent years we have deliberately sought ways to give preferential treatment to NPT parties in these important training endeavors. And we continue to look for ways to strengthen this policy of preferential cooperation. In addition, we have also sought, consistent with Article IV, to restore a sense of confidence in the reliability and predictability of the United States as a nuclear supplier, most especially on the part of our close nuclear trading partners like Japan and EURATOM.

As the NPT Review Conference approaches, I believe it important that we bear constantly in mind the vital contribution the Treaty is making to our security, in helping to prevent the further spread of nuclear explosives, in promoting peaceful nuclear cooperation under safeguards, and in encouraging negotiations to slow the nuclear arms race with a view to general and complete disarmament. A full and complete

debate on ways to strengthen the Treaty is certainly to be welcomed at the Conference, but at the same time the integrity and viability of the Treaty must be respected. The United States looks forward to a Conference that reaffirms the basic purposes of the Treaty and gives due recognition to its importance in promoting the security of all nations.

I have touched on a number of ways in which the United States has contributed, within the context of the NPT, to cooperative efforts aimed at promoting the peaceful uses of nuclear energy. I would like to close with a few words about another U.S. initiative that I have urged could make a substantial contribution to progress in the development of nuclear energy for peaceful purposes. I am speaking now of the concept of establishing a Nuclear Safety Training Academy. It is a concept I have developed in some detail on a number of previous occasions, and I will confine myself here to a few brief remarks. Of course, I could be happy to return to it in fuller detail during the panel discussion.

As a country deeply involved in the development and use of nuclear power, the United States recognizes a clear responsibility to assist in assuring that nuclear power plants

are constructed well and operated safely. A serious accident or even an undesirable incident anywhere in the world would inevitably have negative impact on the public's attitude toward nuclear power everywhere. To help foster international training in nuclear safety, I have proposed the establishment of a Nuclear Safety Training Academy. It would be organized as a non-profit foundation and based on a joint industry and government initiative. Its goal would be to provide assistance to cooperating countries by introducing their nuclear energy decision-makers to U.S. safety programs and approaches, and by providing information, training, guidance, and advice on nuclear safety matters.

I am pleased to say that planning for an initial pilot program this summer at Stanford University is progressing nicely. This program as we now see it will be directed to senior government and utility executives from countries with young nuclear industries. The objective will be to provide these executives with safety and reliability information and background specifically relevant to the nuclear industry in their own countries and to obtain their views, based on their participation, as to how the program might best be structured for the future.

Since I first raised the concept at the American Nuclear Society's Executive Conference on the Technical Aspects of International Nuclear Commerce in Coronado, California, in 1983, we have had a great many valuable comments and suggestions from interested countries on ways in which the Academy could be designed to be of greatest value to them. This process of refining the concept continues, and your further suggestions would be very welcome.

パ　ネ　ル　討　論

（西堀氏の基調講演に続き各パネルリストが以上のようなキーノートを発表し，パネル討論に入った。）

議長　それではこれからディスカッションに入りたいと思います。では，さっそくパネリストの方々にご討議に入っていただきたいのですが，ただいまのお話でいくつかのポイントがあると思うわけです。一つは，核不拡散レジームあるいは何らかの核不拡散体制への参加はいろいろむずかしい問題があるにもかかわらず，必要だという点で合意があったと思うわけですが，この点に関して明らかに二つの大きなポイントが議論にあったのではないかと思います。一つは今のNPT レジームをもっと強化していくという形がいいという点であります。しかし，それに対しカーンさんは NPTレジームの外にいる国々にはそれぞれのいろいろな問題点もあり，NPT の協定に入るということはあまり利益にならないという意見を述べられました。マローン氏は国際協力においてアメリカも NPT 加入に魅力を感じるような条件を作り出そうとしていることをご指摘になりました。要するに今の NPT 体制がなくても，実際に世界の将来の原子力計画は進むのではないかというご意見と，いや，それは強化されるべきだというご意見があったと思います。

ここで問題になるのは，いわゆるNPT6条の垂直拡散と４条の発展途上国との協力の問題ですが，この点についても，カーンさんからは地域的ないろいろな取り決めをした方がむしろ現実的ではないかというようなお話がでております。それから，ウーヴリューさんは原子力は実際問題として発展途上国を含めて進まざるを得ないが，そういうときには必ずしも核不拡散を足かせにするのではなく，経済協力，技術協力，あるいは発展途上国に適する炉を作っていくというようなアプローチが必要で，そのうえに保障措置などの核不拡散制度をかけていくということが現実的であるとおっしゃったのだと思います。そういう点が，かなり皆さんのご意見と違う点もあると思いますので，今までの互いのご意見に対するコメント，あるいはもし自分の意見に補足することがあれば，一人５分ずつでご意見なり，コメントをしていただきたいと思います。

カーン　議長，どうもありがとうございます。まず，マローンさんの発言にコメントしたいと思うのですが，マローンさんは安全性という点に関しましておっしゃいました。我々に原子力の安全性というのはむしろ政治の問題だ，という基本的な考え方がある。安全性の問題が原子力を開発していくときに，それを抑制するようなものであってはならない。NPT は原子力発電所を建設するときの経験をお互いに分かち合うということを考えていくべきである。またマローンさんはNPT の締約

国は優遇措置を持つのだというようなことをおっしゃいましたが，加盟している途上国の方ではこういった優遇措置をうけていない，という感じがあります。適切な分け前をもらっていない，技術というものを分かち合ってもらっていない，という感じがあります。NPT に調印していない国もそんなに失うものはない。そして調印したところで大して益はない，という感じ方があります。もうひとつ，信頼性，予測性という点で核不拡散について考えてみますと，NPT に調印しますともちろん供給の保証というものを求めているわけですが，実際はちょっと違います。たとえば，2，3年前ですけれども，NPT の締約国であるユーゴスラビアが原子力発電計画を進めようとしているときに機器の到着が遅れたということがありました。というのは機器の供給国からNPT の約束を越えるような要求がされたからだ，というふうにユーゴスラビアの方が言っております。そしてまた供給を継続させるために再交渉せざるを得なくなるというような状況もあるということがあります。

燃料サイクルは小さな国ではやっていないし，そういった施設は必要でない，というところもあります。だからそういった国に燃料サイクルの一部を持たせるということは核拡散につながるんだ，というふうなことが言われます。しかし，我々の国が直面しておりますのは，正当化されないような燃料の供給カット，ということであります。安全性に関する情報をもらうということに関しましても，そういった点を感じます。情報を完全に移転する，ということを書類のうえでは言っているけれども，現実にはあまりなされていない，むしろ移転は政治的な性格を持っていると思います。

マローン　議長よければ，この時点でちょっと述べさせていただきたいと思うのですが，カーンさんが言われた点について，少し述べておきたいと思います。まず，このニュークリア・セーフティ・トレーニング・アカデミーのことについて，問題にしてもらったということはいいことなのですけれども，政治から離れたところにそれを保ちたいという気持があります。そして安全性，信頼性というものを高めたい，というふうに考えております。できるだけ我々の経験を分かち合いたいと，考えております。それから，さきほどのご意見のなかで言われた点ですが，地域的非核地帯ということに関して，ある前提条件が満たされなければならないと思うのです。たとえば，その地域の当事国が外部から強制的に何かさせられる，ということではよくないと思います。たとえば，ラテンアメリカを非核地帯にする，というようなことの重要性というのを我々は認識しております。また南極においても1960年代に作った南極条約というものもあり，これが非核地帯の最初の例だったと思います。それから，またカーンさんがNPT に入っていれば優遇措置をうけることができるかという点について触れられましたが，これは私も大切な点だと思います。現時点でこれまでの体制で問題がなかったとはいいません。技術移転の問題があり，供給の保証，信頼性の問題がありました。

それはもうよく知られていることで，我々も一緒にもっとよりよい状況をもたらすようにしていかなければならないと思います。NPT の信頼性を高めるためにはそれが必要です。この点に関して，先に議長が言われた問題に対する答えということになりますが，NPT なしでもやっていけるかどうかという問題提起に対して，私は絶対それはできないと思います。NPT は絶対に必要だと，これは世界の原子力通商にとって必要だと思います。保障措置をもっといいものにする，供給保証をもっといいものにする，あるいは第４条をもっと効果的なものにしていく，ということはもちろん考えられると思います。しかし，世界中の国が核不拡散のための何らかの方法をNPT でやるんだという確信がなければならない。ここにいる我々はこの条件がはたして存続しうるかどうかということに関心をもたなければなりません。たとえば９月の再検討会議でいろいろ議論しまして，NPT をよりよくしていくということはもちろん一生懸命やらなければならないと思います。しかし，ある国がこの条約から身をひいていくというような状況はさけていかなければならないと思います。

ウーヴリュー　いろいろなスピーカーの方の話を聞いておりまして，NPT に関しましての違いというものがうけとれます。個人的に私はこの条約の重要性，役割を否定するものではありません。しかし，核不拡散の初めから終わりまでこの体制のなかに入ってしまう，ということではないと思います。明らかなことはNPT に関する見解の違いというのは条約が続く限りやはりあるのではないかと思います。もともといろいろな動機づけが混ざりあったものが，NPT でありまして，マローンさんが言われたように，現時点で軍縮の義務を規定した条約としては唯一のものであるということも言えると思います。と同時に，あまりにもたくさんの事をここで扱おうとしすぎております。この原子力技術に関していろいろなことをここに含めております。いろいろな側面を扱う条約であるため，いろいろな矛盾を含まざるを得ないと思います。技術移転を自動的にやっていけるかどうか，というふうな問題は，明らかにNPT 以外の問題との関係があります。もしすべての国がNPT の批准国であるならば，技術移転，つまり何を移転するかということの選択を一律に行なうことができるかもしれません。しかし私自身はこれから原子力を開発するというときに，どういうシステムをもつべきかということを考えていかなければならないと考えています。原子力開発はどういふうな形のものであれ，核不拡散というものと，結びついてこざるを得ない，つまり，これから将来，例えば INFCEの中での議論のようなものを，これからまた，やっていかなければならないと思います。

韓　私の方からも，一つ事実をくり返し言いたいと思います。日本やフランスと同様に韓国もまた，原子力を総発電の半分にする計画ですが，唯一つの違いといえば韓国は国産化の内容が限られている，ということでございます。それは原子力産業界の下部構造がまだ完熟していず，高度な原子力

の製品化ができる能力がない，ということからでございます。それから供給国のほうから，意義ある技術の協力が得られない，炉の設計，安全解析，燃料サイクル技術の移転が得られない，ということからでございます。新規の原子力発電所の建設の許認可というのは，韓国において最大のプライオリティを与えられております。最終製品，サービスを輸入するというようなことも含めてプライオリティが与えられております。ということは，我々は最も厳格な国際水準の保障措置に対応するということでございます。ふり返ってみますとそういう政策があるために，核物質の計量管理システムを国にもつことができたわけでございまして，国際原子力通商に一役買うことができるようになったわけでございます。韓国において，原子力技術の国産化を図ることによって，定着をさせたいと考えております。これは，設計，それから核物質，サービス，そして技術を含めて，考えているわけでございます。センシティブな技術というのは，長期にわたって予測できる形で原子力発電国の間で協力がなければならないと思いますが，フルスコープ保障措置のシステムがあって初めて，それが可能となります。ケース・バイ・ケース・事前同意というものは，一般的なものに関しては，緩和してもよいのではないかと考えます。

西堀　NPT の締約国になっております日本としては，NPT は非常にいろんな点で欠陥があること，これは今，ウーヴリュー氏から指摘された通りでございますけれども，私はマローンさんの言うほどNPT に対する非常な信仰者ではございません。しかし，NPT に加盟してこれを中から強化する方が良いか，あるいはフランスのようにNPT は非常な欠陥があるので，外にいても差しつかえないんだという立場かという点になりますと，この両者を公平に見た場合にはやっぱりNPT というフレームワークに入った上で，IAEAの保障措置－これについては，フランスも反対していないわけですけれども－IAEAの保障措置を完璧にして，という方が，正道だろうと思うわけです。そこで先ほどらい問題となっておりますところのNPT の締約国に対しては，優先的な協力をするということについては，NPT に入るということは大変な犠牲を払っているわけでございますのでマローンさんのスピーチの中にあります通り，NPT の締約国に対しては，非締約国と比してある程度の優先的な協力をするべきだろうと思います。そのことは日本が非常な困難をおかして，NPT に署名をし，批准をした時に，詳細に政府声明を出しております。そこにきちんと書いておりますので少なくとも核兵器国の方々は，この特に第３回のNPT 再検討会議に参加される方々は，もう一度日本政府の署名時，または批准時における声明を読み返していただく位のモデスティを持っていただくべきではなかろうか，と思います。それともう一つ，議長から指摘されましたところの地域的な取り決めにつきましては，私は大いに促進すべきだと思います。NPT を補完するものとして，決してNPT をそれによ

って排除するものではなしに，NPT に入っている国が，そのリージョナルなものに入ることは結構でございます。もう一つ，この機会に言わせていただきたいのは，マローンさんのご発言にありました通り，アメリカが核物質供給国としての，信頼性と，予見性を回復していくという点であります。マローンさんは，信頼性，予見性の点で米国の政策は十分ではないが，個人としてはこれを大いにやっていきたいと言われましたが，私はこの点はよくわかります，と言いますのは，マローンさんは現在，行政府の中におられますので，やはり，議会すなわち世論がベースとなっているわけでございますから，それによって非常に手を縛られております。幸いお立場は，非常によくわかりますけれども，少くとも，個人的には今まで達成していないことをできるだけ果していくと誓われましたので，私は，ここでもう一回，確認してお忘れにならないように，ということを申し上げたい。

マローン　ウーヴリューさんが言われたことにちょっとコメントしたいと思います。それは経済性の問題と，資金面の問題についてでございます。経済性と資金面というのは重要なコンポーネントだと言われましたが，それは同感です。いろいろな意味ではそれが主たるファクターだということも言えるかもしれません。しかし，もしNPT がなくて，IAEAがなければどうなるのかと，それにまさるアレンジメントは今はないのではないかということを言いたいわけです。しかし，それをさらに良くしていく，高めていく必要があることは，全くそうだと思います。左側にすわっておられます韓国の方から指摘のありました供給保証，それから供給の信頼性が重要であることについては全く同感であります。これは米政府の方針でもあって，供給の信頼性を向上するということが根本にあるわけでございます。西堀大使が指摘されましたように，政府の，行政府以外の部分に関してはいろいろな難しさがあるわけです。たまたまアメリカの構造は現実にああいうふうになっておりますから，それを説得すべく努力をしているわけですが，行政府はこれに打ち勝つべく手をうってはいるわけです。しかし，三権分立ということになりますと，かなり勇猛果敢に戦っていかなければならないわけで，行政府としては一生懸命この点を押し続けるというお約束をするしかないと思います。包括同意の問題でございますが，適当で妥当な場合には，それが増えることを我々としては希望しております。ご存知のように日本とこの点に関しては，今交渉中で他国とも交渉中でございます。包括同意が増えるということを望みたいと思うわけですが，その点に関して指摘しておきたいことは，厳格な核不拡散法があることからここで問題になっている点に関して政府のなかでもいろいろ議論が分かれてしまうわけでございます。しかし，信頼性の面に関しては向上の余地があり引続き向上させるべきだと思います。この点について我々が望んでいるほどのスピードで進展をみ

ていないことは残念でございますが，我々は今後とも議会等をプッシュし続けるでありましょう。

カーン　まずマローンさんが言われたNPT は必要だということについてコメントしたいと思います。もしその本当の意味が核不拡散体制が必要だということであれば，これはまちがいないことだと思います。皆生きのびるためには，この核不拡散というのは必要です。この地球のうえで我々の存在というものは一緒です。IAEAの保障措置に関してですが，原子力施設の濫用を防ぐという面の働きが十分にまだ認識されていないのじゃないかと思います。IAEAの保障措置というものに対してはっきりと認識しそれを正しい方向にもっていかなければならないと思います。水平の拡散の危険性というのが強調されすぎるようですが，同様に垂直拡散の方も危険だということがどうも認識されていないというふうに思います。現在，核兵器国に対して起こっている反応が十分に認識されていないのです。核兵器国がもっと高度な核兵器というものを持とうとしている，そして核兵器を増加していることに対して我々は懸念を持っております。こういうような展開をみていますと，実際のところもうどうしようもないんじゃないかというような感じがでてきます。そこで我々の疑問としては，超大国が核兵器を抑制するということを，これからもやっていくのか，あるいは軍拡というものを我々がもうどうしようもなくなる前に止めることができるのか，それが我々が直面している課題であると思います。

ウーヴリュー　私も同じ意見でありますけれども，その考え方の基礎は，大幅に超大国の核兵器を減らすということと，原子力というものをもっと開発していくということを同時に考えていかなければならないということです。核兵器の開発にストップをかけるということが，必要なことです。このNPT という条約はいろいろな考え方，動機というものをまぜあわせていますので，明らかにそこでこの条約が不偏的かどうかということの問題につながってきます。カーンさんが言われたことはこの条約がすべての締約国に公平に適用されていないのじゃないか，核兵器というのが減っていないじゃないか，という点です。もうひとつ重要なことは核保有国が核兵器を減らす義務を持っているという現実を考えてみますと，現在もその矛盾が続いております。同じ議論を何回もくり返しやっているという状態です。アメリカはもちろんNPT というものに関心を持ち，非核兵器国に対する態度をその枠の中で考えるということをやっているわけです。私の国はその目標が重要なものであり，どんな施設であっても，それを保障措置下におかなければならないということに同意します。しかし果してその目標に我々が近づいているのかどうか，ということについてははっきりしないと思います。核不拡散への要求というのは二か国での条約や約束とそして同時に国際的な機関でやらなければならないと思います。そういった点でやはり国際原子力機関（IAEA）は重要な中心的な役

割を果していると思います。こういった機関を固めていくということによって，適当な手段として核不拡散のために役立てていきたいというように考えています。私の意見でいえばNPT というのはIAEAのシステムを強化するものであると思います。あまり同機関を政治化するのではなくて，具体的な，実際的な方法ということを考えての上ですけれども，拡散の問題というものに関して，このようなアプローチをとらなければならないと思います。

議長　あまりNPT がオールマイティかどうかということについてくわしい議論に入りたくないと思います。IAEAの役割について皆さんの意見は一致していると思いますので，IAEAの核不拡散のレジームとしての役割はどうか，IAEAがどのような役割を果すべきかどうかという点についてどうですか。

マローン　IAEAの役割は大切であって，それを改善していくべきだと思います。IAEAはNPT を実際に推進していかなければならない，という立場にたっていると思います。それをもっと高度なものに改善していかなければならないと思います。それはどういうことかと申しますと，保障措置の有効性の拡大やNPT 第４条に基づく役割があります。ちょっと手短にカーンさんの垂直拡散について意見を述べておきます。アメリカ側でさらに第６条を進めていくということについて，もちろん難しい問題であり，単にアメリカのような超大国だけじゃなくして，世界中の同盟国との関係に深くかかわっていると思います。我々は現実的なアプローチで，実現可能なステップをとっていきたいと考えています。非常に骨が折れる道だけれども，なんとかやっていけると考えております。

議長　一つ，今ここで会場より質問がございました。日本国際問題研究所の金子さんからです。今マローンさんの提案されたニュークリア・セーフティ・トレーニング・アカデミーに関し，米国がPreferential treatmentをどう考えておられるかという質問です。NPT に入っていない国はニュークリア・セーフティ・トレーニング・アカデミーの受益者にはなれないのかどうかとか，あるいはまたアメリカで現在大学での原子力工学の勉強中の学生が50％は外国人であるとのことだが，その場合にも今の状態ではNPT 非加盟国の人も含まれているのだろうと思うのですが，そういうところはどうお考えでしょうか。

マローン　非常に良い質問をしていただいたと思いますけれども，このアカデミーの考え方，概念これは決して特権とか優遇とかいうことは抜きに考えるべきものではないと思うわけです。むしろ，安全性と信頼性という基本的なことを世界ベースでプロモートするためのアカデミーだというふうに見るべきではないかと思います。パネリストの多くの方々が異口同音に言われたことですが，特に発展途上国においては原子力を使うということは大切だということです。

その意味でこのトレーニング・アカデミーというものを使って，これから原子力プログラムをやるのだという国，またはやり始めて日の浅い国に対して，特に安全性，信頼性の観点に関して原子力開発プログラムの最初からお役に立ちたいと思うわけです。カーンさんの方からかなり強調されたと思いますけれども，どこかで何か問題が起これば皆にとってまずいことになるのだということになるわけです。ですからこのアカデミーという考え方というのは安全性ということを全ての国に関してやろうということです。ですから条約に加盟してなければどうのこうのということではないわけです。パイロットプログラムとして8月位にスタンフォード大学でやりたいというふうに考えているわけですけれども，そのときにかなりオープンでフレキシブルな交流をしたいと考えているわけです。どんなことが役にたつかといろいろと考えているわけですけれども，今まさに政府関係省庁なり関連機関において，または電力会社において意志決定にたずさわる人々をよんだらどうかと考えているわけです。そういう人たちと対話を持ちたいと考えていますが，これをすこし制度化してはどうかと考えているわけです。新しい大きな大学を作ろう，金を使って大きな建物を作ろうということを言っているわけではないのです。具体的な良い影響を与えることができ，安全性と信頼性という意味で役に立ちたいということが根本にあるわけです。この夏のパイロット・プロジェクトが成功すれば，その後さらにそれを改良しまして，当初の意志決定者ばかりではなく，意志決定をする人達とオペレーターとの間の人で，開発プログラム等を実際に手がけるような人達を今後対象としたらどうか，というふうに考えているわけです。そのようなことを今考えているわけですが，まだまだフレキシブルにやる余地があるわけですから，いろいろご意見をうかがいたいわけです。参加される方の役に立ちたいわけですから，がんじがらめなカリキュラムを作るというようなことは全然考えていないわけです。特定のケース，特定の国にしか役にたたないというようなカリキュラムではしょうがないわけで，X国にはいいけれどY国には役に立たないというようなことでは困るというふうに考え，ニーズに対応した形で継続的にやっていきたいと考えるわけです。

カーン　議長私の方から追加的なポイントを一つ申しあげたいと思います。今までのプレゼンテーションとはあまり関係がないのかもしれないのですけれども，世界的な立場にたってエネルギー政策を進める必要があるのではないかと思うわけです。一国レベルのエネルギー政策というよりは，世界的なレベルでそれを考えるべきではないかと思うわけです。やはり我々には最適な，有限な液体燃料，石油を保存しておく責任があると思うわけです。石油を時機尚早に枯渇させてはいけないという観点からです。十分なオプションということをやはり考えていくべきだと思うわけです。それを考えることも，我々の後代に対する責任だと思います。ですから原子力の導入ということもき

ちんと計画をたて，原子力以外のいろいろな技術に関しましても経済性を達成できるような，そして世界的な環境を保護できるような形で体系的に計画して導入していく必要があると思うわけです。ということはエネルギー資源および技術に関しては，相互依存の形をもっと増やすということです。それは各国別に国レベルでやるということではないわけです。国レベルで追求いたしますと，部分的な解決策にしかならないと思うわけです。

議長　時間がだいぶまいりましたが，NPT そのものについては幾分のニュアンスの違いがあったとはいえ，核不拡散レジームというものは非常に重要であるというお話があったと思います。最後に時間もまいりましたので，原子力の平和利用，発展途上国にとってもエネルギーとしての原子力というのは非常に大きな役割を果すと思うので，それを推進していくための技術協力，あるいはもっと広い意味での国際協力と核不拡散とを本当に国際的なコンセンサスのなかで進めていくためには，今後特に発展途上国と先進国との間の問題でいったい我々は何をすべきなのかということについて，一言ずつご意見をうかがって，最後に私がとりまとめたいと思います。

西堀　国際的な協力によって非常に客観的，合理的な国際的基準をもうけたり，共通の措置をとったりするということが，正道であると思います。核燃料サイクルを開発途上国，たとえばそれほどテクノロジカルなインフラストラクチャーもないような国がこれをやりたいと思うときに，先進国の方で「そんな，おまえのところでそれをやっちやいかん。」というようなそれはもうけしからん話でございまして，これは主権の平等性の方からいっても当然のことなのでございます。その場合に決して「おまえのところでそれをやるのはだめだよ。」というのではなしに，非常にテクノロジカルなインフラストラクチャー，その他からいっても大変なことなのでございますから，経済的に合うか合わないかもわからないし資金の問題もございますから，むしろフレンドリー・アドバイスとしておやりになるべきだと思うのです。だから，それでもなおかつおやりになる，ならないのはその国家の主権でございますから，どうぞおやりになったらいいと思うのですれども，その時にいろいろな意見が先進工業国から出されると，それを主権に対する干渉だというように受けとられるのはやっぱりよろしくないと私は思います。これは全くフレンドリー・アドバイスであって，全くジェニュインな気持でそういうアドバイスをされるわけです。しかし最後に決定される道というのは，やはり自分の立場を越えて国際的コンセンサスで合理的，かつ客観的なものとしてつくられるべきだと思います。今申しあげたような誤解が起きないという意味において，やはり対話をやっていくという以外にないと思います。

結局，とにかく対話をあらゆる機会に強化していくといいますか，対話を大いに助長していくと

いう以外には名案はない，それ以外に正道はない，とこれしか私としては言いようがございません。

マローン　もちろん，今，西堀さんが言われたことに異論を唱えるところは，ほとんどありません。たしかに対話というものは大切であると思います。そんなに簡単なものではありませんが，一方では主権に干渉しないでおきたいというような気持ちもあります。それぞれの国というのは主権をもっております。ですから，国際的な合意でもってやる，ということのほうがいいと思います。そしてNPT の充実，それから保障措置の拡充，NPT 第４条の具体化についてはもっと，努力をしていかなければならない，と思います。原子力というのはエネルギーの確保という点で発展途上国にとっても先進国にとっても重要であると思います。ジョンストン上院議員が火曜日の講演の中でもふれられましたので私のほうからは，もう言いませんけれども，我々が確信をもち，国々の間で信頼性がもてるような，そういった世界というものをつくっていかなければならない，と思います。

韓　エネルギー問題は国際協力を通して解決していかなければならないので，IAEAというような機関がチャンネルということになるでしょうし，あるいは国連というのも，一つのチャンネルになるでしょう。そういったチャンネルを通して，解決していかなければならない，と思います。

ウーヴリュー　技術移転についてですけれども，私はこれはもう何年か前に考えられた程，重要ではないと思います。理由は沢山あるのですけれども，その一つは供給者の数という点です。供給者数，これがもう数年前と変わって，決して独占というような時代ではないと思います。さっき，対話ということがありましたけれどもIAEAがまさしくやろうとしているのは，中小型の原子炉に関する対話ということです。私の知識によれば，どうも，これまではこういった対話というのは，うまくいっていないと思います。満足いくようなものではないと思います。

カーン　私も対話を続けることの必要性というものを支持したいと思います。1986年に，原子力平和利用国連会議というものがあり，これも一つの対話の場でしょう。また，どのような形で供給国と受領国の間で取引をしていくか，ということについての話し合いも，その一つでしょう。技術的な制約というのは，どんどんなくなってきていると思います。そして，政治的な合意というものを早い時期に取りつけていかなければならない，と思います。

議長　どうもありがとうございました。私が最後に，まとめることになっておりますが，お聞きの通りでございまして，簡単に結論はでません。核不拡散問題というのは，西堀大使のお話もありましたように，核兵器開発から平和利用に移ったときに，IAEAができ，その最も重要な問題として，核不拡散と平和利用における技術協力のバランスというものが，中心課題であったわけです。今，皆さんのご意見もやはりその原点にあるIAEAというものが，一つの重要な役割を果すべきだという

ものでありました。それに満足するか，しないかは別としても，IAEAという制度のなかで一つ考える必要があるのではないかと存じます。NPT については，これに入ったことにより，優遇措置をうけるかうけないか，という問題もございましたけれども，いずれにせよ，こういった枠組があって，それと補完するものがでてくる形が，結局は世界の平和と原子力の利用のベネフィットを得ることにつながると私は考えます。結論的に言いますと，軍縮協定のなかで，NPT ほどの大規模な，またこれほど各国が主権を犠牲にして合意したというものはない，というお話が最初にございましたが，いずれにせよ，NPT は大変にデリケートなバランスの上に，成り立っているわけです。そのためには絶えずフラストレートしながらも努力していかなければならないし，また現実の変化，たとえば昔の供給の独占下から供給者がふえてきているような現実の状況の変化に対応して，そのなかで協力していくということが必要なわけです。そのためにはやはり今度のNPT 再検討会議で対話の場がもたれてそこで議論するということの意義は非常にある，ということです。最後に非常に微妙なバランスの上にあるNPT を維持していくには，各国が一つのレジームを築き上げていこう，という政治的な意志，あるいは広く言えば，各国の国民全体を含む一つの大きな意志が必要だというようなことが，指摘されたと思います。今回は，非常に立場の違う国の方が参加されたこともありまして，私としては，大変興味ある議論が行なわれたと思います。その意味で，パネリストの方に厚く感謝をする次第です。どうもありがとうございました。

閉会に当り、第１９回原産年次大会が１９８６年４月８日、９日東京で開催されること、併せて、軽水炉技術高度化に関する国際会議が４月１０日、１１日に開催される旨以下のとおり紹介があった。

軽水炉技術高度化に関する国際会議の開催について

昭和６０年４月11日
日本原子力産業会議

軽水炉は開発着手以来３０年余りを経て、いまや日本をはじめ各国で最も信頼性のある電源の一つとして着実な実績をあげている。とりわけ近年における建設と運転の経験の蓄積は改良された種々の技術として結実し、すでに現在の原子力発電計画の中に生かされてきている。

一方、軽水炉は今後数十年にわたり電源の中核として大きな役割を果すことが見通されており、軽水炉の信頼性、経済性を一層維持・向上し、さらに先端技術の活用を含め、関連する産業技術の高度化をはかっていく努力を重ねることはエネルギー政策上最も重要な課題である。このような努力は各国共通の課題であるのみならず、各国の原子力発電が一致して健全性を保ち、好ましい国際環境を形成していくことがきわめて大切である。

そのため、各国の専門家が、一堂に会して軽水炉の建設、運転の実績と経験について情報を交換し、また将来に向っての新技術の導入を含め信頼性、安全性、運転性、保修性、経済性についての意見を交換することは、各国の努力の効率化をはかり、必要な国際協力を推進する上でも有意義である。また、軽水炉の建設・運転等においてすぐれた実績を評価されつつあるわが国においてこのような情報・意見の交換の場を提供することは極めて時宜にかなったことと考えられる。

昭和６１年の原産は創立３０周年に当たることに鑑み、明年４月８日(火)、９日(水)に開催される第１９回原産年次大会の時期に合わせ関係各方面の協力を得て、各国の軽水炉の設計、建設、運転、開発等にかかわるハイレベルの専門家を招請して下記の通り軽水炉技術高度化に関する国際会議を開催する。

記

1. 日　時　　昭和６１年４月１０日（木）および１１日（金）
2. 場　所　　東　京
3. 主たる内容
   1) 運転経験とその評価　　2) 運転システム
   3) 検査、保修システム　　4) 品質保証
   5) 技術の進歩と将来展望

以　上