

第 6 回

原 産 年 次 大 会 議 事 録

期 日 昭和 48 年 3 月 7 ~ 9 日

場 所 経 団 連 會 館

日本原子力産業会議

# 第 6 回

# 原 産 年 次 大 会 議 事 録

期 日 昭和 48 年 3 月 7 ~ 9 日

場 所 経 団 連 會 館

日本原子力産業会議



レシーバーで講演を聴く（日・英同時通訳）満員の参加者  
（於・経団連ホール）



午餐会で挨拶する二階堂官房長官

（左から岡野原産副会長，松根原産副会長，二階堂官房長官，安川原産会長，前田科学技術庁長官）



賑うレセプション（於・日本工業クラブ）

## 第6回原産年次大会準備委員会委員名簿

[ 4. 8. 3 現在 ]

( 五十音順 , 敬称略 )

委員長 平田 敬一郎 工業再配置・産炭地域振興公団総裁

委員 井上 亮 東京瓦斯(株)常務取締役

笠羽 高道 富士電機製造(株)副社長

河内 武雄 動力炉・核燃料開発事業団副理事長

斎藤 信房 東京大学教授

菅 元彦 経済団体連合会常務理事

田中 直治郎 東京電力(株)副社長

西本 憲三 電気事業連合会理事

林 静 三菱重工業(株)常務取締役

藤波 恒雄 ウラン濃縮事業調査会副会長

藤村 弘毅 日本水産資源保護協会会長

御園生 圭輔 放射線医学総合研究所所長

山崎 文男 日本原子力研究所理事

吉岡 俊男 日本原子力発電(株)常務取締役

吉田 正勝 九州電力(株)常務取締役

オブザーバー 倉本 昌昭 科学技術庁原子力局次長

荒川 英 通商産業省官房総合エネルギー政策課長

## 目 次

プログラム .....	1 頁
<開会セッション>	
準備委員長挨拶 .....	7
原産報告 .....	10
原子力委員長所感 .....	18
米国原子力委員会・原子力委員講演「原子力開発における新しい日米協調のあり方」 .....	22
午餐会における「内閣総理大臣所感」 .....	32
<セッション-1> -特別講演-	
「エネルギー危機」と日本の対応 .....	37
アメリカにおけるエネルギー・クライシス .....	42
エネルギー政策について .....	55
<セッション-2> -ウラン濃縮-	
日本におけるウラン濃縮問題の現状 .....	65
ヨーロッパ三国共同の遠心分離ウラン濃縮事業 .....	72
ガス拡散ウラン濃縮事業の進め方 .....	83
アメリカの濃縮ウラン供給政策 .....	98
<セッション-3> -原子力開発利用-	
スライドによる発表(1部紹介)	
1. 食品照射 .....	109
2. 原子力船「むつ」 .....	116
3. 温水養魚 .....	120
日本における原子力発電の現状と計画 .....	124
イギリスの原子力発電 .....	137

日本の動力炉開発 .....	146
フランスの高速炉開発 .....	159
日本における研究開発の現状と課題 .....	172
ドイツの第4次原子力開発計画と原子力産業への影響 .....	179
<セッション4> - 原子力と立地 -	
電力需給とその課題 .....	209
地域社会からみた原子力発電 .....	211
原子力発電と地域福祉 - その技術的展望 .....	217
これからの地域開発とエネルギー政策 .....	226
<セッション5> - 再処理と廃棄物処理 -	
日本の再処理需給見通し .....	233
共同再処理事業の現状ならびに将来プラントのためのヨーロッパ技術	
〔発表-1〕 ヨーロッパにおける燃料再処理の現状 .....	241
〔発表-2〕 将来の再処理工場へのヨーロッパ技術の適用 .....	248
再処理技術の現状と将来（アメリカ各社の考え方）	
〔発表-1〕 燃料再処理 - G. E社の考え方 .....	261
〔発表-2〕 バーンウェル計画 .....	287
〔発表-3〕 核燃料再処理工場計画について .....	293
西ヨーロッパにおける放射性廃棄物の取扱い .....	297
- その現状と将来 -	
原子力開発における最終の課題 .....	311
- 核分裂生成物の利用と処理へのアプローチ -	

第 6 回 原 産 年 次 大 会 総 括 プ ロ グ ラ ム

	午 前	午 後
三月七日 (水)	<p><u>開会セッション(9:30~11:50)</u></p> <p>9:30 開 会 準備委員長挨拶 原産報告</p> <p>10:20 所 感</p> <p>10:50 講 演—原子力開発における新しい日米 協調のあり方</p>	<p><u>午 さん 会(12:00~14:00)</u> &lt;12階—ダイヤモンド・ルーム&gt;</p> <hr/> <p><u>セッション—1 特別講演</u> (14:10~16:50)</p> <p>14:10 これからのエネルギーと資源問題</p> <p>15:10 アメリカにおけるエネルギー・クライシス</p> <p>16:00 エネルギー政策について</p>
	<p><u>セッション—2 「ウラン濃縮」</u> (9:30~12:00)</p> <p>9:30 日本におけるウラン濃縮問題の現状</p> <p>9:50 ヨーロッパ三国共同の遠心分離ウラン濃縮事業</p> <p>10:35 ガス拡散ウラン濃縮事業の進め方</p> <p>11:20 アメリカの濃縮ウラン供給政策</p>	<p><u>セッション—3 「原子力開発利用」</u> (13:00~17:45)</p> <p>[スライド発表]</p> <p>13:00 食品照射</p> <p>13:20 原子力船「むつ」</p> <p>13:40 温水養魚</p> <p>[講 演]</p> <p>14:00 日本における原子力発電の現状と計画</p> <p>14:30 イギリスの原子力発電</p> <p>15:15 日本の動力炉開発</p> <p>15:45 フランスの高速炉開発</p> <p>16:30 日本における研究開発の現状と課題</p> <p>17:00 ドイツの第4次原子力開発計画と原子力産業への影響</p> <hr/> <p><u>レセプション(18:30~19:30)</u> &lt;日本工業倶楽部3階大食堂&gt;</p>
三月八日 (木)	<p><u>セッション—4 「原子力と立地」</u> (9:30~11:30)</p> <p>9:30 電力需給とその課題</p> <p>10:00 地域社会からみた原子力発電</p> <p>10:30 原子力発電と地域福祉—その技術的展望</p> <p>11:00 これからの地域開発とエネルギー政策</p>	<p><u>午 さん 会(11:30~13:00)</u> &lt;12階—ダイヤモンド・ルーム&gt;</p> <hr/> <p><u>セッション—5 「再処理と廃棄物処理」</u> (13:00~17:45)</p> <p>13:00 日本の再処理需給見通し</p> <p>13:30 共同再処理事業の現状ならびに将来プラン トのためのヨーロッパ技術 発表—1 発表—2</p> <p>14:30 再処理技術の現状と将来(アメリカ各社の 考え方) 発表—1 発表—2 発表—3</p> <p>16:30 ヨーロッパにおける放射性廃棄物の取扱い</p> <p>17:15 原子力開発における最終の課題</p>
	三月九日 (金)	

## 第 6 回 原 産 年 次 大 会 プ ロ グ ラ ム

と き 昭和 4 8 年 3 月 7 日 (水) ～ 9 日 (金) [ 3 日 間 ]  
と ころ 経 団 連 ホ ー ル [ 経 団 連 会 館 1 4 階 ] 東 京 都 千 代 田 区 大 手 町 1 - 9 - 4

第 1 日 3 月 7 日 (水)

### 開 会 セ ッ シ ョ ン ( 9 : 3 0 ～ 1 1 : 5 0 )

議 長 松 根 宗 一 氏 ( 日 本 原 子 力 産 業 会 議 副 会 長 )  
9 : 3 0 開 会  
準 備 委 員 長 平 田 敬 一 郎 氏 ( 第 6 回 原 産 年 次 大 会 準 備 委 員 会 委 員 長 )  
挨 拶 工 業 再 配 置 ・ 産 炭 地 域 振 興 公 団 総 裁 )  
原 産 報 告 橋 本 清 之 助 氏 ( 日 本 原 子 力 産 業 会 議 代 表 常 任 理 事 )  
議 長 加 藤 乙 三 郎 氏 ( 中 部 電 力 社 長 )  
1 0 : 2 0 所 感 前 田 佳 都 男 氏 ( 国 務 大 臣 ・ 原 子 力 委 員 会 委 員 長 )  
1 0 : 5 0 講 演 原 子 力 開 発 に お け る 新 し い 日 米 協 調 の あ り 方  
W . O . ダ ブ 氏 ( ア メ リ カ 原 子 力 委 員 会 委 員 )

### 午 餐 会 ( 1 2 : 0 0 ～ 1 4 : 0 0 ) 経 団 連 会 館 1 2 階 ダ イ ア モ ン ド ・ ル ー ム

挨 拶 安 川 第 五 郎 氏 ( 日 本 原 子 力 産 業 会 議 会 長 )  
内 閣 総 理 大 臣 所 感

### セ ッ シ ョ ン - 1 特 別 講 演 ( 1 4 : 1 0 ～ 1 6 : 5 0 )

議 長 石 原 周 夫 氏 ( 日 本 開 発 銀 行 総 裁 )  
1 4 : 1 0 こ れ か ら の エ ネ ル ギ ー と 資 源 問 題  
向 坂 正 男 氏 ( 日 本 エ ネ ル ギ ー 経 済 研 究 所 長 )  
1 5 : 1 0 ア メ リ カ に お け る エ ネ ル ギ ー ・ ク ラ イ シ ス  
C . ロ ビ ン ス 氏 ( ア メ リ カ 原 子 力 産 業 会 議 理 事 長 )  
1 6 : 0 0 エ ネ ル ギ ー 政 策 に つ い て  
堂 森 芳 夫 氏 ( 衆 議 院 議 員 ・ 日 本 社 会 党 代 議 士 会 会 長 )



第 2 日 3 月 8 日 (木)

セッション 2 「ウラン濃縮」 ( 9 : 3 0 ~ 1 2 : 0 0 )

- 議 長 一本松珠璣氏 (日本原子力発電会長)
- 9 : 3 0 日本におけるウラン濃縮問題の現状  
和田昌博氏 (関西電力副社長・原産ウラン濃縮問題委員会委員長)
- 9 : 5 0 ヨーロッパ三国共同の遠心分離ウラン濃縮事業  
J . V . L . パリー氏 (URENCO 技術部長)
- 1 0 : 3 5 ガス拡散ウラン濃縮事業の進め方  
J . H . コーツ氏 (フランス原子力庁原子力産業応用担当理事補佐)
- 1 1 : 2 0 アメリカの濃縮ウラン供給政策  
A . S . フリードマン氏 (アメリカ原子力委員会国際計画部長)

セッション 3 「原子力開発利用」 ( 1 3 : 0 0 ~ 1 7 : 4 5 )

[スライド発表]

- 議 長 大隅改介氏 (住友原子力工業社長)
- 1 3 : 0 0 食品照射 佐藤友太郎氏 (日本原子力研究所食品照射開発試験室室長)
- 1 3 : 2 0 原子力船「むつ」 佐藤祥氏 (日本原子力船開発事業団技術課長)
- 1 3 : 4 0 温水養魚 黒田竹弥氏 (温水養魚開発協会常務理事)

[講演]

- 議 長 前田七之進氏 (富士電機製造社長)
- 1 4 : 0 0 日本における原子力発電の現状と計画  
白沢富一郎氏 (日本原子力発電社長)
- 1 4 : 3 0 イギリスの原子力発電  
R . V . ムーア氏 (イギリス原子力公社理事)
- 議 長 古賀繁一氏 (三菱重工業社長)
- 1 5 : 1 5 日本の動力炉開発  
清成 迪氏 (動力炉・核燃料開発事業団理事長)
- 1 5 : 4 5 フランスの高速炉開発  
R . カール氏 (フランス原子力庁原子炉建設局長・テクニカトム社社長)
- 議 長 大堀弘氏 (電源開発総裁)
- 1 6 : 3 0 日本における研究開発の現状と課題  
村田浩氏 (日本原子力研究所副理事長)
- 1 7 : 0 0 ドイツの第 4 次原子力開発計画と原子力産業への影響  
R . ハルデ氏 (ドイツ研究技術省原子力科学技術諮問委員会委員長・  
インターアトム社常務取締役)

レセプション ( 1 8 : 3 0 ~ 1 9 : 3 0 ) 日本工業倶楽部 3 階大食堂

— 日本工業倶楽部 3 階大食堂 —

第 3 日 3 月 9 日 (金)

セッション - 4 「原子力と立地」 ( 9 : 3 0 ~ 1 1 : 3 0 )

議 長 稲葉秀三氏 ( 国民経済研究協会会長 )

9 : 3 0 電力需給とその課題

進藤武左エ門氏 ( 日本電力調査委員会委員長 )

1 0 : 0 0 地域社会からみた原子力発電

小林治助氏 ( 柏崎市長 )

1 0 : 3 0 原子力発電と地域福祉 —— その技術的展望

高橋 実氏 ( 電力中央研究所経済研究所高橋研究室長 )

1 1 : 0 0 これからの地域開発とエネルギー政策

土屋 清氏 ( 総合政策研究会理事長・原産地帯整備検討会座長 )

午 餐 会 ( 1 1 : 3 0 ~ 1 3 : 0 0 ) 経団連会館 1 2 階 ダイヤモンド・ルーム

セッション - 5 「再処理と廃棄物処理」 ( 1 3 : 0 0 ~ 1 7 : 4 5 )

議 長 平井寛一郎氏 ( 東北電力会長 )

1 3 : 0 0 日本の再処理需給見通し

田中直治郎氏 ( 東京電力副社長・原産再処理問題委員会委員長 )

1 3 : 3 0 共同再処理事業の現状ならびに将来プラントのためのヨーロッパ技術

発表 - 1 P. ツルク氏 ( ユナイテッド・リプロセスァーズ社ゼネラル・マネージャー )

発表 - 2 D.W. クラント氏 ( ブリティッシュ・ニュークリア・フュエルズ社ケミカル・アドバイザー )

議 長 吉山博吉氏 ( 日立製作所社長 )

1 4 : 3 0 再処理技術の現状と将来 ( アメリカ各社の考え方 )

発表 - 1 S. レイビ氏 ( ゼネラル・エレクトリック社原子力事業本部核燃料部長 )

発表 - 2 K. R. オズボーン氏 ( アライド・ケミカル社副社長補佐 )

発表 - 3 R. L. ディックマン氏 ( エクソン・ニュークリア社社長 )

—— 休 憩 ——

議 長 芦原義重氏 ( 関西電力会長・日本原子力産業会議副会長 )

1 6 : 3 0 ヨーロッパにおける放射性廃棄物の取扱い

— その現状と将来 —

E. サエランド氏 ( OECD 原子力機関事務総長 )

1 7 : 1 5 原子力開発における最終の課題

— 核分裂生成物の利用と処理へのアプローチ —

木村健二郎氏 ( 東京大学名誉教授・原産核分裂生成物等総合対策懇談会座長 )

開 会 セ ッ シ ョ ン

議 長 松 根 宗 一 氏（日本原子力産業会議 副会長）

準備委員長挨拶

原 産 報 告

議 長 加 藤 乙 三 郎 氏（中部電力 社長）

原子力委員長所感

米国原子力委員会・原子力委員講演「原子力開発における新しい日米協  
調のあり方」

-----  
午餐会における「内閣総理大臣所感」

## 準備委員長挨拶

第6回原産年次大会準備委員会

委員長 平田 敬一郎

第6回原産年次大会の準備委員長をあいづとめました平田でございます。

この年次大会は、広く内外各層の方々が一堂に会し、原子力の開発と利用上の諸問題についてともに考え、相携えて、その解決をはかるための場として開催するものであります。

会回の大会は、過去5回にわたる年次大会の成果と実績の上にならって、新たな局面を展開しつつある原子力問題を取りあげ、それぞれの立場から見解を求め、多角的な観点から検討を加えて、幅広いコンセンサスにもとづくその対応策の究明を試みようとするものであります。お手許のプログラムの通りでございますが、準備委員会といたしましては、原子力が、これからのエネルギーの担い手として期待されている以上、われわれはここで、今日のエネルギー問題をもう一度見なおしてみる必要があるのではないか。エネルギーの社会的必要性、資源的にみたエネルギー問題、環境問題との関係、エネルギー消費のあり方、あるいはトータルエネルギーの利用などについて、あらためて熟慮する必要があるのではないか。そしてその考察の上にならって、今後のエネルギー供給とその中に占める原子力の位置をみきわめ、これに対する所要の方策を講ずるべきではないか。

かような考え方にもとづいて、この第6回大会を構成した次第であります。

ご高承の如く、世界はいま、エネルギーと環境の両面において、かつて遭遇したことの無い重大な困難に直面しつつあります。このエネルギー供給と環境の保全は、われわれの生活の維持と向上にとって、ともに不可欠なものであると同時に、両者はともすれば表裏の関係に陥りやすいものでありますだけに、いかにしてこの調和をはかって行くかはきわめて大きな問題でございます。この問題の解決は非常に難しい。しかしこの解決は、今日の世界に課せられた命題であり、われわれは、その解決を引き出さなければならないという責任を負っているのであります。

原子力は、将来にかけてのエネルギー安定供給の面において、また環境に及ぼす影響という面において、たしかに大きな可能性を有しております。しかしながら、この可能性を現実のものとし、原子力に明日のエネルギーを託するためには、なお解決しなければならない問題が少なくありません。そして、これらの問題は、ひとりせまいはんいの原子力界のみでは、

能く解決し得ないものであり、また、解決すべきではないと、私は考えるのであります。ことは、今日の社会全体のあるいはわれわれひとりひとりのエネルギー問題、環境問題であります。したがって、こうした問題は広く各層、各分野の意見を徴し、示唆を求め、十分なコンセンサスにもとづいてその解決にあたる必要があります。

こうした観点にたつとき、この原産年次大会は、そのための重要な場の一つであると申せましょう。

また、この第6回原産年次大会の開催にあたりましては、とくに田中内閣総理大臣、中曽根通商産業大臣、前田科学技術庁長官・原子力委員長にご臨席、ご講演をお願い申し上げましたところ、政務ご多端の折にも不拘、好意あるご承諾を頂戴いたしましたことは、私の深く光栄とするところでございます。

加えて本大会には、内外から斯界の権威者、最高の責任者にご参加いただき、ご講演、ご発表をお願いいたしておりますので、わが国はもとより世界の原子力開発にとって、有益な示唆が得られるものと確信いたします。

原子力をとりまく問題は、きわめて多く、また多岐に及んでおり、これらのすべてをプログラムに盛り込むことは困難でございましたが、準備委員会といたしましては、会期を3日間とし、極力多くのテーマをとりあげますとともに、焦眉の問題につきましては、これを重点的にとりあげるよう配慮いたしました次第でございます。

こうした構成と内容を以って、本大会への参加を広く海外にも呼びかけましたところ、各国の政府、原子力機関、産業界さらには、国際機関などから、例年にも増して多数の代表にご参加いただきましたことは、私ども準備委員会の深く慶びとするところでございます。

原子力が抱えております問題の多くは、もはや一国のみの努力を以ってしては解決しえないものであります。このことは、世界的規模でひろがりつつある今日の原子力開発利用の趨勢からも明らかであります。したがって私は、この大会が、国内はもとより、国際的な理解と協調をはかる場となりますことをとくに強く期待するものであります。

ここに、あらためて、発表者、議長各位のご協力に対しまして厚くお礼申し上げますとともに、本大会が円滑に運営され、大会の意義が一層高まりますよう、皆さまのご協力をお願い申し上げます。

最後に、第6回原産年次大会に参加されるため、遠路はるばるご来日いただきました海外からの講演者、参加者各位に、会場の皆さまともども、感謝と歓迎の意を込めて拍手を送らせていただきたいと存じます。まことに恐縮ながら、海外からご参加の皆さま、ちょっとお

立ち下さい。(拍手)

ありがとうございました。これもちまして、私のご挨拶を終らせていただきます。

# 原 産 報 告

日 本 原 子 力 産 業 会 議

代 表 常 任 理 事 橋 本 清 之 助

現在原子力発電の優位性は、環境面に加え、燃料の自由度、大容量化による経済性にあると言われていました。しかし、昨年来、原子力発電所の安全性についての、外国における出来事に刺戟されて、また大規模施設の集中に伴う環境への影響についての危惧が、地元住民によって提起されるにおよび、かなり全国的な原子力発電反対の運動となって現われるに至りました。このため、原子力発電所の立地確保は非常に困難に直面しております。昨年の年次大会でもこの問題についてふれましたが、ここ一年の動きを見ますと、原子力発電所に対する反対運動の性格が従来のサイト周辺の地元住民を中心としたものから、科学者などをふくむより広い層と連帯した全国的な、且統一的なものとなって来ています。

この背景には、在来の産業の大規模且無思慮な開発の結果が、環境の破壊などによって、一般民衆に不信感を抱かせており、その不安が、原子力発電施設にブレーキをかける要因の一つとなりつつあります。これらの点については、原子力発電が、予め国における長期的で、且国民に信頼を与える「ビジョン」がなかったことに要因があったことは否めません。と同時に、アメリカでのECCS欠陥問題や、燃料破損事故といった軽水炉の安全設計そのものに対する不安感が大きく影響しています。ここにわれわれは、自主技術開発の重要性を改めて認識し、このような自戒の上に立って、日本の将来エネルギーのホープとしての原子力開発に対する国民のコンセンサスをいま一度作りなおし、これを基盤として、最善の体制のもとに、官・民、力を合わせて進めて行くことが痛感されております。

原子力産業会議では、約10年前から立地問題についての検討を行ない、いくつか体制整備のための活動を行って来たのでありますが、とくに昨年春、原子力発電所予定地における徹底的な実態調査をもとに、立地確保の困難を招来しているその基本的な問題にメスを入れつつ、幅広い観点から検討を加えております。その結果の一つとして、昨年、政府に、(1)原子力安全審査体制の強化と環境審査体制、(2)原子力安全研究体制の強化、(3)環境放射能体制の整備について、これを国の政策に樹立するよう、強い要望を致しました。この中で、とくに問題となっている公聴会の開催につきましても、安全、環境両面からの総合的な審査体制の中で、公聴会の役割を積極的に取入れるべきであると提言したのであります。

一方、原子力施設を中核として地域開発を進めようとする地方自治体は原子力という新技術が、多くはいわゆる過疎地であるその立地に与える社会的、経済的インパクトにより、極めて大きな行政・財政需要が施設完成に先がけて生ずる等、多くの困難に逢着しております。

原子力開発は、言うまでもなく、国家的要請と重要性に立脚して、推進されるものでありますが、地元住民の信頼に耐える形態において、周辺地域の基礎的な整備については、一貫した地域目標のもとに、総合的かつ計画的に遂行されなければなりません。また地元産業との調和、さらに共栄についても、先見的な計画が必要であります。

これがため、原産では、原子力開発地域における環境管理体制、施設周辺の環境保全と整備並びに地域開発、地元産業の振興などについて、地方自治体などとも協力して、今年一月、「原子力開発地域整備促進法案」（仮称）に関する要望を行いました。

次に、核燃料問題であります。われわれが国民経済を支えるために必要とするエネルギーとしての原子力の原料問題として、いまや、現在の問題と見えねばなりません。あとで、又、基本的問題として言及しますが、そもそも人類にとって、「エネルギーは貴重なものである」という認識が普ねく理解され、生産者側においては、極力資源を効率よく活用できる技術を発展させ、又消費者側においても、つとめて無駄を省き、貴重な資源を有効に利用すると言った、気風が徹底することが実は前提だと思えます。

このようなことから、今後の国民経済の在り方に最もよく合致した、エネルギー源としての核燃料の問題は、資源ないし原料の円滑で安定した確保、その最も効率的な使用、そして再使用によるサイクルの完成、さらにこのサイクルが環境その他に悪影響を及ぼさないようにする——謂わば、クローズド・システムに作り上げることが重要となるのであります。

このような核燃料問題をめぐる事態の重要性に鑑みまして、この問題を総合的かつ関連性をもって、審議しうる体制について、昨年秋、ウラン資源問題、ウラン濃縮問題、再処理問題という三つの重要な分野につきまして、それぞれ専門の「委員会」を設置することにいたし、同時にこれら三つの分野と、若干の残った問題を含めて、核燃料問題を全般的に総合調整して行くための、核燃料問題総合対策懇談会と4つの審議機関を設け、昨年12月以来その活動に入っております。

なお、昨年の年次大会で、御報告申し上げた「核分裂生成物総合対策懇談会」（通称FPC）も、現在では最終報告をまとめる段階になっておりますが、本大会最終日に座長の木村健二郎氏から報告がなされます——このFPCも、FP生成物の安全で有効な利用拡大、



放射性廃棄物の処理処分，あるいは放射能の消滅処理といった分野で，核燃料の総合対策の重要な一環である関係上，新設の四機関とは密接な関係を保ちながら，作業を進めております。

このように新しい総合的な体制で審議を始めたところでありますが，今や内外の動きは，めまぐるしいものがございまして，その1，2の問題をここで御報告申し上げたいと存じます。その1つは，ウラン濃縮の問題についてであります。今より2週間前，アメリカAECはウラン濃縮料金を，1キログラムSWU当り38ドル50セントに値上げする旨の告示を行いました。

従来32ドルでありましたので，ほぼ20パーセント強の値上げとなるわけであり，実施は180日後の8月14日からとなる由であります。国際通貨の激しい再燃の中，この記事が新聞面で無視されたこととウラハラに，このウラン濃縮問題は今や世界のエネルギー問題の中で極めて顕著な国際色を帯びたものであります。

と申しますのは，さらにこれより少し前の1月下旬であります，AECは，今後ウラン濃縮サービスを，内外の需要家に提供して行く上での，新基準を定め，その契約方式を大巾に修正することを発表したのであります。

この改正の方向は，需要家にとっては従来の方式と一変した極めて厳しい条件として受取られ，就中，初装荷用濃縮ウラン引取りの8年前に，契約を固定し，料金額の約30パーセント程度相当の前渡金の支払を要求される等，わが国の需要側にとって大きなショックを与えられました。

ご承知のように，世界の原子力発電用濃縮ウランの供給源としてのアメリカの3工場は，1980年代初めに至りますと，需要を賄いきれなくなりますため，以後，新しい供給能力を次々に確保して行くことは，世界レベルでの緊要事となっております，アメリカ，ヨーロッパ各国，アジア諸国では，ナショナル・レベルで，インターナショナル・レベルで，あるいはマルチ・ナショナル・レベルで，ここ2年ほどの間は，その対策のために各般の調査検討や話し合いを続けております。今回のアメリカAECのとりうとしている措置は，今後のウラン濃縮能力増大の努力に伴なう資金的リスクというものに対しては，需要家もこれを分担することが必要かつ妥当である，というAECの理念に基いているようであります。われわれは，このような理念は関係国が責任を持って話し合いで決めるべきことだと考えております。

本件につきましては，本日このあとで，アメリカ原子力委員会のダブ委員から，また明日

のウラン濃縮セッションで、同じくA E Cのフリードマン国際計画局長から、アメリカの考え方について、お話を伺える予定であります。

また、これについては丁度、明日ワシントンにおいて、両院合同原子力委員会が聴聞会を開催することになっており、我国からは中部電力の渡部副社長が、原産代表として意見を開陳することになっております。

また、明日のこのウラン濃縮セッションでは、ウレンコのパーリーさん、C E Aのコーツさんから、それぞれトロイカの遠心分離共同計画と、フランスのガス拡散工場計画をめぐる最新の動向について、お話を伺うことになっております。これらのお話を伺った上で、我国自身の需給や施策について総合的に考えて頂きたいと願う次第であります。

因みに、一昨年来、数次に亘る折衝の結果、すでにお聞き及びの如く、わが国の電気事業者は協同して、米A E Cから1万トンS W Uに上る濃縮役務→約3億2千万ドル相当→の先買いを決め、先般2月16日、その契約を締結したのでありますが、これは今申し上げたような世界的な需給見通しからして、まことに時宜に適った有意の行動であったと、申すことができます。

原産といたしましては、かかる複雑多岐な世界の濃縮問題をめぐる諸情勢を敏速にとらえ、種種の可能性を検討して、将来の安定をめざした適切な対処策を求めて参りたいと考えます。

次は、再処理問題についてであります。

原子力発電計画の本格化を迎えまして、その使用済燃料の再処理需要をどのようにこなして行くか、という問題の重要性がますます浮彫りにされてまいりました。動燃事業団で建設中の東海再処理工場は、明年後半には完成する予定でありますけれども、何分にも我国初めての原型プラント的性格で、従って、0.7トン/日という小規模でありますことから、運開後約3年ほどで国内の需要を賅ないきれず、次のプラント計画は当然速かに検討しなければならない時に迫られております。

このため、原産の再処理問題委員会で、第2プラントを進めるための体制問題と共に、その開始時期等を含むプラントそのものの概括的「ディフィニション」を得るべく検討作業を開始いたしました。海外の先進企業、関係機関においても、われわれのこのような方向に着目され、本年次大会の最終日にそれぞれの経験、計画、対日本の具体的協力方針等について、ご発表を頂けることになっております。申すまでもなく、この再処理という事業は、放射性廃棄物の処分問題までを含めて、安全性の確保、環境との調和が達成されることが、事業の大前提

であります。従って、個々の企業が、いたずらに競うというよりも、衆智を集めて最善の計画とすることが必要ではないかと考えます。そして、そのためには、国内のみならず、国際的にも協力協調の実が挙げられるべきであると思います。

原子力の多くの重要な分野で、このような実質的な国際協力を進める一方、その中でわが国の役割と責任がますます大きくなっていることは、忘れてならないことであります。その意味で、原産は I A E A の行方開発途上国の原子力開発に関する仕事に積極的に協力を続けておりますが、原産年次大会がこのように多くの外国参加者を得て、一層の国際協調の推進の場となることをわれわれは期待しております。

昨年、私はこの年次大会の席で、核拡散防止条約に対する産業界の態度について申し上げました。その後、原産では、本問題担当の委員会を拡大改組いたしまして、検討致し、政府与党である自由民主党においても、昨年5月、外交調査会の中に、「核兵器不拡散条約に関する委員会」を設けられ、批准に先立っての同条約並びに関連事項の詳細な検討を行っております。

去る1月のオーストラリア、近く、この春に予定されているというユーラトム関係国の批准等の事態に照らすまでもなく、われわれは、原子力開発のあらゆる要素を処理するに際しては、同条約の批准を動かすべからざる大前提として考えていることを、ここに再び強調いたし、その早期批准を望んでおる次第であります。

さて、私たちの世代が当面している新しい問題はエネルギーの前途に大きな危険信号が揚げられていることであります。これは独りわが国日本だけの問題でなく、エネルギーの世界一番の消費国であるアメリカに於て、いまや重大な不安を感じつつあり、近く、それがためにニクソン大統領の教書も発表せられる筈であり、また今日の午後、米国原子力産業会議理事長のロビンス氏からも、その特別講演においてご発表があることになっております。

アメリカでは、現在そのエネルギー消費の9割を国内資源でまかなっているにも拘わらず、今後のエネルギー問題がこのように真剣に取り組まれているのは極めて象徴的なことであります。

これに引きかえ、わが国日本のエネルギー消費はその資源9割近くを海外に依存し、今後、需要の上昇率は毎年ひく目に見ても数パーセント宛増加してゆくという事態を考えると、エネルギー問題の危機感は更めて痛感されるのであります。

これまで世界の石油供給は、その大部分が国際石油資本の手によって行なわれ、1960年代までは石油は豊富でかつ低廉な主要エネルギー源と考えられ、これを背景にして、日本

経済は高度成長をとげ、その結果として、エネルギー多消費型の産業構造を築いたわけであり  
ます。

1970年代に入りましてからは、その世界情勢には基本的な変化が生じ、石油輸出国機  
構(OPEC)の発言力が急速に強まり、石油資源の所有、石油供給の構造に地すべりの変  
化が起きつつあるように思われます。

日本は、このような状況の中で所要のエネルギー資源確保を、はかる努力を続けなけれ  
ばならないのみならず、この狭い国土での石油の高密度がもたらしている環境問題への対  
処、すなわち低硫黄原油の確保や公害防止対策にも取組みねばなりません。

従いまして、今日では、エネルギー消費の合理化、さらに低エネルギー消費型の産業構造  
への転換とともに、エネルギーの安定確保については、従来のコスト中心の発想を転換して、  
新しいエネルギー供給方策の開発が緊要であります。在来公害や国際資源問題の成り行きか  
ら生じた、これらの要因はすべて当然のこととして原子力発電への期待を一層高めているの  
であります。然かも原子力発電は前にも述べましたように環境問題、安全問題に由来する立  
地問題は、極めてきびしい悪条件にはばまれ、あらゆる難行の途を辿っているのが現状であ  
ります。

又このエネルギー危機は、その資源の面からアメリカ、日本許りでなく、次第に世界の産  
業先進国に及ぶことは、当然の帰結でありまして、この10年以内には恐らく全世界が一様  
にこの危機に対決しなければならぬ時期が必至と思われます。

人類がその生存の初めにおいて火を発見し、その利用の技術を開発してから恐らく数千年  
の歴史があります。しかもエネルギーとして人類の躍進的な文明を築いた技術はここ300  
年の間であります。それは石炭と石油を駆使した新しい技術革新による文明であります。

いまや、化石資源の前途に無限の期待がかけられないという明白な事実によって、ここ  
に人類は核分裂の利用による新しいエネルギーの文明を築き上げなければならない歴史的  
必然性にせまられております。

しかも、この新しい道は決して安易に進むことが出来ないのは現にあらゆる技術上にも、  
環境の上にも、また安全の上にも困難で、けわしい現実と戦っておる通りであります。言い  
換えれば、新しいエネルギーの時代は決して楽楽とその道が開かれて行けるということでは  
ないのであります。然し、私達は一つの確信の上に立っております。それは、この難関をき  
りひらくことは決して悲観的ではないということ、寧ろ、或意味で大きな楽観を持っている  
ということです。

何故、私たちは、その確信と楽観を持つかと言えば、それは現在、私達が当面し、悪戦苦闘している、あらゆる原子力に対する反対と批判が存在するという事です。一見、極めて逆説的な意見の様に受取られましょうが、私達は現在、この原子力に向けられている批判、非難、反対があればこそ、そこに私達の解決への努力と進歩を見出す可能性があるからであります。

然し、この様な楽観論については、それに必要な一つの条件が要請されます。それは、原子力の開発をになう人人が極めて謙虚でなければならないということです。傲慢且無思慮な科学技術の利用がどんなにか地球と人類に悪い結果と影響を与えているかは、現在私達が当面している苦い経験で明らかであります。私達は大胆な科学技術の研究開発とともに、慎重、謙虚な利用のために、その開発を進めることが現代の大きな要請として受取らなければなりません。

それは必然的に、私達のエネルギーに対する従来の考え方、その受容の観念を大きく変えなければならないと言うことです。資源を含めてエネルギーの造出ということが一般に「エネルギー産業」と称して、今日ではそれをそれ自身利益追及の一つの産業と見られております。

然し、化石資源のエネルギー時代から新しいエネルギー時代に入るためには、この根本の観念が変革される必要があります。それはエネルギーはいまや人類にとって産業の対象ではないと言うことです。

エネルギー自体、人類にとって空気や水や食糧と同じ様に、生存条件の一つだということです。それは人類の文明はエネルギーこそ不可欠な条件であることを確認することです。結論を急がねばなりません。かかる観点から、私たちは2つの問題の提起を考えております。

私たち原子力を平和にのみ利用するという強い確信に立てば立つほど、その開発促進に従事している原子力産業会議は、その成り立ちにおいて稍々あいまいであった立場を今日こそはっきりと明確にしなければなりません。原産はその本質的な意義と使命において、いかなる産業、いかなる企業の利益代表でないと言うこと、言い換えればまたいかなる産業も、いかなる企業も一切合財包括した極めて高い公共性と社会性を持った性格であるべきだということです。この立場こそエネルギー観の革新であり、新しい時代を開く原子力担当者全般の責任と使命だと思っております。

かかる見解は必然的に各国の原子力産業会議にも当然要請され、その強い協力が望まれます。

各国の原産が各々の国境を越えて一つの協同体として、原子力を人類のものとする信念に

集約され，この高い理想に向って私たちの目的を実践することです。

来る21世紀の新らしい人類の文明と平和を確立するためには，この強い信念を地球の上に確乎として樹立しなければなりません。私たちはこれを神の秩序の中で原子力を開発するという言葉で表現したいのです。

御静聴を感謝します。

## 原子力委員長所感

国務大臣・科学技術庁長官

原子力委員会委員長

前 田 佳 都 男

本日、ここに海外諸国から多数の原子力関係権威者のご参加を得て日本原子力産業会議の第6回年次大会が盛大に開催される運びとなりましたことを心からお慶び申し上げる次第であります。

この席上でわが国の原子力開発利用につきまして、所信の一端を述べさせていただく機会を得ましたことは、私の非常な喜びとするところであります。

わが国が原子力開発利用に取り組んで10数年、本年は原研の動力試験炉においてわが国ではじめて原子力発電に成功した昭和38年10月26日から数えて10周年を迎えようとしております。

この間わが国の原子力発電所の建設は急速に進展し、現在稼働中の発電用原子炉は5基、182万キロワット、建設中の発電炉は16基、1281万キロワットに達しております。

このように原子力開発利用が進展してきた今日、われわれ原子力に関係する者の責務もまたきわめて重大なものになろうとしております。

最近、米国においてエネルギー危機の問題が表面化し、大きな反響を呼んでいることは皆様方もよくご承知のことです。しかも、世界の化石燃料資源埋蔵量の制約や、原油の供給条件の悪化などの問題と合わせ考えるとき、エネルギー自給能力の乏しいわが国においては、このまま推移すれば将来、構造的なエネルギー危機に見舞われるおそれが大きく、非常に深刻な問題を内蔵していると申せましょう。したがってわが国の長期的なエネルギー確保の観点からいって、当然に原子力への期待が一層高まってくることとなるのであります。

原子力委員会は、昨年6月に最近における原子力開発利用の進展に対応して新しい原子力開発利用長期計画を決定いたしました。その中では旧長期計画において想定されていた原子力発電規模を大幅に上まわる規模として、昭和60年に6000万キロワット、65年には1億キロワットの発電能力を前提とし、それに必要な核燃料確保、環境安全対策等の諸施策についての方向づけを行なったのであります。

しかるに最近における電源開発の進捗状況をみると、昭和47年度における新規着工必要

規模は、約1200万キロワットであるのに対し、今日まで電源開発調整審議会に付議されたのは、約380万キロワットときわめて大きな遅れを生じております。もっともその遅れは、現在までのところ主として火力発電所によるもので、原子力発電所に関しては関係者のご尽力により、47年度においては、ほぼ予定どおり進展しておりますが、ごく最近の情勢をみると、今後は決して楽観を許されないのであります。

本日は、このような原子力開発利用における今日の情勢にかんがみ、とくに原子力施設の立地問題と核燃料サイクルの確立の2点にしばって私の所感の一端を述べたいと思います。

第一に、今日の原子力開発利用進展にとって最大の課題は、原子力発電所等の立地確保の問題であるといわねばなりません。

一昨年のECCS問題に端を発した安全性に対する不安感の増大、環境保全についての関心の高まりなどのため原子力発電所等の立地について地域住民の理解を得ることがしだいに困難になりつつあります。

たとえば、最近、一部の原子力発電所に関する原子炉の設置許可に関し、地元の一部住民から異議申立てが提出された事例などは、この間の事情を物語るものと申せましょう。

原子力の開発利用の進め方に関しては、原子力基本法の趣旨に沿って、国民の理解と協力を得ることがとくに重要であります。

したがって、原子力開発利用の推進に当っては、国民全体のコンセンサスを得て、円滑な開発を進め得るよう安全環境対策や立地問題の解決など各般にわたる努力が必要であります。

このため政府といたしましては、国民の理解と協力を得るための前提ともいふべき原子力施設の安全性の確保や環境の保全に関して、昨年8月、当日本原子力産業会議から提出された要望書の内容をも参考としつつ、体制面をはじめ政府の施策として実行すべき諸問題に関し、現在原子力委員会に設けられた環境安全専門部会において検討を進めており、できる限り早く報告書を取りまとめたいと考えております。

一方、同専門部会における検討と並行して、昭和48年度においては、原子力施設についての安全性研究を一層充実させるとともに、新たに低線量被曝の人体への影響についての研究に着手することとしております。また、原子力委員会の機能強化や、原子炉安全専門審査会の審査機能の充実など、現段階において可能な措置を講ずることとしており、今後とも大いに努力したいと考えております。

つぎに、原子力発電の増加に伴い、大量に発生する放射性固体廃棄物の処理、処分の問題があります。



政府としては、この問題に関して昭和50年代の初め頃を目標に陸地処分または海洋処分の実現の方途を明らかにすべく調査研究を進めることとしております。

原子力発電所の建設に際しては、厳格な安全審査や、関係行政機関における環境保全についての検討は当然として、地元住民の理解と協力を得るための具体的な措置とくに原子炉設置許可に際しての住民の意見の反映を可能にすることが重要であります。このため、許可に際して必要がある場合には、公聴会を開催する方向で昨年来原子力委員会でその具体的方法について検討を進めてきており、あわせて、資料公開の措置についても実現したいと考えており、いずれも近く方針を明らかにできる段階にあります。

つぎに、原子力発電所など主要原子力施設が立地する周辺地域において地元住民の福祉と地域産業の基盤整備に必要な事業の実施が最近の情勢からみて大きな課題となっており、これについて国も努力し、また事業者がそれを援助することにより原子力施設の立地が地元の繁栄に寄与できるよう措置することが必要であります。この件に関しては、本年に入って当日本原子力産業会議からの要望書の提出もあり、その立法化を早急に実現すべく通産省とともに努力している段階であります。

第二に、原子力開発利用の推進についても一つの重要な課題は、わが国における長期に安定した核燃料サイクルの確立の問題であります。

現在、とくに喫緊の課題となっている濃縮ウランの確保に関しましては、第一に日米原子力協力協定の改正作業を昨年末以来進め、今後5年間に設置される原子炉用核燃料確保を目ざして米国からの供給確保に努力してまいりましたところ、近く協定改正について調印が行なわれる段階に至っております。つぎに、昭和55年頃になると濃縮ウランの国際的需給からいって、わが国としても、新たな濃縮ウランの安定的確保手段が必要とされる情勢にあり、国際濃縮計画への参加に関して米国およびフランスとそれぞれ共同討議を重ねております。

以上のような国際協力に基づく濃縮ウランの確保と並んで、エネルギー供給における自主性を拡大するとともに、原子力が真に安定したエネルギー源としての地位を確保するためには、わが国としてウラン濃縮技術を自主開発することが重要であります。このため昭和60年までに一部国産化することを目ざして遠心分離法によるウラン濃縮技術開発を推進しており、昭和48年度から国のプロジェクトとして一層強力に進める方針であります。

核燃料確保問題に関連して最近米国原子力委員会が発表した新濃縮役務基準案は、わが国の原子力開発利用に相当大きな影響を与えるものであると考えられます。これに関しては原子力委員会としても、先般来日された米国連邦議会上下両院合同原子力委員会委員長等との

会談や、一昨日開催された日米原子力会議の席上においてわが国の実情を説明し、米側に十分な配慮を払うよう申し入れてあります。産業界におかれても所要の検討をし、米側へ適当な手段で善処を申し入れられるやに伺っておりますが、今後とも官民が十分連絡をとりつつ、必要な修正が実現されるよう努力いたしたいと思っております。

核燃料サイクルの完成のためのもう一つのかなめともいえるべき使用済核燃料再処理工場に関しては、現在、動燃事業団の工場建設が進んでおり、昭和48年度中に完成し、次年度に試運転が開始される見込みであります。産業界におかれては、動燃事業団による工場建設の経験を生かして第二工場建設計画の推進に積極的に取り組まれることを期待いたします。

以上とくに重要な二つの点について、所感を述べて参りましたが、最後に、とくに産業界の皆様をお願いしておきたいことがあります。

すなわち、今や実用期を迎えつつある原子力開発利用の推進に当っては、とくに産業界の役割が飛躍的に増大するものと考えられます。現在、ナショナル・プロジェクトとして推進している高速増殖炉や新型転換炉についても、それらを成功裡に完成させ引き続きその成果を実証炉として結実させることは、産業界の努力に期待されるところであります。

さらに緊急性の高い軽水炉の安全性研究や、環境保全に関する研究開発、また、国民の理解と協力を得るための積極的措置に関しても、今後産業界が一層の努力を傾注されるよう望むものであります。

本大会を通じ、これら原子力産業界に今日課せられた課題に関して、大会に参加された斯界権威者の討議を通じて今後進むべき方向を見出されることを願いつつ、私のご挨拶に代えさせていただきます。

## 原子力開発における新しい日米協調のあり方

アメリカ原子力委員会

委員 W. O. ダブ

ミナサン、コンニチワ。ワタクシタチノソ－ゴリカイラ、ソクシンスルタメニ、ワタクシハニホンゴデ、ミナサンニオハナシタイトゾンジマス。

言い換えますと、相互理解を促進するために、私ははじめ皆様と日本語でお話ししたいと思いました。しかし私のアクセントを考えてみますと、今朝の私の講演をそのようなやり方でしない方がさぞ皆様がたはほっとされたことでしょう。私は同時通訳が十分にその役目を果すものと確信しております。原子力の平和利用におけるより十分な相互の交歓とより緊密な協力のための両国の活動についてお話しをする場合、このようなやり方で始めるのは適当であろうと思っています。よい友達同志は、（少なくとも比喩的には）頻繁なそして有意義な交流の利点を認めるために、お互いの言葉で話すように努力するのだということを思いおこしています。

私がこの会議に前回まいりましてから、日米両国は原子力の分野において新しいそしてさらに機が熟した関係に入っています。わが国が安全で効率的であり、かつ環境的にも受け入れられることのできる原子力の利用において、新しい協力関係をひろげてきていることは明白であります。

もちろん友好的協力は、新しいものではありません。わが国の政府と日本国政府が原子力平和利用開発における最初の協力協定に調印して以来、15年を経ています。私は昨年始めて、原子力の環境問題およびパブリック・アクセプタンスに関する米国の経験についてこの同じ聴衆の皆様方に講演しました。（そして再びこのすばらしい国を訪問する機会を得て全く感激しています。）ここで米国原子力委員会（AEC）を代表し、われわれの新しい委員長であるD. L. レイ博士の心からのご挨拶をお伝えすることは、私にとってよろこびであり、また名誉であります。

友好と相互尊敬の精神がもう伝統となるほど確立されているならば、なぜ私がここで「新しいパートナーシップ」について言及するのでしょうか？「原子力の分野におけるより発展した関係」とは何に基づいているのでしょうか？

1958年6月の最初の正式協定以来、両国の原子力産業界に非常な変化がおきておりま

す。それらは一般的に言ってさまざまな展開をみせる変化であり、疑いもなく原子力平和利用の初期の予言者の一部は、苦難多い歩みであることに失望をいたしました。しかも、その進歩は、これをずっと通して見た場合、劇的なものであります。ごく近年になって——否、ここ数カ月にかぎってみても——原子力を選択することは疑問の余地のないほどに確立されました。その必要性についてはもはやもっともだと思えるような疑問はありませんし、——安全かつ経済的にその必要性を環境保護の健全な原則に調和させて達成できる能力にも疑いはありません。私はこれは公衆の態度の主観的評価であることを認めます；しかし、私はそれがただ私自身の信念あるいはこうあって欲しいと望む考え方に基くものだとは思いません。マス・メディアによる報道には微妙だけれどもはっきりとよみとれる変化がみられません。原子力の問題は——その期待に沿って——より明瞭に感じとられています。しかし、発電用原子炉の急増は、不可避であり、かつ、望ましいものとして受けとめられています。

原子力の技術が世界的に進歩しておりますが、日本におけるその発展は特に目をみはるものがあります。原子力発電容量は、原子力開発を日本よりもはるか以前に開始した国々とすでに競合しております。ここ数週間のうちに、日本は原子力商船の運転開始を予定しております。新型原子炉に関する日本の研究開発活動は——液体金属冷却高速増殖炉および重水減速炉の双方について、——国際的関心ならびに尊敬を受けております。1980年までに、原子力発電容量において米国についで、第二番目になろうとしています。

日本の原子力産業は驚くべき短い期間に、自給態勢にむかって進んできました。今日、皆様は原子力機器のメーカであり、——否、輸出者とさえなっております。燃料要素の生産および燃料再処理分野でも商業規模で開発が進められております。緻密な研究と、それを実際の技術へとむすびつける能力については定評がありますから、日本がウラン濃縮についても、経済的に適当と思われる自国の能力をもってゆくにちがいありません。そしてAECは、皆様方がそれを達成することを歓迎するものであります。事実、これまで皆様方の熟練・機畧縦横・決断・あくことなきエネルギーが、これらの努力を結実にむかうようわれわれも協力してきたことに対して皆様とともに誇りに思うものであります。

私が両国のより一層発展した関係について述べるものはこの意味においてであります。——つまり、パートナーとして相互に利益をもたらすような今後の協力に関して、また、技術の応用が同じ程度にならなくとも、原子力平和利用の恩恵を享受することを等しく願うものに対する指導と奨励について。

将来、両国は原子力の分野において多くのことをお互いに学ばねばならぬと信じておりま

す。可能なときにはいつでも協力分野を継続し拡大することによって多くの得るものがあります。前回私がまいりましてからまだあまり時間がたつてはいませんが、両国が接触を拡大したいいくつかの分野についてお話しをするのは、こうした理由によります。

相互に興味のある分野を述べるについては、両国の産業会およびエネルギー計画が全体的に類似している必要はありません。もちろん、相違があり、またあらねばなりません。類似点はもとより相違点を理解することは、私がすでに述べました望ましい相互のコミュニケーションの一つであると思います。

多くの変化がわれわれの異った地理的環境から生じます。第一に、日本は我が国に比べて小さい国であります。高人口密度のために、電力の大きなブロックに対しより均一化した需要を生じます。このため、遠距離送電にともなり問題は少なくなります。が、一方では、これらの要素がスペースに対し代償を要求します。それは原子力発電所の敷地選定に対し、少し異った態度を必要とします。スチームプラントの冷却水についていえば、日本ではかなり多くの都市が海のごく近くに位置しております。一方、米国では内陸はるか輸送路を必要とするところに位置しております。燃料資源に関しては、米国はウラン鉱石および化石燃料、共にきわめて恵まれております。（ただし後者については問題を生ずるような割合で消費してはおりますが）日本は不幸にして永い間海外からの燃料供給に頼ることを余儀なくされてまいりました。いかにも、色々な相違点がございます。

しかし、類似点もまたはっきりしています。両国とも高い生活水準をもつ高度に工業化された国であり、エネルギー集約型の社会であります。環境保護に対する関心もともにあります。そして——個人というより国民の一般的態度を特徴づけることが正当である限りにおいて、——われわれはともにあつといわせるような最近の技術の進歩に追いついてゆくには、それに先行した計画が必要であると感じております。

原子力の分野において、これまでにはなかった程、日本と米国はともに将来の計画を樹てはじめました。例えばほんの数週間前に、原子力上下合同委員会の三人のすぐれたメンバー——ブライス、ホズマー、ならびにハンセン議員——が重要な討論のために日本を訪問いたしました。その議論は、より広汎で且つ深い理解につながるものと思っております。さらに特定の例をあげてみますと、A E Cの上層部代表団が12月にこちらへ参りまして、両国の安全性ならびに規制の問題を議論しました。このグループは規制部長を長とし、米国の原子炉安全諮問委員会の人々を含んでおりました。私の同僚の原子力委員と私は、将来の協力の方法についての提案の報告を受けて非常に感銘いたしました。そして技術的討論も、それら

のすべてではないにしても、その大部分を実行するためにごく近い将来に完了いたすでしょう。この目的にむかって、原子力安全問題の情報交換を拡大する提案の原案を日本の原子力委員会に提出したことをお伝えします。

日本と米国が原子力における規格を協力して開発することを優先的に行なうことについては両国の代表の間に意見が一致しておるように思います。これらの中のある部門では皆様方が主導性をもたれると思います。——例えば地震に関する問題ですが、これには既に相当の専門意見をもっておられます。——そしてわれわれもまた他の分野で主導性を示すことでしょう。これらの共同作業を含む分野は別としても、現在進んでいる規格を開発する仕事でそれぞれの政府が相並んでゆくための非公式、公式のチャンネルを樹立することはわれわれに役立つことと思います。私がすでに述べました差違を認めても、われわれは双方とも原子力発電所や各種の燃料サイクル施設の立地ならびに設計基準に非常に関心があると思います。われわれは低レベル放射能の測定における同様な仕事に直面しております。——つまり実行可能な限り放射能排出を低く押え、保つことや、環境監視に有効なシステムを樹立することや、熱影響の評価や、燃料サイクルまですべて含む各種の原子力施設に関する級コスト・ベネフィット問題などに於てであります。

発電所の建設中、両国の規制関係者が特別のあるいは定期的の検査報告書やときには施行作業の詳細までも交換するのもよろしいかと思えます。運転開始したプラントの場合には、テクニカル・スペンフィケーションを含めて）運転許可証を検討することができ、また適宜、重要な運転経験について討議します。また、発電所の設計や運転規則の変更の基本になると考え得る事故や故障や運転停止に関する報告を迅速に交換する機構を設定したいものと望んでおります。

安全性および環境への影響についての相互の関心とともに、日本と米国は平和目的原子力それ自体の円滑な開発により、より直接に関係した活動をそれぞれに分担しています。この協力は政府間ならびに産業界双方のレベルで見られます。日本の主要な原子力産業グループ5つのうちで、4つまでアメリカの産業界と重要なライセンス協定をもっております。少くとも一つは米国向けの原子炉容器を製造しております。米国の会社はまだ、「日本ニュークリア・フューエル株式会社」の共同所有者になっています。そして日本側はまた米国内のウラン採鉱に共同出資して参加しております。

注 ※ 日立（BWR技術に関しGeneral Electric Companyと）東芝（同じくG. E.と）三菱（PWRと燃料についてWestinghouse Corporationと）住友

(燃料サイクル開発に関連して United Nuclear Corporation と)

※※ GE社が日立，東芝と共同出資（比率は40：30：30）

米国を出発する少し前に，私はサンフランシスコで日本のウラン濃縮調査会の方々と，米国に建設される新しいウラン濃縮施設に日本が参加する方法について話し合いました。ご承知のように，これはいくつかの法的制約を含みます。しかしクソン政権は数次にわたり，そして幾つかの方法により，われわれとしては民間企業による民間原子力産業の秩序ある発達に対してもより大きな責任を喜んで持つものであることを示しております。そして，可能な限り外国も含まれるということは，故アイゼンハワ - 大統領により最初に発表された全世界に対する「原子力平和利用」の原則の精神においてであります。1年半ほど前，ガス拡散によるウラン濃縮において米国が先鞭をつけた技術を用いて将来のプラントを建設するための多国間協力の条件に関して話し合いがワシントンにおいて開かれ，日本からの代表団もこれに参加しました。1972年の初めに，米国は拡散方法そのものに関する相当の情報を発表いたしました。それは機器の写真や図を示し，また改良および拡張の費用・能力・見通しを要約しております。さらに最近になって，われわれが「第四番目のプラント」と呼ぶようになったプラントについて設計，建設および運転の概要を（機密解除の線で）発表しました。これは現存のテネシ - 州オ - クリッジ，ケンタッキ - 州パデユカ，およびオハイオ州ポ - ツマスにつぐものであります。

これら特別の出版物は数カ国に配布されていることをつけ加えておきましょう。日本と米国は，しかしながらいくつかのさらに専門化した情報交換をすることになっております。それらは，セラミック燃料・原子炉安全性・査察技術の研究ならびに開発や液体金属冷却高速増殖炉の基礎的情報——炉物理・特別な安全要求項目・ナトリウム技術，燃料および材料などにわたっております。これはすべて両国の協力協定により行われます。

もちろん近い将来，我々は今一つの重要な条約で日本と一諸になることを待っております。——それは多国間核拡散防止条約であります。貴国の政府はNPTに最初に調印した一つであり，そのすべての条項が発効するのはただ国会の批准を待つだけであります。国際原子力機関（IAEA）の最近の理事会において，NPTによる査察の協定が近くIAEAと欧州共同体，ドイツ，イタリ - ，ベルギー，オランダ，ルクセンブルグの間でそれぞれ調印されるという発表がありました。私はこの重要な一里塚に到達したことにより，日本がこの条約に対して望ましい行動をとるよう切に希望します。

日本と米国の間の協力関係の主なものをお話してまいりましたが，最後に私は日本が

1,000万 SWU の濃縮サービスを米国からうけるという最近の購入契約について少しく述べたいと思います。これは日本に濃縮ウランの相当量の供給を約束するものであります。——おそらく100万 kW の発電炉約20基分の初期炉心装荷に十分な量であります。最初に田中総理大臣ならびにニクソク大統領により、発表されましたように、それはまた両国間の貿易の不均衡を調整する点でもある役割りを果たすものでありましよう。そして、最後にこれは米国にとっても魅力的な取引であります、日本にとってもすばらしい時宜を得たものであります。つまり、3億2,000万ドルはAECが最近発表した濃縮料金の値上げが発効する前に支払われますので、この特別の先買いによりさらに節約ができることとなります。

コストの上昇は米国におけるエネルギー-図のさらにもう一つの面を私に思いおこさせます。それはここで申し上げる価値があると思います。これはすでに国際的な問題に関係しており——それ自身が国際的現象であり、またそうなるのではないかと思います故に、重要であります。エネルギー-生産コストの上昇について述べているのですが、それは顧客にとっては結果として価格の上昇になります。一部の人々が言っているように（あまり劇的にはないのですが）、低廉な動力の時代は終ろうとしております。

米国に関する限り、コスト上昇の一部はエネルギー-生産に対する新しい態度と環境保護の必要性の認識を示しております。汚染の制御・軽減の必要性が増大するにつれ、エネルギー-産業界全体はコストへの一連の圧力を感じてきております。より費用のかかる設計やより精巧な機器が料金値上げの申請に反映しております。プラント建設の遅延——これはかなりの程度環境への新しい認識に依るのですが——長期の金利および労賃、資材のインフレ傾向に影響を与えております。比較的汚染をおこさぬ燃料（例えば天然ガス、低硫黄の石炭および石油）をなんとか使用しようとするれば、またコストを大幅に引きあげます。——そしてそれはまた燃料供給に関して短期ならびに長期にわたる懸念を増大しております。この冬、米国の一部でエネルギー-危期が激しくもちあがりました。局所的且つ特別なエネルギー-不足が発生しました。米国の歴史においてこれまでなかった程にわれわれはエネルギー-問題を意識しました。が、この経験はわれわれに何の害も与えなかったと思います。結局のところ私はこのような問題に対する解答に楽観的です。公衆が認識するということが公衆が理解することにつながります。そしてそれにより容易に行動がとれることとなります。

原子力および各種化石燃料のそれぞれの役割が数年前にはだれも考えられなかった程、今日鋭く議論されています。中断される可能性もある燃料供給に益々依存することに対して、大衆および政府の関心が集まり、これによって充実した研究が積極的に進められています。



一歩進んだ計画に対して新しい重点がおかれております。——近い将来，やや先の将来，そしてさらに遠い将来にわたった総合的な計画であります。一般には「引き締め政策」がおこなわれておりますが，政府がエネルギー-研究ならびに開発に対し予算を増やそうとしているのは偶発的なことではありません。

先行した計画は米国において発展してゆく国家のエネルギー-政策の最も本質的なものであります。最近，政府は長期計画の早期かつ一貫した見解と，環境保護に関し特別の配慮をして，時宜に適した発電施設の建設を確保するように作られた連邦政府の発電所立地案を国会に提出しました。新しい発電所または送電線の認可申請は公衆がそれを評価し，法廷がその決定を審査する十分な時間があるように，建設開始の少なくとも3年前に提出しなければならなくなります。いわゆる，「ワンストップ」の申請が連邦および州の審査に対してなされることとなります。そして新プロジェクトを認可するかしないかの決定は，すべての連邦・州・および地域的な機関から，最初に申請がなされて18カ月以内に要求されることとなります。これらすべての考えを具体化する法律が今国会を通過することを私は希望しております。現行法規の下でAECの努力が成功した程度まで，このような施設の先行した計画も大いに進めるべきであります。例えば，我々の一般の規則を制定する手続きの主な原動力となるものは，ケース・バイ・ケースというよりは，できる限り包括的な基礎に立って原子力施設に対する多くの安全ならびに環境問題を解決することにあります。一般の人々は，彼らを待っているものを知ることができる自信のあるときにはより前方をよく見ようとするものです。暗闇の中では，ただじっと立って居ようとしがちです。

「前方を見つめる」ということは，濃縮サービスの契約方針における最遜表された変更の基礎となっております。多分ご承知と思いますが，新しい米国の基本方式は，米国内もまた国外の顧客に対しても同様に適用されます。アブラハム・フリードマン氏が明日新しい供給方針について話す予定になっておりますので，私は細かいことを申し上げません。私は日本の電力会社がわれわれの提案した濃縮サービス方式について表明された懸念を確かに承知しております。今週，私は日本の産業界の方々と数次にわたり討論いたしました。月曜日に聞かれた前田大臣および日本の原子力委員の方々との会合では，この問題の検討に午前中をすべて使いました。先週，サンフランシスコで私は藤波氏およびウラン濃縮調査会の代表者と会見しまして，AECの新しい基準の内容について討論しました。そしてもちろん，渡辺氏を長とする日本原子力産業会議の代表団は今週，原子力上下両院合同委員会に皆様方の見解を提示されます。——私は先行した計画の今一つの例として——AECの

新しい濃縮基準のもとになっている要因と考え方をここでお伝えしたいと思います。

最近、AECは今日から今世紀終りまでの原子力発電の新しい見通しをたてました。最良データに基づいて計画者は世界の需要予測を試みました。当然のことながら、全地球的なものよりは我が国自身に対する予測の方にはるかに自信をもっております。

これには、AECがかなりの努力を払い今回初めて、1985年以降の見通しまでたてたのでありますが——一般的結論は、非常に驚くべきものであるとは申しませんが興味あるものです。紀元2000年における米国の見通しによれば、原子力発電の設備容量が1,200,000MWe、これは米国の全発電容量の60%ということになります。この報告では米国以外の非共産圏の原子力発電容量の増加とほぼ同じ増加となっており、確からしい数字としては1,460,000MWeとなっております。現在からその時点までの米国の原子力発電容量に対する推定は二年前の予測よりやや低めとなっております。1980年に対する予測は約12.5%低く、1985年の数字は8.5%低くあるいは約9カ月ずれております。われわれはこれを主に現在の建設計画の遅れと需要増加率の僅かな減少に基く一時的な調整と見ております。

この新しい見通しの本当に興味をそそる部分は、他にもあります。それはこれらすべての原子力発電量の増加をさらにウラン鉱石および濃縮サービスの所要量で表わしております。そしてこれを一年毎および累積として行なっております。幾つの変数がこれに含まれているかを皆様は御存知と思います。もちろん、この推定は原子炉の形式、プルトニウム再循環の程度、増殖炉および転換炉の運転時期などに関連します。

かくして描かれた像は、高速増殖炉の重要性に関するわれわれの確信をますます強めることとなります。次の十年間に比較的低廉なウランが不足するという事はなさそうです。しかしそれをはるかに超えて供給をみたそうとすれば、商業的増殖炉を1980年代の後期には登場させるのが望ましいわけですから。

濃縮の需要に関する統計からわれわれの初期の推定も正確であることがわかります。三つのガス拡散工場の生産量を増加しようとするわれわれの各種の計画をもってしても、1980年頃には、それらの年間の生産量は年間需要量と一致するでしょう。予備生産量によりこのクロスオーバー点を2年かそこら延ばすことができます。しかし「第4プラント」は1980年代の前半のわれわれの事業計画にのらねばなりません。さらに「第5プラント」「第6プラント」もあまり遅れることはできないでしょう。そしてわれわれはガス遠心分離技術が長期の将来計画ではそれを含めねばならぬ段階に到達していることを知っています。

しかし、ここで見本的な事柄にまいります。これら新規プラントにどの程度の規模である

べきか？どのくらい早期にわれわれは新しく実施をすることができ、またすべきであるか？

私は「われわれ」という表現を用いておりますが、それは A E C 以外—— 米国政府以外も一諸に含めたいためです。A E C は数ヶ月前に現在のところそれ自身で濃縮プラントの拡張分を建設する意図のないことを表明しました。それは、民間がこの仕事を行うことができると確信しているからです。われわれは現行の法令の限界内で米国内の濃縮プロジェクトに外国が参加することを考慮できるかどうか再び繰返し考えました。しかも濃縮プラントは相当大規模な企画であります。民間投資はそれがアメリカであろうが、日本であろうが、また他のいかなる国であっても容易に加われることは期待できません。

敷地の選定も、発電所の敷地に含まれる理由とは異なりますが、複雑な問題です。天然ウランの経済性にあった資源も重要です。豊富な——つまり比較的安価な——電力もやはり重要です。米国の 3 カ所のプラントは現在、6,100 MWe の電力の確実な供給を必要とし、これは東京全域が現在必要とする容量とほとんど同じであろうと思います。

各新規プラントにはおそらく一千人近くの人員が必要となるでしょう。これはあきらかに大きな資本の投下を意味し、着工から最初の出荷準備完了まで約 8 年あるいはそれ以上を経過するであろうと算定します。

このような実施が必要になることを認識した上で、A E C はある程度前払い金を要求し、顧客（米国内も外国も）に濃縮ウランの実際の出荷よりかなり以前に確定した発注をすることを義務づける新政策を発表しました。われわれはこれは相当長期の見通しを必要とすることを知っております。しかしわれわれはそれが必要な協力計画の問題であることを分っております。まだ正式に発注していない発電所に対するウラン濃縮を発注する電力会社は、まだ建設されていない——あるいは多分そのような発注がなければ決して建設されることのない濃縮プラントからサービスをうけていることになるかも知れません。さらに、A E C はそのような契約はビジネスとして会計を行う基礎に立つ民有濃縮施設への移行を容易にすることを信じております。

確定実施契約に移ることにより、国際的コミットメントを受け入れることが可能になります。——即ちさもない場合には、国内につきつぎにでてくる需要に対して全供給量をふり向けるよう相当強い圧力の加えられる時期に外国で必要とされる原子炉用燃料に対する濃縮ウランの供給を保証することを可能にします。このことには今一つのさし込む太陽の光があります。それは供給と需要がより確実に一致することによりはるかに能率を向上する可能性があります。新しい契約方式が安定化につながるようになれば、誰もがこれを喜ぶことは確か

です。

国際協力が相互に利益をもたらす方法は数多くあります。私はいくつかの目立った事柄や例に対してのみ意見を述べたことを繰返し申さなければなりません。例えば、原子炉標準化の将来性ある利点を時間があれば単に指摘するだけでなく申し述べたいと思います。工学的進歩に対し重要であるイニシアチブまたは競争を制限することなく、標準化された原子炉の方向への動きは、安全性・計画・原子炉の経済性・信頼性そしてなかんづく増加した大衆の自信に対する恩恵となり得ます。同様に、あらゆる種類の新しい研究に関する情報の交換は多くの恩恵をもたらします。それは費用のかかる重複を避け、新鮮な思考を刺激します。

私はエネルギー-保存の原理や技術のあるものについてはあなたの方が先生であろうと思います。あなた方は現存のプラントに対し新技術をそれらが利用できるようになると期及して適用するよう活動におけるわれわれの実際的経験から学ぶことができます。わがA E Cの拡張された憲章の下で、原子力以外の問題もあります。皆様は新しいエネルギー-貯蔵方式・超伝導送電線・乾式冷却塔およびエネルギー-問題に対する高尚なアプローチなどのわれわれの仕事に興味をもたれるでしょう。

これに関し私は確信しております：

日本と米国は歴史上のいつの時代よりも、今日原子力の平和利用の分野でより緊密に、より生産的に協力しております。しかもわれわれはなにが可能であるかを探求しはじめたばかりであります。少くとも比喩的にはわれわれ同じ言葉で語っております。そしてわれわれがつづけて頑張ることが重要なのであります。

## 午餐会における内閣総理大臣所感

(総理大臣の代理出席) 国 務 大 臣  
内 閣 官 房 長 官

二階 堂 進

ただいまご紹介いただきました二階堂でございます。本日のこの年次大会に田中総理大臣が出席いたすべきでございましたが、先程、会長からのお話もありました通り、国会開会中でありまして出席できなくなりましたので、私が代わってご挨拶におうかがいいたした次第でございます。

ご挨拶を申し上げます。

本日、ここに海外諸国から多数の原子力権威者のご参加を得て、第6回原産年次大会がこのような盛大に開催される運びとなりましたことに対し、心からお喜びを申し上げます。

本席を通じて、わが国を取巻く資源・エネルギーの問題に関し、所信の一端を申し述べさせていただきます。わが国の資源・エネルギーに対する需要は、経済社会の発展とともに、今後ともますます増大していくものと見込まれております。しかし、一方、供給面をみますと、対外依存度の急上昇、OPEC諸国をはじめとする資源保有国におけるナショナリズムの高揚、世界的な需要増大による資源の有限性の問題などにより、今迄のように豊富低廉な資源エネルギーの供給を確保することは次第に困難となってきております。とくに石油について、このような情勢が世界的規模で尖鋭化しつつあり、その安定供給の確保及び備蓄の増強が緊要の課題となってきております。また、国内においてはわが国の経済社会が従来のような資源エネルギーの消費と供給のパターンを前提として拡大を続けると仮定いたしますと国民の望む良好な環境の保全は極めて困難になるものと憂慮されております。このような内外情勢に対処して、第一に、国際協調を基本とする資源エネルギーの安定供給の確保、第二に、使用エネルギーの無公害化、第三に、省資源・省エネルギー化の推進を三つの柱として新たな施策を総合的に展開する必要があります。わが国の資源エネルギーの安定供給の確保をはかるためには、まず世界の、資源需給の安定に積極的に寄与するという理念のもとに、資源保有国である発展途上国に対して経済協力・技術協力を強化するとともに、海外資源開発のための先駆的調査を実施し、開発体制を整備強化することが必要であります。国としても、石油開発公団等を通じ、金融措置の拡大、技術力の強化、情報収集体制の整備をはかる

とともに、探鉱開発リスクの軽減のための措置を強化してまいります。また、わが国の陸域および大陸棚における資源開発も積極的に推進するほか、海外開発に対しては、供給地域の分散をはかることが必要であります。さらに、資源・エネルギーの備蓄、流通施設の整備および安全輸送の確保を促進するため、石油備蓄量については、現在の約45日分を、昭和49年度までに60日分の水準に引き上げることを目標といたしまして、所要の施策を推進する必要がありますし、石油パイプライン等基幹エネルギー輸送網や地域暖冷房など熱供給諸施設を整備していくこともまた急務であります。また、資源、エネルギーの多様化をはかるため、原子力発電については、昭和60年度約6,000万KWの達成を目標として、諸施策を計画的に推進してまいります。すなわち、海外ウラン資源開発を積極的かつ効率的に行うとともに、ウラン濃縮、再処理、廃棄物処理等について合理的な核燃料サイクルを確立することが必要とされております。とりわけ、濃縮ウランの確保のため、国際協力を進める一方、長期的には、その国産化をはかるため国の主導による自主技術開発を推進することが必要であります。第2は、使用エネルギーの無公害化であります。資源・エネルギーに関する環境汚染を防除するためには省資源、省エネルギー化の促進、クリーン・エネルギーへの転換が行われなければなりません。しかし、当面さし迫った硫黄酸化物による大気汚染等の公害を防除するために、各種脱硫装置の設置を促進するとともに、低硫黄原・重油、液化天然ガス等の確保につとめ、さらには、石油精製パターンの軽質化、熱供給事業の推進など、低硫黄化対策を推進してまいります。このため財政、金融等の所要の措置を講ずる必要があります。また、原子力発電につきましても、環境放射能を出来るだけ少なくする等、環境の保全、安全対策を十二分に講ずることが必要であると考えております。第3は、省資源、省エネルギー化の推進であります。このためには、産業構造を知識集約化するとともに資源・エネルギーの節約、再利用に関する技術開発等を推進することが一層必要となつてきております。最後に、電源立地の円滑化について一言いたします。ご承知のとおり、わが国の総エネルギーの約三分の一は電気エネルギーに転換して利用されており、また、その比重は今後増大していくものと思われまゝ。一方、電源開発は環境問題を起因として、立地難に直面し、このままでは電力不足が懸念される事態にあります。これを回避するためには、まず電源の適正立地の必要性について、国民の理解を深めることが緊要であります。さらに電源開発に伴う公害防除、安全確保の強化のため、火力発電については、各種公害防止施策を強力に推進するとともに、原子力発電については安全対策、環境対策強化のため、審議機能の充実、安全研究の推進、合理的な監視体制の整備を行うとともに、原子力の安全性について、国民

的理解を深めるより努めることが大切であると考えます。さらに、電源立地の円滑化をはかり、合わせて電源周辺の地域住民の福祉向上に資するため、温排水利用による養殖漁業など多目的利用発電システムの採用を推進する必要があります。なお、政府といたしましては、電源立地の円滑化をはかるため、現在、火力発電所、原子力発電所が立地する地域の環境整備を促進するための法案を今国会に提案することといたしております。

終りにあたりまして、日本原子力産業会議の今後の一層のご発展と皆様方のご健康をお祈りして私の挨拶とさせていただきます。

昭和48年3月7日

内閣総理大臣 田 中 角 栄

セッション - 1            - 特    別    講    演 -

議    長            石    原    周    夫    氏 (日本開発銀行総裁)

講演            「エネルギー危機と日本の対応」

講演            「アメリカにおけるエネルギー・クライシス」

講演            「エネルギー政策について」



## これからのエネルギーと資源問題

### 一「エネルギー危機」とエネルギー政策一

日本エネルギー経済研究所

所長 向坂正男

#### 石油時代における「エネルギー危機」

人口の増加と経済水準の上昇によって、世界のエネルギー消費は根強い増勢をつづけると予想される。いま世界のエネルギー消費が今世紀中年率5%程度の増加をつづけるとすると、今世紀中の累積消費量は石油換算で3,340億トンに上り、過去30年間のその4.6倍に達する。これだけのエネルギーをひきつづき供給しうるかどうか。そのおよそ半分は、石油、天然ガスの供給で充足されることとなるが、はたしてそれが可能であろうか。既存油田のほか、おそらくシベリア、カナダ、アラスカなどの北極圏や深い大陸棚の海底にある油田、ガス田など、多くの困難をともなう開発、あるいはタールサンド、オイルシェール、石炭などから合成されるコストの高い燃料などを加えることによってはじめて、消費が充足されることとなる。同時に、原子力利用への依存度を急速に高めることなしには、世界の増大するエネルギー消費を充足することができないだろう。とくに高速増殖炉の開発や核融合エネルギーの制御に期待するところが大きい。

一方、エネルギー消費が老大な量に上るにともなって、環境破壊が大きな問題となっている。エネルギー消費にともなう環境破壊を最少限にとどめる技術の開発が必要であることはいうまでもないが、いま世界のエネルギーの6割以上を消費している工業諸国におけるエネルギーの浪費をあらため、その効率的な使用を促進する技術やシステムを開発することが一そう重要であろう。エネルギー供給源の多様化とエネルギーの有効利用の促進は、エネルギー不足を解消する上で工業諸国に課せられた国際的責務である。

しかしながら、ここでとりあげようとする「エネルギー危機」は、もっと直接的に1970～80年代の石油時代における「エネルギー危機」、つまり石油および天然ガスなどの化石燃料資源の供給条件にかかっている。

世界の石油消費は年率6～7%で増大する。これに対応する石油生産をつづけることは、現在の確認埋蔵量からみて、70年代は可能であるとしても、80年代の増産にそなえるためには、今後年間30～50億トンの追加埋蔵量を発見していくことが必要である。このこ

とは決して容易ではない。

#### 石油供給体制の不安定化

石油時代における「エネルギー危機」は、基本的には石油資源の追加埋蔵量が必要なだけ発見しうるかどうかにかかっている。しかし、それが実現したとしても世界の消費を充たすだけの供給が安定的に確保されるかどうか問題である。現在の世界の石油供給体制にはいくつかの不安定な要因がある。これらの要因の発現いかんによっては、石油不足による「エネルギー危機」が生ずることを、十分に認識しておく必要がある。

- (i) 石油供給の不安定要因として、まず第1にあげられるのは、石油供給構造に大きな変化がおこっていることである。それは産油国政府が石油産業に対する徴税人の立場から石油産業を自から control し manage する主人公の地位に立とうとしていることに起因する。産油国に抬頭するナショナリズムを背景に、各産油国は石油産業の国有化、事業参加、資源保存などさまざまな政策展開によって、石油産業に対する統制力を強めつつある。これは押しとどめることのできない歴史的な潮流とみるべきである。しかしその過程において、産油国における政情の不安定、また政治的ないし経済的要求を達成する手段に石油供給条件を利用しようとする一部の傾向は、消費国に対して石油供給の確保に不安感を与えていることは否めない。

一方このような事態の進展は、国際石油資本の石油支配力の後退を招いている。これまでメジャーズの保有していた供給弾力性と需給調整力は漸次弱化しようとしており、その産油部門における超過利潤の消失は資金調達力を低め、石油資源の新規開発力を弱める。消費国に対する石油の長期供給保証はメジャーズの力を超えるものとなってきた。これまでメジャーズの安定供給に頼ってきた消費国は、将来の供給確保について不安に陥らざるをえない。

- (ii) 不安定要因の第2は、アメリカのエネルギー不足がもたらす国際的影響である。今後長期にわたって増大が予想されるアメリカの石油輸入は、世界市場へ強烈な impact を与えるであろう。ここ数年に予想される輸入急増は国際的な石油需給逼迫をもたらし、他の消費国の供給確保を困難にするかも知れない。さらに長期的にみて、アメリカはアフリカ、中東から大量の石油を輸入することになるだろう。アメリカ政府およびアメリカ系メジャーズがもっているサウジアラビア、イランなど大供給国に対するつよい影響力を行使して、他消費国に先がけて、かれらの石油を確保する挙に出るのではないかと、という不安を消費

国によびおこしている。このことは、エネルギー不足による安全保障上の欠陥を何としてでも克服しようとする意識がアメリカ政府につよだけでなく、よけいにそのような作用をおこしがちである。

このことは、消費国をして石油供給の確保への焦りを感じさせ、産油国への接近政策をつよめる行動にかり立てる。このような状況から、消費国は、アメリカが国内資源開発の促進と資源外交の展開について、どのような新政策を打ち出すかを注目している。

(iii) 第3の要因は、石油をめぐる国際 friction のおこる可能性である。消費国はその必要とする石油を確保するために、これまでと同様、いぜんとして世界的な供給源をもつメジャーズの強い供給力への依存をつづけることになるが、他方では将来増大する産油国原油の獲得をめぐる消費国間にはげしい競争が展開される可能性がある。ヨーロッパや日本は、産油国原油の直接取引、油田開発や石油産業の共同事業などの package deal , それを back up するための政府ベースの経済技術協力の展開を進めるだろう。アメリカはメジャーズの石油支配力をできるだけ温存することに利益を感じ、同時に対アラブ外交関係を改善し、とくに二大供給源であるサウジアラビア、イランに対する軍事経済援助をつづけ、情勢の展開によっては産油国との package deal の展開を進めるにちがいない。ソ連は、主要工業国に対する石油の主要供給源としてのアフリカ、中東に対して政治的影響力をつよめ、それによって、アメリカに対する外交上の交渉力をつよめようとするであろう。

このような消費国間およびソ連の産油国接近政策の競争は、原油価格を合理的な程度以上に引上げるのみではなく、産油国における政治的変動と、産油国間におけるフリクションをもひきおこし、石油供給を不安定にする可能性がある。また1975年のテヘラン協定終了以後、消費国間の石油獲得競争いかによっては大幅な（インフレリンク以上）値上りがおこる可能性がある。これは工業諸国にとっても大きな問題であるのみでなく、産油のない開発途上国はいっそう不利な影響をうける。

(iv) 第4の不安要因は、産油国の資源保存政策である。原油価格の上昇、産油国の石油産業国有化、事業参加の実現、消費国の石油輸入の増大は、世界のマネーフローと各国の国際収支に大きな変化を呼び起す。OPEC 加盟の11産油国は今後10年間に、消費国の石油輸入所要量を充たすだけの原油を増産したならば、おそらく5,000億ドルの産油収入をもつだろう。そのうち多くの部分は、国内の経済社会開発資金に充当され、また工業国からの消費財や資本財の輸入にあてられるだろう。しかしアラビア湾岸の一部の国には多

額の余剰外貨が蓄積される可能性がある。たとえば、サウジアラビアは、われわれの推算によると1983年までの10年間に約1,500億ドルの産油収入がある。そのうち半分が国内開発に支出されたとしても、約700億ドルの余剰外貨が蓄積されることになる。産油国は今後自国の経済・社会開発のための資金の必要性和石油資源の賦存条件を勘案しながら、原油の生産計画を決定する政策をとるにちがいない。消費国の増大する石油需要をみたすためには、中東、とくにサウジアラビアにおける大巾な原油増産が不可欠であるが、それが実現するためには、産油国の経済社会開発への工業国の協力が何よりも重要な条件である。同時にヤマニ石油大臣の提案のように、彼らの余剰外貨の有利な投資先をみつけることが重要な要件であろう。

将来中東に生ずる巨額の余剰外貨の活用は、消費国の石油確保の観点から必要な事業であるだけでなく、さらには南北格差の解決にとっても重要な課題となる。工業諸国の貿易収支の黒字、開発途上国の赤字、前者からの援助という従来との関係は、将来工業諸国の石油輸入の増大によって工業諸国（とくにアメリカ）の貿易収支赤字と非産油国の赤字のいっそうの増大、産油国への黒字集中という関係に変わるであろう。将来、中東に生ずる余剰外貨を開発途上国への援助に向けるために、つまり南北問題の解決に向けられるような国際的基金が必要になるかも知れない。

#### 「エネルギー危機」と国際協力

これまで述べてきたことから、「エネルギー危機」の打開のためには、国際的な相互理解、政策の調整、協力体制の確立が不可欠なことが理解される。しかしそれぞれ国には、ナショナルな要求があり、また相互に歴史的な関係がある。したがって国際的な協調による「エネルギー危機」の打開は、さほど容易なものではないことも明らかである。

国際協力によって「エネルギー危機」を打開するためには、消費国間および産油国対消費国相互の事情の理解を深めることからはじめ、双務的あるいは多角的な協議の場、ないしは国際間協力体制の確立、そのために、専門家の意見交換から経済界や政府首脳による協議にいたるまで、いろいろの段階での多くの努力を積重ねてゆくことが必要である。

国際協力をすすめるに当たって、いま2つの方向提案がおこなわれている。1つは消費国間の協調、他は産油国と消費国との協調である。両者は本来互いに排除するものではないし、両者とも必要であると考えられる。問題はそれらの目的と内容の明確化である。

消費国政府間の協議は、これまでOECDのエネルギー委員会と石油委員会を通じておこ

なわれてきた。また産油国との交渉に当たっては、必要に応じて主要石油会社との連絡もとられた。今後さらにこれらの機関に加えて新たに消費国機構をつくる必要があるだろうか。むしろOECD 委員会などにおける協議内容を明確にし、それを拡充することが重要であろう。

とくにこのような消費国間の協議が、OPEC に対抗して、その要求を抑制しようとする消費国同盟のような立場をとるものでないことを明らかにすべきである。

産油国と消費国との政府ベースでの協議についてはその有効性に疑問を呈する意見もあるが、できるだけ早く、このような協議の場をつくる必要があると考えられる。話し合いの内容は、相互の立場についての理解を深めることから相互に関係する問題、さらに開発途上国に関連する問題を含めて、世界的な問題についての意見交換、解決策の方向の探求に及ぶことができるだろう。この場合、いきなり政府ベースでの正式の国際会議をもつことが無理であるならば、学者、研究者など専門家による自由な意見交換からはじめることも考えられる。

これらの討議に当たっては、今後の石油問題が石油資源をもたない開発途上国にどのような影響を及ぼすか、彼らの経済発展に犠牲を与えず、その発展と何らかの調和しうる方策があるか、について十分な配慮が必要であると考えられる。

## アメリカにおけるエネルギー・クライシス

アメリカ原子力産業会議  
理事長 C. ロビンズ

貴国を来訪し、貴原子力産業会議の今回の極めて重要な第6回年次大会に参加致しますことは、私にとって非常に喜びでございます。今迄の年次大会の成果について、いろいろ見聞きしてまいりましたが、それが非常に有益であったことは、今更申し上げるまでもございません。今迄の会議では経験やアイデアの交換がなされ、環境上受け入れ得る、信頼性のある、安全かつ経済的な原子力に向って前進するのに役に立ってきました。

私はまた、私の家内が一緒に訪日出来たことを嬉しく思います。彼女は国連について、国連の発足以来いろいろラジオ・テレビの放送担当をしてまいりました。その意味で、国際関係についていろいろ長きにわたり研究してまいりました。大学・政府その他専門家などのグループにおいて、国際関係についての講演をしてまいりました。彼女の関心は、国家は、平和的な手段によって国家間の相異点を解決するために共に努力すべきであり、またあらゆる人々の生活を進歩させるための方法を見つけ出すことに協力すべきであるというところにあります。そのような次第で、皆様方の関心、彼女の関心そして私の関心は類似して居ります。

私が初めて貴国を訪門したのは、1957年5月に行なわれた貴会議の原子力エネルギーの平和利用に関する第1回会議でした。皆様方の多くの方が思い出されるかと存じますが、あの会議は貴原子力産業会議並びに米国原子力産業会議が共同して開催したものでした。30名以上の私共の会員が米国から参り、あの会議で御話し致しました。世界のこの関係の16ヶ国の代表が、貴国の主要な産業界並びに政府の1,500名位の人々と一緒に、東京、大阪、名古屋で行なわれた数日間の会議に出席致しました。

この会議の共催者として私共の国からの参加は、1956年9月にシカゴで行なわれた原子力産業会議の年次会議中に準備されました。その会議には貴国から20名位の方が参加されました。私は貴国の数人の方と私共の事務局員とがお話したのははっきりと思い出しますが、その時に貴方が次の年の春に開催しようとしていた会議への参加御招待をお受けしたのであります。その時の会議には、故大屋氏並びに松根、井上、木川田、土光、前田の諸氏、故大西氏、そして坂本、島村の諸氏が居られました。

アメリカ側からは、1953年に原子力産業会議の創立に際し個人的に多くの責任を負われ、初代会長を勤められたデトロイト・エジソン社のウォーカー・シスラー氏、アルフレッド・イッドルズ氏 — 彼はバブコック・アンド・ウィルコックス社社長でもあり、後に原子力産業の会長を勤めた方です — 他に2～3名の方がその会議に出席致しました。シスラーおよびイッドルズの両氏は、続いて5月に東京で行なわれた貴会議に出席した米国人の中にも入って居りました。

私共は、貴会議の第1回会議を、後に貴会議および東京電力の会長をされた菅氏が司会されたことを思い出します。同会議には、貴会議副会長をされていた植村、大屋および杉の三氏、電力業界から松根、堀、井上、岸田、太田垣および高井の諸氏、他に製造業および工業界からの役員の方々が参加されて居りました。私は、同会議の計画に当って居られた橋本氏に初めてお会いしました。そして私の彼に対する敬意、賞讃並びに愛情を表したものであります。長年にわたり私共は親密な連絡をとって参り、ずっと以前から私は彼のアイデアおよび判断を尊重して居るものであります。また、貴会議の森、末田および石崎氏並びに他の方々との関係は非常に良いものであります。

私はまた1961年12月初旬、東京で開催された第2回日米原子力産業会議のことも思い出します。主だった原子力関係の人々が米国から再び参加致しましたが、彼等は会議の組織および内容に感銘し、またいくつかの貴組織の方々との会合を喜んで居りました。事実、会議とは別の会合が会社-対-会社の取り合わせを持たらすことになったのでありますが、こういったことは相互に有益であったことは議論の余地がないところであります。政府間では、米国原子力委員会の著名な一員であるロバート・ウィルソン氏が、米国は濃縮ウランの供給に関する長期契約を結ぶ意向である旨発表致しました。

1961年のその会議以降、原産に居ります私共は、貴国の代表の方々と数多くの会合を持って参りました。日米両国の原子力産業会議が密接な関係を維持してまいりました。また、我々二つの産業会議はカナダやヨーロッパの同様な原子力団体との会合にも参加してまいりました。

#### 米国の方針：エネルギーおよびより良い環境

現在、世界の工業国はすべて今日の、また将来のエネルギー供給の問題に直面して居ります。且つすべての工業国は環境に関する難問をかゝえて居ります。すべての国は、もっと多くのエネルギー並びによりよい環境を欲して居りますが、我々はこのことを達成するのは容易でないことを知りつゝあります。

日本では、過去長期間にわたりエネルギーが不足して居り、自国の水力資源および石炭資源を利用し、また海外貿易で得た通貨により他国から石油生成物並びに石炭を購入して来て居ります。世界中の国々は、貴国の急速に膨脹していく経済に必要な燃料をなんとか獲得して来たその勢に驚嘆せざるを得ません。

他方、米国は、石炭、石油、ガス、ウランおよびトリウムといったエネルギーにはかなり恵まれて居りました。しかしながら、私が指摘するある種の理由から、私共はエネルギーの危機に陥りました。そして私共は、この数年間、原子力は勿論その他のあらゆるエネルギー資源を使用したエネルギーの生産を増大するのに難渋しなければならないでしょう。私共のあらゆる努力にも拘らず、私共は世界市場から多量の石油を購入しなければならないことは疑いのないところであります。この後者のような状態にあっては、私共は貴国並びに欧州諸国と競合することになるであります。

皆様方も私共も環境に関する問題を忘れ去ることは出来ません。日本の国の美しさ、自然の景観または造形の美、これらは日本の皆様方の秩序と調和の中からはぐくまれたものであり、環境に対して支払われた皆様方のご配慮の程が立証されていると思います。貴国の主要都市における空気の質を改善しようとする多年にわたる皆様方の努力が、貴国民の生活条件を改善する方向に向って前進していることは確かであります。米国では、私共は環境を改善するため更に2倍の努力をしようとして居り、既にその成果を徐々に見つつあります。

人類と自然は破壊者と建設者の関係にあり、時代の初めから“汚染者”と“清掃者”でありました。洪水、旱ばつ、地震、火山噴火、津波といったようなものは確かに自然による破壊であります。しかし人類もまた巨大な“汚染者”でありました。

**汚染は人類と同じ位過去からあったものである**

我々皆が気づいている通り、人類は環境に意を注ぐべきでしたが、注意を払いませんでした。多分人類が自分の環境問題に直面したことの初めての記録は、神聖ローマ帝国の時代に古代ローマ人が空気の汚れを告訴したものでありましょう。

1306年イングランドのエドワード王一世は、職人に炉で石炭をたくことを禁止しました。一人の違反者が打首にされましたが、間もなくこの施行令は消滅しました。しかし、後のエリザベス女王一世は議会の会期中石炭をたくことを禁止するというより選択的な方針を取りました。17世紀末期に別の英国人ジョン・エヴリンは、「暗いロンドン」を「ギリシャに破れたトロイの図」になぞらえました。エヴリンはその実状に非常に残念がらして、ロンドンの大気と煙について小冊子を書いて居ります。この中で彼は、良い香りのする



木や植物を植えることを提案し、そのかんばしい、こゝろよい芳香の発散が我々の感覚をうっとりさせ、また空気を清浄にするであろうと書いて居ります。我々は彼の提案が採用されたかどうかは知る由もありません。

#### 環境およびエネルギーに関する多数の法律

米国におきましては、環境問題がうかびあがってまいりましたのは、3年位前でありました。1969年1月、カリフォルニア州サンタバーバラの美しい市から少し離れた油田から多量の原油がサンタバーバラ運河にこぼれ、周囲地域の海岸に流れ出した時、汚染行為に公衆の注目が集まりました。汚染の他の例は新聞に広く報道されました。これらが刺激となって政治的な立法化への要求がかりたてられました。

汚染を規制する初の重要な法律は、1969年の国家環境保護法でありました。当時は非常に簡潔な規制法令として発足したものが、次第にふくらんでまいりまして、すべての環境分野を含むような政令に成長して、近代まれにみる立派なものとなりました。その産業へもたらす影響は非常に大きなものでございます。

米国には「法律とは立法者のいようなものではない、法律とは裁判官が解決するところにより決まるものである。」という諺があります。このことは、国家環境保護法については真実であります。連邦裁判所は今では有名な判決となっておりますカルバート・クリフス事件におきまして、広義にこの法律を解釈いたしました。すなわち、すべての政府機関で、新設計画によって影響をうける場合は環境報告を提出すべきであるという義務を与えました。原子力計画に関するものの環境報告は、原子力委員会に提出されることとなりますが、原子力委員会は環境に関する原子力の与える影響を報告書として作成することが義務づけられております。

汚染および環境問題を扱った他の法案は連邦並びに州レベルで提出されました。このような環境法案と同時に、エネルギー問題についての法案も非常に増加して参りました。現在国会で提出されています法案は天然資源省の設立を勧告する法案でございますが、この天然資源省は原子力を含むあらゆる連邦のエネルギーに関する活動を含むものであります。

また国会の通過を待っております法案は、一これはエネルギー省の設立案とは無関係ではございませんが一エネルギー政策審議会の発足を促すものでございます。これは大統領の諮問機関で、国家経済審議会および環境審議会に匹敵するものでございます。この新しい機関は3人で構成され、この3人がエネルギー政策の立案、取分け長期エネルギー計画の作成に関し大統領並びに国会に助言するものでございます。

政府はここ2・3年，エネルギー事情について熟考して参りました。大統領リチャード・ニクソンは，私共の多くの人々が期待している特別な勧告付きの，極めて重要なエネルギー政策に関する声明文を作成中でございます。この報告書は間もなく発表されるであります。私は，米国のエネルギーについての窮状を解決するのがニクソン氏の政治の主な目標であろうと信じて止みません。

国会の委員会によるエネルギー問題の検討およびホワイト・ハウスにより提起された問題の他，民間グループも独自の研究並びに国家的な活動を行なうべしとの勧告を行なって来て居ります。このような研究の中で最も広範囲にわたっているものの一つが，国家石油審議会により完成したばかりでございます。それは「米国のエネルギー展望に関する報告」と称されるもので，ガス，石炭および原子力産業会議の代表者を含む原子力界の代表者の協力と参加を得て1年余をかけて手がけたものでございます。

別の報告書が石油，ガス，石炭並びに原子力産業協会の代表者により作成されて居ります。その報告書は，調整のとれた国家のエネルギー政策を勧告して居ります。

フォード財団が別の研究に出資して居りますが，これもまた公衆並びに政府からかなりの注目を集めることは間違いのないと思われませんが，その報告は数ヶ月以内に発表されるであります。

他に，エジソン電気研究所，全国石炭協会，全国ガス協会およびその他の所（依頼を受けて研究を行なう調査機関）でも研究が行なわれて居ります。

#### 米国におけるエネルギー資源

米国は豊富な且つ多種のエネルギーを持っている点においては仕合わせであります。国家石油審議会が1970年の消費量と比較して，下記の通りエネルギー資源を発表して居ります。

エネルギー燃料	1970年の米国消費量	現在埋蔵量
石油	$5.4 \times 10^9$ バレル	$346 \times 10^9$ バレル
天然ガス	$22.7 \times 10^{12}$ 立方フィート	$1195 \times 10^{12}$ 立方フィート
石炭	$519 \times 10^6$ トン	$394 \times 10^9$ トン
ウラン*	$7 \times 10^3$ トン	$1.1 \times 10^6$ トン
油頁岩	0	$188 \times 10^9$ バレル

\*注 ポンドあたり10ドル以下

1980年代に増殖炉がうまく利用出来るようになれば，ウランおよびトリウムのエネルギー

ギーは大幅に伸びることになりました。もう少し先の時代においてエネルギーを供給する他の可能な方法は、核融合炉、太陽エネルギー、潮流エネルギー、地熱エネルギー、水素を得る水の分解によって得られるエネルギー、あるいは微生物により動力を得る生物電池であります。

### 米国に何故エネルギー危機が存在するのか？

豊富なエネルギーがありながら米国にエネルギー危機があるということは実際理屈に合わないことであります。私共は何故この不安な状態にあるのでしょうか？これを説明するいくつかの理由は：

1. 米国では、石油及びガス産業は近年大量の資本投下をすることを躊躇しています。掘さくを行ない、輸送をし、石油の精製を行なうとしても、世界エネルギー市場が非常に予測し難いため、そのような資本投下を無駄だと考えておるわけであります。米国において石油およびガスを発見するためにはより深い所を必要とし、従って穿孔の費用は益々重み、しかも新しい井戸からの産出量は中東地域に比べて少量であります。そこで国内の生産者は、彼等が国内の埋蔵資源からの生産を増大しても、価格の面で輸入燃料に匹敵するという何等かの保証を得るまでは、必要な多額の投資をすることが出来ないのだということに安んじていたのであります。
2. 石炭の生産は、鉱山健康安全法および環境上の要求により制限されて来ました。従って、収支がかりうじて平衡していたような鉱山が、いくつか閉鎖されました。別な要因は、鉱山労働者を引きつけることが、益々困難となっていることであります。石炭産業の収益性が低いことおよび適当に収益のあがる産業としてその将来性に乏しいことのために、石炭産業への新規投資が低下していることも、別の困難な問題でございます。
3. 天然ガスの生産は需要に追いつくことは出来ませんし、その埋蔵資源も減少して居ります。連邦動力委員会は、数年前天然ガスの価格を不自然な、非現実的な処に設定致しました。この時点では、天然ガスは余る程ではないにしろ、豊富にありました。この価格が、産業界の使用者、電力界の利用者およびその他の利用者を、この非常に誘感的な燃料へと走らせたのであります。しかしながら、この豊富な天然ガスもやがて枯れ始めて、過去5年以内に発見された新規の資源は消費に及ばなくなってしまいました。その他の燃料も価格が高騰し、その結果、ガスへの願望をつのらせました。しかし、ガスの埋蔵資源は上昇しませんでしたので、私共は現在危険な状態に直面しているのでございます。ガス事情が今日苛酷な状態にあり、また何ヶ月間も苛酷な状態が続いて来ましたので、ガス会社は、新

規の顧客を引き受けることを断って居ります。連邦動力委員会が価格形態を多少緩和しましたので、このきれいな、最も望ましい燃料への探掘が増加し始めてきて居ります。

4. 国家的な環境活動が、エネルギーの生産を制限してしまいました。例えば原子力発電プラントは、反対側の妨害のため1年から4年位の遅れを出して来て居ります。現在、原子力発電所の申請者は環境報告書を提出しなければなりません、この報告書が事業者のプラント用地の獲得を遅らせ、また建設認可および運転許可を得るのを遅らせて来て居ります。環境運動があらゆる産業に影響をおよぼし、価格の高騰を併なって生産者および需要家に重苦しい負担を強いることになって居ります。
5. 原子力発電プラントは複雑な、また時々矛盾した許認可業務のために、エネルギー供給というその十分な貢献をすることが妨げられて居ります。この理由のあるものは環境についての配慮であります、多くは安全性のような他の理由によるものでございます。新しい条令が発行され、また既存の条例は修正されます。初めの建設決定から最終の安全解析報告書に至るまでの際限ない報告書を作成しなければならないために、プラントの運転開始が遅れ、あるいは全出力以下での運転を強いられて居ります。

将来の石油の輸入費用は莫大なものとなりましょうし、我々の貿易収支に重大な支障をもたらせることになるででありましょう。

1970年に米国は21億ドルぶんのエネルギーを輸入したのに対し、今日では約50億ドルに達しています。1980年迄には180~240億ドルに増大するでしょう。これに対して日本では、1970年に31億ドルのエネルギーを輸入し、1980年迄には120~160億ドルになるものと予想されています。さらに、ヨーロッパでは、1970年に85億ドルの石油を輸入し、1980年には230~310億ドルになるだろうということです。

国家石油審議会の報告では、米国におけるエネルギーの供給と需要を均衡させる三つの政策選択が提起されて居ります。それらは：

1. エネルギーの要求に見合った拡大輸入による。
2. エネルギー需要の伸びを低下する方法を探す。
3. 国内資源の利用を増加する。

疑いなく私共の国家の決定は、上記の各項をある程度かなり実質的に追求することでありましょう。エネルギー事情について私共に関係のある一つの反響は、世界エネルギー会議の米国委員会の会議でございます。この会議は、「明日のエネルギーのための今日の活動」と

題してワシントンで3月19日、20日に開催される予定であり、主要な産業および政府役員が出席することになって居ります。会期の最後は、米国がどのような国家エネルギー政策を採るべきかについての円卓会議に当てられるであります。

私はウォーカー・シスラー氏から、来年ミシガン州のデトロイトで行なわれる世界エネルギー会議のことを皆様に思い出していただくようにと依頼されて参りました。この会議のため大掛りを計画並びに準備が、この世界機構の50周年記念日を目指し進められて居ります。私は皆様方のうちの多くの方がこの行事への出席を計画されることと思います。

### 米国におけるエネルギー危機

我々の工業化された社会での生活は、益々複雑になり、急速に進歩し、需要も増大しつつあります。国家の政策および決定は、妥協や困難を経て到達されるものであります。そして国家の決定を履行するのに要する時間は長く、また何時でも高価なものであります。国家の要求するものおよび方針を認識することに失敗したり、あるいは我々の決定ないし行動が余りに遅きに失したり、あるいは決定や行動が後に不適當であったと判明した場合には、国民に対してひどい重税を強いることとなります。米国の直ぐ近い将来におけるエネルギー事情は、危機の段階にあります。将来のエネルギー不足を長期にわたって避けようとするならば、直ちに決定を下さなければなりません。それでは我々が探し求めているものは何なのでしょう。か？米国で我々が直面している問題および着手しなければならない行動は、次のようなことになるであります：

1. 国家のエネルギー政策は、次のような問題に解答を与えるものとして、合意されなければなりません。
  - (a) 米国のエネルギー需要に対し自国の資源によりどの程度まで供給を期待出来るか？その残りの需要を国外からどの程度まで得られると期待出来るか？
  - (b) エネルギー産業が、増加しつつある国家のエネルギー需要をまかなうのに必要な資本をどの位集められるか？
  - (c) エネルギー開発に関する研究開発費を米国がどの位投資すべきか？  
民間企業はどの位投資すべきか？
  - (d) 種々のエネルギー資源の中で国家の研究開発費をどのように配分するか？
  - (e) 潜在しているエネルギー資源が経済的な資源能力となる、あるいは極限まで増加するのは何時頃に可能性が出て来るか？
  - (f) 社会的に並びに経済的に最も望ましいエネルギーに関して、より良い国家の展望を持

たらずのは、どのようなエネルギーのコスト・ベネフィット評価法が役に立つのか？

(g) 自由社会においては、どの程度までエネルギー消費を減らすことができるか？

2. 環境立法。国家環境保護法は間違いなく修正されなければならないでありましょうし、公衆の需要を満たす丈のエネルギー生産を可能にする法律を採用しなければならないでありましょう。

米国では現在、環境の清浄化に関し多額の金を費して居ります。それは1971年より1980年の間に、空気汚染除去計画のために1,060億ドル、水汚染除去計画に870億ドル、そして固体廃棄物除去計画には860億ドルが支出されるであろうと見積られて居ります。勿論これらの計画を履行するには、更に多額の支出を追加する必要があります。

電力業界のみならず他の産業も環境立法によりかなりの打撃を受けました。自動車産業は現在更に空気汚染を低下する車を製造するよう要求されて居ります。しかしながら、新しい自動車は今より多くの燃料油を必要とし、これがガソリン供給状態を益々悪化して居ります。最近環境保護庁は、ロスアンゼルス地域では自動車およびトラックから放出される汚染物を1976年までにきびしく低下させる規則を公布する計画であることを発表致しました。これが施行されますと、高速道路の交通量は60パーセント位に激減することになりましょう。このことが、輸送の多くを自動車によっている市で、抗議の嵐を引き起こして居りますが理解出来るところでございます。こういった対決というものは、コスト・ベネフィットの関係に適切な釣合いをもたらそうとするものになるでしょう。完全に近い環境および高速道路輸送用あるいは発電のようなその他の用途に利用される十分な燃料というものは、少なくとも短期間では手にすることが出来ません。私共は、間もなく何等かの実行し得る妥協案に到達するでありましょう。

3. 公衆はより多くの知識を得て、原子力プラントの安全性について保証されなければなりません。安全の問題は次の事項を含みます：

(a) 緊急炉心冷却。軽水炉用のこの冷却案は反対側から強い攻撃を受けて来て居り、原子力委員会の公聴会において徹底的に議論された問題でございました。これらの公聴会は114日間も続き、20,000頁にもおよぶ証言記録が残されました。原子力委員会は現在、この資料を再調査して居り、近々のうちに規則が発表される予定でございます。

(b) プルトニウムの管理。我々が高速炉の商業化時代に近づくにつれて、プルトニウムの量が運転中の原子炉に、処理過程に、運送過程に、そして最終的には永久貯蔵所に置か

れる残りかすの中に増加して来るであります。プルトニウムの管理および邪悪な目的への転用の可能性が、何等かの公衆の関心事の原因となります。プルトニウムをその生成から最終的な処理までを管理する技術並びに規定が、この材料は正しく安全に取扱われて居り、また取扱われるであろうという確信を、産業界並びに政府側にも持たせるようになって居ります。

(c) 原子力の廃棄物。AECは米国のほぼ地理的中心に位置するカンサス州にある岩塩鉱内に原子力の廃棄物を埋蔵することを計画致しました。しかし、この計画が余りにも強力的に攻撃されたのでAECは計画を撤回して、AECが暫時廃棄核分裂生成物を貯蔵して置き、最終決定をどのようなものにするかは後日決定する旨発表致しました。AECおよび産業界のこの安全性に対する支出は、かなり多額なものであります。計画は将来の高速炉同様、現在型の原子炉のためになるであります。AECの1974年度予算要求額は6,600万ドルですが、この額は1973年度の5,250万ドルの25パーセントアップでございます。また1972年度は4,160万ドルでありました。

4. 原子力プラントの許可。二人の原子力関係者が会えば必ず許可問題、原子力の価格が高くなったという問題、原子力施設の追加計画が御破算になった問題のいずれかが話題になっています。AECは、環境上の問題を第一に持出す人々とエネルギー需要を均衡させるような許可制度を確立させることに精力的な努力を払ってきて居ります。この前者のグループのあるもの一決して全部ではありませんが一が彼等の気に入るような均衡を作りあげてしまいました。そのために、許可手続に長いこと我々がうなされる結果となりました。現在許可申請中の56の原子炉のうち49の原子炉は、平均14.3ヶ月もその許可が遅れてしまって居ります。前にお話しました通り、環境に関する法律およびその施行令並びにこの法律の法廷での解釈が、許可を困難なものとしている原因でございます。許可業務を短縮するためにAECの許可部がどんなに精力的に作業を進めても、それ以上に新しい環境上の要求がこれを相殺してしまうのでございます。AECは、現在余りにも細か過ぎる規定上の手順を簡単にしなければならないことは明白であります。そうすれば許可の進行が改善されるであります。将来プラントの用地に対する要求条件は明確に制定すべきであり、反対側は理由なく許可の進行を緩めたりあるいは停止させたりすることを許されるべきはありません。

5. 何時、誰が新たな濃縮設備を建設するか？

この問題は、非常に長い期間にわたって中途半端にしておかれた問題でございます。原

原子力産業会議では、良い公衆政策を得るため並びに濃縮能力を準備するために長年にわたりこの問題を明確にそして公けに認識するよう努力して参りました。私共は次のような問い合わせを致しました：

「産業が第4のおよびそれ以降の濃縮プラントを建設することを認められるのでしょうか？」，「濃縮プラントは何時建設されるべきなのでしょうか？」，「次の濃縮能力はガス拡散法を利用すべきでしょうか？あるいは遠心分離法でしょうか？」，「もし民間企業が濃縮プラントを建設する場合には、どのように取り決められるのでしょうか？」

ニクソン大統領および原子力委員会の国としての態度は、第4のプラントは民間企業が建設所有し、運転されるべきであるということであり、濃縮ウラン燃料を確保することに貴国が関心を持って居られることを私は知っています。私は、計画、土地、資金並びにその他の問題を適当な時期に処理することが出来るよう皆様方が、米国の組織団体と相互に満足のいく協定を結ぶことをやりとげられるであろうと信じて居ります。米国は増大している石油の量を中東から輸入しなければなりません。この費用は次の12年ないし15年の間に年々250億ドル位になるでございましょう。このような見通しのため、何か代わりとなり得るものを考慮して来たのでございます。原子力は将来の電力供給の大部分を占めることが出来るのでしょうか？

原子力産業会議では、この質問を原子力産業の高い地位にある代表者グループに考えてくれるよう依頼致しました。ベクテル社のW・ケネス・デーヴィスがこのグループの議長を務めて居ります。このグループは、任意に二つのケースを選びました：最初のケースは、原子力産業界および原子力委員会で予測されていた原子力の伸び率に関するものにほぼ近いものであります。これは、1980年までに146000MWeの原子力発電プラントを、1985年末までに300000MWeの、そして1990年末までには500000MWeの原子力発電プラントを建設するという計画でございまして。第2のケースは、1980年までに146000MWe、1985年末までに365000MWe、そして1990年末までに700000MWeの原子力発電プラントを建設するという計画でございまして。

デーヴィス・グループは、大きい方の計画は達成可能であり、電力業界の成長計画として受け入れられる範囲のものであると結論致しました。もし1980年から1985年の期間に65000MWeの原子力発電容量が追加建設されたとすると、1日あたり210万バーレル、1年で7億5000万バーレル、そしてプラントの寿命30年では約220



億バレルの石油を節約することになると指摘して居ります。1985年～1990年代に200000MWeの原子力プラントを追加すれば当然比例してずっと大きな数字になります。流出するドルの節約も勿論、非常に多額になります。

米国ではエネルギー問題をかゝえて居ります。この問題は、人間によって作り出されたものであります。私共は、今問題を理解し、問題に立向いそして私共の持てる力の範囲で一体何をすべきかを決定し始めたところでございます。我々は、近接したエネルギー不足を避けるため直ちに手段を講じなければなりません。また我々の長期にわたるエネルギー事情への受け入れられる解答を精力的に見出すよう努力をしなければなりません。

米国並びに日本において、私共並びに皆様方は、炭素燃料より秀れた燃料へ進まなければならないように思われます。そのようにすることが、未来に対する我々の義務であります。石炭、石油およびガスは、非常に高価且つ貴重なものですから燃料として使用して、私達に失なうことは出来ません。自然が過去何百万年にもわたって我々に提供してくれて来たそれらの燃料を、我々が破壊してしまうとするならば、未来の世代に対して不公平でございましょう。

我々は、非常に大きな燃料を供給してくれるものの一つは増殖炉であろうと確信して居ります。貴国、米国、フランス、英国、ソ連並びにドイツにより行なわれている同炉の開発は、向う15年以内にこの炉が世界のエネルギー源となり得るであろうということを示唆しているようであります。とかくする間に、核融合が、遅くも今世紀までに制御されるようになり、エネルギー源の一つになることを希望するものでございます。この時代までに、間違いなく電気が主要なエネルギー形態となり、核融合エネルギーは、電気エネルギーの大部分を供給することになるでございましょう。

日本の皆様および米国の我々は、これまで我々が正しく、信頼性があり且つ永続性があると考えていた目標および手段のすべてをきびしく試験しております。政府・教育および産業関係の我々の機関、これら機関に対する我々の義務およびそれらからの期待、人生の目的・我々相互の関係、および国家間の関係これらに関する我々の考えそのものが問いなおされております。

エネルギーの分野における我々の動機および慣例もまた極めて厳しい試験を受けております。原子力の分野においては、安全で信頼性のある発電所の場所を定め、設計し、建設しそして運転する我々の努力が疑問視されております。これらの発電所が環境に対して与える影響が討論されております。これら発電所の、費用と対比した恩恵も、民衆により測

られておりますが、これらの人々は可成りの程度誤って知らされており、又殆んどといってよいほどいつも半信半疑であり不安をもっております。

我々はこれらの疑問を歓迎はしないけれども、それらが審査でないならばそれらを受け入れなければなりません。我々の行うこと、あるいは行うように提案することは、最もほり下げた分析に対するものでなければなりません。我々を行っていることが、そして行なおうとしていることが、すべての人々の利害に関して、それに関係する公衆の利害という点に於てであることを説明し証明しなければなりません。我々がそれを出来るということを私は信じております。

原子力界の我々は皆、重大な冒険にたずさわり、増大するエネルギー需要をまかなう産業の設立にたずさわっているのをごさいます。我々は、原子力発電の信頼性、安全性、受諾性および経済性を保証するような方向に向って努力をしなければなりません。それと同時に、増殖炉および後の核融合並びにその他のエネルギーを商業的な規模で利用するための研究開発も進めなければなりません。

我々が原子力設備を建設し、運転し、それら設備の性能を改良し、世界のエネルギー供給系に更に進歩したエネルギーの概念を加える方法を開発しながら、我々の経験 — 皆様方のおよび私共の — を分かち合うことが、我々お互いの利益になることでありましょう。

今回のような会合を通じ、出版物を通じ、我々二国間の相互訪問を通じ、またその他の国との協力を通じて、我々は将来の要求に応ずるよう備えなければならぬであります。

皆様方にお会い出来、また多くの旧友と御挨拶出来ますことは、甚だ嬉しう存じます。  
御清聴ありがとうございました。

## エネルギー政策について

衆議院議員

日本社会党代議士会会長

堂 森 芳 夫

私は、社会党所属の国会議員といたしまして、また、科学技術振興にかゝわる国の政策の立案、審議にかゝわってきた者といたしまして、今日のエネルギー政策の問題とそのありうべき姿、更には、それと密接に関連いたします科学技術政策の問題につきまして、私ども社会党の考え方を私の意見を若干加えながら申し述べ、皆様方の御参考に供したいと思う次第でございます。

御承知の通り、国のエネルギー政策は大きな転機に直面しております。それは我国だけでなく、先進工業国家それぞれが共通して直面している問題であり、また、発展途上国におきましても、先進工業国とは違った意味で問題となっております。

近年、エネルギー源の多くの部分は、化石燃料、なかんずく石油に依存しており、今後しばらくはますますそれに依存する傾向を強めるであろうと予想されます。その中において、我国のエネルギー政策の多くの部分は、高い経済成長を維持するために、増大するエネルギー需要に対して、石油資源の安定的かつ低廉な確保をはかるか、そして、石油資源確保について我国の自主性をいかに高めるかという点に努力を傾むけてきたとって過言ではなからうと思うのであります。

エネルギー政策とそれにかゝわる問題としましては、以前は石炭産業の撤退問題、近くは公害問題等が大きな比重を占めていることは疑いないことであります。最近とみに重要性を増している公害問題でさえ、エネルギー政策のなかに十分な位置付けがなされているとは言いがたい面がみられることを考えますと、やはり、エネルギー政策の基調、基本的なフィロソフィーとしましては、生産の拡大に見合うエネルギー消費の増大に対して、生産拡大のあい路とならないようにいかに十分なエネルギー源を確保してゆくか、そこにエネルギー政策としての使命がある、という考え方につらぬかれていたことは、大方の御同意が得られるのではなからうかと考える次第であります。

私が先ほど、エネルギー政策が大きな転機に直面していると申しあげましたのは、このエネルギー政策の基本的な目的自体が転機にきている。もう少し立入って申しますと、エネルギー

ギ政策の目標は別のところにあるのではないかということでもあります。

もちろん、エネルギー供給政策自体は、不必要になったということではなく、依然としてそれがなければ国民生活は成りたゝないことは当然でありますから、それ自体欠くことのできないものであります。それ以上に困難ではありますが、国の政策として避けて通れない重要な課題があるのではないか、ということでございます。今日のエネルギー政策といたしましては、当然そのことが中心にならなくてはならないと考えるものであります。

それは何か、ということでございますが、いくつかの考え方があろうかと存じますが、私は少なくとも次のことがらが含まれてしかるべきではないかと考えます。それは、

第一に、資源全体の量の問題であります。人間が利用可能な資源、エネルギー源の量自体は、その時々科学技術水準、経済的側面と密接な関連がございますから、いちがいに絶対的な限界と決議するには問題が残りますが、少なくとも、ここ数十年、二世代ないし、三世代の将来を見通す必要があるとすれば、現在すでに、エネルギー源の絶対量の問題が現実の問題として、エネルギー政策の中で主要な位置を占めることは、正当性のあることではないかと考えるわけであります。

第二には、環境保全の問題でございます。

これは、地球の環境容量という考え方をとるとすれば、資源量の限界の問題と性質がきわめて似ていると考えられます。これまでは、エネルギー政策はエネルギー政策、環境政策は環境政策ということで別々に構成され、相互に別のものという認識がなされてきました。我国では行政官庁の勢力争いでそれが拡大され、時には「産業と環境との調和」という考え方にみられるように、双方を妥協させることが政治の課題であるとみられてきたということもあります。

しかし、エネルギーを消費することが、一方では資源の消費であり、他方では良き環境の消費であることからすれば、両者を一体のものとして、あつかわなくてはならないということとは極めて合理的な考え方であるという点を強調したいのであります。従って、エネルギー政策は、それ自体環境の改善、維持に直接解答を与えるべきものでなければならないということでもあります。

ただいま、資源の消費と環境の消費は同じ性質のものとしてあつかうべきと申しあげましたが、やはりここで一つの選択が残るのではないかと思います。

それは、資源であれ環境であれ、人間が一度消費いたしますと、人工的に消費されたものを補うことが困難である点では同じであります。また量的限界という問題に直面している点

でも共通するものがありますが、私達が現在直面しておりますものは、資源については、端的に申して今後、これまでのような生活の便利さを確保できるか、便利さを増大させ得るのかというレベルの問題に対して、環境の問題は、私達の健康、つきつめれば生存であります、それが維持できるのかというレベルの問題であります。

そういたしますと、私は今日の政策としては環境の消費ということに、第一義的な優先権を与えて考えなくてはならない、環境保全を満たしうるエネルギー政策ということを具体化しなければならぬと思うのであります。

第三の問題は、エネルギーの生産にかゝる政治的、社会的問題、端的に申しまして、例えば発電所建設に起る住民とのかゝわり方、住民運動との接点問題に代表されることからあります。

これまでの一般的理解からいたしますと、エネルギー政策は、国がきめるべき問題であり、そこで決定された生産量が具体的に実現される時に生ずる国民とのかゝわり合いについては、行政上の運営手続きの問題であり、企業と住民との関係の中で「うまく処理」されるべき問題という位置付けがなされてきました。

しかし現実には、その運営上の手続き問題がうまくゆかず、限定された範囲内では合理的なものであるはずの、これまでのエネルギー政策がくずれてきているのが現実であります。

このように現実の課程を見てまいりますと、このようなエネルギー政策の位置付けは、極めて重要な欠落があるといわざるをえないのであります。こう見てまいりますと、エネルギー政策というものの自体の中に、どのような手続きをふんで供給量を決定し、どのような合議を経て立地点を決定し、どのような発言権を確保した上でそれを運転するか、言いかえますと、計画、建設、運営に至る意志決定がどのようなプロセスでなされるべきか、どのように民主化されるべきか、その仕組とルールを明らかにしてゆかなければならないのではないかと、思うわけであります。それが欠除いたしますと、エネルギー政策は実施される保障がなくなる、机上の空論になってしまうという意味で、やはり不可欠のものと考えべきであります。

第一、第二の点につきまして若干の数字を引用いたしますと、1962年から69年まで我国では石油の消費が年平均19%の伸びを示してきました。もしこのまゝ推移いたしますと、1980年には、世界の石油の全輸出量をすべて日本に輸入しましてもなお不足であるとの一つの推測がございます。世界の石油輸出量の増大が現在のテンポで進むという仮定の上ではあります、日本の伸びが15%台に落ちたとして、世

界の輸出量の60%以上、10%の伸びとしましても33%、世界の石油輸出量の $\frac{1}{3}$ は日本が消費することになります。

また、アメリカでは、1980年には、12億キロリットルの石油の輸入が必要になるという見通しがあることからいたしましても、かりに世界の石油の増産が進んだとしても、これだけの日本の消費を満たしうると考えることは、極めて危険なことというべきであります。物理的には可能であるとしても、国際関係として大きなまさが生ずることは避けられないと見るべきであります。そういたしますと、日本は今後石油消費の伸びが10%を大巾に下まわることを前提にしなければならない。そのことはとりもなおさず80年代に近づく段階では年数%の伸びしかできないという状態をも今日では想定しなければならないということでもあります。

もう一つの推定でございますが、今日人類全体が消費しておりますエネルギー量は、地球上の気象、風とか波などの持つておりますエネルギー量の大体約60分の1であるという概算があります。日本は、全世界の約1200分の1の面積の中で全エネルギー消費量の約20分の1を使っております。そういたしますと日本は面積的には世界平均の60倍のエネルギーを消費しているという計算になります。すなわち、日本ではすでに自然の気象を起しているエネルギー量とほぼ匹敵するだけの量が熱源、あるいは動力源として使われているということになります。既に異常気象などが起りうるだけの量的な関係は十分にあるということになります。例えば、東京周辺の地域では「たつ巻」が増大しているという観測や、その原因が東京という大都市が一つの熱源となって周辺の空気の流れに異常をもたらしているという見方もあります。

以上、例は二つでございましたが、これらの推計が、今後の大まかな傾向を言いあてているとしますならばエネルギー政策の転換は相当に急を要し、かつ深刻なものと受けとるべきではなからうかと思われまます。

これまでエネルギー源の石油依存が大きな問題となってまいりました。火力発電が公害などでゆきずまっていることも原因となって、原子力発電に対して年々期待を強めてきたことは否定できない事実であります。その結果、昭和60年代での原子力発電の設備は3000万KWから6000万KW以上と大巾な増大を見ております。これは、とりもなおさず、経済成長の伸びから予想される必要量を十分に供給することがエネルギー政策の使命とする立場からいたしますと、筋道の通ったことかもしれません。これに対して、私ども社会党が、安全確保や環境の問題に重大な疑義があるとして、大巾にブレーキをかけることを主張した

ことについて、直接の原子力担当者におかれましては、おそらく一種のとまどいを感じられたであろうし、あるいは理解を越えるものであったかもしれません。しかし、同時に低線量被曝に対する人体や生物に対する影響、核種ごとの生物系での蓄積、安全装置の実証、信頼性、さらには廃炉や放射性廃棄物の処理などを一つ一つ実証しながら進めなければならない立場に立つ方々が、要求される発電量のあまりに大きなことに、大きな不安を感じていることは当然のことと想うのであります。

原子力エネルギーについては、実証による前進と誤っても安全というフェイルセーフシステムが大前提でございます。安全率の計算はその上にとってこそ説得力を持つものであることは、私ども共通の認識であります。これらは非常な大きな費用と長い時間を消費するものでありましようが、核エネルギーという新しいものを利用しようとする場合、私達はやはり、その費用をおしんではならないといわなければなりません。

このようにいたしますと、電力の需要量から火力発電設備量をマイナスしたものが原子力発電という見方もできる今日のエネルギー政策はやはりその根本を問いなおす必要があるという結論に達せざるをえないと想うのであります。

もう一つ具体的な問題にふれさせていただきたいと思えます。

現在公害の問題として対策の遅れている一つの例として、温排水の問題があります。これは、直接「熱」の問題となりますので、技術的に工夫のできる余地が少ないという点ではより深刻であるということが出来ます。現在、温排水の生物に対する影響調査が本格的に進められようとしている段階であり、一部養殖に利用することが試みられている程度であります。長期的に海水の温度が上昇するという影響が明らかとなった時点では、やはり大気に放出することを考えなくてはならなくなり、そのことが先に述べました異常気象との関係で無視できないこととなりますと、ここに一つのゆきづまりをきたすことを予想いたさなくてはなりません。私はそう遠くない将来、このことが大きな問題になるのではないかと予想するものであります。この問題は、私達はその手段、方法をとわずどの程度までエネルギーを利用できるかという限界を直接示すものとして、やはり注目すべきではなからうかと存じます。

以上、申しましたことを総括いたしますと、今日のエネルギー政策は、供給よりも需要に大きな問題があることを御理解いただけると想うのであります。

卒直に申しまして、これからは、「エネルギー節約」の時代と申しあげてよろしいかと思えます。いかに合理的にエネルギーの消費を節約するかはエネルギー政策の最大の課題であるというべきであります。

すでに電力会社におかれましては、電力節約のキャンペーンを始められたと聞いております。また通産省は電力消費規制の立法を検討中といわれております。

今日の産業構造は、GNPの伸びよりも、エネルギー消費の伸びが高く、それよりも電力消費の伸びが高いという構造になっており、この構造を転換するためには、エネルギーの節約程度のことでは、転換の手がかりもつかめないのではないかと思うのであります。根本的な立場からのほり起しが必要ではないかと思われま。

例えばエネルギー消費量の高い輸出製品の製造からエネルギー消費の規制を強めてゆくこと、あるいは産業廃棄物、都市廃棄物のなかでエネルギー消費の高いものの再利用や、製品の耐用年数を引き伸ばす努力を進めること、また、人や物の輸送について、最もエネルギー消費の少ない手段、当然車の製造や鉄道建設のエネルギー消費も合わせて計算し、その中でエネルギー消費の少ないものを交通政策として優先するなど、これまでの各分野の政策をエネルギー消費という観点から再検討し、あらたな基準と優先順位を設定することが、エネルギー政策として今日最もなされなければならないことではないかと考えるものであります。

このことは、同時に公害防止という観点からも極めて有効かつ基本的なあり方であることは、十分御理解いただけるものと考えます。

これらの作業は、経済政策全体の見なおしを伴うものであり、従ってある程度時間を必要とするものであることは、御承知の通りであります。必要な調査や検討に要する期間、さらには国民的合意を得られる時間などを考慮して、70年代後半で、ある程度軌道に乗せることが必要であると想定いたしますと、私達に残されている時間的余裕はそれほどないこともあわせて留意すべきではなからうかと考えるものであります。

もちろん、以上のことがらは、単に生産サイドだけの問題ではなく、日常生活の利便という面にもある程度の考え方の転換が必要となります。大都市での自動車の利用の面をみますと、その転換の必要性が感じられます。同時に今後、労働時間の短縮、大量消費という生活用式、さらには文明のあり方といった問題についても、様々の波及があることをあらかじめ予期して対処すべき問題といえるかと思ひます。

次に先ほど述べました、第三の問題、エネルギー政策の社会的問題、地域住民とのかゝわりにつきまして、意味を申し述べたいと存じます。

エネルギー政策すなわちそれ自体今日までは計画であると申せますが、それを実施する場合のプロセスが、今日では計画以上に重要な問題であると申しあげました。例えば、発電所を建設する場合、それはその地域の住民にとりまして、周囲の自然環境の変化を意味し、生



活環境の変化をもたらすととも、地域の将来の展望にかゝることを意味いたします。そして、今日では何らかの公害を受けることも必要であります。それぞれの問題につきまして、民主的な手続きの上で合理的な合意が成り立ち、不明の点は解明される機会が保障され、かつ最終的に利害が反する場合においては、それが合理的であるかぎり、拒否も含めた選択の自由が保障されなくてはならないということなどが、民主主義の基本として保証されるべきであります。

以上は、社会的ルールの原則と申せますが、これまで必ずしもこのようなプロセスが実際に行なわれてきたわけではないことは御承知の通りであります。地域の住民がそれを要求しなければ、そのプロセスを省略いたしましても問題は起らなかったわけではありますが、しかし、住民が、このような意志決定の段階を通ることを要求いたしますと、実は、これに代わる方法を民主主義の原則にのっとり見出すことは困難でありましょう。そして残念ながら、我国では、そのような公正な方法、決定プロセスは未だ確立していないと申さざるをえないのであります。

公害を例にとりましても、検討しなければならない要素は広範にわたりますが、それらが基本的に科学がとりあつかう性質の問題ということからすれば、研究の結果その可否、影響の程度は努力次第で相当程度時間が解決するものと期待できるわけではありますが、いずれにせよ、多くの要因をなるべくたくさんの方々の頭脳によって検討され、判断され、予測されることが必要となります。当然、一方の当事者たる、住民がその過程に参加すべきことはいうまでもありません。

そのような必要性を見るとき、私は、アメリカでの公聴会制度と、国家環境政策法に、大きな進歩を見いだすべきではないかと思うのであります。

私は環境ないしは地域開発という共通の問題が日本国内であるかぎり、その制度を大胆に取り入れるべきと考えます。

ある方々が申しますように、日本とアメリカとでは思考方法や政治風土が異なるので、日本ではうまくゆかないという意見がありますことは事実であります。

しかし、これらの制度が先ほどの民主主義での社会的ルールに従ったものであり、公害問題が科学の分野として、科学的な思考プロセスによって解決されるべきものといえますと、この二つの制度はやはり十分価値あるものとして認めるべきであります。

よく日本は、黑白をはっきりさせないで物事を解決するというを一つの美德として考えられている面もありますが、そのことは、一方では、その論理であっては科学の進歩も科

学の恩恵もえられないことを痛感せざるをえないのであります。

以上申しましたことを含め、エネルギー政策が具体的に検討されようといいたしますと、これまでのエネルギー政策の概念からは、大幅にはみだすものになることは充分想定されることとであります。

従いまして、これをだれが作定し、主権者であります国民が納得するか、また生産活動がそれによって、実現するためには、当然、新たな仕組が検討されるべきでありましょう。

卒直に申し上げまして、現在の企画庁、通産省の守備範囲では原案を作ることさえ容易ではなく、たて割りの行政組織の中で分解することが十分予想されます。仮りに他の機関がそれに代るとしても、何度かの試行錯誤が必要であり、一つの行政組織がその責任を持つことは困難な問題といえると思います。

私は、もう一つの問題提起を加えさせて頂きたいと思うのでありますが、やはり、これまでの政策立案過程に大きな限界がありはしなかったか、一つのことを決定する場合、案が発表される場合、大体において、それが決定案になり、その作制段階での相互矛盾や、さまざまの問題は、当事者だけが知り得て、広く国民が知るという形態になっていない。その結果なるべく問題が起らないようにすることが目標となり、いつも事態の変化に遅れがちになる、という傾向に対して、やはりメスを入れるべきではないかと思う次第であります。

このことは一部は国会の責任ということもありましょうが、基本としましては、やはり政策作成過程がもっと公表される、多くの国民の意見にさらされながら、政策作成が進むということが必要ではないかと思うのであります。

その意味で、私の第三の問題提起に関連しまして、エネルギー政策そのものの作成のプロセスのありかたをやはり再検討すべきではないかと考える次第であります。

以上エネルギー政策の基本にかゝる意見をのべさせて頂きましたが、このような、意見をのべる機会を与えて頂きましたことを、深く感謝いたします。ありがとうございました。

セッション - 2                      - ウ ラ ン 濃 縮 -

議 長                      一 本 松      珠      璣      氏 ( 日 本 原 子 力 発 電   会 長 )

講 演                      「 日 本 に お け る ウ ラ ン 濃 縮 問 題 の 現 状 」

講 演                      「 ヨ ー ロ ッ パ 三 国 共 同 の 遠 心 分 離 ウ ラ ン 濃 縮 事 業 」

講 演                      「 ガ ス 拡 散 ウ ラ ン 濃 縮 事 業 の 進 め 方 」

講 演                      「 ア メ リ カ の ウ ラ ン 濃 縮 供 給 政 策 」

## 日本におけるウラン濃縮問題の現状

関西電力（株）副社長

原産ウラン濃縮問題委員会委員長

和田 昌博

本日は、昨年末再発足致しました原産のウラン濃縮問題委員会の委員長を私が引受けさせて頂いている関係で、わが国におけるウラン濃縮問題の現状につきましてご説明することとなりました。しばらくご静聴をお願いいたします。

皆様よくご承知のとおり、最近、エネルギー供給の分野におきまして、資源確保および環境保護などに関連して難しい問題が続出しておきまして、将来の見通しも容易にはつき難い状況となっております。

しかし国民生活水準の維持と、より一層の向上という見地から考えますと、クリーンエネルギーとしての電力の重要性は、今後ますます大きくなるものと思われまます。また、この電力の供給源としての原子力発電は、それなりに多くの問題を抱えてはおりますものの、その開発が今後ますます加速化されるであろうということは、異論のないところと存じます。

昨年6月発表されました原子力委員会の原子力開発利用長期計画によりますと、わが国の原子力発電の開発規模は、1980年頃には3,000万KW以上となり、さらに1990年頃には1億KWの大台を越えるものとみられております。

次に、この開発に必要な濃縮ウランの需要の予想につきましては、今後20年ぐらいは依然として軽水炉が原子力発電の主力であり、これによるウラン濃縮需要が大半を占めるものと考えまして、分離作業量の単位で試算しますと1980年で年間3,000トンから5,000トン、1990年頃には年間1万3,000トンを遙かに上まわり、みかたによっては2万トンに近くなることもあり得ると考えられます。

ところでご承知のとおり、現在のところ自由世界諸国で、濃縮ウランを商業的に供給する能力があるのは米国だけであります。ソ連からの供給の可能性はございますが、これを実現するためには、政府間協定の締結その他の困難な問題を解決しなければなりません。

現在、日本と米国の政府の間で、原子力協定が締結されておりますが、わが国の電力会社は、この協定に記載された濃縮ウランの供給枠を使用し、米国原子力委員会と委託濃縮契約を行っております。この現在の日米協定で一応供給保証がありますのは、原子炉の数で申

しますと、すでに運転中、建設中のものを含め、今年末までに着工予定となっている27基約1,860万KW分でございますが、さらに1970年代中に運転開始される発電所の分くらいは追加確保して頂けるように、政府からの折衝をお願いしております。

一方、濃縮契約の締結状況をみますと、最近、サイト問題のために発電所の着工が遅れがちであることの影響がございますが、昨年末現在で、およそ15基分、約1,000万KW相当が契約済となっております。これら発電所の燃料は、ウラン濃縮に関するかぎり、今世紀末頃までの所要量が一応確保されたものと考えられております。

ところが、ご承知のとおり、米国の現在の工場では、1980年代初め頃以降の新規需要に対する供給余裕がなくなり、しかもその次の供給設備をどうするのが判然としないということになって参りました。

これは、わが国の立場からみますと、将来の原子力発電計画、ひいては総合エネルギー政策の全体を根底から揺るがす重大な問題でございますので、政府と民間の両方で、その対策を真剣に検討しているところでございます。

基本的な考え方から申しますと、長期的な濃縮ウランの安定確保策としましては、国産化が可能であれば、これを軸とするのが一番の良策と思われまます。

しかし、従来の経緯からみまして、わが国のウラン濃縮の分野での技術開発のレベルは、先進諸国とかなりの差があるようでございまして、自給自足の態勢を早急に実現することはなかなか困難なようでございます。

一方、米国の現在の工場による供給力の限界が来るのは、1980年代初めということが大体確実視されておりますから、事態を放置しますと、1980年代前半期に、濃縮ウランの需給ギャップが生じます。そこでこの端境期を乗切するためには、海外諸国との国際共同事業に参加する方法によらざるを得ないのではないかと考えられるのであります。

ウラン濃縮の方法としては、各方面でいろいろなものが考えられておりますが、現在ほぼ実用期にあると認められますのは、ガス拡散法と遠心分離法のふたつであります。

しかし、1980年代早々に操業開始が必要となるということに重点を置いて考えますと、現在の見通しとしては、遠心分離法では開発がその時期に間に合うかどうかという点で、若干疑問が残りますために、当面の端境期対策としては、実績のあるガス拡散法が浮かび上って参ります。

ところで、ガス拡散方式の濃縮工場は、工場本体の建設に最低6年から8年くらいはかかると考えられております。また大量の電力を使用するので、その手配、場合によっては専用

発電所が必要となりますが、これまた最近の世界的な傾向からみて、発電所の建設は工場よりむしろ時間がかかるかもしれないというおそれがあります。

従って、運転開始の所要時期から逆算すると、濃縮工場の計画、すなわち濃縮事業への参加方針の結論を今明年中にも出さなければならぬこととなりますが、その結論は十分かつ慎重な検討に基づいたものでなければならぬことは申すまでもありません。

このような認識に基づきまして、政府側では原子力委員会に設置された国際濃縮計画懇談会を中心に、また民間では原産のウラン濃縮問題委員会で、基本的な方針に係る所要の検討を行なっております。さらに、専門的な実働機関としては、電力業界が中心となって電力中央研究所に設置したウラン濃縮事業調査会が集中的な調査検討を進めております。

ここで昨年3月から開始されたウラン濃縮事業調査会の活動について、簡単に触れてみたいと思います。

この調査会は、1971年12月の原子力委員会の決定に基づいて設立されたもので、国際濃縮事業計画への参加に関連する内外の情報とデータを可能なかぎり収集し、総合的な分析評価を加えて、原子力委員会等の方針決定のための資料を提供することを目的としております。

具体的に申しますと、まず国際協力による調査としては、米国およびフランスとの共同検討会がございます。

フランスとの共同検討会は、1971年末の両国政府の合意により開始されたもので、フランスで開発されたガス拡散法の技術を前提として、1980年代の濃縮需給バランスをはじめ、技術特性工場の建設運転、コストおよび資源問題などの分野にわたる共同調査を進め、近く第1次フィジビリティレポートがまとめられる運びとなっております。

米国との共同調査は、昨年8月末のハワイにおける日米首脳会談に際しまして、ウラン濃縮施設を米国に設置することの可能性を検討するために、両国共同作業グループを設置することが合意されましたが、この趣旨に沿った予備的な会談が、すでに昨年末から米国原子力委員会との間に開始されております。本格的な共同検討は民間ベースで今春から開始される予定で準備が進められております。

このほか、欧州および太平洋圏の諸国との話し合いなども随時行なわれることと思います。

一方、調査会の国内での検討としましては、まず西暦2000年に至るわが国および自由世界のウラン濃縮需給バランスについての第1次報告をまとめて昨年11月に発表されましたが、なお引続き内容の見直し作業を進めております。

またこれと併行して、技術・経済性・立地問題・投資環境などの広範な分野にわたる調査が進められており、その成果は、今春以降追々と発表されるものと思います。

ご参考のために、ウラン濃縮事業調査会によるわが国の長期濃縮需給見通しを、お手もとの予稿集に掲載しておりますのでごらん下さい。

なおこの試算を含めて、調査会での濃縮需給見通しの第1次報告の作業結果を、最近の各国での予測と比較してみますと、前提条件や計算方法に若干のちがいはありますが、需要量の増加テンポとか新濃縮工場所要時期などの結論的な事項については、各国の考えかたとよく一致しているようでございます。

また以上のような作業には、科学技術庁、通産省をはじめ、電力、メーカー、大学、原研、銀行など文字通りわが国の関係専門家を総動員した形となっており、さらに外国のコンサルタントの協力も得ておりますが、何ぶんウラン濃縮という事業の分野については、わが国で殆んど経験がなく、また法律、経済、資源から技術機密保持に至る複雑多岐な問題を取扱わねばなりませんので、大変な仕事となっております。

一方、諸外国の情勢も極めて流動的でございますが、殊に昨年から今年にかけての動きは一層あわただしさを加えておるようでございますが、この問題につきましても、次の講演で外国の権威者の方から詳しいお話があるものと存じます。

次に、国産化と申しますか、国内での技術開発の状況について、ざっとお話ししたいと思います。

従来わが国でも、ウラン濃縮につきましても、各大学などである程度の研究が行なわれて参りましたが、特にガス拡散と遠心分離の両方式につきましても、原子力委員会が1969年に決定されました「ウラン濃縮研究開発基本計画」などに基きまして、理化学研究所、原子力研究所および動燃事業団を中心に、産業界、大学などが協力して研究開発が進められ、拡散隔膜や遠心分離機などについて、それなりの成果が収められております。

しかし、実用化技術すなわち濃縮工場を産業システムとして成立させるに足る技術としましては、残念ながら、諸外国の現在のレベルには、遙かに及ばないようでございます。

これは、原子力の開発当初から、平和利用目的だけに徹して参りましたわが国として、あるいはやむを得ないことも知れませんが、しかし、先刻から申しあげておりますように、濃縮ウランの供給の危機を目前に控えて、あらためてわが国の自主技術開発の現状をみますと、やはり心細い感じを否定できません。

そこで昨年1月、原子力委員会にウラン濃縮技術開発懇談会が設置され、従来の研究開発

計画および開発推進体制などについて再検討が加えられた結果、10月に至って新しい計画が決定されました。

この計画によりますと、まずガス拡散法につきましては、わが国の技術段階と欧米諸国のそれとの間にかなりの格差があることを卒直に認め、さらに国内工場に應用する際の問題点を考慮したうえで、国際共同濃縮事業への参加を基本線とすることとして、国内での研究開発は、共同事業への参加を、より意義あらしめるための基礎的な試験研究に限定して継続することが明らかにされております。

一方、遠心分離法につきましては、電力消費が少なく、かつ比較的小規模な設備でも経済性が損なわれないこと、需要の増加テンポに合せた工場の段階的増設が可能なことなどの特長に着目し、さらに最近の研究開発の結果、今後、強力な推進に努めれば、国際競争力を備えた濃縮工場を建設することも可能であることが判断されるに至ったとして、わが国は遠心分離法を本命とした開発を進めることとなっております。

具体的に敷衍いたしますと、1985年頃までに遠心分離法による実用規模の濃縮工場を稼働させることを目標として、そのパイロットプラントの建設運転までの研究開発をナショナルプロジェクトとして採りあげ、動燃事業団を中心として、学界、産業界および関連諸機関の衆知を結集して強力に実施するということとございます。ちなみにこの計画に必要な開発資金は、総額約1,000億円と見積られております。

タイムスケジュール的に申しますと、まず第1段階としては、遠心分離機および関連機器などの開発と併行しながらプラントシステムの開発を実施し、1976年頃にこれらの成果についての総合的なチェックアンドレビューを行ないます。

次に第2段階として、1977年頃からパイロットプラントの建設に着手いたしますと、遠心分離法の工場の建設には、通常2年から3年かかるとされておりますので、1980年頃には、これが完成いたします。さらに2年程度、パイロットプラントの運転実績をみたくて実用工場の建設にとりかかれば、1985年頃には操業が開始できようということになっております。

パイロットプラントの規模は、機械の性能にもよりますが、遠心分離機の台数で申しまして1万台から数万台、年間の分離作業量単位では10トン以上数10トンといわれております。

動燃事業団では、すでにわが国独自のアイデアに基づく遠心分離機の試作に成功し、長時間連続運転でも、相当立派な成果を挙げ、昨年5月からは試作機10台によるシステム信頼



性試験に入っておられると聞き及んでおります。

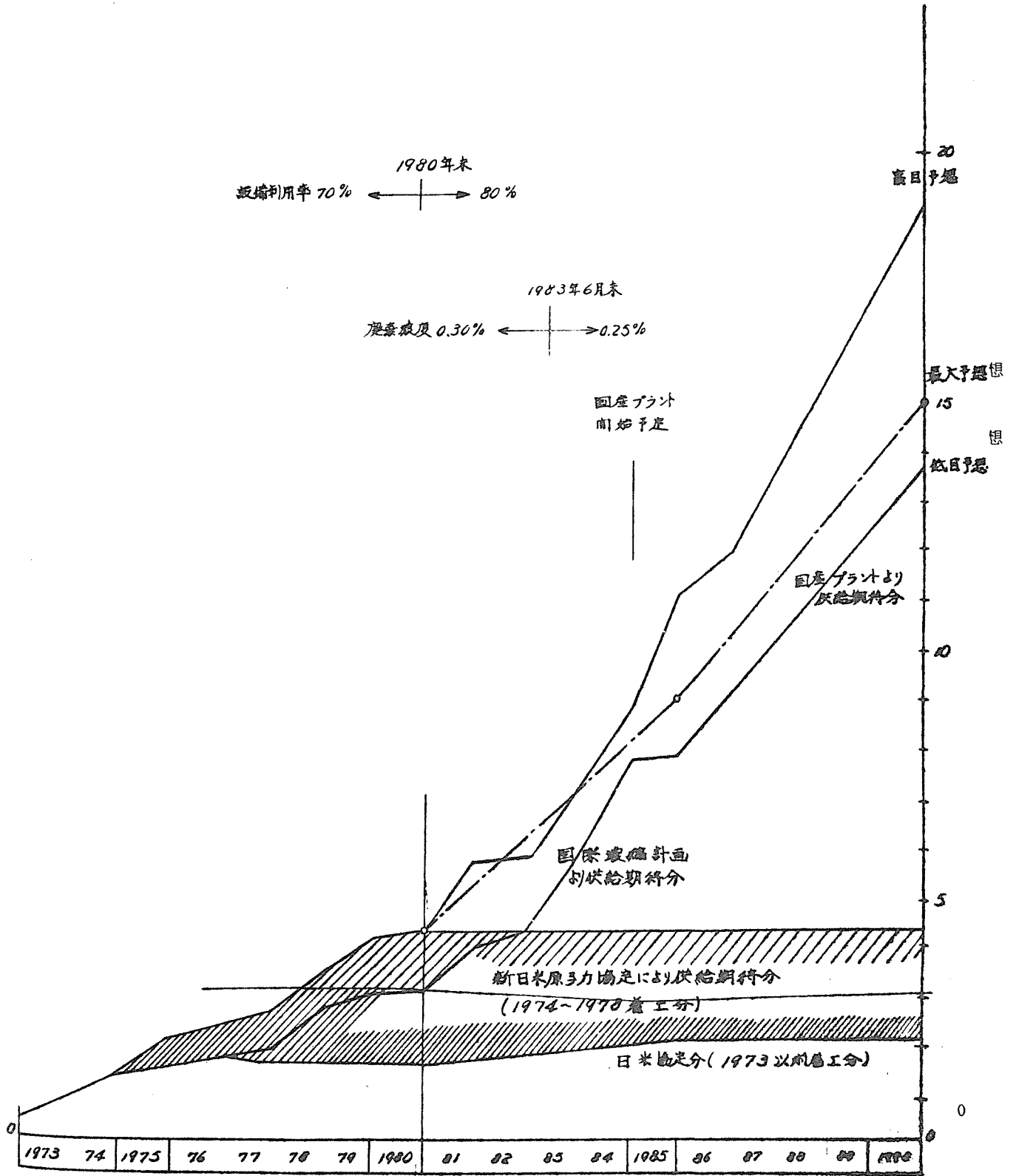
さらに1973年度すなわち昭和48年度の政府予算(案)では、この計画に約52億円を投じ、遠心分離機180台で13段のカスケードを組んだ運転試験のほか、遠心分離機の標準化や性能向上および関連の安全工学研究、設計改良などの具体的推進が行なわれる予定となっており、開発基本計画は今年から本格的に動きはじめることになっております。

以上、この1年間の動きを中心に、わが国のウラン濃縮問題の現状をご説明いたしました。この問題につきまして多少とも皆様のご参考になりましたら幸いに存じます。

ご傾聴頂きましてありがとうございました。

(参考図) 日本のウラン濃縮需給バランス予想

単位：千トン SWU/年



(電中研ウラン濃縮事業調査会 昭和47年11月)

## ヨーロッパ三国共同の遠心分離ウラン濃縮事業

URENCO

技術部長 J.V.L. バリー

〔序〕

1971年にジュネーブで開催された国連の第四回原子力平和利用会議でウレンコが発表した論文は、1895年のブレディヒのパイオニア的実験から1970年にイギリス、オランダ、西ドイツが署名したアルメロ共同事業協定に至るまでの遠心分離機の同位体分離に関する進歩を歴史的に論じた。

遠心分離による同位体分離は、1940年代にアメリカ、ソ連、イギリス、ドイツでウラン濃縮のために研究されるまでは主として科学者の関心事でしか過ぎなかった。その時も、ガス拡散法の方が技術的に成功の可能性が大きいということで除外されてしまった。第二次大戦後重要な開発が幾つもあった、遠心分離機が妥当な価格で耐久力のあるものを通常のエンジニアリング工場で大量生産できる機械となったことからガス遠心分離についての関心が再び高まった。

その後、オランダ、西ドイツ、イギリスで各種の遠心分離機および関連プラント機器が半工業的規模で急速に開発されると同時にその企業化への可能性が現実のものとなったので

1970年にアルメロ協定が成立し、次の合併会社二社が設立されるに至った。すなわち、

ウレンコ社 1971年8月設立。濃縮会社

センテック社 1971年7月設立。プラントの開発、設計、建設を担当する会社、すなわちウレンコ社に対する主契約会社

本稿は、これらの会社の設立以来の経過を説明し、将来の計画の概略を記するものである。

〔1971年以来の会社の概況〕

1971年の夏にウレンコとセンテックが設立されたということは驚くべき早さであった。開発機関と密接な連絡をとったり、書類審査による適切な求人对策をとることにより有秀な専門家がこれらの会社を集められた。これらの会社は、二・三ヶ月もすると生気に満ち企業心旺盛な機関となった。これは、一つには会社の規模を注意深く限定するというのを早い時期に決定したことによるものである。

現在、ウレンコの職員は全部で約35名、センテックは75名である。両社は、今後拡大して行くことは間違いないが、本部の規模が非常に大きくなるということはないだろう。

会社の規模を限定することにより、各国のプロジェクトの中心スタッフを引き抜いてしまおうということなく有能なスタッフを揃えることができた。また、大きな組織では強い慣習と制限的な事務手続きのためにできない方法で迅速にしかもフレキシブルに問題の解決を計ることができた。技術およびその他の分野における補助も、三ヶ国の中で最も適切な機関からのコンサルテーションやスタッフの追加または契約という形で直ちに得ることができた。

ウレンコとセンテックの機能は、それぞれ濃縮会社およびその主契約者として、アルメロ協定の中では規定されている。この仕事の分担は概ね守られているが、重要な問題については全て共通のアプローチをするために非常に密接な連絡がとられている。これらの二つの会社間および各出資者との間では、あらゆる段階で業務上密接な関係が保たれている。

両社がまず第一にしなければならないことは、三国における機械、プラント概念、施設の開発状況を徹底的に調べることであった。目的は、次の諸点を明らかにすることであった。

a) 1976年に完成する最初の三国共同プラントに適して、しかもその後建設される改良プラントへの開発可能性を十分に持った実証済遠心分離機の型。

これらの目的を推進し、1980年代以降に導入するのに適した改良型遠心分離機を完成するための研究開発のパターン。

b) 初期のプラントで利用されるプラント概念およびその後のプラントに最も適した開発方針の明確化。

c) 脱落と重複がなく前述の目的達成に役立つような専門家および施設の利用を可能とし、1980年代以降に導入するのに適した改良型遠心分離機を完成するというもう一つの目的を持った総合的な各国分担方式による研究開発および設計プログラム。

会社の規模、短い期間および作業の量を考えるとこれらの全ての目的の中の大部分が完了したということは注目すべきことである。重要な決定事項に関する最終的な検討も1973年中頃までに完了の予定である。一方、総合的な研究開発計画が既に動いており、これら三国の全ての研究開発業務は今年の1月1日から二つの三国共同会社の管理下にある。

全体プロジェクトの中心は、勿論遠心分離機そのものにある。三国における作業の検討および現在の進捗状況から判断して、両社はこのウラン濃縮に関する技術への信頼をますます深めている。種々の設計について各国で検討されているが、耐久力と経済性達成のために必要な基本条件は全てのセンターでわかっており既に確立している。基本的に言って、遠心分

離機の生産性を増大させる方法が三つある。すなわち、

- 周速を増大すること
- 長さを増大すること
- 交流効率を増大すること。

である。

しかし、これらを実現する方法は色々ある。実施できる可能性については、全て三国で活発な研究が行なわれている。したがって、三国の合併会社は、短期的にもまた長期的にも最も適切な技術を選択するという点に関しては非常に有利な立場にある。この三国以外の如何なる国も機関も、これ程広範囲にわたる技術を持っているとは思えない。遠心分離機を補助するプラント機器についても同様の状況である。

遠心分離機とプラントのタイプが決って、最初の三国共同工場のための試験設計が始まっている。この作業は、センテクの指導の下に出資者の設計チームが密接に連絡しながら進めている。この試験設計の検討によって、センテクとウレンコは望ましい型の企業規模プラントの設計を決定することができる。

- 建設および運営の両面からの技術的フェージビリティ
- 信頼できる資本費および運営費の推定
- 各種設計の潜在的長所と短所
- 既存の知識におけるギャップおよび既に確立された研究開発計画の欠点

さらに、設計が固まれば産業上および核的安全性ならびに査察受け入れの可能性についても具体的な例によって議論することができるようになるだろう。最後に、これは分離作業に対する将来需要を充す方法と時期についての判断を下す際に重要な意味を持っている。

この評価に引き続き現在われわれが活発に準備中のプラント建設スケジュールに照らして、プラントの詳細設計に入る前に或る程度の設計変更が行なわれる可能性が大きい。ウレンコは、完全な設計と見積書を今年秋までにセンテクに提出することになっている。1973～74の間に、英国のカーペンハーストに一つと、オランダのアルメロに二つ建設中の三つの各国のプロトタイプ工場が運転を開始する予定であるが、その後これらの三つの工場はウレンコに引き渡され、ウレンコはプラントの所有者としてその運転の責任を負うことになる。二つの合併会社側から見るとこれらの工場は、各種構造材および幾つかの興味深いプラント概念を含む五種類の遠心分離機概念をカバーしていて非常に価値ある実証施設を意味している。これらを全部考え合わせると、現在われわれが第一工場に採用することを決めている

遠心分離機およびプラント設計の選択が正しいことがわかる。事実ウレンコは、今までに建設された三つの最も大きな遠心分離機試験設備を運転し、各種遠心分離機とプラント概念についての運転経験を持ち実証したという有利な立場にある。

〔各国の実証プラントの現状〕

アルメロ（オランダ）

1972年10月から約600台の遠心分離機がUF<sub>6</sub>の中で満足すべき状態で運転を続けている。これは、主要な実証プラントの建設に先立って各種機器の据付けおよび試運転をチェックする先導グループとしての役目を果たすと共に、その後は耐久力試験に利用され重要な問題について前もって警告を出すこととなるだろう。遠心分離機の大量生産は、1972年の初めにフィリップス・VMF機機コンソーシアムがUCNのために運転しているプラントに隣接した工場で確立された。この遠心分離機は現在実証プラントに据え付けられているところで、このプラントはそれ以外のところは全て完成している。ウレンコは、1973年中頃過ぎにこのオランダの工場を引き取る予定である。

カーペンハースト

英国のプラントは、1960年代中頃に再建されて以来空地となっているガス拡散濃縮工場の一部で二段階にして建設されている。第一段階の補助機器は既に据え付けが終わり、実証済みであり、最初のカスケードは昨年10月に運転に入った。それ以来何の問題もなく運転を続けている。更に、カスケードが少しずつ追加付設され順次運転に入っており、第一段階は夏の終わりまでに完成の予定である。第二段階は、第一段階に直ぐ続いて充分に実証済みの一層進んだプラント概念を採用して続けられる予定である。遠心分離機の製造は、隣接した工場で行なっている。

アルメロ（西ドイツ）

西独の工場は、オランダの工場と同じ敷地にあるが、物理的には独立している。これもはっきりと二段階に分けて建設が行なわれている。第一段階は工程サービスと補助機器を完成する予定で、遠心分離機はMANが製造している。据え付けと試運転は、1973年秋までに完了の予定である。第二段階は、より進んだ経済的可能性のあるもので、現在建設工事中で1974年に運転開始の予定である。この第二段階は、実証プラントの主要部分となる予定である。

#### 〔遠心分離機生産の状況〕

遠心分離機の大量生産は、現在では三国の何れの国でも完成している。新製品に関連した通常の問題はあったが、それは全て通常の生産工学プログラムの一部として解決され、不当に経費が掛ったり、計画が遅延するという事はなかった。生産量は、大規模な商業プラントに必要な量には達していないが、製造工程および較差は量産を可能とするようなものである。現在の工場でも相当生産量を増やすこともでき、大型工場建設計画の第一段階はこれで充分間に合うだろう。遠心分離機の大量生産は、このような状態であるので性能を高め、コスト削減を計るために設計変更が行なわれたとしても生産について特別な問題は発生しないだろう。完成品の合格率も高くその信頼性も高いので、充分満足できるものである。勿論、既存のカスケードの試運転と通常の運転は遠心分離機そのものよりも実証済在来型プラントの特性によって管理されている。

#### 〔ウレンコのプラント建設計画〕

前述の通り三国共同プラントの最初の部分（tranche）は1973年に発注し1975/76年に運転開始の予定である。この最初の工場—大体300トンSWU/年—は、アルメロ協定の時に計画されたもので政府補助金を得ることになっている。センテクとウレンコは、この最初の部分によってまず第一に遠心分離工程を製造と運転と言う面から調整し、第二に技術進歩を次第にとり入れて企業として利用可能であり、しかもその信頼性について顧客から全面的に認められるようなものにしたいと考えている。その後のプラントは、通常の企業投資としても魅力のあるものとなると考えられている。遠心分離工場に導入することにより遠心分離工場の運転が容易になり経済性が高まるような多くの改良が既に完成または開発中である。これはカスケードの配置および遠心分離機を直接補助している付属機器類に特に多く、遠心分離工場ではそのような改良を順次導入することが可能である。従って、最初のプラントでは建屋および在来サービスについては相当大きな容量のあるものをつくるが、遠心分離機は各段または各trancheごとに順次運転して行くことが考えられている。

最後のtrancheの設計は、商業的に充分利用できるようなものを示すプラント・システムとなるだろう。

このように政府の補助を受けたプラントは、規模および技術の両面で各国の実証プラントと完全な企業プラントとの間の橋渡しの役割を果すものである。

その後の工場の建設計画は、もちろん世界の需要量とその時期によって決まるものである。

しかし、基本的な政策ははっきりとしている。最初の tranche の建設に着手してからは、計画が途切れるということはないということである。欧州には—カーペンハーストおよびアルメロ等—多くの秀れた工場用敷地があり、遠心分離機製造能力との関係で思慮深い投資政策に合わせて開発を進めて行く予定である。

1980/81年頃に濃縮容量は不足して来ると一般に言われている。1972年11月ワシントンで開催されたAIF/ANS会議に提出されたデイビスのこの問題に関する最近の調査によると、非共産国の需要量と米国原子力委員会のプラントの供給力との差は次の通りである。これには、既存のストックおよびプルトニウムのリサイクルが考慮されている。

分離作業量 (トン)

年	累積需要量	累積供給量	累積差引
1975	35,000	62,000	+ 27,000
1980	159,000	171,000	+ 12,000
1985	420,000	310,000	-119,000

このように供給力が大巾に不足することが明らかであるので、米国のAECまたは民間企業が供給力を増大させるかどうかという点に関する見通しが重要となってくる。また、この需要量の約50%は米国内のものであるから、この市場の50%は欧州濃縮会社とは余り関係のないものである。このような点を考慮に入れても、ウレンコの工場建設計画は決して野心的に過ぎるというものではない。現在の目標は、1976年までに300トンSWU/年、1978年までに2,000トンSWU/年、1985年までに10,000トンSWU/年の分離能力を有する工場を建設することである。

既に述べた通りこの容量の増大は単一の大規模な工場を稼働させるのではなく、最初はカーペンハーストとアルメロでtranchesを順次追加することによって進めていく予定である。勿論、2・3年の中にその他の敷地も次第に検討されるようになるだろう。市場の需要変化に対応して遠心分離工程を調整するというフレキシビリティは、現在では充分知られている。既存の敷地でtranchesを追加することにより—例えば100トンSWUのオーダーを増やすことは—比較的短期間に資金を調達して実施することが可能である。リード・タイムは、3年程度で大規模なガス拡散工場のように7～9年というようなことではない。

以上この部分をまとめると、センテクとウレンコは、出資者の協力を得て短期間に自己の立場を確立し、アルメロ協定署名国が描いた共同事業の利点を明らかにした。相当な規模の



実証施設が近く完成し、経済的な遠心分離工場を建設、運転するための基本的技術を実証するだろう。

今後要求される開発計画も既に明らかとなっており、多くの敷地で進展している。センテックは、最初の大型 tranche の設計作業を進めており、ウレンコは敷地、建設、市場に関する調査を行なっている。一般的情勢は非常に有利に進んでおり、本論文に規定された目標が予定のタイムスケジュールに従って完成されるだろうという点に関しては殆んど疑う余地がない。

### 〔遠心分離工場の経済〕

この短い論文で三国共同遠心分離プロジェクトの経済性に関して総括的に論じることが不可能である。それは一つにはこの計画の初期に政府の援助を受けたことに起因する複雑さと将来の市場に関する不明確さに原因がある。しかし、1980年運転開始を目標に1977年にウレンコが発注する約1,500トンSWUの工場を典型的な例として検討すれば参考となるだろう。これは、完全に独立した企業であると考えることができる。このような工場であれば、近い将来のことであるから既存の知識を基礎とした技術改良およびコストに関して適当な予測をすることも可能である。

遠心分離工場のように資本集約的な工場では、基本的な原則について適当な仮定をすると次のようなガイドラインが充たされれば充分利益を上げ得ることを明らかにすることができる。

- a) 資本費は、製品の販売価格の4倍以下でなければならない。
- b) 運転費は、製品の販売価格の40%を超えてはならない。

現行の賃濃縮料金 \$ 34.5 / Kg を利用すると、約 \$ 140 / Kg の投下資本費および約 \$ 14 / Kg の運転費というのであれば大丈夫である。建設がこれらの数字通りに進めば、賃濃縮料金の引き上げは投下資本に対する収益率を引き上げることになる。一般的傾向は、図に示す通りであるが、最近議論されているように賃濃縮料金が上がるとすれば収益の上がることが明確に示されている。また、運転費を一定にして資本費を10%変更すると収益率が基本点からどのように動くかがこの図よりわかる。

問題は、特定の遠心分離技術によってそのようなコストを確信を持って予測することができるかどうかということである。センテックおよびウレンコで得られる情報によるとその通りであると確信することに何のためらいもない。

前述の1,500トン・プラントのコストを詳細に検討すると適当な予備費を含めて資本費は\$144/Kg(1973年1月のドル価格)となる。運転費は、電力料金によって僅かに影響を受けるだけであるが、不測の事態に対する通常の企業予備費を見込んで大体\$14/Kgと推定される。プラントの寿命は20年とされているが、これは三国における相当の遠心分離機・年数(Centrifuge-years)経験より妥当と判断されているものである。資本に対する金利を13%/年と仮定すると、資本費は\$20.5/Kgである。これに運転費\$14/Kgを加えると、生産費は\$34.5となり、現行の濃縮料金と全く同一になる。この計画には、現在の研究・開発計画ではっきりとわかっている重大な長期的開発の可能性を考慮していないという点に注意しなければならない。

#### [ 遠心分離濃縮協議会 ]

第(1)図に示したような資本収益率が予想されるので、このプロジェクトは産業界でも大きな関心を持つような段階に来ている。勿論、この結論は今後の討論を通して予想されるコストや寿命が将来の投資家に満足に行くような形で実証され得るかどうかに掛っている。この点を補う目的でウレンコは遠心分離濃縮協議会(ACE)を昨年11月に発表したように組織した。このような協議会を組織した動機は次のような諸問題があったためである。

- 1) ウレンコは新しくて比較的小規模な組織であり、潜在的な顧客および投資家からその技術的および商業的優秀性に対する信頼を勝ち取る必要がある。
- 2) 非常に巨額の投下資金を必要としている。最初の10,000トンの容量で大体15億ドルを必要とする。
- 3) 要求される信頼性を得るのに必要な情報の多くは、商業的な価値があり一部軍事機密にも属しているため公開することができない。

われわれの側では投資家と顧客を引き付けたいという希望があるが、逆にその関係者は濃縮機関と関係を持つことを求めている。1980年以降濃縮容量が不足するということは良く知られた事実である。他方、大部分の先進国では原子力発電所の建設契約がどんどん締結されているので、電力会社は将来の濃縮容量を確保することに大きな関心を示している。

ウレンコ以外には現在西欧社会では民営の濃縮機関はない。既存の濃縮ウラン供給源は全て頭初アメリカ、イギリス、フランスで軍事目的のために建設されたガス拡散工場である。このような状況の下では、各国、各種機関が私的機関であるウレンコとの協力を求めるのは当然のことである。現在のウレンコの有利な点は、三国の政府から相当の財政援助を得てい

ることにあることは明らかである。

協議会（ACE）は、比較的若いこの三国共同機関の成長と進歩を妨げることなく関係者との問題を処理するために組織されたものである。次の三段階の組織がつくられる予定である。

- a) 評議会 — 作業内容を決定し、その作業の結果出てくる主要な結論と勧告を承認する。
- b) ACE作業部会 — 各参加国の専門家とアドバイザーにより構成される。この部会は、ウレンコに関する詳細な問題を検討し、受け取る情報を評価する。この作業グループは、結論および勧告案を評議会に提出する。
- c) ウレンコ作業グループ — センテクと協同してACE作業グループのための情報を用意する。

この三段階の組織は、大体9ヶ月から12ヶ月の期間に亘って第一段階の作業を行ない、その間に遠心分離技術に関する商業機密に属する情報を参加者に提供し、更に進んだ第二段階での作業に協力するかどうかの態度決定に資することを目的としている。

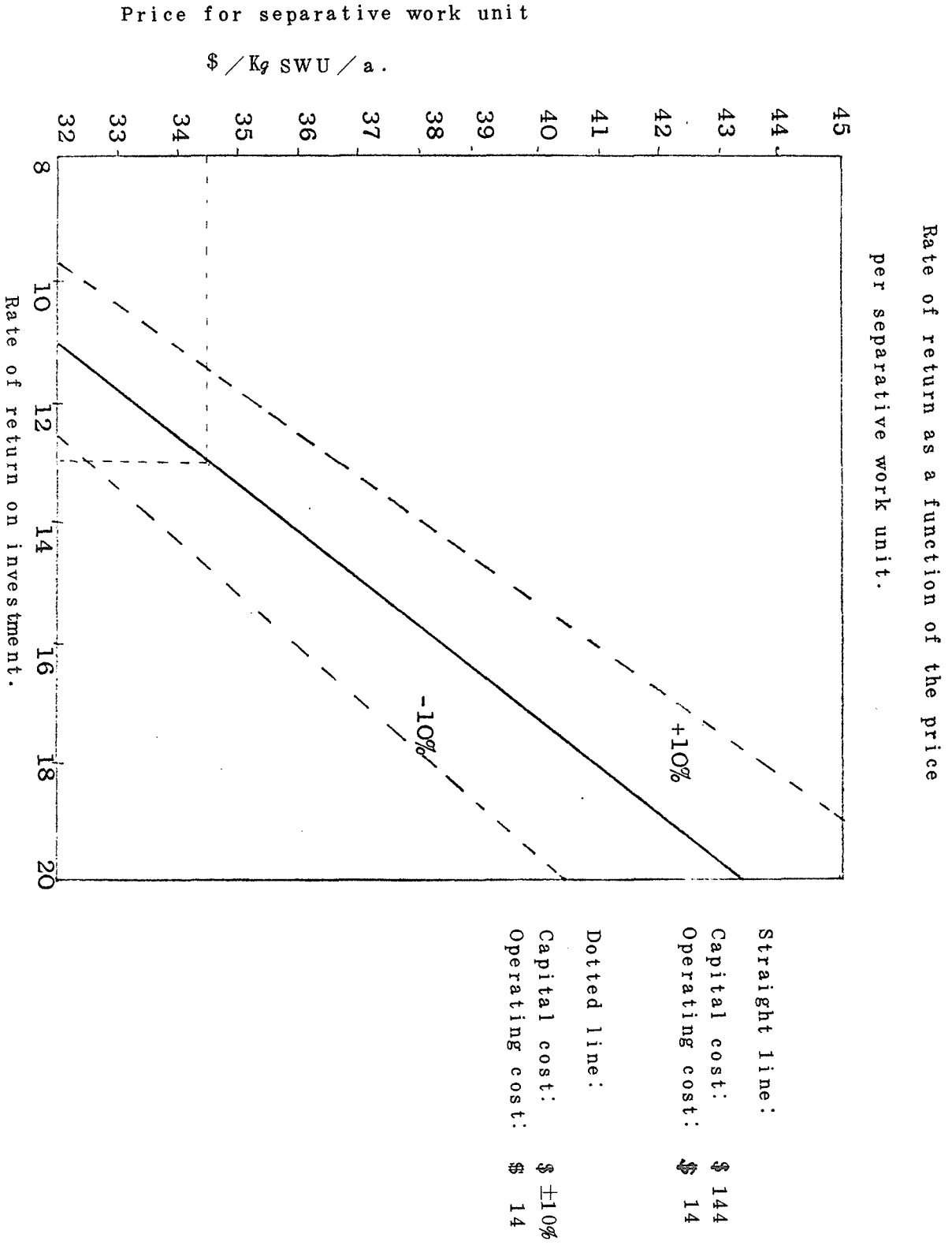
このACE参加への招待に対して多くの反応があり、最初の会合が3月末に開かれる予定である。

第二段階では、機密情報を参加者に流しても商業上および軍事上の適切な保護が維持されるよう特別の措置が必要である。この段階での詳細な取り扱いは、何れの国が如何なる目的でウレンコとのより密接な関係を結ぶことを望むかがはっきりした時に決められるだろう。現在のところ関心は次の動機の中の何れかによるものだろう。

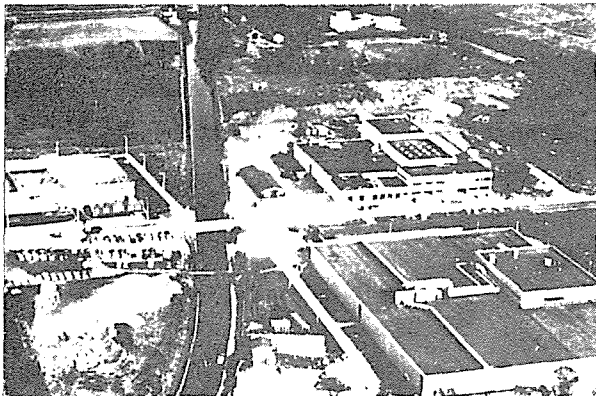
- a) ウレンコより長期的な濃縮供給力を確保する。
- b) 濃縮工場の共同所有を可能とするような契約関係に入る。
- c) 三国共同の技術に基づき遠心分離濃縮工場を所有・運転するためのライセンスをウレンコとセンテクより得る。

われわれの主要な供給源であるセンテクは、出資者もウレンコと共通していることもあり、これらのすべての調査に深く関係している。

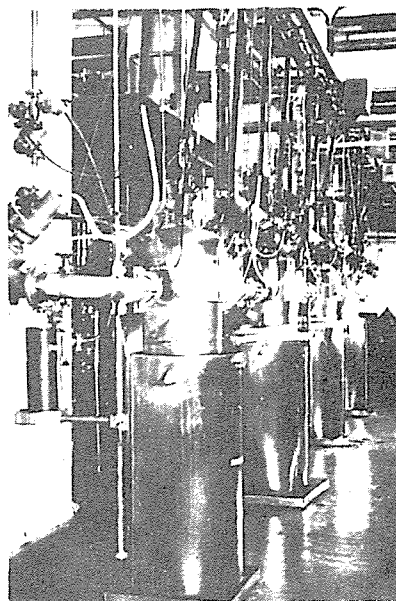
(FIG-1)



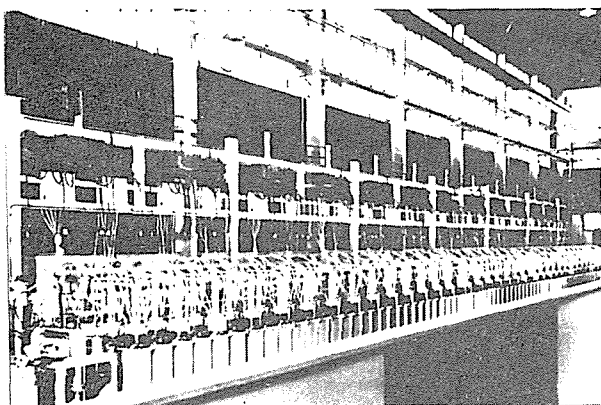
三国計画（英，西独，オランダ）で開発中のウラン濃縮工場



Aerial View of Almelo Site



Process Services of Experimental  
Cascade (K200)



Lead Cascade of Demo. Plant

# ガス拡散ウラン濃縮事業の進め方

フランス原子力庁 原子力産業応用担当理事補佐

J・H・コーツ

## 第1部 濃縮工場増設の必要性

新しいウラン濃縮設備の必要性はその予想需要と、予想濃縮設備・能力との比較によって決まります。濃縮ウランの利用能力（供給量と予備生産された濃縮ウランの備蓄量の合計量）が限度に達する時期を決定しそしてその時期より新工場建設に必要な期間を差し引けば、その決定を準備し実行に移す時期を評価することができます。

### 1.1 濃縮ウラン需要の評価

濃縮ウラン需要は軽水炉用燃料の供給に依存しています。それ故、濃縮ウランの予想需要は、原子力発電所の建設計画に密接に関連してきます。

1980年までは、その予想値は、発電所建設に要する期間を基にしてほぼ完全に得られます。

1980年以降は、原子力発電計画を参考にするかあるいは実績値からの外挿で予測するかのいずれかによります。いずれの場合もかなり先の予測になりますので、確度は下がってまいります。

実際には、CEAは次の方法で推定しています。短期間については、発電所試運転、燃料供給契約および原子炉建設の最新の資料を求めます。これらによって正確に短期間の推定ができ、原子炉型や技術に関する中期見通しへの手がかりとなります。長期間の推定値については、まず出来る限り公式の計画に基づく様にしており、次の手段としては国の公表資料によっています。

次の表は西側諸国について、上記方法にて濃縮ウランを使用する発電所容量をまとめたものです。

(単位 GWe)

	1972	1975	1980	1985	1990
米 国	22.9	5.9	14.7	30.0	50.0
西ヨーロッパ	12.8	2.9	9.5	20.0	45.0
日 本	1.8	9.5	3.2	6.0	13.0
そ の 他	2.7	5.9	2.4	6.0	22.0
合 計	40.2	103.4	29.8	62.0	130.0

これらの値は他の予想とよく一致しており、最近米国原子力産業会議がまとめたものとは特によく合っております。

原子力発電容量の評価を年々行ないさらに次の仮定を行なうことにより濃縮ウランの需要を決定します。

- 原子炉型 (PWRまたはBWR)
- これらの技術的特性 (即ち、いわゆる、初装荷と取替用燃料の濃縮ウランの量と濃縮度)
- 運転条件 (起動および平均負荷率、平均寿命)
- 燃料要素の製作と装荷の間に必要な時間的間隔
- 軽水炉燃料として濃縮ウランをリサイクル
- プルトニウムに置き換える可能性

この様に必要な濃縮ウランの量と廃棄濃度を決めた上で、濃縮の必要量は天然ウランでの経費と分離作業の費用間の経済的最適条件を加味して得られます。この最適値が濃縮設備の標準運転条件又は言いかえると廃棄濃度を決定します。

もちろん、設備運転者は、生産量を増すために設備の負荷率を公称通りしなければ生産量を増すことができるので、この最適値を変えることができます。しかし、資源を余計に消費しなければならないし、生産費がかさむこととなります。

廃棄濃度を最適にし、プルトニウムをリサイクルするとしますと、濃縮の必要容量は次の通りです。

濃縮容量 (単位百万 SWU/年)

廃棄濃度 = 0.25% プルトニウム リサイクル

	1972	1975	1980	1985	1990
米 国	6.5	9.5	21	35	47
ヨーロッパ	1.8	6	12	27	50
日 本	0.3	2	4.5	10	13
そ の 他	0.1	0.5	2.5	8	26
計	8.7	18	40	80	136

(1990年の値は単なる参考値であり、他の炉型の大巾な進出を考慮していません)  
これらの推定値を Fig. 1 に示します。そこでは一般的な傾向がよりはっきりと見られます。

もし廃棄濃度を0.3%にすると、先の値は約10%だけ減少するはずであります。

濃縮ウラン必要量について多くの推定がこの二年にわたり行なわれました。これらの各種推定値の間で少なくとも1985年までは現在とよく一致しています。

## 1.2 濃縮能力

濃縮容量の評価は現実の設備容量と将来の容量増加によります。

1976年までに全負荷運転されると発表されている米国の容量の他に、これら設備の改造および能力アップにより1981年までにその容量が2800万SWUに増加する予定です。

さらに、米国原子力委員会はすでに2000万SWUの備蓄があり、それは1977年までに3000万SWUになるにはずです。

これについて、西側諸国で利用し得るかあるいは建設中の設備は影響をおよぼしません。(カーベンハースト、ピエールラット、アルメロ)

さらに重要な事は、現段階では確実ではありませんが、今後ヨーロッパ三国共同の遠心分離設備により開発される容量です。今日、この会社で言われている最大の容量は1981年までに2~300万SWUであり、1985年には800~1000万SWUです。遠心分離法は、色々な利点の中で、よりよい経済性で確実に市場に食い込んでくるとみられています。さらにこの方式はエネルギー消費の少ないことも魅力です。しかしながら、信頼性が実証されねばなりません。とにかく実証規模で近い将来試験され



る技術的改良が最近の2年間になされたとみなしますと、大規模に製作される遠心分離機のコストに大いに依存する経済性を見通しは極めて慎重に評価する必要があります。

### 1.3 将来の濃縮容量の飽和

濃縮ウランの必要量と利用量間の比較の結果将来の容量の飽和時期は、干渉し合うものであり、そしてこれまでに記述した多くの要素に関してなされた仮定に大いに依存しています。今や、純技術的見地からばかりでなく、ウラン濃縮に関する者によりとられる態度を一致させる様に努力して、これらの仮定の信頼性を話し合い時期です。

1.3.1 第一に需要についての仮定を調べてみますと、最も敏感な要素は、原子力発電容量の増加、炉型および技術に関する仮定、そして濃縮ウランのユーザー、即ち電力会社の政策です。

原子力発電の増加の評価に最善の努力を行なっても、完全に一致したものではありません。例えば、1971年、1972年の米国の新規発電所の発注は、計画をうわまわりました。しかし一方それら発電所建設に必要な工期の遅れが増加し、最初の頃のようなキャンセルといった傾向がなくなったことにより、その遅れが当然となってきました。このように考えると、もし将来他の電力源の開発あるいは拡充に影響するのであれば非常に広範な混乱が起るはずで

さて、原子力発電設備に関する仮定にもどりますが、炉型に関しては濃縮ウラン量の予想値にあまり変化を与えないが、むしろ濃度に影響します。さらにこれらがもし起るとすれば、それは1985年前には起らないでしょう。それ故、その時期までに新しい設備の必要性を変えることもなく、また濃縮設備の寿命と多かれ少なかれ同じ寿命をもつ原子炉の取替燃料により必要量が確保されますのでその市場を妨げることもありません。

より大きな影響としては軽水炉により生産され、燃料要素としてリサイクルされるプルトニウムに関する仮定です。ごく近い将来、プルトニウム・リサイクルの影響は運転が競合しうるものになり、大規模に採用される様になる時期によります。これについては樂觀は禁物です。長期見通しでは、プルトニウム利用率は多かれ少なかれ高速増殖炉の急速な進出によってまいります。

最後に濃縮サービスに対する顧客の態度も重要な要素として言及されねばなりません。全ての準備には“遅くとも”ということが考慮されているという点についてま

知らされるべきです。いいかえれば、いかなる時間の遅れも理由になりません。運転の大巾な遅れも、消費者自身による濃縮ウランの安全備蓄量の補給のためにということでも、依然として予期せざるものがでてきますので、例えばそれが消費者の財政負担をますかもしれませんが、考えておかなければなりません。

またこれらは誰にでもありうることですが、これらの負担増はたしかに消費者にとっては信頼しうる生産者により強く委託したいということになっていくのは最もなことでもあります。

1.3.2 次に濃縮サービスの利用率についての仮定について調べてみますと、多分、まず最初に皆さんは、濃縮設備容量と濃縮利用率間の差を指摘するでしょう。後者は前者と予備生産分だけ異なり、それ故一般に累積値で表わされ、一方設備容量は年間ベースで表わされます。

さて、ガス拡散設備は運転に融通性があるのでかなり広い範囲内で濃縮ウラン生産量を増すことができます。例えば、もし廃棄濃度が0.25%から0.3%に上げられると、濃縮ウラン生産量が10%台の増加となります。

もう一つの融通性としては、予備生産量の増加にあります。しかしながら、既に述べました1977年で3000万SWUという値はきわめて高い値と見られています。逆に参照されている設備容量は1980年以降全負荷運転によっていることがお気づきと思います。しかしながら、米国の設備が、CIP計画で変更されてしまいますがその時までにはほぼそれらは30年という寿命に達している点に留意されねばなりません。

1.3.3 結論として、批判される様な仮定に依存する代りに、いくつかのありえそうな仮定の結果として飽和時期を表わし、人々の見地により彼ら自身の意見を出させることがよりかしこい方法と思います。そのキャンバスは次の通りです。

予想容量と利用率の飽和時期

	プルトニウム・リサイクル		
	無	平均	計
設備容量の飽和 (廃棄濃度 0.25%)	1977	1978	1978
利用率の飽和 (廃棄濃度 0.25%)	1979	1980	1981
利用率の飽和 (廃棄濃度 0.275%)	1980	1981	1982
利用率の飽和 (廃棄濃度 0.3%)	1981	1982	1983

平均プルトニウム・リサイクルと廃棄濃度 0.25% をとった結果の状況が Fig 2 に示されています。ここに比較のために予想総西側諸国需要と有効容量、即ち 2800 万 SWU までの米国の値と URENCO により最大値として発表された値も示されています。

#### 1.4 濃縮市場への新設備の進出

この事項についてまず注目することは、おそらく、もし予想濃縮利用率飽和時期のために 1980 年頃まであるマージンが認めうるならば、それ以降の需要は顕著な割合で増加することは否定できないという事です。この様に各々の時期での第 4 の設備よりもむしろ全シリーズの設備に対する必要性を考えることがより現実的です。さらに、この新しい一連の設備はその予定生産量を急速に達成できるでしょう。

最初の追加設備へのよりはっきりした第二の点は、利用率が不足してくる時に必要な容量に関してです。予備生産および現設備の計画的運転による操作で濃縮設備の通常の飽和を遅らせて、不平衡状態が年間容量の飽和時期と累積利用率の飽和時期の需要の増加に一致した水準に達します。たとえばこれら時期を各々 1977 年と 1981 年としますと、1981 年にすぐ必要な容量は大規模設備のものと一致するでしょう。すでにベクトル社副社長 K. Davis 氏により指摘されている通り、これが、なぜいづれかが 1981 年第二半期に 1750 万 Unit の総生産をもたらす理由です。

現在もし利用率の飽和が同じ意味で 1984 年まで延期されたならば、3000 万 SWU 程度の増加容量が経済性というものを全く無視して非常に短い時間で生産にかかるという事を意味します。

これら二つの注目すべき点を共にもっているのが、即ち需要の急激な増加と利用率が零になる時の容量と需要間のギャップ、皆さんは 80 年代の第一年期において全ての遠心分離法進出に反対する難しさの一つを知るでしょう。真に、遅くなればなる程利用率が下がってくることにより時期が延期され、それ故長くなればなる程この技術を高度にまでもたすために有効な時間があり、そしてより急激な需要の増加となるでしょう。容量の大きな増加は遠心分離の経済性をますますすぐれたものとします。

技術的、経済的基盤の上に何が現われようと、待ちうけている濃縮市場が生産者間でのきびしい競走をもたらすことは疑うべくもありません。濃縮販売を実際に行なって、米国の生産者は市場に強力な営業上の地位を保持するでしょう。しかし、新参加者にとっても供給多様化の可能性という利点があります。

## 1.5 選択および決定

新しい容量の必要性については疑い余地もなく、その選択と決定について調べてみましょう。

### 1.5.1 選択は定義と新設備計画の組織について行なわれます。

新設備計画の定義は、新設備の規模、運転時期、製法、そして多分敷地についての選択を必要とします。はじめの二つは市場の見通しにより決定されますが、あとの二つは経済的見地により多分に支配されます。

計画の組織に関しては、各参加者の役割をまとめます。それらは、濃縮サービスの将来の顧客、金融業者、技術所有者、技術とりまとめや機器製作の契約者、エネルギー供給者や政府機関です。

### 1.5.2 決定には参加者により多くの誓約がとられます。これらの誓約は計画の定義にかなった時期に行なわれます。即ちその計画の建設に必要な期間を考慮した時期においてです。

CEAの予想によりますと、600万SWU設備の建設に必要な期間は6年であり1000万SWUでは7年です。これらは土地を選び建設の決定から100%稼動に必要な期間全てを含んでいます。これは、もし900~1000万SWU設備が1980年までに稼動するには建設決定は1973年にとり、1981年に稼動するには1974年に決定すればよいことを意味します。別にマージンを考える必要はありません。

## 1.6 第一部の結論

1. 年間の値で表わすと、西側諸国の濃縮必要量は1977年までに予想生産容量に追いつく。累積ベースであらわすと、即ち予備生産も考慮して、濃縮の利用率は1981年までは濃縮サービスに対する需要をまかなえる。これらの予想は次の仮定にもとづいている。

- a) 濃縮容量の全予定増加分は予定通り達成される。
- b) これらの容量は最適廃棄濃度以上で運転される。
- c) 濃縮ウランの引き渡しは“at the latest”になされる。
- d) プルトニウムはリサイクルされる。

2. 濃縮利用率の飽和は予備生産や高廃棄濃度の様な手段によって1981年迄は延期されうる。もしこの様にいかないと、新規設備はきわめて早く必要となろう。したがってこの方法は、飽和が實際上起るときに一度に全て現われる追加設備の必要性を減

らすのにふさわしいものです。

3. 1985年までに稼動される追加容量は年間3000～4000万SWUの範囲です。
4. 最初の追加設備はガス拡散方法を利用するのに対し、遠心分離法はその後よい条件の下で使用されるでしょう。特に濃縮ウランの濃縮度が増すことによって。
5. 計画の規模により、建設期間は、6年あるいは7年のいずれかとなり、これに基本計画作業を含む適当な準備期間を加えねばなりません。

最後に、新しいガス拡散設備建設の最初の決定が遅くとも1974年初めになされるよう緊急に考慮されるべきです。

## 第二部 フランスの参加によるガス拡散工場建設の研究組織

第一部では、短期間の目標がいかにか決定されるかを説明しました。そして今後とられるべき決定の中で重要と思われる多くの点について強調しました。次にしかるべき時に決定しうるためにCEAで開発された短期政策について説明を加えます。

### 2.1 CEAが行なった短期間の仕事の一般計画をFig 3に示します。

Pierrelatteでガス拡散方法が初めて使われた時点にさかのぼらずに、それ以来行なわれた活動や大規模な低濃縮ガス拡散工場計画の準備に特に費やされた活動を思いおこすことができます。

1960年代終りまでに、濃縮分野でのCEAのノウハウは基本的にガス拡散技術に関する一般的ノウハウやPierrelatteの高濃縮設備の建設や運転に基づいています。この全体的な経験から新計画の決定の基本は4つの主たる活動の線にそっているとはっきりいえます。

第一の点は“拡散膜の開発”であります。これは性能をまず目的として設計することがたとえ要求以上であっても、決して止むことなく、工場建設の決定まで行なうことが基本的活動です。

第二は、1969年にはじめたものですが、将来の設備の実物大機器を試験することにより、その計画の技術的な可能性を証明することをめざしていることです。

第三は、調整につぐ調整からときわめて詳細につこんだ検討に基づいて、1973年7月に用意できる様に産業用計画の型をまとめ上げることです。

最後の第四点は、経済的可能性の検討と巾広い国際協力を呼びかけることであり、

1972年初めに開発され、通常2年後、即ち1974年の初めに終了するでしょう。

## 2.2 技術的ノウハウ

これはPierrelatteにガス拡散設備が建設され、準調に運転され、運営されている条件と同じ様にしばしば言われています。ここでは、ただ簡単にフランス技術の顕著な特徴のいくつかを指摘します。

第一に設備規模の融通性があげられます。これは適当に内部の段を構成することにより得られます。

それから各段の設備の単純化です。モータや熱交換器、拡散ユニットはお互い直接に接続されています。さらにUF<sub>6</sub>の排水や貯蔵の附属機器の簡略化です。

また、機器の標準化についても努力がはらわれガス拡散の独得な点にもかかわらず2/3がなされ、その結果非常に広く引合を出すことが出来ます。

運転、停止が簡単なので、設備の一部あるいは全体の電源の停止することが出来、融通性のある運転ができ、電気供給者、設備の運転員両方にとって好ましく多分に有利なものであります。

直接Pierrelatteから由来している建設や起動運転のきまりきった形体から、建設終了時期と100%生産時期の間を実際的に明らかにできることであります。

拡散膜は別にして、種々の独創的な装置がとり入れられた。例えばコンプレッサーの各種シールやUF<sub>6</sub>装置の実現に使われた種々の材料等です。

最後にオンラインプロセス計算機の導入により運転員の減少を行なうことができたことさらに、製造性能の改良がなされることです。

## 2.3 拡散膜の開発

これは製造性能の基本事項であり、数年間のR & D作業の結果、膜の仕様が合理化されました。一旦技術的開発の諸元が判明したら、性能の目標がたてられ、系統的に探究され、達成されました。隔壁の原型がつくられ、“PCパイロット”といわれる特性測定装置により特別に、定められた制御下で連続して使われた。その膜の性能が一旦確認されると、産業用生産のためにフランスの会社で調整され、それは特にPierrelatteの近くに工場をもつS F E Cによって行われた。

## 2.4 産業用パイロット設備

われわれの計画の技術的可能性の実証もまた、非常に早く検討され、そして産業規模の試験設備で行われました。これはPierrelatteに建設されそこで試験された。こ

の設備は二つの系列からなっている。一つは一番小さな寸法のものであり、もう一つは最も大きな寸法の段からなっており、計画された設備が備えられています。さらに、これらは、各機器が各種試験を行なえる様な装備をほどこしてあります。その試験は、例えば機械的なサイクル、温度サイクル、加速腐蝕試験等です。

最も小さな装置は、PP200と呼ばれています。二室からなり、完全な拡散装置が装備されています。それらの連続する201、202、204と206の中に色々なコンプレッサーと拡散装置の原型が装備されています。設備の内最も小さい装置を装備する設備がその中から選ばれました。この作業はすでに達成されています。

最も大きな装置はpp300と呼ばれます。これもまた二室からなりその中に完全な拡散装置が装備されています。これらは現在301、302に装備され、1973年に試験が終了します。

## 2.5 産業用計画

これはフランスの専門会社であるUSSI、GERCOS、SPEと協同でCEAが作成します。USSIはエンジニアリング会社であり、GERCOSはコンプレッサーの製造会社で、SFE Cは拡散膜の製作会社です。

この計画の基本的考えはヨーロッパで最適な900万SWU/年の設備に関する事です。この計画は入札者への詳細仕様と図面の要求を含んでおり、そして産業化の見積が確立されます。

## 2.6 経済性の検討

この検討の目的は、現存あるいは他の計画による設備とこの計画との競合性を評価することです。この検討に、双方共製法の特徴、いわゆる資本、エネルギー消費量、起動、運転、保守費というものや、エネルギー費用のみならず、資金ぐりや、収入、人件費等の環境経済をも要求します。

全てのデータを集めて、総合的に、計算により結果を示します。しかしながら、いろいろな評価の方法が使われ、とられた仮定のいくつかは比較の助けとならないものがあることも強調されるべきでしょう。

## 2.7 決定の内容

経済性の検討は一般にいくつかの部分に分けられます。第一に例えば分離費の予定された平均値に荷せられる主要諸元の取扱いです。その後、全ての機器の費用についてのより詳細な検討がなされます。

さらに、仮定の信頼性が契約方式の案を作成するために改善されなければなりません。

最後に、決定記録の内容は次の様になります。設備規模の仕様、場所、濃度、工程、エネルギー供給契約案による影響、予算見積、財政計画、商業上の基盤、そして指定されたロイヤルティに対する製法の保証です。

### 第三部 協力関係の必要性和準備

#### 3.1 協力関係のいろいろ

協力を必要とするいろいろな理由の中で、最も明白なものはまずほとんどの国が優れた計画を支援するに十分満足な状況にないという事実です。技術所有者は稀であり、ガス拡散の場合では、技術を利用できる国においては最も好ましい建設地がないということです。これは、ガス拡散設備は多量の電力を必要とし、米国、英国およびフランスでは電力が世界の中で最も安価ではないという事実によります。一方、エネルギー費が唯一のものではあり得ず、たぶん敷地の選択の上で、最も重要な指針でもありません。石油産出地域で起こっている出来事が敷地の問題がいかに重要であることを示しています。それ故、ガス拡散設備の幹事国は大いに政治的に信頼性があるべきであることは疑うべくもありません。即ち、政治的に安定しており、自立しているという点であります。この見地で、広範な多国間協力というものは確かに計画安定の附加的要素となります。

しかし、多国間協力を必要とする別の理由があります。それらの一つは、製法が何であろうと、濃縮計画の経済性に関する規模の要素です。ガス拡散計画については特に規模を大きくすることによって利益が得られます。このように、より大きな計画を援助することにより、所有権を分割し、多くの協力関係をもたらしめます。多くの関係者が種々の動機を伴うのでより望ましいものとなります。

- 技術所有者はノウハウを与えその見返りを期待します。それはロイヤルティかあるいは濃縮設備の部分的所有権という形でです。
- 敷地所有者は敷地提供だけでなく電力の供給や計画実現への組織だった支援。
- 顧客は濃縮サービスを補完する資源をもたらしめます。
- 製作者は技術指導、価格競争、ガス拡散技術のほとんどの特殊機器に対するライセンスの中で設備機器を供給します。
- 投資家、金融業者は資金を提供し、それにより計画が着手できる。濃縮サービスの活動により得た収入から適当な利子率で彼らに返済する。



### 3.2 CEAによる活動

第一段階はフランスのガス拡散技術の公開でした。基本的に、この決定は1971年になされました。もちろんこれは、技術を要求に従って自由に公開するというものではありませんが、フランスの協力者との提携によってのみ利用しうるものです。この提携の範囲は、固定されたものではなく、話し合われた計画の一般的特徴によります。しかし原則として、協力関係がさらに発展すること、そして長期の約束がなされることであります。

この目的で、CEAはいくつかの国際協力検討グループに加わっています。それらは1972年3月に第1回会合が行われたフランスー日本グループ、1972年2月に設立されたフランスーオーストラリアグループとEurodifと呼ばれるヨーロッパグループです。フランスー日本グループはウラン濃縮設備の技術的経済的問題点の検討に従事しており、他の2グループの活動はオーストラリアあるいは西ヨーロッパのいずれかに工場を建設するという具体的な計画を行なっています。一般に、検討はいくつかの段階に分けられており、その中で最も重点的な検討として市場へのアプローチ、敷地、エネルギー供給にまずとりかかっています。それらは民間会社の幅広い協力を得るために長期にわたる協力者で構成されるでしょう。

### 3.3 結 論

時間と共に発展し信頼性が増しますが、多国家および多くの役割の仕事の下で極めて多い協力関係からなされる決定はより限られたものとなってきます。これらの将来の決定に関して、技術的な準備および実証が実際に行われ、経済的検討もさらに進められ、そして計画の骨子が確立されつつあります。さらに将来の型を十分決定しうる方法で、現在商業上の情勢が急速に展開されております。

今や協力者にとって、私が皆様の前で動機を説明し、準備を表明したこれら計画の協力関係を誓約すべき時であります。

図 1 予想濃縮必要量

平均 Pu リサイクル

廃棄濃度 0.25%

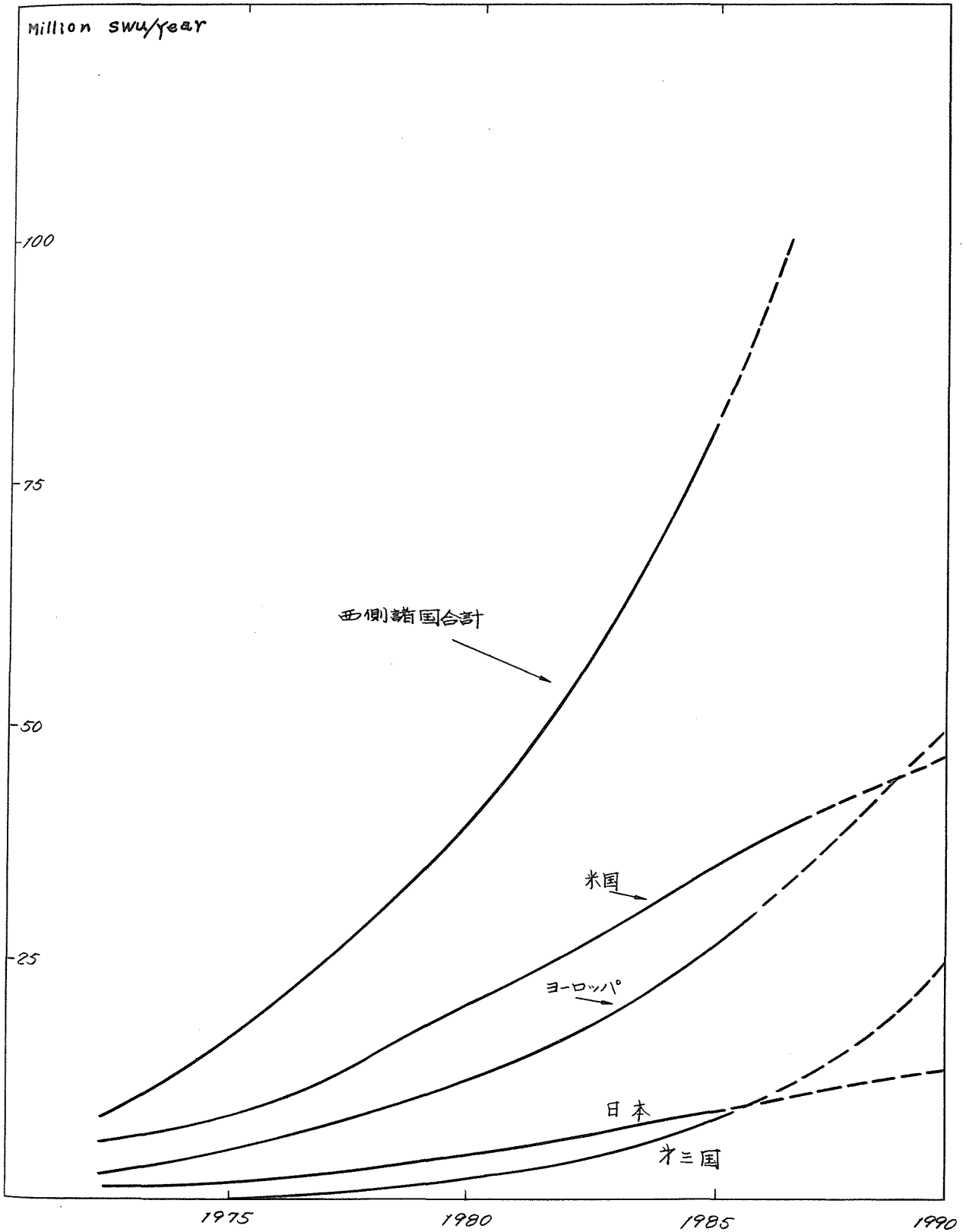


図2 設備容量との比較での西側諸国の濃縮需要  
平均プルトニウムリサイクルを仮定

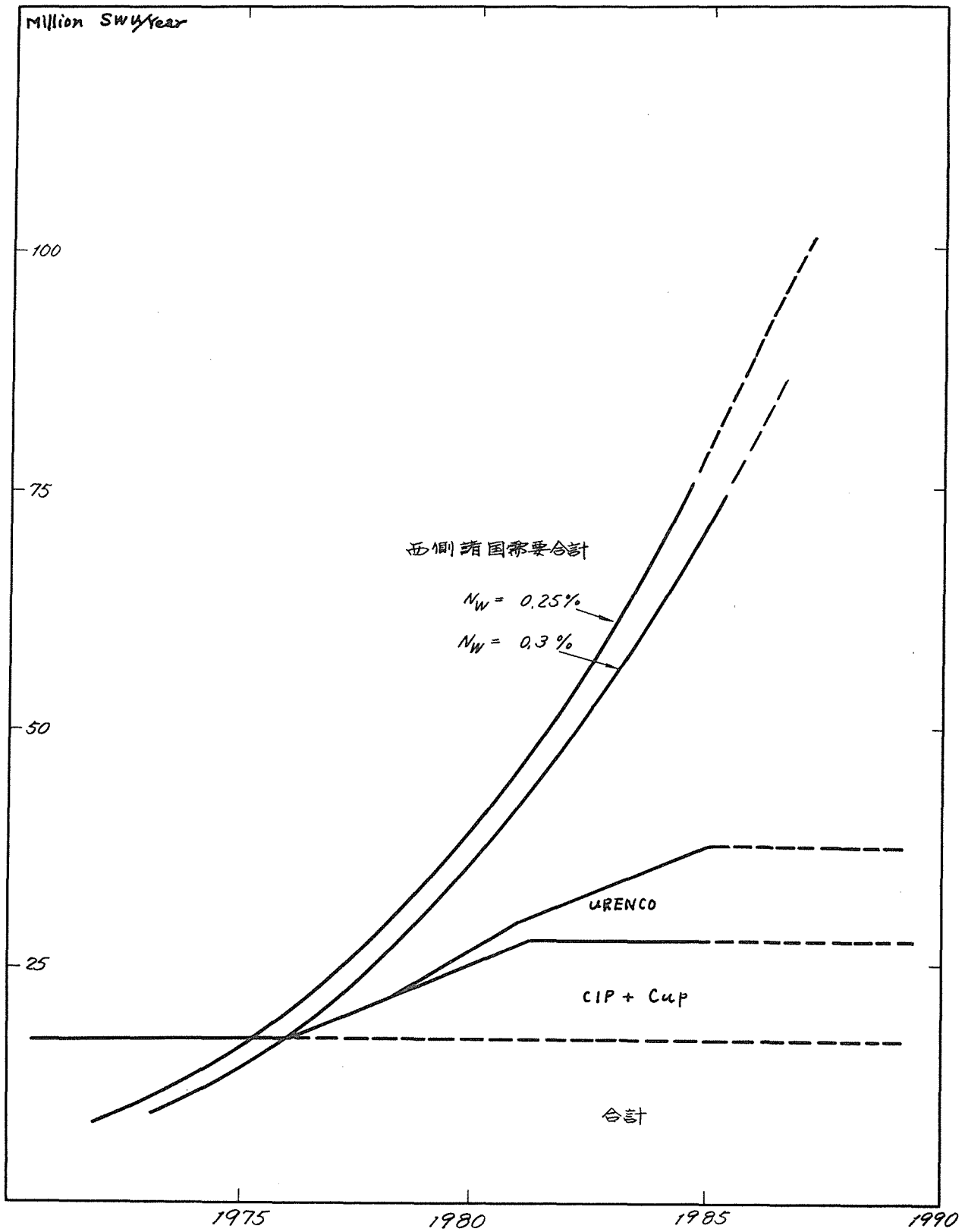
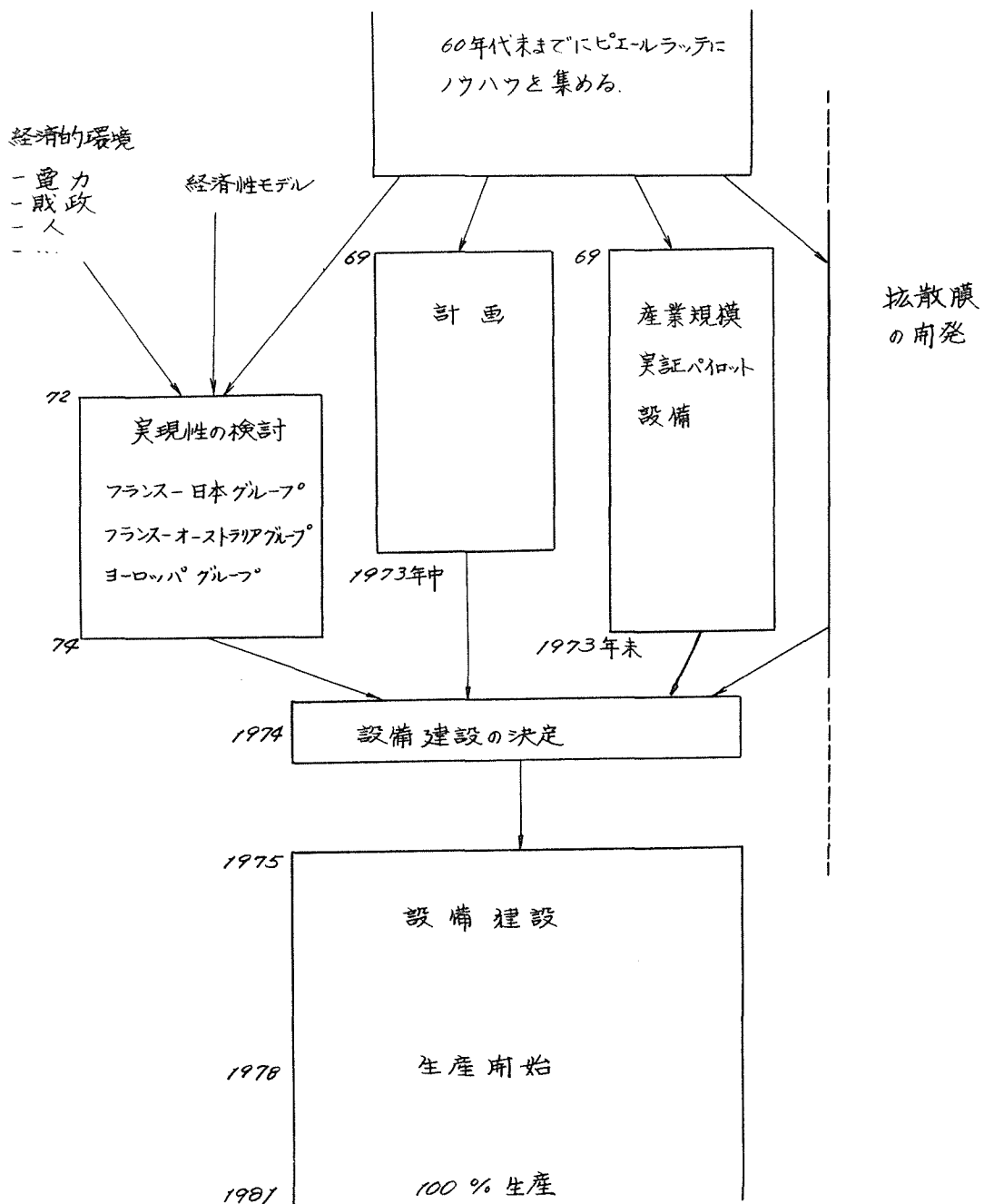


図 3 短期政策



## アメリカの濃縮ウラン供給政策

アメリカ原子力委員会

国際計画部長 A . S . フリードマン

ご依頼を受けました講演題目は、今日、日本の原子力の分野において最大の関心がある分野ではないかと思えます。これは皆様が米国以外では世界で最大の原子力発電計画を考えていること。そしてその計画は、1980年代に入らないと、この発電計画に対して燃料を供給するために必要な濃縮業務を行なう国内的な能力が実質上全然ないことを考えますと、当然のことです。

合衆国は日本の関心を認識し、同時にこの件について関心を有するものであります。

A E C は、過去において必要とする濃縮業務の提供を確保するよう協力してまいりましたし、将来においてもそのような業務に対する日本の要求にこたえることに強い関心をもちつづけるものであります。過去において長期的供給の確保を増加することに重要であったと私が考える4つの段階を採用してきました。最初の3つの段階については重要であります。私はここでそれらを指摘するだけにとどめます。

第1は、日米協力協定の改定に関する協議が成功裡に完了したこと。これはこれにより60,000 M W e までの発電計画に対して燃料を供給するものであります。

第2は、日本の電力業界がアメリカのA E C より、予め生産された濃縮ウランで1,000万S W U のウラン濃縮業務を先買いすること。

第3は、U S A E C とウラン濃縮調査会（Enrichment Survey Committee）の間で1980年代の初期に稼働する予定の米国内のウラン濃縮工場に日本が参加する可能性を継続討論すること。

であります。

第4番目は、我々の目下考慮中であるウラン濃縮契約政策の改訂であります。この新政策は、法制上、上下両院合同原子力委員会の動きを待っておりますが、改訂されましたウラン濃縮業務範囲（criteria）とその附属説明資料に盛り込まれております。おそらく、これは今月末までに発効するものと期待しております。この点に関する公聴会が今月ワシントンで開かれているということ、また日本の原子力産業会議の代表がここで証言するという機会が与えられているということは、皆様のご承知のとおりであります。

私は龐大な且つ常に拡張してゆく原子力発電計画を支えるために絶対に必要な濃縮業務の継続利用を確約するためには、最も重大な貢献をこの政策がなすであろうことを信じております。

私は、米国内および外国における A E C の濃縮業務の顧客の中には、新契約方式が異常に厳密であり、それを実施できるのは、我々が現在のところ、実質上濃縮業務の専売の供給者であるからであるということを述べているものがあるのを知らない訳ではありません。そのようなご意見に答えて、私は4点を指摘したいと思います。第1に、同じ条件 ( terms and conditions ) が外国と同じく合衆国内の顧客にも適用されること。第2に、我々は原子力法により賃濃縮契約の濃縮料金を納得のゆく期間内に於て政府の実際の費用を回収する基礎の上にならって設定するように要求されています。

従って、我々は相当の期間にわたって利潤をあげたり損失を生じたりして運転することは出来ません。改訂された契約方式の最も批判を受けている項目の多くは、この法制上の命令にしたがいながら、顧客に対し長期の料金を可能な限り低くするという目的で考えられておるものであります。

第3に、顧客に「テーク・オフ・ペイ ( take-or-pay ) 」を長期にわたってさせる契約は、燃料の継続的且つ確実な供給が必要な場合に、ガスや石炭のようなより普通の燃料に対しては特殊なことではない。最後にもし我々が本当に独専的であろうとするならば、投資された資本がプラントの寿命中に回収されることを相当程度確実に要求するようなプラント拡張に対する必要資金の入手を確保する契約方式を考えざるをえないでしょう。

そうという意味で我々が現在の改訂で行っているような関心をはらう必要がないでありましょう。

私は、大体の概要についてもこの新方式の詳細を討論するよう提案するものではありません。この情報は以前に入手可能となっており、私は殆んどの皆様が今はすでによく承知しておられるものと思います。その代りここで述べたいことは、この新契約方式のより重要な見解を強調する我々の基本的考え方や理論的根拠についてであります。そうすることが、私は、米国内外の濃縮業務の顧客間に明かに疑問を生じているいくつかの条項に関してその必要性をよりよく理解し、認識する助けになるのではないかと思います。

A E C が最初に 1960年代のころ濃縮業務を提供するクライテリアを作成したとき、それ以前の国防の必要に基づいて資金が投下され建設されたガス拡散濃縮容量に大量の余裕がありました。

同時に原子力産業は比較的幼年期にあり且つ技術的にも経済的にも不確定であって、地理的

に特定の地域を除いては化石燃料と競合出来ないと考えられておりました。

要求型 ( requirement-type ) 契約が作成されたのはこれらの考慮を払ってのことです。これらの契約では、本質的に、個々のカスタマーに対し濃縮業務を提供することに関する経済的危険は全くカスタマーには考えられませんでした。代りにそれは供給者としての A E C にふりむけられ、したがって我々の濃縮プラントの使用者へ肩代りされました。このような契約の概念は、原子力が今日歓迎され広範囲から受け入れられる上で、疑いもなく重要な貢献をなしました。

然し乍ら今や「要求型」契約はその成功の犠牲になったとも言えます。A E C が供給しようと期待するそれら濃縮業務に対する要求の現在の増加率では、現在の拡散工場の殆んどすべて……それは我々のカスケード改良および向上計画によって供給される追加容量も含めて……が、1974年まで長期契約の下に置かれると思います。濃縮業務の継続した利用が確保出来ぬために、原子力が更に発展するのをスローダウンしたり、又は一時的に停止するといった事態を避けるために、産業界又は A E C によって時宜に適した手段が購ぜられねばなりません。逆に資本費も含めてその費用が回収されるということが相当に確実でないならば、そのような業務の提供者が新規濃縮容量に数十億ドルを投資することを期待するのは合理的ではありません。したがって、これまで供給者によって負担されてきた濃縮業務の提供に対する経済的危険の大きな分担は、濃縮容量に対して妨げられることなく利用できることを確保するために、カスタマーによって受け入れられねばなりません。これがつまり、我々の改訂された濃縮契約政策の基本的考え方です。

更に細部の話しに入る前に、一般的に云ってカスタマーに対する2つの関連した利点を述べるべきであります。

第1に、更に大量の濃縮容量が関係してくるようになりますと、供給者は不確定さというものに直面します。このために窮極においてはカスタマーにより負担されることを期待せざるをえない極めて大きな経済的なきょ出を生じます。改訂された契約方針は、各カスタマーが出来る限り正確に要求量と計画を決定するという事、そしてその努力のもたらす経済的恩恵で、その努力が少ないかも知れぬ他のカスタマーを援助するという結果になるよりは、そういった経済的恩恵を自ら確保するのを可能にするのであります。第2の利点は、確定型契約 ( fixed-commitment type ) であります。これは濃縮ウランやプルトニウム燃料を他から購入したり、余剰の物質を他に売却したり又はプルトニウム再循環計画を改定するような活動に関して、「要求」型契約の場合事実であるような、自動停止料金によることからカ

スタマーを解放します。

署名から最初の引渡しまでの期間 多分カスタマーの見地から新政策の最も有意義な一つの形態は、最終的に選ばれる炉型についての不確定さに関しある程度変化をゆるされる範囲で最少10年間、又少なくとも最初の炉心の引き渡しまでに8年間を濃縮業務の確定供給に対しコミットする要求であります。多くの場合これは電力会社がそれに対し燃料供給が契約されている特定の原子炉を発注することについて、最終決定をした時より相当以前に濃縮業務契約に入らねばならぬことを意味します。

一方、新濃縮施設がそのような契約実施に見合うに必要なだけ、そのような施設の計画、建設、初期運転に対し十分な先行時間が許されなければなりません。我々の見解では民間産業界又はAEOによってガス拡散施設を建設するのに必要な最少の時間は、……その膨大な発電容量のために最も長い先行時間を必要とする技術ですが、……目下のところ8年間となっております。このような訳で、将来必要とされる濃縮ウランを供給する能力を確保するために、我々の、目下の考えはカスタマーが8年前にコミットすることが必要であるということです。もし濃縮業務の確実な供給能力を危険にせずこの8年間の期間を短縮できると考えられるようになれば、その時点にはその短縮に対し真剣に考慮いたしましょう。

この点に関し、カスタマーが若し原子炉の建設を継続出来ないならば、次のようなことを考えなければなりません。

- a. その全責任 (liability) として前渡金の徴収により、原子炉建設に対し必要な政府の承認を得る前に契約を終らせるか。
- b. その契約により計画通り分離作業を行って、生産された濃縮ウランを他の資格を有し、承認されているカスタマーに売り渡すか。
- c. USAEOの同意を得て、その契約を同じ必要のある他の資格を有し且つ承認されているカスタマーに割り合てることになりましょう。

前渡金 多くの議論をよんだ、新契約方式の他の形態は、契約締結時において必要となる前渡金であります。前渡金の主な目的は、私の先に述べた意見から明白でありましょう。……これはカスタマーの誠意の実体的証拠であり、これは、供給者に新規濃縮施設の計画と投資を可能に致します。同時に、それは亦、カスタマーに、その原子力発電所の建設が継続不能になった際、その責任を定義し、限定する役に立ちます。又、更に供給者にこの早期の現金の流入が、特に更に次の濃縮容量を稼働させるに必要な長い先行時間という見地から、工場の建設に使える資金を補助するという利点を生み出します。たとえば、こ



の形態の予期される意味は、確定実施形（fixed commitment-type）契約に於て当然内在する更に商業的な方法とともに採られたとき、すでにAEOを、予想される濃縮の要求量に合致するための計画に見合うような計画の上でそのカスケード改良ならびに向上計画を推進するために必要な資金を得る助けになっております。前渡金の金額……それは電気出力1,000MWの原子炉に対し330万ドルとなり、これは3年間の同額分割払いになります。……は先に述べた目的を考慮して選定されました。

このような330万ドル支払いという顧客の経済的な問題を最小にすることを試みなくとも、我々は1,000MWeの原子炉に必要な約4億ドルの最終資本費の1%以下であるので、濃縮業務の継続した保証を確保するために実際極めて合理的な金額であると確信しております。皆様方の多くは、この前渡金は最初の炉心に対する濃縮業務の購入に向けて当てられることがお分りになったと信じます。濃縮業務を提供する費用が前渡金に対する金利の結果として最終的に下げられる程度まで、その業務に対する料金も亦下げられましょう。

終 結 (terminatin)      新しい契約政策の下では、契約は、もし最初の引き渡し日附からはじめて、少なくとも10年間の予告期間があれば、料金なしに終結できます。

5年乃至10年間の通告期間に対し、最大の終結料金は、分離作業料金から電力エネルギーと要求（demand）料金を引いたものであり、5年又はそれ以下の通告では、分離作業料金から電力エネルギー料金を引いたものになります。ここでも亦、私はこれら終結に関する条項は、顧客による解約の際、供給者に、その費用の回収を合理的に期待出来るように考えられたものであります。もし万一AEOの実際の費用が相当に異なったものであるならば、終結条項は Federal Register（官報）の告示により改訂されましょう。そしてどの終結した契約にも適用される条項は終結日附において有効なものになります。

「電力エネルギー」料金および「電力要求」料金の定義についてすでにいくつかの質問が出されております。拡散工場の運転のために電力会社から購入する電力料金はこの二つの部分から成っております。エネルギー料金は本質的に電力発生に用いた燃料費であります。要求料金は拡散工場の運転者が、実際に使用しても、しなくても、契約した電力を使用することを確保するために支払われる料金であります。この要求料金は、電力会社の資金調達費、人件および材料費（燃料を除く）、税金、保険費、消却費、財産物件の純価への返却および管理費のような項目を含んでおります。

目下のところ、拡散工場への電力費は要求料金とエネルギー料金にほぼ等分に分かれています。一般に電力会社と我々の現在の契約は、要求料金は約5年間の予告なしには終結できませんが、一方燃料費（エネルギー料金）は実質上予告なしに避けることができます。

分離作業料金 この新しい契約方針に関して、AECの分離作業料金の増加が最近発表されました。同時に確定実施方式契約下における低い分離作業料金を定めようとする我々の意図を発表しました。この方式では要求形契約よりも1SWUにつき2.5ドル低くなるでしょう。この2.5ドルの差額は、確定実施形契約の下で考えられる低い危険度の結果としてAECにより生ずる潜在的追加費用の分析に基づいております。カスタマーの見地から我々の分析はもしも確定契約の最初の10年間に、分離作業要求量の契約予定が実際の要求を1～2年以上先行しなければ、現在の要求形契約を新形式に変更する方が多分経済的に有利であるということを示しております。卒直に申しまして、我々は既に要求形契約を有している多くの電力会社は、それを新しい確定実施形に変更する機会をとられるだろうと望んでおります。

濃縮契約における分離作業料金の全体の増加については、先に申しましたように、AECは法律により然るべき期間中に、政府の実際の費用を回収する基礎の上で、料金を設定することを要求されております。このようにして、これらの割高の料金は、拡散工場の運転費、特にこの費用の中で最大の因子である電力購入費の引き続き増加に反映いたします。しかしそれにもかかわらず、我々は、AECの分離作業料金のこれらの増加は全般的に云って同程度の期間に於ける他の燃料費の増加よりも相当に低いものであります。今お目にかけているスライドは（第1図参照）米国における在来の燃料費の最近の増加傾向と、分離作業および全般的核燃料費とを比較したものです。このスライドが示す一つの興味ある点は、分離作業料金が1968年以降増大しておりますが、燃料サイクル費の他の分野における減少が……これは全体の約3分の2に当りますが……これらの増加を打ち消して、結果としては燃料サイクル費を下げる傾向になっていることです。

第2に、そして同じく重要なことですが、AECの分離作業料金の増加の割合は化石燃料にみられるよりはるかに低いということです。事実、先に申しましたように分離作業料金の増加は、主に電力供給の化石燃料費の上昇を反映するものであります。しかし分離作業料金に対する効果は、プラント運転の能率向上はもとより濃縮ウランの生産に含まれる他の費用の比較的安定していることにより相当程度「減衰」されております。

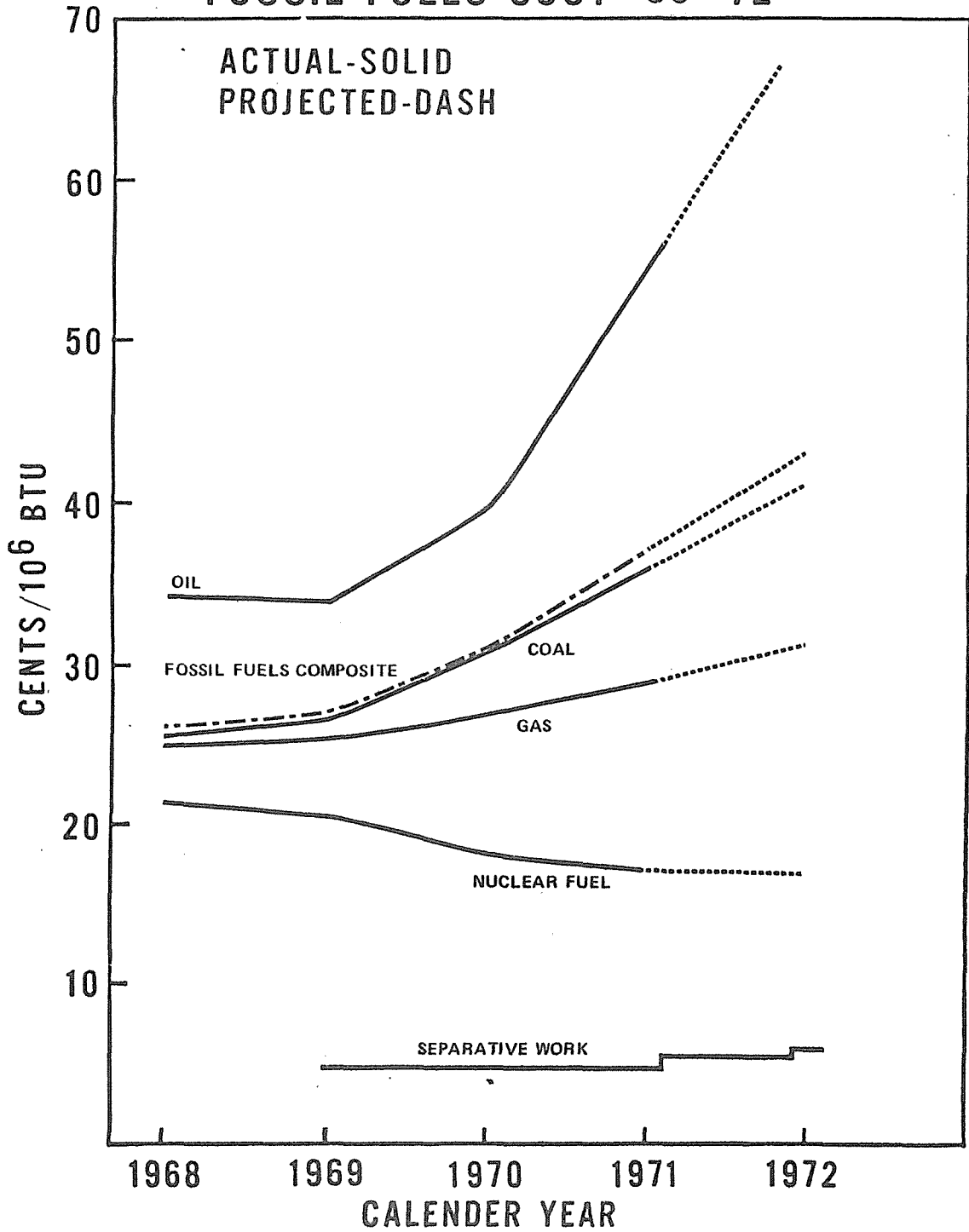
我々のウラン濃縮契約方式の変更の必要は明瞭なものであり、相当期間注意深く検討さ

れてまいりました。事実、皆様方の中には覚えておられると思いますが、オークリッジ支所を雄退したS・R・サピリー氏が1971年に現在採用されたものと極めて似通った政策を予言しております。特に、その当時サピリー氏は、

「米国内および海外に於ける原子力の要求は更に一層増加し、この要求に応えるために濃縮容量に新規投資が必要となるので、我々は濃縮業務の供給に対する先行した実施がそれに応ずる容量に必要な新しい資本費投下を正当化するために本質においてより互恵的でなければならぬと考えられる。同様に供給契約の終結条項が供給者に対し、契約による要求を満すための新しい電力の実施と資本費投下が、契約終結の場合実質的に回収されるといふ相当の保証を与えねばならないであろう。これ等は、費用のかかる施設の資金調達の問題に実際直面したときに、米国内又は海外のすべての供給者に対し適用できるものと信じる原則である。」と述べています。

確定実施形契約に対するこれらの原則の適用は、自明であると思います。一方ではこの新形式の契約が濃縮業務の顧客に相当の責任を課しておりますが、はるかに大きな見返りの利点を見逃すべきではありません。……それは、結果として予見される将来にわたり継続した妨げられることのない濃縮業務の長期供給を与える供給者の能力であります。

### U.S. SEPARATIVE WORK CHARGES, NUCLEAR FUEL COST & FOSSIL FUELS COST '69-'72



セッション - 3 - 原子力開発利用 -

〔スライド発表〕

議長 大隅 改 介 氏（住友原子力工業 社長）

発表-1 「食品照射」

発表-2 「原子力船“むつ”」

発表-3 「温水養魚」

〔講演〕

議長 前 田 七之進 氏（富士電機製造 社長）

講演 「日本における原子力発電の現状と計画」

講演 「イギリスの原子力発電」

議長 古 賀 繁 一 氏（三菱重工業 社長）

講演 「日本の動力炉開発」

講演 「フランスの高速炉開発」

議長 大 堀 弘 氏（電源開発 総裁）

講演 「日本における研究開発の現状と課題」

講演 「ドイツの第4次原子力開発計画と原子力産業への影響」

[スライド発表] …… 1 部紹介

## 発表 - 1 食 品 照 射

日本原子力研究所 高崎研究所  
食品照射開発試験室長  
佐 藤 友 太 郎

### I 食品照射の種類

表 1 線量による分類

目 的	線量(Krad)
低線量照射(100 Krad 以下)	
根菜類の発芽防止	1~10
害虫, 寄生虫の殺滅	10~50
中線量照射(100 K~1Mrad)	
微生物の発育抑制	100~1,000
高線量照射(1 Mrad 以上)	
肉, 魚貝類の完全殺菌	3,000~5,000

表 2 放射線の作用による分類

#### (1) 致死効果を利用するもの

作 用	対 象 食 品
(a) 殺菌	
Radappertization …… (Radio-sterilization)	魚類, 肉類およびそれらの加工品
Radurization …… (Radio-pasteurization)	魚貝類, 家畜類, 果実, そ菜
Radacidation ……	凍結肉, 凍結卵, 飼料
(b) 殺虫	貯穀害虫, 魚肉寄生虫, フルーツ・フライ (熱帯果実)

#### (2) 化学反応を利用するもの

作 用	対 象 食 品
(a) 代謝機能障害を 起こさせる	発芽防止……いも類, 茎類 熟度調整……バナナ, モモ, トマト
(b) 食品の改質, 加工 適性の向上	組織の改良……乾燥野菜 変性……でんぷん, たん白質 加工適性の向上……寒天, ウイスキーの熟成

## II 放射線による殺菌と発芽防止機構

### (1) 放射線殺菌の機構（直接作用と間接作用）

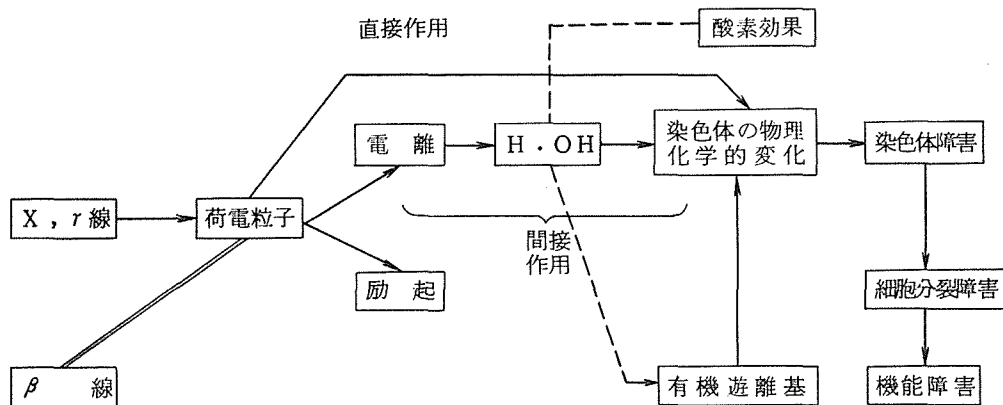


図1 放射線の生物作用の模式図

### (2) 発芽防止機構（分裂組織における核酸含量の低下）

表3 照射による馬鈴薯核酸含量の変化

核 酸	線 量 (ラド)	核酸 (mg P / g 乾物)		
		1 2 月	3 月	4 月
RNA	0	140	140	154
	5,000	61	83	84
	8,000	57		65
DNA	0	170	131	170
	5,000		108	120
	8,000	121	121	123

### Ⅲ 照射食品の健全性

#### (1) 照射食品の健全性の確認

表4 健全性の確認に必要な試験

- ① 放射能が誘起されないか。
- ② 毒性物質が生成されないか。
- ③ 発がん性物質が生成されないか。
- ④ 栄養素の破壊の程度はどのくらいか。
- ⑤ 子孫に及ぼす影響（催奇形性を含む）はどうか。

#### (2) 放射能誘起の有無（Co-60 の $\gamma$ 線のエネルギーは 1.33 MeV と 1.17 MeV）

表5  $\gamma$  線により誘起される核反応とそれに要する  
限界エネルギーについて

元 素	核反応 の 型	しきい値 (MeV)	生成物の 半 減 期
$^{12}\text{C}$	$\gamma, n$	1 8. 7	2 1 分
$^{16}\text{O}$	$\gamma, n$	1 6. 3	2. 1分
$^{14}\text{N}$	$\gamma, n$	1 0. 6	1 0 分
$^{31}\text{P}$	$\gamma, n$	1 2. 4	2. 5分
$^{39}\text{K}$	$\gamma, n$	1 3. 2	1 秒
$^{32}\text{S}$	$\gamma, n$	1 4. 8	3. 2秒
$^{40}\text{Ca}$	$\gamma, n$	1 5. 9	1 秒
$^{54}\text{Fe}$	$\gamma, n$	1 3. 8	8. 9分
$^{24}\text{Mg}$	$\gamma, n$	1 6. 2	1 1. 6秒
$^{25}\text{Mg}$	$\gamma, n$	1 1. 5	1 4. 8時
$^{26}\text{Mg}$	$\gamma, n$	1 4. 0	6 2 秒
$^{63}\text{Cu}$	$\gamma, n$	1 0. 9	1 0 分
$^{127}\text{I}$	$\gamma, n$	9. 3	1 3 日
$^9\text{Be}$	$\gamma, n$	1. 7	very short
$^2\text{H}$	$\gamma, n$	2. 2	—
$^{22}\text{Na}$	$\gamma, n$	2. 6	2. 6年



(3) ビタミンの破壊に及ぼす影響

表6 食品中のビタミン破壊に対する加熱と照射の影響の比較

ビ タ ミ ン	分 解 率	
	加 熱	照 射 (2.7Mrad)
チアミン	60~70	55~65
リボフラビン	18~22	6~10
ピリドキシン	28~32	24~25
ニコチン酸	30~35	0~14
葉 酸	35	0
コ リ ン	?	0
イノシトール	?	0~5
ビタミンA	20	31~70*
ビタミンE	?	61*

\* 乳製品には0.44Mrad照射

IV 海外諸国における照射食品の法的許可の現状（わが国では47年8月30日馬鈴薯の照射が許可になった）

表7 諸外国における照射食品許可の現状 (1971.1.1現在)

国名	品名	照射目的	線源	線量(Krad)	許可年月日
カナダ	馬鈴薯	発芽防止	コバルト60	10 max.	1960.1.9
	小麦	"	"	15 max.	1963.6.14
	小麦粉	"	"	15 max.	1965.3.25
デンマーク	馬鈴薯	害虫防除	"	75 max.	1969.2.28
	馬鈴薯	発芽防止	1.0MeV エレクトロン	15 max.	1970.1.27
ハンガリー	馬鈴薯	発芽防止	コバルト60	10	1969.1.2.2.3
	馬鈴薯	発芽防止	"	15 max.	1967.7.5
イスラエル	馬鈴薯	発芽防止	"	10 max.	1966.7.2.5
	馬鈴薯	"	"	"	"
オランダ	アスパラガス	殺菌	"	200 max.	1969.5.7
	カカオ	害虫防除	コバルト60, 4MeV エレクトロン	70 max.	1969.5.7
	イチゴ	殺菌	"	250 max.	1969.5.7
	マッシュルーム	"	"	250 max.	1969.10.23
	馬鈴薯	発芽防止	コバルト60	15 max.	1970.3.23
	ビスケット	殺菌	"	50~100	1970.1.1.3
スペイン	パイン	発芽防止	" 3MeV エレクトロン	1.000	1971.9.1.3
	馬鈴薯	発芽防止	"	15 max.	1971.2.5
アメリカ	小麦	発芽防止	コバルト60	5~15	1969.1.4
	小麦製品	害虫防除	コバルト60	20~50	1963.8.2.1
	馬鈴薯	発芽防止	セシウム137	20~50	1964.10.2
	馬鈴薯	発芽防止	5MeV エレクトロン	20~50	1966.2.2.6
	馬鈴薯	発芽防止	コバルト60	5~10	1964.6.3.0
ソ連	馬鈴薯	発芽防止	セシウム137	5~10	1964.10.2
	馬鈴薯	発芽防止	コバルト60とセシウム137	5~15	1965.1.1
	馬鈴薯	発芽防止	コバルト60	10	1958.3.1.4
	果実	害虫防除	"	30	1959.
	乾燥食品	"	"	100	1966.2.1.5
	生鮮果実	殺菌	"	70	1966.6.6
	包装調理食品	"	"	200~400	1964.7.1.1
	包装調理食品	"	"	600~800	1964.7.1.1
	包装調理食品	"	"	600	1966.7.4
	包装調理食品	"	"	800	1967.2.1
馬鈴薯	発芽防止	"	6	1967.2.2.5	

注：○実験的規模

V 食品照射の経済性

表 8 食品照射の経済性

照射処理	食品	計画処理量 Kg/時	年間処理量 lbs/年	稼働率 hr/年	線源 10 <sup>5</sup> Ci	線束利用率 %	照射線量 Krad	償却 年	コスト 円/Kg
完全殺菌	ハム		15.8×10 <sup>6</sup>		36.0	21.5	4,500	10	952
	ベーコン	275			10.0	50	5,000		1008
	肉	300		6,000	12.2	21	4,500	10	1260
殺菌	魚・鶏	500		7,000	0.8	30	250	8	13.1
	魚		7×10 <sup>6</sup>		5.33	21.5	150	10	7.4
	エビ	900		6,000	1.0	25	150	5	12.8
	イチゴ	1,350	63×10 <sup>6</sup>		1.27	21.5	200	10	9.2
熟度調整	オレンヂ		197×10 <sup>6</sup>		2.0	25	200	5	20.8
	トマト		13.5×10 <sup>6</sup>		19.75	21.5	200	10	4.4
	バナナ	1,800 t/日		6,000	2.40	25	35	5	0.6
殺虫	マンゴー		10.5×10 <sup>6</sup>		1.43	21.5	25	10	4.4
	穀類	500		7,000	0.8	30	25	8	1.3
発芽防止		20,000		7,000	3.2	30	25	8	0.56
	馬鈴薯	260,000			1.0	50	10		0.23

注：1ドルを360円として換算している。

Ⅵ 特定総合研究の現状

(1) わが国における食品照射研究の歩み

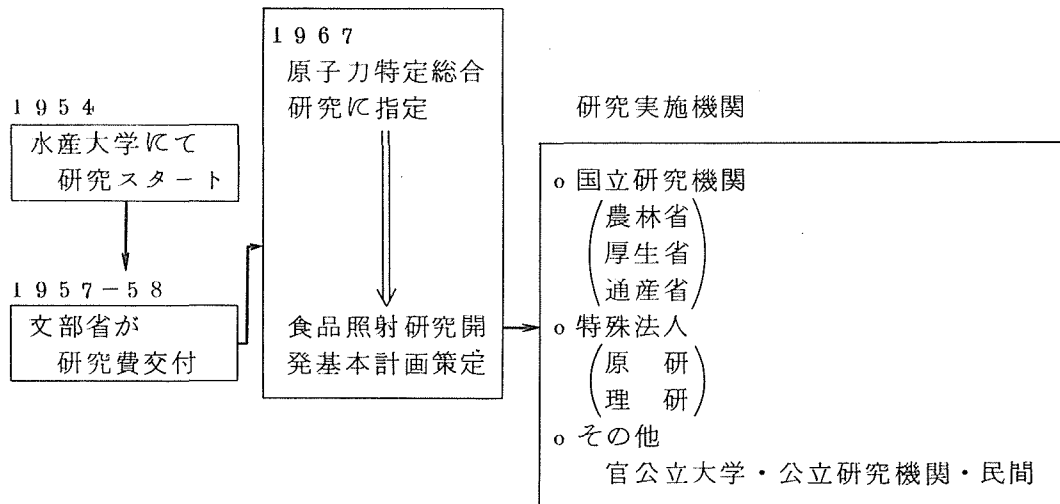


図2 わが国における食品照射研究の歩み

(2) 特定総合研究の研究開発の内容

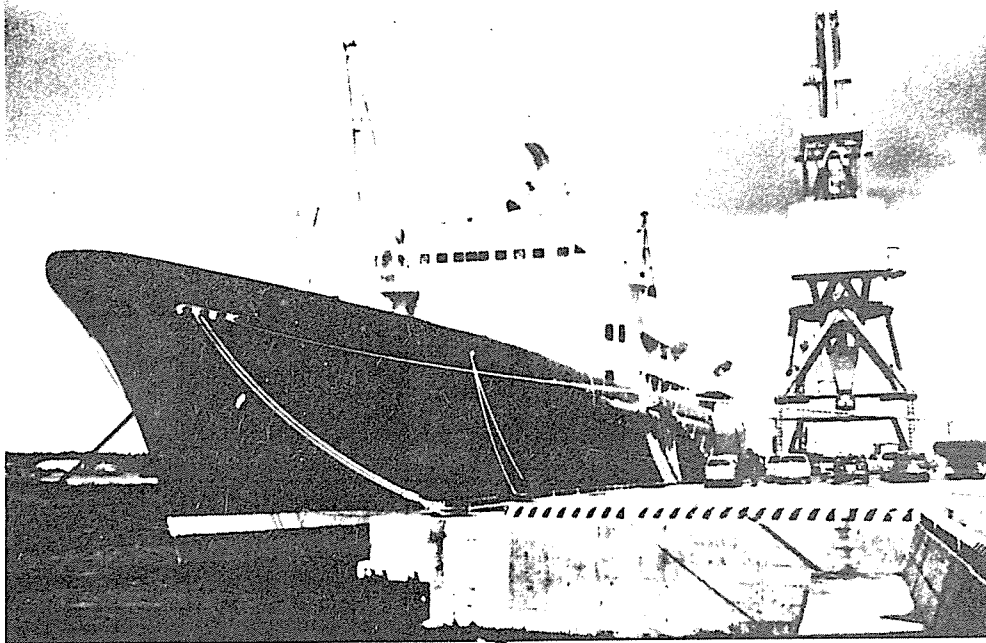
表9 特定総合研究の年次計画

項目 \ 年度	42	43	44	45	46	47	48	49
馬鈴薯(発芽防止)	←		→					
玉ねぎ( " )	←		→					
米(殺虫)	←				→			
小麦( " )			←				→	
みかん(殺菌)				←				→
かまぼこ( " )			←				→	
ウインナーソーセージ( " )		←				→		

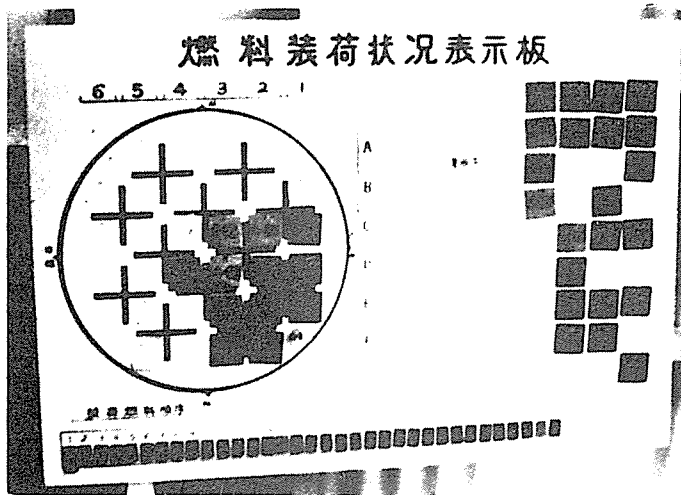
〔スライド発表〕 …… 1 部紹介

発表 - 2 原子力船「むつ」  
(燃料装荷の状況)

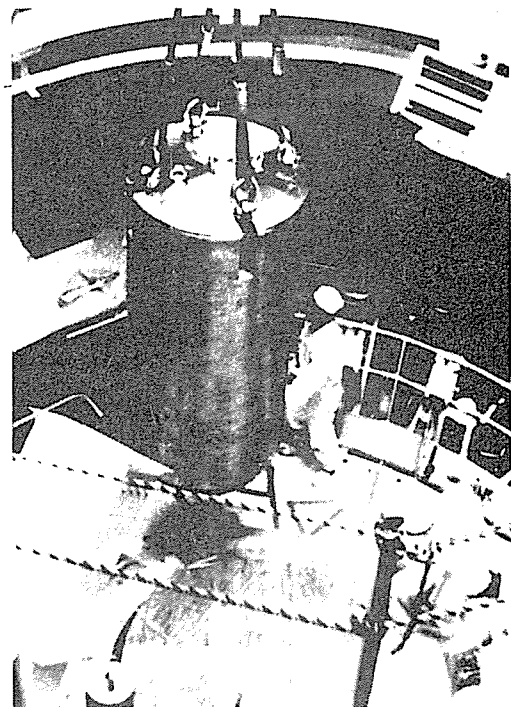
日本原子力船開発事業団  
技術課長 佐藤 祥



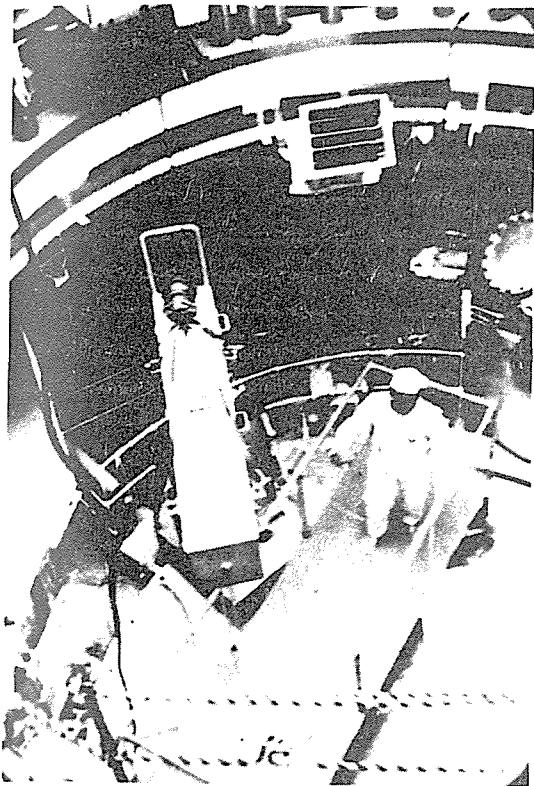
「むつ」と燃料装荷が行なわれた岸壁



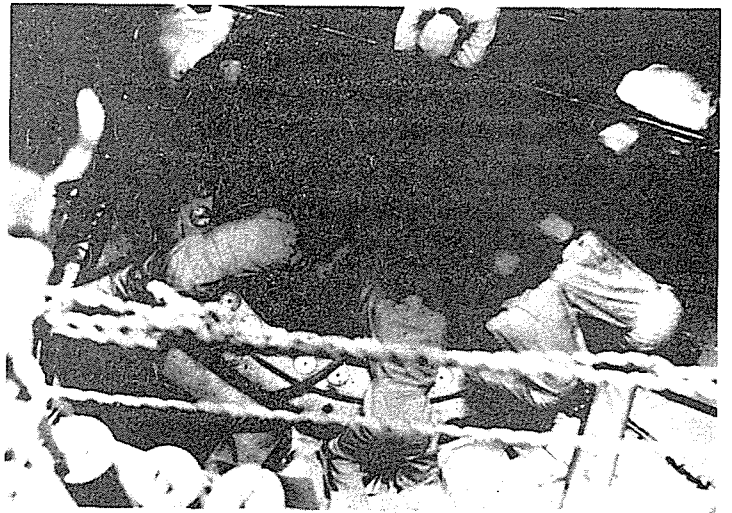
燃料装荷順序図



中性子源棒を入れた中容器  
(inner cask) が中間遮蔽体上に  
降されるところ



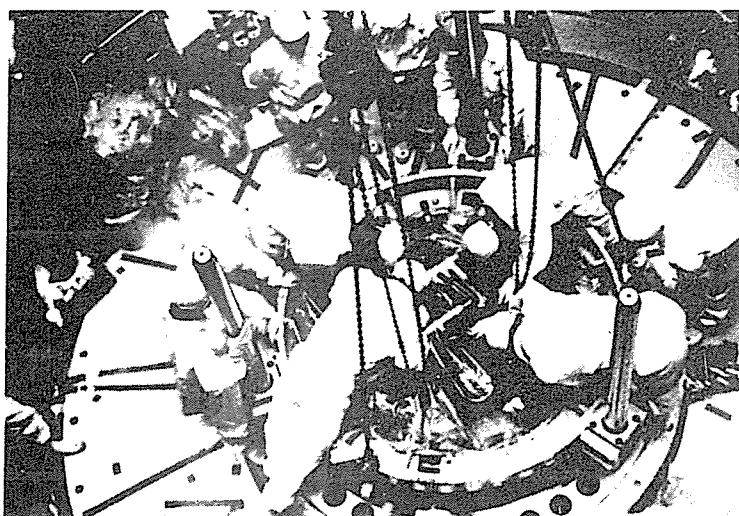
輸送容器につめられた核燃料  
集合体が中間遮蔽体上に降さ  
れるところ



燃料集合体を炉心に挿入して  
いるところ

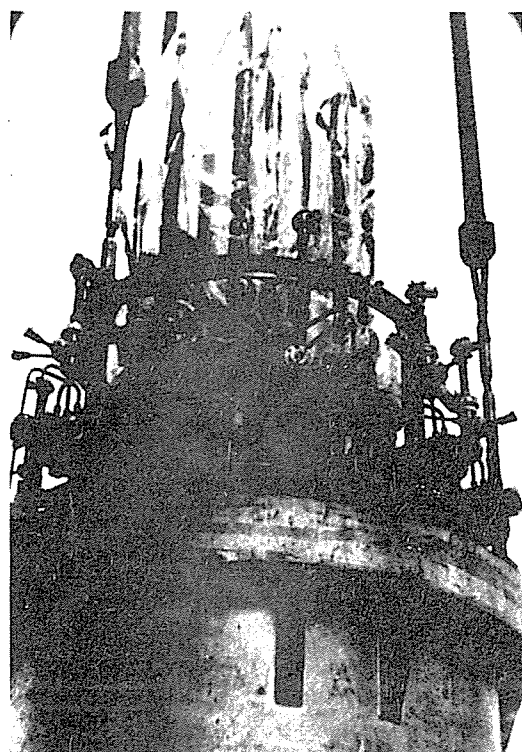
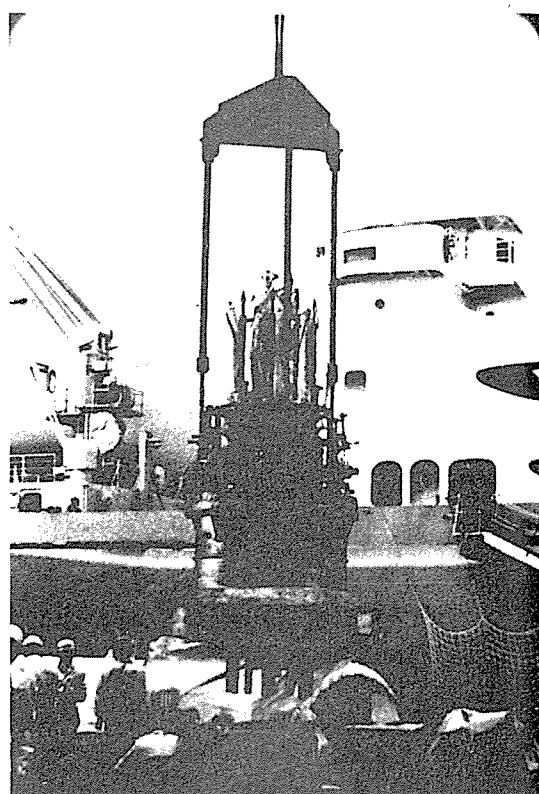


3 2 体の燃料装荷を終って2  
次中性子源を左の方に入れて  
いるところ（燃料集合体の間  
に、黒く見えるのが制御棒，  
右肩の所に光って見えるのが  
1 次中性子源棒の頭）



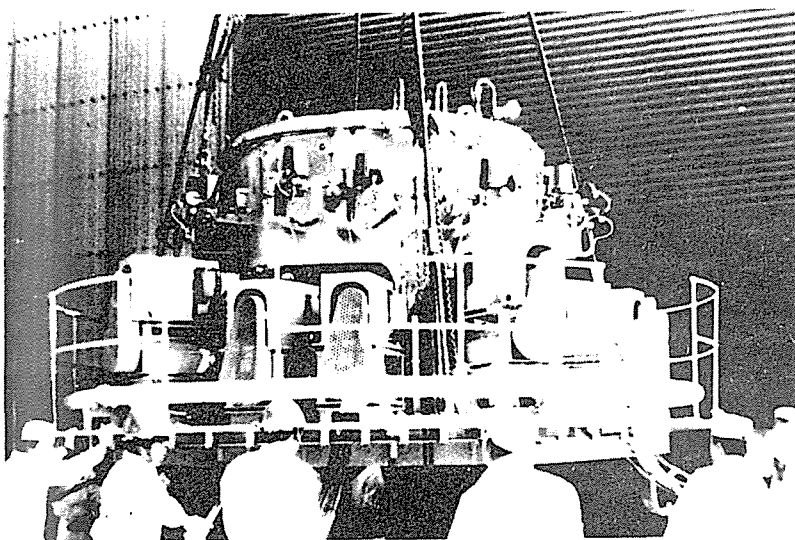
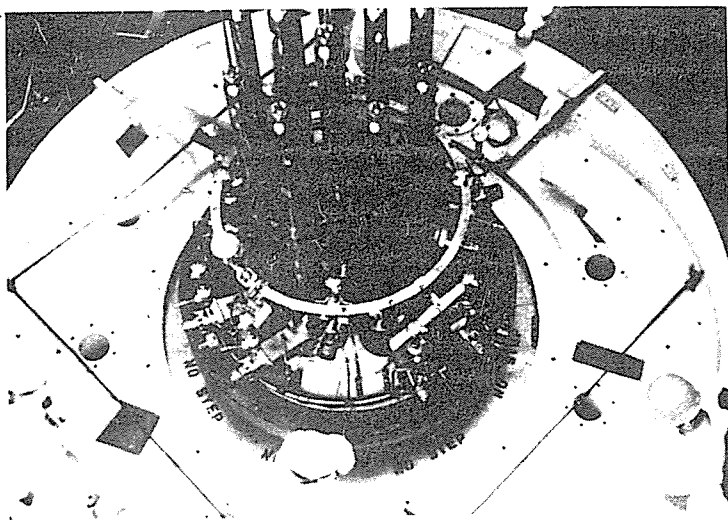
上部炉心構造物を圧力容器  
内に納めているところ

圧力容器の蓋（制御棒駆動  
軸などが取付けられている）  
をしているところ



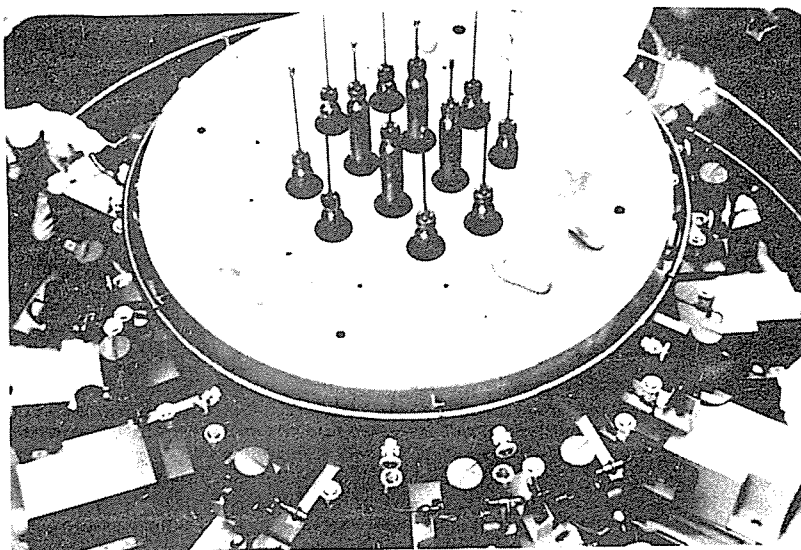
制御棒駆動軸の部分

上部遮蔽体が定位置に  
納まったところ



制御棒駆動装置支持台に  
駆動用のモーターギヤー、  
スクラムスプリング機構  
などを据付け、更にミサ  
イルプロテクションを取  
付け一挙に塔載するとこ  
ろ

制御棒駆動装置等が  
定位置に納まったと  
ころ



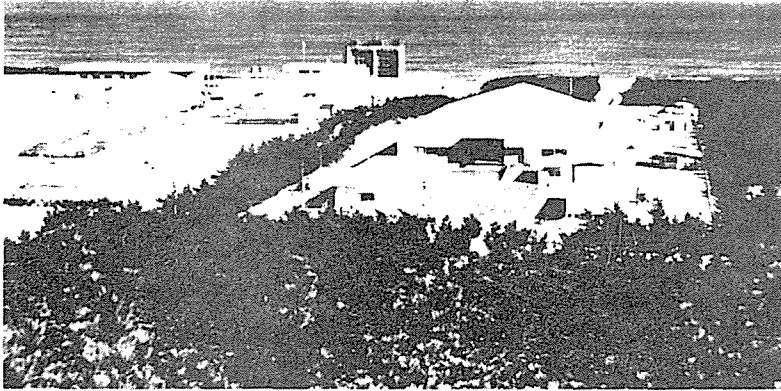


〔スライド発表〕 …… 1 部紹介

### 発表 - 3 温 水 養 魚

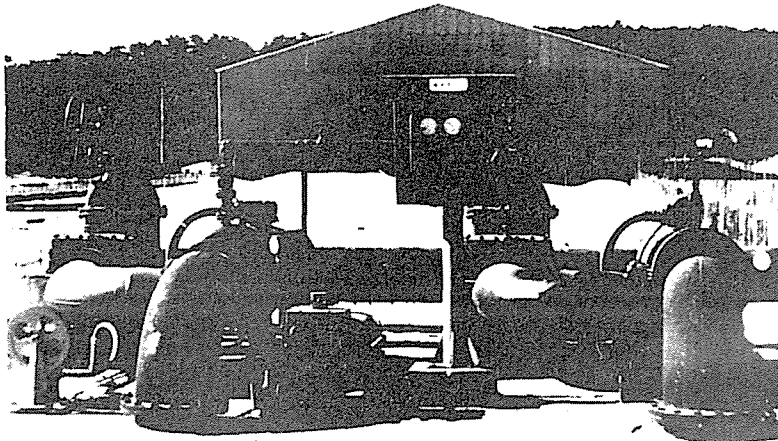
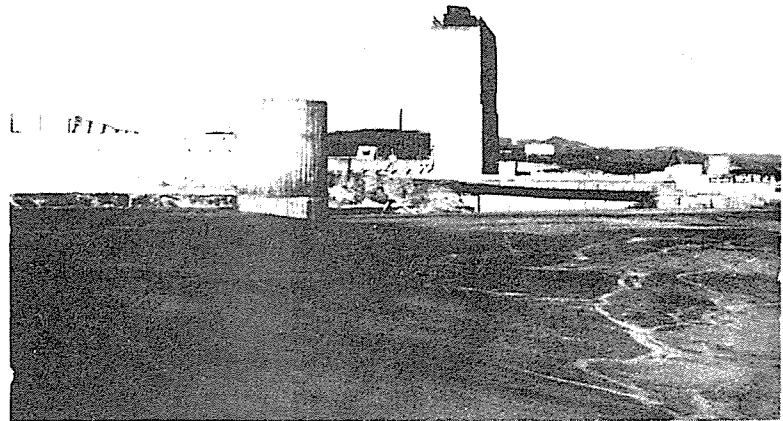
温 水 養 魚 開 発 協 会  
常務理事 黒 田 竹 弥

これは原子力発電施設，火力発電施設から放出される温排水を利用する養魚についてのスライド説明である。

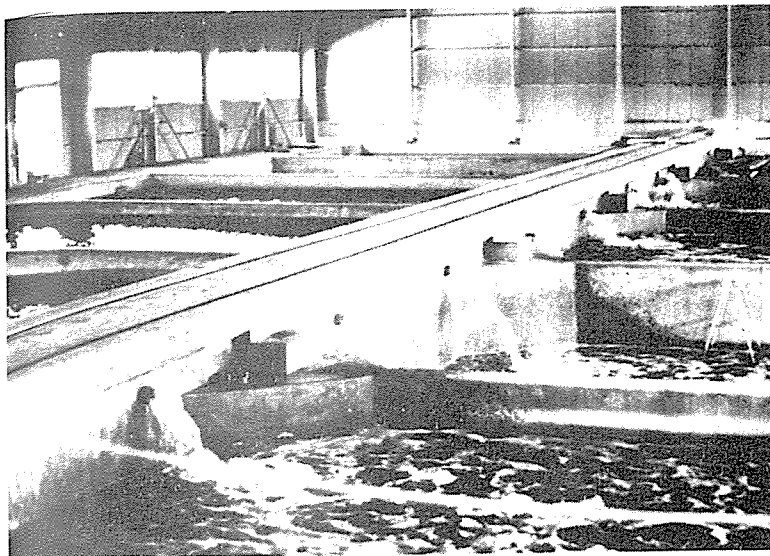


これは温水養魚開発協会の養魚試験池の全景です。場所は東海村日本原子力研究所の構内で，敷地は約10,000  $m^2$ です。

中央右が原電の取水門で養魚池への天然海水はこの水路の途中から取水している。左は養魚施設からの排水口です。

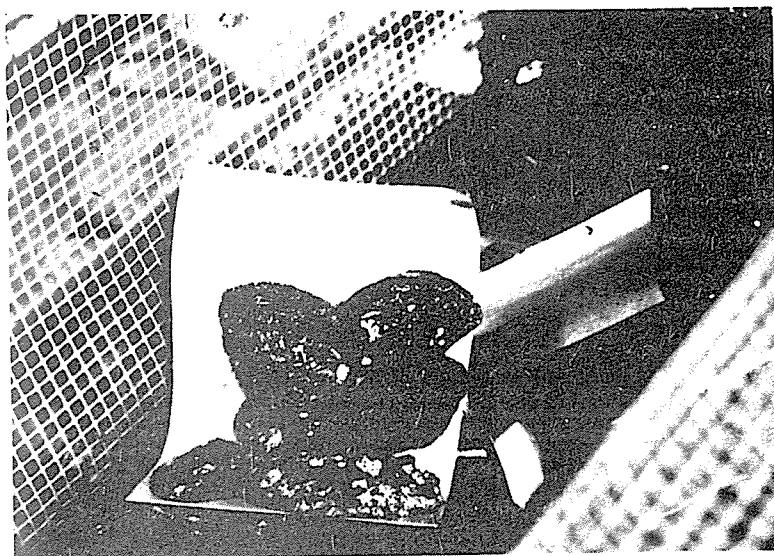
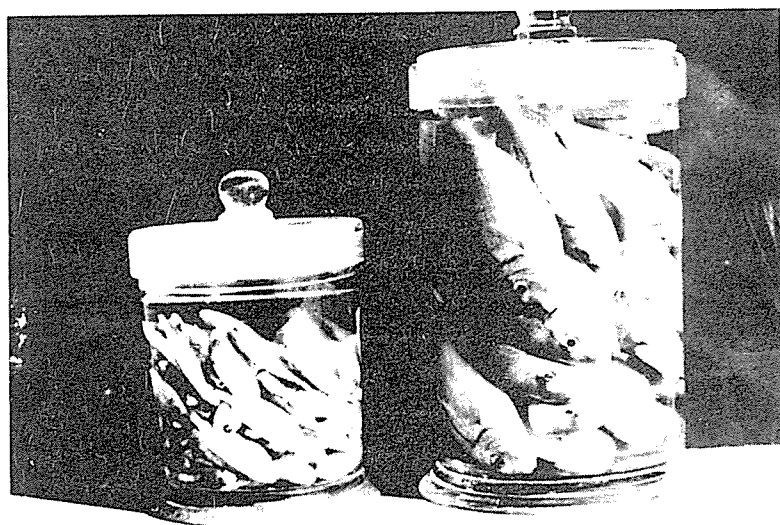


手前のポンプが養魚池への取水施設で，天然海水，温排水を単独に，又は混合水を18 (t/分) 取水できているようになっている。水の平均温度は20℃である。

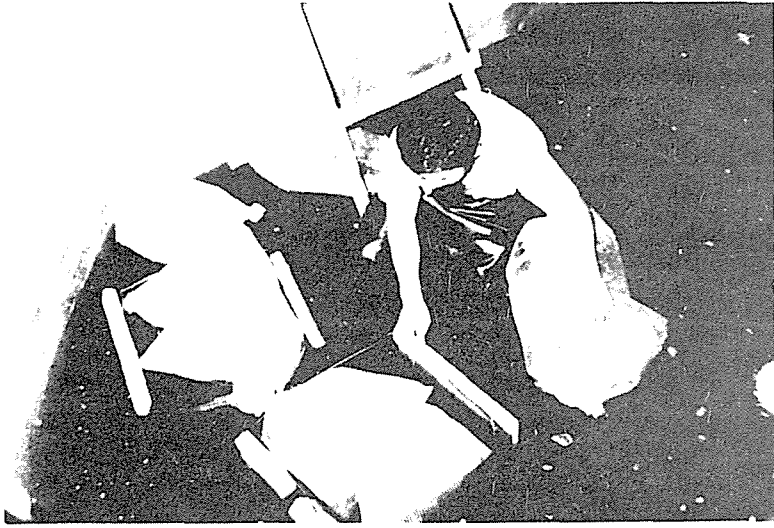


養魚池は一面が  $60\text{ m}^2$  で今のところ12面で試験している。

茨城県地先で採捕されたタイ（チダイ）の稚魚（体長  $5.0\text{ cm}$  重さ  $3.6\text{ g}$ ）を6月に試験池に入れて稚魚配合飼料で養成したら6カ月後にはこのように成長した。（ $11.6\text{ cm}$  約  $50\text{ g}$ ）

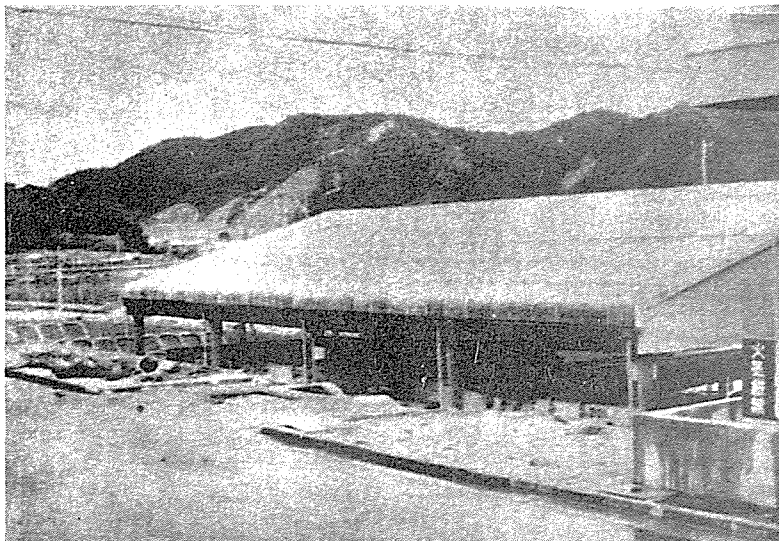
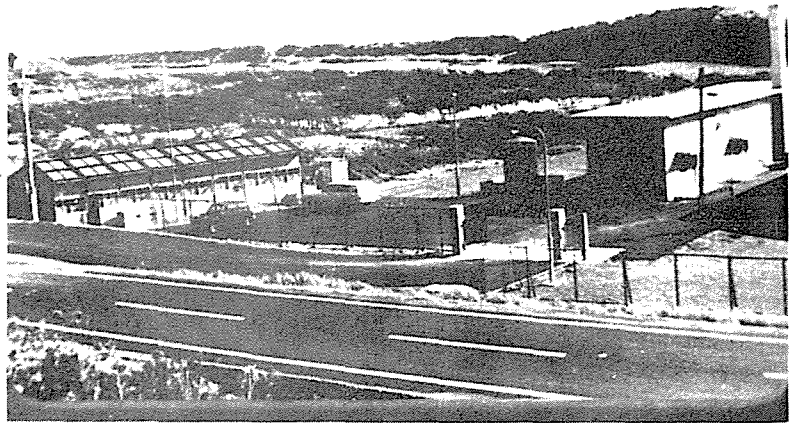


アワビは茨城県地先で採捕された成貝（成長して親になった貝）をこのように附着板を入れて「かご」で蓄養試験をしている。餌は海藻（カジメ）を与えている。

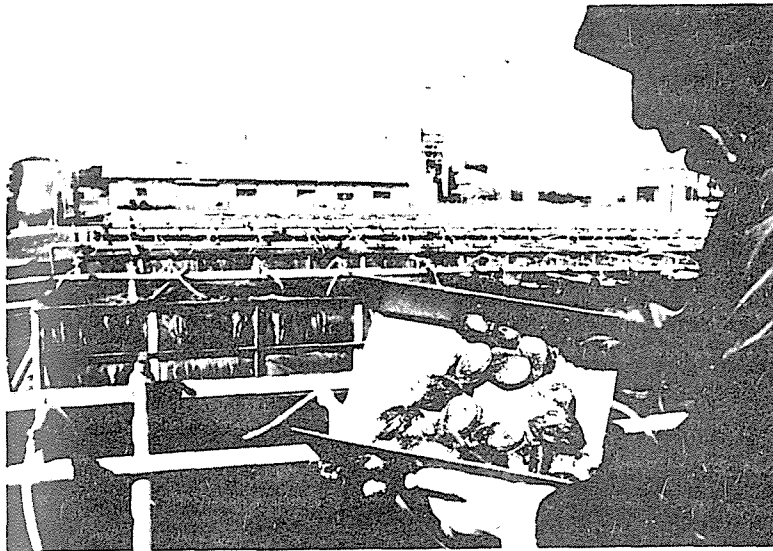


クルマエビは人工で稚エビを山口県から航空輸送し、現在養殖試験中である。

これは静岡県浜岡町にある温水利用研究センターの施設である。今は海水ボイラーで温め、タイ、ウナギ、アユ等を人工で稚魚を養成すると親魚を養成する試験を始めた。なお発電を開始したら温排水を取水する予定である。

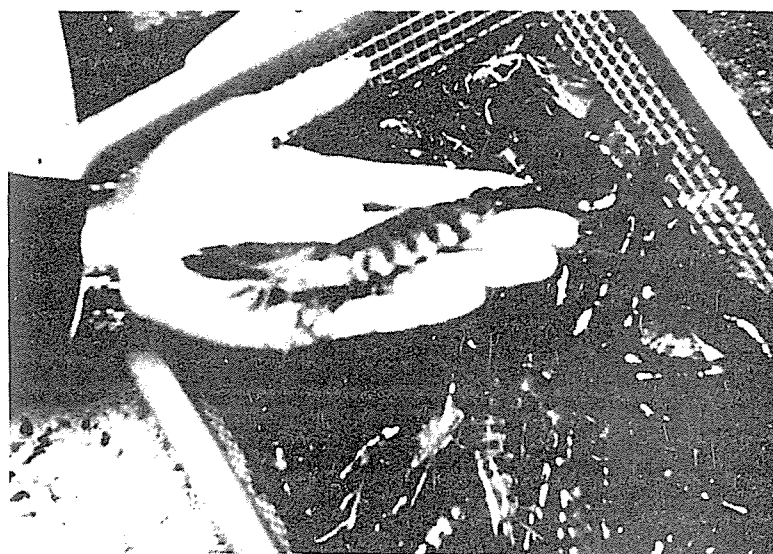


これは福井県敦賀市の県水産試験場の温水養魚試験施設である。



ここでは仙台火力発電所の  
温排水を利用してアワビの  
稚貝を人工で養成しており、  
成長が早く、種づくりでは  
企業化の方向に進んでいる。

この下松火力発電所（山口  
県）では温排水を利用して  
クルマエビを養成している。



長崎県大村火力発電所の温  
排水を利用して養成したク  
ルマエビです。

# 日本における原子力発電の現状と計画

日本原子力発電株式会社

社長 白 沢 富一郎

## 1. はしがき

まず初めに、わが国における原子力発電開発の進展について、簡単に振り返ってみたいと思います。

わが国における原子力開発体制の基礎がつくられたのは、1955年第1回ジュネーブ会議が開催された直後からで、同年には日本原子力研究所の設立、原子力3法の制定があり、翌1956年には原子力委員会及び科学技術庁の設置、日本原子力産業会議の発足、原子燃料公社の設立、5メーカーグループの結成等が相次ぎ1957年には、電気事業者、メーカーグループをはじめ金融界、産業界を網羅した190名を株主として、日本原子力発電株式会社が設立されました。同社は、わが国における商用原子力発電のパイオニアの開発をおこなうことを使命としたものであって、設立と同時に第一期計画として、英国コールダーホール改良型の発電所を東海村に建設することを決定し、これに着手いたしました。これがわが国最初の商業用原子力発電所であります。

当時、新しいエネルギーとしての原子力発電に対する期待は、世界各国においてきわめて大きなものでありました。しかしまだ原子炉は技術的にも経済的にも政治的にも種々問題がありました。とくにその当時は単基容量も200MW級と規模が小さく、更に1958年頃から石油の進出を中心とする世界的な「エネルギー革命」がおこり、火力発電においては、単基容量の増大、高温高压化、熱効率の向上等の技術的進歩があった上に、化石燃料価格の低下が加わったため、原子力発電は火力発電の経済的優位に対抗することはできず、一時スロー・ダウンが止むなきにいたりました。

しかしその間、各国とも、原子力発電の実用化を実現するため、地道な研究開発を積み重ね、その結果、単基容量の増大、出力密度の上昇、燃焼度の向上、建設運転経費に基く改良等が進みました。その結果、第3回ジュネーブ会議が開催された1964年頃に至って米国においては、ユニット容量500MW級以上の軽水炉原子力発電ならば火力発電と競争が可能であるという見通しがえられ、原子力発電は実用化段階に到達したといわれるようになりました。このことが原子力発電の積極的な開発を世界的に促進する契機となり

ました。とくに米国における開発はきわめて活発で、1966年頃から原子力の発注ラッシュが起っております。

(注) 原子力発注量	1965年	8,431 MW (21基)	1970年	14,252 MW (14基)
	66	16,368 # (20 #)	71	19,885 # (20 #)
	67	26,236 # (31 #)	72	30,000~40,000 #
	68	13,955 # (15 #)		(予想)
	69	7,255 # (7 #)		

わが国においても、この世界的な動向に対応して、この時期から原子力発電の開発が本格的に進められるようになりました。すなわち、1966年には、敦賀、美浜1号、福島1号の各軽水型原子力発電所の建設に相次いで着手いたしまして、電気事業各社による原子力発電開発計画が確立いたしました。

なお、このような原子力発電開発の積極化に伴って、米国を中心に1969年頃から次第に問題化してきたことは、安全基準の厳格化、環境問題の重大視、品質管理の厳重化であり、またこれらを反映した許認可のおくれ、工期遅延、建設費の高騰等であって、これらは現在も引続き、原子力発電が当面している重要な問題であります。

## 2. 日本における原子力発電開発の現状

わが国における商業用原子力発電の歴史は、1957年、日本原子力発電会社が設立せられ東海原子力発電所の建設を決定してから約15年を経っております。

### (1) 運転中の原子力発電所

現在わが国で運転中の原子力発電所は、第1表に示す通りで東海、敦賀、美浜1号、2号、福島1号の5基であり、その出力合計は1,823 MWであって、事業用発電設備容量の約3%弱であります。(第1表)

以下各発電所について簡単に述べたいと思います。

東海発電所は、出力166 MW、天然ウラン炭酸ガス冷却型炉で、日本原子力発電会社が1960年2月建設に着手し、わが国最初の発電所であるため幾多の困難に遭遇したがこれらを克服し、1967年7月に全出力運転を開始するにいたったものであって、現在はいわゆる炭酸ガスによる鋼材酸化問題のため出力を132 MWと約20%落して運転しております。その年設備利用率(歴年)は第2表に示す通りであって出力低下があるため、1971年が67.9%、1972年が67.3%であり、運転としてはまづま

づ安定しているといえましょう。(第2表)

敦賀発電所は、出力357MW、同じく日本原子力発電会社が第二期計画としてパイオニア的に開発したわが国最初の沸騰軽水型炉で、着工は1966年4月、営業運転開始は1970年3月で、工期、建設費ともほぼ計画通りに完成し、世界の関心を集めたものであります。その年設備利用率は、1970年は76.8%、1971年はポイズンカーテン取除き作業がありましたので67.8%、1972年は72.5%であります。

福島1号発電所は、東京電力会社が敦賀より約8ヶ月おくれた1966年12月に建設に着工し、1971年3月に営業運転を開始した同じ沸騰軽水型炉で、出力は460MW、その設備利用率は1971年は58.9%、1972年は64.1%であります。

美浜1号発電所は、関西電力会社が福島1号と同じく1966年12月着工し、1970年11月に営業運転を開始したわが国最初の加圧水型炉で、その出力は340MW、設備利用率は1971年は65.6%、1972年は蒸気発生器故障のため44.6%であります。また同社の美浜2号発電所は、出力500MW、1968年5月に着工し、昨1972年7月に営業運転を開始した同じく加圧水型炉であり、1972年の設備利用率は60.1%であります。

これら原子力発電所は、東海を除きほぼ予定の工期通りに完成し、その運転実績は英米にくらべて遜色はなくまたその経済性は、現在のところまだ重油火力には及びませんが、石炭火力よりはやや優れております。

われわれが、原子力発電所の建設に当って最も注意したのは安全性の確保であります。このため先行原子力発電所の建設・運転の知識、経験を重要視して、実証された技術を採用し且つ安全装置の多重化をはかり更にその後の研究開発の結果実用可能となった工学的安全施設は積極的に追加採用することといたしました。例えば敦賀発電所における高圧注水系の追加、チャーコールベッドによる希ガスホールドアップ装置等がこれです。また設計においてのみならず、厳格な品質管理の下に工事を進めるよう最大の努力を払いました。

次に原子力発電所の運転に当っては、安全性の確保と環境保全をはかることに最重点をおいております。とくに放射性物質の放出については、国際的に認められた基準を厳守することはもちろん、「実行可能な限り低くする」という基本方針を堅持して、基準値をはるかに下廻る運転をおこなっており、1971年7月米国原子力委員会が発表した軽水炉発電所の設計目標に関する新しい指針の数値にも適っております。また環境放

射能測定をおこなってその評価結果を地域住民の方に公表いたす等地域住民の信頼と理解を得ることに最大の努力を払っております。

## (2) 建設中の原子力発電所

現在わが国で建設中の原子力発電所は第1表に示す通り16基、その出力合計は12,813MWで、わが国における原子力発電開発の意欲はきわめて旺盛であることを物語っております。

その内訳は東京電力が5基、4,236MW、関西電力が、5基4,828MW、中部電力が1基、540MW、東北電力が1基524MW、中国電力が1基460MW、四国電力が1基566MW、九州電力が1基559MW、日本原子力発電が1基1,100MWとなっております。その炉型別は沸騰水型軽水炉が9基686万KW、加圧水型軽水炉が7基595.3万KWとなっております。また単基容量別は、500MW級が5基、800MW級が7基、1,100MW級が4基となっており、次第に単基容量は増大化しており、これによるスケール・メリットと技術的進歩とによって、原子力発電の経済性の向上が期待されております。

## 3. 日本における原子力発電開発計画

### (1) 電力需給の動向と原子力発電の必要性

以上述べましたように、わが国における原子力発電の開発は目下着々と活発に進められておりますが、今後の開発計画は更に一段と積極化し拡大するものと考えられます。その背景となっているわが国電力需要の動向と原子力発電の必要性とについて先づ述べたいと思います。

わが国におけるエネルギー需要は、産業の発達、国民生活水準の向上を反映して増大化しており、とくに電力需要の増加は、諸外国にくらべてきわめて高いものがあります。1960年度から1970年までの電力需要年増加率は平均して12%であって、10年間に3倍以上の高度の増加をなしています。1971年度は、ドルショック、円切上等の影響によって一時的に需要増加は7.2%に低下いたしました。昨1972年半ばから次第に回復しはじめ、現在は10%以上の増加を示しております。

このような電力需要の増加傾向は、今後多少の鈍化があっても依然継続するものと予想されており、日本電力調査委員会の第41回調査報告書も1972年度から1977年度に至る6ヶ年間の平均増加率を10.2%と予想しており、また原子力委員会の長期



計画では20年後の電力需要は現在の4～5倍に達するものと予想しております。

このように高度な増加を示している電力需要を充足するために必要な電源は、ここ当分の間は、重油火力発電が主体となると考えられております。わが国における水力発電石炭火力発電は、資源的、経済的、その他の理由で限界にきているからであります。重油火力発電は、その技術的発達と重油価格の低廉とによって、わが国においては、ここ10数年来急速に発展してきたものであります。しかし石油資源に乏しく殆んど全部を海外からの輸入に依存せざるをえないわが国としては、発電のみならずガソリン、石油化学工業、鉄鋼業等を含めた石油消費の急激な増加に伴い、すでに安定供給の確保、輸送、備蓄等に大きな問題点を内包してまいりましたが、とくにこの3・4年来重油火力発電には次のような新しい問題点が生じてまいりました。第一には大気汚染による公害問題、環境問題が深刻化してきたことであり、第二にこれを解決するための低硫黄重油LNG等良質化石燃料の入手難であり、第三にはいわゆるOPEC攻勢による石油価格の上昇であります。これに加えて、米国のエネルギー危機とも関連する量的確保や光化学スモッグの問題等も重要な課題となりつつあります。これらが反映して、重油火力はますます立地難に陥り、また経済性の悪化を招きつつあるのが実状であります。

一方、原子力発電は、放射性排出物にかかわる環境問題についてはその対策についての技術は急速に進歩しつつあって、適切な管理をすることにより環境へ殆んど影響を与えずにすむようになり、且つ少量の燃料で大量のエネルギーの生産が可能で、きれいなエネルギーであります。またその経済性においても次第に重油火力との差を縮めつつあり、遠からず充分競合可能になるものと予想されております。

わが国今後における電力需給の動向、石油を中心とするエネルギー危機の進行、エネルギー確保と環境問題の解決等を総合勘案すれば、将来の電力供給はこの原子力発電を主体とせざるをえないことは明白であります。

このような考え方は、ひとりわが国のみではなく、石油、石炭等のエネルギー資源に恵まれた諸外国においても資源活用の見地をも含めて、等しく認められているところでありますが、特にわが国の場合、原子力発電の必要性は絶対的であると申せましょう。

## (2) 原子力発電の開発計画

このような認識のもとに進められているわが国今後の開発計画について、その規模、内容等を以下述べてみたいと思います。

わが国原子力委員会が1972年6月策定した『原子力開発利用長期計画』によると、

将来必要な全発電設備を、1980年度に約1億7,400万KW、1985年度に約2億3,600万KW、1990年度に約3億200万KWと想定しております。この発電設備のうち、原子力発電の占める規模については、電力系統運用上からみて最適な各種電源の組合せをも考慮して、1985年度末には約6,000万KW、1990年度末には約1億KWの原子力発電が必要であると算定しております。また、この開発の最も具体的なものとしては、中央電力協議会が1972年4月とりまとめた『1971年度電力長期計画』があります。この計画によれば、1980年度末までの10か年間に運転を開始する原子力発電設備は、3,370万KWに達します。

この計画による設備別増加状況を第4表にかかげましたがこれによると、1970～76年度に至る6ヶ年間の1ヶ年平均増加は、水力105万KW、火力698万KW、原子力217万KW、合計1,020万KWであります。これに対し1976～80年度に至る4ヶ年間の1ヶ年平均増加は、水力は177万KWで、火力は415万KWと大巾に減少し、これに反し原子力は498万KWと約2.3倍に著しく増加し、絶対量においても火力を凌駕し、年間増加1,090万KWの半ばを占めることとなり、今後における電源開発の重点が火力発電から原子力発電に移行し傾斜していくことを明確に示しております。

更に、通産省総合エネルギー調査会の資料を第5、第6表に示しましたが、これによれば、原子力発電設備が6,000万KWになる1985年度において、全発電設備に占める比重は、火力は約55%、原子力は約25%であります。しかし、エネルギーとしての電力量の占める比重は、原子力は34%であります。このことは、将来、原子力がベースロードを受持ち、ピークは水力、中間を火力が受持つようになることを示し、設備の比重以上にエネルギーとしての電力量に占める原子力発電の比重が高くなることを明示しております。

このような原子力発電の役割は、今後更にますます強まり、日本原子力産業会議が定した『2000年にいたる原子力構想』（1971年3月）によれば、火力発電の設備増加は次第に比重が減じて、2000年における原子力発電は、全発電設備の50%、電力量生産においては約70%を占めるものと構想しております。電気事業者は、以上に述べた計画目標の達成を目指して、原子力発電の開発に日夜努力しております。しかし、前に述べた立地難は、火力発電のみならず、最近原子力発電においても深刻化してこのまま推移しますと遠くない将来において電力供給の不足が生ずるものと憂慮される

のであります。

従って立地問題を含め、後で述べるような諸課題の解決が是非とも必要であります。次に、重要な問題点とこれに対する電気事業者の心構えを次に述べたいと思います。

### (3) 原子力開発にとりくむ電気事業者の姿勢

エネルギーの確保は、わが国経済社会の一層の進展と、国民福祉の向上をはかるに不可欠の要件であります。そのなかでも使用に便利で清けつなエネルギーである電気は、産業用、民生用に幅広く、かつ大量に用いられていますが、今後その需要はますます増大化すると予測されています。

一方、われわれ電気事業者は、その本来的使命として良質の電気を、安定してしかも可能なかぎり低廉に供給すべき大きな責務をになっているのであります。従って、電気事業者は今後の旺盛な電力需要に応じて大幅な新規電源の開発を推進しなければなりません。しかも、この開発を円滑に進め、供給力を確保するには、公害、即ち大気汚染、水質汚濁、騒音等の防除をはかり、かつ安定した一次エネルギーの確保が期されなければなりません。勿論、電気事業者は、当面主力電源である重油火力について低硫黄重油の使用や、排煙脱硫装置の開発など公害除去対策を講じつつ供給力の確保に鋭意努めているのでありますが、将来に亘っての要請に応じて供給力の確保を期するためには核エネルギー利用即ち原子力発電の開発以外に道はないのであります。

以上の観点に立って、電気事業者は安全性、信頼性の高い原子力発電の開発に積極的に取り組んでいるのであります。しかしながら、先のほう大な原子力開発を達成し、原子力発電をしてわが国の主力電源として定着せしむるためには、解決しなければならない幾多の課題があるのでありまして、電気事業者は、国、製作者をはじめ関係各界と力を合わせ、国際協調をはかるなどによりその解決に万全を期する必要があります。

今、われわれの前に横たわる重要な課題を例挙すると、まずプラント機器の大型化に伴う技術開発、ソフトウェアの開発、製造設備拡充等国産化体制強化の課題があります。核燃料サイクル関連では、ウラン資源や濃縮ウランの確保、再処理等があります。また逐年増大化する固体廃棄物の最終処分方法は1日も早く確立されねばなりません。さらにこれらと併行して、高温ガス炉や高速増殖炉等軽水炉よりさらに秀れた動力炉の開発とこれらによる国家的核燃料サイクルの確立が急がれるのであります。

しかしながら、何と申しましても直面する最大の課題は原子力立地点確保の問題であります。わが国エネルギー問題の将来をにやう原子力発電の立地点の確保ができないと

すれば、これは誠に重大な結果を招来することになりましょう。まさにゆゆしきことと  
いって過言ではありません。

最近、再びニューヨークの大停電事故が報ぜられておりますが、電力停止や制限が産  
業社会や民生に及ぼす影響ははかり知れないものがあります。電気事業者は、このよう  
な事態の到来がないよう、供給力の確保に最大の努力を傾注してまいったのであります  
が、最近公害環境問題の顕在化に伴い、火力発電の建設は著しくとどこおっております。  
即ち、1969年まではその計画に対し実績は100%をこえたのでありますが、1970  
年で94%、1971年77%、1972年度は、12月末現在でわずか20.6%にと  
どまっております。この傾向が原子力発電に波及して一部には原子力設置に係る反対運  
動も見受けられ、今後の原子力立地にも非常に困難がもたらされているのであります。

なお、原子力開発を進めるに当たっての諸課題については、本年次大会で他の講演者か  
らの発表がありますので列挙するにとどめましたが、この原子力立地の問題は供給力確  
保に極めて大きい阻害要因となるので、敢えて重複をかえりみず、これにとりくむ電気事業  
者の姿勢について言及することとします。

原子力開発に必要とされる原子力立地点を国土の狭い日本の自然環境下で確保するた  
めには、何と云っても先ず安全性の確保と環境保全がその大前提となります。われわれ  
電気事業者は、公益性の高い基幹産業に従事するものであり、日本国民の健康と文化生  
活を確保しなければならぬ立場にあることを十分に認識してその事業を推進してしま  
す。したがって、原子力開発に当たっても、「安全の確保」と「環境保全」を最重要視し、  
これらに係る新技術の開発と諸施策の樹立に積極的に取組み、その実現を期すると共に  
可能な限りこれが実施について最大の努力を傾注しているのであります。

しかしながら、なんと申しましても立地点の確保に当たっては、地域住民の原子力発電  
開発の必要性和、その安全性に対する理解と合意を得ることが最大の要諦であります。  
このため、電気事業者は地域住民との良好なコミュニケーションの下に適切な原子力  
PRを推進することは勿論、企業への信頼感、地域との一体感の醸成に努めております。  
さらに地元の利益を重視する見地に立ち、地域住民の福祉と地域社会の発展に資する方  
策を講じ、これを具体的に押し進めようとしているのであります。

一方、国においても、安全審査体制を強化するとともに、環境保全に関する審査や国民  
の理解をうる体制の整備を考慮しておりますが、さらに地域の地帯整備や地域開発促  
進に寄与しうる施策を構じるなど、立地受入態勢を容易にする具体的方策を計画推進し

ておりますがその実現の速かならんことを期待して止まないであります。方策の具体化が期待されるのであります。

#### 4. む す び

日本は、世界で唯一の原爆の被爆国であり、原爆のこわさを知る国民の間にはどうしても核アレルギーが潜在することは避けられないところであります。しかも、原子力発電は現在軽水炉によって実用化が進められていますが、その歴史は浅く今後多くの課題を抱えているのであります。現時点において国民の合意と地域住民の理解を得ることは必ずしも容易ではないでしょうが、この実状をよく認識した上に立って、国、電気事業者、産業界の努力はもとより、とくに有識者、ジャーナリストの積極的な協力を望んでやまないであります。

これらが結集されて立地が可能となり、その他の課題が解決され、近い将来において軽水炉がわが国電源確保の大きな支柱となることを切望するものであり、これをなし遂げることが電気事業者の重い務めであると自覚するものであります。そのうえに立って、さらに原子力技術が進歩して、新型転換炉、高速増殖炉と次々に秀れた動力炉が開発実用化されることを期し、かつこれが推進に力を注ぐ所存であります。そしてやがて、21世紀の初めになるでありましょうが、核融合炉が実用化される日を迎えるならばわが国のエネルギー問題は大きく解決されうる可能性があり、この意味で原子力には無限の未来があるといっても過言でないのであります。

われわれ電気事業者は、エネルギーマンとしての自らの使命を深く認識し、関係方面と協力し、或は支援し、或はその教導をうけるなどにより原子力開発の推進に最大の努力を払うものであります。

以 上

第1表 運転中及び建設中の電気事業用原子力発電所

(1973. 2. 20現在)

会社名	発電所名	容量 (MW)	型式	着工年	運転開始年	備考
(運転中)						
日本原子力発電	東海	166	GCR	1960	1967	
"	敦賀	357	BWR	1966	1970	
関西電力	美浜1	340	PWR	1966	1970	
"	" 2	500	PWR	1968	1972	
東京電力	福島1	460	BWR	1966	1971	
運転中計	5基	1,823				
(建設中)						
東京電力	福島2	784	BWR	1968	1973	
"	" 3	784	"	1970	1974	
"	" 4	784	"	1971	1975	
"	" 5	784	"	1971	1976	
"	" 6	1,100	"	1972	1976	
関西電力	高浜1	826	PWR	1969	1974	
"	" 2	826	"	1970	1975	
"	美浜3	826	"	1972	1976	
"	大飯1	1,175	"	1972	1976	
"	" 2	1,175	"	1972	1977	
中部電力	浜岡1	540	BWR	1970	1974	
東北電力	女川	524	"	1971	1975	
中国電力	島根	460	"	1969	1973	
四国電力	伊方	566	PWR	1972	1977	
九州電力	玄海	559	"	1970	1975	
日本原子力発電	東海第二	1,100	BWR	1972	1976	
建設中計	16基	12,813				

第2表 原子力発電所設備利用率

発電所名	出力 (MW)	設備利用率 (%)			
		1969年	1970年	1971年	1972年
東海	166	620	59.3	67.9	67.3
敦賀	357		※76.8	67.8	72.5
美浜1			※91.1	65.6	44.6
"2					※60.1
福島1	460			※58.9	64.1

資料 ※印は運転開始月以降の設備利用率である。

第3表 電気事業者の原子力発電開発計画

単位 万KW

設備別	1970年度末		1976年度末		1980年度末	
	設備出力	%	設備出力	%	設備出力	%
水力	1,680	32	2,313	20	3,021	19
火力	3,467	66	7,652	68	9,314	59
原子力	80	2	1,380	12	3,370	22
合計	5,227	100	11,345	100	15,705	100

資料 「昭和46年度電力長期計画概要」(46～55年度)

中央電力協議会 47年4月20日作成

第4表 電気事業者の原子力発電開発計画の内容

単位 万KW

設備別 年度	1970 年度末	1976年度			1980年度		
		年度末	70-76年度間 増加	1ヶ年平均 増加	年度末	76-80年度間 増加	1ヶ年平均 増加
水力	1,680	2,313	633	105	3,021	708	177
火力	3,467	7,652	4,185	698	9,314	1,662	415
原子力	80	1,380	1,300	217	3,370	1,990	498
合計	5,227	11,345	6,118	1,020	15,705	4,360	1,090

資料 第3表に同じ

第5表 発電設備増加計画（電気事業用）

単位 万KW

設備別 年度別	44年度末 (1969 年度末)	50年度(1975年度)			60年度(1985年度)		
		年度末	44-50年度 間増加	1ヶ年平均 増加	年度末	50-60年度間 増加	1ヶ年平均 増加
水力	1,819 (35.1%)	2,376 (22.1%)	557	93	4,700 (19.9%)	2,324	232
火力	3,315 (63.9%)	7,514 (69.9%)	4,199	700	12,900 (54.7%)	5,386	539
原子力	50 (1.0%)	866 (8.0%)	816	136	6,000 (25.4%)	5,134	513
計	5,184 (100.0%)	10,756 (100.0%)	5,572	929	23,600 (100.0%)	12,844	1,284

資料 通産省「総合エネルギー調査会原子力部会中間報告」

(昭和46年5月31日)



第 6 表 送電々力量増加計画（電気事業用）

単位 億KWH

年度 設備別	45年度	50年度			60年度		
	年度	45-50年度間 増加	1ヶ年平均 増加	年度	50-60年度間 増加	1ヶ年平均 増加	
水力	758 (26.1%)	805 (16.7%)	47	9	960 (8.5%)	155	15
火力	2,141 (73.7%)	3,658 (75.9%)	1,517	303	6,720 (50.5%)	3,062	306
原子力	35 (1.2%)	400 (8.3%)	365	73	3,910 (34.6%)	3,510	351
その他	△29 (△1.0%)	△41 (△0.9%)	△12	△2	△290 (△2.6%)	△249	△24
合計	2,905 (100.0%)	4,822 (100.0%)	1,917	383	11,300 (100.0%)	6,478	648

資料 通産省「総合エネルギー調査会原子力部会中間報告」

(昭和46年5月31日)

## イギリスの原子力発展

英国原子力公社

理事 R. V. ムーア

私はかつて1971年の日本原子力産業会議年次大会でお話する機会を得ました。今年、再び皆様にお話するために招待されましたことは私にとって喜びにたえません。

原子力発電が開発された初期において、原型炉は原子力から電力を生み出すことが技術的にできることを示す珍しいものでした。

これら原型炉の成功に引続いて、電力会社は、それらの発電方式が証明されたと主張する供給者にプラントを発注しました。原型炉の運転で得られた経験を基にして競い合って初期の原子力発電所の設計が行なわれました。電力会社は経験することが必要であり、多くの問題に遭遇しました。

電力会社は経験を通してよいかしこくなり、今日では、多くの条件を求めています。現在、原子力発電所の建設をはじめる前に、その発電所が予定通りの工程で、そして契約金額内で建設されること、特に大きな問題がなく安全審査委員会から発行される許可を得ることが出来ること、発電所が特に多くの最大負荷時に設計通りの出力と高い利用率で運転されること、そして最後に発電所の性能が余計な保守費あるいは長期間の停止による違約金もなく設計経済寿命の時点まで、あるいはそれ以上続くこと、以上が確実なることを電力会社は求めています。

今日でさえも、完全な確かさをもってこれらの条件の全ては満たされ得ません。たとえば、10年以上の長期間にわたり運転している発電所はほとんどないし、その結果、中期および寿命終期に関わる問題は発電所の運転経験からは未だ現われていません。

英国において、発電所発注に一時的休止がありました。これは電力需要の成長率を予想して1960年代初期に多くの在来方式の発電所を発注しましたが、実際の電力需要はそれよりもかなり少なかったためです。需要は主に天然ガスの発見と、計画された国内の経済成長率の達成が出来なかったために近年になって低下しています。

発注の休止により現状を見直す余裕が出来ました。英国において、原子力発電所を設計し、建設するために最も適した組織の形や主要原子炉機器の製作手配が強く見直されました。

最近まで、英国の原子力発電所は、設計から建設、および発電所の調整までを含んだ、い

いわゆるターンキー契約で建設されていました。主要機器の製作や土木建築関係の株主会社によって構成された会社から見積りが出されました。ある時期には、この様な会社が5つあり仕事をとり合っていました。発電所の単基容量が大きくなると発電所の数が減り、その結果、それら会社に対して十分な仕事がなくなりました。数年前に政府はその様な会社を2つの企業に再編成しました。AEAはそれら両方の会社の株主のままを保持しました。

現在の発電所発注の休止とともに、これら2つの会社に対してさえも十分な仕事がなくなりました。そして今や1社に向かって動いています。この会社は設備、機器や技術役務を入手で購入することは自由です。製造、および土木建築技術会社の特別のコンソーシアに選ばれません。特殊設備品（例えば特別な品質管理が大切である面）に対しては、その単独会社を選んだ一供給者に特別に手配することは許されております。

基本的に、新会社は現在の2社即ちBNDCとTNPNGの職員の統一をし、一つの強力な組織に形づくられるでしょう。さらに研究開発でAEAと、燃料開発と製作でAEAおよびBritish Nuclear Fuel Ltd (BNFL)と密接に関係します。

新会社は原子炉の開発利用の面でヨーロッパや広く国際的な協力の促進をその全分野で行なうために政府の助成を受けるでしょう。

英国の原子力燃料サービスは既に1社になっております。British Nuclear Fuel Ltdで英国で三つの大きな工場を運営しています。BNFLは1971年に設立された会社で、ウラン鉱石の購入から使用済燃料の再処理に至るまでの総合的な燃料サービスを行ないます。

BNFLはかなりの期間にわたり、ヨーロッパ各国の相対的に限られた国内市場に供給している小さな国有会社のこれまでの行き方では遠心分離やプルトニウム再処理設備の様な複合技術の進んだ製品関係とは適合しないことを認識していました。それ故、会社として同一品のくり返し製作による利益や運転の規模を得るために、これらの活動において他との協力の方法を求めた。一方全ての技術的変更や製品の改良も同時に無意味にはしませんでした。

皆様方の多くは今朝、遠心分離の開発および利用という点についてはもはや英国、西独、あるいはオランダ各国別々のものではなく、3国全てが合わさった努力の下にあるということをお聞きでしょう。この結果として、二つの新しい会社が設立されました。CENTEC、これは新しい遠心分離プラントの製作と開発の責任をとり、もう一つのURENCO、これはそれを所有し運転します。

明日、皆様は原子力燃料再処理の分野を担当するために設立された、英国、フランス、西独の会社、いわゆる“United Reprocessors Ltd”についての話を聞かれるでしょう。

数年後、新しい再処理プラントの建設を始めることが必要であり、United Reprocessors Ltd の設立により3国にとっては、これら国々の経験を共同利用でき、そして3つの別々に異なった国有の設備の無益な建設をする代りに賢明で、効率のよい、経済的な設備を建設することができます。

この様に、皆様はBNFLが既に国際的な規模で活動していることがおわかりでしょう。我々はそれが形成される時、新しい単独の原子力会社が同様に視野を外に向けて国際的な政策を作り、後に続くことを期待しています。

新会社もまた、電力会社、AEAおよび燃料会社の様な企業の担当分野との関係で将来販売していこうとする炉型に関する方針を決めなければなりません。

現在の二つの設計建設会社(TNPGとBNDC)から新しい原子力会社が作られている間に、もちろん、現在の二社は現在建設中の5原子力発電所—合計出力6,000MWe—でいずれもAGR—の建設の責任は果し続けます。

英国は、軽水炉路線を求めている、世界でもわずかな国の一つです。皆様の多くの方がご存知の通り、英国における原子力発電の利用は、コールダーホールにはじめて建設されたマグノックス型ガス冷却炉とともに、15年程前にはじまりました。それ以来、商用炉は黒鉛減速材とガス冷却材を使用し続けています。一つのマグノックス炉が日本の東海村に建設され、別の一つはイタリーのラチナに建設されました。一方、英国の26基のマグノックス炉が11発電所で運転されており、うち9つは電力会社のものです。

これらのマグノックス発電所の長い運転記録があり、それらの初期のいくつかの性能は興味あるものなのでそれを表1に示します。

表 1

発電所	運転年数	1971/72の年間負荷率	累積負荷率
パークレイ	10	87.7 %	79 %
ブラッドウエル	10	70.3	76
ダンジネスA	7	92.4	74

表からはマグノックス発電所が約10年の運転中極めて信頼しうるものであることがわかります。累積負荷率の中には全ての型の発電所の利用率がいくらか低下する初期の試運転期間も含んでいることは多分注目に値することでしょう。数値は、腐蝕の問題が、ある軟鋼の

止め具に見られた時に用心のために設計出力を若干下げた点も考慮されています。

マグノックス炉が特にその真価を示したのは今年の冬で、長い炭鉱夫のストライキの間中、原子力発電所は国の全発電量の半分以上を一時期供給しました。

表 2 は英国電力庁の最も経済的な発電所の発電原価を示します。

表 2

発電所	型	運転年数	1971/72年の発電原価ミル/KWh
ダンジネスA	原子力(マグノックス)	7	7.7
サイズウエルA	# (#)	6	7.9
フェリイブリッジC	石炭火力	6	8.9
ペンブローク	石油 #	2	9.4

表から、現実として最も経済的なマグノックス発電所の実際の発電原価が、最もよい石炭あるいは石油火力発電所よりもかなりよいということがおわかりと思います。しかしながら輸入された石油に若干の輸入税がかかっている点は留意していただくにはなりません。

運転中の全ての原子力発電所の平均の発電原価は現在少なくとも最も効率のよい石炭火力と等しいか、最もよい石炭火力と同等です。これは今年のほとんどの期間をタービンの事故のため運転されなかったマグノックス発電所も入っています。

この初期の一連の原子炉の燃料は天然ウラン金属でマグネシウム金属被覆でした。次の段階として、Advanced Gas Cooled Reactor, 即ちAGR, に使用された燃料は濃縮ウラン酸化物で、ステンレス鋼の被覆です。この方式の34 MWe出力の原型炉が10年間にわたりウインズケールで順調に運転されており、原子炉技術と燃料特性の面で高い信頼性を与えています。発電量6,000 MWeで10基からなる合計5つの商業用AGR発電所が英国で建設中です。この原子炉の計画は英国原子力公社や産業界でのしっかりした研究開発と機器の試験計画によって支持されています。AGRの最初に稼動予定のものはヒンクレイポイントB(スライド1)で、来年の初期に発電開始が予定されています。

AGRは高温高圧の蒸気を発生するので(514°C/4.24 bar abs)新鋭火力のタービン発電機を使えます。また、高い総合熱効率(42%)をもち、その結果、冷却水への熱放散が軽水炉のそれよりも1/3程少なくなります。他の特徴として、原子炉の圧力容器がプレストレストコンクリート構造物であり、それは鋼製容器で予想される破壊の恐れがあり

ません。燃料と冷却期間には、非常に激しい反応の心配もありません。水が冷却材として使用されている場合の様な冷却材の相変化がないので、事故条件での炉心冷却は特別に必要としませんし、あるいは困難な問題もありません。これらの優れた安全の特徴故に、最近のAGR発電所の敷地は他の炉型で通常可能とされている以上に人口の中心部により近くなっています。(スライド2)

ほとんどの他の第1号原子炉プラントで見られる様に、多くの技術的問題やその結果として工程の遅れが、商業用AGRの建設で遭遇しています。1例として、原子炉雰囲気下での7年間と同等の長期にわたる研究所の実験で観察された9%クロム鋼(ボイラ鋼材)の腐蝕です。最高運転温度を下げる事が決定され、それによって使用中とにかえることが出来ないこの材料で製作された機器の腐蝕率が低下します。これはヒンクレイボイラーに対しては現場での改造故にかなりの時間を必要としました。しかし特に困難な事もなく、新しい発電所の改良設計においては全くといっていい程費用追加もありません。

英国で3つの設計建設会社があったために3つの基本的に異なったAGRの設計が出され、各々が設計建設においてそれぞれが第1号のもつ問題を経験しました。主要機器の開発は建設工程の関係で遅れすぎ、後々の設計変更は現地での複雑な改造を引き起こしました。その結果の遅れが、現在英国で多くの建設現場の特徴である労働者の関係の悪さや低い生産性により、より悪化されました。このように、これら発電所の建設や建設が、かって予定されていたよりも遅々と進み、そしてより困難になりました。それにもかかわらず、その困難さは大いに回復され、AGRはマグノックス炉の前任者の様に長いそして信頼ある役務につくことが出来るという完全な自信があります。

私がかって1971年に原産年次大会で講演した時、私はAGR後のガス冷却炉の長期開発について記述しました。この開発は高温原子炉あるいはHTRとして知られています。

英国のこの炉の概念は(米国の現在の設計とは異なった)U238からプルトニウムを生産するU235/U238燃料サイクルを利用します。そしてそれは順次将来の一連の高速増殖炉の初期燃料として使用されるはずで

現在の英国の設計には次の主な特徴があります。

- (a) 被膜粒子燃料
- (b) U235/U238燃料サイクルの運転
- (c) 冷却材としてヘリウムの使用
- (d) 英国が15年にわたるガス冷却型原子炉の建設と運転により積み上げた経験に基づ

## く工学的設計

ガス冷却型原子炉の長い経験に加えて英国は実験用HTR—即ちドラゴン計画—の約8年の運転経験という利点を有しています。ドラゴン計画はウインフリスヒースにおいて欧州各国の共同事業として開発されているものです。被膜粒子燃料はこの原子炉で実証されています。

近年HTRに国際的な関心が強まっています。例えば、米国や、ヨーロッパ、それも特に西独とフランスにおいてです。日本においてもまた、日本原子力研究所が多目的利用に対してHTR採用の可能性に関心を示しています。特に、私は日本の鉄鋼業界がいわゆる輸入コークス炭の減少のために高温の熱の利用の可能性に関心があると理解しています。

既に日本原子力研究所はこの10年の第2半期に50MWhのデモンストレーション用原子炉建設の目的で炉外、炉内ループを含むHTR開発作業計画を持っていると私は理解しております。鉄鉱石溶融に必要な出口温度は現在のHTRの経験の外挿値であり、特に材料や燃料について、今後開発が必要でありましょう。英国の粒子燃料のすぐれた照射結果から、現在規定されているよりも高い温度でおそらく運転することができることが確実と思います。

商用HTR発電所が運転される時期は今後数年内であります。新しい原子力会社がきたる数年にわたって販売するであろう原子炉方式は、現在既に建設の進んだ段階にあるAGRと、SGHWRとして知られている圧力管方式沸騰水型原子炉です。

SGHWRは単一の大きな圧力容器の代りに燃料を収容するために圧力管を利用している沸騰水型原子炉です。(スライド3) 皆様方の多くは圧力管の概念をよくご存知でしょう。これと同等のものが動力炉核燃料開発事業団により現在敦賀で建設中です。日本の原子炉は出力が約170/200MWeで1976年に発電開始の予定と了解しています。英国の原子炉の進んだ特徴のいくつかが見られることは興味あることかもしれません。

軽水の冷却材は、濃縮二酸化ウラン燃料要素を含む各々の一連の垂直の圧力管中に注入されます。蒸気と水の混合物が圧力管中で生み出され蒸気ドラムを通り、ここで蒸気と水の混合物から蒸気が分離されます。ガススパーサーで分離されている圧力管の周囲は主に中性子減速用としての重水です。(軽水冷却材が減速材として約30%を受けもちます。)重水は大気圧下であり、カランドリアといわれる管型容器の中に含まれます。SGHWRは直接サイクルの蒸気方式であり蒸気ドラムで分離された蒸気は、何らの中間熱交換器もなく、タービン発電機に通じます。100MWeのこの型の原子炉がウインフリスヒースで1968年以来運転されています。

圧力管型の建設は圧力容器よりもいくつかの重要な利点をもっています。製作と現地組立が非常に容易です。損傷あるいは事故の場合に圧力管はとりかえることができます。各チャンネル内は単純通過なので一週間以上にわたる燃料の取り替えが充分であり、各チャンネルの計測を容易にしています。主冷却材喪失事故時、緊急冷却水が燃料体全長にわたって十分入ることが圧力管型設計のもう一つの重要な利点です。

圧力管型原子炉の建設は、多くの機器が現地からはなれた工場で作成し試験することができるので極めて容易になされます。

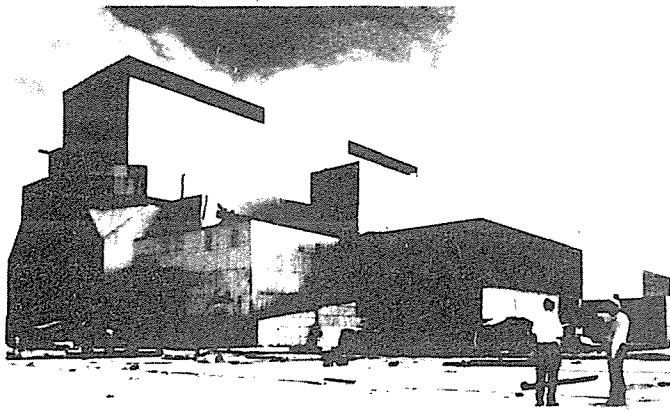
結論として、私は簡単に英国における高速炉の状況を報告したいと思います。未だ英国では将来建設される予定の熱中性子炉形式の選択についての重要な決定が成されねばなりません。できる限り早くナトリウム冷却高速炉の商業用利用へ移行するという必要性だけははっきりしています。

この進展において、現在ドーンレイに建設中の250 MWeの原型炉であるPFRが試運転の前の段階にあり、今年末に発電開始する時点で大きな前進を果すでしょう。(スライド4および5) PFRはDFRとして知られている15 MWeの実験炉に基づいています。この様に我々は約15年の経験を蓄積しており、機器の設計製作についてのかんりの経験をも含み、高速炉の開発に必要な技術を修得していることを正しく主張できます。

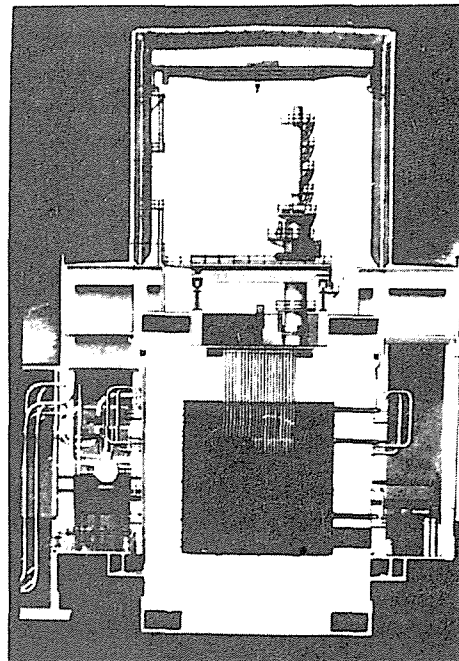
皆様方よくご承知の通り、日本もまた、高速炉の開発に大いに投資を行なっています。日本と英国間でこれまで2年間にわたる協力関係も極めてうまくいっております。これは“MOZART”として知られており、日本の計画している原型炉(もんじゅ)の炉心設計案が、ウインフリスにあるこの作業の目的で作られたAEAのゼロ出力装置の実物大模型で試験されています。この作業は非常に順調で、8人の日本の物理技術者が直接当地でこの仕事にたずさわっています。これは国際間の協力というものが参加している国々の利益によく反映される優れた実例であり、私は将来においてこの日英の協力関係をさらに拡大することができることを切望しております。

英国において、我々はPFRから約1,300 MWe出力の最初の商業用高速炉への作業を進めております。このプラントの設計は既に順調に進んでおり、この設備の主要機器の開発も同様です。新しい原子力会社が高速炉の初期の開発のために、国際的関係をさらに発展させるであろうことは疑うべくもありません。原子力エネルギーは、向う数十年にわたり、特に工業国家が直面しているエネルギー供給問題の解決に大きな役割を演じなければならないことは間違いありません。高速増殖炉は将来の極めて大きなエネルギー需要を満たすのにどうしても重要であります。

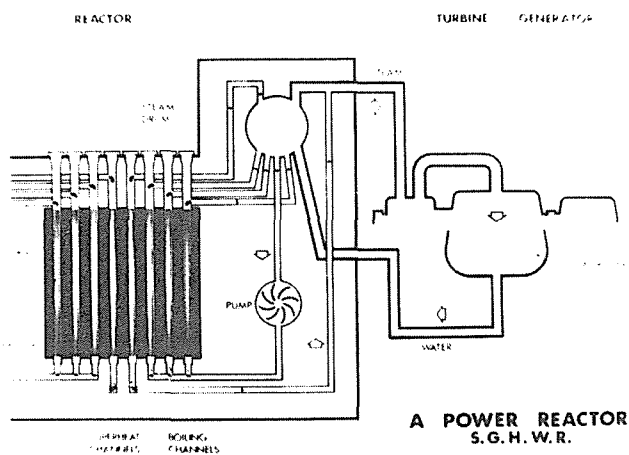




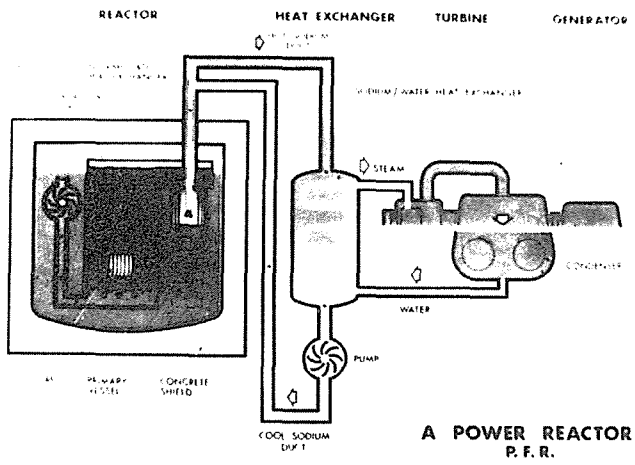
スライド1 ヒンクレーポイントB発電所



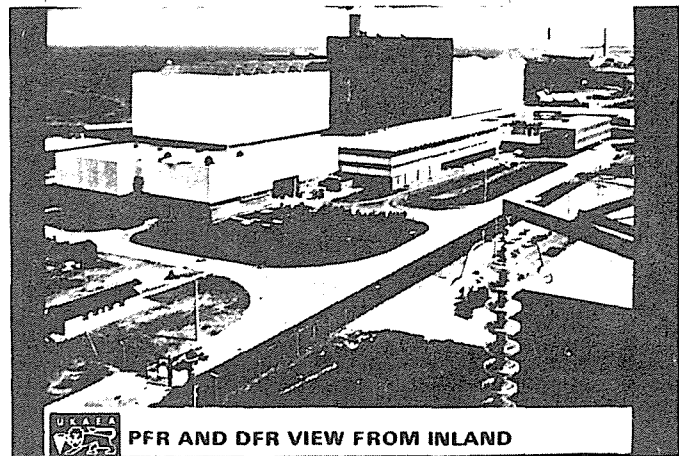
スライド2 AGR断面図



スライド3 S G H W R断面図



スライド4 PFR断面図



スライド5 ドーレイPFRおよびDFR

# 日本の動力炉開発

動力炉・核燃料開発事業団

理事長 清 成 迪

## 動力炉の開発

### 1. まえがき

昭和42年10月、動燃事業団が発足して、2つの新しい型の動力炉をナショナルプロジェクトとして開発するに際して、次の4点がその前提になっていた。

- (1) 遅れて出発したわが国ではあるが、その時までには、原研、原燃、大学、メーカー、電力などで、多数の科学者、技術者が育っており、重水炉、およびナトリウム冷却高速炉の基礎研究はほぼできていると考えてよい。
- (2) プロジェクトの中核体になる動燃事業団には各界の科学者、技術者が集って推進することが可能である。
- (3) 研究開発の個々の仕事の多くは、それに最もふさわしい機関に委託して能率よく開発できる。
- (4) 動燃事業団自身は、主として工学的な大規模な施設を必要とする試験研究開発のみを行う。

このような主旨から動燃事業団は、原研の大洗研究所の南側の約1/3の土地を借用して「大洗工学センター」に高速増殖炉、新型転換炉開発に必要な大規模な工学実験施設を建設し、試験を行っている。以来、両型の動力炉の設計、建設に必要な試験研究開発は順調にすすんでいるが、その概況を大洗工学センターを中心に述べてみる。

〔スライド1．大洗工学センター全景〕参照

### 2. 高速増殖炉の開発

高速実験炉「常陽」（初期熱出力50MW、最終熱出力100MW）はその土木建築工事の大半を終え本年は機器の据え付けに入り、来年には臨界に達する予定である。また、高速増殖原型炉「もんじゅ」（電気出力約300MW）は設計が次第に進み、本年は「チェックアンドレビュー」を行い、来年は安全審査を受け同年度中には建設に着手する計画である。〔スライド2．「常陽」建設現場〕参照

〔スライド3．ATR、FBR大工程〕参照

高速増殖炉ではナトリウム技術上の諸問題と高速中性子照射による燃料，材料の挙動の問題は十分に解明してその性能を確認，実証し，実機の機器材料に反映せしめたいと考えた。これらの試験研究はかなり大規模な設備を必要とするのでその試験施設は主として大洗工学センターに設置された。

ナトリウムの中で使用される材料の挙動や小部品の長期試験などはナトリウム技術開発試験室の各種ナトリウムループで行われ脱炭，浸炭などによる材料強度変化など有用な情報を得ている。

実寸大の「常陽」用試験作燃料集合体のナトリウム中の流動特性試験，耐久試験および混合効果試験はナトリウム流動電熱試験室にあるナトリウムループで試験されている。

「もんじゅ」用の大口径の弁およびその原子炉容器や中間熱交換器の冷却材流動特性は水流動試験装置を用いて試験されている。

機器構造物の実寸大の試作品をナトリウムの雰囲気中で運転して見ることは性能を実証するばかりでなく，設計中に予期しなかった細かい調整や改修点を見つける上で極めて貴重である。ナトリウム機器構造試験室にある各種ナトリウム試験装置では「常陽」の実寸大の原子炉容器，回転プラグ，制御棒駆動装置，燃料交換機，燃料出入機1次，2次ナトリウムポンプおよび縮尺した中間熱交換器のナトリウム中の性能確認試験を行ない，実機の設計製作に貴重な情報を提供している。〔スライド4．モックアップ炉容器中のダミー燃料集合体〕参照

「もんじゅ」用のポンプ，燃料交換機，制御棒駆動装置についても今後実寸大の試験が行われる予定になっている。

ナトリウムを使用する場合，構造材で重要な問題の1つはその高温での運転とその極めて良い熱伝導度特性から起る熱衝撃，およびこれに関連して配管系の熱サイクル疲労ならびに熱ラチエットに関する問題で，これらは熱衝撃試験装置およびナトリウム技術開発室にある高温ナトリウム配管等構造物試験装置などで試験されている。

この他，ナトリウム蒸気の機器表面での凝縮（蒸着）の問題，およびナトリウム中の不純物の分析およびその管理の問題についても試験研究が行われている。

次に蒸気発生器はナトリウム冷却高速発電プラントを建設する上で最も重要な機器といえる。そのため大洗には小型（1 MW）蒸気発生器を既に1年以上運転し，解体検査したあと再粗立して運転試験を続行している。〔スライド5．解体中の1 MW SG〕参照  
また大型蒸気発生器の実証試験を行い，「もんじゅ」の実機へつなげるため，50 MWの

蒸気発生器試験施設が現在建設されている。

これに関連して蒸気発生器内の水管が破損した場合に起るナトリウムと水との反応による圧力波，損傷，損耗などの解明およびその検出方法の検討などについては高速炉安全性試験室の大，小両リーク用ナトリウム－水反応試験装置で行われている。また大リークナトリウム－水反応事故の最終安全性の確認を行なうため，原型炉蒸気発生器の約2.5分の1のモデルによる蒸気発生器安全性総合試験が計画されている。

その他，ナトリウム冷却高速炉の安全性に関連してナトリウムの沸騰現象や燃料の破損の伝播の可能性を調べるナトリウム過渡沸騰試験装置，燃料破損伝播試験装置があり，また配管の疲労クラックの発生，伝播を調べる試験装置があり，さらには一次冷却系配管材料の高温クリープ特性を調べるクリープ疲労，クリープ座屈腐蝕疲労試験装置なども設けられようとしている。

現在日本国内に高出力の高速中性子原子炉がないので，国産試作燃料および材料は海外の炉（ドンレー炉，ラブソディー炉）において照射試験をされている。また熱中性子炉ではあるがGETRや国内JMTRでも一部照射を行っている。

将来「常陽」が運転されれば日本における高速中性子の重要な照射ベツトとなり以降の高速炉のため貴重な情報を提供することになる。

これらの照射された燃料材料の照射後試験施設は大洗工学センターに3種整備されている。すなわち

- a. 照射燃料集合体試験施設（F M F）
- b. 照射燃料試験施設（A G F）
- c. 照射材料試験施設（M M F）

である。〔スライド6．照射後試験施設関連図〕参照

「常陽」で照射された燃料集合体はF M Fで各種の照射後試験を行った後，解体されてA G FまたはM M Fに送る。A G Fでは高速炉用燃料の照射後試験を，またM M Fでは高速炉用材料の照射後試験を行う。

既に海外の高速炉などで照射した試料はA G Fで詳しい検査を行い健全性が認められている。

最後に大洗以外における開発研究について一言する。

高速増殖炉はプルトニウムを燃料とし，ナトリウムを冷却材としていること，および炉が高速中性子領域で運転することが，従来の炉と異なる点で，炉物理，ナトリウム技術，

機器構造，計測制御，燃料材料，安全性，蒸気発生器などの各種の研究開発の課題を国内の各方面に委託し，設計，製作などに必要な多くの技術情報や試作品を得ている。

炉物理については，原研においてその高速臨界実験装置（FCA）を用い「常陽」炉心のフルモックアップ実験と「もんじゅ」炉心の部分モックアップ実験を行っている。「もんじゅ」炉心のフルモックアップ実験はイギリス原子力公社のZEBRA炉を用い，モーツァルト計画と称する日英共同研究によって行われている。〔スライド7．モーツァルト実験中〕参照

### 3. 新型転換炉の開発

新型転換炉「ふげん」は，電気出力約16万5千キロワットの重水減速沸騰軽水冷却炉で，昭和50年度臨海を目標に福井県敦賀市において建設が進められている。

現在原子炉補機建屋やタービン建家の建設が予定通り進んでおり，原子炉格納容器は今年5月には据付完了予定で組立が進められている。

〔スライド8．「ふげん」建設現場〕参照

「ふげん」の設計，製作，建設を軸にして各分野に亘り，諸機関の協力を得て，鋭意開発を進めているが，とくに部分的実証試験を実施するために大洗工学センターに，重水臨界実験設備，大型熱ループ，コンポーネント・テストループならびに安全性試験設備を建設し，ここで得られたデータを，逐次「ふげん」の設計および製作に反映し，多くの成果をあげている。

では，ここで大洗工学センターにおけるATRの研究開発の概要について述べる。

まず，重水臨界実験設備は，昭和44年12月の初臨界以来，臨界達成回数は現在までに約1,900回に達しました。ウラン燃料装荷炉心の実験は予定どおり完了し，現在ではプルトニウム燃料炉心の特性について実験を進めている。ここで使うプルトニウム燃料は，東海事業所のプルトニウム燃料施設で製造したものである。

「ふげん」は初期から炉心の約半分にプルトニウム燃料を装荷することになっているがこのことは冷却材喪失時のボイド反応度変化を正にしないという考から決定したもので，原型炉の安全性を更に高くしている。

次に大型熱ループはクラスター型燃料体の伝熱流動実験のための施設で，この種のループでは世界最大の規模のものである。

軽水炉と異った「ふげん」特有の圧力管形の流路における沸騰伝熱現象の技術的解明を行うもので，その試験の結果は「ふげん」炉心の熱特性の解析や安全性評価ならびに燃料

設計に反映している。現在「ふげん」燃料体と同じ大きさの模擬燃料集合体を用いて、バーンアウトの実験を行い、燃料棒の配置、スペーサーの形状など燃料設計に必要なデータを提供している。

またコンポーネントテストループは、「ふげん」の設計仕様に基いて試作した燃料集合体、圧力管集合体などを水と蒸気の二相流体中で各種試験を行う施設である。

燃料集合体については耐久試験などを行いフレタイング腐食量、流動抵抗の測定、各部件の健全性の確認を行い、その結果はその都度、次の燃料設計、試作に反映させている。さらに重水炉特有の圧力管構造についてメーカーの各種評価試験と併行して、このコンポーネントテストループにおいても圧力管とステンレス鋼配管との接合部集合体およびシールプラグ等の実規模のものについて長時間の耐久試験と熱サイクル試験等を行って、その健全性を確認している。

重水炉は、従来の軽水炉とは原子炉の構造および一次冷却系の構成が大きく異なるので、冷却系破断事故もその様相が異なることが予想されます。従って圧力管タイプのブローダウン現象の特徴を把握し、原型炉の安全対策のために、実規模安全性試験設備を建設し、以来各種の配管破断の実験を行い、ブローダウン現象については把握出来たものと考えている。

現在、非常用炉心冷却系いわゆる ECCS の効果確認と主蒸気隔離弁、逆止弁等の安全機器の実証試験をすすめており、この非常冷却実験については、すでに急速注水、高圧注水実験等を行ったが、これまでの実験結果では炉心内の燃料冷却並びに冷却系の圧力降下に非常に効果があることが確認された。

また安全機器の作動試験として、主蒸気隔離弁および逆止弁について現在実験を行っている。国産の主蒸気隔離弁は、未だ原子力発電プラントに使用されていないがこの隔離弁を試作開発し、破断実験を伴う弁閉鎖時の作動特性および漏洩について試験しているが、これまでの試験では極めて良好な結果（閉鎖後の漏洩は認められない）が得られている。

以上のように安全性試験施設による実験から破断に伴うこの炉特有の現象が明らかになり、原型炉の安全性解析、安全設計の確認とともにプラントの安全設備の設計・製作に逐次反映されており、このような実規模大の実験の成果は世界各国からも大変注目され高く評価されている。

[スライド9. 実規模非常冷却試験グラフ]参照

次に大洗工学センター以外で行われているこの原子炉特有の研究開発について二・三述

べると、圧力管構造としてジルコニウム合金の圧力管とステンレス鋼管延長部の接合が必要で特殊な接合方法を探らざるを得ないので、設計上大きな開発課題となっていたが、カナダで開発されたロールド・ジョイント法の技術をベースに昭和44年以来開発を進めてきた結果このほど圧力管集合体製造の見通しを得ることが出来た。

また、燃料交換機については、昭和45年主要部品の試作からスタートし、その後実物大試作機を設計し、昨年12月末試作機を完成し、現在総合機能試験を行っている。

〔スライド10．燃料交換装置の試作〕参照

照射試験については、燃料集合体、および圧力管等の原子力材料は、炉外評価試験と共に原研の材料試験炉、英国のSGHWRおよび、ノルウェーのハルデン炉を用いて照射試験を行っている。

#### 4. 核燃料の開発

わが国のように利用可能な核資源の少ない国では、核燃料の有効利用率が高く、資源依存性の少ない人工エネルギー供給体制の確立が極めて望ましい。この意味で新型転換炉や高速増殖炉の開発が急がれているわけであるが、大洗工学センターにおいて原子炉工学に関する開発研究が行われている一方、東海事業所で燃料および材料について開発と製造を担当し、さらに将来のこれら新型動力炉の再処理を含む核燃料のサイクルの確立にいたる研究を実施している。

すなわち初期には動力炉燃料の設計と安全評価に必要な物性の研究を行ない、製造技術および核物質回収技術を研究し、特に長時間の試験期間が必要な燃料の照射試験に関しては早くから一連の試験計画を実施してきた、高速増殖炉燃料ピンおよび小型の燃料集合体については、すでに約50,000MWD/Tの照射実績があり、「常陽」初期装荷燃料についてはかなりの自信をもって、製造にかかれるようになっている。さらに「もんじゅ」「ふげん」の計画をめざす照射試験を実施中または計画中である。

このような開発研究の進行に並んで、動力炉計画に必要なプルトニウム燃料の製造の施設を拡充し、公称年間能力5トンのATRラインでは、重水臨界実験装置燃料を約6トンを製造し、一方の公称能力3トンのFBRラインで「常陽」初期装荷燃料の製造にかかっている。

当面の我国の原子力発電は軽水炉体系が主力である。この体系においても核燃料有効利用と過渡期将来における濃縮能力の不足に対してプルトニウムリサイクルも検討されるであろう。これは新型動力炉のプルトニウム燃料と基本的な取り扱い技術には共通性がある。



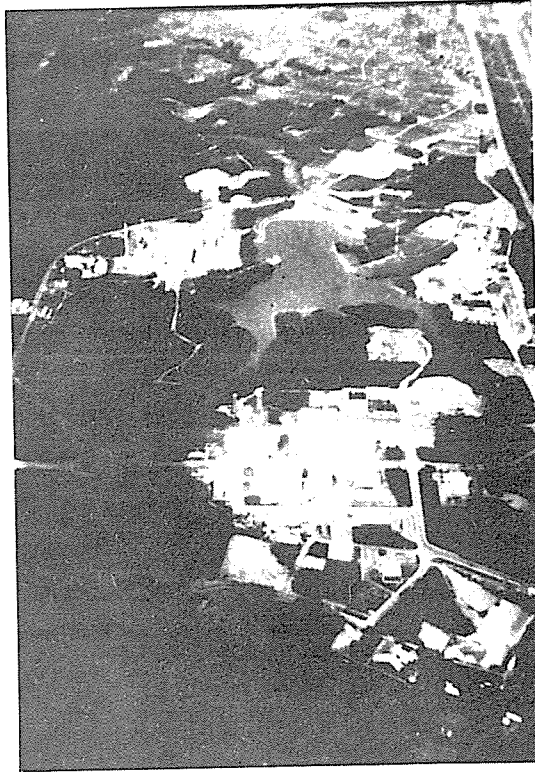
そこで、将来のプルトニウム燃料工業は当然軽水炉のそれと同じく民間事業として考えられなければならないのであるから、このプルトニウム燃料製造施設の運営にあたっては、民間技術者の参画を求めている。このようにして動燃の技術開発成果を円滑に民間に移行させ、それを基にして将来我国のプルトニウム燃料加工事業を世界的な競争に耐え得るものに致したいと考えている。

## 5. 結 論

以上我国の動力炉開発の現状と方向について、大洗工学センターおよび東海事業所の業務を中心に述べてきた。

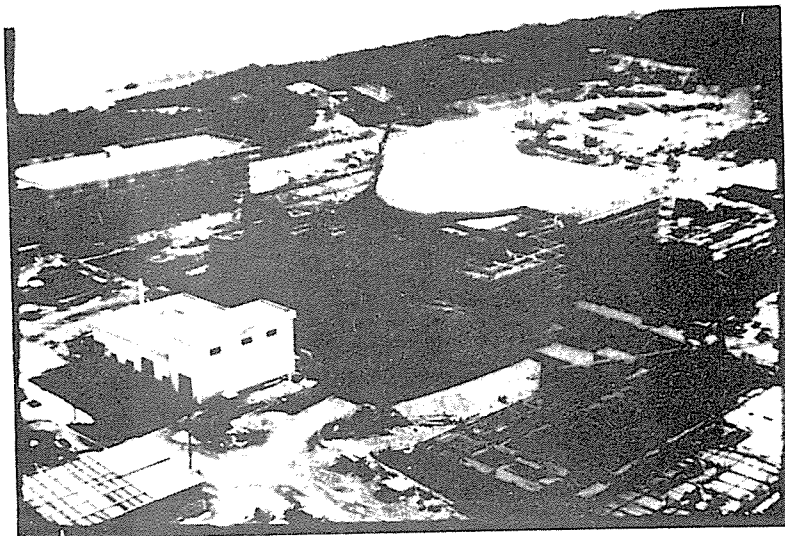
この動力炉開発計画の進め方は、開発初期に巾の広い実証的基礎研究に精力を注ぎ、新しい技術分野の基盤を養い、実験炉及び原型炉の建設の運転から、将来の実証、実用の時代に致っても、円滑な展開が期待できるように図ったものであった。

又、炉の開発建設ばかりでなく当初から新型炉の燃料サイクルを実現できるよう燃料部門についても開発を進めてきたことが特徴であって、動力炉、核燃料開発事業団の特色がここにある訳である。



スライド1. 大洗工学センター 全景

(説明) 右側は太平洋に面し中心の人造湖(夏海湖)の左側に原研のJMTRがある。湖の右側には高速実験炉「常陽」を建設中、下側にFBR, ATRの各研究施設が並んでいる。



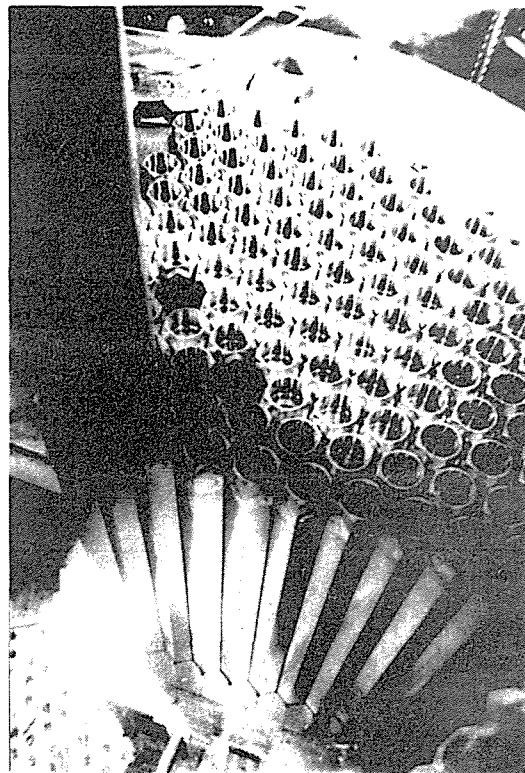
スライド2. 「常陽」建設現場

(説明) 中心の白いドームが格納容器, その周囲でコンクリート工事を行なっている部分が原子炉付属建家である。右端では冷却棟右手前ではFMFが地下コンクリート工事中, 左奥では運転管理棟が仕上工事中, 左端の白い建家は完成した廃棄処理棟である。

わが国の動力炉開発計画		昭和47年度	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
原子炉	「ふげん」		設	計		設						運	転	
原子炉	「常陽」	設	計	竣		設						運	転	
原子炉	「もんじゅ」					設	計	建	設					

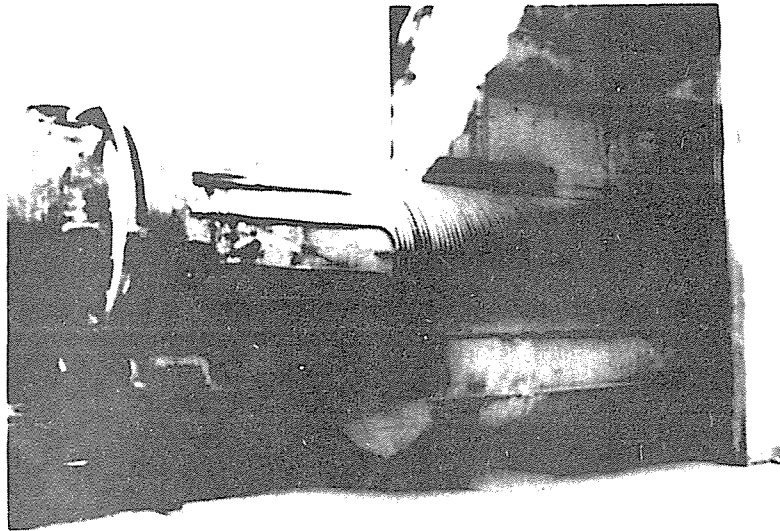
スライド3. わが国の動力炉開発計画

(説明) 新型転換炉原型炉「ふげん」は70年度に着工し、75年度に臨界の予定である。  
 高速実験炉「常陽」は69年度に着工、74年度に臨界の予定であり、高速増殖炉原子炉  
 「もんじゅ」は現在設計中で74年度に着工、78年度末臨界の予定である。



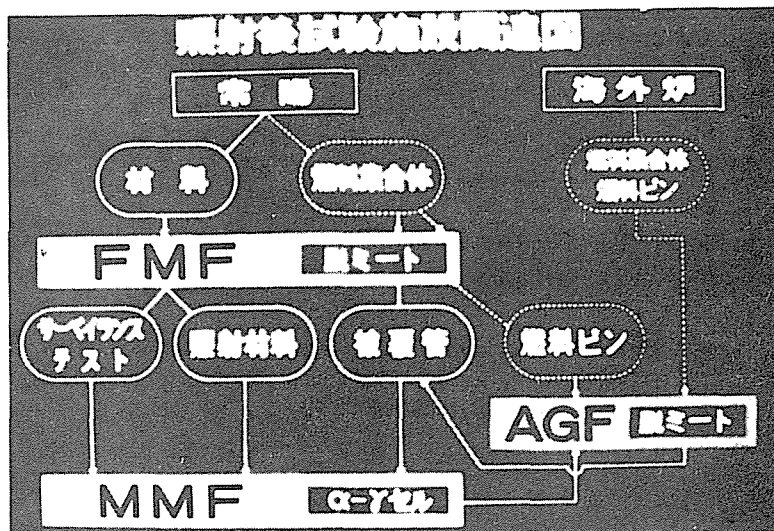
スライド4. モックアップ炉容器中のダミー燃料集合体

(説明) ナトリウム機器構造試験室の総合試験装置に据え付けた「常陽」と同寸法の炉容器の模型にやはり同寸法のダミー燃料集合体を約1/3装荷したところ。この中にナトリウムを満し、各機器のモックアップ試験を実施した。



スライド 5. 解体中の1 MW蒸気発生器

(説明) 小型(1 MW)蒸気発生器の各種試験を行なって蒸気発生器を解体しているところ。外側のカバーをはずし伝熱管のスチーム洗浄を行なっている。(白い煙)



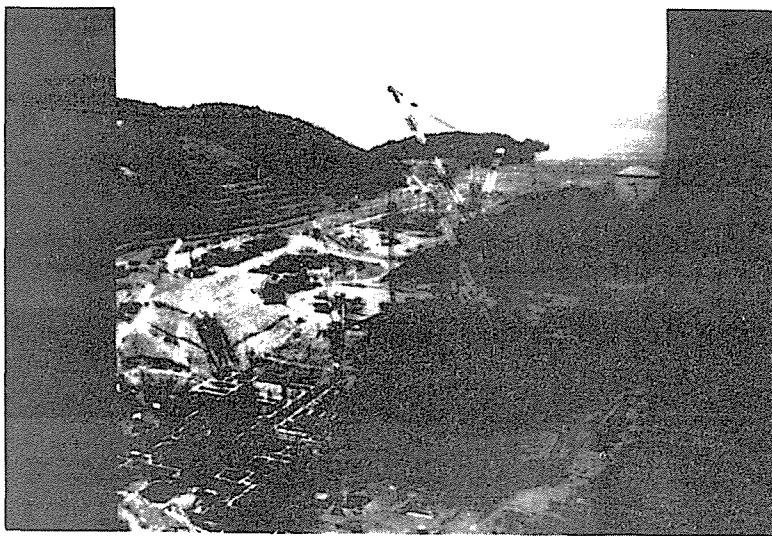
スライド 6. 照射後試験施設関連図

(説明) 「常陽」で照射された燃料集合体はFMFで非破壊試験，解体作業等が行なわれる。解体された燃料ピンはAGF，部材，サーベイランステスト試料はMMFに送られ照射後試験を行なう。一部の海外炉で照射された試料はAGF，MMFで試験を行なう。



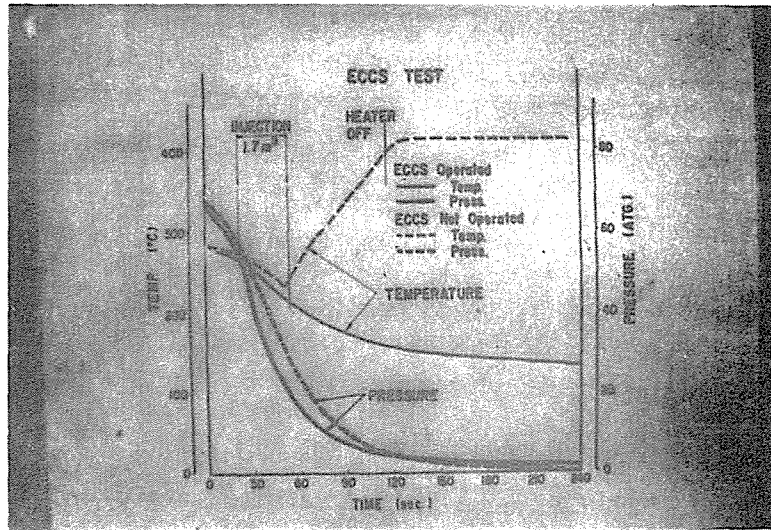
スライド7. モーツァルト実験

(説明) 英国のZEBRA炉の制御室で「もんじゅ」炉心の完全模擬実験について英側研究者と打合せ中。



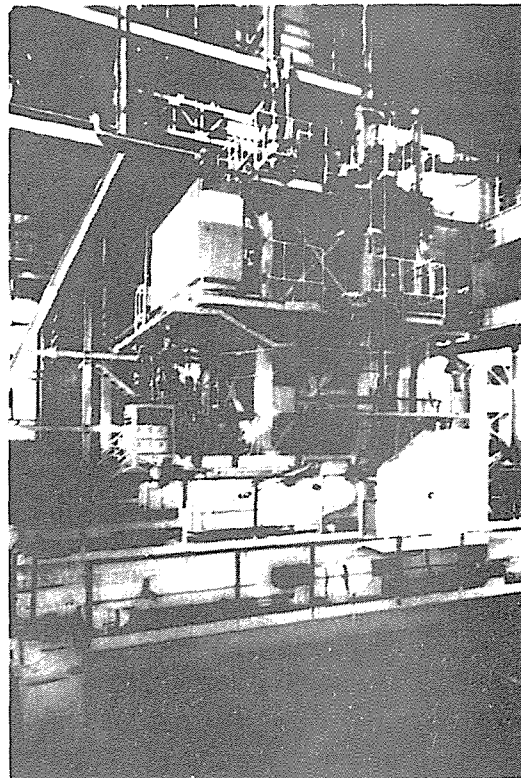
スライド8. 「ふげん」建設現場

(説明) 福井県敦賀市に建設中のふげん今年1月初旬の状況で目下コンテナ組立ての最盛期にある。



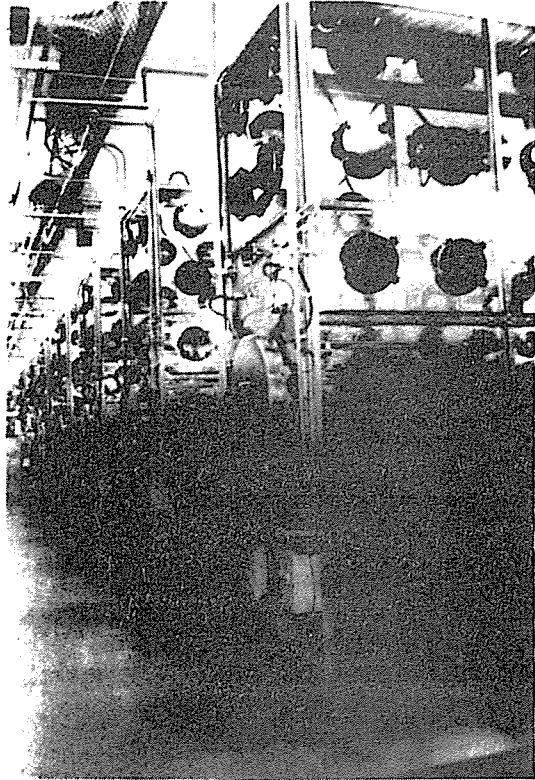
スライド9. 安全実験 実規模非常冷却試験

(説明) 非常用炉心冷却系の実験結果の1例を示すが、この冷却系を使用しない場合には50秒ほどで燃料温度が上昇しはじめるが、使用した場合には燃料温度上昇は認められず冷却系の効果があることが明らかとなった。



スライド10. 燃料交換装置の試作

(説明) 工場における組立完了し現在総合試験実施中の燃料交換機。



スライド11. プルトニウム燃料第2開発室FBRラインー乾式工程グローブボックスの系列。

Plutonium Fuel Development 2nd Laboratory

## フランスの高速炉開発

フランス原子力庁 原子炉建設局長

テクニカトム社 社長 R. カール

まず、日本原子力産業会議の皆様の前で、フランスの原子力計画について述べる機会をいただき、お礼を申し上げます。私が日本に参りましたのはこれで3度目ですが、毎回、原子力分野における我々の考え方、困難、また希望などについて、お互いに関心深い意見交換ができました。

1969年以来、フランスは、軽水炉型の発電所に移行しました。天然ウラン黒鉛ガス炉がすぐれた運転を行ない、また、同型炉で500MWeの新しいプラントが2基、Bugeyで1基、スペインのVandellósで他の1基が運転されたばかりなのですが、経済的理由から、このように決定したのです。

[スライド1]はVandellós発電所の全景であります。この発電所は当初のスケジュールより2カ月早く、運開しました。

電力需要の持続的な伸び率から、最近、1971年から1975年にかけて8,000MWeの原子力計画が遂行されることを確認することができました。この計画は、ほぼ完全に軽水炉ばかりです。出力900MWeのプラントが4基、現在建設中であり、2つの他の注文のためにオプションが与えられたところです。1973年には、1,200MWeレベルへの移行がみられることになるでしょう。

[スライド2]は、900MWe原子炉を2基もつ、Fessenheim発電所の建設現場の様子です。

我が国の国営電力事業である、仏電力庁(EDF)は、これまで、Creusot - Loiveグループの子会社で、WestinghouseのライセンサーであるFramatome Companyに、全ての注文をしてきました。この場合、もちろん、装置を一貫したものにし、標準化することが、最良の信頼性を保証するのに重要な点でした。しかし、先の計画の大きさを考慮すると、1975年から1980年の間に、18,000MWeが遂行されることとなります。

現在、第2番目の軽水炉技術を、フランスに慣化できるような、第2の産業グループをつくっているところです。1973年に、この分野で重大な決定が行なわれる筈です。

ご存知のとおり、我が国は、「軽水炉開発」に集中しています。このために、我々は、最



高の関心を寄せて、世界の軽水炉開発、ことに、日本で現在進められている非常に大きな計画を、追究しているのです。

我々が「グループ」と称する、この原子炉システムからは、ご存知のとおり、なおも、問題がいくつか生じてきます。ことに、燃料の信頼性や、また、環境保護主義者たちの抗議に応じる答弁などの問題です。関連のある建設会社の要請に応じて、仏原子力庁（CEA）は、現在建設中の原子炉を成功させるために、数多くの研究、実験を実施しました。とくにその燃料の取替が、フランスの技術によって行なえるように努力が集中されており、現在、いくつかのプロトタイプの燃料が照射中です。CEAと、産業共同を行なっている民間企業との、共通の子会社である、SICREL社が、最近設立され、軽水炉原子力発電所用の国際間の燃料競争に参加することが決定されました。

しかし、研究開発機関であるCEAは、原子力発電では、新技術の開発という点に、努力の主眼をおいています。この点で、過去数ヶ月間に、大きな明確化への努力がなされ、次の3つの主要な方針がまとまりました。

- 1) 軽水炉の改良
- 2) 高温ガス炉型発電所の開発
- 3) 高速炉型発電所の開発

この論文の主目的であります、高速炉計画についてお話しする前に、はじめの2点について、少し述べてみたいと思います。

#### 1. 軽水炉の改良

先に申し上げましたとおり、軽水炉につきましては、信頼性、安全性、経済性などの面で、なお数多くの改良すべき点があるように思われます。

我々が、潜水艦推進計画において得た経験によると、これらの問題を、目下、米国の技術がとっている見解とは、しばしば、いくぶん異なった見解で、取りくむことができるのです。1972年には、実現性のある種々の改良が、この一般的な見解のみを用いて、行なわれました。こうして検討した結果、数多くの、実現性のある道が、たとえば、材料、燃料、検査方法、あるいは、安全性設計などの点で、選ばれました。たとえば、緊急炉心冷却システムは、理論上の分析、設計、新しいシステムの試験などを行なうとよいような問題なのです。現在進んでいる開発は、ここ1～2年のうちには完成しないでしょう。第2代目の軽水炉がどのようなものになるかは、想像の余地があります。また、それは、面白いことであるにちがいません。

これが、どのような成功をおさめるか述べるのは早すぎると思います。時機がくれば、市場に、新しい製品ではないにせよ、少なくとも、既存する製品に部分的な改良を加えて出すことができるような、フランスや外国の産業共同者が必要となるような、産業化のプロセスを経ることになることは確かでしょう。軽水炉の分野での、日本とフランスの立場は、似ていますから、このような開発を合同して行なう機会をつくれるでしょうか。機会をつくれるかどうか、よろこんで調べてみたいと思います。

もうひとつの方面では、我々の海軍計画の開発が、すでに、たとえば、避地などの、ある限られた需要地に応じる小型発電所（25～300MWe）のためにそのまま利用できます。この種の小型発電所を建設することは、エネルギー供給とは別に、アジア、アフリカなど開発途上国にとっていい方法と思います。もちろん、これらを開発することは、また、そのまま、商船への利用に移行も可能となります。

長い間、躊躇しましたが、ヨーロッパでは再び、船主やメーカーらの間にその関心が湧いてきたようです。我々の完全な原子力ボイラーの特徴を重視するフィジビリティ・スタディが、おそらく近い将来、行なわれるでしょう。

この問題に、日本が、特に関心をもたれていることを、知っています。おそらく、両国の関心に合った開発を企画することができるでしょう。

## 2. 高温ガス炉型発電所

高温ガス炉は、効率が高いこと、汚染が少ないこと、利用範囲が広いこと、などの重要な利点があります。

しかし、高温を得るためには、重大な技術的問題があります。もちろん、また、この技術には、我々の技術的ノウハウの大半を用いているのですが、しかし、我々は、それだけを開発するのではないという原則であります。また、軽水炉システムが質的な面で改良されてくるにしたがい、いかなる新しい炉システムも、実用化という点で現在、困難に直面しており、また、今後ますます、困難にあらうことでしょう。しかし、Gulf社は、1972年に米国の市場でいくつかの注文をとり、進出しました。このことが、ひとつの主な理由となって、電力庁（EDF）と完全な提携関係にあるCEAが、昨年、Gulf社と技術提携に調印する決定を行ないました。この契約は、実際は、Gulf社に対し、Gulf社が利用できるようにしたノウハウを提供する限り、ライセンス契約ですが、しかし、両当事者が、CEAの研究開発施設を共同で使用する目的である点では、この契約は、また、協力協定なのです。燃料、および各種コンポーネントの技術に関する

る問題については、また、特別の契約で解決するようになっています。

この契約の内容として、主に、最初の発電所からパフォーマンスを確証する目的で、共同で規定した研究開発計画が、現在、進められています。この計画は、CEAの照射試験施設、また、高温・ガス冷却で得た経験を、広く利用しています。同時に、同型炉の建設に特に関心を示している4社（Compagne Electro・Mécanique, Creusot-Loire, Pechiney Ugine Kuhlmann, Cerca）がまとまって構成している。

Groupement Francais pour les Reacteurs a Haute Temperature (GHTR) は、CEAと協力して、1,200MWe 原子力蒸気供給システムを、商業的に入札に応じつつあります。1974年には、この入札の準備ができるでしょう。フランスの当事者たちは、Gulf社と調印した契約（協力が可能であることを明白に規定した契約）の範囲内で、いかなる協力も受け入れることは明らかです。このように協力することは、その試みの多国的な面をさらにもっと強調することであり、これが、成功への重要な条件であると、我々は考えております。

### 3. 高速炉型発電所

さて、この論文の本論に入らせていただきます。これは、また、原子力発電でフランスが開発努力を集中している主要目的でもあるのです。つまり、ナトリウム冷却高速炉のことです。CEAの原子力発電計画のおよそ半分は、この炉システムについて行なわれており、1955年以来これまでに、この開発分野で支出した金額は、おおよそ、6億ドルであります。

この金額だけで、増殖炉に対して我々がいっている関心について、これ以上、言うべきことがなくなるようです。主に、この増殖炉は、将来何十年間、大量に蓄積されるプルトニウムを使用する、最良の方法です。ですから、増殖炉を、軽水炉の通常の補助システムとして考えることができ、このことは、かなり有望なのです。もちろん、増殖炉は、確実性があり、低価格でできることが実証されなくてはなりません。現在、この2点について、悲観的な見方をする理由は、ないようです。

我々は、以下のものについて、研究開発計画を進めています。

- Harmonie および Masurca のような、各種の臨界実験による、中性子物理について。
- Cadarache センターのテストホール、および、蒸気発生器試験施設（5MWの施設、50MWの施設）における技術について。
- 安全性について。この問題が重要であることは、Cabri 炉、そして特に、ナトリウ

ムー水反応の研究について、ご存知のことと思います。

。我々の冶金学研究室、また、実験炉での燃料について。

この計画に関しては、すでに、多くの論文で述べられてきていますので、私は、これ以上、申し上げないことにいたします。

私は、ここでは、ただ、フランスの計画として、基礎的な努力を行なわないで、商業的成功を得ようとしてきた人々がいるというすがたが、いかにまちがっているかということを経験したいと思います。

確かに、最初から、連続的な原型炉を使った完全な実験を行なっていくことが必要であると我々は思いました。事実、実際の方向に努力を結集し、一貫した情報を得ることが、唯一の方法であります。しかしそこには、他のどこにおいても同じように、工業段階に入る前に、毎回、基礎研究、コンポーネントテスト、運転前のモデルならびに完全試験が、行なわれました。この仕事は、現在も継続されており、また、確かに、将来も多年にわたって続けられねばならないでしょう。

現在40MWtの実験炉Rapsodie炉は、過去6年間、行なってきたように、今なお、失敗なく運転サービスに入っています。Rapsodie炉の重要性は、いくら強調しても、強調しすぎることはありません。それは、Rapsodie炉が、これまでと同じく、また、今なお、技術実験、および、統計的な試験ならびに長時間連続燃料試験のための重要な道具であるからなのです。

Rapsodie炉を使用して、我々は、中性子下での、ナトリウムの取扱い、放射能下でナトリウムポンプならびにサーキットの維持を遂行すること、ナトリウム特性を測定すること、ナトリウム内部を観察すること、等々を、研究してきました。これらは、すべて実施可能のことであり、また、容易なことであると、我々は思っています。

Rapsodie炉では、標準燃料は、通常、70,000MWd/Tに達し、その時点で調べると、現在、14,000本の燃料要素を、照射してきたのです。実験燃料は、 $10^{23}$  nvtの高速中性子束に応じて、100,000MWd/Tの照射に達しました。もちろん、Phenix炉が、将来、統計的照射道具として、Rapsodie炉に代わることになるでしょうが、燃料の運転限界を調査できるような実験を行ない、Rapsodie炉を調べてみたいと思います。

[スライド3]は、おそらく、すでに、ごらんになったことがおありと思いますが、増殖炉に関する知識の集約、つまり、CadaracheセンターのRapsodie炉であります。

Phoenix 炉は、わが国の 250MWe デモンストレーション用発電所です。現在の進行状況は、どのようでしょうか。

[ スライド 4 ] は、コンデンサーを冷却する Rhone 川の近くにあるプラントの外観です。

実際、1972 年末に、建設を、完了しました。その結果、1968 年 5 月に着工し、建設期間は、4 年半かかったのでありますが、標準的な建設期間としては確かに、縮まったと言えます。このように短期間で完了したのは、この、非圧縮性クリティカル・パスをつくる重機器を含まないこの型の原子炉では、初めてのことです。それどころか、この炉ユニットは、重機械を用いずに、現場で、組立て、建設することができるのです。このことは、現場を選ぶときに有利ですし、非常に大規模で、外挿法を行なうことができるという自信ができました。

[ スライド 5 ] は、3 つの一次ポンプのある、原子炉の頂上部分です。ポンプの間に、ナトリウムの充填の前に、炉容器を温めるのに必要な、仮装置があります。

ふりかえてみますと、我々は、この原子炉をつくるのに、本当に、異例の困難には、ぶつかりませんでした。もちろん、各構造物が受ける高温、および、起こりうるナトリウムもれのために生じる危険、などのために、非常に大きな注意を払うべきですが、しかし、現在、原子力分野でとっている予防手段以上の手段をとらねばならないことは、何もありません。

大半の機器が、このように短期間で、組立てられ、大規模な試験が行なわれるようになりました。たとえば、[ スライド 6 ] でごらんになれる、ポンプは、設置期間中に、Saclay で、水ループについて、試験が行なわれたのです。[ スライド 7 ] で、一部ごらんになれる、(絶縁箱入りの)、蒸気発生器は、Renardieres センターで、正規の状態、一年間、運転が行なわれました。制御棒メカニズムや、燃料取扱システムなども、また、概念温度で、試験が行なわれました。

建設費は、物価騰貴を考慮すれば、だいたい、見積りどおりでした。燃料を除外して、ほぼ、1 億 2,000 万ドル、かかりましたが、もちろん、このような、原型炉についての数値は、実際の意味はありません。実規模プラントを我々が評価する、自信がつけられたということにすぎません。

ナトリウムを用いない、大規模な試運転計画が、1972 年半ばから、現場で始まり、現在、完成しましたが、この計画のなかには、全補助サーキットの運転、ナトリウムル

ープのプレヒーティング、装置中の多数の計測器の調査、などが含まれています。ナトリウム充填は11月25日に、開始しました。Phenix 炉で、建設のはじまったとき、ナトリウム充填の目標は、1972年4月1日でした。このナトリウム充填は、1973年1月10日、何ら、たいした異変もなく、完了しました。その時点で、この原子炉と補助システムは、ほぼ150℃で、ナトリウム充填が出来ました。その時点以来、このシステムの温度は、除々に上昇してきています。フランスを出発したときには、主システムも、補助システムも、ともに温度は250℃でした。3月には、450℃に達するはずですが、（これは、同様の条件で出そうとしている、最高温度です。）この段階では熱は一次ポンプと2次ポンプの回転によって供給され、その結果同時に一次ポンプと2次ポンプの耐久試験も行なうこととなります。この温度上昇の目的は、できるだけ速く現われるおそれのある傾斜、振動、ゆがみなどの問題を明らかにすることです。ナトリウムバルブのうち数か所を変更するために、2次ループサポートで、数か所調整しなければなりませんでしたが、しかし、これまでのところ、通常の試験の進行に影響のあるような異変は、何もないようです。同時に、先月、従来のボイラーから、補助蒸気を取り、それを用いて、タービン発電機ユニットの試験を行ないました。

[ スライド8 ] は現在、原子力運転の準備のできた、タービンホールの全景です。

われわれの原則は、まだ、できる限り多くを学ぼうと努めながら、注意深く、予備運転を行なうことです。ですから、予測したことをやってみるのは、難しいのです。しかし核分裂性燃料（現在、入手可能です）を装荷し、今年半ばまでに臨界に達するようにしたいと、我々は望んでいます。それに引きつづき、この夏には、電力生産運転が行なわれるようになるでしょう。

これらの結果のすべてに、自信をつけ我々は、1972年の初めに、次の段階の研究を始めることになりましたが、これを、我々は、Super-Phenix 炉と呼んでいます。Super-Phenix 炉は、1,200 MWe の出力をもつこととなります。しかし、Phenix 炉をまる1年間運転しないうちは、その建設にかからないことになっています。Super-Phenix 炉の目標は、商業原型炉となることであり、また、企業ベースに立ったこの炉システムの経済性を確立することです。我々は、すでに、Phenix 炉にかかった費用を資料にして、1,200 MWe プラントの経済評価を行なってきましたが、この評価の結果、このようなプラントの価格は、軽水炉プラントの相当価格を、たいして超えることはないということがわかりました。

注意すべき2点：これらの評価は、かなり行ないにくいものであり、実際の見積りで確かめなければならないこと。第一プラントの費用は、危険率を含めて考えると、少々高くなるであろうということ。

Super-Phenix 炉からは、2つの関連した共に重要な問題、つまり、技術面と産業面での問題が生じます。

技術的レベルにおいては、Phenix 炉のオプションは、1972年にはフル試験が必要でした。この試験は、概して、Phenix 炉と Super-Phenix 炉との間に非常に大きな連続的関係があるということで、終了しました。

主要なオプションを保持しました。プール型システム、これは炉の運転中でないときの、一般に同材料、同型燃料の燃料を取扱います。主要機器の多くは、Phenix 炉のこれらに非常に類似したものになるでしょう。

主な修正は、経済性の配慮、あるいは、技術的知識の進歩、のいずれかのために、行なわれました。とくに、3点について述べたいと思います。

- 。 燃料の燃焼は、非常に重要な経済的要因です。この燃焼について、自信を深めるために、燃料の性能を、少々低め、蒸気を少々低い温度（510℃のかわりに490℃）にしました。
- 。 蒸気発生器で、Phenix 炉の低い電力モジュール（17 MWt h）をかなり大きな単位に代えることとなります。その単位の実際の単位（125から750 MWt h）は現在進められている試験を考慮して、なお、決定しなくてはなりません。
- 。 最後に安全性や、環境の保護について、さらに非常に鋭い注意をすることにより、すでに Phenix 炉で行なっている、細心の注意をいっそう強めることになりました。この最も典型的な例は、原子炉の上に置かれ、起こる可能性のある事故の影響を阻止する、特別の「障壁」をつくっている、漏れ防止容器（ドーム）です。

[スライド9]は、1972年に完了した予備研究によってできた、Super-Phenix 1200MWe プラントの図解です。

産業的レベルにおいては、現在顧客をつくるという、非常に重要な方法をとっています。西ヨーロッパの、主要電力会社3社（EDF ENELおよびRWE）は、実際2つの商業用高速炉を、うち、1つはフランスの技術によるもので、もう1つはドイツの技術によるものですが、これらを購入し、共同で運転することに決定しました。まもなく最終契約に署名が行なわれ、電力会社3社の子会社ができることでしょう。

生産された電力は、この3つの電力会社で分けることとなります。

研究開発を行ない、このシステムを創案したCEAのほかに、この顧客に対して、最も重要な部分、つまり原子力蒸気供給システムを生産供給する者を選定する必要があります。これは、現在選定中です。すでに契約によって、この試みに特に重要な要素である、エンジニアリングチームを設けることができるようになっていました。このチームは、Phenix炉チームの継承として設けられたもので、Groupement Atomique Alsacienne Atlantiqueと、CEAのエンジニアリング子会社として最近設立したTechnicatome社から、人材を集めています。このチームは、現在、プロジェクト研究を進めていますが、将来は、協同して、そのプロジェクトの実現を行なうことになっていきます。イタリアのエンジニアリング関係の代表者が、このチームに参加することになるのかもしれませんが。

同時に、CEAが譲渡するライセンスに基づき、その入札に対して全責任を負い、続いて実際に入札を行なう資格を有する産業グループを、顧客が認めれば、設けるといふ目的で、交渉が行なわれています。これらの交渉は、続いて、イタリアの産業を包含するようになります。ちょうど2週間前に、フランスの主要なタービン、ボイラーのメーカー2社が、高速増殖炉のNSSSを、産業化し、商業化する意向を発表しました。ですから、来月中に、この2社は、最終研究と、産業入札の準備に参加することができるでしょう。

1975年に事業を開始し、1979年から1980年にこのプロジェクトを完了するため、顧客に入札を提出するのは、1974年ですから、まもなく、この2社の参加について決定が下されるでしょう。

先に述べた産業界の計画は、この段階で、終わると考えることはできません。

現在、我々が、努力を尽くし、金を費やした結果、高速炉の集りを作る立場に立たされたとしても、それでもなお、「高速炉」の生産が、需要に合う程度に工業化されないうちは、まだ、仕事をはかどらせなければならないこと、また、市場投入の問題は、広い多国家的なベースでの問題としてのみ、解決できるということを、確信しています。つまり、CEAは、もちろん、フランスの業界の特別の関心について、関連あるこれらの外国の会社とともに、技術を最高にすることができるかどうかを調べる用意があるということです。

増殖炉は、軽水炉の優位に対して、軽水炉と同じ標準の、確実性の、レベルに達し



てのみ、成功するでしょうが、我々は、（これを）1980年には軽水炉が達することになるレベルを考えなければなりません。我々が、世界的な広さの市場を考えた場合にのみ、努力が必要であることがわかるのです。国際市場に入るために国家の総力をあげてのみ、軽水炉に勝つことができるのです。このようにして、我々は、ヨーロッパに入るのです。そして、外国の貴重なパートナーと共に、入るのです。日本は、そのパートナーの1つなのです。

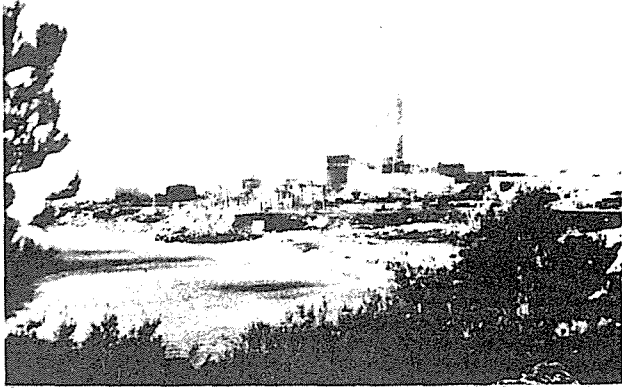
結論を述べる前に、中間の規模の高速炉型発電所について、少し述べたいと思います。Phenix 炉の運開を考慮して、1973年に、Phenix 炉からそのまま外挿した、400から500MWeの発電所のプロジェクトに着手する予定です。ですから、このプロジェクトは、本当に修正の必要なわずかの個所を除いて、Phenix 炉と同じ技術に基づいたものです。Phenix 炉には、その炉システムの開発という役割のために設けられている実験上の設計は、このプロジェクトからは除外されており、あるいは、少なくとも変形されています。このようにして、高速炉で最初の経験を習得しようとしている顧客に、特別な危険のない、Phenix 炉の価格よりも相当低い、固定価格に、正確な見積りのできる道具を提供できると、我々は思います。規模が非常に類似している、6ないしは7基の高速原型炉が、建設中、もしくは、建設されようとしている時に、私個人としては、増殖炉の開発を進めることに決定している各国が、新たな努力や、より多くかかる経費を節減し、Phenix 炉で習得した経験を利用することができるかどうか、関心をもって考えることができると思うのですが。

2000年におけるかなりの量のエネルギー需要に、我々はどのように対処したらよいでしょうか。もちろん、まず、軽水炉を用いますが、このために我々は、軽水炉の改良を進めているのです。また、確かに、量的に限られていることがわかっている天然資源を、よりよく使用する発電所も用います。この点から、高温炉や高速中性子システムは、特に魅力的な解決策です。

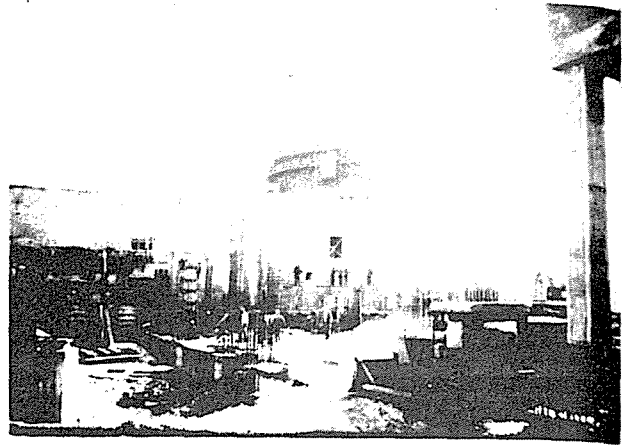
しかし、我々は、現在、新しいシステムを開発するには、いかに多くの金、能力、危険が必要であるかも、知っています。ですから、このような試みは、世界的市場レベルで行なったときに、正当なものであり、成功すると言えるのです。

日本とフランスの間で、特に高速炉の分野において、すでに長期にわたって続いてきた協力は、すでに、両当事者の満足いくところまで進歩してきたと、私は信じています。このように協力を続けていくことが、明日は、日本の、そして、フランスの、

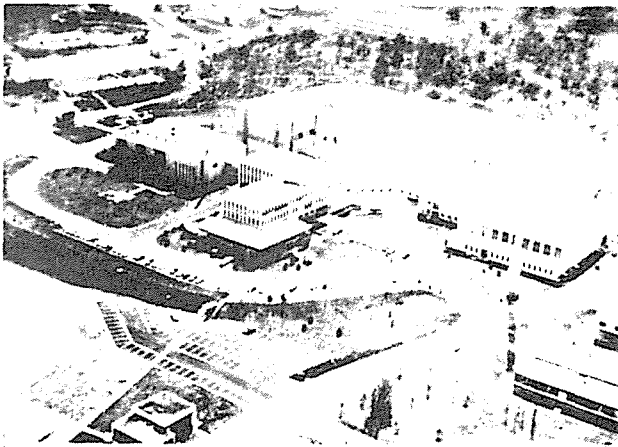
事業が成功するための、非常に重要な要素となりうるのであると、私は確信しています。



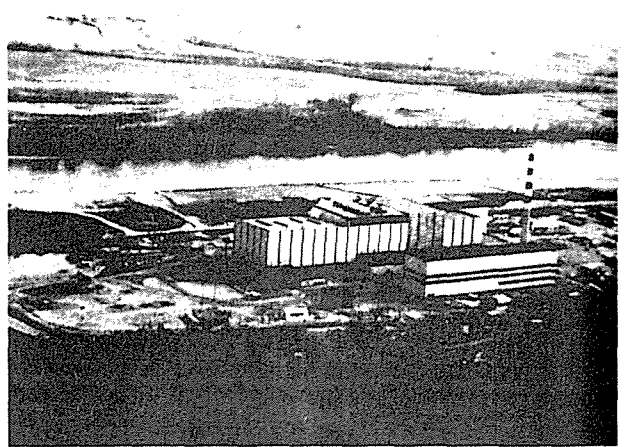
(スライド1) Vandellós 発電所の全景



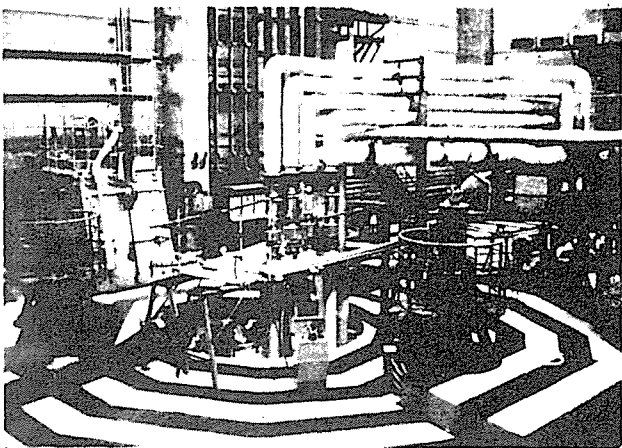
(スライド2) Fessenheim 発電所の建設工事



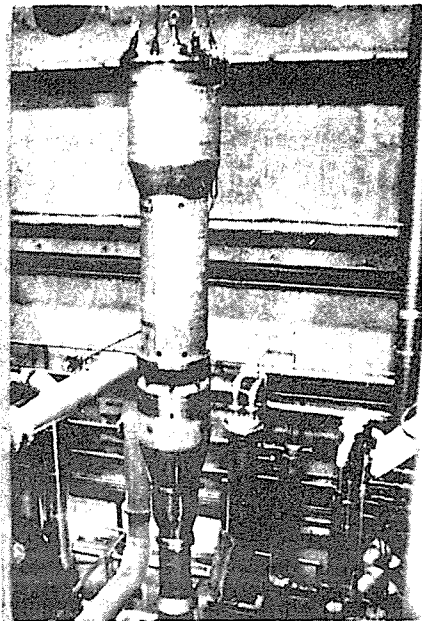
(スライド3) Rapsodie のある Cadarache  
センター



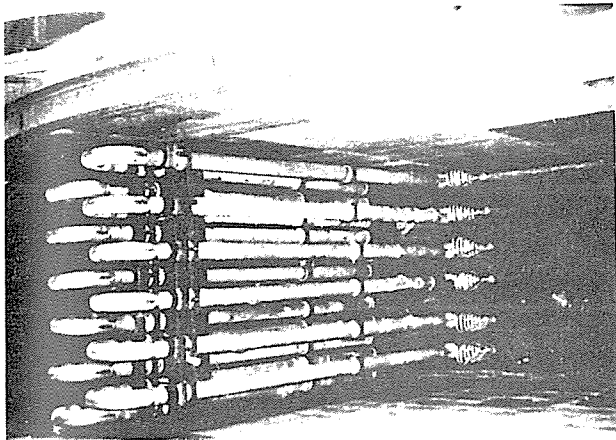
(スライド4) Rhone 川近くにある Phenix



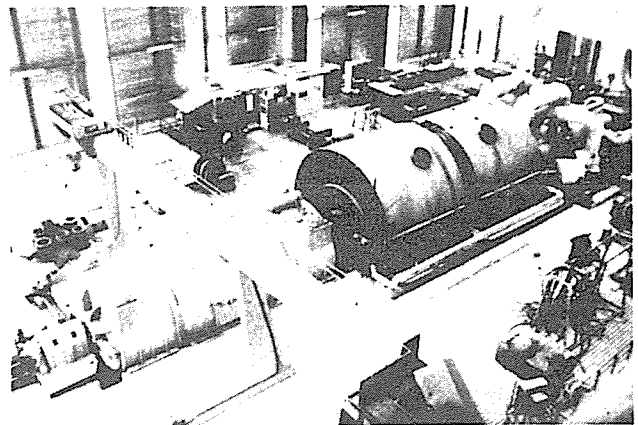
(スライド5) 一次ポンプのある原子炉の頂上部分



(スライド6) Saclay で試験されたポンプ

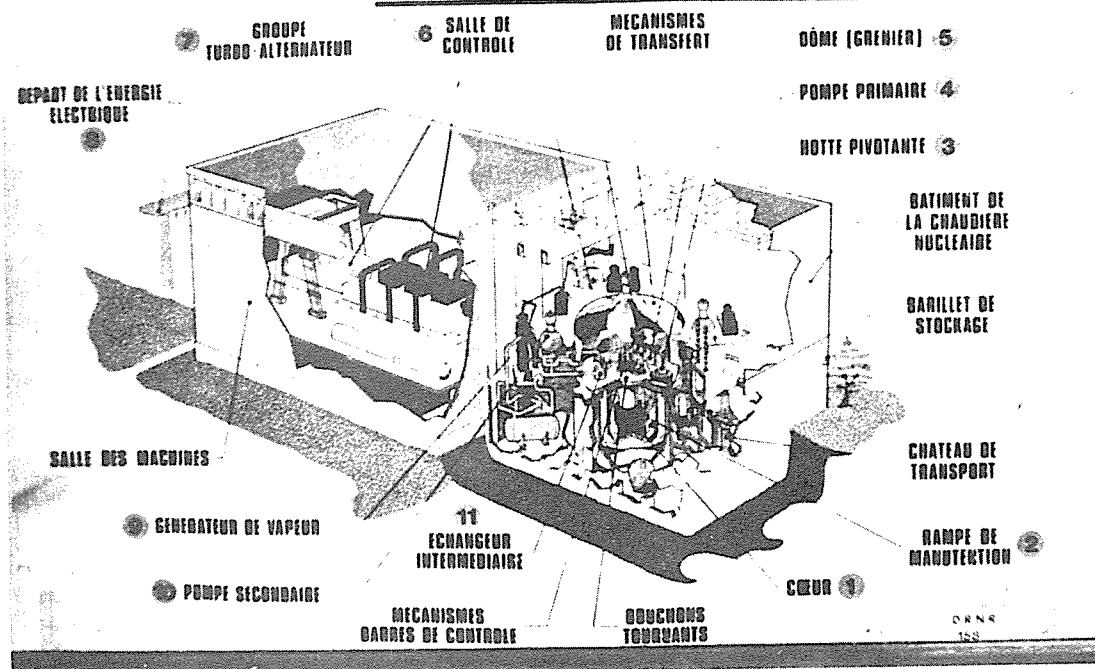


(スライド7) Renardieres センターで運転された蒸気発生器



(スライド8) タービン・ホールの全景

**POWER PLANT OF REACTOR 1200 MWe**  
**VUE GENERALE DU REACTEUR DE LA CENTRALE 1200 MWe**



(スライド9) Super-Phenix 1200 MWeプラントの図解

# 日本における研究開発の現状と課題

日本原子力研究所

副理事長 村田 浩

## 1. はじめに

わが国の原子力の研究開発もすでに17年余の歴史を経てきている。この間に研究開発のフロンティアはいよいよ拡がりかつ深まっており、これを僅かな与えられた時間の中ですべて記述することはほとんど不可能であろう。さいわい特に重要な研究開発課題――すなわち動力炉開発計画や原子力第1船の開発については、他の講演者から別に詳しい紹介が行なわれている。したがって私は、ここではむしろわが国の原子力研究開発の動向とその特性を包括的に示すとともに、今後における課題がどこにあるか等について私見を述べることにしたい。

## 2. 原子力開発への投資について

[ スライドー1 ]はわが国が1956年に原子力の研究開発に着手して以来の政府・民間における開発投資の推移を示す。図に見られる通り、その投資額は政府・民間ともに1967年以降急激に増加している。とくに最近における民間の投資額は政府投資を大幅に上廻っている。ここで政府支出の増加は、原子力第1船および動力炉開発の2大プロジェクトが開始されたことが主な理由であり、また民間支出においては、東電福島発電所、関電美浜発電所など民間電力会社の原子力発電所の建設が急速に進んだためである。しかし民間支出のうち、純粋に研究開発にあてられた額を見ると図の如くであって、研究開発投資のみについて言えば、現在でも、政府支出が大半を占め、その比率はおよそ7対3程度となろう。

次にこれまでの原子力開発の動向を概念的に図示してみたのが[ スライドー2 ]である。私の見るところでは、1950年以来今日までの原子力開発の活動度 (activity rate) は約10年毎からなる3つのphaseに分けることができる。第1のphaseはいわばEnergy-Sensitiveともいふべきものでactivityは急速に高まった。それがphaseⅡに入るといわゆるslow-downの現象が現われたが、これは原子力の経済性が大きな問題となったためで、したがってEconomy-sensitive phaseといえよう。現在はphaseⅢに入っており、原子力開発はいろいろの意味でEnvironment-Sensitiveないし

Ecology-sensitive な段階を迎え、従来の経済性の追究にかわって、原子炉安全性と環境保全の確保が研究開発の重要な課題となってきた。そして、1980年頃以降に  
来るであろう phase IV は、おそらく Resources-sensitive とでもいうべき時代で、地  
球上に存在する有限の天然資源を人間活動を損わずにいかにして有効に利用するかが追究  
されることとなろう。

### 3. 研究開発構造について

[スライド-3] はこれまでの約17年間に築き上げられ (establish) てきたわが  
国の研究開発構造 (structure) を、他の主要国のそれとの対比で示したものである。  
ここではスペースの関係で米国および英国の場合を掲げた。もとよりこの図面は私の個人  
的解釈にもとづいて作ったので、精密さについていえば問題があるかもしれないが、にも  
かかわらず、わが国の政府・民間からなる研究開発構造の特質を理解する上に有用と思う。  
(注、ここでスライド自体の説明が入る)

これでわかる通り、わが国で原子力の研究開発が進められている構造上の最大の特徴は、  
“開発” (Development) 段階で特殊法人 (Public Corporation) という組織を活  
用していることで、しかもこれらの組織には程度の大小はあるが民間の資金が投入されて  
いる。このために基礎的研究から開発研究へ進み、これが工業化され実用化される過程で、  
政府の研究開発と民間の研究開発が、適度にミックスされ、相互に助長される機会が大き  
い。米国あたりでは、このような民間の研究開発能力の助成を、たとえば委託の形で行な  
っているようであるが、こうしたやり方と、わが国のように、政府・民間共同で特殊法人  
を組織して推進するやり方と、いずれが原子力開発利用の促進に効果があるか、はなお今  
後の問題であろうが、いずれにしても、わが国の研究開発構造の米英との違いは、わが国  
が最初から平和利用にのみ研究開発 activity を限定して進めてきたことによる面が大  
きいように思われる。

### 4. 原子炉安全性の研究開発について

さて Slide - 2 で示したように現在の原子力開発は、いわば Environment-sensitive  
な stage であり、このため原子炉安全性の研究と環境保全の確保のための研究開発が重要  
な課題となっているのは当然である。そこでわが国の原子炉安全性の研究について述べる  
とスライド-4に見られるごとく国のプロジェクトとなっている高速増殖炉 (LMFBR)  
および新型転換炉 Advanced-Thermal Reactor (ATR) については、動力炉開発プロ  
ジェクトの中核的機関である動力炉・核燃料開発事業団 (PNC) が主体となって、原子炉

システムの開発を実施しており、また現在の原子力発電計画を構成する軽水炉（LWR）については、民間企業が、米国から技術導入を行なうとともに、その安全性を確認するための各種の実験は日本原子力研究所が（JAERI）反応度事改試験（excess-reactivity tests）と一次冷却水喪失事故試験（loss of primary coolant test）を中心に、さらに緊急炉心冷却装置（ECCS）試験等の大型実験を担当し、燃料安全性等については政府（原子力局・AEB）が民間企業に委託するなどの方法で実施している。また原子炉の安全審査上必要な解析コードの開発については、これらの実験データを基に主としてJAERIが行なっている。これら軽水炉に対する原子炉安全性に関する政府の研究開発支出は、1973年以降急速に増大しているが、スライド3に見られるわが国の研究開発構造からするならば、民間企業においても原子炉安全性の研究開発には今後一層力を入れるべきものと思われる。なお、このような安全性の研究開発は規模も大型化し、データをできるだけ多く集積する必要がある。この意味でこのR&Dプログラムは国際協力の主要な分野であると考えられる。

#### 5. 環境保全の確保について：

次に環境保全のための研究開発の強化であるが、軽水炉における気体放射能の放出については、わが国でも高性能のチャーコール・ベッドを設けることで、周辺監視区域における放射能レベルを年間5ミリレム以下に抑える方向に進んでいる。他方、温排水の影響についても一部において実際的な試験が行なわれているが、この面の研究調査をより効果あらしめるには、原子力関係機関だけでなく、水産庁、環境庁などの関係機関が最初から参加して行なうことが必要であろう。次に廃棄物の処理処分の研究開発はこれから大いに力を入れられねばならぬ部門である。すでにJAERIはじめ関係機関で、固体廃棄物の海洋投棄に関連する研究開発が実施されているが、問題の影響するところがきわめて大きいので、高レベル廃棄物の最終処分もふくめ、研究開発体制を一元化し、協力が計画的に実験を進める必要がある。わが国の研究、開発構造（スライド3）からするならば、PNC、あるいはNPSDA（原子力船開発事業団）に対応する開発および実施担当機関（agency）が必要とされるように思われる。

#### 6. 原子力の多目的利用について：

国内で生産される核エネルギーを、たんに電力に転換するだけでなく、そのエネルギーをカスケード（cascade）式に利用することにより環境へ排出されるエネルギーをできるだけ減少させることはわが国のような狭大な土地空間においては、環境保全のためにも、

他の国々よりその必要度が高い。軽水炉に対しては海水脱塩 (desalination) , 地域暖房 (space heat) のほか温排水養魚が考えられ、最後にあげたものについてはすでに東海地区において相当規模の実験養殖が実施されている。海水脱塩についても、通産省の大型プロジェクトと、原研 (JAERI) の動力試験炉 (JPDR) を結びつけ、日産 1,000~3,000 トン程度のデモンストレーションを行なうことが考えられるだろう。さらに核エネルギーの有効利用をはかるには、これをプロセス・ヒートに直接利用することである。このため、原研 (JAERI) では、運転温度 1,000℃ 程度の超高温ガス冷却炉 (Super-high Temperature Gas-cooled Reactor) の実験研究を計画している。これと並行して、このような高温ガス炉で生産される核熱 (nuclear-heat) を利用する原子力製鉄システムの技術開発計画が、通産省 (MITI) の指導の下にスタートしている。スライド 5 は超高温ガス冷却炉を中核とする原子力の多目的利用パターンを示したものである。このような多目的利用方式が実現すれば、原子力施設のサイト問題に対しても、地元との共存共栄の見地からきわめて有効な手段となるであろう。

#### 7. 放射線の利用開発について：

わが国では放射線の工業利用については、国の資金ではとくに放射線化学 (radiation chemistry) に力が入れている。そのやり方は、まず国が大型のコバルト 60 線施設あるいは各種の加速器 (バンデ・グラフ装置等) を設置し、これを用いて民間企業と国—この場合 JAERI—とが共同して、いくらかのプロジェクト開発に取り組むのである。これまでに、エチレンの気相重合 (polymalization) , トリオキサンの固相重合、ポリ塩化ビニールの放射線改質などの開発が実施され、一応の成果を得てきたが、今後は環境汚染の改善の見地からする研究開発をもとり上げられることとなるだろう。

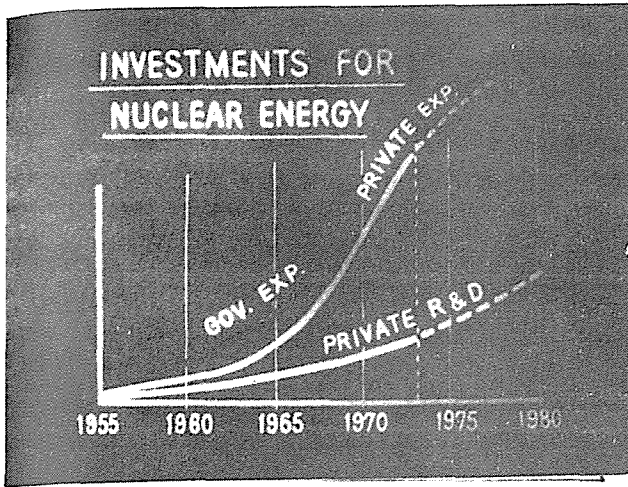
放射線源としても、従来のコバルト 60 などに代って、FP, RI の分離利用と組み合わせセシウム 137, クリプトン 85 などを線源として利用することも考えなければならない。これもまた広い意味で原子力の多目的利用の一環につながるものである。核医学の発達とともに、特殊な RI, 短寿命 RI の生産要求が高まっている。Co-60 など長寿命の RI を国内で経済的に生産することは現在の体系ではなかなか難かしいが、これら医学利用の RI は今後さらに国内での生産供給能力を高める必要があるだろう。なおわが国では中性子照射による脳腫瘍の治療が国際的に比較しても高い成功率で開発されていることを挙げておきたい。現在放射線医学総合研究所 (National Institute of Radiological Sciences) には主として目的のためのサイクロトロンが建設中である。



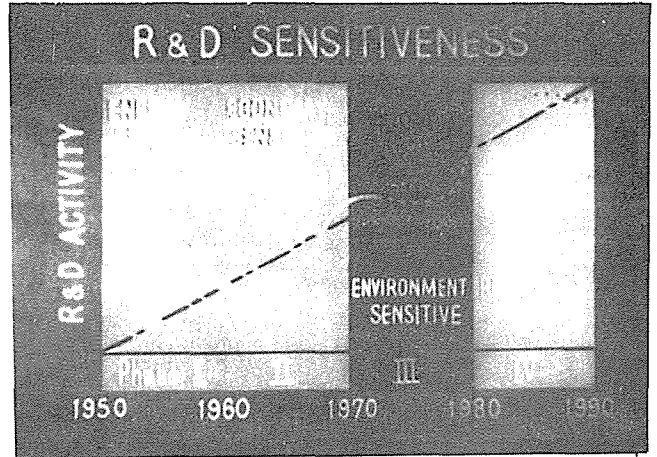
## 8. 原子力研究開発の総合化の必要性

これまでの研究開発の進展を見てくると、いくつかの大きな研究開発課題が、それぞれ独立的に (independently) かつまた一部燃料サイクル (fuel cycle) 関係を除きバラバラ (separatively) に行なわれてきたきらいがある。これまでの段階は、個々の利用分野における経済性が問題であったからやむを得ないことであつたろうが、今後の研究開発を進めるにあたっては個々の問題をつねに原子力開発利用の全体構図の中でもっとも適切に位置づけられるようにして行かねばならない。

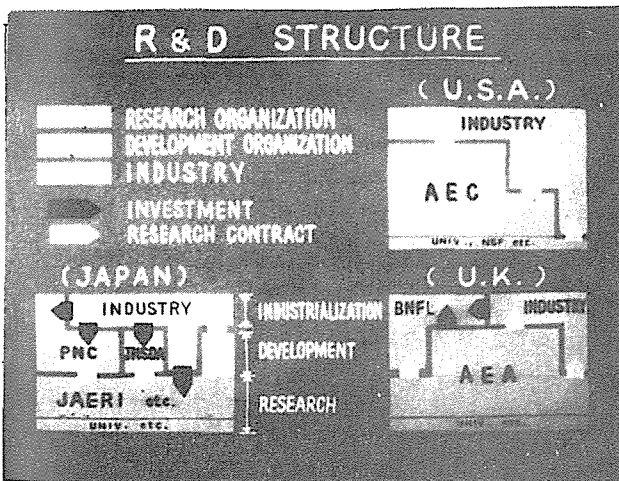
動力炉開発についていえば、[スライドー6]に示すように、西紀2,000年代初期におけるエネルギー供給源の主体を核融合炉 (Fusion Reactor) によるものと考え、この目標をめざして動力炉開発諸分野の研究開発成果を集約して行く努力とプログラムが必要であると思う。わが国は現在安全性をふくむ軽水炉 (LWR) の実用化を進めつつ、新型転換炉 (ATR)、高速増殖炉 (LMFBR) のような将来炉の研究開発を強力に推進しつつあり、他方で多目的高温ガス炉 (Multi-purpose Super High-Temperature Gas-cooled Reactor) の研究開発をも行ない、これらと並行して、核融合装置 (スライドー7参照) の研究を実施している。これらの各種動力炉の開発によって得られる技術的データと経験がもっとも有効に将来の核融合炉の実用化開発に役立てられるよういまから全体の体系を総合化して行くことが大切である。また今後の国際協力もこのような考え方の下で効果的に進められることが望ましい。最後に、原子力開発利用システム全体を可能なかぎりクローズド化する方向でのR & Dの必要性が、わが国のような環境条件ではとくに必要なことを指摘しておきたい。すでに多目的利用の問題においても若干ふれたことであるが、これはたんに生産核エネルギーの有効利用という見地からだけの問題ではなく、同時に発生する放射線あるいは放射性物質 (radioactive-material) をも、原子力利用システム (nuclear-utilization system) の中に組み入れるような、そういうクローズド化の努力が必要であるように思う。これは決して容易な問題ではなく、おそらく一国の努力だけでは不十分であろう。なぜなら経済社会体系とも関連する複雑な解析 (technological assessments) が必要であり、安全性、環境の問題、廃棄物処分などについて龐大なデータの集積が必要だからである。そして繰返し述べるように、ここにこれからの国際協力の重要な「場」があると私は信ずるものである。



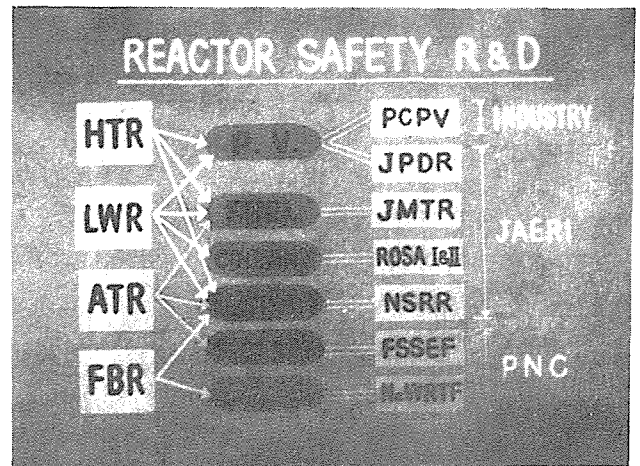
スライド 1



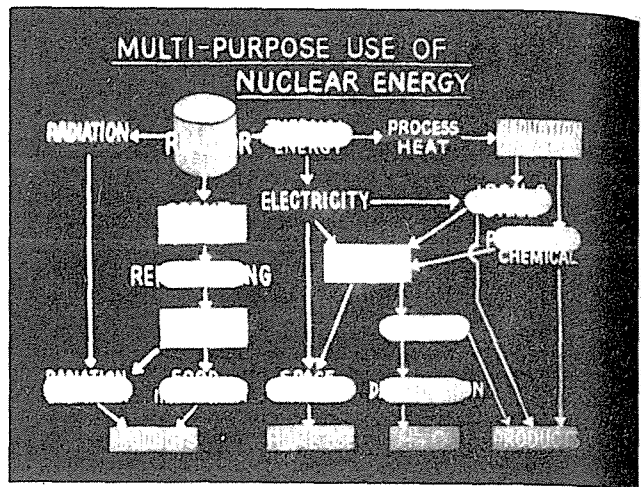
スライド 2



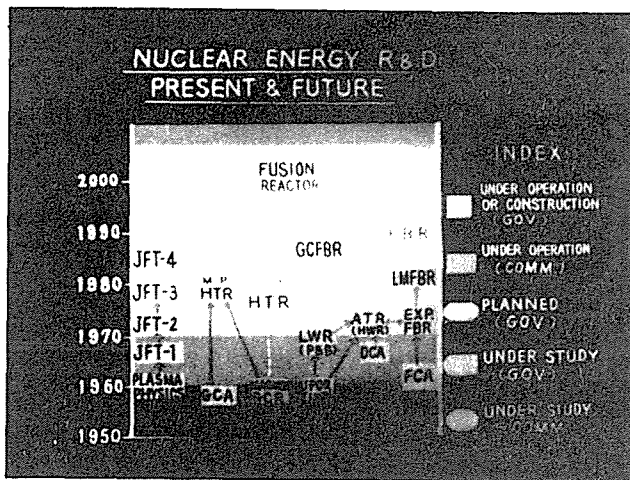
スライド 3



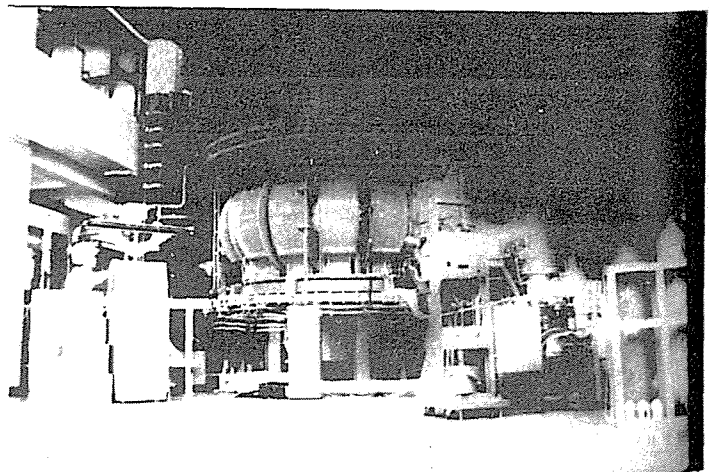
スライド 4



スライド 5



スライド 6



スライド 7

## ドイツの第4次原子力開発計画と原子力産業への影響

ドイツ研究技術省原子力科学技術諮門  
委員会委員長・インターアトム社常務取締役  
R ・ ハ ル デ

### 1. 序 論

#### 1.1. ドイツ原子力計画の目標

ドイツでは、原子力技術および巨大科学の分野における開発事業は、1955年以後に開始された。それ以来、この分野の研究開発はすべて平和利用のみに厳しく限定されている。その目的は次のとおりである。

- 汚染のない、廉価で、長期間にわたる電力の供給を保証すること。
- 原子力の潜在的危険から国民を保護すること。
- 科学的知識の向上をはかること。

国家資金により原子力研究をますます強力に支えた他の要因は次のとおりである。

- 国家経済の競争を維持または増大すること。
- 医学、農学等、他の分野の知識への原子力基礎研究の成果の応用。
- 国際協力を促進し、原子力の誤用を避けること。

#### 1.2. 第1次、第2次、第3次原子力計画

ドイツは原子力分野では遅れてスタートしたので、諸外国が開発初期の段階に行なった発展に追いつかなければならなかった。

スライド1は原子力における政府の支出が過去17年間、どのように増加したかを示している。

当初においては、基礎研究に主な重点が置かれたが、まもなくして原子力技術の開発が始まった。第1次原子力計画において初めての実験炉、高温ガス炉(AVR)および重水減速冷却炉(MZFR)の建設が始められた。

第2次計画では、さらに3基の実験炉の建設が行なわれた。そのうち1基は、軽水減速蒸気冷却炉（HDR）で、あと1基はナトリウム冷却水酸化ジルコニウム減速方式（KNK）を用い、残りの1基は、冷却材に $\text{CO}_2$ を、また減速材として重水を用いるよう設計された（KKN）。

1960年代半ばに、米国で開発された軽水炉システムが商業炉として完成したことが明らかになった結果、初期段階の経済的な炉型がはっきり確認された。それ以来、これらのシステムについての研究を行なうこととともに、ドイツにおける開発は、それまで研究してきた種々の路線のなかから比較的近い将来もしくは遠い将来には軽水炉より改良が進むという何らかの確かな見込みのある炉型に重点が置かれた。従って高温ガス炉およびナトリウム冷却高速増殖炉の開発が行なわれた。その結果、以前に建設された試験用発電炉ではガス冷却AVRとナトリウム冷却KNKの二つが将来の計画に実際に重要になった。

第3次計画では両炉の開発のために、各々300MWeの原型炉の設計が行なわれた。ガス冷却原型炉THTRの建設工事はうまく進捗しており、またナトリウム冷却原型炉の建設がまもなく開始される。

ドイツの最初の軽水炉プラントは、国内の産業が参画して第1次原子力計画中に米国の会社により建設された。

第2次計画ではドイツの産業は米国の会社とのライセンス契約をもとに米国の会社と一部協力して150～300MWeクラスの原型炉を建設した。第3次計画からは軽水炉は両炉型ともドイツの国内で商業的に入札されて建設された。国家資金の援助は安全性研究もしくは燃料要素開発などのような特定の分野に限られている。

この他に政府の助成は医学、生物学、工学、農学、化学の分野におけるアイソトープの利用に対しても行なわれた。これらについては原子力の基礎研究とともにこの論文では説明を省略する。

### 1.3. 第4次原子力計画の概要

第4次原子力計画は政府の各種の諮問委員会で検討した結果立案されたもので、最近この公聴会が開かれた。今年の早春には政府が正式にこの計画を政策基本とする旨を正式に表明することになる。この計画に必要な資金の91%は連邦政府が調達することになり、残りの9%は州から出ることになっている。

これらの資金の配分は下記のようになる。

スライド2は、この計画に参加している各グループと予算の配分を示している。全予算のおおよそ1/3が産業界に与えられることになっており、残りは研究所もしくは国際機関に配分される。産業界は国の助成をうける前提として、独自の財政出資をますます多く行なうことが期待されている。

総予算のうち国際機関に出すものがかかなり多くを占めるのは、政府が原子力分野で諸外国と協力することを強く希望していることを示している。このような傾向は、産業界でも同様で、産業界は外国の会社と多くの契約を結んでいる。

スライド3はおおよそ65億ドイツマルク(DM)の予算総額を事業別に分類したものである。約50%を原子力技術の振興のために用い、残りの50%を主として基礎的な原子力科学にふりあてていることがわかる。

この論文では原子力技術の主要なもの、すなわち、炉システムおよび燃料サイクルの開発について概要を述べる。また、炉の安全性についても検討する。

## 2. 原子炉開発

スライド4は原子炉開発のための政府の支出を示しているが、その重点は高温ガス炉とナトリウム冷却高速増殖炉の二つのシステムとに置かれていると先ほど申し上げたが、このことがこれでわかる。これらの他に第4次原子力計画でかなりの資金が投入されることになっている炉システムは、船用炉用の軽水炉開発である。また同じく、発電用の大型軽水炉の安全性の研究に対しても多額の資金が使われることになっている。

スライド4にある炉システムの開発について、ここでもう少し細に述べる。

### 2.1. 軽水炉

多くの諸外国と同様にドイツにおいても軽水炉は商業的に完成している。今日、7つの発電所が運転中でありその合計出力は2,000MWeになり、また、総出力6,900MWeにのぼる発電炉7基が建設中であり、さらに総出力9,000MWeの9基のプラントが、発注済である。これ以外に、海外から3基の軽水炉を受注しており、一部建設が行なわれる。

スライド5はドイツにおける軽水炉の導入の種々の状況を示している。

スライド6は初めてドイツの産業界が完全に責任を負って建設したオブリクハイム発電所(330MWe)の写真である。

スライド7および8は、最初の2つの商業用軽水炉発電所、シュターデ加圧水型炉(630MWe)と、ビュルガッセン沸騰水型炉(640MWe)の写真である。スライド9は建設中の出力1,200MWeを2基よりなるビブリス発電所である。

第4次原子力計画における陸上用の軽水炉の開発は次の3項目に分けることができる。

- (1) プラントの有効性と経済性の向上。
- (2) プラントの信頼性と安全性の向上。
- (3) 放射線防護。

(1)については、燃料の開発、蒸気発生器等のコンポーネントの性能改良、発電所ユニットの規模の拡大などが含まれる。これらのために産業界は、必要資金の少なくとも50%を出資することになる。1976年以後の開発資金は産業界がすべて負担することになる。

軽水炉の安全性計画には次のような項目が含まれる。冷却材の喪失事故、緊急冷却システム、地震、化学爆発、航空機の墜落のような外界の事象に対する防御、一次サーキットの完全化、炉保護システムの総合試験、炉心溶解メカニズム。さらに、コンポーネントの信頼性と品質管理に関連した研究が行なわれることになっている。

放射線防御に関する研究としては、燃料棒内での拡分裂生成物の保存の改良、一次サーキットのリーク・タイトネスの改善、および修理方法の開発等が含まれる。

## 2.2. 高温ガス炉

高温ガス炉は近年ますます関心もたれている。それは、高温ガス炉が、軽水炉よりも経済的に優れているためというよりも、むしろ、高温ガス炉はもともと安全なものであり、熱汚染も少なく、また、サイクル・ヘリウムタービンの運転、もしくは高温熱利用のための高温を供給できるという特質があるためである。さらに、HTRは軽水炉よりもウランを有効に利用でき、また世界の各地で入手できるトリウムを使用できる。

ドイツのHTRの開発はBBC/クルップ(Krupp)(BBK)が建設し、1967年以来運転に成功している出力15MWeのAVR(スライド10)の優れた研究をもとにしている。この炉で使われている球状燃料要素の最高燃焼率は130,000MWd/tを超えた。同時に、一次サーキットの核分裂生成物質の汚染の程度は非常に低いものとみられる。

スライド11はペブル・ベッド炉の模型である。

スライド12は球状燃料要素の断面図である。

第4次原子力計画におけるHTRの予算の大部分は、AVRと同じ球状燃料要素を用いたTHTR原型炉(300MWe)の開発と建設に当てられる。建設費の総額は、5億7,500万DMの国家資金を含む8億8,000万DMになるみこみである。第4次原子力計画のでは、2億3,100万DMをこのプロジェクトに充当している。

スライド13はBBC/HRBとNUKEMとのコンソーシアムが、ルール谷付近のシュメーハウゼンに建設中のTHTR発電所である。このプラントの完成は1977年の予定。

ドイツにおける蒸気発生HTRの次の開発は出力1,200MWe級の実証炉の建設になろう。米国では高温炉が商業的に完成したので、BBC/HRBはドイツの電力会社向けの炉にはGGAの燃料概念を基にした原子炉を選ぶ決定をした。このようにして、HTRを商業的に導入することがドイツで促進されよう。しかし、これは球状燃料要素を用いる方式は今後やらないということではない。

第4次原子力計画では、先に述べた大規模実証プラントの設計および安全性解析については、政府がわずかの助成を行なうことになっている。

直接サイクルの運転にヘリウムタービンを用いるHTRシステムの開発には第4次原子力計画から、総額2億5,100万DMが支出される。現在、このプロジェクトには、原型プラント用の関連設計とともにフィージビリティおよび経済性に関する研究が含まれている。さらに、タービン、非常な高温によるパイピングや一次サーキットのその他コンポーネントに関連する問題を解決するために大規模な実験施設を建設中である。また、化石燃料で運転する閉回路ヘリウムタービンプラント(50MWe)の建設と運転に対しても資金援助が与えられる。1974年に得られる結果によって、HTRが価値を認められれば産業界は入札まで行なう詳細な設計を準備し、これにより1977年までには原型炉の建設を始めることが最終的に決定されよう。

プロセス熱用高温炉の開発については、今まで広範囲な計画はなかった。この型の原子炉に必要とされる最高ガス温度は、ヘリウムタービンの運転で目標となる最高ガス温度と同様最低850℃であるが、どちらのプロセスが経済的に有利で、同時に大規模な計画をたててひきあうようにすることが技術的に可能かどうか、まだはっきりしていない。しかし、今年中には重大な決定が行なわれることになろう。これまで、原子力熱利用に考えられているプロセスは流体もしくは固体化石燃料の蒸気改良あるいは水素クラッキングであり、また長期



の目的としては、水から水素を生成することである。

### 2.3. 高速増殖炉

開発の中心はナトリウム冷却型で、ガス、蒸気冷却増殖炉の研究に対しては、ごくわずかの資金援助だけである。ナトリウム冷却高速増殖炉は現在世界的に開発が行なわれているが、それはほぼ同じ理由による。つまり、ウラン資源をより有効に利用できること、ウランの価格と発電コストとを分離できること、燃料輸入の依存度をかなり減らせること、他の炉で生産されたプルトニウムを最も経済的な方法で利用できることなどによる。

ドイツの高速増殖炉の開発は、第1次原子力計画において1960年、カールスルーエ研究センター(GfK)で始められた。ナトリウム技術およびコンポーネントの耐力試験の開発は大部分産業界で行なった。この意味で大きく寄与したのは、インタラトム(Interatom)がカールスルーエで行なった。ナトリウム冷却実験用発電所(KNK, 20MWe)の開発、建設、運開であった。スライド14は、現在、熱中性子、水酸化ジルコニウム減速炉心で運転中の施設である。第4次原子力計画では、この原子炉は、第一次炉心以後は1974年に、高速炉心を装荷する予定。高速炉心を装荷すると、この原子炉は高速炉燃料要素用の優れた照射施設となる。

増殖炉開発計画の中でも、SNR原型炉300MWeの開発と建設は比類ないほど大きな仕事になる。この原型炉は、インタラトム(70%)、ベルギーの会社ベルゴ・ニュークレール(Belgonucléaire)(15%)、オランダの会社ネラトム(Nertoom)(15%)の共同出資で設立されたインターナショナル・ナトリウムブルートレクター・バウゲゼルシャフト(Internationale Natrium-Brutreaktor-Baugesellschaft mbH)(INB)がターンキー契約により建設することに決定した。このプラントはまた、先に述べた3国の電力会社が構成する国際会社(SBK)が発注したもので、この会社が運転を行なうことになる。ライン川の下流の河岸のカルカールに建設される予定。1973年に着工し、1979年に完成を予定である。

この炉はスライド15からわかるように、ループ型システムとして設計されている。このプラントは、第1次炉心の製造を含めておおよそ10億DMを要する見込みであるが、この金額には建設中の物価上昇や、異常事故時の経費は含まれていない。これらの経費と、顧客側の支出、研究開発費を加算すれば、約14億DMの国家資金を含むおおよそ17億DM最大経費となりそうである。ドイツがこれに出資するのは全部で70%で、残額はベルギー

とオランダから出資される。第4次原子力計画では、このプロジェクトに総額5億8,500万DMの予算を計上している。

先に述べた17億DMの一部は大規模の研究開発にあてられる。このなかには、5,000 m<sup>3</sup>/hr のポンプ、出力50 MWe の蒸気発生器モジュール、回転容器トップシールド配置、および関連する燃料取扱施設などのような、実規模の大型コンポーネントを用いて典型的な運転条件のもとで試験すること、また、蒸気発生器モジュールおよびかなり広範囲の性能測定についてナトリウム-水反応を試験すること、さらに、極限条件のもとで燃料要素と制御棒の試験を行なうことなどが含まれる。今述べた試験はすべて、実施中、もしくは完了したものである。

スライド16はポンプ試験と回転トップシールド配置用の施設である。

第4次原子力計画の次の段階では、おそらく2,000 MWe の出力をもつ大規模増殖実証プラントを建設することである。現在、このプロジェクトを実現するために、諸外国の協力者をさらに加えようと企画されている。すでに、ヨーロッパの電力会社数社が集まって、1970年代の後半と1980年代初期にいくつかの大規模実証用増殖炉（1,000 MWe 以上）を建設する準備を進めている。

#### 2.4. 原子力船推進用炉

原子力船の開発はドイツでは国立の研究所GKSSが始め、少し遅れてインタラトムが始めた。1963年には、インタラトムとドイツバブコック（Babcock）とで構成している産業コンソーシアムが、オットハーン向けの船用炉の建造を受注した。スライド17のオット・ハーン号は1968年の完成以来これまでに75回の研究、輸送航海を行ない、25万海里以上航海した。このプロジェクトで初めて実現した自己加圧式一体型軽水炉は、全航海にわたってスライド18に見られるようなひどい海上条件の際でも優れた性能を示した。海上での運航状況は99.7%である。この炉システムは、改良した第二次炉心を装荷するため停止した時には、運開以後の全航海時間の66%を運転した。第一次炉心の累積燃焼率は設計値の114%に達した。

オットハーン号の炉に基づき一体型船用炉の新しい方式がGKSSとインタラトムにより1960年代後半に考案された。この設計から始めて、1971年から1972年にかけて、数社の民間会社を含む日本とドイツの合同グループは、80,000 Shipのコンテナ船の

技術的，経済的問題について広範囲の研究を行なった。その結果，在来船用の燃料油の今後の価格に関してある一定の仮定をした場合，相当大型の原子力コンテナ船は，同じ規模で同じ速力の在来のコンテナ船と競合できるとの結論が出た。

第4次原子力計画ではこの分野で次の3つの主な活動を行なうことになっている。

- オットハーン号の第二次炉心による運転継続。
- 80,000 Shpの実証船の詳細な設計と建設。
- 原子力商船の可能性を確認するために，原子力推進システムを含めて，240,000 Shpのコンテナ船の研究を行なう。

1974年には，造船会社とインタラトムとにより，実証用船舶の建造計画が策定されることになっている。また，この船用炉の安全性については少なくとも国の関係当局の承認を得なければならない。実証用船舶の建造を決定するのは1975年になるであろうと思われる。このようなプロジェクトに対する国の資金援助は，これまでの陸上の軽水炉実証プラントに適用されていた計画に対するものと同様のものである。

ドイツでこのプロジェクトに参画している当事者一同は1971年に始まった日本との協力を将来も続けることができれば非常によいと考えている。

### 3. 燃料サイクルの開発

スライド19は燃料サイクルの開発に対する政府予算を項目別に示している。ウラン濃縮，燃料再処理，次いで重要な課題である廃棄物貯蔵に重点がおかれていることがわかる。その他に，ウランの供給，プルトニウム・リサイクリング，およびNPT保障措置などがある。（新型炉システム－HTR，FBR－用の燃料要素および燃料製造の開発については「原子炉開発」に入っているので，ここには入っていない。）

#### 3.1. ウラン供給

この分野の目的はウランを妥当な，安定した価格で長期間入手することである。現在ドイツの産業界は，カナダ，ナイジェリア，およびオーストラリアを中心に鉱床の調査を行なっている。最終的には，少なくとも国内所要量の60%をドイツの会社が所有するか，もしくは出資している鉱床から供給できるように計画されている。

### 3.2. ウラン濃縮

現在可能な濃縮能力は、1980年代初期には濃縮の需要を満たすことができなくなるということは周知の通りである。また、濃縮ウラン供給者は2つ以上なくてはいけないということは一般に異論のないことである。このため1960年代には、多くの国が各種の濃縮プロセスの開発にますます努力を傾けてきた。

ドイツにおいては、これまで超遠心分離プロセスによるウラン濃縮に最大の関心があった。ナショナル・プロジェクトとして、ついに1971年にユーリッヒにパイロット・プラントが完成した。年間25トンの分離作業能力をもつより大規模なプラントを現在建設中で、一部は、オランダのアルメロで行なわれている。産業界としてはドルニエール(Dornier)社、エルノー(Erno)社、インタラトム社が初期のプラントの建設に参加していた。アルメロプラント(スライド20)はインタラトムとMANのコンソーシャムが設計、建設に参加している。この施設の所有者と運転者はUranitになろう。

スライド21は初期の遠心分離機群である。

スライド22はその遠心分離機群のバイピングシステムの様子である。

1971年の政府間協定に基づき、英国、オランダ、ドイツの会社が遠心分離法に関するすべての事業を共同で行なうために2つの国際組織を設立した。Centec GmbHは、ドイツのベンスブルグにあり、濃縮プラントの開発と建設に責任をもち、Urencoは英国のMarlowにあり、その濃縮プラントを所有し、運転することになっている。Urencoは今年末までに年間300トンの実証用プラントの建設を決定することになる。(詳細についてはこの会議に提出された別の論文を参照のこと。)

第4次原子力計画では、5億3,300万DMが、ドイツからこれらの国際会社に拠出するが、この金額の大部分はこれらの会社に参加している国内株主に対する下請けおよび実証用プラントの建設に使われることになる。

ドイツではまた、いわゆる分離ノズル法の研究が行なわれている。ここでは、カールスルーエ研究所(GfK)と民間会社スティアク(Steag)が重要な役割を果たしている。各種の主要コンポーネントの試験が行なわれ、パイロット・プラントのための設計研究が準備されている。しかし、ノズル法は、現在では遠心分離法が期待に添わないような不慮の場合のための予備的な解決策として考えられているにすぎない。

### 3.3. 燃料再処理および廃棄物貯蔵

ドイツにおいては、軽水炉燃料を再処理するために、パイロット・プラント（年間処理能力40トン）の設計と建設が行なわれ、この施設は1971年以来運転されている。

再処理能力が過剰にならないように、フランス、英国、ドイツの会社は1971年に共同でユナイテッド・リプロセッサーズ（United Reprocessors）という会社を設立した。今のところ、ドイツの次の再処理工場（1,500トンの年間処理能力）は、1982年までには建設されないと予想される。

第4次原子力計画では次のプロジェクトが含まれている。抽出プロセスの開発、化学プロセスの改良および自動化、HTR燃料の再処理、高放射性廃棄物処理のための施設の建設。

この計画は民間企業が参加してユーリッヒ研究所（KfA）とカールスルーエ研究所（GfK）により行なわれることになろう。

### 4. エネルギー生産における原子力の役割

初めに申し上げたとおり、原子力計画の主な目的は無汚染で、低廉で、長期にわたる電力の供給を保証することである。原子力がますます重要になるのは、スライド23で明らかであるが、ここではドイツにおける一次エネルギーの消費について比較的中庸の予測が示されている。電力の使用量の増加は一次エネルギーの全消費量よりもずっと速く、そのため全エネルギー生産のうちで電力の割合を絶えず増大しているということがわかる。発電量の増加は主に原子力によってまかなわれる。さらに1990年代初期には、原子力はプロセス熱の発生に使用されよう。

スライド24は発電用一次エネルギー源の比率を示している。原子力の比率が次第に増大していくのは次のような理由による。

- ドイツでは水力資源が枯渇していること。
- かつ炭の量は限られていること。
- 石炭、石油、ガスの価格が急上昇していること。
- 化石燃料にはほとんどすべてに汚染問題があること。

スライド25では原子力設備容量が同じように増大していることが示されている。原子力設備容量は、現在の2,200MWeから、1980年にはほぼ25,000MWeに昇り、1

1990年までには全設備容量の50%を占めるようになり、100,000MWeに達することになる。原子力設備容量について、諸外国の見通しとの比較をスライド25に示す。

少くとも1990年までは軽水炉がはるかに優勢であることは明らかだが、その時までには、高温炉および高速増殖炉が商業用として認められるようになると思われる。

スライド26は1990年までの世界の原子力発電設備容量の炉型別の割合である。この世界の炉型別割合は、ドイツにおける割合と類似している。

## 5. 原子力産業

原子力開発の初期の段階では、多数の会社が原子力発電プラントの設計、供給を始めようとした。従来の発電所機器を供給していた伝統的な会社に加えて、重機械会社およびボイラー製造会社がこの新しい市場で競争しようとした。独立した原子炉プラント供給者になるための技術的、商業的意味がすべてしだいに一般に認識された。非常に多数の会社が原子力から撤退、あるいはコンポーネントメーカーの仕事に限定した。ついに、ドイツにおける発電プラントを供給する大手2社であるジーメンス(Siemens AG)およびAEG-テレフンケン(AEG-Telefunken)さえ、この分野では共同して事業を行なうことになり、1969年にクラフトヴェルク・ユニオン(Kraftwerk-Union AG)(KWU)という共同所有の子会社を設立した。KWUは親会社2社の原子力発電所を含むエネルギー発生装置に関するすべての事業をひきついだ。ジーメンスはまた近くベンスベルクのインタラトムの株を100%KWUに譲渡することになっている。インタラトムは現在、主にナトリウム冷却高速増殖炉、船用炉および遠心分離濃縮プラントの開発を行なっている。

さらに、KWUはKWUグループの中でHTRシステムの開発、エンジニアリングおよび建設を行なう別の子会社を設立することになった。ゲゼルシャフト・フェア・ホーホテンブラツ-アレクター・テクニク(Gesellschaft für Hochtemperaturreaktor-Technik mbH)(GHT)というこの新会社はやはりベンスベルクにあり、インタラトムの経営者が経営に当たり、同社の幅広いエンジニアリング能力が利用できるようになっている。

現在、発電プラント市場におけるKWUグループの国内の競争相手はブラウンボベリ(Brown, Boveri & Cie AG)(BBC)だけである。このグループは、長期にわたって、高温炉に関心をもち(クルップとともに共同の子会社BBKで)、AVR炉の開発と建設を担当した。クルップが、BBKの株主をやめるという決定を行なった時、ホーホテンブラツ

ーア・レクターバウ (Hochtemperatur - Reaktorbau GmbH) (HRB) という新会社が、BBKに代った。BBCグループのHTR活動すべてに責任をもつHRBの株の大半はBBCが所有し、残りはGGAが所有している。

BBCグループはまた子会社バブコック・ブラウンボベリレクター (Babcock - Brown Boveri Reaktor GmbH) (BBR)を通じ、ドイツの電力会社に大型LWRプラントを売り、LWR市場にも乗り出して成功している。しかし、BBCはこの会社の株はごくわずかしか所有しておらず、株の大半は米国のバブコック&ウィルコックス社が所有している。

第4次原子力計画の内容にもられているドイツの原子炉産業の構造およびその主要プロジェクトの概略はスライド27で示すとおりである。また、この表には参加している研究所も示してある。

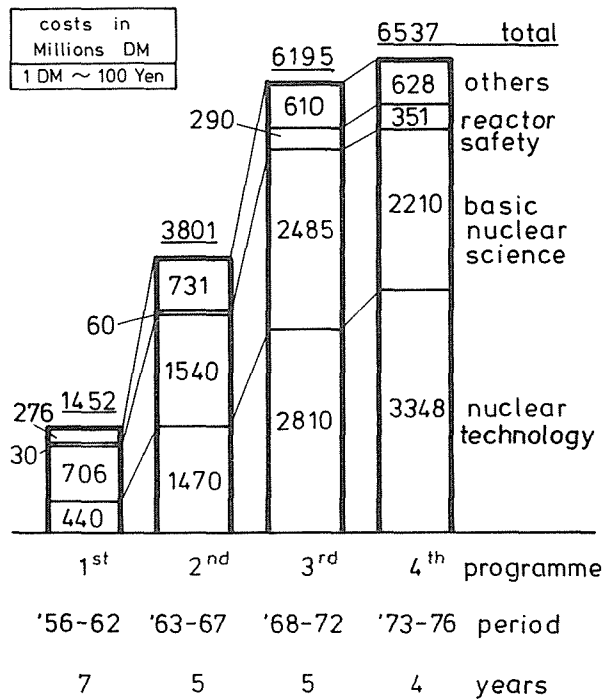
スライド28はまだ簡略化されるけれども、いくぶん複雑な、ドイツの燃料サイクル産業の図表である。この分野に従事している会社はほぼすべてが、3つのカテゴリーに分類できる。

- 化学産業：ヘキスト (Hoechst)、バイエル (Bayer)、メタルゲゼルシャフト (Metallgesellschaft) (NUKEM)。
- 化石燃料およびエネルギー生産：ラインブラウン (Rheinbrawn)、ゲルセンベルク (Gelsenberg)、シュティーク (Steag)。
- 原子炉産業：KWU、インタラトム、(BBC)。

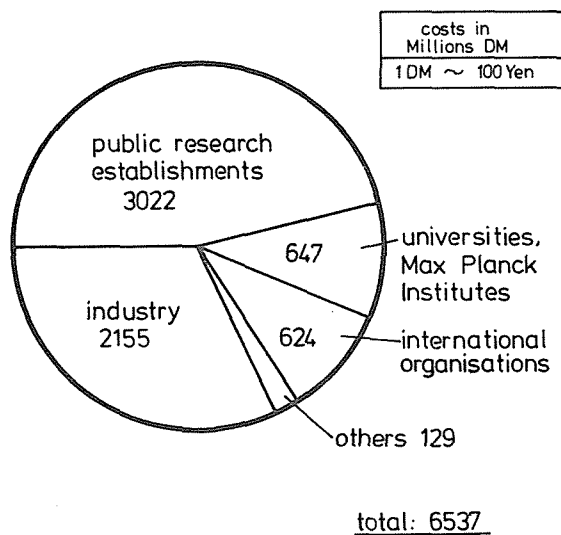
NUKEMは初めの2つのグループに属する会社の子会社である。本来、すべての会社が燃料サイクル分野での種々の活動を行なうために子会社をしばしば共同で所有して、設立していることに注目されよう。

ドイツの原子力技術分野で我々が行なっていることあるいは今後行なおうとしていることについての説明はこれで終わる。私はまた、産業側のどこがそれを行ないあるいは行なうことになるかについても述べようとした。概して、ドイツの原子力技術の達成の目的およびパターンは日本とあまり違わないことがわかりだと思ふ。そういうわけで、日本とドイツ両国にとって役立つ、有益になる場合はいつでもお互いに話し合い、協力することが望まれる。

ありがとうございました。

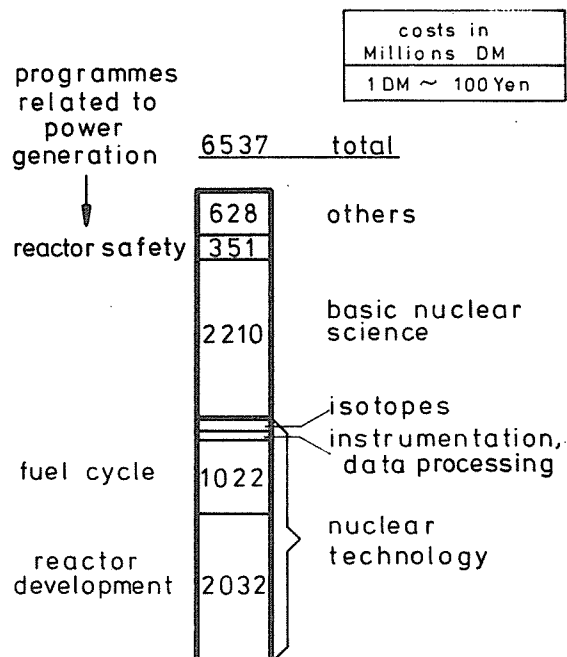


スライド1 政府の原子力関係支出推移

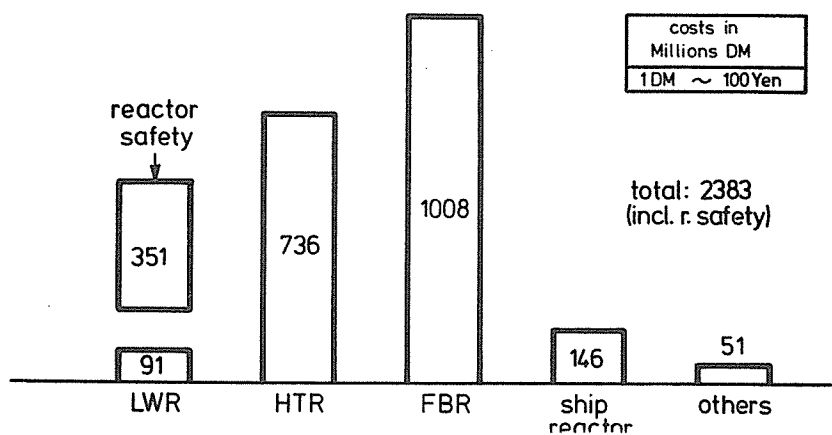


スライド2 第4次原子力計画における政府資金の項目別支出





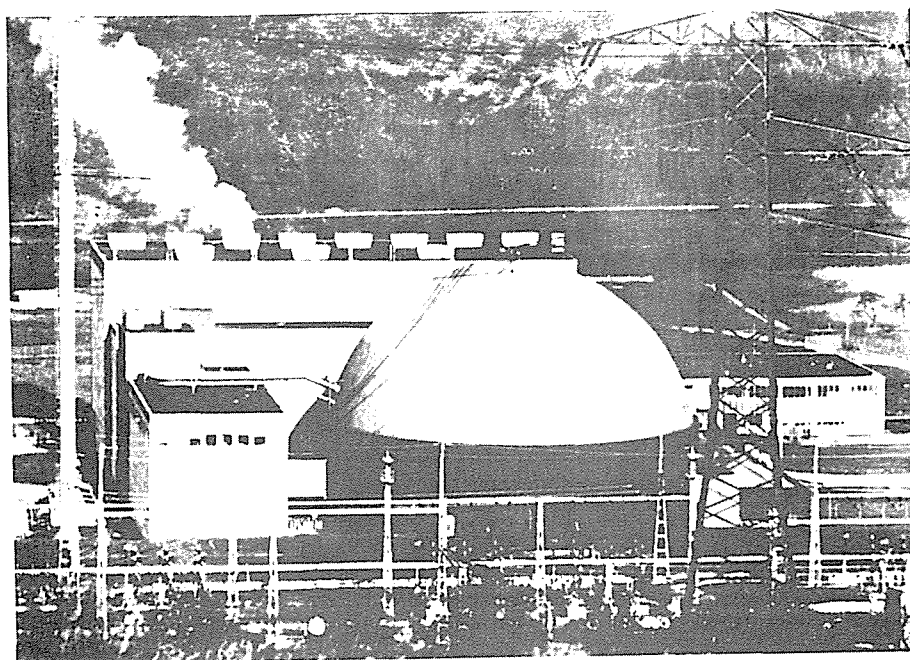
スライド 3 第 4 次原子力計画の政府支出



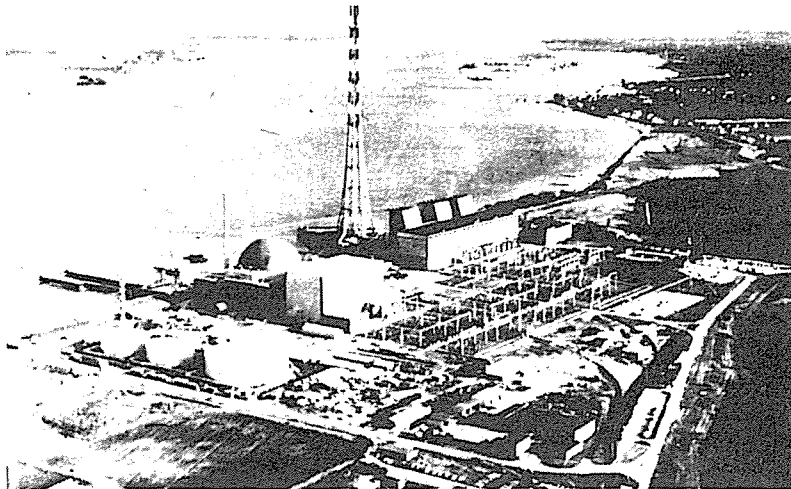
スライド 4 原子炉開発政府支出

		BWR		PWR	
	Start of operation (year)	Designation	Site	Designation	Site
		Netoutput (MW <sub>e</sub> )		Netoutput (MW <sub>e</sub> )	
Prototype	1961	VAK	Kahl		
Demonstration	1966	KRB	Gundremmingen		
	1968	KWL	Lingen	KWO	Obrigheim
Commercial	1972	KWW	Würgassen	KKS	Stade
	1974	KKB	Brunsbüttel	BIBLIS-A	Biblis
		KKP-1	Philippsburg		
	1976	KKI	Ohu	GKN	Neckarwestheim
				KKU	Esenham
	1977	KKP-2	Philippsburg	BIBLIS-B	Biblis

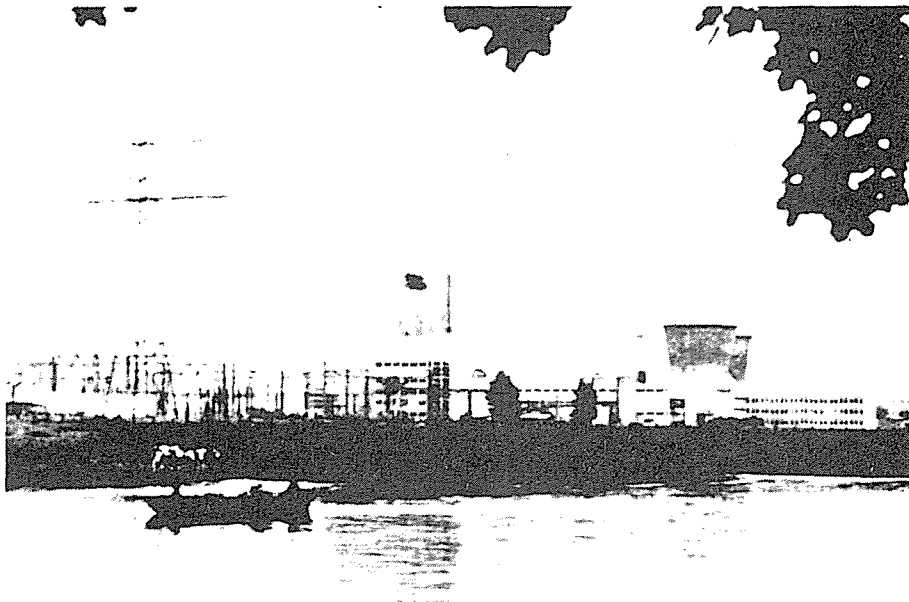
スライド5 ドイツにおける軽水が開発



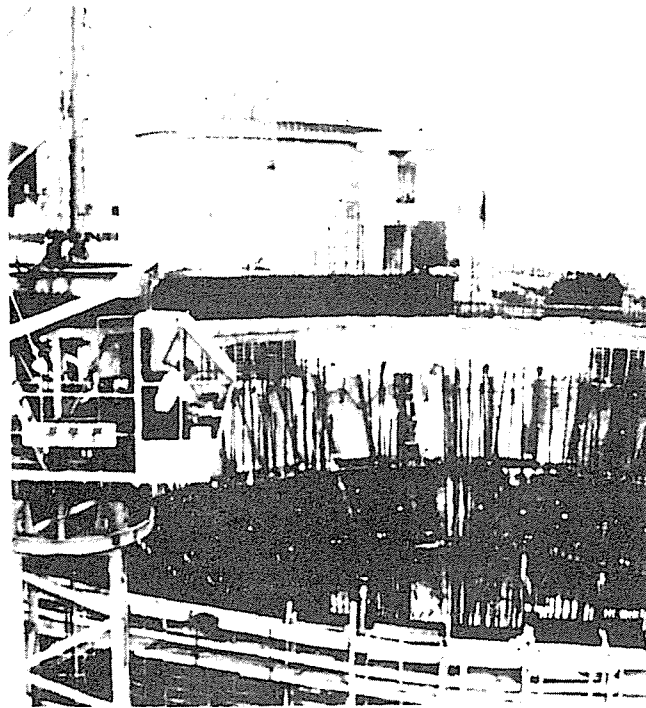
スライド6 オブリクハイム原子力発電所(300MWe)



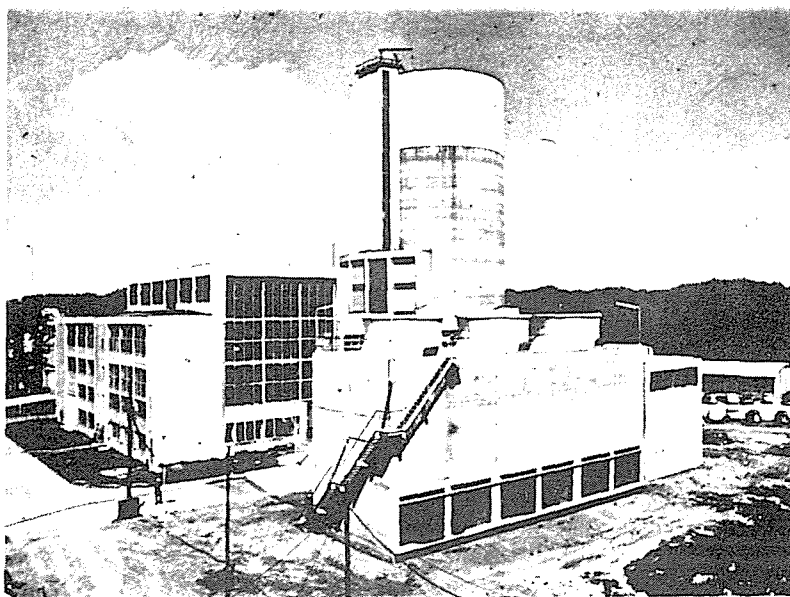
スライド7 ジュターデ原子力発電所(630MWe)



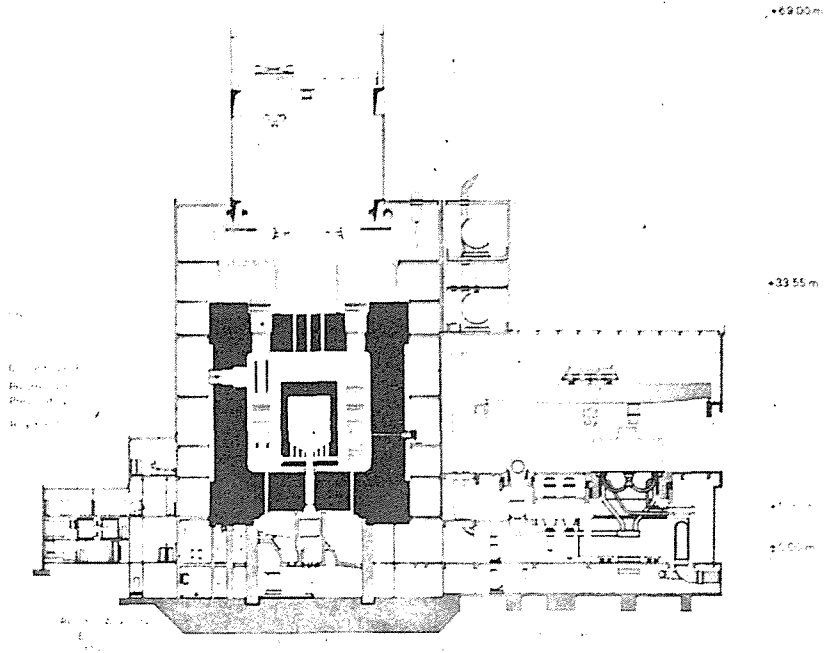
スライド8 ヴェルガッセン原子力発電所(640MWe)



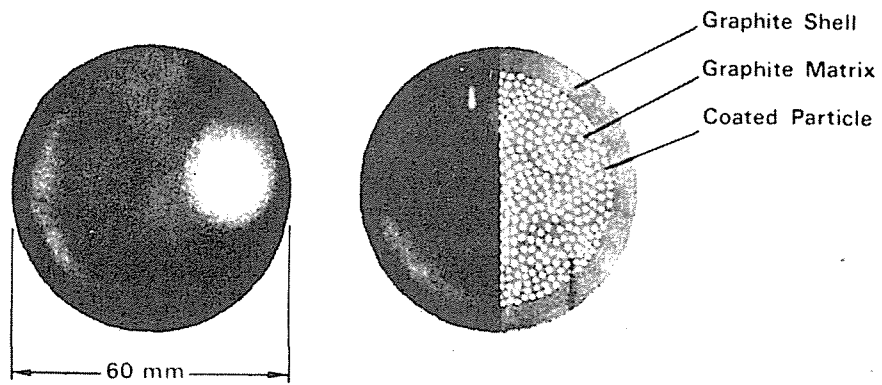
スライド9 ビブリス原子力発電所( 1145 MWe ,  
1230 MWe )



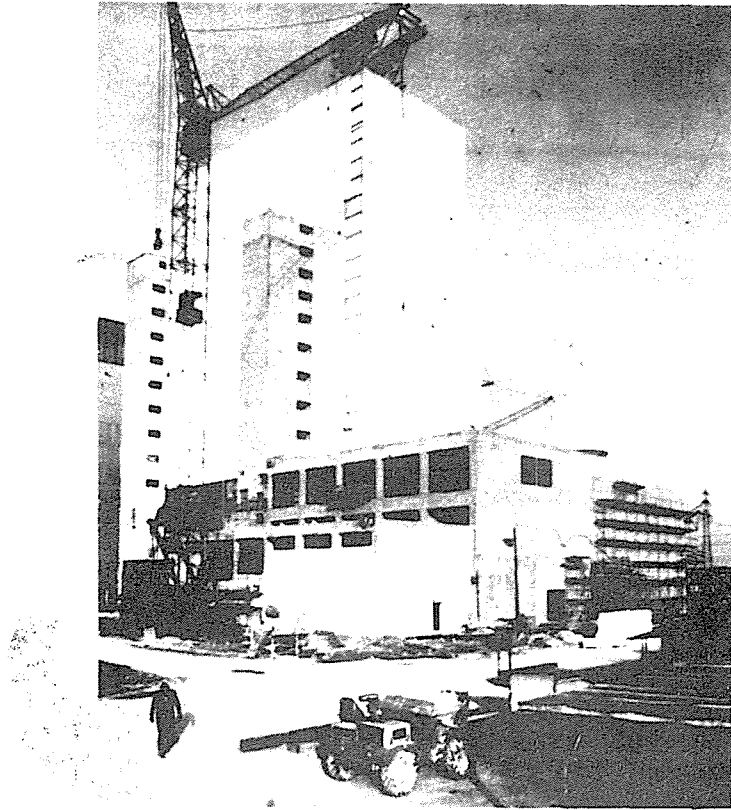
スライド10 ユーリッヒAVR HTR実験炉( 15MWe )



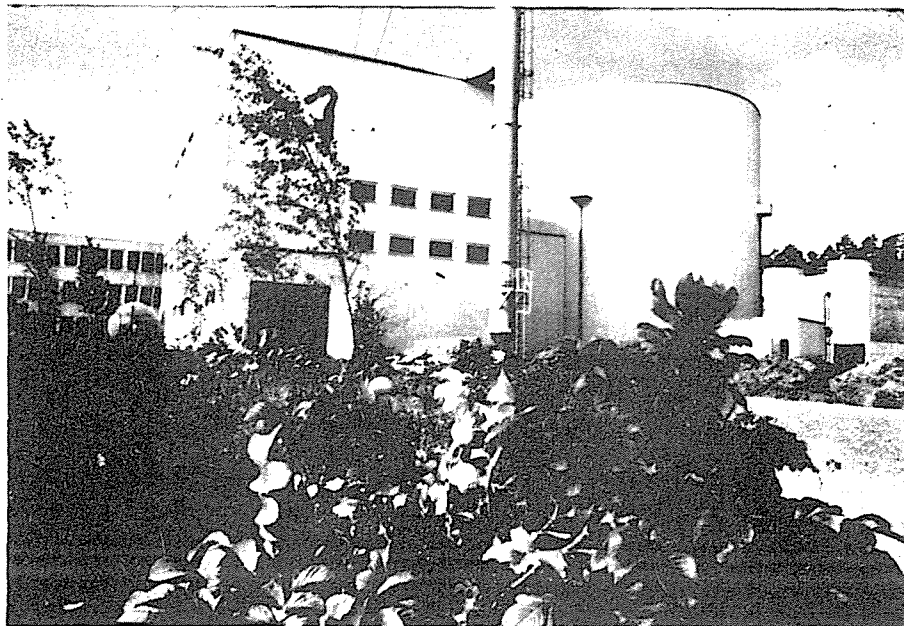
スライド11 THTRペブルベッド炉のモデル



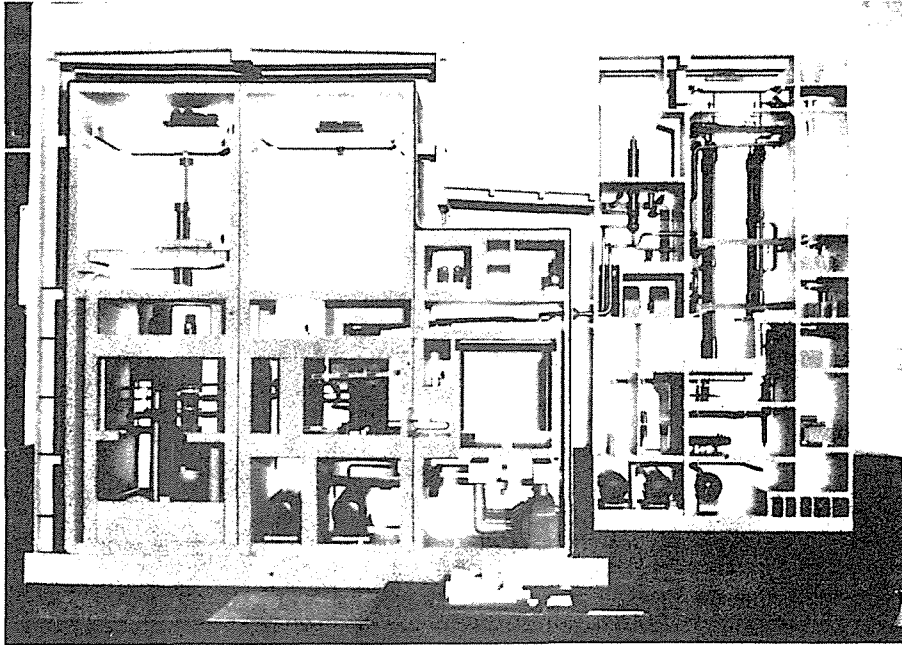
スライド12 ペブルベッド炉用燃料



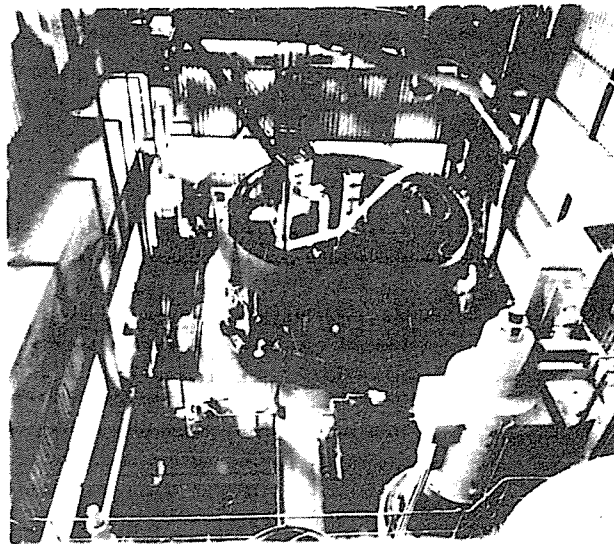
スライド13 シュメーハウゼンTHTR原型炉(300MWe)



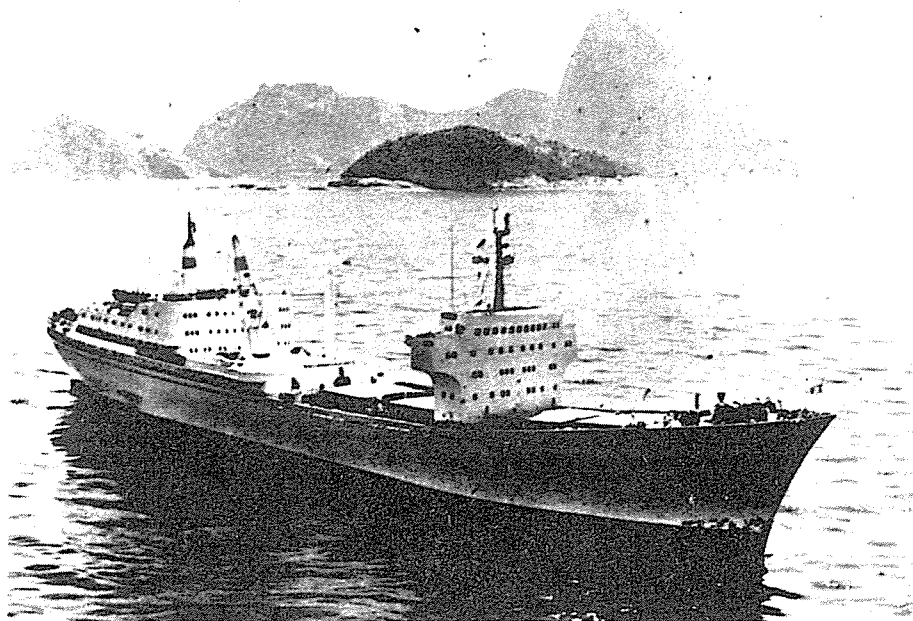
スライド14 カールスルーエKNK実験炉(20MWe)



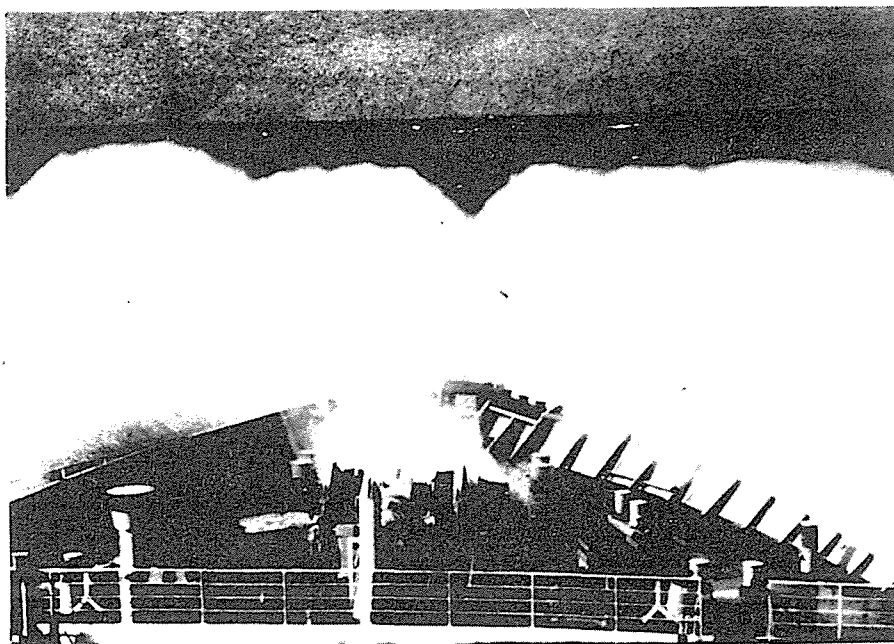
スライド15 SNR原型炉(300MWe)模型



スライド16 ナトリウム・ポンプおよび回転容器  
(9WM02の試験装置)のシールド試験装置(14)のモ

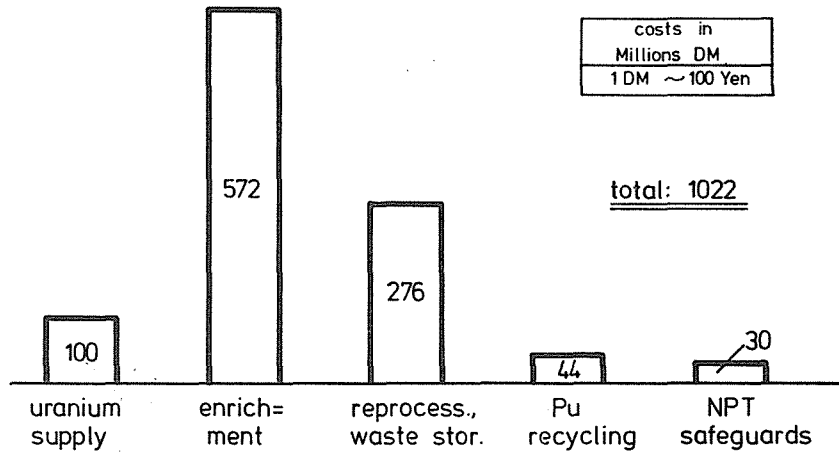


スライド 17 原子力船オット・ハーン号

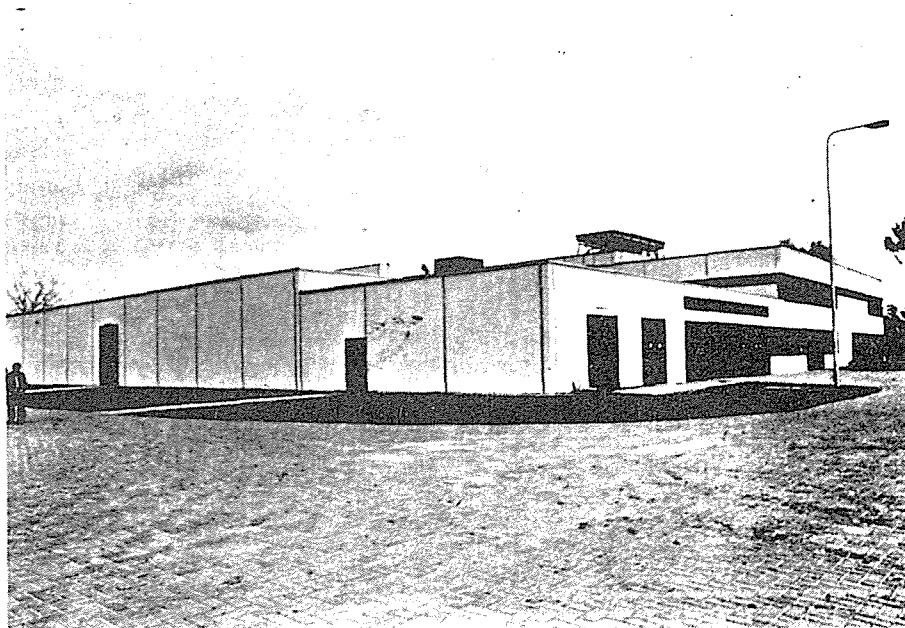


スライド 18 荒海航行中のオット・ハーン号

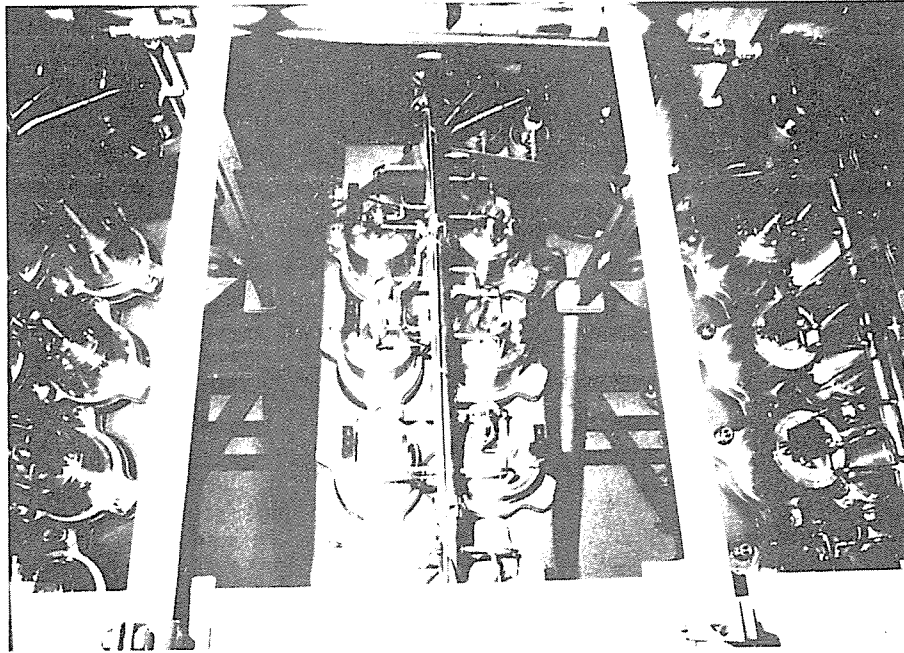




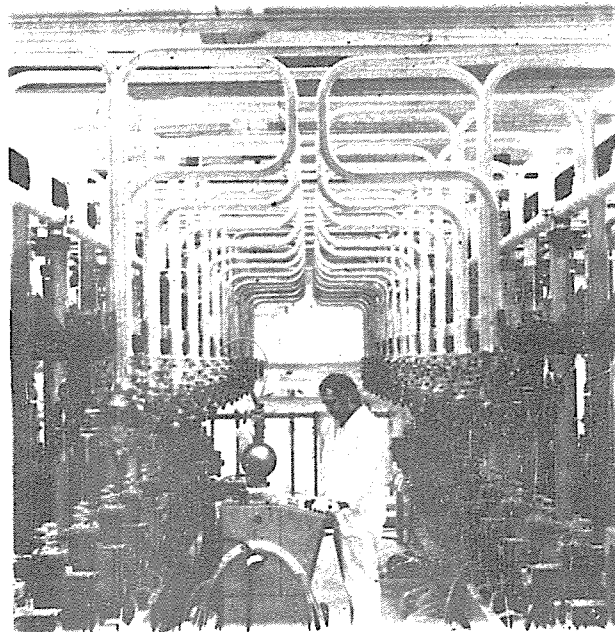
スライド19 燃料サイクル開発に対する政府支出



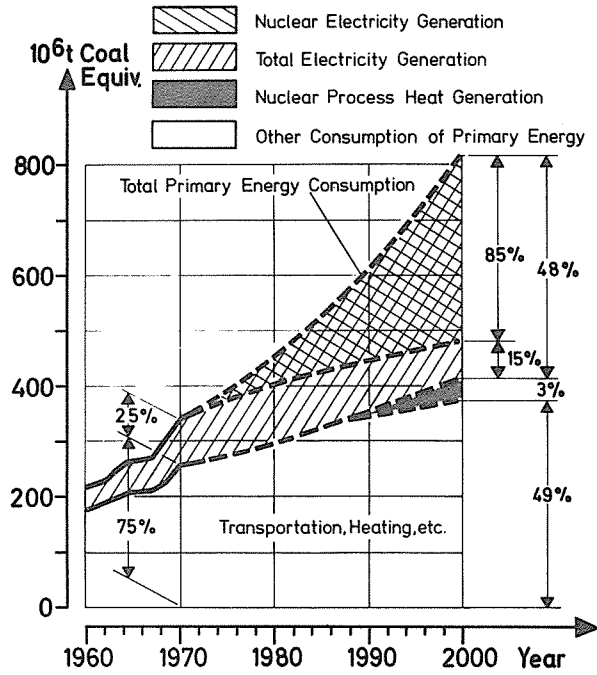
スライド20 ドイツのプロトタイプ濃縮プラント(アルメロ)



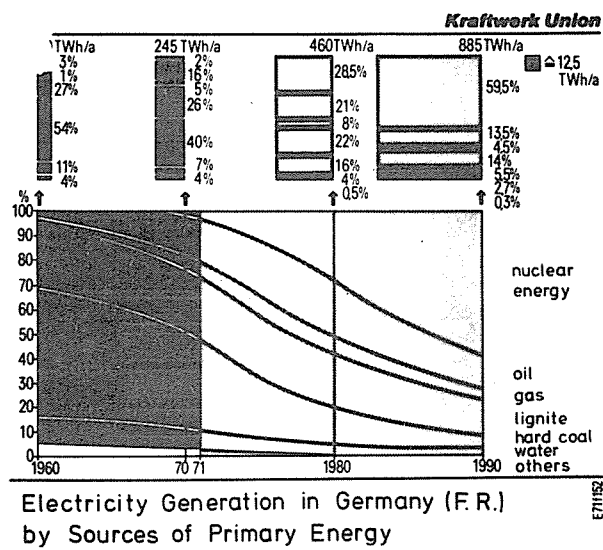
スライド2 1 ドイツの遠心分離機群 (アルメロ)



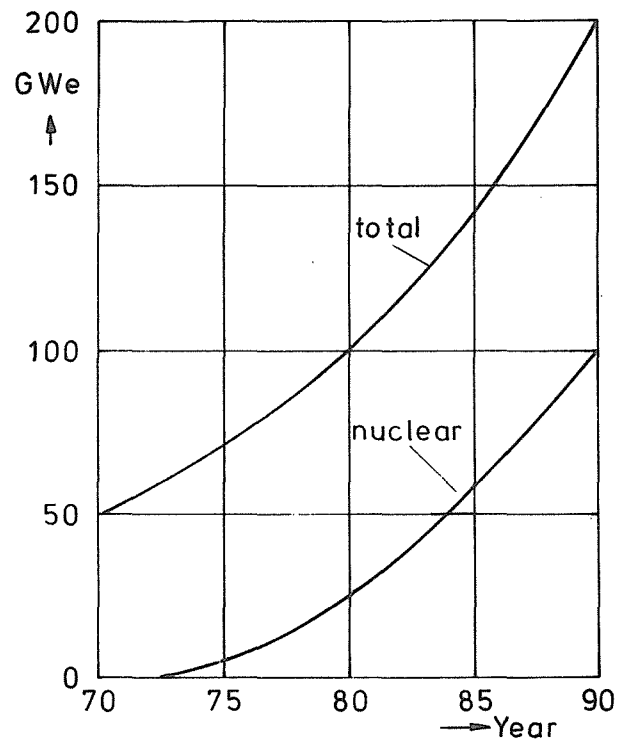
スライド2 2 ドイツの濃縮プラント配管系統 (アルメロ)



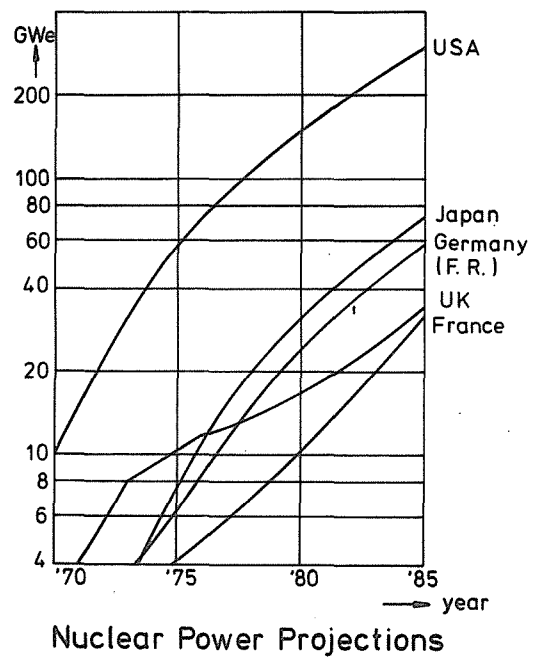
スライド 2 3 ドイツにおける 1 次エネルギーの消費と原子力の役割



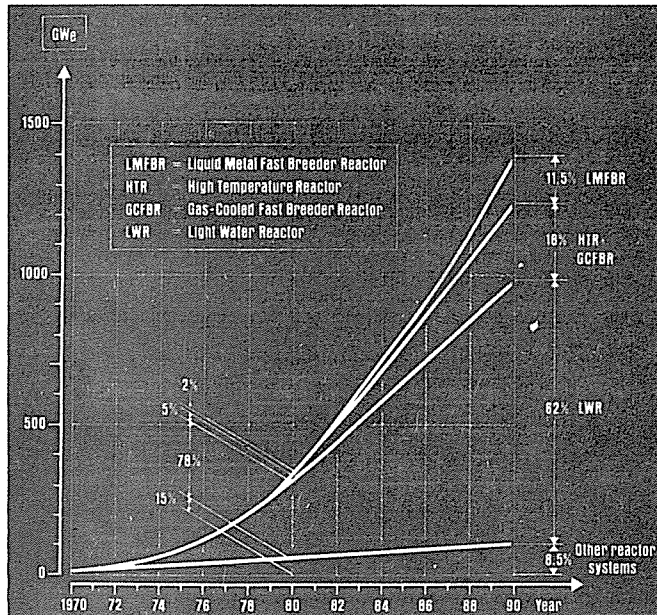
スライド 2 4 ドイツにおける 1 次エネルギーによる電源構成



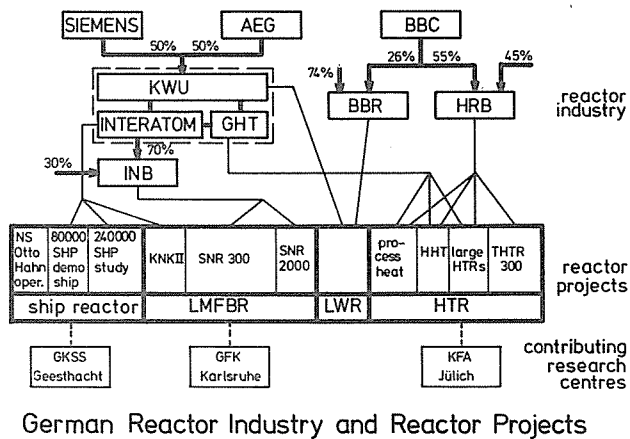
スライド 25 ドイツにおける原子力発電設備容量



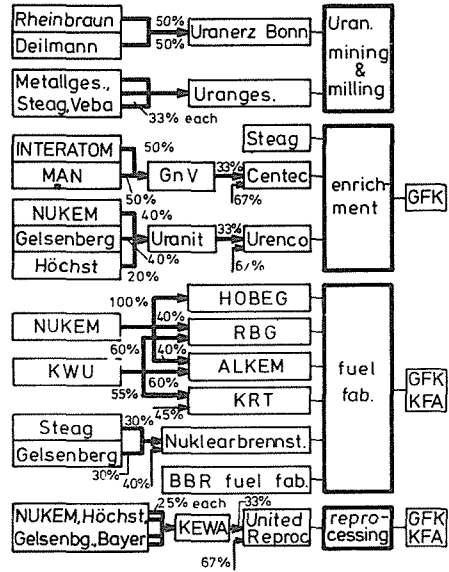
スライド 25 a 各国の原子力発電の見通し



スライド 2 6 世界の原子炉市場における炉型別シェアの予測



スライド 2 7 ドイツの原子炉メーカーと炉計画



German Nuclear Fuel Cycle Industry

スライド 28 ドイツの核燃料サイクル産業

セッション - 4 - 原子力と立地 -

議長 稲葉秀三氏(国民経済研究協会 会長)

講演 「電力需給とその課題」

講演 「地域社会からみた原子力発電」

講演 「原子力発電と地域福祉 - その技術的展望」

講演 「これからの地域開発とエネルギー政策」

## 電力需給とその課題

日本電力調査委員会

委員長 進 藤 武左エ門

電力需給の見通しは、円切り上げ問題等当面の経済情勢の変化の他、工業用資源や特に燃料確保の見通し難、公害に関連して発電所立地の困難など、需給両面に於て難問が横たわり、将来の需給予想の策定には政府の資源政策や産業構造の変化等を考慮せねばならないので、過去の実績を基として将来を予想することは極めてむづかしい現状である。需要想定背景となる経済見通しについては、去る2月13日閣議決定の経済社会基本計画に基づき、昭和47年より52年に至る5カ年間の経済成長率を9パーセント台とし、また円切り上げ等による経済変動は、長期的には大巾な成長の鈍化は生じないと政府の方針を参考とし、ここに昭和58年3月末日に至る10カ年の需要想定を日本電力調査委員会の発表する所により示せば57年度の電気事業用の総需要量は7,839億kWhに上り、年平均増加率は9.3%と見込まれて居り、また昭和57年度最大電力(8月)は1億5,920万kWに達する予想となり、昭和46年度に比しkWhに於て2.7倍、kWに於て2.9倍となって居るが、エネルギー源の85パーセントを海外に依存するわが国の現状から見て、政府の強力なエネルギー政策によらねばその達成は困難であろう。

更に5年後の昭和52年度に於ては、電気事業の総需要量5,308億kWh、最大電力1億430万kWと予想され、その際の発電設備容量は現在建設決定を見たもの、火力7,284万kW、原子力1,658万kW、水力は2,709万kW、合計1億1,651万kWで総合供給能力は9,881万kWとなり現状の儘で進めば明らかに供給力の不足は免れない。電気事業者はかかる状態を憂い発電所立地問題の解決に懸命の努力を払って居るが、業者の希望する建設計画が実現すれば昭和52年度の発電設備は1億3,880万kWとなり、最大需要に対応出来る予想であるが、それには単に業界のみならず広く国民の理解と、国及び公共団体の協力が絶対に必要であって、現状の儘進めば昭和51年度には予備電力皆無となり、51年以降の電力不足は免れない。

昭和43年度に於て最大電力が12月から8月に移行して以来、年負荷率は年々低下し、46年度は66.0パーセントを示して居り、昭和52年度には62.1パーセントに減少するものと推定され、将来60パーセントを割ることは必至と見られて居る。その原因は化学工



業，鉄鋼業等の高負荷率需要の鈍化，業務用電力の増加，夏季冷房用電力の激増等によるもので，従って電力施設の運営は不経済となり，電力コストの高騰を招く原因となって居る。次に今後5カ年間の電力需要の増加率の内訳は電灯用9.7パーセント，業務用14.8パーセント，大口産業用10.0パーセントと推定され，就中，業務用電力の需要は国民生活の複雑化につれて益々伸長するものであろう。

エネルギー源の豊富を誇り，世界一の経済大国を自認するアメリカに於てさえ，近年エネルギー危機が叫ばれ，近く大統領のエネルギーに関する特別教書が發布され，強力なエネルギー政策が展開されんとし，また去る2月16日にはデント商務長官が全米4万5千の大手企業経営者に書簡を送り，エネルギー需給関係窮迫を理由に石油，ガス，電力等エネルギー源の節約を要請し，政府も一般消費者に対し同様に節約運動を展開して居る。翻って物資の少ないわが国に於て上記昭和52年度に予定される発電設備の内訳を見るに，火力66パーセント，原子力14パーセントと，国内資源による水力発電は僅かに20パーセントに過ぎず，残りの80パーセントは石油，ウラン等海外資源に依存するものであり，これ等発電力は単に公害問題のみならず燃料確保についても重大局面を迎えて居る。今やわが国の電気事業は公害や発電所立地難，燃料確保，更に原価の高騰等難問山積し，これ等諸問題の解決如何が電力需給と密接な関連をもつのである。

## 地域社会からみた原子力発電

柏崎市長 小林 治 助

只今ご紹会を頂きました，新潟県柏崎市長の小林治助であります。このたび内外の関係者多数ご臨席の本大会において原子力発電所関係自治体の長として，お話申し上げる機会を得ましたことは誠に光栄に存じます

民謡三階節などをご存知の方も多いと思いますが，柏崎は日本海岸に面した人口8万人の小都市であります。変化に富んだ36キロメートルの海岸線は，日本海屈指の観光地としてフィッシング・ボート・海水浴など年間約80万人のお客が訪づれております。柏崎港は地方港湾であります，昭和46年7月開港され，陸上交通面では国鉄信越線と越後線の分岐点にあたり，国道3本のほか放射線状の主要地方道によって背後地と結ばれ，昭和50年代初期には北陸自動車道も開通し交通の要衝を占めております。工業製品出荷額は機械金属工業を主体に年間約500億円・就業人口構成は一次32.3%，二次29.9%，三次37.8%で，柏崎地域広域市町村圏の中心地であります。中心市街地は人口約4万人で北東に中小河川鱒石川，西南に鵜川と両河川にはさまれた平野部にあり，鱒石川以北に荒浜と称する広大な砂丘地が展開いたしております。

昭和43年3月通商産業省の委託により原子力発電所立地調査がこの荒浜砂丘地に実施されたのが，発電所立地の端緒になったのであります。当時，冬季北西の強い季節風にさらされる砂丘地には開発の手法もなく，わずかに開拓農場が2つある程度で，この土地利用は多年にわたる課題でもあったわけであります。

そして，この立地調査を機に，当市議会において原子力発電所誘致研究委員会を発足し，その安全性，地域への貢献度など多角的に研究調査し，翌44年3月議会において多数をもって誘致決議がされたのであります。

当時「さらに時間をかけて慎重に研究すべきである。結論を出すのは早期に失する。」という社会党議員の反対もありましたが，自民保守，民社，公明各議員の多数をもって誘致すべきであるという結論に達したわけであります。

昭和44年7月には，新潟県においても関係部課長をもって構成する原子力平和利用調査連絡会議を発足させ，検討の結果同年9月県としても受け入れるべきとの結論に達したのであります。この間，周辺住民には，私共の知り得た知識をもって原子力発電所の誘致につい

て対話するとともに、専門家の講演会等も開催し大方の賛意を得ていたのであります。

その後東京電力の進出意向が発表され、同社は同年11月準備事務所を開設し、企業サイドからの啓発活動を展開するとともに、諸準備作業に着手したのであります。

当時発表された同社の計画は、第1期計画として電気出力100万キロワット級を4基、第2期計画として2～4基、合計6～8基、電気出力600万～800万キロワット、1号機運転開始は昭和52年度に予定したいというのであります。

昭和45年5月漁業協同組合の了解のもとに海象諸調査が開始され、同年末には敷地約400万平方メートルにわたる用地買収について大方妥結し、地質地耐力関係の陸上諸調査が行われ、現在漁業権問題について県漁連を窓口話し合いがもたれているのであります。

従つて末だ国の電源開発調整審議会には上提されておらず、近くその機会が期待されているのが現況であります。

以上が今日に至るまでの経過の概要であります。この間、特に昭和45年後半から46年にかけて、地域住民を中心とする反対運動が盛り上がりはじめ、周辺各地に「原発反対、生活を守る会」と称する組織がつくられ、昭和43年4月結成された地区内総評系組織労働者を中心とする反対市民会議と同調し、さらに、これに1部学生、科学者グループが加わり、根強い反対運動が展開されているのであります。

経済社会ならびに国民生活の基礎となるエネルギーの必要性、さらに安定したエネルギー確保のためには、その多様化が好ましいことは誰もが認めているところであり、異論の余地はないのであります。こと原子力発電所となると火力発電と同様に1部住民の理解が得られず立地難におち入っていることはひとり当地域のみでなく、最近における全国的傾向であり、その度合は年々深刻さを加えているといわなければなりません。

このまま推移するとすれば、近い将来電気は需要に追いつけず供給制限など国民生活に多大の影響がでることを憂えるのであります。

私はこの機会に、地域社会からみた原子力発電の諸問題について以下卒直に実情を報告し、いくつかの提言を試みたいのであります。

最近における全国的な電源立地難の要因はその立地条件によってもいろいろと思いますがその根本は地域住民のコンセンサスが得られないということであり、それは大別して放射能と温排水を中心とする「安全、環境問題」と、地元の振興やメリットを中心とする「立地問題」に集約されるのではないかと存じます。

原子核エネルギーの平和利用という、住民にはなじみのない理解しにくい問題であり、原

子力といえば広島，長崎に投下され悲惨な傷跡を残した原子爆弾が頭に浮んでくるという特殊な事情もありますが，住民不安に柏車をかけたのは報道媒体を通じてひろめられた不安材料と，革新勢力などを中心とする根強い反対運動であります。

ちなみに最近における新聞報道の見出しを2・3申し上げますと，放射能関係では「死の灰体内に静かに蓄積・9年で10倍にも」「許容限度内でも染色体異状，原発排出トリチウム」安全問題では「原発地震が心配，ほとんどが多発地帯に」「原子炉燃料棒に欠かん」「マンモス原子炉安全と判定，米国では許可停止中，安全装置に疑義」また温排水問題では「公害で資源減ぼす，火力の温排水」「原子力発電による環境汚染，温排水の影響未知」「熱い海，原発の温排水公害，将来魚は逃げプランクトン減る」廃棄物関係では「ふえる放射性廃棄物，再処理技術立ちおくれ」「死の灰，海洋投棄は安全か」故障事故関係では「原発排水からヨード131検出」「ずさんな放射線管理」「原子力発電所よお前もか，事故続発」などであります。

これからは昭和47年1カ年間の新聞見出しの主なものをひろい上げたのでありますが私がかくどくど申し上げたのは，このようなことが原発に対する国民のイメージであり，この辺に住民不安の根源があると思ったからであります。

そして原子力発電所が，その立地上の制約から概して過疎地帯に立地されるため，これら諸問題を適確に解明解説する能力知識は立地市長村には乏しく，自治体の範囲能力を超える問題なのであります。

従つて国及び関係機関は，これら諸問題について，その都度，その内容を適確に解明し国民に周知すべきであります。

「何が問題なのか」「問題があるとすれば，そのことで原発の運転・建設を中止しなければならないのか」あるいは「今後開発に併行して解決されなければならない問題は何か，それに対してどのように解明対処しているのか」など国民に正しく知ってもらい，そこにこそ理解が生れると思うからであります。原発立地点には早期に国の出先機関等を設置し，より積極的な啓発活動を展開してほしいのであります。

特に「微量放射能の生態系への影響」「温排水の環境への影響」「固体廃棄物の処理処分問題」など，その研究予算，体制面を拡充強化し住民不安に対処すべきであり，このことを強く関係者に要請したいのであります。

また，問題が表面化してからその解決にとり組むのではなく，問題点を先取りして解決してゆくという積極的な目主的な姿勢を強く望みたいと存じます。

科学技術が社会経済の進展と人類の幸福に寄与するところは多大であります，科学が真

理を追求し、技術が科学の果実をもって人間生活の便益をはかるものとするれば、その価値の評価が正しくなされ、それが国民に正しく伝えられなければなりません。

私の考えが誤っていればご指摘を頂きたいのでありますが、ややもすれば専門的な立場の議論が消化されないまま一般住民の前に投げ出されるところに、いろいろ誤解や不安が生じている向も多いと思うのであります。

絶対主義的の反対者は「絶対」という言葉を使って原子力不信を訴えておりますが、このような意味での絶対というものは、人間をとりまく社会環境の中では、なかなか求められないと思います。原発は「絶対安全か」ということに対して「絶対とはいえない」とすれば「危険だ、大変だ」と思うのが素朴な住民の理解なのであります。

専門的技術的な事柄を一般大衆に良く理解してもらうことは至難の技とは思いますが、科学技術が人間生活を良くするためのものであれば、それが良く大衆に理解されることが必要な条件であり、そういう点に一層心してほしいことをお願い申し上げたいのであります。

原子力開発は国家的事業であり、エネルギー確保は重要な国策であります。これを円滑に推進するためには、先に述べたようにより積極的な啓発活動の展開と、基礎的研究体制の拡充は勿論であります。原子力発電所の設置認可に当っては、一般産業の環境汚染の撤をふまないよう工学的安全審査と平行して環境審査体制を確立し、これに見合う原子力委員会機能の拡充強化が図られなければなりません。昭和47年8月原子力産業会議が提言された「安全、環境確保のための体制整備に関する要望」にある原子炉安全審査体制の強化および環境審査体制を確立し、国民の信頼に応えるように強く要請いたしたいのであります。

また原子力開発は総合された科学技術の先端をゆくものであり、立地地域に与えるインパクトは在来産業とは異なり、従って立地周辺地域の整備は地域開発目標と調和したなかで、長期的視野にたって総合的計画的に遂行してゆかなければならないのであります。

原子力発電所が立地上の制約から概して未開発地に建設されることから、発電されたものは多くの場合、遠く消費地に送電されるのが通例であります。それだけに地域住民にとっては「その立地によつて何が利益になるのか」が賛否選択の一つの基準として議論の対象になっているのであります。

それのみでなく、若し巨大な建設工事が地域開発の方向とは無関係に一方的に進められるとすれば、その間に齟齬を来たし住民の不信感は一層高まり立地難をさらに深刻にするからであります。従って施設者自体による生産設備や交通基盤整備も、その地域の開発計画に調和して進められるべきであり、地方自治体は、立地による社会的変革を先行的に吸収し、将

来に禍根を残さぬよう周辺の環境生活基盤等の整備をはからなければならないのであります。

そのためには発電所建設に先がけて、総合的先見的な周辺地帯整備計画が策定され、所要の財政措置を得て計画的に諸事業が進められるよう、それらの内容を盛り込んだ特別立法が必要であります。幸い国において目下その立法作業が進められておりますが早急なる制定をお願いしたいと存じます。

新潟県においては昭和45年以降、地元住民の不安に対処し、安全を確認するため法的モニタリングとは別に、県自体の監視体制を確立するため、環境放射能の測定や漁業影響諸調査を実施しており、これらに要した関係費は約1億円を数えており、当市においても調査研究や啓発活動などに1千数百万円の支出をしており、将来にわたる周辺地帯整備などを考慮する時、さらに巨額の財政負担を要することになるのであります。

これに対し現行の税体系をみると、発電消費にかかる税制はまことに不均衡であり関係当局に一考をお願いしたいのであります。これは1つの試算であります。電気出力100万キロワット1基の総投資額800億円として課税の特例、地方交付税の差引きを考慮すると、発電所立地市長村に入る固定資産税の純増分は約8千5百万円であり、これに比べ消費する自治体には年間負荷率70%、1キロワットアワー当たり6円として、実に23億円の電気税が収入されるのであります。全国所在市町村協議会において発電税や核燃料消費税の新設など、適切な税財政措置を要請しているのも、このような背景からであり関係当局から真剣にご検討いただき立地市長村の要請に応えていただきたいのであります。

次は熱エネルギーの活用の問題であります熱利用による消融雪、地域暖房、水産資源の培養殖、ハウス園芸等その技術開発を国のプロジェクトとして推進し、周辺地帯の整備に活用できる体系を確立していただきたいのであります。若し温排水利用による水産資源の培養が可能とすれば日本近海の水産資源の増強に役立ち、しいては日本人蛋白資源として寄与するところは大きいのであります。さらにこのことは漁業権の消滅という問題を転じて沿岸漁業の振興にもつながることです。またわれわれ雪国の地に、そ菜園芸の大規模ハウスが出来るとすれば、新鮮なそ菜の供給源ともなり冬季雪にとだされた北国の地に常夏のハウスがあるなどは誠に楽しいことでもあります。熱エネルギーによる効率約な消融雪技術が開発されるとすれば、日本国土の半分を占める積雪地帯の産業経済、住民生活に裨益するところは測り知れないものがあります。

最後は企業に対する注文であります。最近の大きな社会問題である一般産業公害に端を発した企業に対する不信感は、それが一部政治への不信感にひろがりつつあります。施設設置

者である企業は、それぞれの生産活動を通じて社会経済の進展に寄与し、国民の福祉に役立つところにその存在価値があるという国民の認識の上に立って、施設立地の段階から将来にわたって、企業自ら環境制御の機能を持ち得る体制を整備し、企業の社会的責任として安全確保、環境保全等注意義務を完うすることは勿論地域との共存共栄を基本とし、地域社会との調和の中にその進展に貢献するという姿勢を一層強めていただきたいと存じます。

現在われわれが日常生活で享受している近代文明は、近代科学技術を人類が誤りなく勇敢に開発しつづけてきた成果であります。私はこのことに思いをいたし、当地域にあらゆる面でモデル的な原子力発電所が建設されることを期待し、そのために渾身の努力をいたす覚悟であります。

柏崎の地を訪づれば、環境保全、周辺整備、温排水利用、安全確保など、すべての面で国民が納得できるような、そんな原子力発電地帯を考えているのであります。

以上当地域の実態のなかから、その経過現況さらにいくつかの提言を申し上げましたが、卒直なご批判をいただきたいと存じます。

長時間ご清聴まことにありがとうございました。

## 原子力発電と地域福祉—その技術的展望

電力中央研究所経済研究所

高橋研究室長 高橋 実

原子力発電所というものと、その周囲の地域との間に生じ得るような、将来期待可能な、新しい「福祉」を中心にした新しい関係が生ずることの可能性について、—つまりその技術的可能性について—私の行なった評価や分析などの結果と、それから得た私の考え等について、報告するチャンスを与えられましたのは、光栄であります。

「福祉」という言葉は、大変に広い内容を持っております。現在、多くの人々の「福祉」とは、直接の関係が非常に乏しいものである—むしろネガティブな関係にあると考えておられると思います。とくに日本では、原子力発電所は遠い半島の鼻先であるとか、背後を山で囲まれた狭い場所で他に利用の方法もないような場所であるとか、或は平野も平野を流れる河もその周囲にはない、といった場所が選ばれて来ました。つまり、生産や居住が行なわれている通常の場所からは離れているわけです。従って此のような事情からも、原子力発電所の立地というものと、その周囲の人々の福祉というものが、非常に相関関係の薄いものであったことが理解されます。このような関係が今後、どう変わってゆく可能性があるかは後に述べますが、とにかく目下の所は、原子力発電所の立地というものと、地域福祉という概念とは、どうしても結びつき難いものであったわけです。しかし、この結びつき難い2つの概念を、敢て結びつける試みをするように私に要請されたのは、JAIFの事務当局の方々であります。私は、この重大な申し出を受け入れて、2つの概念の間に橋を掛ける試みを、引き受けたわけであります。

私は、ここで「福祉」という言葉を、ずっしりと腹にこたえるような、豊かな重みのある実質を持った言葉として使ってゆく—ということを、先づ申し上げておきたいのです。「福祉」という言葉は広いので、時には日本の有名な short story にあるウナギの蒲焼の芳香だけの様なものに対しても使われることがあります。気体のようにツカミどころがなく、重さも形もなく、そうして金額に換算する方法もないような、気分的な価値 (feeling-like value) を指している場合があるのです。しかし、ここで私が意味している「福祉」には、土地に関する利用方法の進歩も含まれており、進歩した利用方法から得られる生産性 (productivity) の非常に高いレベルへの向上という問題も含まれています。これらの高



い生産は、発電所から出る龐大な量の廃熱を、陸上の諸種の設備農業などに使うことによって得られるのです。とにかく、この生産物には形もあり、重さもあります。皆様は、これはもう、単なる「福祉」ではなく、事業であり経済であると言われるでしょう。たしかに、その通りですが、しかし単なる生産以外に、人間の生活条件や健康維持の条件に対して直接に重要な変革や進歩を与えることが出来ると思われる技術、即ち特別に計画された resort city や、老人や病人のための特別な welfare - district の建設技術をも含んでいるのです。これらの技術は、一般にやゝ寒い地域において、非常に大きな効果を発揮すると思われれます。換言すれば、やゝ暑い地域では、私がこれから申し上げる技術の効果は割引きされるでしょうし、更にもっと暑い地域では、これから申し上げることは、通用しないことになります。というのは、唯さえ暑い所を、龐大な廃熱で更に暖めることになるからです。しかしながら、現在の文明国は、比較的寒い地域で多くの生産行動を行なっていますから、事実上は多くの文明国において、適用の範囲は広いものと思っています。

最初に技術的な重点を幾つか申し上げたいと思います。

第1は、我々はこれから発電所（それは必ずしも原子力だけでなく、一般の火力も含めたエネルギー生産設備にすべて通じるのですが）から放出される龐大な廃熱を、陸上において、（養魚池の場合も、陸上を考える）artificial enclosure（人工的に囲われた空間）の中に放出し、その enclosure の内部をあたためるその温度や、炭酸ガスの分圧や或は酸素分圧や湿度などを Control（制御）し、植物（野菜・穀物）や動物（豚・ニワトリ）にとって、最も高い生育・生長の速度を得るための最適の温度を、四六時中維持するために使おうと考えているわけです。

完全に制御された空間の中で、最も適した温度条件を与えられた場合に、各種の植物や動物が、どんなに早い速度で成長することが出来るのか？—という研究は、既に世界的に広く進んでおり、多くの実験データも得られつつあります。これらの成長速度に関する資料を生産性に関する資料に翻訳したのが、第1表であります。この類推では、次の表は理解できません。次に示す第1表の数値は、もっと完全に Control した空間についてであります。semi-Control の空間は、屢々自然環境に対して半分 "open" であります。第1表は上述したような完全な制御を行なった人工的空間に於て得られると考えられる数個の実験データを、controlled enclosure の設計を通じて、面積当りの生産性に評価しなおしたものです。すぐにお判りのように、植物の場合には明らかに「面積」というものは重大な因子であります。それは太陽輻射を受ける量に直接関係するからです。動物（豚やニワトリ）の場合には面積というも

のは一応無関係のように見えます。しかし、余りにも狭い空間に多数の動物個体を押し込めることは却って破滅的な影響を導き出すと考えられます。できるだけ神経の nervous でない動物がよいのです。豚やニワトリは此の点では好都合な動物のように思われます。—そしてまた、動物の場合には（日照量とは関係がないので）2階建てや3階建てにすれば、土地の面積に関係なく、多くの動物個体数を収容できるように考えられますが、しかし実際には此の考え方は少し無理のようです。と言うのは、やはり色々の点から考えて、特に大量の熱を分配するための大量の湯を配管するためには、土地は何よりも平坦であるのがよく、平坦な土地のみが、安い投資での Control enclosure をつくるのに適しています。2階建てや3階建ては、配管やポンプの費用が増大します。平坦でない丘陵地を整地するのも、単位面積当りのコストを著しく増大します。第1表に参考のための数個の数値が示してありますが、その生産性から判断して私は多分1ヘクタール当りの投資金額として最も多くても30万ドル程度しか投じ得ないと思っています。それは勿論、生産品の物価水準（市場価格）にもよりますが、1ヘクタール当り30万ドルは1㎡当り30ドルということです。これが最高限度であるとしみますと、我々は1㎡当り15～30ドルで、すべての設備を仕上げなければなりません。この費用は多分、controlled enclosure をつくるためのギリギリの費用となりましょう。これに対して、平坦でない土地を整地することは、すぐに1㎡当り数ドルを要します。それは大変に苦しいことです。その上にポンプの費用も加わります。ですから、平坦な土地がよいのです。大きな河の河口にできている平坦なデルタなどが、上記の目的には絶好であります。そうして此のような土地では多くの種類の技術が、極めて安価に施行できるのです。

第1表のコラム（F）には生産性に関する数個の例があり、1つはヘクタール当り25万ドルの粗収入が見込まれています。これはトマトなのです。他の例は5万ドル／ヘクタールの粗収入を示しています。これは豚の例です。25万ドル／ヘクタールといった有利な単一商品だけをつくりたいと思われるでしょうが、多くの重要な理由があって、—とくに1つには皆様の気付かれない温度利用の技術の問題もあって、理想どおりにはゆきません。実際には、数種の生産品を組合せて利用することになるので、その理由はまた後で説明致します。かくて平均して、ほぼ10万ドル／ヘクタールか或は15万ドル／ヘクタールを見込んでおくとしみますと、この粗収入に対しては前に述べた30万ドル／ヘクタールという投資額が、ほぼ限界である—という理由が肯定されるでしょう。下欄には日本のrice fieldの生産性が、ヘクタール当り5千ドル～1万ドルと示されています。これに比較しますと、いわゆ

る controlled enclosure での生産性が、10倍以上になっていることが解り、土地利用への新しい philosophy が示唆されます。たとえば大河のデルタが湿原になっていて土地利用が出来なかった所にも、このような controlled enclosure によって、新しい、高い生産性が得られます。

第1表のコラム(E)には、各種の controlled enclosure を5つにわけて、最も注意すべき本質的な特徴を示してあります。

type  $\alpha$  は vegetable 用の enclosure です。この enclosure では、温度の他に、炭酸ガスと水蒸気の飽和度を制御することが極めて重要で、これが他の type と区別される点です。温度の領域は大体において動物空間と同じような範囲にあるが熱帯原産の植物は30℃前後の高い所に最高効率のバンドがあります。

type  $\beta$  は動物用のものです。空気中の酸素を制御することは勿論です。温度の領域については、低過ぎないことと同時に暖か過ぎないことが極めて重要で、これが植物空間と異なる所です。暖かい地方で  $\beta$ -type の空間を維持するには、冷房のためのエネルギーの方が多く要ります。

type  $\gamma$  は魚類—水中生物—のためのものです。水中の酸素を Control します。普通の人には意外であるかもしれませんが、温度 Control のために、水面を封鎖します。普通の養魚池は水面が open ですが、open ですと熱が大量に逃げます。高温に属する方を  $r_H$  としますと、 $r_H$  は熱を逃がさないために水面を封鎖し、封鎖するには平らなパンを一面に浮べます。そのパンの上で動物または植物を育てることもできます。低温に属する方を  $r_L$  としますと、 $r_L$  は後に述べる「エントロピー・カスケード」の最終段を受け持つこととなります。 $r_H$  の方では、グッピー（熱帯魚の一種）を養殖し、動物の排セツ物を直接の飼料とすることによって、污水处理に役立てることができると報告されています。

type  $\delta$  は人間用の空間です。勿論これは生産用の空間ではありません。またその建設場所も、発電所から離れています。最近の研究では、大量の温湯を、殆んどその温度を落さずに、数十キロも離れた所へ送ることが可能であることが判っています。大量の温湯ですと、送水管の径は極めて大きくなるので、湯は殆んど冷えないのです。少量の湯ですと、管径は細くなり、冷える速度が早くなります。

type  $\delta$  は、むしろ、極めて大量の湯を消費するように計画されねばなりません。6,000 MWe の発電所群から出る廃熱の全部を40℃の湯にして送ると、100キロメートルの遠方に送っても1℃しか下りません。しかもその湯量（熱量）は、東京の近くにある或る有

名な温泉都市を、100個も支えることができるほどのものであるのです。

さて、私は1つの典型的な発電所を中心にして、その周囲を controlled enclosure で囲むというモデルを考えてみましょう。

第1表のコラム(D)は、そのような enclosure の面積を示しています。コラム(B)は通常多くの原子力発電所が持っている exclusion area を示しています。

さて、コラム(D)と(B)の面積を6,000 MWe の場合について考えると、(D)は(B)の4倍です。ということは、カバーし得る面積の半径は2倍まで延びているということです。

次に(D)の面積(つまり、(B)よりは2倍の半径にまで広がった地域)に、controlled enclosure を配置するにあたって、次に申しのべる「エントロピー・カスケード」の概念を用いるわけです。それは次のような考え方です。

いま、発電所から出る湯の温度を、配置しようとした controlled enclosure の最高温度よりもほんの少し高い温度に設定します。仮りにそれを40℃とします。これは例えば42℃の温泉(ローマ風呂)にはそのままでは使えませんが、39℃以下の eco-system には使えます。

そうして、此の湯を利用する各種のタイプの controlled enclosure の適温を考えながら、例えば次のように湯を廻します。まづ40℃で発電所の復水器を出て、これを type  $\alpha$  (vegetable) に入れます。type  $\alpha$  の中で少し温度の下った湯を次には type  $\beta$  (家畜・養鶏・養豚) の enclosure に入れます。さて次に type  $\beta$  を出た湯を、type  $r$  の低温の方即ち  $r_L$  に入れると考えましょう。そうして  $r_L$  を出るとき、湯の温度は14℃になっているとします。つまり、此の温度で  $r_L$  を出るのである。

最初から此のシステムを眺めると、仮りに大きな河の自然水温を13℃とし、この温度で取水するとします。これが冷却水の取り入れ温度です。此の冷却水がいちどは40℃に熱せられますが、エントロピー・カスケードを経て最後に  $r_L$  から河に放出される時は14℃になっています。これは大変に重要な考え方です。まづ2つばかり大変に重要な事実を指摘しておきましょう。

一つには、いわゆる thermal pollution の問題が、殆んどなくなっていることです。歴大な量の廃熱のカロリーは、type  $\alpha$  や type  $\beta$  の enclosure を通じて、温度輻射その他によって陸上で大気中に消散しています。消散した熱量と、もとの廃熱との割合は、

$$\frac{40 - 14}{40 - 13} = \frac{26}{27} \approx 96.3\% \text{ です。即ち廃熱の大部分は空中に逃げています。}$$

たとえ 6,000 MWe というような大きなエネルギー・センターでも、1,200 ヘクタール (3,000 エーカー) の enclosure area が開発 (建設) されれば、そこで殆んどすべての廃熱は利用され同時に消滅してゆくのです。1,200 ヘクタールの面積の生産性については後で述べるとして、その前に、いま述べたことを注目しておいて頂きたいのです。この方法ならば、たとえば大きな冷却塔 (cooling tower) が引き起すと言われている所の霧の発生というような問題もありません。

第2に、もう一つ、地域の福祉の検討に入る前に指摘しておきたいことは、此の方法では膨大な量の冷却水そのものを減らすことが出来るということ—つまり流量の、より少ない河からでも、より大きな出力のための冷却水が得られる—ということです。たとえば、排水による (河の) 温度上昇を小さくするために、普通には冷却水の排出温度を低くするようにしています。たとえば 20℃ で復水器を出るようにすると、取り入れ温度 (13℃ 仮定) との差は 7℃ です。一方、我々の cascade system では、40℃ で復水器を出ますから、温度差は 27℃ です。そこで 7℃ と 27℃ との差—つまり約 4 倍の差が生じ、それだけ少ない流量で同等の廃熱を運び出すことができるのですから、冷却水の量はほぼ  $\frac{7}{27}$  即ち 1/4 で済むのです。しかも排水の温度は 1℃ しか上昇しません。このようにして、大陸の河川に沿って配置できる原子力発電所の数や規模は、恐らく、何倍にも拡大され得るでしょう。

さて次に、6,000 MWe のエネルギー・センターには、第1表コラム (D) により、1,200 ヘクタール (3,000 エーカー) の土地が、生産性の高い土地に転換しうる可能性が伴われています。

この生産性を、平均して 10 万ドル/ヘクタールとしますと、1,200 ヘクタールでは 1.2 億ドル (120 Million \$) になります。

私は前に、ヘクタール当り 25 万ドルもの生産性をもつものがあるならば、皆様は恐らく、なぜこの 1,200 ヘクタールの総てを此の生産物に統一しないのか? という疑問を持たれるに違いないと言っておきました。

ここで答を申しませう。もしこの 25 万ドル/ヘクタールの生産物がトマトであるとしても、それは  $\alpha$ -type のもの、即ち適温が 30℃ ± 5℃ のものであるということになります。すると、我々の エントロピー・カスケードは組み立てられなくなり、既に検討した河への再排出の温度は恐らく 25℃ より上で、たぶん 29℃ くらいになります。そうすると再び thermal pollution の問題が復活するわけです。thermal pollution の問題が復活するだけでなく、此の河の水を冷却水として此の河の岸に設置することの出来る原子力発電

所の数や規模は再び減ることになります。将来のエネルギー政策にとって、発電力をより多く持つこと、その立地点を発見することは、廃熱の利用よりも優先します。従って、我々はエントロピー・カスケードの各段階の中に生産性の高いEco-Systemを見出し、それを混用してゆくわけです。とくに、低い水温を最適とするようなEco-Systemがあればよいのですが、もしなければ、最後の池を、冷却と浄化とを兼ねた、上面openの池にすべきでしょう。

最終評価に移る前に、此のcontrolled enclosure systemが、activeにもpassiveにも、極めて優れた安全性を持っていることを指適しておかねばなりません。特に重大な2点があります。

第1点は、active（環境に対してpollutantである場合）の問題で、これには此のcontrolled enclosureが、植物栽培において、農薬（殺虫剤）を用いなくて済む—という絶大な利点です。農薬は肥料（fertilizer）と混同理解してはいけません。農薬は、すべての生物—人間も含めて—に対し、重大な加害者となりつつありますが、controlled enclosureでは農薬への虫害を、メカニカルに防止できます。それ故、農薬が要りません。

第2点は、passiveの立場であります。controlled enclosureは、空気の出入口にfilterの作用を持つ装置をつけておけば、このenclosureの中に入る空気を極めて清浄に保つことが出来ます。

とくに原子力発電所の近くにこれを置くのですが、次のような安全対策があることは重要だと思います。それはHazard evaluation（災害評価）の理論に現われてくる大きな事故により、空気中にfilterでは捕えられないような物質が放出された時の、このenclosure systemの優れた対策なのです。それは、事故の発生が判ると同時に、このenclosureへの空気の出入口を完全に閉鎖して了えばよいのです。閉鎖したままで数日間或は数週間でも内部の生命（植物や動物）を保つことは極めて容易です。従ってopenの空气中に曝されているよりは遙かに完全に放射能を防護することができます。

また人間は、このenclosed areaの外側に住んでいるわけですが、既に見たように、このareaの広さは、普通のexclusion areaよりも広い範囲に拡がり得ます。従って、一般住民もまた、より安全に保たれるでしょう。

以上に考察したようなシステムが開発されれば、我々は、例えば600万kWのエネルギーセンターに対して1,200ヘクタール、標準化して100万kW当り200ヘクタールの、高い生産効率をもった面積を、新しくつくり上げることができることになります。

この新しい生産性を持った面積は、そこへの投資が約0.3～0.6億ドル（100万kWにつき）でその出荷額は年間0.2億ドル～0.3億ドルと見られます。その地元の人々にとって、私の意見が間違いでなければ、恐らくかなり大きな福音であることと想うのであります。

また、既に述べましたように、全体の龐大な熱量のほんの1部からでも、大きな resort city や welfare district を計画することができます。

上述したような福音が、日本のすべての未利用地に訪れてゆくというわけでは、勿論ありません。2000年時点で仮りに1.2億kWの発電所の廃熱をこのような利用方法に転用するとして、 $2.4 \times 10^8 m^2$ が此のような幸運に会うでしょう。この面積は現在のrice field の僅か1%ですが、しかし現在のrice field の生産額の20%に当る出荷額を出す可能性があります。

多くの可能性を秘めた此の廃熱利用システムに対して、ほんの1st step への足掛りとなる目的で、私の検討の結果を申し上げます。

有難とう御座いました。

[ 第 1 表 ]

(A) Nuclear Power Plants:		(B)	(C)	(D)*	(E)	(F)
Power	Electric Energy (80%) L.F.	Non-productive area accompanying to (A) in ordinary siting systems	Waste heat from (A) ( $\xi = 40\%$ ) 10,000 kcal per kilolitre oil	Possible area of land covered with controlled enclosures fed by (C)	Types of Eco-systems and designed temperature band to each type	Examples of productivity of controlled enclosures
360 MW	2.52 $\times 10^9$ KWH	Area owned by plant-operator(s) exclusively to other utilization 800,000 m <sup>2</sup> Other non-productive area _____ m <sup>2</sup>	315,000 Kl	800,000 m <sup>2</sup> (80 hectare)	Type $\alpha$ (Vegetable) 30°C $\pm$ 5°C  Type $\beta$ (Cattles) 20°C $\pm$ 3°C	250,000 \$/hectare  50,000 \$/hectare
6,000 MW	42 $\times 10^9$ KWH	Exclusion area 3 $\times 10^6$ m <sup>2</sup> Other non-productive area _____ m <sup>2</sup>	5.4 $\times 10^6$ Kl	1.2 $\times 10^7$ m <sup>2</sup> (1,200 hectare)	Type $\gamma$ (Fish) $r_h$ 30°C $\pm$ 3°C $r_L$ 15°C $\pm$ 2°C  Type $\delta$ (Welfare resort) 44°C - 22°C	
1.2 $\times 10^8$ KW	840 $\times 10^9$ KWH	Exclusion area 60 $\times 10^6$ m <sup>2</sup> other non-productive area _____ m <sup>2</sup>	1.08 $\times 10^8$ Kl	2.4 $\times 10^8$ m <sup>2</sup> (24,000 hectare)		
<u>For Comparison</u>						
Production of rice field (Japan, 1972 value) 5,000\$ - 10,000\$/hectare						
Total area of rice field (Japan) = 2.4 $\times 10^6$ hectare						
* Here is shown an example in a place in U.S.A. of a mediate climate. In a colder place more energy will be necessary to maintain the same amount of area of artificial enclosures.						



## これからの地域開発とエネルギー政策

総合政策研究会理事長

原産地帯整備検討会座長

土 屋 清

電力の開発は近年計画より遅れ気味で、この分では2年後あたりからしだいに電力不足の状態が生まれ、それが日本経済の成長の1つの障害になりはしないかという心配が出てまいりました。

こういう事が何にもとづいているかと申しますと、一番大きいのは、結局住民の反対運動だろうと思われまゝです。住民の電源開発に対する反対運動というのは、これは重油発電の場合にもございますし、それから原子力発電にも、もちろん生じているのですが、私は今後特に対策を必要とするのは原子力発電の場合だろうと思ひます。これは決して現在重油発電についての反対運動が起っている事を無視するものではございませんし、今後とも重油発電の電源開発の遅れには十分対策を考えていかなければならないと思ひます。しかし今の段階で特に対策を重視し、その解決に全力をあげなければならぬのは、原子力発電の電源開発をめぐる問題だ、というように考えております。

これは何故かと申しますと、3つの理由にもとづくものであります。

第1は、原子力発電の開発テンポが極めて早いということでありまゝ。現在100～200万KWの発電能力だと思ひますが、それが1985年には6,000万KWに達する、という非常に大きなテンポで開発が予想されそれがうまく軌道に乗らなければ日本の電力問題は深刻な影響を受ける。この間もちろん重油発電の建設も行なわれますが、将来を考えますと原子力発電に非常なウェイトがおかれる事が考えられるわけでありまゝ。

第2の理由といたしましては、原子力発電の技術が最先端の新しい技術である、ということでありまゝ。

これは、もちろん現在の科学の力で決して不安のないところに達しているのでありますけれども、しかしなお重油発電に比べれば、まだまだ問題が残されている点がない、としないのであります。従って国民がこの原子力発電に対する十分の認識を欠いている、ということには無理からぬものがあるのでありまゝして、そこで原子力発電の安全性、あるいは環境問題等に対する不安が容易に解消しない、とこういう状況になっております。

これは重油発電とは質が違っていると言えるのであります。

第3は、原子力発電が過疎地帯に立地し、しかもその建設が、非常に大型でかつ大規模だという事情がございますので、その周辺地域の開発と電源開発をどう結びつけるか、に多大の関心が寄せられる、という事情がございます。重油発電の場合も、もちろん過密地域に多い訳ではないが、原子力発電の場合はいっそうそれが過疎地帯におかれる。しかも敷地面積も非常に大型化している。それだけにその過疎地帯の開発ということにいったいどう原子力開発を結びつけるか、ということが大きな問題になってきております。

以上の3つの理由によりまして、私共は今後原子力開発を総合的、計画的に進めていくためには地域住民の納得と理解を得る必要上、原子力開発地帯の整備促進法というような根拠法を早急に作りまして、それに基づいて開発を推進する、ということが必要だ、という風に考えております。

もちろんこの原子力開発地域整備促進法の考え方は、相当程度重油発電においても準用されうるものだと考えております。

それでは私共が考えている原子力開発地域整備促進法の制定、ならびにその運用をめぐる問題点がどういうところにあるか、ということをも5点にわたって申し上げたい。

第1は、原子力開発の地域についての国の基本の考え方を明らかにすることでありまして、現在国は国土総合開発計画であるとか、あるいは近く全国的な国土利用計画を作成しようとしております。

これは国土の総合開発上、大変結構なことでありまして、その場合に国土の総合利用と環境保全とエネルギー政策とそういうものを組み合せまして、我国の国土において原子力の立地地点は、どういうところに求められるべきか、ということについての国の基本的な考え方が明らかにされることが望ましいと思っております。原子力開発というのは、民間の電力会社が担当するケースが多いのですが、しかしその開発そのものは国家的要請にもとづくものであります。とくに地域開発という我国の大きな問題とのからみ合いが非常に大きい、ということになりますと国土総合開発計画、あるいは国土利用計画において、今後の原子力開発の立地についての基本の考え方を明らかにされれば、それは今後の地方自治体、あるいは地方住民の協力を得る上において非常に有効だというように思われるのであります。この基本の考え方にもとづきまして、原子力開発の担当者である電力会社は具体的に、原子力の開発地点の選定に入るわけでありまして、その選定にあたりましては、従来は地質調査などの事前調査を行なうことが主でありました。つまり原子力開発に適する地質であるか、否かとももちろんその他の調

査も実施いたしますが、そういう技術的な調査が事前調査の主体を占めていました。今後はその事前調査のほかに予備調査の段階においても、社会的、経済的調査を実施して、この候補地点の選定にあたる、ということが必要だ、という風に考えられます。

すなわち、原子力施設が設置された場合、それらの地域社会には相当のインパクトが与えられて、社会構造、産業構造に変化、発展が生ずることは目に見えておる。

またこの変化、発展をできるだけ、いい方向に持っていかねばならないのであります。

その場合に原子力施設が設置された場合に、こういう風に地域社会は変わるのだ、という社会構造ならびに産業構造の調査まで、あわせて事前調査の段階において行なう、ということができれば、地域住民のコンセンサスを得る上に非常に有効ではないか、という風に考えられるわけです。これが地域住民の理解と協力を得る上の前提であります。こういう調査は、電力業者の申請にもとづいて、主務大臣、主として通産大臣であります。主務大臣が知事に対して、申し入れて、これによって国や電力会社や県が分担実施する建前をとるべきだ、というように考えられます。

以上が電源開発の候補地点の選定をめぐる問題であります。

第2は、その選定が大体終りまして、国が原子力開発地域を指定する、という問題であります。つまり、地域指定の問題であります。電力会社による候補地点選定の作業が完了し、事前調査を基礎にして住民の大局的な合意が得られた場合に、国は原子力の開発地域を指定することにいたします。その地域の範囲をどの程度に考えるかということですが、これは莫然と影響が及ぶ範囲というようなことではなく、基盤整備の事業等を集中的に実施する地域にその範囲は限られるべきであると思います。その範囲において、開発地域を指定し、そこで、この整備が進められるわけであり、この開発地域には、一般工業等が無秩序に立地してまいりますと、その面から新たな公害や環境破壊がおこる可能性がございますので、この指定地域においては、無秩序な一般工業等の立地が起らないよう配慮を払うことが必要であり、できれば原子力公園というような構想を持って臨むことも必要だ、という風に考えられます。

第3は、以上の地域指定に基づきまして、開発整備計画を樹立する、というこの法律制定の眼目であります。地域指定が行なわれた場合には、開発整備計画が作られなければなりません。この整備計画は、府県知事が整備計画委員会の意見を聞いて、作成し、そして主務大臣に申請して承認を受ける、とこういう建前であります。

整備計画の作成当事者は府県知事であります。しかしその府県知事が作成するにあたっては、整備計画委員会の意見を聞く、ということが条件であります。

それではその整備計画委員会はどのようにして構成されるかと申しますと、関係市町村長、関連産業の代表、住民代表、学識経験者等より構成されまして、その委員会は、必要に応じては住民の公聴会等をも開きまして、広く住民の意見を聴取することが望ましいと考えます。

これに基づいて府県知事が整備計画を作成して主務大臣に申請し、承認を受ける、という段取りになるのであります。主務大臣はその計画の承認にあたりましては、関係省庁との協議を経るなどの措置を講じまして、もって国としてのこの開発整備に対する姿勢を示すとともに、今後の協力を得やすいようにすることが必要と思われれます。

第4は、具体的な整備計画の内容であります。整備計画は、環境保全、生活基盤整備、産業振興、熱利用計画など、各方面にわたるものであります。これはこの指定地域がそのすべてを実施しなければならないというのではなく、当該地域の実情に応じて選択的、重点的にその特性を生かす、ということが望ましいのではないかと考えられます。例えば、環境保全計画に基づく事業といたしましては、公園、緑地帯、植林、植樹、護岸等の施設、それからモニタリングの施設、温排水の影響緩和施設などが考えられます。それから生活基盤整備計画にもとづく事業としましては、上下水道、し尿終末処理場、ゴミ処理場等の生活環境施設の整備、医療施設、通信施設、社会教育施設、その他道路、港湾、橋りょう、河川改修等が考えられます。産業振興計画にもとづく施設といたしましては、水源池の造成、漁礁の投入、漁場の改良造成等の生産基盤の整備あるいは流通改善、経営安定のための事業、漁港の改修、農事試験場、水産試験場その他の試験研究所の施設の整備等がございます。熱利用計画にもとづく事業としては、温排水の利用のほか、将来的には熱供給事業の観点からのものが含まれます。例えば養魚施設、海産物の種苗生産施設、熱利用の園芸地域暖房、道路ゆう雪等がございます。こういうように整備計画の内容は多方面にわたるものであります。このすべてを網羅するというのではなく、これらの中からその地域の実情に即した特性を生かし得るものを重点的に選択する、ということが望ましいと考えられます。そういうものを盛り込んだ整備計画を地域住民の意向を聴取して作成する、ということになるわけです。

第5は、これら整備計画を実現するための財源の問題であります。地域整備を行なうには相当の財政負担が必要であり、これに要する財政措置が講じられなければなりません。それには国の補助率の設定あるいは嵩上げのほか、地方自治体の自主財源の安定を図る必要があると考えられます。これについては現行の税制の検討が必要でありまして、現在その手段といたしましては、固定資産税における減免特例の廃止、あるいは合理化、これは先程柏崎の市長さんからもお話しがありました。あるいは地方交付税との相殺のとりやめ、

さらには発電税,または核燃料消費税というような新税を創設して財源を調達する, というような色々の問題が出されておりまして, これらについて検討を加えて, 合理的な解決法を見い出さなければなりませんし, 又地方自治体の起債の枠の拡大等も考える必要があると思います。

国, 地方自治体のほか, 電力業者が原子力施設を建設するのでありまして, この電力業者に対しましてもその負担すべき割合を明示して, 整備計画の実行における役割をあらかじめ住民に理解されるようにすることが必要だ, という風に考えられます。

以上の5点が, 原子力開発地域整備促進法の制定ならびに運用をめぐる問題点だと考えられます。

これらの問題点にすみやかに合理的な結論を得まして, 早急に整備促進法の制定を私共は望むものであります。

セッション - 5 - 再処理と廃棄物処理 -

議長 平井 寛一郎 氏 (東北電力 会長)

講演 「日本の再処理需給見通し」

講演 「共同再処理事業の現状ならびに将来プラントのためのヨーロッパ技術」

〔発表-1〕 ヨーロッパにおける燃料再処理の現状

〔発表-2〕 将来の再処理工場へのヨーロッパ技術の適用

議長 吉山 博吉 氏 (日立製作所 社長)

講演 「再処理技術の現状と将来 (アメリカ各社の考え方)」

〔発表-1〕 燃料再処理 - G・E社の考え方

〔発表-2〕 バーンウェル計画

〔発表-3〕 核燃料再処理工場計画について

議長 芦原 義重 氏 (関西電力 会長・日本原子力産業会議  
副会長)

講演 「ヨーロッパにおける放射性廃棄物の取扱い - その現状と将来」

講演 「原子力開発における最終の課題 - 核分裂生成物の利用と処理へのアプローチ」

## 日本の再処理需給見通し

東京電力（株） 副社長

原産再処理問題委員会委員長

田 中 直次郎

ただ今、ご紹介いただきました私、日本原子力産業会議の再処理問題委員会の委員長をつとめております田中でございます。

ご承知のように、使用済燃料の再処理は、所謂核燃料サイクルの締めくくりをなしております。この関係で、原子力発電の始まる前に必要なウラン精鉱、濃縮、成型加工などにくらべて、時間的に遅れて問題が取上げられる形となっているのですが、問題の重要性からいたしますと、ウラン濃縮などと同じ程度あるいはそれ以上の重要性をもって核燃料サイクルの一環をなしているといっても過言ではありません。

ところで、エネルギー資源問題が国際的に大きく取上げられてきている情勢のもとで、今後、原子力への依存度がますます高まってくることは必至であります。これに合わせて、核燃料サイクルを安定したものとして発展させて行くためには、国際協力が是非とも欠かすことのできないものであり、現に、ウラン濃縮については、国際共同事業計画が、世界的な場で、進められつつあります。また、再処理についても、ヨーロッパなどでは、国際的な協力のもとに事業が進められております。

わが国としても単独で行なうより、国際的協力のもとに再処理事業を進める方が相互に有利であり、かつ事業も推進し易い場合が考えられますので、このことをわれわれは十分に検討する必要があると思えます。

このような観点にたって、日本の再処理需給の見通しについて考えてみたいと存じます。

### 1. わが国の再処理需要

#### (1) 諸機関の見通し

一昨年（1999年）の3月、日本原子力産業会議で、「2000年にいたる原子力構想」をまとめて発表いたしました。これは、原子力発電の規模を1980年2,700万kW、1985年6,000万kW、1990年1億1,000万kWとして構想を組み立てたものでありまして、この前提のもとに再処理需要を想定いたしましたのが、ここに掛図で示したものでございます。（第1図参照）

この巾の下限は、新型転換炉の実用化を見込まない場合の年々の再処理需要でありまして、こちらの上限は、1981年以降に新設リプレースされる原子炉の、約30%を新型転換炉とした場合の再処理需要を示しております。

これで見ますと、わが国の再処理需要は、1980年で約500トン・ウラン、1990年で、2,000ないし2,800トン・ウランとなっております。総合エネルギー調査会の原子力部会が一昨年(1981年)の12月に中間報告として発表した見通しが、この「青い点」、原子力委員会が昨年(1980年)6月、原子力開発利用長期計画(以下「長期計画」と申します)に発表した見通しが、この「赤い点」(1980年700トン、1990年2,600トン)でありますので、それぞれ炉型に若干の違いがあるようでございますが、ほぼ同じ傾向線上にあります。

## (2) 近年度におけるわが国の需要

それでは、わが国の近年度における原子力開発とそれに伴う再処理需要の動向について述べます。

現在稼働中の軽水炉は、4基(166万KW)となり、既に一部の使用済燃料の排出が始まっております。また、現在建設中の軽水炉は、16基(1,281万KW)でありますから、これらが全部運転に入る1977年には20基1,447万KWとなります。

最近、原子力発電所の建設が、立地、環境の問題で、なかなか難航しているのが実情ですが、わが国のエネルギー問題を解決するためには、これらの問題を解決し、原子力開発を推進する必要が痛感されます。したがって近年度の再処理需要は、少なくとも、ここに示しました図の下限線を下回ることはないと考えられます。

## (3) 自由世界の需要

さて、このようなわが国の再処理需要を、自由世界全体の中で考えた場合は、どういふ位置づけになるのかを考えてみたいと存じます。

米国における二酸化濃縮ウラン燃料の再処理需要については、AECが1971年版のTHE NUCLEAR INDUSTRYに、NUCLEAR ASSURANCE CORPORATIONの報告した数値(1971.10現在)を引用しておりますが、それによりますと1980年の年間需要は、2820トン・ウランとなっております。

一方、ヨーロッパについては、FORATOMが昨年発表したTHE NUCLEAR POWER INDUSTRY IN EUROPEによると、二酸化濃縮ウラン燃料の再処理需要は、1980年で年間2,100トン・ウランという数値(1971.12現在)を掲げ



ております。

その他の諸国については、E N E A と I A E A の原子力発電予測から推定いたしますと全部合わせて日本とほぼ同じくらいでありますので、自由世界全体の再処理需要は、わが国も含めて、1980年で、年間6,000トン・ウラン程度と見られます。

こうしてみますと、わが国の再処理需要は自由世界のほぼ10分の1に相当するものでございまして、わが国の需要が、再処理事業に対して、如何に大きな市場を形成することになるかがわかります。

## 2. わが国の再処理供給力

### (1) 動燃事業団が建設中の第1号施設

以上、わが国の再処理需要の動向や規模についてご説明してまいりましたが、これに対して、わが国の再処理能力はどうかと申しますと、皆様ご承知のように、動力炉・核燃料開発事業団が、茨城県東海村にわが国第1号の再処理施設を建設中であり、1975年1月に営業運転を開始する予定であります。

#### i 第1号施設工事の進捗状況

事業団のお話によりますと、本年2月末の第1号施設の進捗率は65%程度であり、1974年7月には燃料プールが完成しますので、ここにまずテスト用の燃料が運び込まれて、同年10月には実際の使用済燃料を使った試運転が始められるとのことであります。

#### ii 再処理能力と需要

この第1号施設の再処理能力は、日産0.7トン・ウラン、年間にして210トン・ウランであります。

一方、1975年から1978年に至る使用済燃料の排出量は、各年70トン、110トン、170トン、330トン程度と見られております。

したがって1978年には、需要が第1号施設の能力を上回ることは、ほぼ確実でございまして。

このオーバーフローする需要を処理する対策としては、第2号施設の建設、海外への再処理委託、あるいは使用済燃料の一時貯蔵など、いろいろと考えられております。このうち、第2号施設は、計画から運転開始までに7及至8年を必要とするといわれておりますので、相当のリードタイムをもって計画を決定しなければなりません。

## (2) 第2号施設

第2号施設の建設のためには、また、以下に申し上げるような問題を解決しておかねばなりません。

### i 第2号施設の事業体制

その一つは、事業体制でございまして、原子力委員会では、その長期計画の中で、「施設の建設、運転を民間企業で行なうことを期待する」と表明しております。

しかし、原子炉規制法の第44条に「動力炉・核燃料開発事業団以外の者は、再処理の事業を行なってはならない。」と明記してありますので、その改正が必要であります。

また第2号施設を民間企業として成立させるためには、再処理料金を国際的に競合し得るような水準としつゝ、事業の採算を維持できるようにしなければなりません。このため、スケールメリットを最大限に発揮して再処理コストを低減させることが必要であります。なお、わが国の民間再処理事業は、国際的にも、発足がおくれております。

これらの点から、国が、その育成策を講ずる必要があり、エネルギー調査会原子力部会の中間答申、ならびに原子力委員会の長期計画にもこのことが強く唱えられております。

すなわち、

- (1) 一つは、再処理工場の建設を容易ならしめるため、所要の資金的措置を講ずること。
- (2) 第2に、再処理工場の立地にあたり、必要に応じて周辺環境の整備を行なうなど積極的な措置を講ずること。
- (3) 第3に、環境に放出される放射性廃棄物を極力少なくするために必要な研究開発は、動力炉・核燃料開発事業団および日本原子力研究所が中心となって積極的に行なうこと。

の3点が政府の講ずべき育成策としてあげられております。

### ii 施設の規模と運転開始の時期

次に、第2号施設の規模および運転開始時期について申し上げます。先程、第1号施設が1978年には満杯になると申しましたが、その直後に第2号施設を運転開始するということになりますと、施設の稼働率を適正水準に保つためには、再処理能力

を比較的小さくせざるを得ません。そうしますと、スケールメリットが得られず、再処理コストが高つく結果になりますので、事業の採算性に難点が生ずることになります。

反対に、施設の規模を過大にすると、当初の稼働率が低下いたします。

このような観点から、現在、海外において計画または建設中の施設の規模は、おゝむね日産3及至5トン・ウラン、年間処理能力にして900及至1,500トン・ウランとなっております。

総合エネルギー調査会・原子力部会の中間答申でも、日産3及至5トン・ウランのプラントを1982年及至1983年頃に、運転開始するのが適当であると報告しております。

(掛図を示しながら)

これを図示いたしましたのが、ここにあります緑色の線と、紫色の線でございます。緑の線が日産3トン・ウランの施設の場合、紫の線が日産5トン・ウランの場合を示しております。

需要が第1号施設の容量を上回る1978年から、第2号施設の運転開始までの期間は、日産3トン・ウランの場合は4年間、日産5トン・ウランの場合は5年間となります。この間に排出される使用済燃料については、海外再処理委託とか、一時貯蔵などによってしのぐこととなると見られます。

なお、第2号施設を日産3トン・ウランとした場合は、下限線によると、1985年までの4年間のわが国再処理需要の全量を処理することができます。

また、日産5トン・ウランとした場合には1988年までの6年間の全需要を賄い得る見通しでございます。

### iii 建設スケジュール

次に、建設スケジュールの問題でございますが、前述のように、計画から運転開始までに7ないし8年を要しますが、このほかに、サイト選定に相当期間を見込むとなりますと、さらに長期のリードタイムをもって建設計画の作成に着手することが必要でございます。

### iv 立地点の選定

したがって、工期を左右するのは、サイトの確保でありまして、環境問題の厳しい現状では、最も重要な課題であります。

前述のように、原子力委員会の長期計画でも「必要に応じ、政府が積極的に周辺環境の整備を行なうなどの措置を講ずるものとする」との提言をしております。

この線に沿って、政府が万全の配慮をされることを期待いたします。すなわち、

- (1) 第1に、放射性廃棄物の処理処分については、動力炉核燃料開発事業団と日本原子力研究所が中心になって、その技術開発を進めておりますが、政府において、さらに積極的に、その実用化の促進をはかること。
- (2) 第2は、第2号施設の計画を進めるには、放射性廃棄物の処理処分の技術基準等いわゆる立地基準を制定することが焦眉の急であります。これは、施設の規模および設計内容をも規制することになるからであります。
- (3) 第3に、欧米では、政府が卒先して廃棄物処分に取組んでおりますが、わが国においても、政府が、廃棄物処分の方針をたて、これを実施するよう要望するものであります。

### 3. 今後の課題

以上、わが国の再処理需要の見通しと、これに対する供給力確保に必要な諸条件について述べ、特に第2号施設に関する検討事項についてお話をしてまいりました。

今後の課題といたしましては、

- (1) まず第1に、前述の通り、政府と民間との役割を明確化し、その実現の促進をはかることであります。この点については、既に、具体的に若干述べてある通りであります。
- (2) 第2に、事業体制の問題であります。

わが国が独自で第2号施設を建設する場合には、既に、第1号施設を建設中でありますので、これが実働を始めれば、その運転経験をもとに、わが国独自の技術により規模を拡大して建設することが可能であります。この場合、再処理需要は概ね国内に限られるため、立地は、輸送、その他の面から国内となり、経済的観点から、施設の規模を検討する必要があります。また、廃棄物処理について充分検討を要します。

しかしながら、冒頭に述べたように、現状においては、単に国内にとどまらず、海外の事業者と協力しつつ事業を進めることが、経済性その他の点で有利な場合もあり得ます。その場合は、共同事業体制とすることが考えられますが、その需要は、わが国のみならず、海外の需要をも対象とすることとなり、概ね、海外に立地することが考えられます。この場合の利点としては、日本の技術のみならず、海外の技術を採用する等、選択の可能性のあることや、需要が大きいため施設のスケールメリットを追求できるなどの点があります。

反面、長距離輸送を伴いますので、経済性などの検討を必要といたします。また、立地についても如何なる規制、規準によるべきか、廃棄物処理処分問題をどのように解決すべきかなどの検討が必要になります。

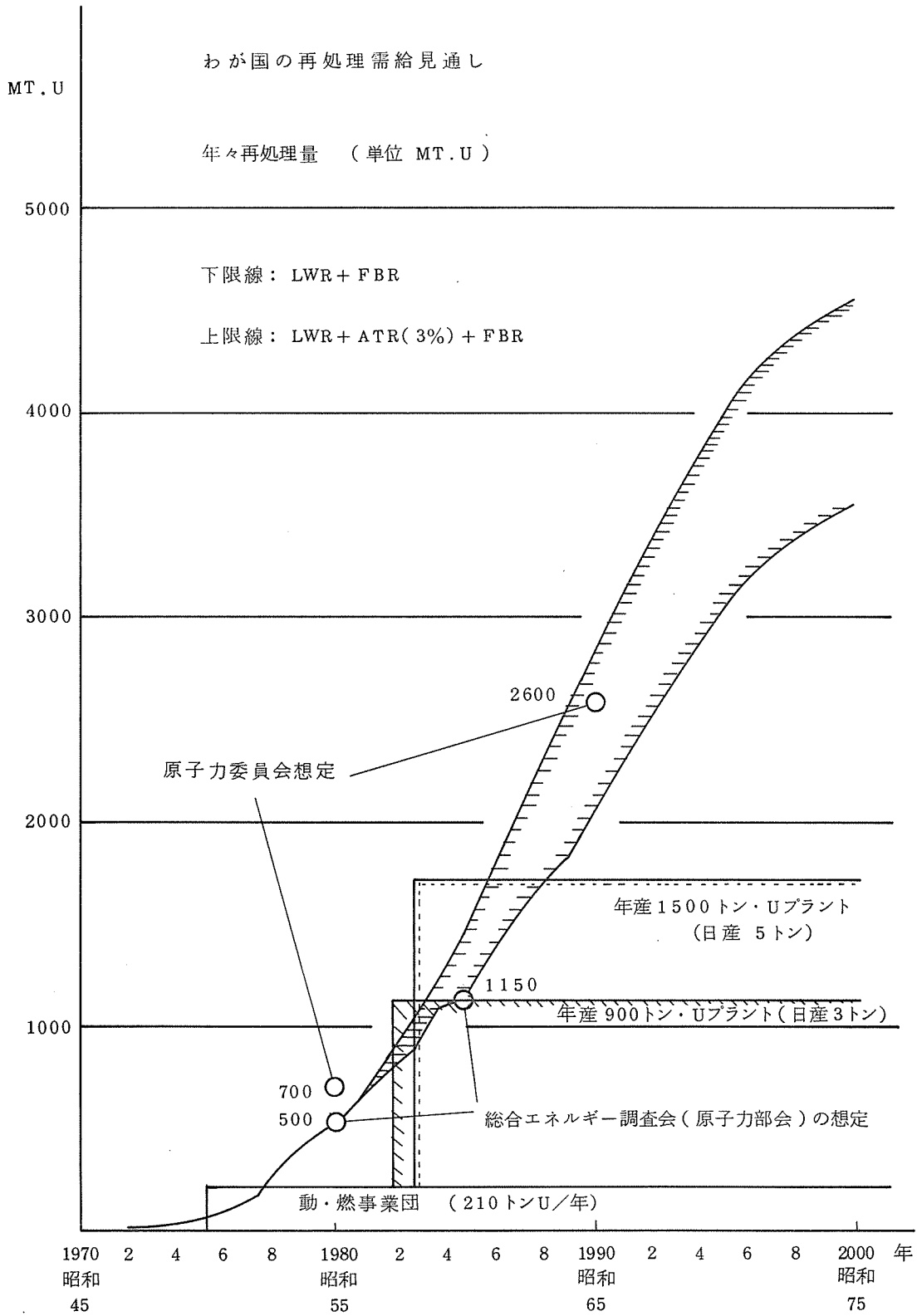
このような視点にたつて、私共、日本原子力産業会議の再処理問題委員会は、事業体制、立地問題、施設の規模と運開時期、技術、経済性、廃棄物処理などについて、包括的に、引続いて審議を進め、わが国の再処理体制確立に寄与いたしたいと存じます。

〔むすび〕

幸い、本日、これから各国の最高権威の方々が、意義深いお話をして下さいますので、われわれとしても、これを十分参考として、今後よく検討し、ここ1年以内に実りある成果を得ますよう努力いたしたいと存じます。

ご静聴ありがとうございました。

第 1 図



## 共同再処理事業の現状ならびに将来プラント のためのヨーロッパ技術（発表-1ならびに発表-2）

### 〔発表-1〕 ヨーロッパにおける燃料再処理の現状

ユナイテッド・リプロセッサーズ社（西ドイツ）

ゼネラル・マネジャー P. ツルケ

#### 1. まえがき

ヨーロッパにおいては、産業は近代技術の必要性に見合うよう編成が進んでいる。核燃料サイクルに関して United Reprocessors の設立はこの方向に沿って重要な一歩を画した、使用済燃料の再処理は大規模にすることで初めて効果的に運営されるものである。再処理事業と並行して補助的なサービス、例えば燃料輸送、プラント建設などを調整し、人材、資金及び長い貴重な経験をもつ優れた関連産業を結びつけた。

#### 2. ヨーロッパにおける燃料再処理のバックグラウンド

ヨーロッパでは、再処理はイギリスのプルトニウム生産計画を遂行するために始まった。1949年に再処理のパイロットプラントがチョークリバー（カナダ）に出来た。一方ハウエル（イギリス）の研究計画があった。それらの技術情報が1952年に運転を開始したウィンズケールプラント（イギリス）に使用された。ウィンズケールプラントでは天然ウラン燃料を再処理した。溶媒抽出法は重力流下式の塔を用い溶媒にはジブチル・カルビトール  $C_4H_9O(C_2H_4O)_2C_4H_9$ （ジエチレングリコール ジブチルエーテル）を使用した。1958年にはこのプラントを拡張し、コールダーホールおよびチャペルクロスの原子炉用燃料を処理するようにした。

1958年には続いてフランスCEAのマルクールプラントが運転を開始した。このプラントは天然ウランの金属燃料を再処理するように作られ、抽出器にはミキサーストラーを、溶媒にはTBPを使用した。同じ年にドンレー（スコットランド）でUKAEAの2つのプラントが運転を開始した。第1のプラントは材料試験炉用燃料の再処理を、第2のプラントはドンレー高速炉DFRの燃料の再処理を目的とした。DFR用燃料は、初め

はニオブで被覆されたクロム・ウラン合金であった。

1964年にはウィンズケールでイギリスの第4再処理プラントの運転が開始された。このプラントは現在も稼動しており5,000MWeのマグノックス炉開発計画から出る燃料を商業ベースで再処理するために建設されたものである。これの当初の能力は天然金属ウランで1,500トン/年であった。その後改造や改良が行なわれた結果、天然ウラン2,500トン/年の能力に増加した。現在までにこのプラントで約16,000トンの燃料の再処理をして来た。

1966年に更に2つのプラントが稼動を開始した。その1つはユーロケミック・プラントである。これはヨーロッパにおける再処理技術発展を目的として多国の協力で作られた試験プラントである。第2はラ・アークにあるフランスの再処理プラントで、これは当初はウラン900トンの能力をもち、更に900トンの拡張計画をもったもので、フランスの発電計画に応ずる燃料再処理のための大規模プラントである。

続いて小規模の実験プラントが数ヶ所に出来た。即ちカールスルーエ(西ドイツ)のWAKプラント(50トン/年)、イタリアのEurex 1(0.3トン/年、MTR燃料)、イタリアのItrec(トリウム-ウラン燃料)である。

1969年にはラ・アークにおいてラブソディ高速炉用燃料の再処理のため小規模プラントが稼動した。ドンレー高速炉DFR燃料の再処理プラントは高速原型炉PFR燃料を処理出来るように改造中である。

1969年まではヨーロッパでは試験用燃料だけが酸化物燃料として再処理を必要とするものであった。イギリスのAGRの計画が発足した年に、ヨーロッパにおいて軽水炉から燃料が排出され始めたので、ウィンズケールプラントをマグノックス燃料の他にLWRやAGR燃料も再処理出来るように改造することを決定した。年間400トンの能力をもつ“ヘッドエンド”(チョップ・リーチ・プラント)をウィンズケールに建設した。“ヘッドエンド”から出た溶解燃料はウィンズケール・プラントの溶媒抽出系に供給される。酸化物燃料溶解液の中間貯槽を用いるので、濃縮ウランや天然ウランの処理は同じプラントで出来る。

1970年までにヨーロッパでは約10近くの再処理プラントが建設された。そのうち数プラントは実験的なものであるから規模が小さすぎて商業ベースで運転は出来ないものである。大規模プラントはフランスとイギリスにあって、それぞれ自国の大型原子力発電計画に応じ得るものであった。



### 3. フォーラム研究グループの報告

フォーラム研究グループは1969年にヨーロッパにおける再処理の将来についての報告を発表した。この報告の結論は次のようである。大規模(3~5トン/日)のプラントを運営する方が経済的に有利であるが、この利点はプラントがフル稼働するときに発揮される。稼働率が低い場合はコスト負担が大きいので、新設プラントの規模と運開時期は処理される燃料の増加量に見合っ、出来るだけ早くフル稼働になるようにすべきである。また、この報告では再処理についてヨーロッパにおいて全体として協調すれば経済的に明らかに有利であると結論づけている。

### 4. 再処理の経済性

再処理プラントには多額の投資が必要である。総建設費(overall capital costs)は1972年の価格で、300トン/年プラント(1トン/日)で4500万ドル、1,500トン/年プラント(5トン/日)で8,500万ドル程度と考えられる。既設のプラントや建設中のプラントの従来発表された建設費はエスカレーションや特別のファクタに対する適当な補正をすれば上記の数値と全般的に一致する。

再処理について第1に云いたいことは、資本費が大きく、操業費の大部分は固定費であるからプラントの稼働率が再処理単価に大きく影響することである。操業費のうち比例費は実際に全操業費の約10~20%にしかならず、比例費の約80%は放射性廃棄物の処理および永久貯蔵の費用である。

プラントの寿命を15年、初めの5年間は平均50%の稼働率、その後は90%、そして投下資本の回収率を20%とすれば、再処理コストは1トン/日のプラントでは88\$/Kg、5トン/日のプラントでは33\$/Kgになる。これらのコストには輸送費や転換費は含まれていない。これらの関係数値は第1表に示されている。

使用済燃料の価値も考慮されねばならないファクターの1つである。これはプルトニウムの価値により大きく影響される。核分裂性プルトニウムを6\$/gとすると第2表に示すようにPWR燃料の価値は70.2\$/Kg、BWR燃料は49.8\$/Kgになる。

再処理コストや価格の将来の傾向を検討するには、廃棄物の処理、処分コストが増加することが確実なので、これを考慮しなければならない。然し、ヨーロッパの技術はコストを低下させることを確信している。

## 5. ヨーロッパ市場

ウィンズケール及びラ・アーク・プラントで再処理するマグノックス型原子炉の燃料を除外すれば、ヨーロッパにおける再処理の全需要量は1972年では100トン/年であるが、1980年に1,400トン/年に増加すると考えられる。1980年代では再処理需要量は急速に増加し、1985年には4,000トン/年に近づくと現在のところ予想される。

1980年代までにヨーロッパでは効率のよい成長性のある再処理産業が出来なくてはならない。それは電力に経済的にサービスを提供出来ると共に、将来拡張する場合健全な投資基盤を作り得ることを強調したい。約1,500トン/年の規模が最適であるとすれば、1980年代初期以後2～3年毎に新しいプラントが必要である。

## 6. United Reprocessors の構成

フォーラムの研究結果を取入れ、将来のヨーロッパの需要に照してヨーロッパの原子力の3大国、フランス、ドイツ、イギリスは再処理の分野で協力することを決定した。

CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique), KEWA (Kernbrennstoff - Wiederaufarbeitungs Gesellschaft MbH), BNFL (British Nuclear Fuels Limited) が1971年10月にUnited Reprocessors GmbHを作った。

United Reprocessors は上記3国政府の支持を受けており、その目的は次のようである。

1. ヨーロッパにおける再処理プラントへの投資額の強調
2. 出資者の所有する既存および将来建設するプラント向けの受注
3. フランス、ドイツ、イギリスの再処理の分野におけるR & Dの協調
4. これら3国内に建設される再処理プラントに対する設計、建設面での協調
5. 再処理のための関連事業の協調

United Reprocessors は現在のところ熱中性子炉からの照射済酸化物燃料だけを取扱っている。現在の出資者は3国であるが、将来は他の国がUnited Reprocessors に参加することを考えている。

これにはヨーロッパの国だけでなく、その他の国も含まれる。

## 7. 関連事業 (supporting services)

1952年から現在までに6つの再処理プラントがフランスとイギリス内に建設された。20年にわたり継続してR&D, 設計, 運転を行なってきたので, 開発, 設計, 運転のスタッフは高度な経験を持っているばかりでなく, これらのチームは互に密接に連携しているから, プラントの運転経験から得た技術情報は設計者に豊富にフィードバックされるので, 次に建設するプラントに大きな利益をもたらしている。これは世界のどこにも見られない特徴である。

再処理に対する関連事業もまた再処理機関に密接に繋がっている。BNFLは輸送キャスクの装置設計やテストを行っており, 世界中の照射済燃料を輸送する機関を設立した。現在燃料は, 日本, インド, オーストラリア, イタリア, スイス, スペイン, フランス, ドイツ, デンマーク, カナダからイギリスに運ばれている。イギリス国内の照射済燃料は毎年約1,500トンがウインズケールに運ばれている。フランスではTransnuclaireがCEAと密接な関係を持っており, それは燃料を多量にアメリカに送ったり他国から輸送している。同時に自国の照射済燃料をフランスの再処理プラントへ大量に輸送している。ドイツでは輸送会社TRANSNUCLEARが活躍している。

現時点では $UO_2$ 燃料を受入れる唯一のプラントはウインズケールであり, 400トンの酸化物燃料処理の能力があり, 1975年に800トンに拡張する予定である。ウインズケールは既にAGRガリアノ, リンゲン, オブリグハイム, ベスナウ, ゴリタ炉からの燃料を再処理しており, 近いうちに敦賀炉(原電2号炉)からの燃料も再処理する。敦賀からウインズケールに運ばれる最初の燃料は1973年3月末に処理される。ラ・アークプラントは現在金属ウラン燃料を再処理しているが, 1975年までに $UO_2$ 燃料処理のため800トン/年のヘッドエンドを取付けるので,  $UO_2$ 燃料に対する欧州の能力は1975年までに1,600トン/年に増加する。

プルトニウムとウランの最終処理は重要である。ウインズケールにあるBNFLプラントにおいては $PuO_2$ , 金属Puを毎年3トン以上生産している。 $UO_2 \cdot PuO_2$ 混合酸化物粉末はプルトニウム富化の高速炉用, 熱中性子炉用燃料ピンと同じようにウインズケールのサイトで作られている。

BNFLスプリングフィールド工場で, 再処理により回収された製品から $UO_2$ 粉末 $UF_6$ を生産している。殆んどどの要求される仕様に合う $PuO_2$ ,  $UO_2$ の製造技術が開発されている。

CEA は  $\text{PuO}_2$  , 金属プルトニウム製造とプルトニウム燃料加工をするプラントを持ち、CEA と連繋のある機関が  $\text{UO}_2$  ,  $\text{UF}_6$  を製造している。

BNFL は  $\text{PuO}_2$  の輸送について日本を含む世界の多くの国へ輸送の経験があり、同じ経験がフランス、ドイツにもある。

回収された  $\text{UF}_6$  を USAEC へ輸送することは BNFL により既に行なわれているサービスである。

## 8. 将来のプラント

ヨーロッパにおける第3プラントは1982年頃になると必要になると思われる。フランス、ドイツ、イギリスにおける知識や経験を協調するため、概括的な検討を開始したばかりである。BNFL と、CEA プラントを建設し目下PNCの東海の再処理プラントを建設しつつある。

St Gobain Techniques Nouvelle と、またカールスルーエ再処理プラントの設計、建設をしたドイツのUhde と Lurgi で討議が行なわれている。

これらの3グループの仕事は協調されて、将来ヨーロッパや世界の各地で作られるプラントの設計建設に協力するつもりである。この報告の第2部は将来のプラント設計を取扱っており、上記のエンジニアリング・グループの人々によって記述されている。

United Reprocessors はフランスとイギリスにおけるプラントを協調させて、最適な再処理を実施する能力があり、ヨーロッパの内外で発生する燃料の再処理が可能である。

既知の計画に対し必要な時に将来の新プラントの建設を考えるから、予め依頼があればヨーロッパの外からも大量の燃料を受入れることが出来る。2つのプラントは1975年から並行して運転するので、プラントに故障があっても再処理サービスが保証出来るし、イギリス、フランス内で大量の核分裂性物質を貯蔵しているので、これの使用もまた保証する。

## 9. 結 論

再処理と輸送、後処理のサービスはUnited Reprocessors を中心としてヨーロッパ内で組織されている。プラント設計、建設全部に関するR & Dは現在協調されつつある。このヨーロッパの組織は原子力発電産業に役立つように作られ、世界の他の地域と連繋することによって強化される。United Reprocessors は同じような協調の必要性がある

日本との協力を強く期待している。

第1表 再処理費

(15年以上の平均コスト)

プラント能力	1トン/日	5トン/日
投 下 資 本	4,500万ドル	8,400万ドル
プラント建設期間	5年	5年
耐 用 年 数	15年	15年
稼 動 率	5年間 50%	5年間 50%
	10年間 90%	10年間 90%
操業費のうち 固定費	340万ドル/年	470万ドル/年
"    比例費	5.6ドル/Kg	4.5ドル/Kg
R & D 全コスト	400万ドル	500万ドル
資 本 回 収 率	20%	20%
平均再処理費	88ドル/Kg	33ドル/Kg

第2表 照射済燃料価格

排出燃料濃縮度 % U235 (31,000 MWD/t)	ウランの価値 \$/Kg (硝酸塩として)	代表的な Pu(fiss) 成分 Kg/t (31,000 MWD/t)	Pu 価値 \$/Kg (6\$/g-fiss)	核分裂物質の 全 価 値 \$/Kg
PWR 0.9	31.2	6.5	39.0	70.2
BWR 0.7	15.6	5.7	34.2	49.8

定常状態における PWR, BWR 燃料に対する数値を示す

## [ 発表 - 2 ] 将来の再処理工場へのヨーロッパ技術の適用

ブリティッシュ・ニュークリアー・

フュウエル [ BNFL ] 社 ( イギリス )

ケミカル・アドバイザー

D. W. クレランド

### 1. 序

多くの国々で、経済の非常に急激な成長と化石燃料の限られた資源問題は、原子力発電の急速な開発をうながした。

新しい原子力発電所から排出される使用済燃料が増加するため、現存の再処理工場の処理能力を何時かはこえてしまう。

競争力のあるサービスが可能であるためには、商業用再処理工場は大規模処理能力を備え、高負荷率で運転されなければならない。そのためにはこれ等の条件が満足できるように新しい工場は運転開始を時宜に適した時にしなければならない。

ヨーロッパと日本において年間 1,500 t の酸化物燃料の処理能力を持つ新しい再処理工場が必要であり、1982年から経済的な操業が可能であろうと示唆されてきた。

しかし、勿論最適時期は新しい原子力発電所の実際の建設状況によって決まる。

これ等の再処理工場の建設時期と規模を最適化することに加えて、最高度の安全性と経済性を達成するために既存の大規模工場の経験を生かすことが必要であろう。また、最善の結果を得るために、最新の開発された技術を取り入れることが必要となろう。

この20年来、ヨーロッパは原子力開発の最先端に位置しており、ここで多くの種々な種類の原子燃料を処理するために種々な場所で、多数の再処理工場が建設され、運転されてきた。

最近の2年間に欧州において、2つの組織上の発展がなされた。

その第1は1971年10月の United Reprocessors UNIREP の結成である。

その第2は、大規模再処理工場の研究、設計および建設に対する共同サービスを提供するための British Nuclear Fuels Limited (BNFL), Saint - Gobain Techniques Nouvelles (SGN) および Uhde-Lurgi 社の連合である。

この発表は BNFL, SGN および Uhde/Lurgi 社が共同で作成した最初の国際発表であ

り、この情報が有益な批判と議論をまきおこすことを念願して提出するものである。

## 2. 将来の再処理工場の一般仕様

本文の目的のために次の前提をおくこととしたい。

- i 処理能力 使用済燃料 1,500 t/年
- ii 燃 料 ジルカロイあるいはステンレス鋼被覆の酸化ウラン燃料  
濃縮度：未照射時 5%まで  
燃焼率：50 MW/t において 40,000 MWD/t まで
- iii 製 品 精製硝酸ウラニルおよび硝酸プルトニウム溶液  
硝酸ウラニルを二酸化ウランあるいは六ふっ化ウランまでの転換のため、および硝酸プルトニウムを二酸化プルトニウムへ転換するための追加施設が作られるかも知れない。  
ネプチニウム回収施設も作られるかも知れない。
- iv 工程範囲 使用済燃料受入およびカスクよりの取り出し使用済燃料の冷却  
切断および溶解溶媒抽出による精製と分離  
製品の濃縮と貯蔵  
硝酸回収  
気体、液体および固体廃棄物管理  
分析サービス  
敷地内各種付帯サービス

## 3. 環境保護

環境への影響は大きな関心と興味のある問題であり、また公衆の注視も大規模再処理工場の中で濃縮される大量の放射能へ集中されるので、大きな事故の場合でも放射能が完全な方法で密封され、検査されることがまず第1に必要であり、第2に外部への放出は実用的な限り低くおさえなければならない。

多くの場所で軽水炉が利用されているため、廃棄物処分の方式がすでに確立されているので、すべての種類の原子力施設の将来の処分のレベルは同じ統一された放射能処分限度に達することを要求されるだろう。もしこのような原子炉施設が容認されるならば、再処理工場も同じ廃棄物処分限度に見合わねば容認されないと考えることは全く合理的なこと

である。

そう考えると、軽水炉に適用される米国原子力委員会規則 10 CFR Part 50 中の最低限度が適用されなければならないと仮定できるであろう。この規則では敷地から放出される放射性物質の濃度と全体の量により近くに住む個人の放射線被ばくも 5 ミリレム / 年を超えてはならず、またかなりの人数のグループの平均被ばくが通常 1 ミリレム / 年以下でなくてはならない。

これらのレベルは一般公衆に対する国際勧告 (ICRP) の最大許容被ばく量の 1/100 と 1/500 になる。敷地周辺に住む個人の場合、この値は通常の天然放射能の一般水準の 5% の増加を意味する。

廃液の環境への放出については、天然の水へ放出される前に  $2 \times 10^{-8} \mu\text{Ci/ml}$  へ希釈され、トリチウムを除いて  $5 \text{ Ci/ml}$  の制限値が勧告されている。また、トリチウムについては環境へ放出される前に  $5 \times 10^{-6} \mu\text{Ci/ml}$  へ希釈されることが勧告されている。

このように低レベルにするため、例え少量の放射能でも希釈するために極めて大量の水が必要とされる。

この規則は非管理区域への排気を管理し、敷地外のどの場所でも戸外で連続して居る個人が年間 5 mrem を超えないようにすることを勧告している。

究極的には、貯蔵廃棄物に占拠される面積も大きな問題で、敷地面積を最小限にとどめる方法を考えることは重要である。

適用しなければならぬと思われる環境保護の標準について概略を述べたので、次に将来の再処理工場においてこれ等の標準を達成するために必要な主な設備について考えてみたい。

#### 4. 進歩した欧州技術に基づいた将来の再処理工場の概念

##### 再処理工場の概念

再処理工場に適合すべき主な規準は次のものである。

- 一環境保護と安全性
- 一操業性
- 一信頼性
- 一経済性

現在開発中の進歩した技術を取り入れた工程や機器を選択することによりこれ等の規準



は溶媒抽出に基づいた工場で達成されるであろう。

## 工 程

製品の回収率と純度，極めて低い環境への排出の可能性，高い融通性を持たせ，処理のやり直しのための施設（rework）をはぶく等，高度の仕様に対する要求に応じて工程の選定がなされる。

それ故，大規模工場に対しては，投資と操業費をできるだけ少なくするために可能な限り連続工程が望まれる。運転員と日常分析を少なくするためイン・ライン・コントロールを持った高度の自動化がなされる。

廃棄物量を少なくするために塩を入れない工程が望ましい。  
また可能な限り分析廃棄物を少なくするために，化学的分析法よりも物理的分析法が好ましい。

廃棄物の貯蔵に要する面積を最小にするとともに密閉を完全なものとし，また永久処分のために再び取り出す事ができるようにするため最も適した工程が用いられるであろう。

## 機 器

2種類の機器が考えられる。

一定期的な保守作業が必要なため，遠隔操作により保守あるいは交換されなければならない機器。これは主にメカニカルな機器である。

—長い年月にわたって操業できるように設計され，建設され，例外的な保守だけが必要とされる機器。この場合，予め設置されている器具によって先ず除染した後，直接保守が可能である。

すべての場合に，工場内に設置される放射能を取り扱うすべての機器を信頼性のあるものにするため，製作規準や仕様が特にこの目的のために長い間にわたって開発されて来ており，また品質管理が特に厳重でなければならない。

### 燃料受入れ，カスクよりの取り出しおよび貯蔵

燃料要素は道路，鉄道あるいは船で重い遮蔽カスクに入れられ原子炉から輸送される。カスクの製作コストは高いのでカスクよりの燃料取り出しはできるだけ早くしなければならず，燃料取り出し工程は工場内でのカスクの滞留時間を少なくし，また特にいくつかのカスクを同時に受け入れ，またカスクからの燃料取り出しが同時に出来るように設計されるであろう。

燃料取り出しは，乾式セルまたは水中で行なわれるであろう。乾式燃料取り出し方式は

より費用がかかるけれど、カスクの外部汚染を少なくし、従って除染の時間と費用を少なくする。

#### ヘッドエンド

切断および溶解法 (Chop and Leach) が用いられるであろう。

溶解前の機械処理を最少にするため燃料要素切断機がもっとも適している。

溶解には、切断機から直接切断燃料を供給する高処理能力の連続溶解槽が次のような多くの利点を持っている。

— 過剰反応のない一様な操業

— より容易な酸回収と気体状核分裂生成物の除去

— 熱サイクルを避け得るため機器の耐用年数をのばせる事

— 核分裂性物質の滞留を少なくできる事、加えて可溶性の中性子毒を溶解槽の処理能力を増加するために用いるかも知れない。

溶解液の清澄は遠心分離により行なえるであろう。

#### 溶媒抽出

ウランとプルトニウムとも必要とされる除染係数を定常的に得るために3段の溶媒抽出サイクルが考慮されている。

— 第2段目のサイクルでプルトニウムとウランを分離する2回の共除染サイクル

— ウランのための1回の精製サイクル

— プルトニウムのための1回の精製サイクル

大規模工場の高燃焼燃料再処理のために、多段式遠心抽出機が特別に設計された。第1サイクルにとって、この抽出機は最短の滞留時間ですむため溶媒の放射線損傷を最少限に止めうる。

他のサイクルに多段式遠心抽出機を利用すると、燃料の滞留量を少なくできるため、濃度の違う燃料を処理する場合その間の洗浄は非常に早く行なうことができ、あるいは不必要ですらあり、少量のロットの燃料を処理する時、工場の処理能力を低減させることを最少に止め得るのでキャンペーン操業に特に有利である。

廃棄物量を少なくするために、プルトニウムの酸化および還元には塩を使用しない工程が用いられる。

最終製品である硝酸ウラニルと硝酸プルトニウムは蒸発により濃縮される。プルトニウムの濃縮には特殊な蒸発機が開発され運転されているが、これは幾何形状により臨界安全

であり、また高処理能力を持っている。

#### 液体廃棄物

現在の処理方法は環境へ排出することを許されるレベルまで廃液中の核分裂生成物（トリチウムを除く）の放射能を下げることができるであろう。しかし、トリチウムは除去されないで、これを許容されるレベルまで希釈することが主たる問題となろう。

最も好ましい解決法は敷地内に液体廃棄物をすべて密封することであろう。そしてこれを達成するための専有の工程が現在欧州で研究されており、その目的は廃棄物を環境中へ液体あるいは蒸気として処分することを避けることである。

#### 高レベル廃棄物

この廃棄物は再処理全体の中で最も危険な環境問題を含んでおり、有効な管理と連続した長期的安全性を確保するために最も注意を要し、また詳細な検討が必要である。

最高の処理能力まで処理を行ない、最高の燃焼率まで燃えた燃料を処理し、20年間工場運転をすると約6,500 m<sup>3</sup>の高レベル濃縮液体廃棄物が生じ、その累積核分裂生成物の崩壊熱は約45 MWとなる。

この廃棄物を処理するのに3つの方法が考えられる。

- A 案 貯槽中に濃縮廃液を貯蔵する。
- B 案 貯槽中に濃縮廃液を中間貯蔵（5年）し、次いで固化する。
- C 案 直ちに固化する。

第1表にこれら3案の比較表を示した。また工場の滞用年数にわたってこの3案の液状における累積核分裂生成物の崩壊熱を第1図に示した。

第1表からわかるようにA案とB案はこの危険な廃棄物を長期間密封するため、多数の貯槽を必要とする。ある地域では、その地震の歴史を考えると、これ等の案を推せんできるかどうか、検討してみる必要がある。

第1図からわかるように、B案は固化プラントを使用するにも拘らず、大部分の放射能は中間貯蔵の間、まだ液状であるので、全体として安全性は著しくは改善されていない。

直ちに固化し、液状貯蔵をしないC案は、流動状の放射エネルギーを最少にするため、最も良い方法であろう。

固化は、今や長期貯蔵のために安定性と完全性を確保する最も安全な方法と考えられる。

どの場合でも固化された廃棄物の容器は水中で貯蔵される。この方法は崩壊熱を除去するのに最も有効で安全である。十分に崩壊した後は、容器は特別に設計されたコンクリー

トの貯蔵室の中に貯えられるであろう。

#### 中低レベル廃棄物

第2および第3サイクルからの廃液のような固体を少ししか含まない廃液は蒸発により濃縮され、濃縮液は高レベル廃液処理系へリサイクルされる。

固体を多く含んでいる廃液は別個に濃縮され、濃縮液は最小の容量に密封できるアスファルト中へ固化される。

#### 気体廃棄物

排気ガス処理は4つの別個の排ガス処理システムで出来ている。すなわち、燃料切断排ガス、溶解排ガス、トリチウムを含む槽類の排ガスおよびトリチウムを含まない槽類排ガスの処理系である。

#### クリプトン除去

40,000 MWD/tまで照射した燃料を1,500 t/年処理することは、23,000,000 Ci/年のKr-85を取り扱う事になる。クリプトンは切断および溶解排ガス系によって排出される。クリプトンはキセノンと共に回収されてから、ガス貯蔵の容積を少なくするために、有用なキセノンと分離することになる。

#### トリチウム密封

1,500 t/年の使用済燃料を処理すると約720,000 Ci/年のトリチウムを扱うことになる。トリチウムを含んだ廃棄物を大気中に常時排出することは容認されないであろう。この廃棄物を処理する別の方法が廃液および廃ガス管理系の一環として考慮されなくてはならない。

#### 沃素除去

沃素除去は半減期の短いI-131よりもむしろI-129の除去のために必要である。いくつかの洗浄法や吸着法が利用できる。

#### 高効率の微粉除去

工場から大気中へ放出される廃棄微粉を効率よく除去するために高効率のフィルターまたは、他の工程を経なければならない。

#### 固体廃棄物

前にも述べたように、長期貯蔵を要する固体廃棄物の容量を最少にするように工場は設計され、工程が選択されるであろう。

—固化された高レベル廃棄物は水中に貯蔵される。

- 中レベル廃棄物からの濃縮液やスラッジは長期貯蔵のためにアスファルトやコンクリートあるいは他の不溶性の物質中へ固化される。
- 溶解後の被覆片（ハル）は長期貯蔵用に包装される。
- 可燃性廃棄物は適当な排気処理を行ないながら焼却され、プルトニウムは灰から回収される。
- 不燃性の低レベル廃棄物は貯蔵のために包装される。

## 5. 再処理分野での欧州の研究開発

現存のヨーロッパの再処理工場をうまく設計および操業が出来るように幾組かの研究開発チームが欧州で結成された。その主なセンターはドンレー、フォンテネオローズ、ハーウェル、カールスルウェ、ラ・アグ、マルクール、サックレーおよびウインズケールである。

環境保護に関する仕事に特に関心を持った日本通産省の再処理委員会のメンバーが昨年11月これ等の欧州の多くの研究センターを訪問した。

より高い燃焼度の、より進んだ燃料を再処理するよう計画が進んだので、環境への放射能の放出をより厳しく管理するための研究開発を発展させることが必要となった。環境保護に関連する種々なテーマについての各センターの経験を第2表に示す。

研究開発機関は生産機関と密接に統合され、ある場合には、工場と同じ敷地にある。このように開発チームは生産部門の問題に非常によく注意を払っており効率よい長期的なまた直接的な支援計画が設定された。将来の再処理の要請に対して欧州において大きな研究開発努力が続けられ、その結果は欧州の次の大規模工場の設計に用いられる。

再処理の一般的問題は常に検討され、研究されているが、高燃焼燃料再処理のための環境保護と大規模工場特有の問題に関連があるので特に重要な部分についてここに述べる。

すでに利用できる新しい技術あるいは開発中のものの中で、われわれは次の点を強調したい。

### 1) 軽水炉燃料要素の切断

軽水炉燃料のどの寸法のものでも切断でき、エンド・ピースを切断し溶解槽へ直接切断燃料を導入できる切断機をBNFLとSGNは設計し建設した。その処理能力は6カット/分で、ホットセルの中で遠隔保守ができるので一つの大きな工場でもたゞ一つの機械しか必要でない。

このような切断機の一つはウィンズケールで1970年以来運転されており、他にラ・アーク(HAO)で試験され、燃料要素を垂直に導入するところに特徴がある。他の機械は日本、イタリー、インドおよびアメリカにおいて建設中の工場のために設計され作られた。

## 2) 溶解槽

2つの異なった連続溶解槽が設計されコールド試験のための原型が建設された。

## 3) 抽出機

独特の設計の遠心分離抽出機がSGN-Robatel社によって作られ、コールド試験およびホット試験用にパイロット規模で次いで実用規模での試験に成功した。

今日、それ等は完全に運転可能であると考えられ、特に大規模工場に適している。

遠心抽出機の代案として改良型の高処理能力のある脈動抽出塔の研究が続けられている。

## 4) 塩を使用しない工程

ブルトニウムの4価のウランによる還元と亜硝酸ガスによる酸化は長年使用されて来たが硝酸ヒドロキシルアミンと電解を用いた他の還元工程が現在開発された。

## 5) 高レベル廃棄物の固化

欧州に於いて高レベル廃棄物を固化しガラス中へ固定化する技術と機器の開発がすでにかなり進められてきた。この計画は将来の多量の廃棄物を処理し、それに続いて固化された廃棄物を貯蔵するため工場を開発し、建設することを目的としている。欧州の計画では地下貯蔵、地上での空冷貯蔵および水中貯蔵の可能性を検討している。フランス、ドイツおよびイギリスにおける今後3年間の高レベル廃棄物固化計画に使用される予算は45億円である。

## 6) 気体廃棄物除去

キセノンの量がクリプトンに比べてはるかに多く、その回収は商業的に価値があるので、Kr-85とキセノンとの分離は重要であろう。アクティブなパイロット施設が実験結果を得るために現在設計されている。トリチウムに関しては、軽水炉燃料にボロキシイディション(酸化蒸発)法を適用するさいの困難性を考慮して、燃料溶解後トリチウムを除去する新しい独得の方法が、水からトリチウムを分離するヨーロッパの経験を用いて開発されている。

気体排気中から除去した放射性物質を長期間貯蔵する方法については実際的な、また満足すべき方法を開発する必要がある。

フランス、ドイツおよびイギリスにおいて、今後3年間にこれ等の問題に支出される予算は25億円である。

高放射性の状態で工程の研究のために種々な技術が徹底的に開発されてきた。工場に資本を投入する前に放射性の工程における核分裂生成物の複雑な挙動を確定するために必要欠くべからざるこのような実験のために、多くの施設が利用できる。

設計と建設にかゝわる新しい問題を解決するために、欧州において原子力産業の重要部分としていくつかの強力な工学チームが作られた。欧州において各種施設が連続して作られるのでこれ等のチームは絶え間なく仕事を与えられてきており、現在は将来操業される種々な工場の計画と設計に従事している。

設計および建設に蓄積された経験に加えて、欧州においてはまた工程管理、燃料取扱、改良された工学保守、廃棄物管理、環境モニタリングおよび人体保護等の分野で多くの実際的な運転経験が利用できる。

## 6. 結 論

将来の工場の設計と建設においては、非常に高い基準の環境保護を遂行することが必要となろう。

経済的な再処理サービスを提供するためには、最大の実際的規模に最も有効なまた最新の技術を取り入れることが必要である。

欧州における研究開発の結果は、将来の再処理工場の設計に応用できるであろう。そして最近の開発が大きく貢献できる多くの分野がすでに確定されている。

第 1 表 高レベル廃液処理の 3 案比較表

	フル稼動で 20 年間工場を 運転した場合必要な 150m <sup>3</sup> 貯槽の数	20 年間運転後の放射能の散 布	20 年間運転後の廃棄物の量
		液体 MW	液体 m <sup>3</sup> / 固体 m <sup>3</sup>
A 案 濃縮廃液を液体のまま貯槽中に 貯蔵する。	48 (1)	45 (100%) なし (0%)	6500 なし
B 案 濃縮廃液を貯槽に中間貯蔵 (5 年間) し、次いで固化する。	17 (2)	30 (67%) 15 (33%)	2250 1600 (3)
C 案 直ちに固化し液体貯蔵はなし。	なし	なし (0%) 45 (100%)	なし 5200 (4)

(1) 貯槽の数は濃縮液中の固体含有量により決められた。使用中の 10ヶの貯槽毎に 1 個の予備貯槽を設けた。

(2) 貯槽の数は、核分裂生成崩壊熱の除去能力 (2MW/貯槽) によって決められた。使用中の 10ヶの貯槽毎に 1ヶの予備貯槽を設けた。

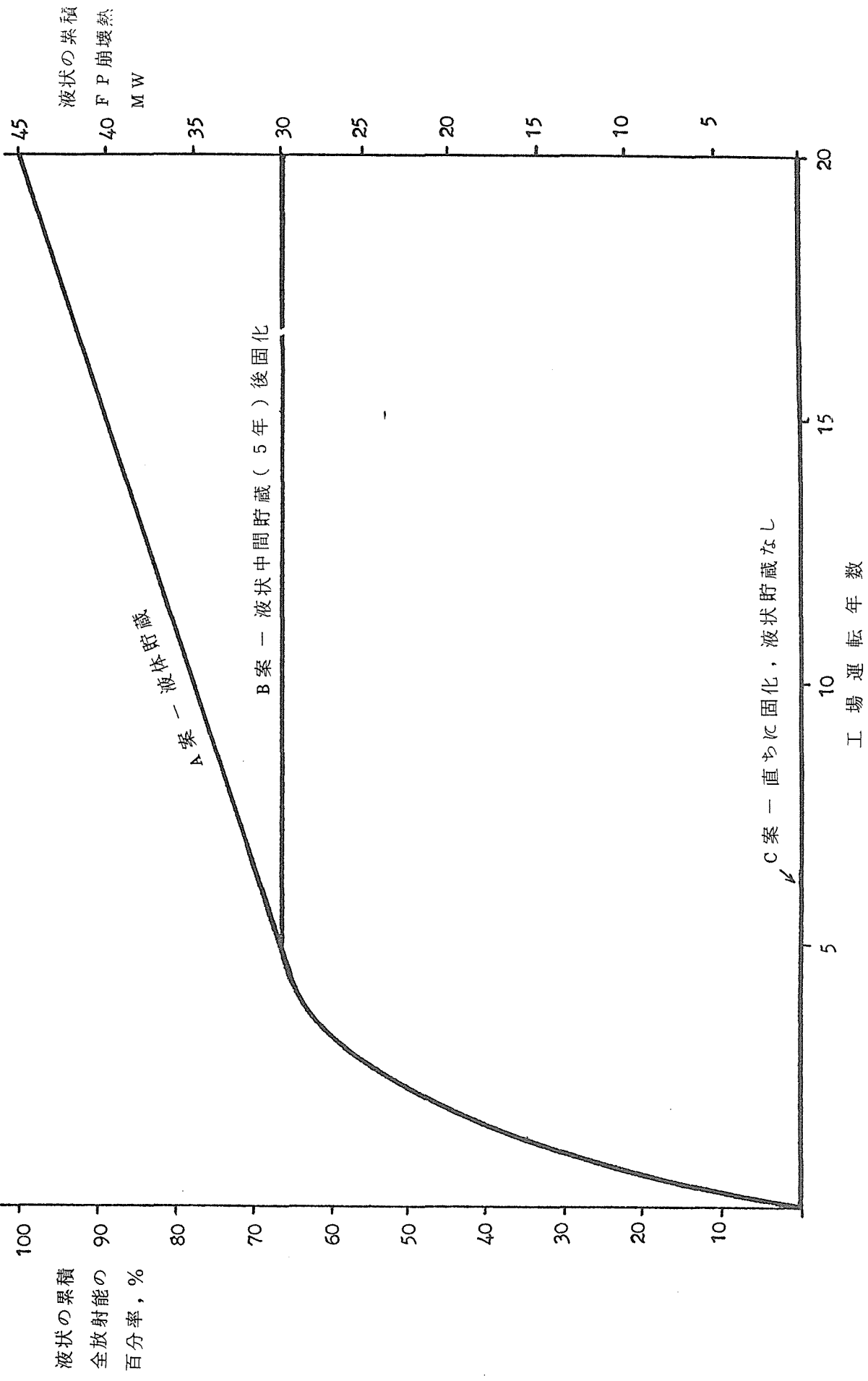
(3) 25% W/W 廃棄物混入割合

(4) 10% W/W 廃棄物混入割合



第2表 ヨーロッパにおける主なセンターでの環境保護関連テーマに関する経験

	カタラッシュ	ドンレー	フォンテネ	グルノーブル	ハーウェル	カールスルヒ	ラアーグ	マルクール	ウィンズケール
1. 気体廃棄物からクリプトン85の除去			✓		✓	✓		✓	✓
2. トリチウム密封			✓	✓	✓	✓		✓	
3. 気体廃棄物から汚素の除去		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
4. 気体廃棄物から高効率微粉除去			✓		✓	✓			✓
5. 高レベル廃液 固化工程									
• ファインガルー ハーヴェスト					✓				✓
• ピパ（ポット および連続式）								✓	
• ペラ						✓			
6. 高燃焼燃料の処理		✓	✓	✓		✓	✓		✓
7. 中レベル廃棄物固化	✓			✓	✓	✓		✓	
8. 放射性一生態学							✓		✓



第1図 日本の第2再処理工場廃棄物処理3案の廃液中の累積核分裂生成物崩壊熱

再処理技術の現状と将来（アメリカ各社の考え方）  
（発表1～3）

〔発表一〕 燃料再処理—ゼネラル，エレクトリックの考え方

ゼネラル・エレクトリック社原子力事業本部

核燃料部長 S・レイビィ

A・B・カーソン，B・F・ジャドソン，S・レヴィ，J・E・ヴァンフーミッセン

我々の原子力資源を良好に保存し，管理するためには，発電炉からの使用済燃料を，照射により生成する有益な副産物を回収するために処理することを必要とします。使用済燃料は巨額の投資を象徴するものでありますので，これが再処理には，重要な経済的理由があります。燃料中の放射性成分は，分離され，長期の大量貯蔵を最小にし，再処理産業の生態上の側面および安全上の側面を強化するために圧縮減容されます。燃料サイクルの補完サービスは，原子力発電の他の諸部門と同等の重要性を分ち持つものであります。

ゼネラル・エレクトリックは，原子力発電を支持すべくコミットしております。即ち，燃料，原子炉，制御及び計測，要員の訓練，及び製品の据付及びサービスの全スコープを客先に提供するとは勿論，燃料再生サービスをも客先に提供することをコミットしています。

1968年9月に，ゼネラル・エレクトリックは，イリノイ州モリス近郊のミッドウエスト燃料再生工場（MFRP）の敷地準備を開始しました。この工場は，軽水減速発電炉からの照射済燃料を再処理するべく，ゼネラル・エレクトリックのアクアフロー<sup>※</sup>サービスを大規模，且つ商業的見地からも健全な再処理工場の運転に適用させるために建設された工場であります。MFRPは，勿論事業目的のために設計された工場であります。この工場はまた，アクアフローサービスの拡張能力を実証するため，及び再処理能力が1,500トン級の再処理工場のための，進んだ設計概念を実証するためにも，役立つものであります。この工場の建設は終了し，非放射性の状態，即ち「コールド」状態でのプロセス試験が行なわれつつあり，照射済燃料の最初の処理は，1973年5月開始が予定されています。

※ ゼネラル・エレクトリック・カンパニーの商標

MFRPは，近代的な，大規模能力の商業用原子燃料再処理工場の開発に，意味深い一歩を示すものであります。

MFRPの工場にアクアフロー・サービスが導入されたのは、AECの諸プログラムにより実証された技術と立証済の方法に基づいたのみならず、米国内及び外国の再処理事業活動にも、又原子力以外の技術にも基づいたゼネラル・エレクトリックがそそいだ非常な開発の努力によるものであります。アクアフロー・サービスは、他の再処理技術からの劇的な離別を象徴するものであり、再処理能力が増大される場合にも容易に適応させ得る適応性、一貫した安定した製品回収能力及び製品純度及び放射性物質の管理につき改善された管理方式を提供するものであります。

複数プロセス運転方式を使用するアクアフロー・サービスは、廃棄物管理に対する進んだ考え方も完全に合致するものであり、燃料再処理工場に要求される高度の安全性の達成と環境への影響を低く抑えることが出来る技術であります。

近代的な再処理工場の設計は、安全性、環境に対する影響を最低に抑えること、及び運転性という第一要件を満足させることが絶対的に必要であります。ゼネラル・エレクトリックの立場は、工場の設計基準を選択する過程で、以上の要件の中のどれも軽視することは出来ない———どれもが、選択された設計が受入れられるために本質的なものであるとの見解を取っています。

## 安全性と環境

原子力の工場は、環境に対する影響が最小となる様に設計され、超技術的な（State-of-the-Art）要件を完全に満足する様な高度の安全性を達成しなければなりません。

環境に対する影響は、直接の工場地内で最小であるだけでなく、その工場の製品の輸送についても、工場立地点に於けると同程度に、環境への影響が最小に保たれながら輸送されなければなりません。設計計画の段階で、事故や厳しい自然の災害に対する考慮も払われていなければなりません。燃料再処理工場にとって、これ等の問題は、挑戦的な問題ではありますが決して克服出来ない問題ではなく、発電炉に関わる問題とは異なりますが、必ずしも、更に難しい問題ではありません。

例えば、放射性物質は再処理工程中で活性状態に転化されますが、系統の破損の場合、放射能の拡散の駆動力ともなり得る潜在的な高エネルギーをプロセス系統内に保持する必要はあ

りません。プロセスの中には、腐蝕性の溶液を必要とするものもあります。しかし、立証済の能力を持った材質と装置を使用すること、

及び二次格納の使用と系統の圧力に低圧を使用することにより、これ等溶液は安全、且つ信頼性を持った処理を行うことが出来ます。

プロセス系統の設計は、事故の危険性を極めて低い値に制御した状態で、可燃性溶剤及び反応性気体の量を制限する様に設計することが出来ます。安全性のマージンに影響を与えるプロセス条件（温度、圧力、酸度、濃縮度等）は、変化の度合いが比較的ゆっくりしているので、最悪の条件下に於いてすら、計測系及び制御系の反応速度は、工場の安全性に第一義的なものではありません。この事は、運転及び保守の両面に利点を持っていると云えます。工場のプロセスは、核分裂性物質を分離し、精製します。而しながら、これらの物質は、核臨界性の危険を極めて低く抑えることを保証するために、受動的な手段により制御することが出来ます。放射性物質は熱を発生します。しかしプロセス機器及び系統を適切に設計することにより、この熱負荷にも適応させることが出来ます。発熱率は低いので、厳密な連続冷却は、系統及び工場の安全性にとって本質的なものではありません。

（この点は、炉心の連続冷却が第一義の重要性を持つ原子炉の場合と全く異なる点であります）

現行の法規上の方針では、照射済燃料の再処理工場には、比較的大量の放射性廃棄物の貯蔵量が蓄積される結果を招来します。ゼネラル・エレクトリックは、技術面での受入れ性及び一般大衆の受入れと云う両面の基準から見て、これ等廃棄物を最小の容積に減容し、不活性の形状に転換することが、健全な管理方式であると考えます。

即ち、環境からの外力により拡散する可能性が殆んど考えられない形状に転換することであり、この考え方にに基づき、ゼネラル・エレクトリックは、事実上全ての廃棄物を、圧縮減容出来、保護貯蔵のために梱包可能な安定した形状に転換する技術を開発するに致りました。廃棄物管理に対するこれ等の進んだ考え方と首尾一貫して、プロセスからの排ガスは、捕集され、その放出による環境に与える影響が測定不可能に到る様処理工程に付されます。全ての廃棄物が安定した形状に転換されるので、放射性廃棄物を液状で貯蔵する必要性も無ければ、潜在的に放射能汚染の危険性のある液体は一切周辺環境に放出する必要性もありません。熱伝達のための水サイクルすらをも含み、水溶液を含むプロセスには閉サイクルを使用するという考え方は、その再処理工場が一般大衆に受入れられるために、極めて重要な配慮であります。

アクアフロー・サービスの持長はまた、プロセス用ないし冷却用に必要な多量の水の量を不用にしたことにより、再処理工場一立地の相関性を著しく減少させる結果をもたらしました。工場の立地条件は、これ等の利点の故に、さほど重要でなくなり、工場のライセンス取得はより容易となります。サイトの地質上の安定性は必要であり、サイトはまた、洪水の危険の無い所でなければなりません。気象条件もまた良好でなければなりません。ハイウェイ及び鉄道の便も不可欠であります。

また、水路の便があることも、或る場合には好ましい条件であります。人口の主要集中地域から幾分離れた地点が、好奇心に燃えた、不意の訪問者や、故意の侵入者から守るために役立つだけでなく、その工場の受入れの問題を簡単にするものと云えます。

将来の再処理施設は、立地点の如何を問わず、USAECにより確立されるものと少くとも同等の政府の規則及び要件を満たすことが必要とされることは明らかであると考えられます。殆んどあらゆる法規制定官庁が、安全性及び環境への影響を最小にすることにつき、一般大衆の要求に大きく耳を傾けております。これ等の要素は、工場設計に於ける他の技術要素と比べて、少くとも同等の極めてセンシティブな要素となります。

安全性と環境への影響を最小にするためのこれ等の要求は、現在存在する、もしくは開発中の技術で満足させることが出来るというのが私共の確信するところであります。放射能レベルが如何に低いものであっても、周辺環境への液体廃棄物の放出の必要は無いことは確固たる事実であります。大量の、大容積の高レベル廃棄物をサイト内に保持することは、比較的数年の期間と云えども———、一切必要ありません。進んだ廃棄物管理にかかわる他の種々の問題もまた、近代的な技術で克服されるものです。

## 運 転 性

再処理工場は、必ず満足させなければならないユニークな諸条件がある故に、巨額の資本投下を要するものであります。この資本依存度の強い事業であるという性格のために工場の運転は、保守、物質計量管理、又はその他の理由のためダウンタイムを最小にし、高い予見性を持つものでなければなりません。高い回収効率、高い製品純度及び化学薬品、水質又はその他の要素の比較的かすかな変動に対する独立性もまた必要であります。放射性物質を取扱うプロセスは、遠隔操作による運転と保守が行える様になつてなければなりません。また、考

えられるあらゆる運転状態及び保守状態に適応させ得る設計が取り入れられていなければなりません。運転員、保安要員及び監督者は、緊急時及び異常時をも含み、それぞれの職務のあらゆる面につき、完璧に訓練されていなければなりません。

工場の運転技術、保守の方法、及び手順の『解きほぐし』(de-bugging)は、工場の非放射状態でのテストの段階で、当初に樹立することが出来ます。而しながら、かかる作業は、既に先行プラントでの運転及び保守の経験があり、それに基づくことが出来れば、一層強化されます。MFRPの運転活動は、大規模工場の運転及び保守の手順につきベースを提供する面で貢献するのみならず、より大規模の更に進んだ工場への尖兵として、アクアフローサービスの運転に習熟し、訓練を受け、経験を持つた人員の提供の面でも貢献するように計画されています。

#### 工場設計の選択

工場設計を選択するにあたっては、考えている再処理能力、運転特性、及び技術サポートの必要性について慎重な考察が必要です。

これ等のすべてについて考察を払うことが設計の均分のための要素であり、設計された工場が、時として相矛盾する要件にたいし、最適の応答を示すように適切なウェイト比率で考えられなければなりません。例えばMFRPは1985年の時期に必要とされる、より大規模の、更に進んだ工場への第一歩であることを考えると、MFRPの設計は、より大規模工場へもその拡大適用を可能とする、設計上の道程となるものでなければなりません。

設計の選択に際してのこれと逆の考え方は、例えば、再処理能力を最適化し、次いでこの再処理量の大きさを第一義としたため、脇へおかれ軽視された設計上の諸要素からの派生する諸問題点について、あれこれ設計を試みて行くやり方であります。

勿論、再処理能力の設定は必要であります。しかし設計の選択を行う過程で再処理能力の大きさも、又その他の諸要素のいずれも軽視さるべきものでは無いと云うのがゼネラル・エレクトリックの見解であります。即ち、諸要素の各々がすべて選択される設計の受入性にとり本質的なものであります。

現存する、立証された技術の使用は、安全基準の合致を確保するために必要であります。

しかし、このことは技術の進歩につれて将来考えられる諸要件の可能性を見込んで、これを満足出来るような本質的な運転特性を持たせることを非とするものではありません。技術の調整の結果、不安全な事態を招来することが無い様、安全性に影響を与える全ての潜在条件を予測するために、非常に強力な技術サポートが必要であります。イリノイ州モリスの私共のミッドウエスト燃料再生工場（M F R P）の設計には、これ等の基準及び要件につき、十分な配慮が施されています。

M F R P の工場能力は、実証された技術を使用することと入手可能な初期再処理量をベースに選択されました。輸送コスト及び一般大衆の受入の面から、大規模工場を少数作るより、地域別の立地点毎に多くの中間規模の工場を作る方が好ましいと決定されました。

更に、M F R P は、事実上次の 10 年間ないしそれ以上の期間にわたり予測される、幅広い範囲の燃料設計及び照射条件の全ての再処理入量につき適応出来る様、十分な柔軟性を持っています。回収製品の形状は、最も厳しい仕様に於いても、燃料サイクルへの直接復帰に適した形状であります。

プロセス選択は、適切な安全マージンを持たせて高放射能レベル廃棄物を固化出来ること、又「フェイル・セーフ」のプロセス及び系統の使用をベースにしております。

#### M F R P 概念の応用

ミッドウエスト燃料再生工場（M F R P）運転には、高度の核安全性を保ち、且つ環境への影響を非常に小さく保ちながら、プルトニウム硝酸溶液（P u）、ネプチニウム硝酸溶液（N p）及び六沸化ウラン（U F<sub>6</sub>）製品を経済的に回収する複数プロセス概念を使用したアクアフロー・サービスを採用しています。複数プロセス概念は、ルテニウムの如き難かしい放射能汚染成分を効率良く除去することを可能にし、工場の構造は、高いレベル廃棄物がサイト内貯蔵、次いで後日 A E C の貯蔵サイトへと移動するのに適した形状として固化を行える様になっています。M F R P の設計は、初期の諸ライセンスに対して受入れられており広義のライセンス取得性は達成されています。

M F R P は 99.9%以上の核分裂生成物を、出るだけ使用する水の量を減して廃棄物流から分離するために、溶媒抽出は、単一サイクルしか使用していません。プルトニウムとネプチ



ニウムは、硝酸溶液の形状で濃縮し、取出すために、イオン交換樹脂により回収されます。ウラニウムは、脱硝酸、弗化及び洗滌のプロセスを経て処理され、汚染成分は除去され、更に追加の液体廃棄物を発生すること無く、 $UF_6$ として回収されます。

プロセス系統は全て、プロセス排ガスの捕集、処理、及び管理放出のためシールされ、換気されています。プロセス水とプロセス冷却系は、閉サイクル系となっています。液体状のプロセス廃棄物も一切無ければ周辺環境への冷却水の放出も一切ありません。

再処理施設の設計には、次の様な考慮が払われています。

即ち、道路、鉄道、及び内陸の水路からサイトへの接近の便があること、大型キャスクの取扱い、洗滌、及び放射能汚染制御の能力を持たせてあること、耐震性も持たせた、非臨界性を確保する様適切なスペース設計のバスケット中に使用済燃料を収納して水中貯蔵する方法であります。燃料貯蔵庫は、貯蔵庫内の水の浄化、冷却の対策が講じられており、漏洩検出及び制御用の計装がもうけられています。

プロセス系統の遮蔽と格納には、「キャノン」の概念が取られており（添附の概念図を御参照下さい）、個々に隔離された反応室、換気制御及び排液サンプ系がもうけられています。機器は、各室に据付けられるので、取替へを要する機材には、上部から遮蔽プラグ立入り場所を通して接近可能であります。キャノン内部の放射能を帯びた系統の保守は、遠隔操作で行うことが出来ます。放射能を帯びない系統の配管、機器は、キャノンの外部に置かれ、再生プロセスは、中央制御室から遠隔操作により制御されます。

MFRP廃棄物貯蔵庫および水張り貯蔵庫は、岩床中に強化コンクリート・セットで建造されステンレス・スチールの内張りが施されています。全ての貯蔵庫水張り貯蔵庫は、漏洩検出及び制御装置を具備し、放射線分解により発生する水素を回収するため換気されます。換気系統は、差圧制御方式を採用しており、運転員居住区域は大気圧以上に、汚染区域は全て大気圧以下に（しかし反応室区域の排ガス換気圧以上に）保たれます。緊急時系統及び安全性と関連する系統は、風力、ミサイル及び地震力に対して防護されています。

私共の経験から、MFRPプロジェクトで採用した基本的な諸決断は健全なものであることを立証していることがわかります。即ち、プロジェクト開始後の引続く実験や法規官庁のレビューの結果として要請された大きな変更は何もありませんでした。この成果は、取りも直さず、核安全性、放射能汚染制御、遠隔操作による運転及び保守の諸対等に於ける直接の経

験、及びその他のユニークな経験に裏打ちされるものであると云う事が判りました。  
建設につきましては、ユニークな資材及び装置に対する非常に詳細な仕様書を準備するために、並々ならぬ努力が必要であることが判りました。請負業者は、その資格、検査方法及び試験計画等につき厳密な吟味にかけられました。主なる現場建設上の問題点は、幾つかの工場要件の特殊性によるものであります。（厳密な寸法制限等）法規の要求に合致させるために、試験及び記録を含み、多大の品質保証への努力が要されました。非準拠と云うことでの換問はありませんでしたが、コールド・ラン試験中に建設上の不都合が発見されることはありました。

### M F R P プロセスの概要

M F R P で使用されているプロセス・ステップを以下に簡単に御説明致します。  
プロセス・ステップの各々に含まれている化学プロセスは、簡略化したプロセス・フローシートに要約されています。

### 燃料の受入れ

照射済燃料を収納した輸送用キャスク（ゼネラル・エレクトリックの I F 3 0 0 キャスクについては、後述致します）は、鉄道又はトラックで主プロセス建家へ搬入され、そこで検査、モニタリング、吊下し、除染、洗滌を経て、キャスク移動用クレーンによりキャスク内燃料取出しプール中へと吊下されます。キャスクの上蓋が取りはずされ、内部の燃料集合体は、燃料取扱いクレーンにより燃料貯蔵庫へと移動されます。空キャスクは、燃料取出しプールから吊上げられ、除染され、サイト外搬出のため移動用車両上に乗せられます。必要期間の冷却を経た後で、燃料バスケットは燃料貯蔵庫から燃料解体用の遮蔽された機械室へ移動されます。

燃料は、機械的解体と切断によって化学処理工程への準備がなされています。機械室のクレーンは、水中に直立の位置に置かれた燃料バスケットから、個々の燃料集合体を検査と解体のために空中の水平位置へと移動します。

燃料末端の金具が取りはずされ、燃料集合体中の燃料棒は引抜かれ、切断準備室へ入れるためにトレイ上に積みあげられます。燃料棒は短小片に切断され、溶解槽中へシュートにより落下されます。

## 溶解及び溶媒抽出

燃料成分は、密閉された、水平の振動型溶解槽内で硝酸を循環させることにより、切断燃料棒片から溶出されます。UO<sub>2</sub>が溶解するにつれ、加熱された硝酸溶液流中の六価の硝酸ウラニル濃縮液は、希望の濃度が達成される迄次第に増加し、一つの特定燃料バッチの溶解反応が終了する迄循環されます。

加熱、冷却、混合及び試料抽出の対策が講ぜられており、引続く処理工程に対する特定バッチの分析及び供給量調整を可能としています。被覆管切断小片と微粉体は分離され完全に燃料成分が取り除かれたどうかモニタリングされ、保護貯蔵施設へ運ばれます。

プロセス流から99.9%以上の核分裂生成物の放射能を分離するため、単一の溶媒抽出サイクルが使用されます。溶解工程から出て来た溶液は、溶媒抽出系の第1塔に入ります。ここでウラニウム、プルトニウム及びネプチニウムは抽出され、洗滌され、第2塔へ供給されます。液相中に残存する大量の核分裂生成物は、高レベル廃棄物処理系へ導かれ、そこで核分裂生成物は濃縮、煅焼され、特殊設計の容器に封入され、保護貯蔵施設へと移動されます。

溶媒抽出系の第2塔で、製品物質は有機相から洗出され、溶液沈降させ、更に引続く処理工程に付するため濃縮されます。

有機相は、洗浄及び再循環のため、溶媒回収系へと導かれます。低質製品は、溶媒から洗出され、低レベル廃棄物処理及び貯蔵系へ送られ、濃縮され沈澱塩の形状で貯蔵されます。

溶媒の取替えが必要とされる場合には、使用済の溶媒は溶剤を充滿したドラム罐に装填され公認の処分施設へとサイト外に搬出されます。

## イオン交換工程

プルトニウム、ネプチニウム及びウラニウムを、別々の溶液流に分離するため、陰イオン交換が使用されます。溶媒抽出系の濃縮器からの溶液は、冷却器を通過して、イオン交換室内の半自動イオン交換コンタクター2基の内の第1基へ供給されます。ここでプルトニウムは樹脂に吸着され、次いで濃縮及び製品取出しのため、硝酸溶液の形で取り出されます。

原子価調整の後、主プロセス流は第2基目コンタクターへ入り、ここでネプチニウムが同様にして回収されます。整品の溶液は、許可済の容器に収納され、サイト外出荷迄の間主プロセス建家の保護区に貯蔵されます。劣化樹脂の処分は化学的溶解により為され、溶解液は廃棄物処理系へと導かれます。

## 弗 化

蒸気加熱の熱サイフォン再沸騰器と電気加熱の流動床カルサイナーが、イオン交換系からのウラニウムを含有する抽出液を濃縮し、これを $UO_2$ に転換するために使用されます。入って来る溶液は、濃縮器へ連続的に供給されます。濃縮器には、回収硝酸をプロセス中に再使用する目的で回収するために、遊離部、酸分留塔及び凝縮器がもうけられています。

濃縮された硝酸ウラニルは、蒸気流動床カルサイナーへ供給され、粉状 $UO_2$ へと連続転換されます。スクリー・コンベヤーが、 $UO_2$ を弗化器へ運びます。

$UO_2$ を $UF_6$ に転換するために、流動床応塔が使われます。

カルサイナーからの粉状 $UO_2$ は、不活性流動床物質として溶融アルミナを含む弗化器へ連続的に運ばれます。弗素発生装置からの弗素ガスは、 $UO_2$ 及びその汚染成分と反応させるため、流動ガス流へ添加されます。生成した揮発性 $UF_6$ は、流動ガスと一諸に、流動床を出て、製品浄化系へ導かれます。揮発性の少い核分裂性物質の弗化物は、不活性流動床物質と共に流動床中に保持され、汚染度があらかじめ定めた基準に達するにつれ定期的に乾燥化学薬品廃棄物貯蔵施設へと廃棄処分されます。

吸着床、コールド・トラップ及び蒸留装置が、ウラニウム溶液流から $UF_6$ 製品の分離をし、揮発性の放射能汚染成分及び微粒状の放射能汚染物を除去するために使用されます。弗化器からのガスは、弗化ナトリウム床へ導かれ、ここで揮発性の核分裂生成物の弗化物とプルトニウムの弗化物の残留微量が吸着されます。このガスは、次いで冷却され、フィルターにかけられ、キャノン区域に隣接する遮蔽室内に設置された、交互に運転される平行系列のコールド・トラップへと供給され、ここで $UF_6$ は固化されます。循環ガス・コンプレッサーが、反応しなかった弗素等非凝縮ガスをプロセスへ返還します。但し、弗素系の圧力制御のため弗素処理及び処分系へ送り込まれる非凝縮分については、プロセスへの返還はありません。十分な $UF_6$ 生成捕集されると、 $UF_6$ は溶融され、 $UF_6$ 蒸留系へ流出されます。 $UF_6$ 蒸留系で、 $UF_6$ は再び蒸化され、弗化マグネシウム床を通されます。ここで、ネプテニウムの弗化物が吸着されます。最後に、 $UF_6$ は再び蒸留され、 $UF_6$ シリンダー中に取出すため凝縮されます。蒸留系から出て来る放射能汚染成分の蓄積量は、弗素処分系へ流出されます。吸着床材中に残存する汚染成分は、あらかじめ定めたレベルに達すると、乾燥化学薬品廃棄物貯蔵庫へ導かれます。

## 排ガス処理

プロセス機器の運転から発生する放射性気体及び蒸気は、換気系に捕集され、排ガス処理及びモニタリング施設を通り、建家換気空気流へ放出され、そこから最終の戸過及び放出装置へと導かれます。気象条件が悪い間中は、放散の必要を避けるために、長期のホールド・アップ方式を備えプロセスからのトリチウムを、トリチウムを含む水の蒸気の形で上空より大気中に放散する方法は、MFRPのユニークな方式であります。

放射能の放散が、実現可能な限り最低のレベルに抑えられ、あらかじめ規定された制限値よりも、更に相当な安全マージンをもって下回ることを確保するために、系統の運転能力の分析と、MFRPが周辺環境に及ぼす影響の分析が行なわれました。

現在存在するプロセスでは、不活性化が困難な放射性物質を更に処理ないし制御する手段につき考えられる方法についても種々注目が払われました。

## MFRPのライセンス取得状況

MFRPの建設許可申請書が1966年末に提出された時点では燃料再処理工場に対する具体的な安全基準は、未だUSAECにより確立されていない状況でありました。而しながら、当時既に存在していた放射線化学工程を伴う工場運転を通じて認識された安全性に関する問題点についての要件、又地震力及び風力に対する抵抗についての追加要件、及び考えるべき改良された廃棄物管理及び環境保全についての突っ込んだ議論を通じて、MFRPの設計につき設計標準と基準を生み出すための素地を作ることは可能でありました。

又、MFRPプロジェクトが開始された時点では、環境報告書を正式に出す必要は考えられていませんでした。而しながら、私共のまず第一の設計目標が、サイト個有の条件との相関性は最低に抑えると云うことでありましたので、環境問題に対する検討は、概に行なわれている安全解析を詳細に深めることで大半達成することが出来ました。法規官庁によるレビューの結果は、ある特定の非放射性物質の放出条件を浮彫りにしましたが、新しい大きな問題点は提起されませんでした。振り返りますと、ライセンス取得には長期間を要したと感じられます。しかし、MFRPの計画と目的とするところを、法規官庁だけでなく反対志向の関係者とも早期に、且つ十分に議論したことの価値を、私共は、今知ることが出来た訳です。

又、単に現行の諸規制を充当すると云う最小の努力に満足せず、将来考えられる諸要件を見通し、それ等に合致させることの価値も、明確に実証された訳です。

## MFRPプロジェクトの状況

MFRPの試運転工程は、事実上終了しております。個々の機器及び系統はチェックされ、設計基準に合致するよう是正されました。運転法案の実証、及び処理能力を決定するためにウラニウム・テスト・ランが過去数ヶ月間断続中であります。設計目的は、多くの場合相当な安全マージンをもって所期の通りであることが確められております。最終の全系統の一貫テストは、個々の施設の調整と、今迄のテスト・ランの結果修理の必要性が発見された個所の修理を待って行なわれ、1973年5月に照射済燃料をプロセス内に直接導入する予定となっております。本日現在、ライセンス上の問題は全て解決済で、確認のための運転データだけが要求されている状況であります。

## 次期新鋭工場に向けて

将来の再処理必要量を充当する再処理施設の必要性に鑑み、各種の代案につき比較検討を断続して来ました。これら代案にはMFRPの増強及び再度最適化を行って作成したフローシートによる新工場の建設が含まれます。

MFRPの設計及びゼネラル・エレクトリックのアクアフロー・サービスに本来個有の柔軟性により、MFRPをより大能力に増強することが可能であります。この増強により、更に大規模の新鋭工場が運転開始する迄の間、ゼネラル・エレクトリックの客先に満足の行く再処理能力を約束することが出来ます。この増強はまた、大規模工場の際のより進んだ、より大きな再処理能力の概念の幾つかにつき、実証の基盤としても役立つとも云えます。

MFRPが増強される際には廃棄物管理についても改良を加えることも考慮されるであります。かかる増強をする、しないの如何にかかわらず、ゼネラル・エレクトリックは、将来の再処理必要量の伸びは、今後1,500トンないしそれ以上の能力の工場、即ち次期新鋭工場へと引続き移行して行くことが必要であることを示すものであると考えます。

ゼネラルエレクトリックで断続して実施されつつある再処理技術の研究は、大規模の再処理工場、即ち1,500トンないし、それ以上の能力の工場にも引続き、複数プロセス技術であるアクアフロー・サービスを適用することをサポートするものであります。これらの研究の結果、廃棄物管理、プロセス性能、及び環境に対する影響についての配慮の面で、次の点が今後守られ続けることが望ましいことを示しています。即ち

- ・ 溶媒抽出ステージの数を制限すること

- ・製品の浄化のため、多量プロセスを使用すること。

液体廃棄物は、後日固化しようとして液状で貯蔵することなく、排出された段階で直ちに固化することです。

次期新鋭工場に対するプロセス性能の要件は、廃棄物の分離と製品形状を除いては一般的にはMFRPに対する要件と同じであります。半減期の長いアルファ線素子を含有している可能性のある全ての廃棄物は、高レベル廃棄物と同様なやり方で管理されなければならないでしょう。

プルトニウムの製品形状については、事故に耐え得る抵抗力を持たせた容器に硝酸溶液の形状で収納して搬出する方法は、安全且つ受け入れられる方法ではありますが、大規模工場の場合若し長距離輸送が必要とされる場合には、実際的な方法では無いかも知れません。

大量のプルトニウム輸送を容易にするため、安定した固体状に転換する対策を取ることにも出来ます、しかし、経済性及び一般大衆の受け入れの面から、再処理工場と混合酸化物燃料製造工場を緊密に組合せることが好ましいと云えます。又、プロセス性能上の要件に関連して「実現可能な限り低減する」(as low as practicable)という条件も、時間と共に変わっていくであろうことも認識されなければなりません。従って、排ガス処理(クリプトン及びトリチウム回収)、運転員の保護、放射線及び放射能管理等の分野について更に進んだ技術を適用する対策も講じられなければなりません。

この様に、広範な新鋭工場に対するコミットメントを達成するためには、単に再処理能力の大きさを実証することよりも、安全性、廃棄物管理、及び環境保全について進んだ技術を実証するためのパイロット・プラントが殆んど絶体的要件となります。これらについての技術データが1974～1975年頃の時期に入手されなければなりません。

MFRPには、資格を備えた、経験のある研究員及び技術スタッフが整備されており、「立証点」(proof point)の工場としてユニークさを持つものであります。

### 次期新鋭工場の概要

次期新鋭工場は、全ての放射性核種を極めて低いレベルに制限し、全ての廃棄物は将来政府の永久処分所への移動が容易に出来る様に梱包する様に設計された、アクアフロー・サービスの改良技術を提供することになりましょう。この新工場とMFRPとを比べると、MFRPより大量の再処理量を処理させるための変更ないし経済性の改善のための変更が行なわれる以

外には、その他の諸局面はMFRPと同様であります。MFRPと特に異なっている次期新鋭工場の主要設計要素を以下に議論致します。

#### 水張り貯蔵庫及び燃料解体

広さ約10,000平方フィートの大貯蔵庫が、燃料貯蔵及び将来連邦政府の廃棄物処理分所へ移動する迄の間の工場内の全ての廃棄物の中間貯蔵を行います。

貯蔵庫区域に含まれる装置の一つの水中燃料解体(UFD)系があります。この水中燃料解体系は、BWR発電所での燃料集合体の水中再組立てに対するゼネラル・エレクトリックの奥深い経験に基づくものであります。これらの技術及び機器は、改良されて来ており非ルーチン作業、多重保守性及び保守の容易さの面で非常な柔軟性を提供するものであります。

UFD系は、機械処理室の大きさと複雑性を軽減し、貯蔵庫内の中間貯蔵と、これに引続く切断供給系への導入に適した一定量の燃料棒群を作り出します。

#### トリチウム除去

次期新鋭工場の設計では、燃料切断片を溶解する前にトリチウムを除去するプロセス、即ちヴォロクシデーションのプロセスを採用することをオプションとします。MFRPでは、トリチウムとクリプトンは捕集され、排ガス処理系を通り工場排気筒から大気中に放散されます。新鋭工場では、トリチウム及びクリプトンの両ガス共捕集、梱包し、サイト内貯蔵ないし法規官庁が命ずるかも知れないその他の処分方法が出来る様にします。

ヴォロクシデーション・ステップは、加熱された回転カルサイナーを使用し、このカルサイナー内で切断燃料片は加熱され、加熱された大気と接触しつつ回転します。ヴォロクシダイザーからの排ガスは、燃料中のトリチウムの99.9%以上を含有することになり、そのトリチウムを除去するために、吸着剤を入れた廃棄物用容器を通します。長間隔で、この廃棄物容器は新しい容器と取替えられます。乾燥した排ガスは、溶解槽排ガス系へ導かれ、ヨウ素及びクリプトンを除去するために、更に処理工程に付されます。

#### 被覆管の取扱い

溶解槽からの被覆管は、洗滌され、MFRPで採用されているものと同様の被覆管エレベーターにより運ばれます。

被覆管モニタリングには、接触型のガンマ線測定装置を採用します。



被覆管と切断微粉体の総量は、水中プレス中へ送られ、ピレット状（直径～9インチ）に圧縮されます。ピレットは円筒状容器に送り込まれ、この容器は満杯になると頭部が自動的に溶接されて閉じられます。充填された容器は、高レベル廃棄物容器と同様のやり方で廃棄物貯蔵庫に貯蔵されます。しかし、この場合は、サイト内への長期貯蔵は最小に考えています。

### クリプトン除去

溶解系と切断系からの排ガスは、ヨウ素と窒素酸化物の大量除去のため凝縮器と酸吸着器を通ります。溶解槽ガス吸着器からの排ガスは、クリプトン除去系へ導かれる前に、ヨウ素及び放射能汚染微粒体を最終的に取り除くため、引続いて銀ゼオライト吸着床と充填ガラス繊維フィルターを通します。凝縮、回収された酸は、ヨウ素を分離して廃棄処分し、残りのヨウ素を含まない酸を高レベル酸系へ再循環させるために、プロセス換気吸着床系へ導かれます。

溶解槽排ガス浄化系からの排ガスは、接触型クリプトン回収系に入り、クリプトン及びキセノン分離回収し、凝縮残液を再循環させ、排ガスはプロセス換気系へ導かれます。クリプトンは、長期貯蔵のため大型円筒容器内の活性炭に吸着させて貯蔵されます。キセノンは、Xe-131の減衰後、商業用に利用することが出来ます。

### 溶媒抽出

抽出概念に於ける大きな変更は、ウラニウム製品流からプルトニウムとネプチウムを分離し、ウラニウム製品流中のプルトニウムの量を0.1 ppmU以下の濃度に減少させる。ゼネラル・エレクトリック所有の機密のフロー・シートを取り入れたリフラックス分離塔の導入であります。この分離サイクルをもうけることにより、イオン交換によるウラニウム分離の必要を無くし、従って、イオン交換機器の寸法を多少増やすだけで、処理能力を大きく増やすことが出来ます。この分離塔の採用により、MFRPの運転で確立された立証済の設計概念のベースを守りながら、且つ希望する再処理能力を経済的に可能ならしめながら、プルトニウム-ネプチウムのプロセス・シーケンスと、UF<sub>6</sub>製品を作り出すためのもう一つの並列のプロセス流を確立させた並列運転が可能となります。

## UF<sub>6</sub> 生成

UF<sub>6</sub> は、UO<sub>3</sub> から順次 UO<sub>2</sub> へ、次いで弗化水素反応により UF<sub>4</sub> へ、次いで単体弗素で UF<sub>6</sub> へとシーケンスにより生成されます。これら一連の流動床内の反応は、すべてリラックス分離塔を使用した溶媒抽出サイクルを使用することにより始めて達成されるすぐれた除染効果により実現出来る接触型の設備で行なわれます。

## 高レベル廃棄物

高レベル廃棄物 煅焼系は、MFRP で使用されるものと同様ですが、異なるところはカルサイナーに特殊設計の供給系が追加されており、この供給装置により使用済陰イオン交換樹脂がサンプル分析後に、プルトニウム・ユティリティ・タンクから直接導入される様にしています。煅焼廃棄物放出系は、将来廃棄物が分別出来る様に柔軟性を持たせるよりもガラス化がむしろ望まれる場合には、罐内封入の前にガラス化剤と廃棄物が乾式混和出来る様に設計してあります。

## 排ガス処理

容器の換気流と、凝縮器の換気流が一緒になった合計の換気流は、硝酸水銀-硝酸溶液を用いたプロセス換気吸着系へ導かれ単体ヨウ素と有機ヨウ素が除去されます。一次吸着器が事実上すべてのヨウ素を吸着し、二次吸着器が HNO<sub>3</sub> 蒸気と一次吸着器から遅れたヨウ素を除去します。両スクラバーの底部残液は濃縮され、一次吸着器上部へ再循環されます。濃縮器底部残液の一部は、冷却戸過され沈澱した HgI<sub>2</sub> は廃棄用容器中へ取り除かれます。一次吸着器の水銀濃度を希望する値に保つために硝酸水銀が二次吸着器を経て追加されます。濃縮器塔の最初のトレイ上の液の一部は、一次吸着器の硝酸濃度を希望する値に保つために、高レベル廃棄物濃縮器へ再循環されます。濃縮器の上部残ガスは、排ガス流と共に廃棄処分するために凝縮されない状態で一次吸着器へ再循環されます。

プロセス換気吸着系からの排ガス及びクリプトン回収系からの排ガスは、一緒になり、MFRP で採用されているのと同様のやり方で、微かに残るヨウ素を最終除去するため加熱銀ゼオライト吸着床を通します。銀ゼオライト吸着床からの排ガスは、充填ガラス繊維フィルター及びブロアーを通り、プロセス建家サンド・フィルターへ導かれます。サンド・フィルターからの排出ガスは、排出物監視系を通り、100メートルの高さの排気筒から空中へ放散されます。

## 次期新鋭工場の構造

工場設計は、MFRPの概念をベースとしており、放射能を取扱う「ホット」プロセスには遮蔽されたキャノン区域を使い補助系統は保護ギャラリー区域が使われます。キャノン概念では、プロセスの各ステージ隔離する複プロセス室の概念を取り入れています。高放射性物質を処理する系統は、遠隔操作により運転、保守されます。機器は、必要な際には最少のダウンタイムで遠隔操作により取替えが出来る様に、キャノン部の壁に取り付けられたレールガーダーに、取替え可能の機器が吊下る方式が取られます。

制御室、製品取出し、及びその他の区域は、プロセス部から十分に遮蔽されます。全工場にわたり、差圧制御の換気方式が使われます。プロセス系統は、排ガス捕集のためすべてシールされ、換気されます。建家及び機器の設計には、安全関連機器及び緊急時間機器、及び放射能を帯びる区域を、風力及びミサイルによりこらむる損傷、及び地震力から守るために特別な方法が講ぜられます。

核物質計量管理は、使用済燃料の入量測定、製品測定、正確なプロセス内測定、閉サイクル廃棄物処理工程及び工場保障措置により達成されます。この工場は、各客先のバッチからの回収製品のすべてにつき、バッチ終了時の計量管理の測定バランスがUSAECの要求を完全に満たし、しかも計量のため必要とされるダウンタイムは最小になる様に設計されています。

## 燃料輸送用キャスク

照射済燃料輸送は、遮蔽、冷却、取扱いの容易さ、及び放射能汚染制御につき厳しい要求を必要とするものです。極度に厳しい事故条件に耐える実証された能力も持たせた安全基準には、生態への影響に対する関心から来る圧力もあって、極度の厳しさが要求されるものであります。

今後引続き益々高くなる傾向の燃料比出力、取出し時燃焼度及び発電所能力の要求から、今日迄使用されて来た如何なるキャスクよりももっと大型で、もっと重く、且つもっと複雑なキャスクが必要とされます。

例えば、高い燃焼度で取出される燃料ほどガンマ線源に加え、多量の中性子源を出す超ウラン同位元素を十分に高濃度で含有することになります。従って照射済燃料輸送用キャスクは、中性子遮蔽を備え持つか、さもなければ、予定された燃焼度の目標値以下で取出された燃料しか輸送してはいけないことになります。この更に複雑な遮蔽に対しても従来と同様の厳しい事故時応力に耐える能力を持たなければなりません。これらの重要な新しい要求は、全く

新しいキャスク系列の出現を必要とします。

輸送コスト，取扱い上の要件，放射線被曝制限，及び環境への影響，一般大衆への影響を考えた結果，今迄の所，鉄道用キャスクが望ましい方式であるとの結論に私共を導きました。而しながら，この選択は複雑な要素を持っています。即ち，多くの原子力発電所ではサイト内への直接の鉄道の便が無いが，もしくは機器面の制限から，最も大型の鉄道用キャスクを取扱うことが出来ないからであります。このため，ゼネラル・エレクトリックはキャスク設計ベースとして多輸送方式の設計概念（鉄道輸送用を第一義に考えかつ過重トラックによる移動も出来るキャスク）を選択しました。IF300で実証された進んだ設計概念は，大能力の鉄道及び水路輸送用キャスクに直接適用出来るものであります。

#### IF300キャスクの特長

ゼネラル・エレクトリックのIF300キャスクは，最初の近代的系列に属する照射済燃料輸送用キャスクであります。燃料収容能力は，設計燃料度を達成したBWR燃料集合体18本，PWR燃料集合体7本であります。BWR及びPWR燃料集合体それぞれの異った長さ及び断面積の集合体に適合させるため，取替え可能の上蓋と内部構造物が使われています。設計ベースの熱負荷262,000Btu/hrを放散させるため，外部強制空気冷却方式が採用されています。劣化ウラン，ステンレス・スチール及び水がガンマ線及び中性子遮蔽の両方を行なっています。

IF300キャスクは多輸送方式用キャスクで，過重トラック（短距離用），鉄道，船又はバージのいずれでも輸送することが出来ます。過重トラックによる輸送を容易にするため，IF300キャスクのスキッドは，重量物取扱いを専門とする輸送業者の多くが使用している様な水圧傾斜ジャッキ付のトラック台車に直接取付けられる様に設計されています。トラックから鉄道車輛へのキャスクの移動は，鉄道側線にもうけられた終点荷役作業ランプを使用することにより行なわれます。USAECによるIF300キャスクのライセンスは，1973年初期に予定されています。IF300に対するゼネラル・エレクトリックの設計・解析報告書は1971年1月にAECに提出されました。これは，他の如何なる最新設計の輸送用キャスクのAECへの申請よりも12ヶ月以上も早く行なわれたこととなります。このことは，長期間かかるAECのライセンス認可プロセスに於いて，大きなリードを示すものであります。IF300キャスクの最初の2基につき，リード・タイムの長いコンポーネントの製作は始まっております。最初の1基の納期は，1973年の第2四半期中が予定されてい

ます。

### IF300 キャスクの概要

燃料集合体が収納された際のIF300キャスクの重量は、輸送する燃料の個々の種類により異なりますが、135,000ポンドから140,000ポンドであります。スキッドと冷却装置の合計重量は約35,000ポンドであります。輸送途次、キャスクはスキッド上に水平位置に取り付けられます。スキッドは、短区間の特殊許可のトラック荷役も出来る様に設計されていますが、輸送は主として鉄道又は水路輸送が考えられています。

IF300キャスクは、この様に、多輸送方式の構造が取られていますので、サイト内へ直接の鉄道の便ないし水路の便を持っていない原子力発電所にも使用することが出来ます。又短区間移動能力を持たせたことにより、キャスクを最寄りのドック又は鉄道始発点へ移動し、その地点からこのキャスクの本来の輸送方式であるロール・オン／ロール・オフ技術の使用へと切替えることが出来ます。

キャスクは、スキッド上では頭部は支持鞍部で支えられ、底部はクレードル支持台で支えられます。クレードル支持台はピヴォット支持となっており、このピヴォット支持端を中心にキャスクを回転させ、キャスク位置を水平位置から直立の位置に起しスキッドからはずします。トラニオン吊具は輸送の際は取りはずされます。キャスクは、特殊なヨークにより吊上げられる様になっています。このヨークは、通常原子炉建家クレーンのフックと、その上端部が連結出来る様になっており、下端部はトラニオン吊具と2個のフックで連結されます。キャスク上蓋は、ヨーク吊具の一部である2本の鋼鉄製のケーブルを使って取りはずされます。

キャスク内外の表面部と内部の燃料バスケットはすべてステンレス・スチールが使用されています。ガンマ線遮蔽及び高速中性子遮蔽の両方共、キャスク燃料収納室間内の水、キャスクの外壁と内壁間の劣化金属ウラン及びキャスク外部表層に充填された水により行なわれます。水充填表層はステンレス・スチールの薄板で作られ、熱伝達面積を最大にするため波状に脈打たせたコラゲート構造となっています。コラゲート構造は、キャスク表層の強度と損傷に対する抵抗力を大きく増します。この円筒状の格納表層はキャスク本体に取り付けられ、燃料の実効領域をすべて覆います。

格納表層の頭部は金属性のガスケットでシールされます。キャスクの設計作動圧力は、材質の温度が815°F 400 Psig であります。過圧力は圧力逃し弁により保護されます。キャ

スク燃料収納空間には、原子力バルブが2個、バルブ・ボックス2個の中にそれぞれ1個ずつ取り付けられており、充填、ドレーン、換気、試料摘出を行ないます。これらのバルブには作動投入を容易にする様に短時間で取りはずせる金具がついています。また、バルブ・ハンドルは輸送途次は振動でゆるまない様に、しっかりと締付け保持されます。

水充填格納表層は、逃し弁により過圧力に対して防護されています。

表層はまた2個のバルブ・ボックス内に置かれた充填用バルブ及びドレーン用バルブによってもサービスされます。

燃料集合体は、取替え可能の、燃料集合体の格子状収容部を持ったステンレス・スチール製のバスケットに収納されます。BWR燃料集合体用とPWR燃料集合体用の2通りの設計のものがあります。臨界制御は、バスケットに溶接された、ボロン・カーバイト充填のステンレス・スチール管により達成されます。

燃料エレメントのバスケットへの出し入れは、標準の燃料把み機により行なわれます。燃料バスケットは、そのキャスクを他の種類の燃料を輸送するのに使われる時だけキャスク内から取出されます。

キャスクの外表面は、外部衝撃に対する防護のため、フィンが付いています。これらのフィンは、ステンレス・スチールで出来ており、キャスク直径方向に同心上に付けられています。キャスクの両端とバルブ・ボックスにもキャスク表面上に溶接でフィンが付けられ、外部衝撃から保護されています。

外部の水表層ジャケットは、薄板材質から成っており、キャスクの衝撃に対する防護の役割りは持ってありません。

### 安全性及びライセンス状況

大量の放射線源物質及び核分裂性物質に対する放射性物質輸送用容器は、現在、原子炉及び再処理工場と同様な方法でライセンスが与えられています。キャスクの設計は、法規の要求と照らしてAEC及び米国運輸省(DOT)の規則で定義された輸送上の特別条件に照らして評価されます。

AECのライセンスとDOTのスペシャル・パミットを入手して始めて、放射性物質は容器に収納し、その容器梱包内容物の受取りにつきAECから認められた、他のライセンシーへの引渡し輸送をするために輸送業者へ引渡しすることが出来ます。

規則には、放射性物質のパッケージングの設計を評価するための通常時及び事故時条件の両

方が指定されています。通常時条件としては、パッケージが通常輸送時につき或る指定された温度及び振動、ショック及び冠水事故に対して耐えるものであることが要求されます。更に、パッケージは放射能放散は最小にして、指定の事故条件に耐えることが要求されます。事故条件としては、完全硬性の表面上への30フィートの高さからの自由落下、次いで直径6インチのピン上への40インチの高さからの落下、次いで1475°Fの火の中への30分間放置、次いで深さ3フィートの水の中に8時間沈下させることを、このシーケンスで行なうことを含みます。比較のために例をあげれば60 mphでの交通事故は、30フィートの高さから硬性の表面への自由落下よりも、キャスクの主要ポーネントに与える応力は、はるかに小さいものです。

#### 衝 撃 事 故 比 較

対 象 物	重量 (lb)	初速度 (mph)	停止距離 (f-t)	G	減速力 (lb)
キャスク	45,000	30	0.5	60	2700,000
キャスク	130,000	30	0.5	60	7800,000
トラック	75,000	60	10	12	900,000
乗 用 車	5,000	80	5	44	220,000

法規上及び環境上からの代表的な関心が持たれる分野は、輸送用キャスクが橋梁等の様な静止体に衝突することです。重量積載のトラックが、この様な静止体と接触する場合でも、その静止体に大きな損傷を与え、測定し得る大きさの偏位をもたらすことを注目すべきです。従って、これらの静止体は、輸送用キャスクの影響を評価する目的のために考える硬性の表面であるとは一般的に考えられません。上表に示される通り、輸送用キャスクがもたらす力は、積載されたトラックによる力よりもはるかに大きいものとなります。従って、これらの「静止体」の偏位は、トラック型の事故で惹起されるものより更に大きなものとなると考えられます。更に、輸送用キャスクとの衝突については、輸送用キャスクの重心点が衝突点に衝突し、しかも衝突の方向は、キャスクに最大の応力がかかる方向が仮定されています。而しながら実際には、キャスクの表面への衝突は一瞬の間に行なわれ、キャスクが吸収すべきエネルギーは仮定時に考えた直撃の場合のエネルギーに比べて、はるかに放散が早いと考えられます。

IF300輸送用キャスクは、衝撃防止のためもうけられた外表面のフィンに大きな変形を与えること無く、衝撃時の全影響を吸収出来る様に設計されています。外側のスチール体の変形については、一切変形しない様になっています。

このため、衝撃エネルギーを吸収するフィンに対して、スチール体が相対的に強度が大きいため、30フィート自由落下のエネルギーを吸収するためにキャスクがこうむるかも知れない損傷と放射性内容物の放出に迄至り得るキャスク本体の破壊迄に必要な損傷の間には大きな安全マージンがあります。

ゼネラル・エレクトリックのIF300キャスクは、あらゆるキャスク試験の要件をすべて満足させ合格しております。

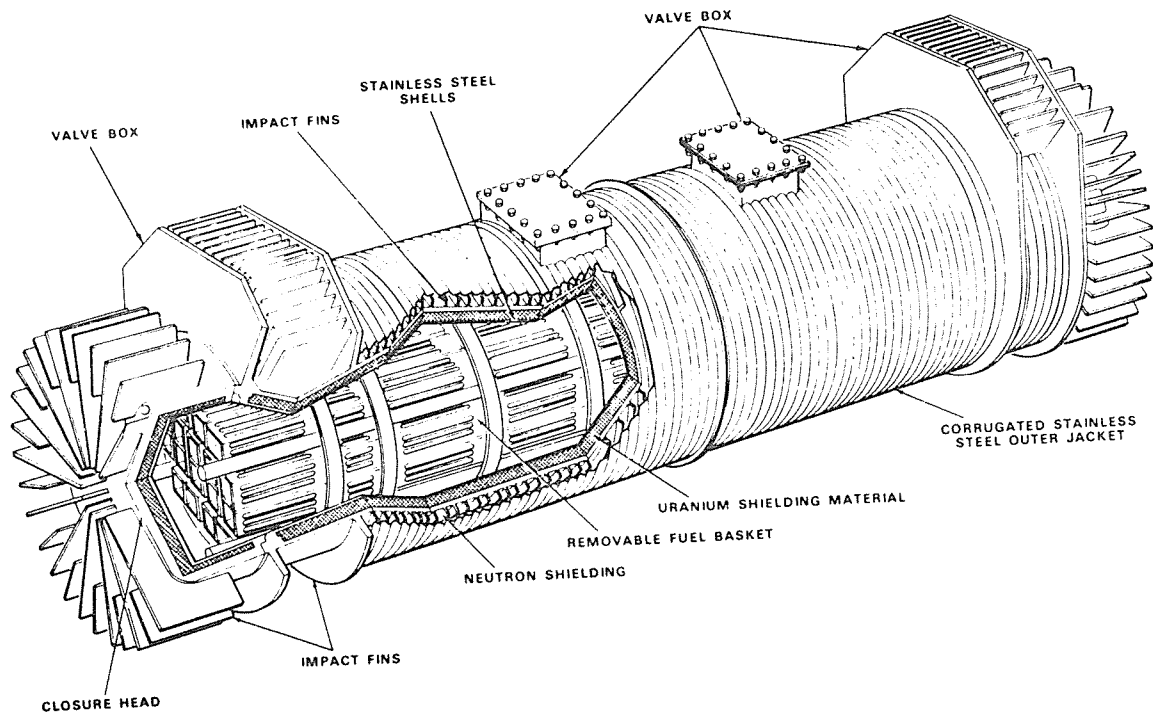
#### 将来の要件

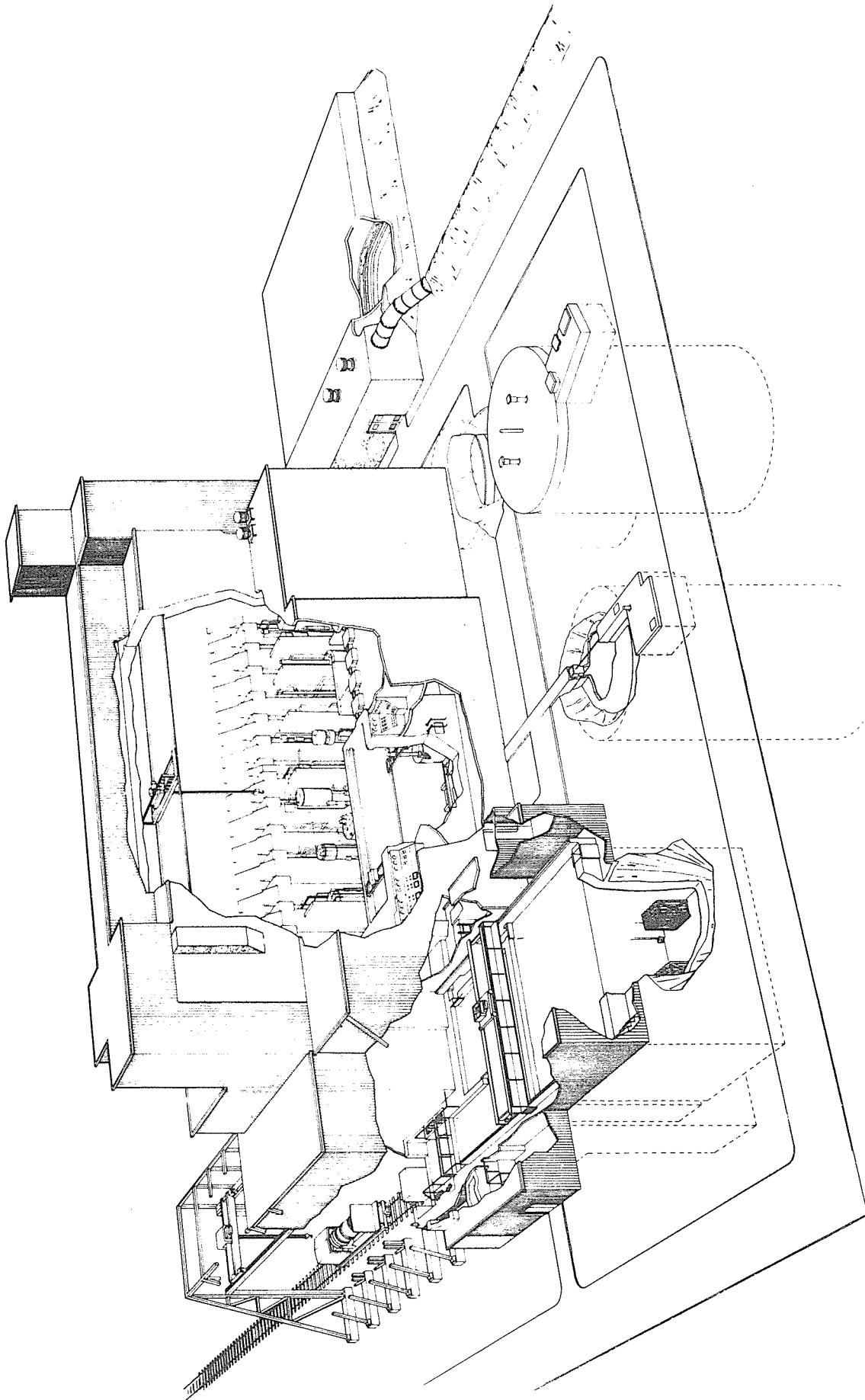
IF300キャスクは、使用済燃料輸送用キャスクとして、最初に出現した新しい系列のキャスクですが、ゼネラル・エレクトリックの原子力事業本部は更に大型のモデル、IF400を開発中であります。IF400キャスクは、純粋に鉄道輸送用ないし水路輸送用キャスクであり、BWR燃料集合体32本、PWR燃料集合体15本の収納能力を持ちます。

即ちウラン重量トンで6トン以上の照射済燃料を収納出来ます。現在の計画では、この大能力キャスクは、1976年には実用出来ることを目標としています。

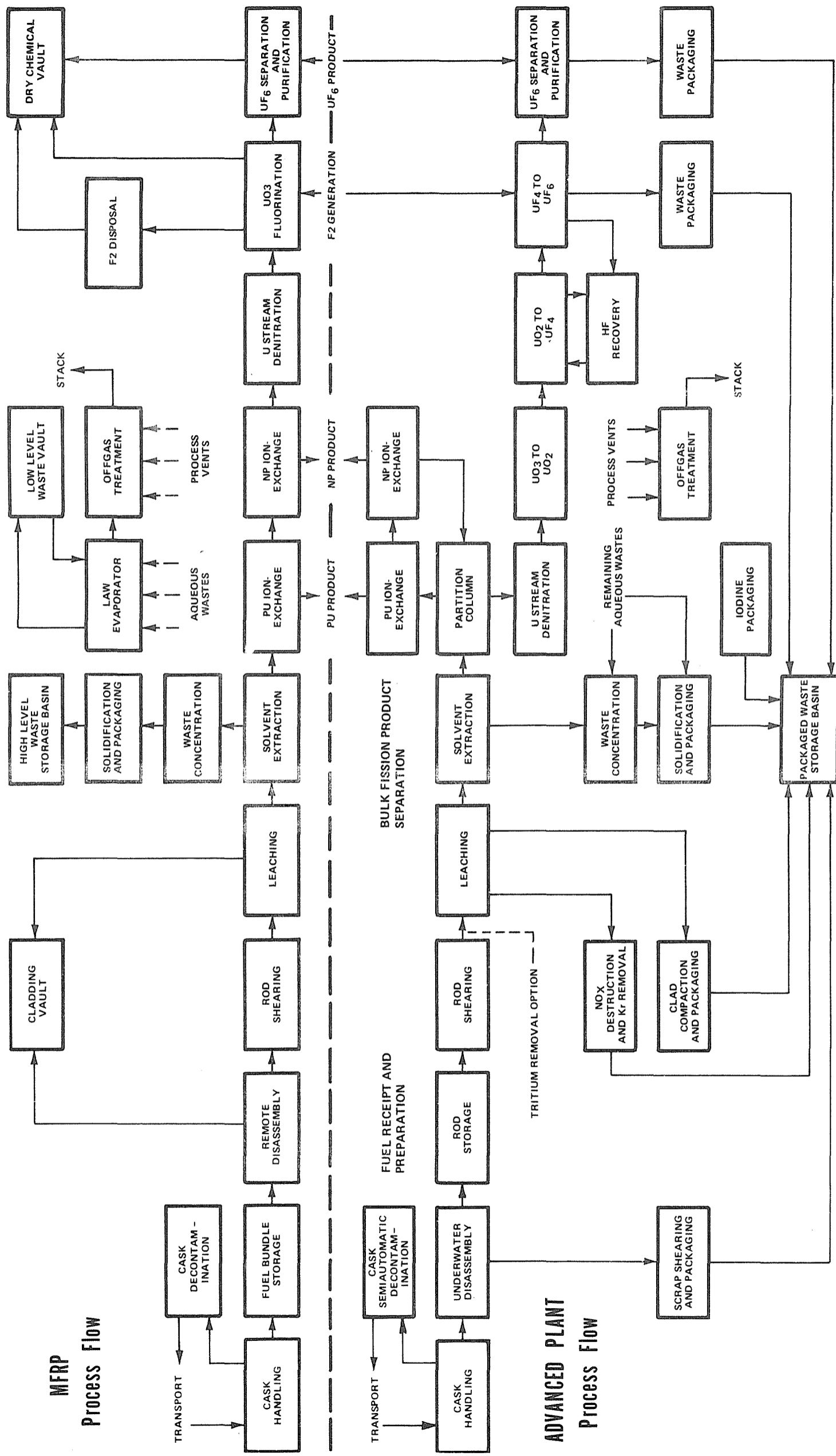
多輸送方式用キャスクであるIF300と、大型のIF400キャスクの組合せは、使用済燃料を原子力発電所から考えられる最短時間で、且つ最も低コストで運ぶ手段を電力業界に提供するものであります。更に、これら新鋭のキャスクは、使用済燃料輸送が原子力発電所の運転並びに発電所のマンパワーに及ぼす影響を最小にするものであります。







GENERAL ELECTRIC



## 〔 発表 - 2 〕 バーンウエル計画

— 軽水炉燃料の再処理用に設計された最初の大型施設 —

アライド・ケミカル社

副社長補佐 K.R.オズボーン

バーンウエル核燃料工場は現在、アライド・ガルフ ニュークリア サービス会社によって、アメリカのサウス・カロライナのバーンウエルのそばに建設中である。これは、軽水冷却・減速原子力発電炉燃料を処理するために、特に設計された最初の大規模再処理工場である。

多年の業務経験と研究の結果、バーンウエル工場の基準を選択した。これ等の研究において、我々は海外当局並びに米国原子力委員会の核燃料再処理に関する深い経験を利用し得た。種々な規模の湿式、ふっ化蒸留および半乾式法につき、また種々な工程や工場立地について詳細な検討を行なった。これ等の研究において経済的考慮が重要部分を占めたが、主な目的は安全性と環境保護である。

バーンウエル工場は次の基準に適合している。

処理能力	— 1500 MTU/年
燃料の型	— 軽水炉, $UO_2$ 或いはウラン-プルトニウム混合酸化物
燃 焼 率	— 年間平均: 35,000 MWd(t)/MTU 1 バッチ最高: 40,000 MWd(t)/MTU
比 出 力	— 年間平均: 40 MW(t)/MTU 1 バッチ最高: 50 MW(t)/MTU
排 液	— 放射能汚染なし
排 気	— 放射性核種含有量は実際的な限り低くする。
廃 気 物 :	
液 体	— 敷地での中間貯蔵。次いで固化, 貯蔵および連邦貯蔵所への輸送
固 体	— 土地汚染を最少にし, 取り出し可能なように包装し, 敷地内に埋没する。
安 全 性	— 運転員および公衆に対し安全を確保。

バーンウエル工場は米国原子力委員会, 建設契約者およびコンサルタントによって厳格な

検討と精査を受けた後、認可されるこの規模では最初のものとなるであろう。これはまた米国環境保護庁の精査に合格し、州の任命した委員会の長い、厳しい検査を受け、多くは活動的反対者である公衆に知れ渡り興味を持たれたこの規模では最初の商業用工場であろう。

再処理の最初の研究はアライド・ケミカルによって、10年程前に始められた。1967年以来の認可およびそれに関連する活動の年表は次の通りである。

1968年	2月	敷地決定を公表
1968年	11月	米国原子力委員会へ建設認可申請
1970年	7月	原子炉安全諮問委員会による正式検討
1970年	10月	サウス・カロライナ、バーンウェルにおいて公聴会
1970年	12月	建設認可
1971年	2月	建設開始
1971年	11月	米国原子力委員会へ環境報告を提出
1972年	7月	サウス・カロライナ州議会へ再処理工場研究報告を提出
1973年	1月	バーンウェル工場に関する原子力委員会の環境報告の発表

今後の予定は次の通りである。

1973年	春	運転許可申請
1973年	晩夏	環境問題に関する公聴会
1974年		コールド運転
1974年	末	運転許可
あるいは		
1975年	初め	
1975年		商業運転開始

原子力委員会の規制部では、われわれの予備安全解析報告書の安全評価において「この施設の建設許可を出すことは、公共の保護と安全あるいは公衆の健康と安全に有害ではなからう」と述べている。原子力安全許可会議は、公聴会後に発行された審査結果報告書において「提案されている施設は工場運転員ならびに公衆の保護のために多数のシステム構成要素と特徴を組み入れており、すでに建設されたかあるいは原子力委員会によってすでに建設を許可された他の再処理工場と多くの類似点を持っている。バーンウェル核燃料再処理工場に用いられるピュレックス法に必要な安全配慮がよくなされており、工学的安全特性もよく開発されている。」と述べている。再処理工場を審査研究する州委員会は1971年に設置さ

れた。14回の公聴会を含む11ヶ月の検討の後に、この委員会はその報告書を刊行しその中で次のように述べている。「当委員会は質問に対し協力してくれたアライドーガルフの努力に対し賛辞を呈する。アライドーガルフは現在知られている技術の範囲内でバーンウェル核燃料再処理工場の操業を安全にするよう留意しているものと当委員会は信ずる。

次の意見は当委員会で一致したものである。当州は原子力を取り扱う能力を開発すること続けるべきであり、ここに含まれている勧告を条件として、バーンウェル計画を進めるべきである。」

日本人々にとって興味のあるのは、バーンウェルのような工場の操業が環境に及ぼす影響である。このことは、次いで工場からの種々な廃棄物をどのように処理するかという質問になる。再処理工場に関する主な配慮は、実質上総ての非揮発性廃棄物を含んでいる高レベル廃棄物に向けられていたが、われわれは貴方がたの環境に対する高いレベルでの関心を考えると貴方達は再処理からの他の廃棄物を我々がどのように処理しているかに興味を持たれていることと思う。

先ず、バーンウェル工場からの廃液を見てみよう。再処理工場から排出される放射性核種の人体への最も直接な経路の一つは、排液を通じてであると一般的に認められている。そのため、このような排出を無くするように特別の配慮がなされている。工場用水源は敷地内にあるいくつかの800フィートの深さの井戸である。モニタリングのための貯槽に留められた放射性物質の定期的排出をなくするために、極めて僅かしか汚染されていない廃棄物流れと蒸発機が用意されている。トリチウムを含んだ水は他の放射性核種の量が多くなるようにモニターされた後、蒸発され100メートルの排気筒より放出される。冷却用水は中間の、独立した閉鎖ループに入れられ、次いで熱交換器を通して一次冷却水によって冷却される。冷却用水圧以上であることを確保するように制御される。排水を受け入れる周辺の川の熱汚染の影響は僅かであろうが、これを防ぐために冷却塔と循環水システムが一次冷却水系に用意されている。盛夏の排水温度は85°Fを超えないであろう。最後に周辺河川水と排水の生態学的両立性を十分に確保するために調整池が加えられた。この池は約17エーカーの表面積を持っている。池中の平均滞留時間は2週間を超えるであろうが、池を通過する水が環境と平衡に達するのにわずか4日しかかからないであろう。

非放射性化学薬品の排出は、冷却水系の藻類コントロール(塩素処理)、ボイラー排水(ブロウダウン)および脱塩水器再生排水等のために必要なものに限られるであろう。この結果生ずる水の組成は、それが排水されるところの河川水の組成とそれほど違わない。品質要

因をいくつかあげてみると、全溶解固体物約 80 ppm, 塩化物 6 ppm, 溶解酸素 5 ppm, 硝酸塩 0.7 ppm, カリウム 15 ppm, PH 6~8, 化学的酸素要求量 (COD) 0.02 である。

衛生下水は総ての州規準に合致するように処理される。しかし、調整池の生態学的バランスをくずすのを避けるため 3 エーカーの面積の松林を灌漑するためにその水は散水される。

池への、また池からの排水と同様にすべての冷却水系は放射能を連続的にモニターされ、池からの排水はサンプルされて、確認のための化学分析が行なわれるであろう。

工場排水の川への確実な放出は長びいた乾燥期間の有害な効果を軽減するであろう。

排水へ払われたと同様な留意が排気にもなされた。それ故、公衆の放射能被ばくは極めて少ないであろう。主排気筒から約  $1\frac{1}{4}$  マイル離れている敷地の柵のところで、全年間被ばく量は、安全側に計算して、

全身	0.7 mrem
骨	2.43 mrem
甲状腺	3.14 mrem
皮膚	7.73 mrem

である。

1980年の推定人口に基づくと工場から 50 マイルの半径の円の中における地域住民総積算全身 man-rem は 30 以下である。このような低被ばくは、気体と空気流の清浄に留意した結果である。排気あるいは工程系と建屋換気系の 2 つの清浄系がある。

排気系は、溶解槽、凝縮器、他の工程槽類および廃棄物貯槽からの気体を集め、浄化する。それは、酸化窒素の回収系およびフィルター、微粒子、沃素を除去し、またクリプトンとトリチウム以外の他の揮発性放射性核種等を除去するための洗浄器および吸収器を含んでいる。酸化窒素回収系は、従来のもので、酸化窒素の放出を  $\text{NO}_2$  換算で約 100 ポンド/時に制限している。これは敷地境界においてサウス・カロライナおよび合衆国制限値の 0.9% に過ぎない濃度となる。沃素は 2 つの硝酸-硝酸水銀洗浄器と銀充填ゼオライト吸収器により効果的に除去される。この系は I-131 と共に I-129 を含む総ての沃素アイソトープの 99.9% 以上を除去するであろう。HEPA フィルターは微粒子を除去するのに用いられる。

放出されるクリプトンおよびトリチウムのキュリー数は多いけれども、工場近傍あるいは世界的にも、両者による公衆被ばくは重要でない。合衆国国立科学院から最近発刊された「電離放射線による低レベル被ばくの住民への影響」という報告は、推定された原子力発電の増大から考え、2000年になってもクリプトンからの世界中での全身被ばくは年間 0.04

mremに過ぎず、トリチウムからは、0.03 mremである。

32,000 MWd(t)/MTU 燃焼した燃料を年間1500 t 処理する時、バーンウェル工場から大気中に放出される特に関心のあるいくつかの放射性核種は、1秒当りのキュリー数で次のように推定される。

トリチウム	$1.8 \times 10^{-2}$
クリプトン	0.43
ストロンチウム-90	$8.8 \times 10^{-9}$
イソトープ-129	$1.5 \times 10^{-8}$
イソトープ-131	$1.2 \times 10^{-8}$
プルトニウム-239	$1.2 \times 10^{-11}$

換気系からの微粒子除去の非常に良い能力を備えている。通常の最終HEPAフィルターに加えて、各セルの出口で第2 HEPA フィルターによって空気は濾過される。プルトニウムが空気中に混入する可能性のあるセルの場合には、3段階の直列の高効率濾過ができるように、セル中に直列に2つのHEPA フィルターが備えられている。火災探知、消火およびその他のシステムがフィルターを保護している。

処理される燃料中に含まれている大部分の放射性核種は施設内に貯蔵される。今日確定した規則がないので、これが最終的にどのように処理されるかはわからない。しかしながら、それ等が安全な方法でかつ環境を守る方法で処理され、これを達成する技術や能力が欠けていることはないことは疑いのないところである。

非揮発性核分裂生成物の99%以上は、硝酸溶液中に高レベル廃棄物として工程より排出される。燃料1 tを処理すると150ガロンでつくるこの廃液は、ステンレス鋼で内張りした地下のコンクリート貯蔵庫中の300,000ガロンの貯槽中に貯蔵される。冷却を必要としない中間レベルの廃液は、冷却コイルが無い点を除けば高レベル廃液貯蔵用に用いられたものと同様な貯槽に貯蔵される。

現在の規則では、廃液が生じてから5年以内に固化されることになる。固化をするのに2つの方法がある。1つは1963年以来、アイダホ再処理工場で運転されている流動床仮焼法である。アライド・ケミカル社によって運転されているこの施設は平均減容率が8で240万ガロン以上の廃液を固化した。

候補にあげられる他の方法は、噴霧仮焼法でこれはバツテル・ノースウェスト研究所が、放射性物質を使用したパイロット・プラントを運転した。今年われわれはこれ等の方法のうち



1つを選定し、われわれの廃液を処理する方法に必要な特定の工程と制御変数を決めるために、パイロットによる試験を行なう。われわれはどちらの方法でも使用し得るものであり、安全性と経済的評価に従ってわれわれの選定を行なう。

要約すれば、バーンウェルの廃液は、5年以内は安全に貯蔵され、それから一般的に知られまた確立された技術に基づいた工程により最終処分に適した固体へ転換される。

固体廃棄物は溶解後の被覆片（ハル）、廃棄物、除染された機器およびフィルター、吸取紙、布等の雑多なスクラップ等である。

まだ定義されていないが「アルファ含有」と区分される固体廃棄物は、将来何時でも再び取り出され、また埋めた後20年間は汚染されないような方法で包装され、敷地内に埋められる。他の固体廃棄物は、放射性物質が地下水中に、許容できないまで浸出するのを最少にし、あるいは排除するような方法で除染されまたは包装されて埋められる。

われわれが、バーンウェル工場で設定した環境モニタリング手順に貴方がたは興味を持たれるかも知れない。われわれはエモリ大学とジョージア工大の5人の教授を委嘱し、当工場の建設と運転がもたらす排出物と避け得ない物理的效果を明確にするに際して、われわれは、彼等に環境の質を保護するプログラムを計画することを依頼した。われわれは、環境へのいかなる攻撃も非常に初期の段階で確認できるような極めて感度の高いプログラムを要求したので、修復できない損害を防止するための措置がわれわれの運転において取り得るであろう。

われわれは、いかなる偏見も入らないように、独立したプログラムを依頼した。われわれの運転が環境に及ぼす真の影響あるいは影響がないことについて公衆および政府の規制当局へ十分報知するプログラムを要求した。このプログラムは、任意に取った試料に関する情報の編集によるものでなく、あるシステムを基礎として問題点を明らかにすることにおいて独特のものであるとわれわれは信ずる。環境中の放射性核種の経路と結果に関する知識をふやすために、合衆国の他の地域においても従うべきモデルとして、合衆国環境保護庁がみなしているプログラムであるとわれわれは信じている。それは公衆に対して公開している点において、バーンウェル工場の操業が容認されるであろうとのアライドーゴルフ・ニュークリア・サービス会社の自信の積極的表示であり、また環境に対するアライドーゴルフ社の関心を明らかに説明している。

バーンウェル工場の設計は、種々の敷地条件で運転できるものであるとわれわれは信じている。

## 〔発表－3〕 核燃料再処理工場計画について

エクソン・ニュークリア社

社長 R.L. ディックマン

核燃料再処理及び関連輸送並びに廃棄物管理についてエクソン・ニュークリア社の見解及び計画を説明する機会を日本原子力産業会議により与えて頂き感謝します。御承知の通り、スタンダード石油会社（ニュージャージー）は名称を変更し、エクソン社に、又、ジャージー・ニュークリア社はエクソン・ニュークリア社となりました。エクソン・ニュークリア社は、エクソン社の下で、米国及び世界の電力生産計画の核燃料サイクルに対するサービスを担当しています。エクソン・ニュークリア社は、日本の電力会社向けに、天然ウラン、ウラン及びプルトニウム完成燃料体、核燃料再処理サービス並びにウラン濃縮サービスの需要を満す為の協力を深い興味を持っております。

軽水炉核燃料サイクルより生れる製品としては、電力を起すところの蒸気ではありますが、一方、一連の燃料供給がしばしば別々の要素として見なされる傾向があります。即ち、ウラン、転換、濃縮、成型加工、再処理、廃棄物管理、回収製品—化学処理済ウラン及びプルトニウム、更に輸送、金融を含むその他の核燃料サイクルの要素が一つ一つ個別に取り上げられがちであります。このように一つ一つ別個に供給する事は、非能率と又、不必要なコストの上昇を招くのみであります。エクソン・ニュークリア社は核燃料サイクル全体につき基盤を固めて来つつあり、電力会社に対し、より完全な国際的核燃料サービスを供給するという長期的目標を持っています。

この背景について述べますと、エクソン社のウラン鉱山探鉱計画は、極東、ヨーロッパ及びアフリカ並びに米国地域に於いて活発に行なわれています。鉱山及び精練事業については、現在、米国ワイオミング州に於いて進行中であります。

エクソン・ニュークリア社は $UO_2$ 及びプルトニウム富化燃料完成体を、米国並びにヨーロッパの電力会社向けに米国、ワシントン州リッチランドに所在する工場に於いて製作しています。

又、エクソン・ニュークリア社の子会社ジャージー・ニュークリア・アブコ同位元素株式会社（JERSEY NUCLEAR-AVCO ISOTOPIES, Inc.）はウラン濃縮の新技術を開発中であり、現在は未だ研究段階ではありますが、長期的に見れば、この暫新技術はウ

ラン濃縮技術として見込みのあるものです。

更に、エクソン・ニュークリアは、米国の新濃縮工場の基礎として、米国企業にガス拡散並びに遠心分離技術の評価を可能にする為の計画に参加しています。もう一つの重要な研究開発を行なっている分野が使用済燃料の再処理であります。

エクソン・ニュークリア社は、1969年、核燃料再処理の企業化並びに技術研究を始め、使用済燃料の再処理をエクソン・ニュークリア社の核燃料サイクル業務の一連商品として組み込む計画を打ち立てる決断が可能になりました。これらの研究が進むにつれて、研究領域を拡大する決定が組織的になされ、この仕事を遂行する為にエクソン社の核燃料再処理部が設立されました。この部門は、主に、米国核燃料再処理計画で経験を積んだ、化学的再処理分野の凡ゆる面に精通せる技術者を集めております。この部門の専門家は、原子力業務、特に再処理分野で平均15年以上の経験を持っています。その知識は、プロセス技術、機器設計、直接プロセス管理、機器エンジニアリング、施設設計、原子物理、品質保証、放射線安全性及び、放射性化学工場運営等の分野を網羅しています。

エクソン核燃料再処理部はいくつかの米国内の研究所から協力を得て計画を進めております。例えば、ワシントン州リッチランドのバットル・ノースウェスト研究所及び設計並びに建設分野に於いて現行契約に基づいて協力を得ている、ベクテル社があります。本再処理計画は米国又は海外に於いて必要時に、新再処理能力を提供するよう然るべく定められます。当社の再処理計画は顕著な進歩を成し遂げました。

原子炉燃料の世界に於ける再処理技術について、注意深く技術面並びに経済面について分析して来ました。そして、これらの研究調査がいくつかの結論の基礎となりエクソン社の核燃料再処理計画に組み込まれました。

一つの主要な結論として、技術については、環境問題を考慮した上での経済性の枠内で、如何なる処理能力を持つ核燃料再処理工場を建設する技術を持っております。使用済ウラン酸化物燃料は原則として全てのトリチウムガスを放出するが、酸化により三重水素水又は他の形に酸化物とし、効率的な吸収を行なえます。一般的に無煙溶解と言われる酸化物添加による照射済燃料の溶解はガスのネット・フローを適当な容積に縮小させ、よう素及び希ガスの除去を完全に行なわせます。伝統的低温液化システムはクリプトン及びキセノンの効率的除去が出来ます。一方、よう素131及びよう素129は濃硝酸スクラッパー又は硝酸と硝酸水銀化合物に閉じ込められます。この閉じ込められたよう素は、永久貯蔵用に固体として除去されます。機器漏洩によりスクラッパー・システムをエスケープした又はスクラッパ

一効率限界以上のよう素は、シルバー・ゼオライト又は銀混合単眼ふるいにより定量的に除去されます。燃料溶解技術は溶解抽出システムに導入されるよう素量を0.5パーセント以下に限定する事を可能にします。

この微量のよう素はその後、活性化銀よう素トラップにより閉じ込められる。ウラン酸化燃料は原子炉生成プルトニウムの効率的溶解と共に硝酸には容易に溶けます。不溶解性核分裂物質は溶媒抽出過程に進み、大部分所定の廃棄物処理過程に持ち込まれます。

ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料は特性的に少量の溶解性プルトニウムを含むが、固液分離装置により、不溶解性プルトニウムを分離し、その後もっと強力な特殊溶解法を適用します。

ピューレックス法はウラン及びプルトニウムを精製、分離しリサイクル用のそれぞれの精製品を得るには最も進んだプロセスであります。今日の技術によりこのプロセスを改良し、化学塩の添加なしで目的が適えられる事になりました。その結果出て来る種々の廃棄物より産業用の有益な副産物を回収する事が可能になっております。同様に、これらの廃棄物は留し易い為に、超ウラン元素のリサイクル計画の如きより複雑な廃棄物管理計画が考慮され得ます。

ピューレックス法によるウラン製品は低価値のウランの処分を可能にする為、特別な溶媒により処理されます。又、硝酸ウラニルから濃縮用UF<sub>6</sub>への転換技術が確立されております。

上述の如き技術的能力を有する、エクソン・ニュークリア社の技術者並びに、ベクテル社は、原子力施設の設計と建設の経験を生かし、年間1,500メトリック・トンを上回る能力を持つ再処理工場の設計を研究しております。この工場設計はウラン酸化物燃料及び混合酸化物燃料の両方を処理する能力を持っております。トリチウム、よう素及びクリプトンは除去され一括した廃棄物として閉じ込められます。改良ピューレックス法は精製硝酸ウラン及び硝酸プルトニウムを製造します。ウランは弗素によりUF<sub>6</sub>に直接転換されます。プルトニウムは伝統的な転換法によりプルトニウム酸化物に転換されます。

プロセス過程からの副産物又は、高レベル濃縮廃棄物からの他の副産物の回収を可能にする為機器の柔軟性が考慮されています。高レベル廃棄物はU.S.A.E.C.の要求に沿う永久貯蔵に適した固体に変換する計画の下に当分の期間貯蔵されます。

工場規模と立地については根本的決断が必要とされ、長期間に亘り、妥当な結論として耐えられるものでなければなりません。エクソン・ニュークリア社が関与するこれら全ての調

査研究がいくつかの顕著な結論を認識させ打ち出させました。

(1) 低・高レベル廃棄物の管理，最少限暫定的貯蔵が若し，長期間に亘り，経済的負担にならず又，旧式にならないならば，核燃料再処理工場の立地に関し独得の要求をもたらします。最初から監督官庁により明確且つ簡潔な立地基準が設定される事が，暫定的並びに永久的廃棄物貯蔵計画の決定に測り知れない助けとなりましょう。この理想的な援助については，近い期間の問題として認識されていないようですので，偶発性を考えた計画を立てる事が最重要であります。

(2) 照射済燃料の再処理工場への輸送及び再処理工場からの製品の輸送問題が核燃料再処理の経済性についての生命線であります。国内的及び国際的法規基準は変遷して行くものであり，本来非常に制限的なもの故期待されていた再処理工場の有効性について30年間に亘り経済的偏見をもたらす恐れがあります。

(3) 核燃料の再処理は，又，高速増殖炉の燃料サイクルに対し経済的な生命線であります。例えば1980年に建設された再処理工場は，今世紀後半に出現すると見られている高速増殖炉計画に於いても役割を果さねばなりません。この場合基本技術及び設計並びに工場規模と立地に関する選択に対し異なった考慮を加えねばなりません。

(4) 再処理の経済性は多くの要素により影響を受けます。再処理工場の規模の経済はこのように資本集約的燃料サイクルの部門では特に適用されます。例えば日産3トン以下の再処理工場は経済的に競争力がないでしょう。他方日産3トン以上の能力を持つ再処理工場は理論的年間処理能力と実際に利用されるパーセンテージの稼働率を有し，再処理工場の経済性に強いインパクトを与えます。即ち，理論上，有効な再処理能力は多くの理由により利用されないかも知れません。例えば，市況，核燃料物質査察問題を含む法規上の要求，輸送上の合理性，機器及びプロセス性能経験，最終製品品質条件等。凡ゆる点を考慮すると，決断（デシジョン・メイキング）は非常に複雑でありますので，一貫した，包括的且つ熟慮された将来の計画を立てる事が最重要であります。尚，国内的規模での官民協調の重要性がより肝要且つ必須の地域はあるとしても少ないでしょう。

米国に於ける当社の核燃料再処理研究計画についての大きな進展を報告出来，幸甚です。非常に印象的な日本の原子力発電計画の発展に協力する為に，当社のサービスを提供し適当な日本企業と仕事が出来る事を期待します。

## 西ヨーロッパにおける放射性廃棄物の取扱い — その現状と将来 —

OECD 原子力機関  
事務総長 E. サエランド

8年ぶりに原産の会議に出席し、今年次大会の特別講演に招いていただいたことは私にとって最大の喜びである。

本日、私の話す主題は「放射性廃棄物管理」についてであるが、この問題は私に与えられた45分間よりももっと時間のかかる、極めて重要な内容である。しかしながら、日本は、私が主張したように、最近OECDの加盟国となったので、本大会の主催者から我々の機関の一般的目的と計画について最初簡単に述べるよう要請を受けた。

我々の機関が1957年にOECEのENEA (European Nuclear Energy Agency) として設立されたとき、原子力開発はほとんど完全に政府の支持によっていた。したがって、政府間協力は、共同研究計画および情報と経験の交換を通じて金と限定された科学者の両者にとともなり費用を最小にするために本質的要素と考えられていた。しかし1960年中に、この種の協力範囲が狭くなるとともに、原子力界にも産業危機が増加した結果、商業的関心時が徐々に発展してくるものと判断した。

それにもかかわらず、政府はまだ主要な役割をはたしている。第一に、多くの政府は、原子力研究（とくに長期間の開発目標に関連した研究）に以前より多くの努力をかたむけてる。第二に、規制と管理の責任は、もちろん政府にあるが、原子力の産業化にとともない急速に増加している。実際に、今日では政府間協力によりもさらに協力の必要性が大きくなっている。しかし、このような協力の興味の焦点は政府の関心事に変化しつつ発展してきている。

この変った状況で我々の原子力機関の役割を説明するために、我々の親機関のOECD (Organisation For Economic Cooperation and Development) について簡単に説明する必要がある。OECDはOECEの規則と慣例の大部分を受けついでいるがOECDはもはや地方的な機関でなくむしろ選ばれた加盟国で組織された世界的機関と私は呼んでいる。実際に、四大陸に属する23加盟国は、事実全部の国は経済市場に頼っている高度工業化国である。

また、OECDは特別な分野に限定されていないことと思い出すべきである。それどころ

かOECDの著しい特長の一つは、多目的であり、経済的と社会的方針のほとんどすべての分野に関連していることである。

最後に、OECDは政治的または経済的実在機関ではなく、超国家的性格をもっていない。実際に、OECDはその加盟国に対して共通の方針を作成することを目標としているのではなく、国の方針をより効果的に作り出すことと、その方針が可能となりかつ望ましくなるまでこれらの方針を調和させることを目標としていることを意味している。我々のNEAの目標は、もちろん、このような一般的な原則に従わなければならない。

NEAはOECDのような広範囲の権限をもった機関の一部として大いに有利であると私は考えている。これは我々がNEAで扱っている多くの問題は高度に専門化され、原子力に限定されているが、その結果は機関のすべての目的に関連していると考えることができかつ貢献できることを意味している。この「横」のアプローチを皆様に説明するために、OECDが現在関係している長期的エネルギー問題と傾向の広範囲にわたる研究について述べてみたい。もちろん原子力の将来は、それ自身重要な問題であるが、その研究は原子力の特別な利益が我々の加盟国の一般的な経済と社会目的に照して関連する他の分野のすべての利益と比較し優劣を決めることができる広範囲な研究の一部として真の重要性があろう。

この研究は、エネルギー政策の方面で我々がなしとげたいと望む方針に多数の不一致があるために必要である。加盟各国は十分なエネルギーを望み、そのエネルギーは低コストで、便利かつ汚染をとまわらないことを望み、支払のバランスをあまりくずさない信頼性があることなどを望んでいる。もちろん、一つの解決策がこれらすべての目的を達成することができないから、一致しない利益の対決がしたがって必要である。これは代表的な一例であり、我々のNEAが親機関にもとずいた広範囲の仕事に統合されるときに特に意義をもつことができると我々は感じている。理想的に言えば、我々の仕事は、もちろん、NEAの現加盟国でない国も含み、OECDの全加盟国をも包含すべきである。

私は我々将来の活動方針について詳細に述べる時間がないが、理想としては原子力機関の仕事にもっと大きな政策要素を含まなければならないことを私は強調したい。（すでに述べたようにOECDのエネルギー研究に対する我々の貢献はこの傾向のよい一例である。）

この意味は、我々が共同研究開発計画（ハルデン、ドラゴン、ユーロケミックは古い計画例）を助長するために伝統的な役割を中止すべきであるということではない。しかし、明らかに過去数年における原子力研究における政府間協力の範囲は、経済的考慮が著しく発展したため狭くなってしまった。原子力開発における国際協力は、政府よりも共同の利益増進を

もつ工業グループまたは利用者のためのものであるべきである。政府間組織としての我々の機関は、したがって、政府部門内で自然に残っている共同計画の種類を選ぶことになる（例えば、経済的利用が直ちに期待されないとかまたは安全と規制に直接関連するような研究内容）。また、かなり以前の政府間協力は両者の協定のもとに最善に行なうことができたことを思い出すべきである。増加した我々の計画の方針内容にもとって、この政策は原子力の役割の経済的技術的調査に関係するだけでなく、むしろもっと重要である安全と規制の複雑な仕事に関係している。

我々は将来においてこの分野における機関の仕事は公衆の福利を第1に考慮して決定されるという認識を達成するためにとくに注意すべきである。機関の法的役割が原子力開発を促進しなければならないという事実は法規制を混同してはならない。すなわち、機関によって提案された安全性と規制の原則は、原子力開発に関連した調査と計画によるはなはだしい影響がないよう公平に定められなければならない。

したがって、安全性と規制の面に関係し、促進する目的をもつ機関の仕事にははっきりとした区別がつけられよう。我々は、同時に、放射線防護、原子力施設の安全性、放射性廃棄物管理および公衆の理解というような分野における我々の仕事を増強すべきであり、そして我々は、このような異なった分野の相互依存を反映させ、このような問題点のすべての面が考慮されることを確実にするために、この仕事を組織化しようとしている。

もちろん、これは本日の演題「放射性廃棄物管理」に直接つながるものであり、我々の機関の仕事の簡単な紹介の後に、私の話しの主題にうつりたい。

#### 〔序 論〕

現在、西ヨーロッパの既設電力容量のうち原子力発電容量はその約5%だけである。西暦2000年には、原子力の寄与は総発電容量の50%ほどに上昇するものと予想されており、他の開発国の傾向も、NEAによって集めた予測と〔スライドー1〕に示すように、ほぼ同じである。現在我々が知る限りでは、この傾向は逆行できない発展をするものと思われる。したがって、次の10年間に増加する電力需要量をまかなうためには核分裂による発電より他に実際的な方法はなく、原子力に大きく頼る以外その将来は考えられない。

しかしながら原子力の必要な開発を保証することは、燃料供給とエネルギー発生の内容ほど簡単ではない。また、その開発には他の基本的な内容、すなわち、装置の安全性と許容され得ない放射性汚染から我々の環境を守る必要性をともなっている。この環境保護というこ



とは、原子力によって発生するすべての種類の放射性廃棄物を安全に管理することを意味しており、最大限の利益が原子力によって得られるよう確保するため、十分に認識し、調査され、解折されることが重要である。本件は私の論文の主題であり、これは、西ヨーロッパ内の概況とNEA内における我々の経験にもとづいている。

#### I. 廃棄物管理の一般原則

a) 放射性廃棄物を管理するにあたって考慮すべき最も重要なことは、人と生態系の両者に危険となりうるような許容されない環境汚染のすべての危険を除くことである。この意味は、放射能の環境放出を厳重に禁止することではなく、むしろ、種々の環境媒体の受け入れ容量と適合した少量の放射能に常時制限すべきで、いかなる場合も実行可能な限り低くすべきである。ICRP勧告は、この件に関して基本的な手引きを示している。現在の知識と経験にもとづいているICRP勧告は、もちろん順次改訂されていくけれども、同勧告にしたがって放射能を環境に放出すれば、人と環境のいずれにも危険な影響はないことが保証できる。

原子力施設から直接放出される放射能は、もちろん、放射性廃棄物中に存在する全放射能の極くわずかな量（1%以下）である。残りの99%以上の放射能はとじ込めて、原子力施設敷地内か特別な適地に一時的に貯蔵するか、限定して貯蔵すべきである。計画されている原子力の発展増加にもなって、高レベル放射性廃棄物の中期および長期間の隔離に関する問題には、多くの注意を向ける必要があり、現在のケースのように人による管理に頼らないような永久処分方法の開発と評価に一層の努力を向けなければならない〔スライド2は〕、西ヨーロッパにおける将来の廃棄物発生 of 重要な問題を示している。

#### b) 技術

低レベルと中レベル放射性廃棄物処理に関して、現在いくつかの方法が確立されていて、最近の努力は、新しい方法の開発よりも既存の技術の改良により多く注がれていた。現在までに液体廃棄物の除染、濃縮および固化、容積縮小および基盤への固体廃棄物の投棄等に関する広範囲の技術がある。そして、各プラントについて、低レベル中レベル放射性廃棄物の管理についてもっとも適当な計画を決めるためいくつかの方法から一つを選んでいく。

高レベル放射性廃棄物（再処理工場の第1抽出サイクルからの廃棄物とほとんど同類語）について、まだそれほど状況は進展していない。現在まで、これら廃棄物は液状で

貯蔵されているのが広く使用されている方法で、この固化処理は監視が少なくて済みかつ長期貯蔵にはおそらく経済的な物理的形状に転換するために必要であろう（この固化処理を直ちに行なうことについてはいろいろ異なった意見があるけれども）。最近、パリのOECDでシンポジウム（NEA/IAEA Eymposium on the Management of Radioactive Waste from Enel Reprocessing, 27th Nov. 1st Dec. 1972）が開催されたが、いくつかのCalcinationとVitrificationの技術がすでに工業的開発段階にあることが発表されている。既存の技術にもとづいた「工学的貯蔵構造」は、現在、このような固化された高レベル放射性廃棄物の中間的貯蔵に取り組んでいる。このような中間的貯蔵方法は、種々の最終的解決法、例えば、いろいろな種類の地質深層への処分とか、南極の万年氷または宇宙圏外への処分についてはさらに疑わしい解決策であるが、十分な調査が行なわれるまで、重要な一段階であると思われる。また、忘れてならない将来の解決法としては、放射能除去または廃棄物中の放射性核種を安定な同位体とか短半減期の同位体に交換核反応させる方法である。私は木村教授の興味ある講演をこれに参考としているが、この分野は国際協力の可能性がある1つとなろう。

#### c) 経済性

放射性廃棄物の管理は費用がかかるものであるが、その費用は原子力発電総費用の2～3%以上にはなっていないことを常に忘れるべきではない。パリのシンポジウムで討議されたときに示された2種類の数値は、この事実を例証している。高レベル廃棄物の固化、輸送および貯蔵の総費用は、現在の再処理費用約30\$/Kgと比べて、再処理さたる照射済ウランKgあたりの費用は約5～10\$と推定されている。一方およそ2 tonU/日の処理能力をもって再処理工場に相当する完全なVitrificationプラントの費用は、ガラスブロックの貯蔵施設を含んで、約2千万\$と推定された。この費用は再処理工場の費用6千万\$程度の約1/3である。貯蔵施設の将来の運転費用を加えて、高レベル廃棄物管理の経済的観点が重要であることは明白である。

#### d) 公衆の理解

原子力問題に対する公衆の関心が増大したのは、とりわけ放射性廃棄物管理に関する情報不足と廃棄物の長期間管理のための決定的なプラントがないことによる。公衆の関心事は原子力施設の建設と運転をひどく遅れさせ、費用がかさむことになってしまう。さらに一般的には、主要な技術革新に対する公衆の敵意は重要な基本的論争点をいくつか提起しているにちがいない。したがって、系統的な客観的な情報方針が、他のエネルギー源また

は他の産業活動との比較により将来のエネルギー-需要が人と環境に危険をおよぼすことなしに原子力によってまかなうことができることを実証するという希望をもって、すべてのレベルで促進させるべきである。

## II. 国家機関と国際機関の役割

政府機関は十分な廃棄物管理体系の開発を行なうための基本的役割をもっている。これらの機関は住民の主張を代表し、すべての社会的経済的価値を考慮して原子力が安全に利用できることを保証しなければならない。政府の責任は、すべての廃棄物管理の運営の認可と規制および廃棄物の安全性を保証するために必要となる法的および行政的対策をとることである。廃棄物管理方針は政府レベルで制定され、適当な国家機関の管理のもとに実施されるべきである。

しかしながら、廃棄物管理のある面は広く影響をおよぼす内容をもっており、海洋または大気へ放射性廃棄物を放出する場合のように国際的問題を引き起す可能性がある。NEAとかIAEAのような国際的機関は、地域的または世界的基盤で協力体制が必要となるので、廃棄物に関して特別な役割をもっている。さらに、調査を必要とするいくつかの重要な問題は国際レベルでの協力を正当化するのであろう。このような協力の必要性は西ヨーロッパ間ではすでに認識されており、NEAにより昨年出版された"Radioactive Waste Management Practiecs in Western Enrope"に関する報告書の結論で、NEAはこの中に関し加盟国間のコンサルテーションを続けて行うべきであると勧告している。われわれは、現在、日本における放射性廃棄物管理に関する同じような報告書を作成中である。

現在まで、NEAの活動は海洋放射線生態学に関するセミナーの編成または大西洋における低レベル放射性廃棄物の処分〔スライドー3〕というような海洋処分に関連した問題について主に集中していた。このような活動には8カ国が参加し、日本も含み各国から担当官を指名してNEAはより管理されて実施された。廃棄物は固体または固化されて内容物が外に出ないようにし、かつ海表面に戻る恐れのないよう密度を1.2以上にして海底に到達できるような容器に封入されている。これらの操作のすべての段階が正確に管理されかつ記録された。処分区域の海深は約5,000 mで、投棄地点はヨーロッパ大陸岩礁沖合100マイルの海域で危険解折評価では大きな安全係数が見込まれている。

## III. 西ヨーロッパにおける廃棄物管理の現状

"Radioactive Waste Management Practiecs in Western Etrope"に関するNEAの報告書はヨーロッパ加盟国の現状を述べているが、私は本報告書からもっとも顕

著な点だけを述べることにする。

a) 高レベル廃棄物

高レベル廃棄物の分野では、核分裂生成物の液体中間貯蔵についてかなりの経験をもっている。現在、ヨーロッパでは、約2000 m<sup>3</sup>の容量で全放射能が約300 Mciの濃縮された高レベルの廃棄物が硝酸溶液系で高信頼性のステンレススチール製のタンク内に貯蔵されていて、漏洩事故は発生していない。したがって、高レベル液体廃棄物の濃縮および貯蔵の技術は非常に安全であることが立証されている。さらに、高レベル廃棄物のVitrificationに開発がとくにフランス、ドイツおよびイギリスで行なわれており、また工業規模のパイロットプラントがマルクールで3年間にわたって操業されており、照射済燃料約700 tに相当する約10 tの放射性ガラス（～5 Mci）を生産している。このガラスは、化学的安全性と漏洩率が非常に低いという観点から長期間貯蔵に理想的な形態であるとしてヨーロッパでは注目されている。

フランスおよびイギリスにおいては、空気または水冷却の盤層内に固化廃棄物を工学的に貯蔵するために詳細な計画を練っている。そして、固化する時期とこのような構造物に貯蔵を始めようとする時期の決定は、技術的にはすでに可能なので経済的根拠で決められるものと思われる。ドイツでは岩塩鉱への処分についての研究開発が行なわれており、ガラスブロックの実際の輸送と貯蔵はBraunschweig近くのアッセ鉱山で1977年に開始されるものと予想されている。

私はまた、ユーロケミック再処理工場の状況について述べてみたい。この工場はNEA (MOL)との共同企業の1つで、ベルギーのモルでヨーロッパの13カ国により運転されている。ここでは廃棄物管理に関する広汎な研究開発が行なわれており、例えば、中レベル廃棄物をピチウメンと1 ci/lまで混合したり、高レベル廃棄物用の固化工程の選択（CalcinationかVitrification）とか固化生成物の貯蔵ないし処分についての解決方法の決定に関することである。もちろん、この研究開発はさしあたりユーロケミック加盟国に限られた計画であるが、ユーロケミックの廃棄物の貯蔵と処分に適用される解決策は、将来においてこのような特殊な状態の開発をたどる全原子力界にとって関心事であろう。

b) 低レベル液体廃棄物

廃液は、除染ともし必要なら化学処理後、河川水および海水に放出される。このような放出は、通常いわゆる“決定経路アプローチ”と呼ばれている方法で十分な解析評価

された後に認可されている。一般に、実績が示しているように実際の放出量は認可された制限値のわずかな割合であり、この制限値自体は環境容量のまた1部分を占める値である。

しかし、ヨーロッパは動力炉からの放射性廃液と温排水の拡散のために国際河川を使用するという特別な問題をかかえている。ライン川とダニユーブ川は冷却用水の目的のために広く使用されようが、合意された基準にしたがって各国に割当てするため関係国間の国際協定が必要となる。

ドイツのカールスルエで現在調査されている興味ある処分方法は、トリチウムで汚染した液体廃棄物を地中の深い所へ処分することである。このような廃液を直接海へ放出したりまたは大きな水圏へ希釈することが不可能なときにはこのような技術は非常に有効な方法といえる。

ビチュメントとセメントは、低中レベル液体廃棄物の固化または各種の濃縮物とスラッジとを混合するために多くのヨーロッパ各国で使われている。マルクルとユロケミックで主に開発されたビチュメンの技術は、野外貯蔵、地中貯蔵または海洋処分に重要な効果をもつビチュメンの低浸透性の観点から特に注目されている。最近の開発によると、液体廃棄物とビチュメンの混合により液体の比放射能を1 ci/lよりもわずかに高くまることが可能であることを示し、この比放射能の上限値を決めるための研究が行なわれている。

#### c) 低レベル固体廃棄物貯蔵と処分

ヨーロッパでは低レベル固体廃棄物の貯蔵と処分について広汎な経験を持ち、すでに述べたようにNEAは低レベル固体廃棄物の海洋処分を行ない多くの経験をもっている。

海洋処分は常に最善の解決方法とは限らず、他の方法がまた使われている。フランスのシエルブル近くのラ・アグにある貯蔵センターには、Infratomという半民間会社によってフランス国内全原子力施設、病院、大学等からの低レベル固体廃棄物を集めている。廃棄物は200 lのドラム罐に収納されその比放射能にしたがって、単に土壌でおおうかまたはコンクリート製のトレンチ内に埋めている。ドイツでは低レベル固体廃棄物は国家サービスとして処分されていて、ラ・アグ貯蔵センターの場合のように純粋な商業ベースではない。イギリスのドリッグでは低レベル固体廃棄物はそのままトレンチに埋めて土壌をかけている。このような処分方法は、その場所の特別な環境では安全であることが立証されているが、一般的に適用することはできない。しかしなが

ら、これらの処分方法は特に動力炉から発生する大容量の低レベル固体廃棄物の問題解決には適当な処分方法であることを立証している。

#### IV. 将来の展望

現在の状況が一般に満足されるなら、その理由は主に現在発生している放射性廃棄物の量が比較的少ないためであり、現状のまま続けるかまたは廃棄物発生量が増加することを考慮して現在の方法を中止しなければならなくなる。

##### a) 高レベル廃棄物

すでに述べたように、高レベル廃棄物は人による監視と保守を最小限にするような方法で固化し貯蔵しなければならないだろう。過去10年間に設計された工学的貯蔵施設は、深い地層の利用が最終的な解決方法として現在もっとも見込みがあると思われるので、さらに調査を必要としよう。ドイツのアッセ岩塩鉱についての研究開発は1980年代に完了するであろうが、このような岩塩層をもたない他の国は粘土、頁岩または花崗岩のような他の可能性を調査するためにそれ以上の時間を必要とする。(clay) (shale) (granite) 大気圏外へ放出とか交換核反応のような他の処分方法は近い将来に無理であるから、安全な“中間”的貯蔵が数10年またはそれ以上にわたって必要となる。

アメリカウムとかプルトニウムのような超ウラン元素は核分裂生成物よりも長期間にわたって隔離する必要があるので、超ウラン元素と核分裂生成物との分離とプルトニウムの回収率を高くするための研究がヨーロッパで現在行なわれている。高レベル廃棄物を核分裂生成物とアクチノイド元素の2種類に分離することは、廃棄物管理を大いに簡素化し、その処分の最良方法を見出す助けとなる。

##### b) 環境への放出

原子力発電所が増加することにより、環境汚染について将来危険な問題を引き起こすことは予想されない。原子炉からの放出量は非常に低レベルに維持することができ、すぐれた技術開発により、とくに希ガス、クリプトン、およびキセノンについてさらに放出量を低減できると期待されている。

アメリカで提案されている軽水炉による線量制限値を敷地境界で5ミリレム/年にとしようとする設計目標はヨーロッパでも論議されたが、しかしこのような基準はヨーロッパでは一般に適用されていない。この傾向は、各個々のケースごとに考慮するとき許認可当局にもっと融通性をもたせる方向に行くものと思われる。

将来は再処理工場、とくに気体放出物についてかなり異なってくる。現在全部放出

している Kr-85 は、次世紀までは著しい世界的汚染の原因にならないであろう。しかしその時期までには大規模な再処理工場が局地住民を保護するためにクリプトン除去法を採用しなければならないにちがいない。国際的な合意は最終的には必要となるが、そうしないと Kr-85 による局所的被ばくを低減しようとする各々の対策はますます無効となる。最近、また Kr-85 除去は工業用に使われている安定なクリプトンの汚染を避けるため、かつ純粋に放射線学的考察により述べられている必要時期よりももっと早い時期に必要であろうと提案されている。しかしこの提案は適切な研究によってチェックする必要がある。技術的観点から、クリプトンの除去と半減期の約 10 倍（約 110 年）の貯蔵は、核分裂生成物とアクチノイド元素に関連した除去と貯蔵に比較して問題を生じないだろうし、その技術はすでに役立っている。再処理に関する論文が多数報告されていて、クリプトン補集装置と貯蔵は将来の商業再処理工場に実際に取り入れられるだろう。

トリチウムは、全世界的なトリチウム放出による線量が Kr-85 による線量よりも約 1 桁低いと推定されているので、さらにさし迫った問題ではない。しかしながら、そのうちにトリチウムの排出を低減するための考慮がまた必要となる。

再処理工場から放射性ヨウ素を放出することに関する現状は、照射済燃料を 30 月またはそれ以上冷却させ、残りの I-131 を大気中へ放出することは十分制御することができる。将来、とくに高速炉燃料について、短い冷却期間後（30 日）再処理する必要となるので、排気塔気体内のヨウ素のさらに効果的な除去方法が必要となる（除線係数は現状の  $10^3$  と比べて  $10^6$  かそれ以上）。長半減期（ $16 \times 10^6$  年）の I-129 は、他のヨウ素同位体とともに残存するが、長期間にわたっても住民に重大な甲状腺線量を与えそうもない。

#### c) 低レベル固体廃棄物

低中レベル放射性固体廃棄物の容積は近い将来かなり増加し、すぐれた管理があるにもかかわらず、その容積は放射能以上にやっかいな問題を発生しよう。海洋投棄はこのようなある種類の廃棄物の 1 つの解決策を示している。NEA は、NEA 自身の経験とストックホルム人間環境会議および廃棄物海洋投棄に関するロンドン会議の結果による新しい状況にもとづいて、我々の加盟国が国際管理のもとにある種の放射性廃棄物を格納して深海へ投棄することができる永久的な操業基準と管理方法の確立に寄与するためにこの分野の状況をレビューしようとしている。このレビューによって、

海洋投棄に不都合な高レベル廃棄物を明確にするためにロンドン会議によって変更された IAEA の作業に ENA が参加することが可能となろう。

土中埋没は他の処分方法で、私がすでに述べたように、いくつかの経験がすでにヨーロッパの国々に存在する。ヨーロッパで可能な敷地で最大の効果をもたらすために、後には国際的に使用される敷地となり得るある形の協力を確立するのが確かに妥当であろう。このような基本方針が埋没地の数を限定することになり、敷地の地勢、地質および水理特性にしたがって、廃棄物の種類別に敷地を選定することができた。

#### V. 一般的結論

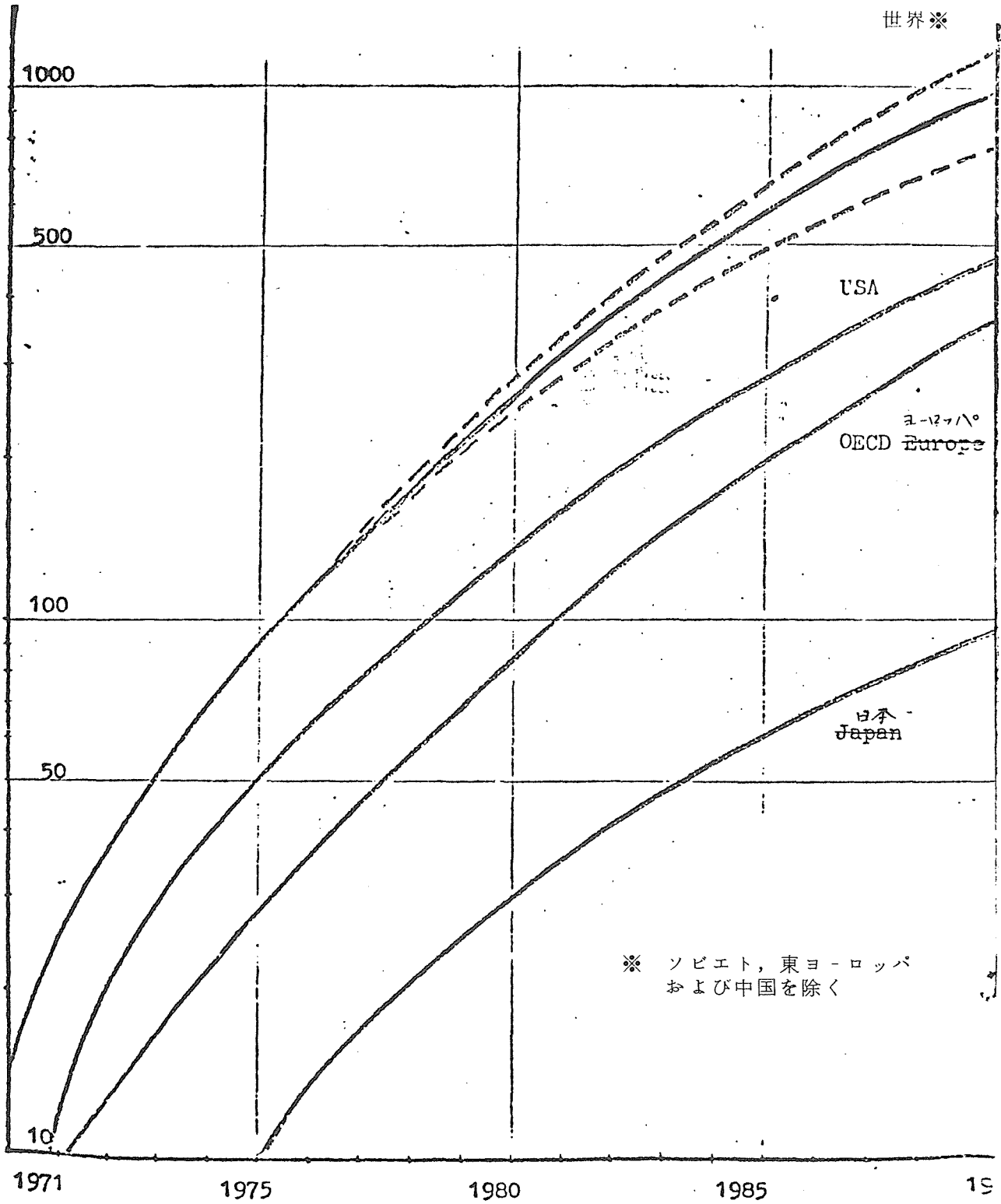
西ヨーロッパにおける廃棄物管理状況の簡単な概要から明らかなように、いろいろな問題は国際的討論と会議の結果により大いに確認された。現状では高い安全性を示しているが、これで自己満足するのは正しくない。原子力計画の発展は、廃棄物管理の長期的問題の解決促進のため連続的な監視と非常な努力を要しよう。満足すべき「中間的」解決方法があるのはこれに関連して重要な因子の一つである。その理由は、最終貯蔵または処分の可能性について調査期間をもたせることになるためである。「中間的」という言葉について誤解してはならず、その意味は、もし必要なら、数10年またはそれ以上の期間を意味する。

将来の廃棄物処分方針を確立し実施するために政府間レベルで国際的協議と行動の必要性が増加しよう。OECDのNEAはすでにこのような協議と行動をとっており、他の国際機関、とくにIAEAと密接に協力してこの分野にさらに貢献しようと努めようとしている。現在までこの分野におけるNEAの努力は主に西ヨーロッパ関係に向けられていた。現在日本はNEAの加盟国となった事実は、NEAがまた日本の状況を考慮しようとすることを意味している。我々の仕事におけるこのような新しい傾向はヨーロッパ加盟国と日本の両者に相互の利益をもたらすものと私は確信している。



[ スライド - 1 ]

原子力発電の成長



[ スライド - 2 ]

西ヨーロッパにおける放射性廃棄物の発生推定量

(MCi)

放 射 性 核 種	1970-72	2000	
	年 間	年 間	累 積
Tritium	0.2	20	150
Krypton 85	3	250	1,000
Strontium 90	20	1,500	10,000
Caesium 137	30	2,500	15,000
Plutonium 239	0.003	0.3※	2※
Other transuranium elements ( <sup>241</sup> Am, <sup>243</sup> Am, <sup>244</sup> Cm)	—	100	500

※ プルトニウム回収率99.5%にもとづく。

[ ス ラ イ ド - 3 ]

NEAの海洋投棄作業中の低レベル放射性固体廃棄物量

	コンテナ - の数	総重量 (トン)	放射能 (c i)	
1967	35,790	10,895	7,636	253
1969	23,205	9,178	22,070	500
1971	8,331	3,968	11,150	527
1972	8,444	4,131	21,600	700
<b>Total</b>	<b>75,770</b>	<b>28,172</b>	<b>62,450</b>	<b>2,080</b>

※全放射能の約50%を占めるトリチウムを含む。

## 原子力開発における最終の課題

—核分裂生成物等の利用と処理へのアプローチ—

東京大学名誉教授  
原産核分裂生成物等  
総合対策懇談会座長  
木村 健二郎

原子力発電のめざましい発展に伴って、核分裂生成物（本文においてF Pと呼ぶ）、超ウラン元素（本文においてT Uと呼ぶ）などを含む高放射性廃棄物が逐年著しく累積増大する。第1図は原子力発電が予定のごとく行われた場合のF P中の主要な核種の年間の生成量の増加をG iで示したものである。

このように大量に生ずる放射性廃棄物の総合的対策を検討する必要性は急激に増加しつつある。

日本原子力産業会議はこのような情勢に応じて昭和46年7月核分裂生成物等総合対策懇談会（略称F P C）を設置し、この問題について討議した。その結果3つのワーキンググループ（本文においてW Gで示す）、すなわち、F P等の利用開発を検討するW G-1、F P等の処理処分について検討するW G-2、および放射能の消滅の可能性を検討するW G-3をつくり、それぞれ専門的に検討研究することとした。

W G-1は加藤正夫教授を主査とし、18名の委員によって構成され、F PおよびT Uの利用開発が検討された。

この問題は従来行われていたアイソトープの利用とは経済的・量的および質的な面で基本的に異なった内容をもっている。すなわち、経済的な面ではF PおよびT Uの分離・利用に多額の費用を要し、量的な面では大量の生産と大量の利用ということが前提となり、質的な面ではエネルギー源と照射線源としての利用が主となり、また当然のこととして安全問題が重要な大前提となる。

大量に生ずる放射性核種を大量に分離し、大量に利用する場合には特殊な例を除きおのずから比較的長半減期のものに限られてくる。また、アイソトープの放出するエネルギーは化学反応に比して単位質量あたりの出力は桁違いに大きいものであり、この点でエネルギー源としての利用は合理的であり、また放射線化学・殺菌・汚水処理などへの大放射線源としての利用も理にかなったものである。

さらに、F P中にはルテニウム・ロジウム・パラジウムなどの貴金属や、キセノンなどの希ガスがかなりの量で含まれており、これらを貴重な物質資源として分離利用することも考

えなければならない。

WG-1においては、FPおよびTUのうち主要な核種について、その分離・加工・利用・安全・管理・回収の全系統を詳細に検討した。第1表はその一例としてSr-90をイソトープ熱電発電器として利用する場合であり、プロセス・問題点・関連資料等に分類し、そのおのおのについて検討したものである。

第2表はPu-238を心臓ペースメーカとして利用する場合につき同様な詳細の検討を行った例である。

第3表は利用開発のスケジュールを示したものである。ここではCs線源、Sr-90熱電発電器、Pm-147心臓ペースメーカならびに蛍光塗料、Pu-238心臓ペースメーカについてそれぞれ利用開発のスケジュールを試案として作成したものを示した。

さて、再処理廃液からFPおよびTUの分離・利用を処理・処分と切り離して独立にとりあげることは、とくに経済性の面から不得策である。利用と処理・処分を関連させ、処理・処分の基本方針がTU核種とFP中の長寿命核種との分離を志向することが望ましい。この方向は環境保全の見地からは最善の策と考えられる。この場合当分は粗分離ないし粗分属を行って貯蔵保管するのでよく、近い将来に期待される需要に応じて細分離・精製がその一部について行われ、以後漸増していくことを期待する。

また、需要予測において、FPないしTUの全量を必要とすることは、たとえば今後20年間に利用技術が今日より格段に進歩したと仮定しても、この間にはまずあり得ないといえよう。なぜならば、この間の原子力発電容量の増加率は著しく大きいからである。

しかしながら、長期の展望にたって分離・利用の研究を推進していくならば、環境保全と原子力産業の経済性に対して寄与するところは多大であろうと思われる。このゆえに分離処理の研究はなるべく早く着手すべきであり、このために必要なパイロットプラントの建設は不可欠である。このプラントは分離の研究と同時に有効利用のための試料の提供も目的とし、Sr-90の生産量1MCi/年の規模に準じたFPおよびTU核種を製造する。すなわちこれは有用な多核種分離が可能な施設であって、随時必要な核種と量とを供給し、利用開発を促進するとともに将来の経済ベースのプラントに必要な各種のデータ収集を目的とする。なお、この分離開発の技術は将来に期待される消滅処理にとって不可欠な前段階であることはいうまでもない。第2図、第3図はこのパイロットプラントの試案を示す。

利用開発についても具体的に早く着手すべきであり、上に述べたパイロットプラントが稼動するまでは、大線量の原料をたとえばアメリカから輸入し加工しなければならない。しか

しながらこの目的に使用できる取扱施設が今日なおわが国ではつくられていない。大量線源および熱源の製造・加工の研究は前述のパイロットプラントの稼動時期まで待つことができない緊急を要することであるから、早急に大量アイソトープ取扱施設を建設する必要がある。第4図はこの線源開発試験施設の一試案を示す。

利用開発の計画に当っては以下に述べる基本方針に準拠して立案することとする。すなわち、多くのテーマのうちから将来の需要予測が明らかなものを重点的にとりあげ、これに順序をつけ、関連する周囲の条件を勘案して取り上げる時期のプログラムを作成すること、関連問題を広くとらえ、これらの研究を幅広く行うこと、したがって組織的協力体制を十分にとのえて行うことなどである。

安全管理については特に重視されなければならない。すなわち大量の放射能が取り扱われ、これが広く分散して利用されるのであるから、その管理は特に細心に行われなければならない。

つぎに、WG-2は齋藤信房教授を主査とし、13名の委員により構成され、FP等の処理・処分の問題について検討された。

大部分の核燃料処理は当分湿式プロセスで行なわれると考えた場合、再処理プラントの運転の結果得られるものとして第5図に示すように、(1)回収されたウラン・プルトニウム、(2)高レベル廃液(HALW)(主としてFP)、(3)気体放射性廃棄物(Kr-85, H-3, I-131などを含む)の三つが考えられる。WG-2の作業はこのうち(2)および(3)についての処理および処分の検討である。

#### (A) HALWの処理処分方式

HALWについては、一部のFP、TUの利用、廃棄物の安全管理および最終処分の見地から、これをタンク中に長期貯蔵せず、短寿命核種の壊変とそれに伴う発熱が約十分の一程度になる時点(2~5年後)において化学的粗分離を行なうことを提案する。この粗分離によってHALWをSr-90, Cs-137(同位体を含む)、TU(Am, Cm, Pu, Npなど)、および短寿命FP廃棄物に分け、それぞれを処理することにする。

##### i) Sr-90およびCs-137

これらの一部はさらに精製されてWG-1の構想に従って利用されるが、大部分は固化処理により固体とし、回収可能な状態で長期保管をする。ただし将来WG-3担当の消滅処理が軌道に乗ればそれによって最終処分する。

##### ii) 超ウラン元素(TU)

一部はさらに分離精製され利用されるが、大部分は固化したのち、原子炉に入れて照射し、TUの一部を核分裂および中性子捕獲させる。つぎに化学処理によって生成したFPを分離したのち、残った核分裂断面積のゼロに近いTU（Pu-242, 244, Cm247, 248など）はいわゆる Nuclear ash として回収可能な状態で長期保管をする。原子炉照射で生じ分離されたFPは必要に応じてHALWに合併して処理することになる。

### iii) 短寿命FP廃棄物

一部はさらに核種分裂を行なって利用されるが、残りはそのまま全体を不溶性固体としたのち密封容器に納めて地中または深海底に廃棄して最終処分する。

### iv) 気体放射性廃棄物の処理処分方式

一部は回収して利用するが、大部分は回収ののち密封保管する。回収されなかった部分は環境に放出される。

## (B) 廃棄物の固化技術の研究開発

HALWからSr, CsおよびTUを除去したFP廃棄物の固化技術については第4表に示すような諸外国におけるHALWの固化処理の考え方や研究開発の経験がよい参考となる。その場合、a) 固化するとすれば生成後どの位の時期に行なうか？ b) どのような固体化（煅焼物、ガラス質、セラミックスなど）を選ぶか？ などについて日本の特殊性も考慮して研究開発を行なう必要がある。低レベル廃棄物については、現在適用されているセメント固化、アスファルト固化がよいとしても、中レベル廃棄物については煅焼、ガラス質化ないしセラミックス化の固化技術が国内で確立されるよう早急に努力する必要がある。

また、Sr, Cs, TUについては、その分離法および固化体の化学形態としてどのような形態がよいかを十二分に研究する必要がある。WG-2はこの見地に立って、第5表のような固化技術の研究開発のタイムスケジュールを提案したい。また、Sr, Cs, TUの分離法および固体の化学形については、別に研究開発を要することは勿論である。

## (C) 気体廃棄物Kr-85, H-3の回収および保管技術の研究開発

現在の再処理プラントでは、Kr-85およびH-3は回収されずに放出されているが、日本の場合には環境安全性の点から、なるべくこれらを回収して密封保管することが望ましい。再処理プラントからKr-85を除去する技術の研究開発は世界各国で進められてい

るが、未だ実用化されていない。現時点で実用化に最も近い処理法としては、溶媒吸収法および液化蒸溜法などがあり、また研究開発を行えば将来効果的と思われる方法として、選択的透過隔膜法やクリプトン化合物生成法などが考えられる。

トリチウムの除去技術の開発はKr-85に比してはるかにおくれているが、わが国としては、たとえば、Voloxidationプロセスのように、再処理工程からトリチウムを集中的に分離する技術の開発を目標に研究を行なう必要がある。このような観点から、WG-2は第6表のような研究開発のタイムスケジュールを提案したい。

#### (d) 廃棄物の貯蔵保管方式および最終処分方式

高レベルのSr-90, Cs-137およびTUのアルファ放射体廃棄物および気体廃棄物はその最終処分の方法が確立されるまでには相当の年月を要するので、さしあたり長期保管を考える。これらをどのような場所に回収可能な状態で長期保管するかはきわめて難しい問題である。これについては日本国内における保管場所のあらゆる可能性を検討するとともに、安全性の観点から、可能性ある保管場所の十二分の地質調査などが必要である。また一方、国際保管貯蔵場の構想についても、できるだけ協力をする必要があろう。最後に中低レベルFPの不溶性固化体は深海に最終処分することが可能と考えられるが、地中処分をする可能性についても検討しておくことが大切である。

つぎにWG-3は一宮虎雄博士を主査とし、6名の委員によって構成され、消滅処理について検討した。

大量に蓄積される高放射性廃棄物の処理としては、可能な限り嚴重に封じ込めて人間の管理下におくことが基本方針であるとしても、Sr-90, Cs-137等では1000年程度の長年月にわたる安全管理が必要となる。原子力発電の発展に伴って生ずる大量の高放射性廃棄物に対して果してこの方式が有効であろうか。たとえば、容器の腐食、発熱をおさえるための冷却、容器更新の際の内容物移しかえに伴う漏洩、管理に要する労力、地震その他の天災・戦争・内乱等社会情勢の激変による破壊あるいは記録・技術等の喪失等多くの困難を予測した対策を1000年の未来にまで考えることができるであろうか。この困難を避ける一手段として、有害な長寿命核種を何等かの方法で安定核種あるいは短寿命核種に変換すると、すなわち消滅処理の可能性が重要な意義をもってくる。

放射性核種の半減期は環境変化の影響をきわめて受け難い物理量であると考えられていたが、最近、高圧・電磁場あるいは化学構造などの影響がつきつぎに報告されている。もっともそれは極端な状態においてようやく1%程度の半減期の変化が期待し得る程度で、将来に



待つ面が大きく、ここでは言及しないことにする。

核反応によって放射性核種を安定核種または短寿命核種に変換する方法は、反応断面積が小さく、大量の衝撃粒子を要すること、副次的にさらに多量の放射性核種のできるおそれもあり、それらの点を検討する必要がある。粒子としては陽子、中性子が有効である。今、消滅処理を行なう核種の粒子密度を  $A_0$  とし、照射  $t$  時間における数を  $A$  とすれば、 $A_0$  と  $A$  との間には第7表のような関係がある。核反応による半減期  $T_{1/2}$  が核の放射能による半減期と比較してはるかに少なる場合はこの方法を消滅処理に利用することができよう。

第8表は  $\sigma$  および  $\phi$  と  $T_{1/2}$  との関係を示したものである。たとえば、 $\sigma$  を 1 barn とし、核反応に原子炉による熱中性子束を用い、 $\phi$  を  $10^{15}$  n/cm<sup>2</sup>sec とすれば  $T_{1/2}$  は 2 年となる。仮に  $\sigma$  または  $\phi$  に 1 桁大きな数値を与えたとしても  $T_{1/2}$  は数年程度であるから、放射能の半減期が数年程度以下のものはこの消滅処理の対象とはなりにくい。実際面から見ても、放射性廃棄物中の Kr-85, Sr-90, Cs-137 および  $\alpha$  放射体のアクチノイド族以外の核種は 10 年程度でほとんど自然に消滅するので、上記の核種のみを対象として考慮することとする。

熱中性子を Kr-85, Sr-90, Cs-137 に照射する場合を考えてみよう(第9表参照)。このときの  $(n, r)$  反応断面積は現在表に示すようにそれぞれ 15, 0.9, 0.1 barn とされている。もし  $T_{1/2}$  を 1 年程度にすると、 $\phi$  値はそれぞれ  $10^{15}$ ,  $10^{16}$ ,  $10^{17}$  n/cm<sup>2</sup>sec となる。したがって大出力高密度の中性子源が必要となる。原子炉は現在最高  $10^{16}$  n/cm<sup>2</sup>sec の中性子束密度を得ているが、そのすべてを消滅処理に利用できるわけではない。したがって、上の場合 Kr-85 以外には利用が困難であろう。

10 MeV 以上の高速中性子を用いると  $(n, 2n)$  反応が利用できる。このときは反応断面積は核種による変化が少なく、ほぼ 2 barn となり、Cs-137 にも利用できる。しかし、 $10^{16}$  n/cm<sup>2</sup>sec の高中性子流を得るには核融合炉の利用以外には適当な方法がなく、その完成を待つことになる。

高エネルギー陽子ビームを用いて高原子番号 (Pb, Bi, U 等) のターゲットを衝撃すると破砕反応 (核内カスケードと核子蒸発等) によって多量の中性子を発生する。1.5 GeV 陽子 1 個に対し Pb のときは約 30, U の場合は核分裂も伴うので約 80 の中性子が発生する。現在数 GeV, 数 10 mA の陽子加速器の建設は実現可能であるから、10 GeV, 65 mA の加速器を建設し、U をターゲットとして 1 年間連続運転をすると、発生する中性子の数は  $5 \times 10^{27}$  となる。原子炉からの核分裂生成物の生成量は  $10^{17}$  原子/Y. With であるから、

約50GWthの原子炉からの核分裂生成物の処理が可能である。この加速器の運転のためには約1GWの発電炉が必要なこと、この電力の大部分がターゲット部で消費されるためその熱除去と回収が重要な問題となろう。また、ターゲットには1GW原子炉と同程度の放射能が発生するが、特に長寿命の核種は少ないと考えられる。中性子束密度は $10^{16} \sim 10^{17} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$ でSr-90の消滅に利用できる。Cs-137については現在知られている反応断面積では困難であるが、最近のデータによれば熱中性子の領域で20barn程度の値が示されているので、もしこれが信頼し得る値ならば十分に利用することができよう。まだこのように基本的な値に不確定な点が多いのが一つの問題である。

陽子を直接Cs-137に衝撃して破砕すれば、一方ではCs-137が消滅すると同時に多量の中性子を得ることができる(第6図参照)。推定計測によると、10GeV陽子1個により約85個のCs-137は破砕される。このとき発生する中性子数は125個と推定されているので、これを利用してSr-90等を消滅処理できるのではないかと考えられる。

消滅用ターゲットは化学的に、また同位体的に高純度を必要とするので、これらの分離方法の検討も重要であるが、特に現在の技術レベルを大きく越える問題点はないと考える。ただ、大量の放射性同位体を90%程度にまで濃縮することが望まれるので、十分な研究を必要とするであろう。

Cs-137の(n, r)反応断面積が0.1barn程度であるとすれば、消滅処理には陽子加速器とCs-137ターゲットの組合せが必要となる。この方式に必要な経費を試算すると、第10表のごとくなり、諸設備費3470億円、運転費144億円/年のほかに研究開発費3170億円程度を必要とするであろう。

また、わが国における20世紀末年の原子力発電量に対応するCs-137を消滅させるためには第11表に見るごとく、約50台の陽子加速器の連続運転を必要とするであろう。Sr-90等はそのとき発生する中性子によって消滅処理が可能である。

先に述べたように、Cs-137の(n, r)断面積の新しいデータが信用できるときは、ターゲットにUを用いることが可能で、この際は12~13台の陽子加速器で間に合うことになり、中性子効率・稼働率等を考慮しても20台程度あればよい。この場合電力料金中で消滅処理費の占める割合は、設備償却を20年5%、研究費の回収を20年として約6.5%となる。もちろん、これは多くの仮定を含んだ計算で数値そのものの変動は大きいと思うが、企業に対して禁止的条件とはならないことが理解できよう。この方式においては危険な放射性物質は常に人のコントロールの下にあり、環境汚染の危険性も他のいかなる方式よりも低

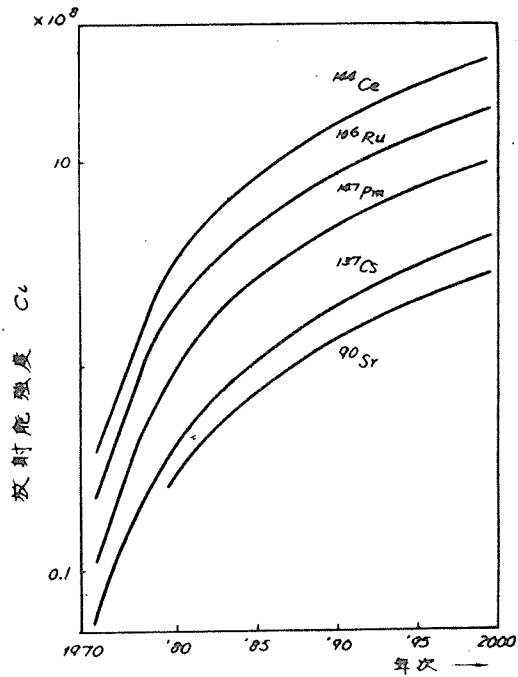
いと推定される。またアクチノイド族の消滅処理などに対しても経済性を大きく変更することなく採り入れることが可能であり、今後開発を進める価値の充分ある方式と考えられる。

開発に当たって考慮すべき重要問題は

- (a) 陽子加速器の開発
- (b) 核破砕反応，その他核反応に関する詳細な研究とデータの収集
- (c) 消滅処理用ターゲットの開発（化学分離・同位体分離等を含む）
- (d) 高エネルギー，高フラックスの放射線に耐える材料の開発
- (e) 冷却機構，熱回収機構（たとえばMHD発電，熱電子発電等）等の開発
- (f) 方式の安全性，環境への影響等の検討

などであろうが，その他にも数多くの関連した問題が存在すると思う。これら多岐にわたる研究と開発とを慎重かつ着実に推進して，原子力発電計画に対して一般の人びとが抱いている危惧の念のうちの最大の部分を取り除き，計画発展の強力な援護となることを期待したい。

以上，日本原子力産業会議の核分裂生成物等総合対策懇談会の三つのワーキンググループが得た結論を紹介した。これらの結論の実施にあたっては，研究の面からもまた技術の面からも困難な問題が多く，また多額の費用を必要とし，わが国のみですべての開発を行なうことは極めてむずかしく，国際的な協力が強く望まれる。その協力は単なる研究者間の非公式な情報交換のみではなく，国家間協定などの公式の関係で行なわれることが最も望ましい。各方面の考慮を願う次第である。



1 F.P.中の主要核種の年間生成量の増加

第 1 図

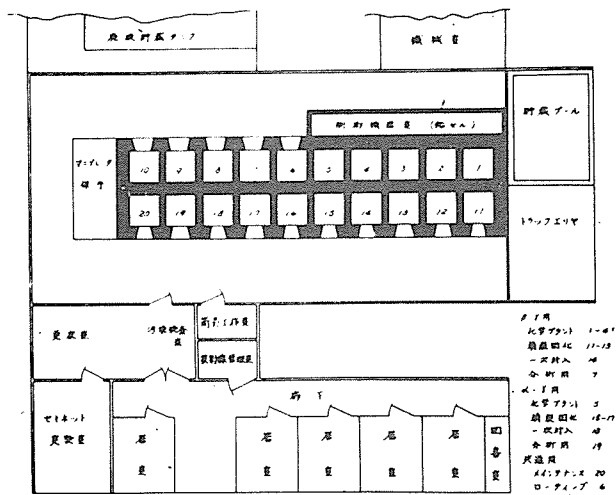
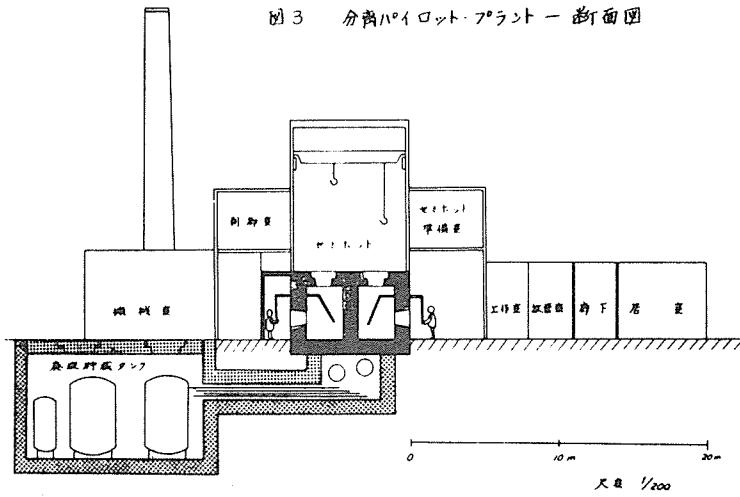


図2 分離パロットプラント一平面図

第 2 図

図3 分離パイロット・プラント - 断面図



第3図

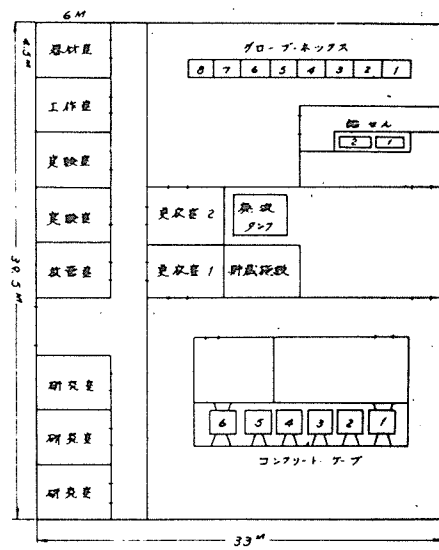
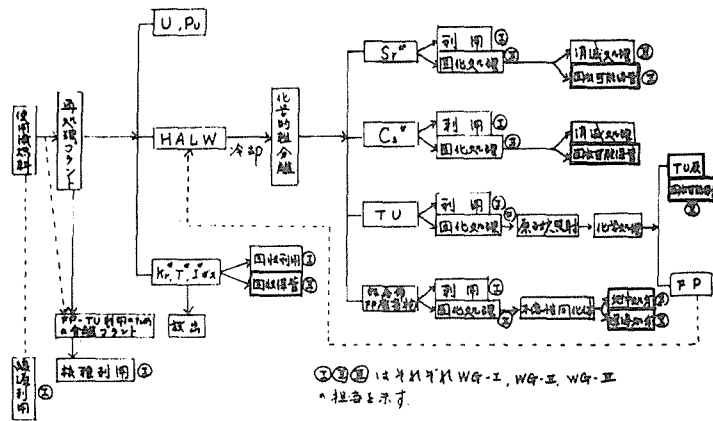


図4 経路別実験施設 - 平面図

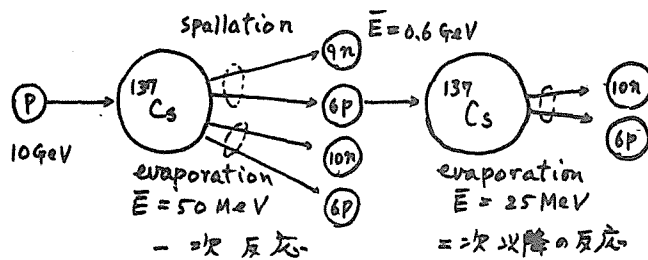
- |             |   |                              |
|-------------|---|------------------------------|
| コンクリート・グループ | 6 | (空コンクリート 000 <sup>MM</sup> ) |
| 鉛セル         | 2 |                              |
| グローブ・ボックス   | 8 |                              |
| 高放射能物質貯蔵施設  | 1 |                              |
| 実験室         | 2 |                              |
| 保管室         | 1 |                              |
| 実験室 作業室     | 3 |                              |
| 炭材室         | 1 |                              |
| 研究室         | 3 | (研究室 放射能 ~ 15 <sup>μ</sup> ) |
| 炭酸タンク       | 1 |                              |

第4図

FP-TU 利用処理システム



第 5 図



陽子数  $6 \times 6 + 6 = 42$

中性子数  $9 + 6 \times 10 + 10 \approx 80$

衝突粒子の利用率, 中性子 100%, 一次陽子 100%, 二次以下 10%

一個の陽子 (10 GeV) の消滅出来る  $^{137}\text{Cs}$  の数

$$80 + 1 + 42 \times 0.1 = 85$$

第 6 図



表3 利用開始年次別

年度	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
開始年次別											
割合(%)											
備考											
1947年											
1950年											
1951年											
1952年											
1953年											
1954年											
1955年											
1956年											
1957年											
1958年											
1959年											
1960年											
1961年											
1962年											
1963年											
1964年											
1965年											
1966年											
1967年											
1968年											
1969年											
1970年											
1971年											
1972年											
1973年											
1974年											
1975年											

第3表

外国におけるHALW処理方針

	米 国	英 国	フランス	西ドイツ	ベルギー 1977
国化率の どのくらい いつの見解	国化	いずれは 国化する	国化	国化	国化
国化する までの時間	5年以内	?	0に近い	3年以内	?
国化体 の性質	未定 (焼却物 ガラス質 セラミクス)	ガラス質	ガラス質	ガラス質	ガラス質
保管につ いての考 え(長期 保管) 保管場所	埋却貯蔵 所へ10年以 内に運ぶ (a) 蒸気層 層 (b) 人工地盤	?	貯蔵所 に保管  人工地盤 又は国際 的な貯蔵所	貯蔵所 運搬  岩塩層	?
タイム スケジュール	1970年代 国化実施 1980年代 永久保管場 開設	国化は 当面考 えず	1969年国 化、本 年1970 年1975 年1975 年1975	1973年 本 年1974 年1975 年1975	?

第4表



FP廃液の処理研究開発スケジュール

	48	49	50	51	52	53	54	55	56
貯蔵保管法の検討									
粗分離と固液技術の検討(含両者試験)									
固液処理パイロットプラントの建設					設計	建設			
固液法の実証試験									
固液体貯蔵の実証試験									
貯蔵保管場所の地質調査									

第 5 表

フリアトンおよびトリチウム処理研究会研究タイムスケジュール

	48	49	50	51
エ フリアトン処理研究				
(1) 基礎研究				
a) 前処理(ガス+固液 蒸気、炭化水素、水分 などの除去)				
b) 蒸気+蒸気+ガス 溶解+貯蔵+蒸気 凝縮				
c) 蒸気法+固液 研究				
d) 蒸気法+固液 研究				
e) フリアトン化合物生成 の研究				
(2) 工学研究 (蒸気法+蒸気+ 溶解+貯蔵+蒸気+ 凝縮+パイロット プラントによる試験)		パイロット設計	建設	試験運転
エ フリアトン研究会研究 蒸気法+貯蔵+蒸気 凝縮法+研究開発				
フリアトン固液法研究 開発				
エ トリチウム処理研究				

第 6 表

$$A = A_0 e^{-\sigma \phi t}$$

$A_0$ : 消滅処理の対象となる核種の  
粒子密度 (粒子数/cm<sup>3</sup>)

$\phi$ : 衝撃粒子の流束 (粒子数/cm<sup>2</sup>sec)

$\sigma$ : 核反応断面積 (barn = 10<sup>-28</sup> cm<sup>2</sup>)

$\tau = \frac{1}{\sigma \phi}$  : 消滅処理の平均寿命

$T_{1/2} = 0.693 \tau$  : 消滅処理による半減期

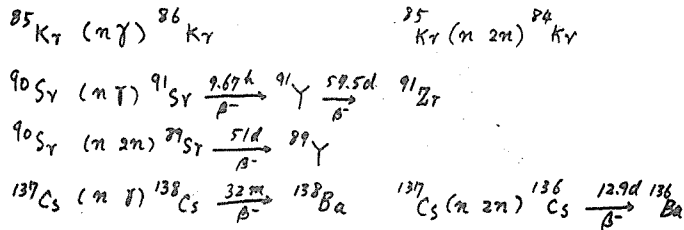
第 7 表

$\sigma$  および  $\phi$  と消滅処理の半減期  $T_{1/2}$  の関係

$\sigma \backslash \phi$	$10^{14}$ cm <sup>-2</sup> sec <sup>-1</sup>	$10^{15}$	$10^{16}$	$10^{17}$
barn 0.5	442 y	44 y	4.4 y	161 d
1	221 y	22 y	2.2 y	80 d
5	44 y	4.4 y	161 d	16 d
10	22 y	2.2 y	80 d	8 d
15	15 y	1.5 y	53 d	5 d

第 8 表

	半減期	生成量		(n, γ) γ	14-MeV中子 (n, 2n) γ
		Ci/y W <sub>th</sub>	原子数/y W <sub>th</sub>		
<sup>85</sup> Kr	10.6 y	8.8 × 10 <sup>5</sup>	1.6 × 10 <sup>15</sup>	15	1.5 ± 0.3
<sup>90</sup> Sr	28 y	6.7 × 10 <sup>4</sup>	3.2 × 10 <sup>16</sup>	0.9 ± 0.5	1.3 ± 0.3
<sup>137</sup> Cs	30 y	9.3 × 10 <sup>4</sup>	4.8 × 10 <sup>16</sup>	0.110 ± 0.033	1.8 ± 0.35



第 9 表

陽子加速器 (10 GeV 65 mA)	2350 億円
原子力発電所 (電気出力 1000 MW)	544
付帯設備一切 (化学分離 熱交換機等)	586
	<hr/>
	3470 億円
運転費	144 億円/年
研究開発費	3170 億円

第 10 表

220 GW 発電 (西暦 2000 年) により蓄積される Cs 量

$$5 \times 10^6 (\text{<sup>137</sup>Cs/y} \cdot \text{W}_{\text{th}}) \times 3 (\text{W}_{\text{th}}/\text{W}_e) \times 2.2 \times 10^{11} (\text{W}_e)$$

$$= 3.3 \times 10^{28} (\text{原子})$$

1 台の陽子加速器が年間に減出する <sup>137</sup>Cs の原子数

$$\frac{0.065 (\text{A})}{1.60 \times 10^{19} (\text{C})} \times 85 (\text{個}) \times 3.15 \times 10^7 (\text{sec}) = 6.6 \times 10^6$$

$$\frac{3.3 \times 10^{28}}{6.6 \times 10^6} = 50 \text{ 台 (セシウムを貯蔵する)} \quad \text{第 11 表}$$

99% の貯蔵が有効な場合は、約 20 台。