

第 2 回  
原 産 年 次 大 会 議 事 録

1969年8月

日 本 原 子 力 産 業 会 議

第 2 回  
原 産 年 次 大 会 議 事 録

1969年8月

日 本 原 子 力 産 業 会 議

# 目 次

プログラム総括表	I
プログラム	IV
<開会総会>	
会 開 挨拶	1
準備経過報告	2
科学技術庁長官・原子力委員長祝辞	3
通商産業大臣祝辞	5
原産報告「原子力産業の現状」	6
開会総会招待講演「原子力開発と社会」	11
<特別講演>	
I 原子力開発に対する産業界の考え方	29
II 国土総合開発と原子力立地	36
III 放射線化学の発展と国際協力	46
IV 米国における原子力供給産業の現状と将来	53
<午 餐 会>	
講演「国際経済情勢について」	68
<パネル討論会－1>	
ナショナル・プロジェクトと国内の協力	77
<一般講演－1>	
I 電力需給と原子力発電の見通し	127
II 軽水型原子力発電所の建設状況	143
○ 敦賀原子力発電所	143
○ 美浜原子力発電所	146
○ 福島原子力発電所	155
III 核燃料資源の確保について	163
IV 核燃料問題の現状	172
<パネル討論会－2>	
国産化問題と開発環境の充実	180

<一般講演— 2 >

I	原子炉第 1 船の建造	221
II	原子炉第 2 船以降の問題	229
III	R I . 放射線の鉄鋼業への利用	237
IV	R I . 放射線の土木建設業への利用の現状と問題点	253
V	R I . 放射線機器工業の現状	264
VI	原子炉の鉄鋼業への利用	276
VII	原子炉の海水脱塩ならびに化学工業への利用	279

<海外招待講演>

	ガス冷却炉に関するイントロダクション	288
I	イギリスにおける高温ガス冷却炉の開発	290
II	西ドイツにおける高温ガス冷却炉の開発	302
III	アメリカにおける高温ガス冷却原子力発電の最近の進歩	317
IV	フランスにおける重水の生産	328
V	高速増殖炉開発の現状と分析	335

<閉会総会>

	大会成果とりまとめ	344
	閉会挨拶	348

## 第 2 回 原 産 年 次 大 会 プ ロ グ ラ ム 総 括 表

会 期 昭 和 4 4 年 3 月 4 日 ~ 6 日

会 場 日 本 都 市 セ ン タ ー ( 東 京 都 千 代 田 区 平 河 町 )

第 1 日 3 月 4 日 ( 火 )

	A 会 場	B 会 場
9 時	〔開会総会〕	
10	9.30 開会挨拶 大会準備経過報告	
11	10.10 祝 辞 (20分) 10.30 所 感 (30分) 10.30 原産報告	
11	11.00 原子力委員招待講演 (50分)	
12	— 終 了 11.50 —	
13		午さん会 12.00~13.50 (全共連ビル・マツヤサロン) 講演「国際経済情勢について」
14	〔特別講演〕	〔パネル討論会-1〕
14	14.00 「原子力開発に対する産業界の考 え方」 (45分) 14.45 「国土総合開発と国際協力」 (45分)	14.00 『ナショナル・プロジェクトと国 内の協力』 14.10 キー・ノート
15	15.30 「放射線化学の発展と国際協力」 (45分)	15.25 討 論 (45分)
16	16.15 「米国における原子力供給産業」 (60分)	16.10 まとめ (10分) — 終 了 16.20 —
17	— 終 了 17.15 —	
18		

	A 会 場	B 会 場
9時		
	〔一般講演-1〕 9.30 「電力需給と原子力発電の見通し」 (30分) 10.00 「軽水型原子力発電所の建設状況」 (60分)	
10	(1) 敦賀原子力発電所 } (2) 美浜原子力発電所 } (各20分) (3) 福島原子力発電所 }	
11	11.00 「核燃料資源の確保について」 (30分) 11.30 「核燃料問題の現状」(30分)	
12	— 終了 12.00 —	〔一般講演-2〕
13	〔パネル討論会-2〕 『国産化問題と開発環境の充実』 13.30 講演「欧米における原子力産業」 (30分)	—原子力船— 13.00 「原子力第1船の建造」(30分) 13.30 「原子力第2船以降の問題」 (30分)
14	14.20 キー・ノート	—R I・放射線利用— 14.00 「鉄鋼業への利用」 (30分) 14.30 「土木建設業への利用」(30分) 15.00 「機器工業の現状」 (30分)
15	15.35 討 論 (45分)	—原子炉多目的利用— 15.30 「鉄鋼業への利用」 (30分) 16.00 「海水脱塩ならびに化学工業への利用」 (30分)
16	16.20 ま と め (10分) — 終了 16.30 —	— 終 了 16.30 —
17	レセプション 17.00~18.30 (日本都市センター本館地下食道)	
18		

	A 会 場	B 会 場
9 時	<p>[ 海外招待講演 ]</p> <p>— ガス冷却炉 —</p> <p>9.30 インTRODakシヨN ( 15分)</p> <p>9.45 「イギリスにおける 高温ガス冷却炉の開発」</p>	
10	<p>( 60分)</p> <p>10.45 「西ドイツにおける 高温ガス冷却炉の開発」</p>	
11	<p>( 60分)</p> <p>— 11.45 —</p>	
12		
13	<p>13.00 「アメリカにおける 高温ガス冷却原子力発電の 最近の進歩」 ( 60分)</p>	
14	<p>.....休 憩 14.00~14.10.....</p>	
14	<p>— 重 水 —</p> <p>14.10 「フランスにおける重水の生産」 ( 60分)</p>	
15	<p>— 高速炉 —</p> <p>15.10 「高速増殖炉開発の現状と分析」 ( 60分)</p>	
16	<p>— 終 了 16.10 —</p> <p>[ 閉会総会 ]</p> <p>16.10 大会成果とりまとめ ( 15分)</p> <p>16.25 閉会挨拶 ( 10分)</p> <p>— 終 了 16.35 —</p>	
17		
18		

## 第2回原産年次大会プログラム

会期 昭和44年3月4日(火), 5日(水), 6日(木) 3日間

会場 日本都市センター(東京都千代田区平河町2丁目6番地)

A会場: ホール

B会場: 本館講堂

第1日 3月4日 (火)

開会総会 A会場 (9.30~11.50)

---

### <開会式>

議長 横山 通夫氏(中部電力社長)

開会挨拶 日本原子力産業会議会長 菅 禮之助 氏

準備経過報告 第2回原産年次大会準備委員長 関 義長 氏

祝辞 科学技術庁長官・原子力委員長 木内 四郎 氏

祝辞 通商産業大臣 大平 正芳 氏

所感 衆議院議員・自由民主党科学技術議員連盟会長 二階堂 進 氏 (10.10~10.30)

原産報告 原子力産業の現状  
日本原子力産業会議代表常任理事 橋本 清之助 氏 (10.30~11.00)

### <開会総会招待講演>

議長 駒井 健一郎氏(日立製作所社長)

講演 原子力開発と社会 (11.00~11.50)

山田 太三郎氏(原子力委員会委員)

午さん会 マツヤサロンー全共連ビル6階ー (12.00~13.50)

---

講演 「国際経済情勢について」 (13.00~13.30)

大来 佐武郎氏(日本経済研究センター理事長)



議長 藤波 収氏(電源開発総裁)

1. 原子力開発に対する産業界の考え方 (14.00~14.45)

土光 敏夫氏(東京芝浦電気社長)

議長 安川 第五郎氏(日本原子力発電会長)

2. 国土総合開発と原子力立地 (14.45~15.30)

平田 敬一郎氏(国土総合開発審議会会長)

議長 田代 茂樹氏(東洋レヨン会長)

3. 放射線化学の発展と国際協力 (15.30~16.15)

宗像 英二氏(日本原子力研究所理事長)

議長 井上 五郎氏(動力炉・核燃料開発事業団理事長)

4. 米国における原子力供給産業の現状と将来 (16.15~17.15)

F. コスタリオラ氏(アメリカ原子力委員会委員)

テーマ 「ナショナル・プロジェクトと国内の協力」

議長 清成 迪氏(動力炉・核燃料開発事業団副理事長)

パネル・メンバー (五十音順)

天 野 昇 氏 (日本原子力研究所企画室長・動力炉開発管理室長)

伊 原 義 徳 氏 (科学技術庁原子力局動力炉開発課長)

垣 花 秀 武 氏 (東京工業大学工学部教授)

酒 井 正 利 氏 (電源開発理事)

武 安 義 光 氏 (動力炉・核燃料開発事業団理事)

永 島 菊 三 郎 氏 (住友原子力工業常務取締役)

西 依 祥 一 氏 (電気事業連合会原子力部長)

森 川 辰 雄 氏 (東京芝浦電気原子力本部技師長)

第2日 3月5日 (水)

一般講演—1 A会場 (9.30~12.00)

議長 加藤 博見氏(関西電力副社長)

1. 電力需給と原子力発電の見通し (9.30~10.00)

山崎 久一氏(中央電力協議会専務理事)

2. 軽水型原子力発電所の建設状況

○敦賀原子力発電所の建設 (10.00~10.20)

浅田 忠一氏(日本原子力発電技術本部副本部長)

○美浜原子力発電所の建設 (10.20~10.40)

岡野 茂夫氏(関西電力原子力部長)

○福島原子力発電所の建設 (10.40~11.00)

野村 顕雄氏(東京電力原子力部長)

議長 田中 直治郎氏(東京電力常務取締役)

3. 核燃料資源の確保について (11.00~11.30)

三宅 申氏(電気事業連合会原子力部長代理)

4. 核燃料問題の現状 (11.30~12.00)

今井 隆吉氏(日本原子力発電技術本部燃料課長)

パネル討論会—2 A会場 (13.30~16.30)

テーマ 「国産化問題と開発環境の充実」

議長 村田 浩氏(日本原子力研究所副理事長)

講演 「欧米における原子力産業」 (13.30~14.00)

向坂 正男氏(日本エネルギー経済研究所長)

パネル・メンバー (五十音順)

大永 勇作氏(通商産業省大臣官房総合エネルギー政策課長)

倉本 昌昭氏(動力炉・核燃料開発事業団計画管理部長)

- 向坂正男氏 (日本エネルギー経済研究所長)
- 柴田二三男氏 (中部電力取締役)
- 高市利夫氏 (富士電機製造原子力部長)
- 田中好雄氏 (科学技術庁原子力局次長)
- 森島国男氏 (日立製作所原子力部長)
- 横須賀正寿氏 (三菱原子力工業取締役)

一般講演-2 B会場 (13.00~16.30)

<原子力船>

議長 進藤孝二氏 (大阪商船三井船舶会長)

1. 原子力第1船の建造 (13.00~13.30)  
内古閑寅太郎氏 (日本原子力船開発事業団専務理事)
2. 原子力第2船以降の問題 (13.30~14.00)  
黒川正典氏 (日本郵船取締役工務部長)

<R I・放射線>

議長 土井正治氏 (住友化学工業会長)

3. R I・放射線の鉄鋼業への利用 (14.00~14.30)  
芝崎邦夫氏 (富士製鉄専務取締役)
4. R I・放射線の土木建設業への利用の現状と問題点 (14.30~15.00)  
藤井正一氏 (建設省建築研究所第2研究部長)
5. R I・放射線機器工業の現状 (15.00~15.30)  
山崎文男氏 (日本原子力研究所理事)

<原子炉多目的利用>

議長 湯川正夫氏 (八幡製鉄副社長)

6. 原子炉の鉄鋼業への利用 (15.30~16.00)  
松下幸雄氏 (東京大学工学部教授)
7. 原子炉の海水脱塩ならびに化学工業への利用 (16.00~16.30)  
角田吉雄氏 (旭化成工業常務取締役)

レセプション 日本都市センター本館地下食堂 (17.00~18.30)

第3日 3月6日(木)

海外招待講演 A会場 (9.30~16.10)

<ガス冷却炉>

イントロダクション (9.30~9.45)

松根 宗一氏(日本原子力産業会議副会長)

議長 一本松珠璣氏(日本原子力発電社長)

1. イギリスにおける高温ガス冷却炉の開発 (9.45~10.45)

R. V. ムーアー氏(イギリス原子力公社原子炉部長)

議長 前田七之進氏(富士電機製造社長)

2. 西ドイツにおける高温ガス冷却炉の開発 (10.45~11.45)

H. W. ミューラー氏(ブラウン・ボベリー/クルツ

原子力会社常務取締役)

議長 築地一雄氏(中国電力副社長)

3. アメリカにおける高温ガス冷却原子力発電の最近の進歩 (13.00~14.00)

フレデリック・ド・ホフマン氏(ガルフ・ゼネラル・アトミック社長)

..... 休 憩 (14.00~14.10) .....

<重 水>

議長 安西正夫氏(昭和電工社長)

4. フランスにおける重水の生産 (14.10~15.10)

H. ピアティエ氏(フランス原子力庁材料・燃料局長)

<高速炉>

議長 堀 義路氏(電力中央研究所理事)

5. 高速増殖炉開発の現状と分析 (15.10~16.10)

S. L. シブリー氏(パシフィック・ガス・アンド・エレクトリック社長)

閉会総会 A会場 (16.10~16.35)

議長 日本原子力産業会議副会長 松根宗一氏

大会成果とりまとめ (16.10~16.25)

和田 恒輔氏(富士電機製造相談役)

閉会挨拶

日本原子力産業会議副会長 松根宗一氏

# 開 会 総 会

## <開 会 式>

議 長 横 山 通 夫 氏 ( 中 部 電 力 社 長 )

- 開会挨拶
- 準備経過報告
- 祝 辞
- 原産報告

## <開会総会招待講演>

議 長 駒 井 健 一 郎 氏 ( 日 立 製 作 所 社 長 )

講 演 「原子力開発と社会」

3月4日(火)

A 会 場

## 開 会 挨拶

日本原子力産業会議

会長 菅 禮之助

第2回原産年次大会の開催に当たりまして、主催者として一言ご挨拶申し上げます。

ご高承の通り、本大会は原子力関係者が一堂に会して開発の全般に亘る政策、経営などの諸問題を中心に論じ、その見解を広く内外に宣明し、国民の理解と開発意欲を高めることを目的と致しております。この趣旨にご賛同賜わり、かくも多数のご参加を頂きましたことは、私の深く感謝致すところであります。また、米、英、仏、西独からもそれぞれ遠路のところ権威者、専門家のご参加を得ましたことは、本大会の意義を一層高めるものと厚く感謝申し上げます。

わが国の原子力開発は、政府、学界、産業界のなみなみならぬご尽力により着実に進展をとげつつあり、まことに喜びに堪えないところであります。

原子力発電の分野では、現在、5基（約240万KW）の実用炉が建設中であり、来年度には、さらに4基（約250万KW）の着工が行なわれようとしております。また、昭和60年における原子力発電の開発規模は、3,000万ないし4,000万KWと予測されております。このように原子力発電が実用時代に入ったことは喜ばしい限りであります。同時に、これらの諸計画の実施に当つては官民の協力は申すまでもありませんが、とりわけ、原子力産業の基盤の強化、国際競争に堪えうる製造工業の体質の強化が重要であることを痛感致しております。また、高速増殖炉や新型転換炉など将来炉につきましても、国の力を結集して、有効かつ早期に開発が達成されることが肝要であると考えます。

原子力産業は、わが国将来の発展に大きな力を持ち、また、責任を負っていると信じております。従いまして、これらに関連する諸問題が、本大会の各発表分野で十分に討論され、意をつくされることを期待して開会のご挨拶と致します。

## 第 2 回原産年次大会準備経過報告

原産年次大会準備委員会

委員長 関 義 長

第 2 回原産年次大会準備委員会委員長の関でございます。

本大会開催までの経過をご報告申し上げます。本大会は日本原子力産業会議の重要事業の一つとして、原子力産業界全般の政策経営問題を中心に、意見発表と討論を行なつて、産業界の見解を広く内外に宣明し、関係者の意思疎通と開発意欲の昂揚を図るとともに、原子力開発に対する国民の理解を深めることを目的したものであります。その構想を具体化するため、昨年10月に産業界ならびに学識経験者からなる大会準備委員会が設置されました。

準備委員会では委員一同が大会の開催方式、テーマ、内外諸会議との関連など、基本的な考え方を討議いたし、この年次大会が将来のわが国全体の原子力大会というようなものに発展する事を期待いたしましてその構想を固め、内容の計画を進めてまいりました。したがって日本原子力学会が中心となり、関連学協会との共催のもとに先月開催されました原子力総合シンポジウムとは内容についての調整をはかり、相補つて原子力開発に資することに苦心致しました。

第 1 回大会は昨昭和 43 年 2 月に核燃料問題を基調として開催致しましたが、本大会では原子力の実用化の進展にともなつて、あらたな局面を展開しつつある国産化と、これらの解決に必要とされる開発環境の充実、さらにナショナル・プロジェクトとこれに対する国内の協力のあり方等を主要テーマとしてとりあげるとともに、アメリカ、イギリス、西ドイツ、フランスなど海外諸国の権威者による高温ガス炉、高速増殖炉などの新型炉、重水などを中心とする招待講演を含めて、内外の権威者、専門家の方々に所見のご発表を願うことといたしましたのであります。

その結果本年の参加人員は総数 654 名と相成り、昨年の四百数十名と比べますと約五割の増加となつた次第でございます。準備委員一同の喜びとするところでございます。ここに改めて招待講演者を初め講演者の方々に対しまして厚く御礼申し上げます。また、各セッションの議長ならびに本大会関係者各位のなみなみならぬご協力に対し、厚く御礼申し上げます。

最後に本大会が円滑に運営され、大会開催の意義が一層高まりますよう参加者各位の格段のご協力をお願い申し上げます。私の経過報告といたします。



## 祝 辞

科学技術庁長官 木内四郎  
原子力委員会委員長

本日、日本原子力産業会議第2回年次大会にお招きいただき、原子力関係各界の皆様にごあいさつを申し述べる機会を得ましたことは、私の深く喜びとするところであります。

ご承知のように、わが国の原子力開発は、昭和42年3月原子力委員会の策定した「原子力開発利用長期計画」の線に沿って着々と進行しております。すなわち、まず原子力発電については、その本格的な実用化を迎えつつあることに対応して、動力炉・核燃料開発事業団も新型転換炉と高速増殖炉の開発を進めて参りましたが、とくに、昭和44年度には、高速増殖炉の実験炉の建設に必要な予算を政府原案に計上し、動力炉開発の一層強力な推進を図ることとなりました。また、原子力第1船は、本年6月にはいよいよその進水式を迎えることになっており、他方アイソトープ利用の面では、明年度中に新たに日本原子力研究所、高崎研究所の食品照射施設の建設に着手し、食品照射の研究を推進することになっておりますし、さらに、核融合については新たに「特定総合研究」に指定し、大型研究開発に本格的に着手すべくその準備を進めております。

このように、本年は、わが国の原子力開発利用にとって、実用化への新たな飛躍の年であるといえましよう。このような時期において、今後原子力の開発利用を進めていく上でとくに大切なことは、原子力開発利用に対する国民的な支持を得ていくことではないかと考えております。とくに、わが国においては、原子力開発の歴史の浅いこともあり、従来、原子力施設の周辺住民をはじめ、国民一般の原子力開発利用に対する理解が必ずしも十分とはいえない点にかんがみ、政府としては、従来より原子力の安全性に関する知識の普及に努めるとともに、原子力の平和利用の推進とその安全性の確保のために万全の措置を講じてきたところでありますが、原子力の実用化の進展に伴って、これら諸点に関する関係各位の一層の御努力が望まれる次第であります。

日本原子力産業会議は、昭和31年以来原子力に関する知識の普及、国際協力などの事業を活発に実施され、わが国の原子力開発利用の進展に大きな役割を果たしてこられました。とくに、今回の年次大会におかれましては、海外諸国の権威者を招待して、高速増殖炉等の新型炉を中心とする招待講演を行なうとのこととあります。これらの問題が、現在わが国の原子力開発の重大な課題であることにかんがみるとき時宜を得たものと敬意を表するとともに、今後とも、原子力産業会議の担っておられる重要な使命を認識され、活発な活動を続けられること

を期待する次第であります。

最後に、政府といたしましても、今後ともわが国の平和利用を積極的に推進して参る所存でありますので、皆様のより一層のご協力をお願いいたしまして私のあいさつといたします。

## 祝 辞

通商産業大臣 大 平 正 芳

日本原子力産業会議第2回年次大会の開催に当たり、一言御挨拶申し上げます。

まず、原子力発電の実用化、新型動力炉の開発等、原子力の平和利用が着実な歩みを示していることにつきまして、関係者の一人として喜びの意を表するとともにこれまでの原子力産業界の御努力に対し、深く敬意を表する次第であります。

原子力発電は、現在でこそ運転中および建設中のものを併せて250万KWの規模に過ぎませんが、20年後には、この約20倍の発電規模に達するものと見込まれております。

このように原子力発電は、いよいよ本格的段階に入ってきましたが、それに関連する技術および産業体制は諸外国に比べて遅れており、さらに核燃料資源の開発にも立遅れが見られます。原子力発電開発を円滑にかつ積極的に推進するためには、政府および産業界が、それぞれの立場から相互に協調しつつ、これらの諸問題の解決に向つて今後も最大限の努力を続けて行かなければならないものと考えます。

このときにあたり日本原子力産業会議が今次大会で原子力利用に関する国産化問題とそのため開発環境の充実等を主要テーマに取り上げ、国内関係者が一堂に会し、海外の権威者を交えて意見を交換し、討論を行なう機会を設けられたことは、まことに時宜を得たものであり、大会の成果に大いに期待する次第であります。

通商産業省といたしましては、従来から原子力発電所建設の推進、関連産業の振興、核燃料の確保等の観点から諸施策を講じて参りましたが、44年度からは、特に

- (1) 原子力発電所の建設を促進するための準備金制度および特別償却制度の新設
- (2) 動力炉・核燃料開発事業団の新型動力炉開発に対する民間協力を促進するための出えん金損金算入制度の新設
- (3) 原子力産業に対する開発銀行の融資制度の拡充等の諸施策を実施することにより、原子力利用の推進を図ることとしています。これら諸施策が十分な効果を発揮できるよう民間関係者各位の積極的な協力と活動を期待してやまない次第であります。

最後に原子力産業界の総合団体としての日本原子力産業会議のなご一層の御活躍を祈つて御挨拶といたします。

## 原子力産業の現状

日本原子力産業会議

代表常任理事 橋本清之助

わが国の原子力産業の現状、当面する問題点、並びに所見の一端を述べさせていただきます。

わが国の原子力開発は、実用期に踏入りまして、いま着実に前進を続けております。開発の支柱であります「原子力発電」の分野について見ますと、御承知のとおり東海発電所が営業運転をいたしておりますほか、現在、敦賀発電所、福島発電所の1号機と2号機、美浜発電所の1号機と2号機の計5基約240万KWが建設中でありまして、さらに昭和44年度には、関西電力、東京電力の3号機、中部電力の1号機、および中国電力の1号機合計出力で、約250万KWの発電炉が着工される予定となつております。

それ以降、原子力発電所の建設は年を逐うて活発となり、恐らく年平均300万KWないし400万KWの新規着工も遠くないと思われまます。

顧りみますと、3年前原産の開発計画委員会の吉村部会が、原子力発電の実用期開始とわが国エネルギー需給におけるその絶対的必要性とから、昭和60年度における原子力発電の開発規模を約4,300万KWと予測しまして、産業界の願望をこめた計画として発表いたしましたのでありますが、その後、これを参考として策定されました政府の総合エネルギー計画、或いは改訂原子力長期計画のいずれも、これをやや下廻る目標を掲げておりますにもかかわらず、実際の開発を担当いたします産業界としましては、3年前と些かも変らぬ意慾をもつこの発電計画を遂行していくということを示しております。詳細につきましては、今回の年次大会でも関係の各講師から発表がなされる予定であります。大きな環境の変化のない限り、3年前の民間による原子力発電開発計画は予測通り実行されるものと確信されます。

このような開発構想を意慾ある実際のな計画に結びつけた原動力は、いうまでもなく、過去原子力開発着手以来、十年余の長期に亘り、苦難と試練に屈することなく、大規模な研究開発投資を含め、能力培養と環境充実とに専心してきた関係産業界の努力の結実であると思っております。特に海外先進国で試みられ実証されつつある原子力発電の大型技術を、迅速に取入れかつこれを消化する素地を作つて来た点は高く評価されてよいと思っております。

原産が毎年行なつております原子力産業の実態に関する調査は、2カ月前に集計を終え分析いたしました。42年度の今回の結果では、次の注目すべきことがらがあります。

まず第一に、原子力発電所の本格的な建設を反映いたしまして、電気事業者による支出高が

一挙に前年度の3倍—すなわち約150億円—となりましたことから、民間企業による全支出高は前年度の約2倍—330億円—となり、大型化の様相を呈してきました。同年度の政府原子力予算は約170億円であります、これはちょうど民間の中の鈷工業による支出額とほぼ同程度であります。

鈷工業における支出の内訳をみてみますと、原子力が実用期に入ったこの段階におきましても、なお、研究に対する支出額の比率は、全体の30%の多きを占めている点が注目に値します。一般産業におきましては、研究支出の比率は平均1%程度であることからみまして、原子力における研究支出が今日なお多額を占め、そのウエイトが如何に高いものであるかを知ることが出来るのであります。

もう一つの点は、実用期の順調なすべり出しによりまして、将来の見通しに「確度」が得られ易くなつたことが指摘できます。昭和40年度までの調査におきましては、将来見通しに関する予測数値は年によつて非常に大きくバラツキを示したものでありますが、今回の調査の結果得られました今後五カ年間の予測数値は、前年度すなわち昭和41年度の予測と極めてよく一致した成長曲線を示しております。これは、原子力産業を取巻いております諸情勢に安定度加わり、産業基盤は充実化の方向に向い、したがつて産業界の原子力に対する自信が生れたことを意味しております。

つぎに、わが国の原子力開発上の問題点を考えてみますために、海外におけるいくつかの主要な動きに眼を転じてみたいと思います。1965年後半から67年末までの約30カ月間、アメリカで軽水型発電炉に対する爆発的発注があり、その数60基、出力で5,000万KWに達したことは周知の通りであります。昨年すなわち1968年におきましては、この過熱状態はやゝ鎮静したかのようではありますが、それでも、昨年1年間の発注量は、合計で14基約1,300万KWに達しております。この間、予期し得なかつた建設工程の遅延や、若干のコスト上昇などがあつたようではございますが、全体的に言いますと、アメリカにおける軽水炉は、在来火力と完全に比肩し得る市場性を獲得し、その地位を確立した、と云うことが出来るのであります。

これに伴うアメリカにおける産業地図的な変化も注意すべきであります。軽水炉メーカーとしてよく知られております二大電機会社のほかに、もう3ないし4社が発電炉一貫メーカーとしての地歩を築こうとしておりますし、核燃料の分野では、石油、化学などの巨大資本が進出を企画しております。極めて大きな需要のあるマーケットを第一次的には比較的少数の巨大企業が支配するという傾向を持つ原子力でありますため、「公正で且つ自由な競争」という基本

原理を信条とするアメリカの長期的原子力産業政策の方向を注視したいと考えます。本日午後アメリカ原子力委員会のコストリオラ委員から「米国の原子力供給産業」と題して特別講演を拝聴いたしますが、このような意味でわれわれにも多くの参考となると存じます。

核燃料の分野でも、重要な動きがいくつかあつたと思います。急増するウランの需要見直しから、米国では記録的なウラン探鉱活動が見られました。ごく数日前届いた情報によりますと、昨年アメリカでは延べ2,400万フィートに達する新規の試錐を行ないました結果、従来の確定埋蔵量(約15万トン)に対し、新しく1万3,000トンを発見、追加することになつた由であります。

燃料分野での最も重要な動きは、やはり、ウラン濃縮に関するものでありましよう。

御承知の如く、現在原子力発電用の濃縮ウランを大量に、しかも経済的価格で供給できるのはアメリカだけあります。事実アメリカ政府は、双務協定に基づいて海外の友好国に対しまして、長期間に亘り原子力発電に必要な濃縮ウランを供給することにしており、わが国では、昨年改訂いたしました日米原子力協定によつて、とりあえず昭和48年までに建設される発電所に必要な、30年分の燃料の供給枠を得ております。しかしながら、アメリカ自身の原子力発電開発規模の大幅な伸びと、ヨーロッパその他各国の需要の増大とから、アメリカの濃縮ウラン供給能力は、現有の設備では1970年代に不足を招来することは明白であります。元来、エネルギー資源のような基幹的物資の供給元がただ一カ所しかないという状態は、好ましいものとは申せません。これに加えて、アメリカでは、1969年の核燃料民有化法成立以来、民間の強い要請もありまして、国防上の要請からまだ政府の手中に残しているこの濃縮という事業を、民間に移譲することを検討しているのであります。

こういった複雑な要素のからみ合つた中で、今後益々急激に増大します需要に対応して、価格的にも量的にも出来るだけ安定した長期的対策を講ずることが必要なのであります。ヨーロッパでは、濃縮ウラン供給における米国への全面的依存を避けるため、かつまた、ウラン濃縮事業に要します資金、技術の大きさから判断いたしまして、各国共同して一つの濃縮施設を作ろうという考え方が生まれております。とくにイギリス、西ドイツ、オランダの三国は、昨年末閣僚会議をひらいて協議を行なつており、共同施設の具体案が練られつつあるようでございます。また、最近、ヨーロッパの合同原子力産業会議はヨーロッパにおける共同濃縮工場は1972年までにその建設決定に踏切るべきであるという決議をいたしました。つぎに、アメリカも含めまして世界の主要先進国における新型炉の研究開発であります。先に申しあげたような軽水炉の驚異的な進出にもかかわらず、いくつかの原子力工業国におきましては、軽水

炉以外の熱中性子炉の開発に取り組んでおりますことは御承知のとおりであります。

核燃料の一層の有効利用、全体の経済性の向上、自国の製造工業の能力開発などをねらいとするこれら新型炉の自主開発は、エネルギー供給における安全保障の手段とも考えられ、いずれの国も国家的要請に基づいてこれに努力をしております。わが国でも、動燃事業団がこの路線に沿った開発を遂行する中核体として、その活動の二年目に入っており、民間産業としても全面的にこれに協力しつつあることは御承知の通りであります。

さて、わが国の原子力産業は、以上のような国内的、国際的背景の中で一つ一つ解決しなければならない問題を数多く抱えております。

基本的な点は、現実的に増大していくエネルギー需要に対応して、妥当な範囲で当面の原子力発電計画を間違いなく遂行していくこと、これと併行して、新型炉のための自主技術の開発を進め、先進国のレベルに追いつくこと、これらを可能ならしめる核燃料サイクル全般にわたる産業を国際レベルで確立すること、であろうと考えます。これは、言を換えますと、国際競争場裡において十分通用する強力な原子力の製造工業が確立されねばならないということであろうと思うのであります。

原子力のような巨大な科学技術が、国家全体の将来に及ぼす影響はどんなものであるかは、客観的に正しく評価され、広く一般に理解されなければなりません。そして、この正しい評価の下に、個々の具体的な施策が立案され、現実の活動がレビューされることが何よりも必要であります。

原子力産業は国の将来の発展に対して、非常に大きな力を持つていると信じております。このことは、海外諸国の原子力開発に対する官民の意気込みを見るにつけても、常に痛感されるところであります。すでに申しあげましたように、当面の商業炉をエネルギーバランスの中に円滑に組込むことだけでも容易なことではございません。とりわけ初期のものでありますだけに、開発全体に対する一般の信頼と安心感を勝ちとる最も有効な手段は、予定通り正確な工程で完成し予定通りの性能を実証することです。また、発電計画を進める上で、使用済み燃料の再処理とこれに付随する輸送などの実際問題で、その重要性は判つておりながら、解決策ないし促進策が進んでいないものがあります。例えば再処理問題につきましても、最初の工場を遅滞なく建設しなければならないだけでなく、そのような国による試験的企業の段階から、如何にして円滑に実際の産業に移すかという大きな問題までございます。

以上は原子力発電について申しあげましたが、さらにこの他にわが国の産業界といたしましては原子力船の問題、特に現在は第1船の建造に着手しておりますが、次の原子力船の第2船の

建造も考えられなければなりません。これが経済性と、いかに経済性をもつ原子力船を建造するかということに着手されなければならないと思われまゝ。その他放射線化学、アイソトープ利用についてのいろいろの問題点が今日ありますが、これらの未解決の問題点をできるだけ早く処理し、そして開発を促進しなければならないと思うのであります。

今回の第2回年次大会におきましては、このような観点から、プログラムの随所で重要な問題が討議されようとしており、これによりまして、開発の進歩を図り、かつ開発の実態を支えるべきわが国の原子力産業の未来像を描いて頂くわけではありますが、原子力産業の基盤の強化には、この時期が一番大切だと思ひます。この機会を失さないように皆様の十分な御協力を得たいと存じます。

最後に一言申し加えたいと思ひます。日本の経済成長はここ数年驚異の高度成長を続けております。しかし、国民総所得とのアンバランスは、決してこの経済成長の前途に安易な樂觀を許しません。いまこそ、巨大サイエンスを産業の基盤とする新しい産業構造に向つて、国の施策が飛躍的な手を打たない限り、日本の繁栄も前途は底がみえるのではないかと思ひます。この意味において平和利用に徹した原子力産業の開発発展に官民ともにここで大いなる決意をもつてのぞむべきではないかと思ひます。



## 原子力開発と社会

原子力委員会

委員 山田 太三郎

原子力の日本の現状が、原産の報告にもございますように、工業として次第に上昇過程にございますことはご同慶の至りでございます。まず、電力会社の原子力発電が非常に進展をしております。それから動力の開発におきましても、海外協力を含めた自主開発が着々と進みつつあります。核燃料におきましても加工業が認可されたりしておりますが、プルトニウムリサイクルについてはまだあまりはつきりとした進展はいたしておりませんが、事業の方はこれから進むであろうと思います。それから原子力船につきましても、第1船は一応形が整つたというようなことがいえるのではないかと思います。近く進水式も行なわれる予定といわれております。再処理工場につきましては御承知のようにサイトで難航いたしておりますが、これに関連いたしました法制的な面といたしましては、例の放射線審議会がこの海域放出につきまして、基本的な考えを出してくれましたので、これが一つの階段になつたというふうにおもっております。その他アイソトープとか放射線の応用というようなことにおきましても、次第に進展してまいっておりますし、動力炉の安全性につきましては、昨年安全基準専門部会をつくりまして、体制をさらに固めてゆきたいというふうに思っております。それから核融合につきましても非常に有望であるという御意見がでておりますので、これにつきましても取り上げていくことにいたしましたのでございます。

今後の問題点といたしましては、電力会社が多数計画されておるような電力発電の立地がうまく得られるかどうかというようなことが大きな問題であろうと思います。それからまだ原子力委員会ではダイレクトなお話はうかがつておりませんが、原子力の多角的利用といえますか、多目的利用といえますか、こういった面につきましていろいろとお話が進んでおるようでございます。考えてみますと、原子力委員会の今までの政策も電力中心に近いように思われますので、そういう方面に出ていくことは非常に結構であろうと思っております。たとえば、脱塩の問題とかいろいろございますが、これにつきましては、昨年アメリカの原子力委員会との会談に際しまして、こちらの準備といたしましては、アメリカの方がどうも技術が進んでいるらしいので、むこうに教えてやるなどと言われたら大変だという感じを、実は持つておりました。ところがこの会談が始まつてみますと、アメリカの方はあまり元気がございまして、例のボルサ島の問題などもありまして、どうも安い水ができないものかなあということをこち

らに言っている位でありました。それから化学工場のプロセスヒートの問題などにおきましても、いろいろ有利性が検討されておりますけれども、現在具体化しつつありそうなもの、たとえばアメリカのダウケミカルのようなものは、あるいは非常に有利な特例にすぎないかもしれない、というようなこともあわせて御検討いただきたいと考えております。なおドイツの化学工場との関係であります。これも先程述べますように、ドイツにおいては安全についていろいろ考えておるのでございますけれども、化学工場といたしたことからいたしまして、割合に人口の多い地帯につくられる可能性がございますので、現在の段階ではなかなか安全審査の認可がないというような状態にあるようでございます。今まで原子力発電所だけというふうに考えておりましたが、こういうコンプレックスになつてまいりますと、安全審査をどうするかというようなことにつきましても、今後の問題になつてくるのではないかと思っております。製鉄等につきましてもいろいろお話があるようでございまして、その考え方の一つは原子力発電は安いものだという概念で自家発電所として考えるというやり方で、もう一つは製鉄法を根本から変えていくんだというような考え方でございますが、これらもやはりいろいろ問題があるのではないかと思っておりますが、御研究の結果をうかがわせていただきまして、われわれがどう考えていくかということの参考にさせていただきたいと思っております。それから次の問題といたしましては、放射線の安全の問題、たとえばいいますと廃棄物の処理、処分といったような問題もこれから力を入れていくべきじゃないかというふうに考えております。それから最近、急に去年の秋からやかましくなりましたウラン濃縮の問題につきましても、一応核燃料懇談会で、正確な形はできておるのですけれども、例の European Enrichment Plan であるとか、あるいはイギリス、ドイツ、オランダの三国の計画のようなものといったものをみてまいりますと、われわれが前にたてた計画でいいのかどうかということを再検討する必要があるのではないかというふうにも考えております。もつとも、技術の内容そのものはなかなかわかりませんので、原子力委員会などで話も時々ありますけれども、どうも調査から一歩進んでスパイ位出さなくちゃいけないのかならという、はなはだ原子力委員会らしからぬ放言が飛び出すような状態でございます。それから原子炉の開発につきましても、一応動力炉開発事業団におきまして開発すべきタイプは決っておりますけれども、しかしそれだけじゃないことはもちろんでありまして、たとえば Fast Breeder Reactor におきますカーバイトの問題、あるいはトリウムを燃料につかう問題等も基礎研究からプロジェクトが出来るところまでいかなければならないというふうに考えております。原子力第2船の問題につきましても、これは原産からもいろいろ報告をいただいております。これにつきましては、

昨年アメリカの原子力委員会とも話をしたのでありますが、むこうの考えは、どうもメーカーは発電炉に熱心であつて、その発電炉は大型でございますが、小型炉にちつとも力を入れてくれないというように嘆きをもらしておつたのであります。しかしながら、現在はベトナムの為に予算がほうほうで削られておりますが、これが影響がなくなつた時には、どんなふうに出て来るかということも頭に入れておく必要があると思ひます。それから最近、西独におきまして、新聞では21万トンのタンカーなどと書いてありましたが、どうも3,500トン位のコンテナシップを第三次計画に入れるようであります。これは過去におきまして、ドイツが原子力発電所にいろいろ援助をしたことがございますが、最初の原子力発電所に対して援助したと同じような形を考えているようでございます。ここで原産あたりの報告とドイツの様子をまだくわしくは比較してございませぬけれども、日本ではどうも10万馬力位にならんとコストがcompetitiveにならんとするのに対して、アメリカでは4万から5万馬力位のものでございますので、どこらへんにその差があるのかというようなことにつきましても、われわれとしてはゆつくり見定めた上で、第2船をどうやつていくかというようなことを考えていきたいと思つております。

以上はだいたい原子力開発の現状と近い将来におこるであろうところのものでございますが、この辺で本論に関連したお話にはいらさせていただきますと思ひます。

昨年の秋、アメリカで原産の大会がございましたが、私はまいりませんでしたけれども、その時に「The Atom and The Public」というパネル・ディスカッションがあつたようでございます。その際にスイスの代表あたりは、原子力発電所の建設立地の問題について、きわめて楽観的な発言をしたことが伝えられておりますが、その主旨は、スイスの国民というのは非常にオーソリテイに対して従順であるので、特に原子力発電の安全性についてのPRの必要はないのだ、ということでありまして、こういうPRの必要性を他の人が多く言う中で違つた発言をしておりました。それでやや逆説的であります。原子力発電のサイトを得たいと思へば、まずそこに火力発電所をつくといいだすと、それに対しては公害問題で反対がおこる、それじゃ原子力発電にするというのでOKになるんだというふうな天国のような話があつたわけでありまして。もちろん、このパネルに参加した他の国の代表は、そんな甘い見解を發表したわけではないのでありますけれども、要するに原子力発電の受け入れは各国民間でいろいろ違いがあり、なかなかむずかしい問題であると思ひます。

ところが原子力発電だけが受け入れがむずかしいのではなくて、最近では火力発電につきましても公害問題に対する関心が著しく高くなつてまいりましたので、サイトの獲得は原子力発電

同様、非常にむずかしいというふうに考えられます。特に亜硫酸ガスの規定といたしますか、割りあてというように形になつてまいりますと、産業の形態が亜硫酸ガスで規定されるということになりそうであります。だいぶ前に Nuclear Engineering という雑誌の中のジョークの欄にこういうことがかいてありました。昔から煙が出ない原子力発電所がずうつと建設されていたのに、このごろ煙をモクモク出すところの火力発電所が出来るようになつて、非常に迷惑だと書いてあるのでありますが、これはもうジョークではない時代になつて来たのではないか、というふうに考えられます。

さて、中央電力協議会におきましては、最近長期計画を発表されましたが、年々原子力発電のウエートが増して来ておるといふことは、この原子力発電の経済性が次第に確立しつつあるということと同時に、その公害防止対策を含めた火力発電のコスト・アップというものが著しいことを反映していると思つております。

といひましても、日本の場合、先程お話ししたスイスのような具合に、原子力発電が簡単に受け入れられるというのではないことは明らかであります。昨年総理府が原子力平和利用に關しまして世論調査を行なひました結果から見ましても、どうも原子力発電の安全性に対する国民の理解というものは不十分であるということが一つと、それから他の諸外国と異なりまして、心理的面だけではなくて、漁業のウエートが非常に高いということもあつて、原子力発電の立地に関して、日本では多くの問題があり、みなさん非常に苦心されておるといふまでもないのであります。

やや別な話になりますが、アメリカの原子力委員会は先程もお話しいたしました A I P の大会の際には、恒例のように、Nuclear Industry という報告書を出すことになつておるようであります。それで一昨年の Nuclear Industry -1967 というのを見まして、その中で原子力の安全性という欄を見ますと、その中には技術的なことは何も書いてございませんので、要するに過去10年間原子力関係にはほとんど事故というものがなかつたので保険料が払い戻しをされる、しかもその保険金の掛金の3分の2から4分の3が払い戻されるということから見ても、いかに原子力発電が安全であるかという証拠ではないか、とこういうようなことが書かれているわけでございます。実質的には今言ひましたように、安全問題は実質的な問題ではないんでありますけれども、やはり theoretical risk として存在しておりますので、ここに多くの問題が出て来るわけでございます。原子力発電所の安全性の保障といたしましては、安全審査というものがございましては御承知のとおりでございますが、これも内容を特に申し上げる必要はないかと思ひますが、原子力委員会の下部機構のかたちで原

子炉安全専門審査会というのがございます。しかし、この安全審査の中立性をできるだけ守るために、機構としては下部機構でございますが、ここでの決定というものは尊重されるという習慣になつておりまして、原子力委員会がこれの審議のやり方あるいは結果についてくちばしを入れたり、結果を勝手に変えるというようなことは実際に行なわれたことはございません。

さて、ここでアメリカと日本の原子炉の安全審査の相違をながめてみますと、アメリカで一番の問題はこの安全審査に非常な時間がかかるということでありまして、平均が11カ月から12カ月ぐらい安全審査にかかるというのでありまして、ひどいのは2年、3年というふうにかかるわけでございますから、これでは本当に原子力発電所の工事を考えている人にとっては非常な迷惑でありますし、経済的にも非常に大きな損失になるわけであります。ところが日本はだいたい5、6カ月で済んでおるのでありまして、日本はかなり大雑把な安全審査をやつてゐるのではないかという非難が有り得るかもしれないと思います。しかし、これは日米のいろんな事情の相違によるものでございまして、一つはアメリカの場合には原子力発電所の建設の申請の数が非常に多いということでございます。それがなかなか作業を進捗させない因でございます。それから審査会等の組織等の相違もございまして、日本は安全審査会が30人でございますが、アメリカは15人です。ですからアメリカのようにたくさんの原子炉を扱つていながら15人のA.C.R.Sと申しますが安全審査のメンバーしかいないということが一つと、それから、日本はだいたい東京中心に人が集まつておりますから会議がわりあいにやり易いというようなことがあると思います。もう一つ、あまり自慢になりませんが、日本は大体アメリカの軽水炉の二番せんじをやつておるということございまして、アメリカで一ぺん苦しんだ段階のデータがちょうど出た頃に、日本で申請されるというわけでございますので、データをいろいろ作りあげる時間が、もちろんゼロとは申しませんが、非常に軽減される、というようなことでございます。それから米国独特の問題がその中にまだ入つてまいりまして、日本ではどうでもいいような問題、たとえば practical value finding といったようなものが、非常に重要な問題になつておるのであります。御承知のとおりだと思いますけれども、原子力発電所はアメリカにおきましては現在すべて developmental—開発的なものでございまして、決して商業的なものではないのであります。原子力法の104条B項というのが developmental reactor でございまして、アメリカの現在数千キロワットといわれます原子力発電所がすべて developmental の項において申請されております。104条A項というのは medicalなものでありまして、そんなもののすぐ次についたもので原子力発電所が申請されておるわけです。ところで、103条というのは commercialな

ものでありまして、commercialの原子力発電所はアメリカには一つも無いのであります。しかしこんな見え透いたウソを言っているような話が、実は非常に問題を多くしておるのであります。102条に practical value finding というのがあるのであります。しかしこれは簡単に商業だといつてしまえばいいではないかということになりますけれども、これから先に anti-trustの問題その他いろいろひつかかつてまいりますので、なかなかこの developmentalという看板をはずすことが出来ない、というのが一つの事情でありまして、この問題はなかなか理屈ではむずかしく、論争が絶えないということが一つであります。それからもう一つは thermal pollutionの問題がございまして、これが日本でももちろんあるわけですが、アメリカではいろんな機関に管轄されておりますので、ほろほろの了承を取らねばならぬということでございます。それからもう一つ時間を延ばします理由といたしましては、アメリカは公聴会を必ずやるということになつておりまして、それで1~2カ月は必ずかかつてしまうわけでありまして、日本の場合にはケース・バイ・ケースというようにございまして、こういう点が若干違いがございます。公聴会の効果については今後検討しなければならんかとも思いますが、時間の差はそういうことからでしております。

こんなことで日本も十分に審査をしておるけれども非常に能率よく進んでいる、これは、日本の電力会社の方に対しては非常にいいことではないかと思っております。しかも今申し上げた事情で、日本の方がむしろ慎重にやつておるといことがいえるというようにお話を申し上げておきたいと思っております。

しかしながら、この安全に関する問題につきましては、先程も申し上げましたように過去何年間にわたりまして致命的な事故が起つておりませんものですから、安全の基本的な考え方につきましてはなかなか各国で意見が違ふわけでございます。非常に簡単なことは大事故がありまして、その後ずつと解析していつてなるほどということになれば、これは実証的なデータが得られますけれども、そういう手が使えない原子力におきましては、なかなか考え方の問題でうるさいのであります。まあ大体ヨーロッパ系におきましては、これは国柄もございまして、サイトの広さといつたようなもののウエートは割合に小さくみて、engineering safe-guardといひますか、設計というものに、あるいは操作というものに重点をおいております。アメリカはややその逆の感じがございまして、

要するにアメリカの場合には、こういう事故があり得ないとはいえないという理由から、その事故に対応して考えるわけですが、ヨーロッパの場合には確率の低いものは除外して考える、そんなものは確率から言つて除外できるという考え方がございまして、アメリカはそんな

な意味で、昔は Maximum Credible Accident といっておつたわけでありませうけれども、この安全の問題はやはり人間の心理の問題、あるいは特に素人の心理の問題に影響いたしませんので、Maximum Credible Accident というと、いかにもありそうだということで、最近では、Design Basis Accidentとかいっておりますけれども、それは相当シビアなものを考えております。日本はややアメリカに近いということになるかと思えます。さらに極端な例は、ソ連であります、ソ連は確率の低いものは考えないという程度が、ヨーロッパよりもさらに進んでおります。従つて、コンテナといつたようなものは、特別な場合を除いては存在しないのでありまして、しかも建屋は工場建であるというようなことになっております。どれが一体いいのかというようにことにつきましても、まだまだ論議を必要といたしますが、先程申しました原子力委員会につくりました動力炉安全基準専門部会というようなものにおきましては、この基本的な考え方をどうするかということまでつき進んで考えてくれるものと思つております。たとえば軽水炉におきます立地基準、あるいはアメリカで出しました機器の基準ということと事故の考え方というものをいろいろ調査していただけるのではないかと考えております。

少し話がとびますが、たとえば西ドイツの場合を申し上げますと、御承知のとおり西ドイツはBWRもPWRもアメリカのメーカーのライセンスのもとで国産化しただけではなくて、勢いあまつて海外にいろいろ offer する状態でございますが、特にBWRの場合にはいろいろGEと違つたデザインをしておるようでございます。ここでお話いたしますのはその安全性に対するデザインであります、彼らはそのデザインによつて completely site independent すなわち、もうどこにでも置けるといふ原子炉をつくり上げたと称しております。これはBWRでありながらPWRをやつてゐる方法も全部まぜこぜにいたしまして、この第三者障害の問題を出来るだけ避けようという考え方でございます。たとえば平常時の安全性の問題で気体放出のことにつきましては、アメリカあたりのBWRではガスを1～2時間貯蔵するのではないかと思います。日本は少しシビアでございますから、まる一日貯蔵するのでありますが、このドイツの案は36日間貯蔵する、従つてその間に decay (自然壊変) をいたしますし、それから風向きがちよつと都合のいい時に出すことができますので、そういう意味では非常に気体廃棄物に対する問題が減るわけでありませう。これはもちろんPWRではやられてゐる技術なのですけれども、BWRにも適応したということでございます。気体廃棄物につきましても、特殊な処理方式を確立いたしまして、第三者に影響を与えないようにするというようなことを考えておるようであります。それから原子炉事故の場合の安全性につきま

しては、BWRの場合は二つ問題がございます、一つは pipe rupture , 一つは steam line ruptureでございます。pipe rupture につきましては、BWRは御承知の pressure suppression という方式を使っておるわけでございますが、それにPWRの考え方をまたそこに入れまして、マリブ等で考えられております double membrane というようなものを同時に導入いたしております。それでなお、例のBWRの電球を逆立させた型、電球の形と申しますが、ああいつたものではございませんで、昔懐かしい球型の sphere type コンテナが出現したのであります。しかもその中を見ますと、どうも船用炉のようにびつちりつまつておるといふような、なかなか凝つたものをつくり上げております。steam line rupture につきましては、特別新しい技術ではございませんけれども、これは steam line がこわれた場合に原子炉の後続の蒸気を絶ちますために isolation valve というものがございます。それでこのバルブはアメリカのデザインの場合、従つて日本のデザインの場合もということになりますが、それは10秒から8秒、5秒最近では3秒というようにだんだん短く isolation valve の操作時間を下げてまいつております。従つてその時間だけスチームが原子炉から外へ出て行くわけでありまして。ところが西ドイツではこの時間を1秒以内、数100ミリ seconds というようにデザインすることがきわめて容易であるということで、そういう方針を取つております。従つてこの steam line rupture によります放射性的物質のでてくる量は、だいたい時間に比例いたしますので、ドイツを1といたしますと日本の場合が5.5秒などという数値がございますから5.5倍多いといふようなことになるのでございます。これは60万KWの Wuergrass のデザインでございますが、もちろんこの極めて概念的な考え方だけではわかりません。実際のデザインの詳細を見なければわかりませんが、既にアメリカからはすつかり離れているという意味で野心的なものであると思ひます。日本の場合にはアメリカのデザインから、いつたいどのくらい離れているのかということをお考えすると、どうも疑わしい点があると思ひます。もちろんデザインだけでは実際は安全性は保障されませんが、もつと重要な問題は安全性の研究、実証的研究でございますが、これにつきましてもポチポチとやつておりますけれども、今後もう少し力を入れていくということが一つと、アメリカと協力してやつていくという方針を取つて行きたいといふふうに考えております。

さて話は少し変わりますが、原子力発電の発注が去年は1967年の半分になつたといふこととでございますが、この原因は要するに原子力発電が値上りしてきたといふこともありますが、先程の安全許可がうるさいといふことで、予定の時期に発電が出来るかどうかわからな



いという二つの要因があるようでございます。ではなぜ安全審査がうるさくなつてきたかとい  
いますと、アメリカの A E C は一昨年あたりから非常冷却系といひますか Emergency  
Core Cooling System というものにだいぶ力を入れ始めたためでございます。それと  
もう一つは Quality Assurance Program といひますから品質管理、品質保証とい  
つたような問題に非常に力を入れてまいりまして、これが licencing の時間、あるいは工事  
にはいりました検査の時間等に非常に大きな影響を与えておるのであります。この原子力発電  
と火力発電がある期間中に、値上りはもちろんエスカレーションしておるわけでございますが、  
一つの例でいひますと、原子力は一年半ばかりの間に 47% 上がり、これに対応した期間に火  
力が 29% 上がったというような例がございひます。これはすべてではないと思ひますが、こ  
中ではもちろんこれだけではございませぬが、要するに safety cost の追加といひのが  
相当の役割をしておるといひように思ひます。その具体的な例といたしましては、最近、原電  
の 1 号炉—原電の敦賀炉、関電の 1 号炉、東電の 1 号炉におきまして、2 号炉ではございませ  
ぬ、1 号炉におきまして安全系の修正の申請がなされまして、まあ認可になつたと思ひますが、  
これの発電所の安全申請をする頃には、まだ一般的でなかつた新しい非常冷却系の強化といひ  
ものが、今日標準的なものになつてきたことを示してありまして、その最近のアメリカの状況  
を反映したものだといひふうにいひます。

さてこの原子力発電所に対して、いつたい safety にいくら金を払ひべきかといひような  
ことの問題もいろいろあると思ひます。やや古いものではありますが一 9 6 6 年頃に出され  
たデータでは、だいたいキロワットあたり 20 ドルから 25 ドルでありまして、これは主に平  
常時の安全性ではなくて事故時の安全性に対応したものを考へてのものであると思ひますが、  
その当時やはりまだ大気汚染の方は大したことがなかつた時代であります、火力でもその頃  
には前に較べると 20 ドル級の金があるといひようになつてありまして、昔は火力に大気  
汚染の金がいらなくて原子力に安全のための金があるといひことで差があつたけれども、その  
差は最近では縮まつたんじゃないかといひことがいわれてあります。しかし、いま申し上げま  
したこの ECCS 系、非常冷却系の強化といひようなことによりまして、20 ドルから 25 ド  
ルよりもう少し上まつてきたんではないかと思ひますが、同時にこの火力発電所におきま  
しても前よりもますます余計な支出ができたといひようなことで、その点ではトントンといひ  
ことになるかと思ひます。しかし安全の問題を考へます場合には、必ずしも発電所に入つて  
きたものから出てきたものまでいひわけにはまいりませぬで、たとえば重油火力の場合におき  
ましては extra cost がまだ他に存在する、たとえば原油を輸入して精製するといひまし

すと、それに関連した工場をどこにするか、その工場の金はいくらかとかいうようなこともございまして、非常に大量運びますためにタンカーの問題、あるいは港の設備の問題等々いろいろございまして、しかもオイルの場合には量が非常に大きくなつて参ります。たとえば輸送コストを低減しようとのことで大容量タンカーの方向をいくわけでございますけれども、わずか3万トン級のトリーキャニオンの事件でさえぬれだけの騒ぎが起るわけでありまして20万トン級タンカーということになりましたならば、極めて大きな社会的問題が出て来ると思います。しかも原子力の発電所の大事故とはちがつて、この確率の方は割合にありそうであるという点からいきますと、非常に問題になるんだらうと思います。従つて直接経済の問題の他に、公害とかいろいろなことを考えた社会コストというものがどうなるかというようにことまで考えてみますと、多分原子力発電の優位性というものは著しく高くなるのではないかと思います。一つはUKAEAの機関誌でありますところのAtomという雑誌の去年の11月号に、こんな論文が載つております。「A broader approach to benefits from nuclear power and associated social and other costs.」こういう題目でございまして、これはイギリス原子力発電計画を、いわゆる原子力発電所と火力発電所とを比較してということだけではなくて、その他 social にいろいろな問題があるはずで、それを定量的に出したならどうなるかということのために、secondary cost というものを定量化しようとして努力した論文でございます。これはイギリスの場合でございますから、石炭火力と原子力の比較が主になつてございまして、そんなことからいきますと、炭鉱の労働災害とかいろいろなものを全部入れてみて、原子力と比較してあるのであります。これを重油火力との場合で考えてみますと、いろいろおもしろい一面があるのではないかと思つております。イギリスの場合ですと労働力はどの位必要かというようにございまして、これは炭鉱の人間をもつと生産性の高いものに使えろという考え方がありますが、しかしオイルの場合ですとどちらも日本の中ではございませぬので労働力の問題は余り差がないということになります。それから資本に対しての問題というのはどうも原子力発電の方が若干不利ではありますけれども、それだけの return があればいいではないかというように原子力側に有利に書いてございまして、それから foreign exchange につきましても、イギリスの場合には外貨問題が非常に大きいものですから、いわゆる、sterling と外貨とは違うのではないかとということで、その換算率を foreign currency を25%アップというように計算をしております。これでいきますと重油の場合と原子力の場合ではだいぶ違つた差がでてきますし、その他のいろいろな項目につきまして supply を assurance するために、これは日本でもいわれ

ておりますが、どの位貯蔵するかというような問題とか、結局それをやつたことによりまして、技術的な spin off はどうであるとか、原子力は非常に先端的な技術をたくさんやりますので、いろんな spin off があるというような点の利点も挙げられております。その他石炭の場合に対しましては病気とか労働災害といったものは非常に大きく出ておりますが、これはどうもオイルと比較します場合には差はないというようなことになると思います。一般公衆に対する安全の問題では、原子力は Theoretical である。ところがオイルの場合などではオイルの輸送であるとか、あるいは大きなオイルタンカーをつくる問題、あるいはオイルファイヤーの問題等を考えるとどうもオイルが不利になるのではないかというような感じをだしております。大気汚染につきましても、これは原子力が絶対有利だと、control が十分されておるからというのですけれども、このへんは日本人の心理ではどうかちよつどわかりかねます。radiation につきましても、その論文の中では、fossil fuel というのはその中で相当放射性物質を出しているのです、これはどうも原子力発電所を出しておるものとトンではなないかというようなことを言っております。これは私はこの論文で初めて読んだのでよく知りませんが、そのようなことをいつております。しかしマイナス面はこれからもお話ししますところの radioactive waste disposal (放射性廃棄物処分) であります。そういつた点の比較をいろいろいたしまして、いわゆる概念的な利点をもう少し顕在化しようというようなことがございますので、こんなことを考えてみるのもおもしろいのではないかと思っております。

ところが原子力はいいことばかりではございませんで、今申し上げましたように、要するに燃料サイクルというようなことばが示しますように、原子力発電所でできた使用済み燃料の再処理に伴う有効成分の再使用ということよりも、むしろ原子力発電とは一体何かといえば  $U^{235}$  すなわちウランの中の 0.7% の  $U^{235}$  ではなくて、99% の  $U^{238}$  から出るプルトニウムに依存するのが本筋であるということを考えますと、実は原子力産業は再処理が本格的な出発点であるということが考えられます。従つて、 $U^{235}$  の使用などというのは全く序曲にすぎないというような言い方もできるわけでありまして、従つて先程申し上げました  $U^{235}$  の濃縮をどうしようというようなことは単に序曲をやや華やかにするかどうかということにすぎないというような言い方も出来るわけです。ところが再処理によりましてプルトニウムとか  $U^{238}$  を出すというだけではなくて、そこに出てまいります膨大な量の放射性廃棄物の処理、処分ということが非常に重大な問題になつてくるわけでありまして、やや小さな問題といたしましては一当事者にとつてはあまり小さくないのでございますけれども一今の日本の原子力、現在考えられており

ます原子力発電所におきましても、もちろん少量の放射性廃棄物が出てまいります。海域に流すものでなくて貯蔵しなければならない、あるいはどこかへ棄てなければならないものといましては、軽水型発電所におきましてもPWRとBWRでは若干様相が違います。PWRの方が格段にそういった廃液の出る量が少いのでありまして、たとえばBWR型でありますと、50万キロ級を考えますと年間にドラム罐約5,000本に相当する廃液が出て参りまして、これを何とか処置しなくちゃならないということになつてまいりますから、再処理の問題が起るよりも、この方が早い現実的な問題なのであります。一万PWRの場合でございますと同じ程度の出力で年間にドラム罐約400本分位だというようなことになりますので、その意味ではPWRの方が非常に有利でございます。

さて、先程申し上げました再処理工場の建設の問題につきましては、現在基地問題がこんがらがりまして非常に困つておるわけでありましてけれども、しかし一つの形といましては、この再処理工場から出ます低レベルの廃液の海域放出、海へ流すということにつきましては基準がなかつたという点が、原子力行政の点からいいますと非常に問題であつたわけでございます。その点の指摘、それよりもつと広範囲にわたる指摘でございましたが、昭和41年の3月に放射線審議会から、要するに今までの規制法による規制、たとえば空気中の、あるいは水中の放射性物質の濃度といつたようなものだけで規制するということはおかしいという意見が出まして、それを受けまして原子力安全研究協会あたりでも海域放出の研究をいろいろしたわけでございますが、昨年になりまして、放射線審議会で再処理施設についての低レベルの液体廃液を海に流すという際の基本的な考え方をいろいろ御検討され、今年2月にその答申が出たわけでございます。従つてその答申に従いまして行政官庁でこのことを具体的に処理し得る段階になつたということになると思ひます。もつともこの審議の対象は、実際には原子力施設全般でございますが、再処理工場以外にも原子力発電所も含まれるということになるわけでありまして、具体的に放射線のレベルを指定したのは再処理工場だけでございます。しかしながら原子力発電所からもやはり海に流される場合廃液が出るということからその monitoring その他は同じようなかたち、その出る量、あるいは質によつて違いはございますが、形式的には同じかたちでやられることになつたのでございます。先程、PWRとBWRの waste の生産量が非常に違ふと申し上げましたが、これは日本の問題でありまして、アメリカではどうかというPもBも差がないのでございます。ということはどういうことかといひますと、アメリカではBWRの場合には相当量の放射性廃棄物を流しておるということでございますが、BWRの場合には年間数Ciのものが放出されますが、PWRの場合には $10^{-2}$

オーダーというようになりますけれども、残された厄介者はほとんど同じ、というようになっています。従つてやや極端に申し上げますと、この再処理工場で示された基準と同じようにやりますと、日本もBWRでもアメリカと同じ状態に流し得ることになる可能性はございますが、しかし放射線審議会の考え方の基本には、技術的に可能な範囲、あるいは経済的に可能な範囲においては、放射性物質をなるべく流さないということが根本に入つておると思います。こうやってみますと、逆に日本の場合には原子力発電所から出てくる液体廃棄物による水産生物の汚染というのは、考えることができないうくらい少ないのではないかとすることに到達するかと思います。この問題はそうなりますが、しかし同時にBWRの年間5,000本というドラム罐の山を一体どうするのか、これを経済性を失わない範囲で処理できるようにするにはどうするかという問題が残るわけでございます。

さてこの放射性廃液の低レベルのものにつきましては、従来は規制法で考えておつたわけでございますが、再処理工場のは規制法にございませぬが、新しくつくり上げるといたしますとその考え方は、要するに水中濃度基準というのはこれを飲料水として考えておつたということでございますが、海の水を飲む馬鹿はいないということから、これは余り現実的でないということと、それから魚は特定の核種を濃縮する、従つて出て来た液よりももつと濃い状態になつた魚を人間が食べるというようになることからいたしまして、規制のやり方は非常に複雑になつてまいります。厳密にいいますと critical nuclide、問題となる核種が critical pathway、どんな道をとおつて、critical group、問題になる人間のグループに入ってくるのかということをはっきりしなれば、この規制ができないということになるわけでありまして、しかも、これは局地局地の条件あるいはある人の習慣といったものが関連してまいりまして、必ずしもその付近だけですべてが済まないこともございます。そんな意味で現実的な調査が必要とされることになると思います。

しかし、放射線審議会におきましては、再処理工場からでます廃液によつて、food chainを通じて人間が受ける放射線量についての基準を与えてくれたわけでありまして、これが平常人の500ミリレムのうちの10分の1をそれに対応させるという考えでございまして、この数値をどうして守るかということで具体的な行動が可能になつたのでございます。しかしながら、この放射線審議会の答申は2月6日でしたかに出たものでございまして、まだこれを行政的にこなす段階ではございませぬ。しかし少なくとも再処理工場の建設の許可を今与えるるといたしますと、基準なしでこれを与えたという批判が出なくなるだけ大へんありがたく思つているのでございます。

この海域放出の問題に絡みまして、原子力発電所も一緒に monitoring といったようなこと、あるいはこの放射線審議会の答申の中で重要な点は公平な評価機関をつくるというようなことがございますが、いつたい海外ではどうなっているんだろうかといいますが、これは国によつていろいろ違います。たとえばイギリスにおきましては、食物を除きます公衆の被曝管理は建設内務省がやっております、農水産物による内部被曝の管理と漁業活動に伴う外部被曝の管理につきましては、農業水産食料庁が分担しているというようなことのようにございます。フランスでは厚生省が全部を担当いたしておるようでございますが、アメリカでは原子力委員会の出先機関であります地方事務所がやつておるわけでありまして、それから、国の政治形態、あるいは国民性というようなものがいろいろ影響してくるわけでありまして、日本はいつたいどうするかという問題になりますが、これが国民、あるいは地域社会に納得のいくいき方で進める必要があることはもちろんでございます、それに関連いたしましては原産ですでに「原子力施設立地への提言」というのをいただいておりますので、十分参考にしたいと考えております。さらに最近国会で公害関係の問題一法案が非常に問題になっておりますが、こういったものの関連も考える必要があるのではないか、というように思います。

先程申し上げたのは低レベル廃液のことでございますが、しかし再処理工場を大型化して、経済性を保とうというようなことを考えますと、今度は気体廃棄物—クリプトンが相当大きな役割をしそうでありまして、むしろ今度は、気体廃棄物に割り当てをしなければならないという状態がでるかもしれないということも考えられます。従つて、このクリプトンを何か処置するというようなことが、将来再処理工場をやつていく、あるいは大きくしていく上の問題になるのではないかというように考えられます。

それから別の角度の問題といたしましては、海へ廃液を流すから具合が悪いのでありまして、それではいわゆる湿式法以外に乾式法という手はないかということになります。それはアメリカのGEが Aquaf fluor 法というのをやつておりまして、これは気体廃棄物は外へ出しますけれども、液体廃棄物は出さないというやり方でございます。もちろん経済的に許されない話ではどうにもなりません、まあトントン、あるいはそれに近い状態におきましては、乾式再処理ということも十分考えなければならないのではないか、特に高速増殖炉時代になりますと、どうも乾式再処理の方向に移転すると思っておりますので、そういう方向の研究が必要であろうというように考えております。

次に、原子力発電が非常に長期的に利益があるという話をいたしますことは容易でございますが、しかしながら、この再処理廃液の中にあります中高レベル廃液の処置を検討しておきま

せんと、むしろ原子力発電は人類にとって害になるというような意見まででてくる恐れがあるのであります。現在海洋投棄というようなことを言っておりますけれども、これは現実問題としましては国際法的な問題がありまして、なかなかむずかしいのであります。ソ連は絶対反対の立場でありますし、アメリカも国内で経済的に処置できるというので決してこの問題の推進役にはなつてくれそうもございません。従つて、国際的な取り決めとか基準がなかなかできない状態にございます。狭いヨーロッパの国では、何かうまい方法はないかというので、いろいろ困つておる状態にございますが、たとえばイタリアでこの話をした時に、イタリアの原子力委員会の人、これから放射性廃棄物の national cemetery—国立墓地とでもいいますか、そういうものを考えているというようなことを言つておりました。その後、新聞のニュースなどを眺めておりますと、サルジニア島の近辺の島を選んでこれを国立墓地にしようと考え、調査団が船で乗り込んだのでありますが、ところがこの町は挙げて反対いたしまして、調査団はとうとう島へ上がれなかつたというようなことであります。このように陸上処理を考えますと、どうしても住民感情の問題が入つてまいりますので、この技術的開発を十分にやつておかなければならないということになるかと思ひます。

そこで海洋投棄にございますが、これにつきましては E N E A が 1967 年に試験放棄をやつたことは皆さんも御承知のとおりであります。大西洋におきまして年間 10,000 Ci ほど放棄したところで、特別、放射能レベルに悪影響を与えるとは考えられないという評価のもとにおきまして、イギリス、フランス等 5 カ国から全体で約 8,000 Ci、重量にいたしまして約 11,000 トン位のもので—これは 20.0 リットル、普通のドラム罐に入れまして約 40,000 本放棄されたのであります。これはやはり、国民感情の問題がありますので、ひそかにやつたわけではありますが、結果的にはスペインとポルトガルから反対が起つてきたのであります。反対の理由は、どうも自分たちの領土に近いところでやられては観光上困るというのでありますが、観光にどういう関係があるかよくわかりませんが、そういう反対が出てまいりました。E N E A での評価は、固体とか液体で量を小さくすることはできない、しかし大して強いレベルの放射能でもない、先程の数字でもおわかりのように、1 トン当り 1 Ci 程度にございますから、そう高いものでもないものの処理は、最も経済的なものは海洋投棄だということで、これを継続して研究する方針のようでございます。しかしながら、世界の海洋でありますからして、どの国も最初に海洋を汚染したということと言われるのは大変不名誉なことのようであります。同時に日本としても、何か具体的な方途を定める必要があるし、これは原子力発電の発展に非常に重要な問題であると思ひます。昨年夏、日米会談、日米原子力委員会談をいたしました時

も、廃棄物処分の話若干いたしました。アメリカはやはり昔、海洋投棄をやつたことがある  
そうでありまして、その時も住民の反対が出てへこたれたということが一つと、それからすぐ  
わかるようにアメリカでは国内に廃棄物処分に非常にいい地点がたくさんあり、現在も5ヶ所  
位が民間用に指定されておりまして、会社が現在できてもう商業的に進んでおるといふ状況で  
ございます。その廃棄物処分のコストというのは、アメリカでは1 ft<sup>3</sup>あたり80セントから  
高い場合1・5ドル、すなわち比重が1位と考えると20ドル/トンから40ドル/トンとい  
うことになるわけです。これをE N E Aの試験データと比較いたしますと、E N E Aのものは  
大体30ドルから40ドル/トンということになりまして、アメリカの方が若干安いことが  
認められますが、E N E A方式も相当安いということが言えると思います。なお日本の場合に  
は、太平洋にはもつと適地があるかもしれませんが、そうなりますともつと安くなるかもし  
れませんが、こういつたことは研究開発もさることながら、国際的な考え方がまとまるとい  
うことが先になりそうでありまして、そういう方向に進めなければならぬのではないかといふ  
ふうに考えております。

ところが最終的な問題は、放射能の大部分が含まれておりますところの高放射能レベル廃棄  
物でございます。ところがこれは廃棄物という名前をつけるから悪いわけでありまして、放射  
性物質の有用なものが沢山入つているということにも考えられるのであります。たとえばG E  
の再処理工場の例でいきますと、御承知のとおり、ウラン、プルトニウムの他に、ネプチニウ  
ムを取りまして、それで経済性を非常にはかつております。なおセシウムの抽出とかいろいろ  
ことが研究されております。そんなようなことで、アイソトープの利用がより巨大になつてま  
いりますと、この中には非常に沢山の宝が入つているということになるわけでございます。ア  
メリカで聞いた時も、なぜ海洋投棄をやらないかという理由の一つとして、本気かどうかわか  
りませんが、一たん海洋投棄してしまうとあとで非常にいいということがわかつた時にでも取  
り上げる方法がないじゃないか、だから一時置いておいて、あとでいいことがわかつたらこれ  
を使えるように、海洋投棄しないんだとこういふようなことも言つておりまして、これも一つ  
の考え方であろうと思います。

陸上、地中、海洋いずれに処分いたしますとしても、要するに廃棄物の容積を減少すること  
が重要でありまして、そのような研究が各国で行なわれております。また、たびたび引きあい  
にいたしますが、例のA E Cがアメリカの原産の大会に際して出します Nuclear Industry  
—1966年、あるいは67年を眺めてみましても、だいたい高レベル廃液は1980年で  
400万ガロン、15,000 m<sup>3</sup> であります。紀元2000年には4,000万ガロン、すなわ



ち15万<sup>m</sup>位になるけれども、これを30分の1位に減らせるということでもあります。そうしてみますと、1980年頃の400万ガロンなんていうのは大体10メートル立方位でして、大したことはないのであります。だからこれは大したことはないなあと私どもも考えておるのであります。アメリカの1980年ならば日本も1990年から2000年の間にあるのではないかと思いますので、これを何とかうまくする方法を考えればいいのではないかというように思っております。

なおイギリスにおきましても、長期的な廃棄物処分の問題につきましては、1980年代の半ばに high level waste—高レベルの廃棄物は、Windscale に1エーカー（約1200坪）の土地がありますが、1エーカーの土地さえあればいいんだというので、大した問題ではないというようにことをいつております。しかしながら、昨年8月にアメリカの長期的な廃棄物処分につきましては、AECの現在の方針について、どうもクレームがついておるようであります。それで National Academy of Science (NAS) では、これではどうも不十分ではないか、という考えがあるらしくて National Academy of Science とAECが共同で委員会をつくって長期的な問題を検討することになったようであります。これに関する委員会は National Academy of Scienceの中に置かれるようであります。この目標はAECが現在、あるいは目下計画しているところの技術開発が、長期的な安全、保健、その他の環境条件に適當か否かを評価してアドバイスをするというようなものでございまして、これはもちろん現業にタッチいたしませんから、現業は原子炉安全審査会、あるいは例の公聴会をやりまして Atomic Safety Licencing Boardの二つが個々の問題をとりあつかいますけれども、これらに対し長期的なアドバイスをしようということをいつております。何が問題点かにつきましては、詳細な trace はいたしておりませんが、1966年の10月にアメリカの国会、下院の科学技術委員会におきまして、技術の dangerous side effects というものの一つとして、原子力の発展に伴って廃棄物が長期的に重要な問題になるにもかかわらず、処理、処分の方法の進展がはかばかしくないという批判をしておりますが、そういう事に關連があるのではないかと思います。

さて、わが国の場合も、原子力委員会としては、長期的な見通しに基づくところの廃棄物の処理の問題とともに、原子力発電所の、あるいは、再処理施設の現実化に伴う問題として、再び廃棄物の処理、処分の問題を取り上げる必要があるというふうに感じておりまして、最近若干の人々とお話をしてみました。ところが、この分野に対しましては近年非常に関心が低くなつたために研究が干上がつてしまつたというようにございまして、研究の現況を聞かせ

てくれといいますが、その話は以前はこうやっていたという過去形の話がかえつてまいりまして、これは大へんいかんというように考えたのでございます。昨年原子力安全問題懇談会をつくりまして、原子炉の安全基準等を検討しようということを考えました際には、それに引き続いて、原子炉施設内における放射線安全の問題について検討したいというように考えておつたのですが、いろいろとりまぎれまして、のびのびとなつております。しかし、近いうちにこの問題を進めていきたいと考えております。これが原子力が社会に受け入れられるための、やはり一つの重要な条件であるというように考えるわけでありまして、過去において行なわれましたように、ちよびちよびした実験的研究ではだめで、さらにそれを積み上げた Pilot Plant stageまで進ませなければならぬと考えております。

この他に放射線影響、あるいは放射線医学、化学、生物学といろいろ基礎研究も重要であるということになるかと思いますが、時間の都合もございまして、省略いたします。なお、題目と必ずしもそぐわない、羊頭狗肉のお話を申し上げまして皆さんのお時間をとりまして大へん失礼いたしました。どうもありがとうございました。

3月4日(火)

A 会 場

特 別 講 演

議 長 藤 波 収 氏(電源開発総裁)

講演一I 「原子力開発に対する産業界の考え方」

議 長 安 川 第五郎 氏(日本原子力発電会長)

講演一II 「国土総合開発と原子力立地」

議 長 田 代 茂 樹 氏(東洋レーヨン会長)

講演一III 「放射線化学の発展と国際協力」

議 長 井 上 五 郎 氏(動力炉・核燃料開発事業団理事長)

講演一IV 「米国における原子力供給産業の現状と将来」

午 餐 会 に お け る 講 演

「国際経済情勢について」

3月4日(火)

マツヤ・サロン

## I 原子力開発に対する産業界の考え方

東京芝浦電気株式会社

社長 土 光 敏 夫

ご承知のように、日本経済のたいへんめざましい伸長に応じまして、エネルギー問題はますます重大さを加えておることは、皆様ご承知のとおりであります。

ことに、もっとも重要な電力需要、この増加も、近年経済の伸長とともに、最近、「中央電力協議会」の発表されましたのによりましても、43年から52年に至ります10カ年間に、運転開始が予定されております電力発電設備は、約6,000万キロであります。輸入エネルギーに依存しておりますこの依存度がまたきわめて高いわが国と致しましては、将来の経済性からも、また、最近とくに問題視されております公害等から考えましても、原子力発電への移行は、非常に緊急であり、また、非常に重要であろうと思われるのであります。

来たる、10カ年の間に原子力発電の運転開始が予定されておるものは、だいたい1,160万キロであります。次の10カ年間に原子力発電の運転開始が予定されておるものが3,000万キロというふうに、われわれはその筋から承っております。

私考えますのに、これはまったく当然のことであり、かつまた、これ以上の原子力発電を必要とするのではないか、いろいろな情景を勘案しまして、原子力が今後背負うべき範囲は、さらに大きいものがあるのではないか、というふうに考えるのであります。

ご承知のように、わが国の原子力の研究というものは、米国を始めとしまして、先進諸国に比較しまして、非常に遅れております。昭和31年に「原子力委員会」が発足致しまして以来鋭意わが国としまして、遅れを取り戻すべく努力してまいったのでありますが、一昨年「動力炉・核燃料事業団」が発足されるに至ったのであります。それ以来画期的な研究、開発が行われて、これで日本も本格的な原子力の開発、研究に入った、ということがいわれるのであります。これはまったく慶賀にたえないのでありますが、まあいわせていただくならば、遅きに失したということもいわれるかと思うのであります。

「原研」であるとか、あるいは「動燃」、あるいは「原子力船事業団」、これに加えて大学あるいは民間等の研究、並びに開発体制がほうほうで出来ておるのでありますが、この段階になりますと、これらのものが連携し、あるいは、お互いに強化していくということ、並びに現在、従来非常に努力されてまいられた「原子力委員会」のあり方等につきましても、この段階

でいろいろ考えるべき点があるのではないかと、思うのでありますが、それについては、最近「原子力関係機関体制問題懇談会」というのが設けられたと承っております。行政委員会としての機能を強化する必要があるかどうか、いろいろな点につきまして、ご相談、討議されることと想っておりますが、私はこの段階において、日本の研究、開発体制がさらに連携、強化され、かつまた、強く押し進められることについては、まったく賛成であります。

現在わが国におきまして、運転中の既存の二機を除きましても、建設中の原子力発電設備、現在5機であろうというふうに記憶するのでありますが、火力発電が現在非常に大容量化されつつある。これは世界の形勢でもありますし、また、わが国の現状でもあるのでありますが、これと同様に、原子力発電もスケール・メリットを発揮するためには、日本としては50万キロあるいは78万キロと、現在においても、設置される原子力発電所の容量は、大型化されつつあるのでありますが、これは将来さらに大型化されて、100万キロワット、あるいはそれ以上の大型の標準が順次採用されていくものと思われるのであります。

しかし諸外国におきましては、すでにプルトニウムを燃料とする高速増殖炉の研究が非常に進んでおりまして、この実現も近い将来に期待される、という状態にあると聞いております。

わが国におきましても「動力炉・核燃料開発事業団」におかれて、10年間に2,000億円を投入して、わが国独自の新型転換炉、あるいは高速増殖炉の開発が、現在着々として推進されております。これはわが国にとりましてはまったく画期的なことでありまして、さっき申しましたように、遅ればせながら、われわれとしては非常にこれに希望を託し、喜んでおる次第であります。この成功の暁には、従来われわれが現在の発電設備等においても、ほとんど外国に頼っておる、というような外国依存の状態を一気に挽回することができるんじゃないか、また、やるべきであると思うのでありまして、今回政府が予算も出され、この大型プロジェクトを推進されるということに対しては、非常に喜びを感じるのであります。この開発におきまして、わが国独自の技術を確立することができるならば — これはもちろんできると確信するのであります — 従来依存した外国技術から脱却できるのではないかと、また、すべきであると思うのであります。そういう意味におきまして、この開発、研究に対しては、官民一体となって、わが国としては是が非でも成功さすべきものであると思うのであります。

次に、燃料再処理の問題であります。私考えますのに、これは急を要するのではないかと、もしもこれを放置して、急がないということであるならば、日本の原子力発電は文字どおり先詰まりになるのではないかと。本年度は大洗の地元の反対のために、予算が実現しなかった、

とこういうことは実にこの時期に際しまして、残念至極であるのであります。

また、0.7トン/日というようなキャパシティにつきましても、おそらくこれは昭和50年ごろになれば、やはり能力不足ということすらも考えられるのではないか、というように心配をもっておるのであります。

また、ウランの濃縮問題も、核燃料長期政策上、真剣に取り上げるべき時期にきておるのではないのでしょうか。ガス・デフュージョンにしる、セントリフュージにしる、10年後には実用化が迫っておるのであります。そうでないと、エネルギーの三原則（経済性、供給の安定性、対応性）が確保されないというおそれが十分にあると思うのであります。

以上のような問題、とくに発電所や、再処理工場の立地に関しまして、わが国におきましては非常な民衆の抵抗があるのであります。この民衆に対する啓蒙というものは、私は非常に緊急、かつ大事ではないか、これらの問題について、政府といわず、民間もいちだんと力を入れる必要があるんじゃないか、いろいろな計画もこのために非常にそとをきかしておる、ということもいえると思うのであります。

もちろん日本は、日本の特殊性から、地震等に対する、この原子力建設に当っては、いろいろ考慮すべき特別の条件があるのであります。

その他、この新しい原子力発電を確立するためには、絶対に安全性を確保するということが、必要条件であろうと思います。このためには、設備上、二重、三重の安全保護設備も設けなければならぬと思うのであります。

いずれにしましても、十分な研究を重ね、かつまた、設計、設置に当っては、十分な安全性を確保する設備を整えたならば、われわれとしましては、決して原子力が初期に考えられたような、社会に危険を及ぼすものとは考えられないのであります。一般に大衆は、原子力関係者以外、そうとうのインテリであれ、また、そうとうの見識を備えている人でも、われわれの見るところでは、ほとんど原子力の知識というものについては暗いのではないか、それが一部の人の議論に惑わされ、たとえば、先般も原子力潜水艦の入港に当りまして、たいへんな騒ぎがあった。これはレーダー放射の問題であります。このレーダー放射のごときは、全然原子力には関係のないことにもかかわらず、これが大きな社会問題になるのであります。

また、原子力発電こそ、私は、今後国内においても非常に多量の重油を使わなければならぬ、というように運命をもっているわが国にとっては、いま非常に問題になっております公害防止上からも、原子力を採用する、原子力発電によって、われわれの電力を得るということは、

もうどうしょうも避け得られない、いわば最良の手段であろうかと考えるのであります。

これらのことは、政府も民間も積極的に国民に十分知らせる、という積極的な態度が必要ではないかと思うのであります。

米国等においても、いろいろと地域的な問題も従来は起ったのでありますが、これはずっと昔であります。インディアン・ポイント等においても、付近の住民が反対したときには、積極的にやはり発電会社としてはこの啓蒙に当って、これを解決しておるのであります。

日本の事情は、核アレルギーのため、多小は違いますが、これはもっともっと公正な立場から、政府、民間の関係者が、十分いまから啓蒙に当る必要があるんじゃないかと思うのであります。

原子力発電技術は、非常に総合的と申しますか、広範な科学技術を要するものであることはご承知のとおりであります。核物理から、あるいはエレクトロニクス、あるいは重電機、コンピューター、材料工学、機械工学、建築工学等、きわめて広い分野の、しかも最高の技術の総合組合せと申しますか、これによって成り立つものであります。したがって、これに要する技術者は、まったく高い専門家であることは絶対に必要であります。多種多様であり、かつまた、多数であります。物理学の理学系から、システム工学、安全工学等、一般の工学系に及び、さらには機械工学から、あるいは現場設計の技術であるとか、あるいはまた、溶接工学等の現在の一般の製作、建設に移ってきまして、これらの範囲を含めました技術、あるいは技術者というものは、非常に広範囲、多数になるのであります。しかも、ただ単にその系統の技術者というだけでなく、やはり原子力を取り扱うためには、原子力の知識というものが、十分専門技術に加えられておることが必要であろうと思うのであります。

こういう、ただ研究、開発だけでなく、これに関連する技術者を、われわれとしては今後開発し、養成しなければならぬと思うのであります。現在原子力に関係しておる技術者、あるいは科学者としては、だいたい8、500人ほどおられるようであります。しかし45年に至るならば、これが12、000人に増加しなければならぬ、という予測になっておるのであります。

さいわいにわが国では、従来ご承知のように、非常に火力発電が盛大になってまいりました。立派な発電所が多数建てられ、かつまた、その発電所は、おそらく現在世界最高のレベルであり、容量も極めて大きくなっておるのであります。

そうして、これに関連する技術者というものは、日本としてはさうとう優秀で、かつ豊富な状況であります。かつまた、ご承知のように、船舶工業というものは、非常に溶接を盛んに使

使うのであります。日本の造船がいま世界一になってゐる、ということは、やはり溶接技術の発達、並びに溶接技術者、並びにこれに要する高級な技能工などという方がさうとう豊富にゐるのであります。もちろん、火力発電の設備の製造に当つても、高級な溶接技術というようなものも培養されておるのであります。

こういう点を考えますならば、いま申しましたように、日本の原子力発電に当つて、われわれが確保すべき、あるいは将来非常にこれを拡大していくべき技術層というものに対しては、現在の日本はさいわいにしてさうとう高度の、しかも強い基盤をもつておるのではないかと考えられるのであります。これは一面、従来研究、開発が遅れておつたという点がありますが、いよいよわれわれが、今後この原子力発電の実際の建設に當つていく際には、きわめて有利な条件になるものと思つておるのであります。

私は日本において原子力の研究、開発に今後とも非常な努力を払わなければならない、これは今後の発展が非常に大きいのでありますから、当然であると思つておるのであります。

しかし、考えますと、日本の民族は頭脳も優秀であり、かつまた、非常に勤勉であり、かつまた、非常に優秀なる技術、技能をもつておるのでありますから、今後もしも政府、並びに民間の原子力開発に対する研究、開発だけでなく、万般にわたつて適切なる施策が採られるならば、われわれは近い将来において、十分遅れは取り返し得るのみならず、非常に日本にとって有利な産業となる、というふうにも考えるのであります。

しかしなんと申しましても、原子力発電設備というものは、さっき申しましたように、非常に安全性を重んじなければならない、安全はなんとしても第一に考えなければならない、という点から考えまして、われわれ関係しておりますメーカーといつても、これは製作に當つても、その他においても、あるいは規格検査等においても、100パーセントの万全を期していかなければならぬと思つておるのであります。そういう意味からも、技術万般、今後さらに研究を強く押し進めていく必要があると考えます。

しかも原子炉というものは、いったん運転を開始するならば、どんな小さい故障であろうとも、これが起きたならば、実質的にそれが重大なものでないといつてみたところで、復旧には非常な時間、あるいはまた、非常な費用がかかるのであります。これは放置できないのでありますから、オーバーホールしてそれに當らなければならないということになれば、非常な損失をこうむるのであります。この例は外国等においても起きておるのであります。私は、安全性とともに、やはり原子炉の信頼性というものに対して、われわれ関係者は非常な重点を置いて



いかなきゃならん、というふうに考えます。

ご承知のように、日本のスチール、これは一般スチールもそうありますが、原子炉等に利用されるスチール、これは世界に冠たる優良なものをもっておるのであります。その他材料方面の工業におきましても、あるいは理論におきましても、世界に劣らないのであります。そういう意味から、今後の日本の原子炉の製造というようなものに対しては、いわば条件が備わっておるんじゃないか、というふうに一面考えられます。

ことにわれわれ製造業者といたしましても、原子炉につきましても、これが日本で取り上げられてきた最初から、そうとうな覚悟をもちまして、また計画も立てまして、研究、開発に当たってきたのであります。これに対しては、いわば身分不相応なぐらいの研究費すらも出してやってきたのであります。しかもそれに応じて、原子力の技術者もそうとう養成してまいったのであります。

ことに現在建設中の、これは諸外国の主要部分の生産、並びに技術によるものでありますが、この発電設備の工事が目下進行しておるのであります。これにわれわれも参加してやっておるということは、やはり技術者がその間において、いろいろの確とした理論、あるいはいろいろの実際の問題について、非常に大きな経験を現在しつつあり、かつまた、したことは事実であると思うのであります。

製造設備、ことに圧力容器等の製造設備にいたしましては、現在日本の各メーカーとしては、非常に新しい設備を加味した設備を設置したのであります。私は、おそらくこれは世界でも最新であり、かつまた、そうとう完全なものであろうと自負するのであります。

さっき申しましたように、いろいろと日本の産業も進歩するのでありますが、この原子力発電こそは、プラントといわず、圧力容器、あるいは他の部品といわず、原子力の機器は将来日本の非常に特長ある製品になるのではないかと、それは現在押し進められつつある火力発電、その他の輸出産業以上に、将来希望がもてるものではないかというふうに感ずるのであります。

日本でも、各電力会社等におかれても、パワーのコストをできるだけ下げようというので、合理化、あるいはまた、いろんな点で努力されておるのであります。原子力におきましてもこれは例外ではないのでありまして、これから発生する電力のコストは、非常に将来てい減しなきゃならん、また順次改良、進歩して、火力発電をりょうがし、将来においては、最も安い発電設備となるぐらいにコストがてい減されるものと予想されておるのであります。

このコストについては、設備の値段というものも大きく関係するのであります。メーカーといたしましても、これをできるだけ合理化して、てい減していき、安い発電設備をつくるというこ

とは、もちろん重大な使命であります。しかし、一面、この原子力発電が、さっき申しましたように、いろいろな安全性というものに対して、まず第一に重点を置かなきゃならんという点からは、一面コストの削減、同時に無理のないように、コストを下げるために欠陥を起こす、というようなことが絶対に起きないように、慎重なる態度が必要と思っております。

そこで私は、従来からの経験からも、日本の今後設置される、開発されていく原子力発電設備というものは、やはり50万キロ、あるいは75万キロ、あるいは100万キロと、いろいろとキャパシティはありましようけれども、できるだけ容量におさましても、あるいはその他においても、電力業界におかれて、できるだけ規格を統一されて、できるだけ各種各様、多種類の製品が生まれないように、いまからひとつご研究願いたい、というのが私の希望であります。

いろいろ問題はあるましようけれども、時間もまいりましたので、これで打ち切りますが、私は、いよいよこれから日本の原子力発電も本格的になってくる。このときにおいてさらに研究、開発がもっともっと盛んに行われ、われわれが従来経験した諸外国に対する遅れを取り戻し、これを日本自体の自主的な技術に一刻も早くなることを、切に希望するのであります。

それには、もちろん民間も十分な努力を払うということは必要であります。どうも従来、政府のこれに対する予算の出し方が遅れるとか、あるいは小規模にすぎたのではないかと思います。

今回2、000億円の予算が出たことは、画期的事実でありますけれども、なんといっても、「ビッグ3のサイエンスの開発」これは現在一般に大きく宣伝されておりますが、その中でも、なんといっても原子力というものは、宇宙開発、あるいは海洋開発も将来重要な問題でありますけれども、私は原子力の開発、実用ということは、もう国家の急務であると思っております。そういう意味で、民間もしかりであります。どうか政府におかれても、こういう点をお考えいただきたいと思っております。「今年の予算に入れられないから、来年」というようなことは、許されないのであります。いろいろな事情はあろうとも、国をあげて、原子力開発ということ、また、これに関するいろんな施策に対する予算というものは、決して遅滞を許さないものであります。強く希望致したいと思っております。

## Ⅱ 国土総合開発と原子力立地

国土総合開発審議会

会長 平 田 敬一郎

本日、第2回原産年次大会で皆様にお話する機会を得ましたこと、たいへん光榮に存じます。

私に与えられました課題は「国土総合開発と原子力立地」ということでございますが、だいたい二つに分けて少しお話してみたいと思います。

その一つは、お手元にお配りしましたプリントで要約を致している分でございますが、一昨年から昨年にかけて、「原子力産業会議」で「立地問題特別委員会」というのを設置されまして、私がおその委員長の役を仰せつかりまして、調査報告をまとめさしていただいた、そのことに関する報告でございます。これはすでに印刷物と致しまして、関係の方々にお配り致しておりますので、このほうは簡潔に申し上げてみたいと思う次第でございます。ただ、これは、いままでとちよと違った調査の仕方と申しますか、ができたのではないかと考えております。

と申しますのは、原子力の問題が、実は非常に幅広い問題になってまいりまして、単に狭い意味での原子力の問題としてだけでは、なかなか解決できなくなってきた。問題の正しい解決あるいは打開ができなくなっている。そういうことに関連しまして、原子力の関係の人々だけじゃなくて、そのほかの分野の人々、科学におきまして、たとえば水産業とか、その他あるいは地域社会の問題と関連しまして、自治体とか、あるいはそういう方面の学者の人々、こういう人々にそれぞれ専門の立場から検討してもらいますと同時に、横にぶっつけまして、総合的な一つの考え方なり、結論を出すことが出来たという意味で、一つの意味がいままでに比べて大きかったんじゃないか、と私自体考えておる次第でございます。

最近、インター・ディシプリナリとかいうんで、アメリカではもっぱらそういうアプローチの仕方が流行しているようでございまして、さらにこういうやり方をほんとに専門的に発展させますと、いわゆるシステム分析とかいう、たいへん高度のやはりアプローチの仕方が発展しているようでございます。この報告はそこまでは至っておりませんですけども、とかくそういう意味におきまして、ご注目いただければしあわせと思う次第でございます。

それはさておきまして、本日の話に移らしていただきたいと思ひます。私から申し上げるまでもなく、原子力開発の問題は、今後末広がりになり重大問題になるということは、皆さんご存知のところ、私どものような、どっちかと申しますと局外者が、そういうことにつきまして、大分理解を得てきたという意味において、今日意味が出てきているんじゃないか、と思う次第

でございます。とくに「エネルギーの中の原子力」という問題について、私も多年関心をもってまいったわけでございますけれども、このレジメも簡単に記載してありますように、昭和60年度におきましては、政府の一応の計画では、3,000万から4,000万キロワットの原子力の発電による電力の供給が行われる、ということになっていることは、ご承知のとおりですが、とくにその際に注目すべきことは、そのときにおける電力の供給の構造でございます。まして、おそらくこれから10年後になりますと、新規の発電施設の過半と申しますか、5割から6割ぐらいは、原子力発電所になる、そのことに注目すべきではないか、ということ、とくに指摘しておきたいと思っております。着工ペースでいきますと、新しい発電所の建設というのは、やがて原子力の発電所というのが、非常に大きな部分を占めてくる、ということでございます。そういう意味におきまして、原子力の問題が、実際問題としましては、一定時点の電力の供給構造の数字が示す以上に、その前から、きわめて重要な問題として、いろいろな問題が出てくるということ、強く指摘しておきたいと思う次第でございます。

それとともに、先ほどもちょっと申し上げましたが、原子力ブローの問題としてだけでは、なかなか解決できないいろいろな問題がますます出てくるのではないかと存じます。

そういった点につきまして、他の産業との、「報告」では“共存共栄”、といった、少し出過ぎた言葉を使っておりますけれども、精神的には非常に重視しているわけでございます。そういう問題を、ますますわれわれは重視して考えていかななくてはならないと考えます。

それから“当該地域社会との融合”と申しますか、そういう点につきましても、ますます重要な問題になってくるので、そういう点をどううまく打開していくか、ということが、間接的なようでございますが、原子力の今後の開発を進めるにおきまして、非常に重要な問題になるのではないかと考えます。そういう意味で、実はさっき申しましたように、委員会で検討しました主なる事点をやや具体的にちよと最初に申し上げてみたいと思っております。

いろいろでございますけれども、一般の産業立地の場合と、原子力施設の立地の場合と、違う点がいくつかあるようでございます。

その一つは、将来技術開発が進められますと、また若干違った要素が出てくるかもしれませんが、原子力施設の多くの部分が、日本の地域社会の中では、どっちかと申しますと、後進的な地域ですか、そういう地域に設置されるのが多くなるでありましょう。いまはどっちかと申しますと、過疎地帯というような言葉が流行しておりますが、そういうような地域に、巨大な原子力施設ができあがると、こういうことになるわけでございます。それだけに、その地域社会に及ぼす影響というのは、いろんな意味において、きわめて強烈なものがあります。施設

ができるために道路がよくなるとか、雇用がふえるとか、あるいは財政収入がふえるとかということがある反面、遅れた地域でございますので、そういうことの社会に及ぼすインパクトは、たいへんなものになりかねないので、それをどううまくやっていくかということが、大問題になるかと思えます。

また、ごく狭い地域を考えてみますと、その地域の行政能力とか、財政能力とかということに関連して、とび離れたものになります関係上、なかなか調節なり、調和をうまくどう図っていくか、問題がたくさんあるようでございます。その具体的な解決の方途を、私ども大分追及致しましたわけでございますが、今後やはり解決すべきたくさん問題があるように見受けま

す。それから、ご承知のとおり、第2番目としましては、これは多くの産業施設もそうでございますが、とくに海岸に立地するというはっきりした特徴があるようでございまして、そこで、水産業との関係が、ご承知のとおりたいへん問題になります。これはひとり原子力だけの問題でございせんけれども、いわゆる放射能との関連において、心理的、あるいは場合によっては実質的ないろんな問題を巻き起こしてくる、これをどううまく解決するかが、きわめて大きな問題でございまして、そのために、「報告」にはいろんな具体的な提案を致しております。その中で、とくに具体的なものとしまして、重視したい点は、水産食品につきまして「放射能基準」というのを、とにかくやはり設定してみたらどうだろうかということでございます。そういうのができますと、いわゆる“安全性の限界”が、明らかになりまして、余計な心配なり、余計な心理的なマイナスを起すことといたしたようなことは少なくて済むことになるのではないのでしょうか。これは専門家に聞いてみますと、むずかしいところもあるようですけれども、国際的にも大分進んでいるようでございますので、そういう基準を是非設けたらどうだろうか、と考えるのですが、「放射線審議会」で、すでに進行中でございまして、私どもたいへんいい方向に向っているとっております。

ただ、実際問題としまして、どうもこの問題に関しましては、日本が、とくに水産業が、不測の損害を受けたといったような、過去の事実があるために、実際においてなかなか真実を理解してもらおうということに困難があるようです。しかし、私どもはあくまでも科学的な態度で、冷静に事柄に対処していくということが、非常に大事でありまして、「報告」を作成する際におきましても、とくに水産界におきまします最高の専門家といったような人々も参加してもらいまして、それで結論を下したことをご注目願いたいと思えます。なお、水産業界も、最初は率直にいたしまして、やや警戒的でございますたが、最後はやはり委員会に参加されまして、実

態の真相を進んでわきまえようという態度に出てまいられたことは、いままでと比べて、そのこと自体、私はそうとりの進歩と言えるのではないかと思いますし、将来の問題に対しても、そういう期待をもっておる次第でございます。

そういう次第でございますので、原子力の問題は、わかったようで、現実問題としては、なかなか国民に真実を理解してもらおうということができておりません。これは、日本の特殊な歴史的経験が、左様なことにしておるわけでございますが、いろんな要素がからみ合っておりまして、簡単な問題ではございません。それだけに、この問題については、私もあの会合でいったんですが、ただ「けしからん」といってみても解決にならないので、お互いに、非常な広範囲にわたる努力の積み上げが必要じゃないかと痛感したわけでございます。

いわゆるよくいわれるようなPRがもちろん必要でございますが、そのほか、たとえばモニター制度なんかにつきましても、これは私の個人的な感想ですが、どうも中央だけのモニター・システムだけでは、なかなかすぐ信用されない。これは非常に残念なことですけれども、場合によっては、地域社会に責任をもつようなところでも、一種のモニター・システムをもちまして、ダブル・チェック・システムでいきますならば、責任がはっきりしないといったような、いろんな問題もあるようですけれども、一かえって、こういう問題に対して、必要以上の疑惑をチェックする意味におきまして、有効なことではないだろうか、問題があつて起こつて、いろんな費用を使うよりも、事前にそういうところに金を使ってきちつとした後がかえつていいのではないかという感想をもったことを、ここに付け加えまして申し上げておきたいと思つております。

それで、さっき申しました共存共栄の方法につきましても、具体的にいろんな問題を追及したわけでございますが、たとえば、魚の問題にしましても、単に魚に害を与えないということだけでなく、原子力施設に関連しまして、温水の利用とか、あるいは放射能の積極的利用といったことにうまく結び付けまして、魚族の積極的な増殖をはかったらどうか。日本の水産業にとりまして、漁業資源の保存だけでなく、それをどう積極的に殖していくかということが、今後の大問題でございますし、そういうこととよく結び付けまして、むしろ積極的な打開を図っていくということになれば、非常にいい結果をきたすんじゃないか、と思つております。すでにそういう方面につきまして、研究を始めておられるところがあるようでございます。政府はまだ十分理解していないようですが、もっとそういう方面に、政府も思い切って金を出すところは出しまして、民間と一緒に、ことに水産業界と一緒に、そういう問題の打開を図るということになれば、実際問題としまして、トラブルが起きております日本の現在のいろ

んな問題を、積極的な意味で解決するのにそうとう役立つのではないだろうか、とこういうことを指摘したわけでございます。

なお、次に、P R の問題に関連して、政府の行政システムの中でも、どうもやはり中央と地方との連絡ということが十分でないことを、幾多の事実で発見したわけでございます。これはなかなかそれぞれ地方で立場がありますし、中央は中央で原子力という特殊な行政でございますので、事情があるかと思いますが、もう少し、制度上、あるいは実際の運営上、工夫されて、連絡をうまくやりますと、これをた先ほど申し上げました、いろんな誤解、あるいはいろんな特殊な勢力による妨害といったようなことを、うまく排除できるようなことになる場合がそうとう多いのではないかと思います。連絡が不十分なために、情報が一統一になりまして、その結果、余計に混乱を起こしているという例がたくさんどうもあったようでございまして、そういう点も強く指摘したところでございます。そういう点につきましては、いずれにしても「報告」にとりまとめおきましたので、それに詳細なことは譲ることに致します。

次にもう一つの見地、つまりどちらかと申しますと、こんどは「国土総合開発」という、そのサイドから見た「原子力の立地の問題」ということにつきまして、少し触れてみたいと思います。

この問題は、率直に言って、いま内閣の審議会の会長を引き受けまして、去年の春以来、経済企画庁を中心に、委員会の委員の方に、たいへんご勉強、ご検討を願っておりまして、まだ結論が出るという段階にまで至っておりません。だいたいこの3月いっぱいぐらいに骨格だけはまとめまして、うまく実行できるような方向にもっていくように進めたい、というふうに考えておる次第でございまして、そのことと原子力の立地の問題を少し考えてみたいと思います。これは、私のそうとう個人的な印象と申しますか、感想が入っておりますことを前提として、お断わりしておきたいと思う次第でございまして。

そこで、こんどは、国土総合開発のほうのサイドの基本的な考え方のほうから最初に申し上げまして、原子力立地との結びつきはどうなるか、という角度から考えてみたいと思います。

ご承知のとおり、最近の状況というのは、国土の総合的利用という点からいきますと、実は一部の地域にたいへんを集中が行われております。逆に全国そうとう広い地域に、人口の減少とか、過疎とかいったような問題を発生しております。従来そういう問題を解決する際に、どうも局地的に問題をとらえまして解決する、過密地帯の東京なら東京だけをどうするかということで、一生懸命やっていたわけです。それから、過疎地帯は過疎地帯としまして、その地域をどうするかというふうに、どちらかと申しますと、部分的、局地的に問題をとらえまして、

いろんな解決を図るということによってやってきたわけですが、どうもこのような方向ではいい解決が出来ないのではないかと、こゝでは、考え方を大分飛躍して考えてみようというわけです。そこで、20年ぐらいの間を考えて、20年間にどういった、いったい進歩や変化が行われるだろうか、20年後ぐらいにはいったいどういう姿が描き得るだろうかという、そうとうそういうアプローチの仕方自体をいままでと変えまして、いろんなことをいま検討しているわけですが。

このこと事体、短時間でお話するのはとりにくいかもしれませんが、原子力立地との関連において、重要と思われる点だけを、最初に申し上げておきたいと思っております。

一つの事実としまして、いかに日本が最近ある地点に進中したかということをお知らせすると、ご承知のとおり、日本の市街地というのは、一人間が密集して住んでいる地域でございますね。これは、日本の国土3、700万ヘクタールに対して、その1.2%ぐらいにしかすぎない46万ヘクタールですが、この地域に実は人口の半分近く住んでいるわけです。しかもとくに東京、大阪、名古屋、これを中心とします50キロ圏ということで考えてみますと、これはいろいろデータがございますが、一例だけ申し上げますと、昭和35年から40年までの5カ年間に、全国の市街地の人口増加の75%が実はこの三地域で増加した、とこういうことになっておるわけですが。

これは、過度集中の一例にしかすぎませんが、こういう状態を長く続けていきますと、東京の問題はいくら解決しようと思っても、東京自体では解決しきれない。それから、過疎の問題というものも、いくら過疎地帯にいろんな施設をつくってみても、これはなかなかそれだけで解決はいくものではない。そこを何とかうまく解決する方向はないものだろうか、ということが、一つの問題の起こりになっておるわけですが。結局在10年とか、20年とかというぐらいの長い見地でものごとを考えますと、いろいろの方法がある。

その中で、とくに今回重視している点は、技術革新のすばらしい発展と、それから日本の経済力が大分充実してきて、この両者は裏腹だと思っておりますが、交通、通信の手段について、従来に比べて、画期的なことができるような状態になりつつある。そこに着眼しまして、要するに“人と物と情報”ですね、これの全国的な流通のネットワークのシステムを、全国的にうまく計画的に作り上げることによりまして、細長い日本を、非常に全体としまして、人間の活動が有機的に、高率的に行い得るような、一つのシステムを作り上げることができないか、とこう考え方でございます。

もちろん、交通の施設としましては、空の交通というのは、これはもちろん国際的に考え、さらに国内的に二段階



えて考えまして、国内に空路を張り巡らしますと、皆様方のような忙しい人にとっては、全国重要な地点は1日で仕事ができるような地域になる。それから地上施設としましては、高速道路、これはすでにある計画を、うまく実行に移すということで、だいたいできそうですが、これも全国的に張り巡らす。それから、高速鉄道、これは東海道新幹線が示しておりますが、どの程度のネットワークにするか、若干議論がまだ残っておりますが、これを張り巡らしますと、これまた非常に中距離の輸送にとって、いままでに比べまして、時間からいいますと、3分の1とか、5分の1とかというふうに、短縮することが可能なことがたくさんあるわけです。それから、海運ももちろん近代化されていくでございましょうし、そういう交通のシステムを高速化する、そういうシステムをよく考えまして、全国的にうまく張り巡らすことによりまして、国土の有効活用ということに、大きな前進ができないだろうか、いうふうに考えております。

それから、もちろん、通信とコンピューターです。この二つが結びついた、全国的な、“情報ネットワーク・システム”をつくりあげる。これはおそらくいちばんあとの問題になるかと思えますけれども、そういうことをやりますと、いままでになかったような、新しい、高率的な国土利用の再編成ができるのではないだろうか。結局、俗な言葉でいいますと、私こういう表現でいってるんですが、狭い日本をいま狭く使っているのを、できるだけ広く使うようにしたらどうだろうか。

しかも、各地域はそれぞれ特性をもっていますから、各地域の特性をできるだけ生かしまして、全国的にそれぞれ均衡のとれた発展を圖っていく、とこういったような考え方で、国土の総合開発というのができないものだろうか、というふうに、基本的な考え方を採っているわけでございます。いままでは、なかなかそういうことをいいまして、実現することはむずかしかったんですが、G.N.P.が世界第3位になったということは、今後、いろいろなかたちで、可能性ということを計算してみますと、率直に言いますと、いままでできなかったようなことは、そんなに無理なく実現できるようなことに続々となってきたようでありまして、そこに目をつけまして、いろんな巨大な計画もうまく実行に移すようにしたらどうだろうか。こういう基本的な考え方で、いろんなプランをつくっているわけでございます。

その中で、二、三申し上げておきたいと思いますが、とくにそういうようなことをうまく実現するために、“大規模開発のプロジェクト”の考え方を打ち出しています。研究開発につきましても、大規模プロジェクトがいろいろ進められておりますことは、当然のなりゆきと思えますが、国土の開発につきましても、大規模のプロジェクトとしまして、いくつかのプロジェクトの категорияに分けて取り上げまして、それを思い切って重点的に実行に移していく。

こういう考え方をとってみたらどうだろうか。

一つは、さっきいいましたように、要するに、交通と情報の全国的なネットワークのシステムを大規模プロジェクトとしてうまく実行に移していく。

それからもう一つは、工業とか、農業とか、観光とかといったようなことにつきまして、交通、通信のネットワーク・システムの形成と関連連しながら、大規模なプロジェクトを取り上げて、うまく実行に移していくことにしたらどうだろうか。

それからもちろん、やはりこうなってきましたと、人間性をどううまく維持、保存していくかということが、大事な問題になってくるわけで、自然保護とか、文化財の保護とかいったようなことを兼ねまして、リクリエーション的な施設をどううまくつくっていくか、といったような問題に関連したプロジェクトですね。もちろん大都市におきましてはニュー・タウンの建設とか、あるいは住宅の問題とか、交通の問題とかというものを総合的に取り上げた一つの開発計画を作っていくといったような、いくつかのカテゴリーに分けて、実行をしていくということに致しておるわけです。その中で、原子力と関係があると思いますので、工業の立地についてだけ触れてみたいと思います。

いろんな角度から検討してみました結果、今後の工業は二つの面において発展する。一つは、従来のような、例のいわゆる“コンビナート産業”といわれたようなものが、ますます巨大化するということはやはり考えていかなくちゃならん。

と同時に、しかしもう一つは“加工型産業”といっておりますが、非常に高度の知識と技術とが結びついた、加工度の高い産業、これは全国そうとうな地域に分散可能ではないかとみております。

超ヘビーの工業の立地点としましては、率直に言って、もう既存の工業地帯ではなかなか間に合わない。いろいろ調査、検討致しておりますが、だいたいのところからいきますと、西のほうに一つか二つ、北の方に二つぐらい、いままでの工業地帯よりもさらにスケールの大きい、大規模な工業基地を建設しなければ、今後10年に2倍ないし2倍半になり、20年後には4倍ないし5倍になるといったような、日本の工業の生産を入れる余地がいままでのところでは少くともない。思い切って、そういうところに新しい基地を建設しまして、それで国際的にも非常に力の強い、産業がうまく発展するような方向にもっていくのがいいんじゃないか。それを一つの大きなねらいに致しております。

原子力の問題は、いろいろミクロ的に調べてみますと、どうも日本列島の中央部には、いままでの原子力立地に関する技術の発展の度合からしますと、率直に言って、適地が少ない。

ごく大まかに申しますと、東と北のほうにもっとも多くて、西にもそうとうある。これは、「報告」の中にもいろいろなミクロ的な調査を致しておりますが、そういったような結果になっておりまして、これと、さっきいいました大規模工業基地との関係が、何と申しますか、そうとううまくくっつけることができるんじゃないだろうかと思います。

おそらく原子力の施設も、本大会でもたびたびご指摘になったと思いますが、巨大化することによりまして、経済性を獲得しているというのが現状でございますし、もちろん将来、さらにいま進めておられます高速増殖炉等の技術が開発されますと、また違った、いろいろな面白い考え方が出てき得るんじゃないかと思っておりますけれども、

いままでのやり方による原子力施設というのは、結局巨大化によりまして経済性を取得することになると思います。先般まとめられました今後の10年計画によりまして後半期になりますと、110万キロ程度の計画が十以上顔を出しており、その程度のものがおそらく一カ所に3機ないし4機、あるいは場合によっちゃ5機ぐらいまとめてつくりますと、ここに巨大な原子力の発電基地というのができてくる。そうしますと、いろいろいままでアメリカでいわれ、さらに日本でも研究されておりますような、原子力コンビナートといったような考え方にまでだんだん発展できる可能性があるんじゃないかと考えます。専門的に検討しているわけでもございませんので、問題として指摘し得るに止まりますが、そういったようなことも可能性として考えられますし、一方、超高压線、これもすでに50万キロのものをつくる計画が検討され、進められておりますが、これをうまく合理的に全国的に張り巡らすことになると、原子力の立地問題が、また大きく全国的な意味において展開することができ得るのではないのでしょうか。

いままで、電力会社が広域運営という考え方で、このような必要に、きわめて適切に対処してこられたことに対しまして、深く敬意を表しているわけでございますが、全国的な見地から、そういう考え方をさらに前進されまして、国土総合開発という見地からも考えた日本の原子力発電の、あるいはこれはもちろんその他の発電設備との関連も有機的にくっつくと思いますが、合理的な配置、あるいは流通のシステムができ上がるということになりますと、全国国土総合開発という見地からも望ましい結果になるのではないのでしょうか。いま具体的なプランをもっているわけではございませんので、あまり立入ったことは申し上げますのは差し控えたいと思いますが、本会議でもおそらく議題になるかと思っておりますが、ビッグ・サイエンスとか、ビッグ・ビジネスのやはり原子力産業というのはもっとも典型的な一つだろうということを、私は確信して疑いません。

率直に申し上げまして、アメリカに比べ、あるいはヨーロッパのある国に対しましても、原子力の開発という面で遅れていることは事実として認めざるを得ません。しかしここ2、3年来、たいへんな勢いで各方面で取り組んでおられる状況を見ますと、私も必ずやこれは、日本の風土に合った、あるいはある意味においては日本に非常に適した形で、今後そのような速度で発展を遂げられまして、世界でも注目の的になるような産業になり得るのではないかというふうに予測もし、期待も致しているわけでございます。

私は3年ほど前ですけれども、電力の燃料源による比較検討をしてみたんですが、第一に大規模化することによって、重油専焼の火力に比べて、原子力発電のコストはいずれ安くなり得る。

それから、いわゆる安定供給ですが、国際情勢の変化に対応して、安定的に電力を供給するという、その面での安定性、これも油に比べてはるかに原子力のほうが勝っている。

それからさらにもう一つ、最近の問題、いわゆる公害問題に関連しまして、原子力の発電というのは、もともと危険だということで、最初からきわめて安全性を重視して設計し、配置し、それに非常な力を入れておられる関係上、重油の発電所よりも、かえって公害問題としましては、逆に原子力発電のほうが安全性が高いという評価を与え得るんじゃないか。2、3年前、大分検討した結果、その三つの結論を得たことをいま思い出すわけでございます。

その後、油の公害問題はいよいよ発展しまして、今日ではえらう問題を巻き起こし、これはこれとしてももちろん対策が講じられまして、私もいい方向にいくことを確信致しますが、しかし、原子力発電がうまくいきますと、いま申しました三つの見地から致しまして、産業的にも社会的にも、あるいは、いわゆる政治的にもいいかもしれないかもしれませんが、比較的いいエネルギーの供給構造をもつようなことになり得るんじゃないかと思っております。

日本は、たいへんな高密度な社会、それだけに、いろんな問題がいろんなところで相関連してきますので、どうかひとつ、原子力に直接関係しておられる方々も、幅広い視野と角度を常にお考えになりまして、原子力の発展を圖ると同時に、日本の国土全体の発展にも寄与するといったようなことで、ますます発展されますことを心から期待いたしまして、まことに雑ばくな話で恐縮でございまして、本日の講演を終わらせていただきたいと思います。

### Ⅲ 放射線化学の発展と国際協力

日本原子力研究所

理事長 宗 像 英 二

私、宗像でございます。「放射線化学の発展と国際協力」という題目で、ここに皆さんに私が考えておりますことと、現状をご紹介しますことができますことは大へん光栄でございます。

放射線化学と申しますのは、重重ご承知かと思いますが、原子力の応用の分野の一分野でありまして、日本では今、民間でもずいぶん熱心に放射線化学の開発をしておいでになる方々がおいでになり、それから学会でも研究をしておいでになる先生方がおいでになりますが、そういう皆さんと、日本原子力研究所が仲立ちとなつて、協力をして研究・開発をし、だんだん具体化しようとしているわけでございます。また国際協力ということについて述べるようにというお話しであります、これもまだそう皆さんに大きな顔をして申しあげることにはなつておりませんが、しかしこれからご説明申しあげますように、日本原子力研究所がお世話をしながら各界や民間の成果をもとにしまして国際協力の研究・開発をしているものでございますので、そういうことについてふれることにいたします。

放射線化学の基礎化学的な領域の研究は、今世紀の初めにまず欧州で、たとえばキューリー夫人などを中心にした放射能を初めて化学的な方法で気がついたというときに、放射線化学がそこで生まれておりました。そのあと欧州でも研究する人がありましたが、アメリカで、たとえば天然の放射線物質の出す放射能を使いまして、今の俗に言う石油化学の初期のようなこと、たとえばメタンに放射線をあててそれがどういうふうになるか、そういうことを調べたりするよう、たとえばアメリカのランプというような人、そういうふうな人達が研究をしたことがございます。これはみんな第一次大戦以前の話、あるいは第一次大戦前後の話であります。その頃日本ではこつちの方面に対して関心を持つことがほとんどありませんでした。第二次大戦の後に放射線源が割合にやさしく入手できるようになりまして、それで研究が盛んになるようになったわけでありまして、すなわち、人工的なアイソトープ、あるいは放射線を作る機械、そういうものが割合にやさしく手に入るようになったからであります。

今から20年ぐらい前に、たとえばイギリスのチャールスビーが一連の架橋の研究をしたりするようなことがありまして、放射線を化学的な反応に応用することの可能性が言われるようになりました。で、その一連の架橋、チャールスビーの研究などに刺激されて、日本でも放射線を化学的な応用に使おうという気運が急におこつてまいつたわけでありまして、わが国では化

学繊維や合成繊維の研究およびその技術的な展開がその頃盛んでありましたので、いわゆる合成化学・高分子化学の研究者の中に放射線化学への関心が強くあらわれて、まずそういう人達がこれを推進することを主張されまして、今日座長をお願いしている田代会長も乗り出してくださつて、日本では日本放射線高分子研究協会というのが今からちようど14年ぐらい前に生まれたのであります。その協会に大阪研究所と東京研究所ができて、そこで放射線化学の、殊に高分子化学に関係した研究が学会の方々、それから民間の熱心家が集まつて研究をしはじめたのが形となつてあらわれた初期のものであります。その後さらに研究開発の規模を大きくすることが必要であるということが関係者から言われまして、今からちようど7年位前に日本原子力研究所に放射線化学の研究を担当する高崎研究所ができて、その後、その高崎研究所は主として前にも申しました日本放射線高分子協会の東京研究所にあつた力を引き受けて大きくなつていつたわけではありますが、その後大阪研究所の方も日本原子力研究所が引き受けまして、今、日本原子力研究所の大阪研究所として放射線化学の研究をしているようなわけでございます。そして日本の学官民の人達が協力して放射線化学の研究を進めている状況でございます。日本には割に放射線化学の研究者は多いのでございまして、そういう人達が寄り集まりまして、昭和40年の11月には日本放射線化学会ができて、今まだ会議はそう多くありませんけれども、三百何十名かの人達でそういう学会を営むようにしておりますが、しかし、この例は外国ではまだこれほどの力はないと思います。非常に限られた分野であります、しかしとにかく熱心に精進している実情でございます。

日本の放射線化学はその成り立ちの関係で高分子に関する放射線化学が多くて、しかもその応用の開発をめざしているのが特徴でございます。基礎研究ももちろん勉強として、研究者がしておりますが、しかしそれで得た力を使つて応用の面の開発をするようにしております。日本の放射線化学を指導する立場に私もありましたので、やはり日本で特色のあるものを作ることが必要だと思ひまして、その道は放射線化学工学を中心にして進めるのがさしあたつていいのではないかしら、と考へて、そういうふうな道を歩いております。

実は、昨年もアメリカで世界中のこれに関心を持つ人達が集まつてディスカッションをしました時に、何となしに研究はできているんだけれど、どうもなかなか応用の面にとび出せない、というようなことを言う人が多数おられました、これはやはりその心構えの問題だと私は思います。研究がどんどん出来て成果があがつたからといつて自然にそれが応用に導かれていくものではない。やつぱり思いきつて応用に飛び出していく技術の研究をしなければ、なかなか応用の花は咲かないんじゃないかしら、ということが私の見解でございます。

すでに日本で、2,3の企業で放射線処理によつて高分子材料の改質を行なつて、その製品を市販してもおります。それから、これから商品を作つていこうとして努力をしておられるところもいくつかございます。それから放射線の照射によつて特殊な製品を作つて、それをもうすでに販売している業者もございます。これは規模はあまり大きくありませんけれども、たとえば高崎の研究所の構内にあります高崎研究所の設備を休んでいる時だけ借りて使つて仕事をしている放射線照射振興協会があります。これは土曜と日曜だけ、先程食事の時に大来さんが、日本は外国が休んでいるとき働いて不公平な competition をやつていられると言われましたが、これは土曜と日曜だけしか働かない。設備がないものですから、休んでいる設備を使つてやつています。そういうある意味の仕事をしているものがございます。それから近く仕事を始める日本アイソトープ照射同業組合、これは栃木県にできますが、そういうようなものもできまして、少し特殊な放射線化学であります。そういうようなものを専門にする業者も今できようとしております。研究開発の手数のかかるものは高崎研究所が中心になりまして学官民の協力のもとに研究開発が進められておりまして、たとえばエチレンの放射線重合とか、あるいは、トリオキサンとか、テトラオキサンのようなものを放射線重合してこれをキシメチレンの特殊な性能をもつたすぐれたプラスチック材料を作るとか、あるいは繊維や塩化ビニール樹脂に放射線グラフト重合による改質、そういうようなものが取り上げられておりまして、これはいずれも放射線化学工学的な開発研究と組み合わせられて進められております。それらの中には既に数十キロ、あるいは数百キロ程度の試作品を作つて、マーケット・リサーチあるいは市場の開拓をするという状態になつていられるものもあります。それらはそのアイデアがたとえば大学の先生であるとか、あるいは民間の会社の研究者から出まして、それを高崎研究所の開発試験場で育てあげている状況でございます。そのうちにそれらが大きく育ちまして実際に生産に進んでいくようにと今願つております。

その他に高崎研究所で生まれたものや、あるいは高崎研究所にみえている大学の先生方の creation がもとになつて研究を進めておりやがては次の開発研究になるようなものもやっております。たとえば気体のアイソトープを使つて放射線化学を営む。この気体は将来原子力発電が盛んになりますと再処理をする時にたくさん出てくる廃棄物に気体のアイソトープがあるわけでございますが、そういうものを利用しますことだとか、あるいは原子炉の中に特殊なループを組んで、その原子炉の中で放射線化学をさせる。この原子炉の中での放射線化学の研究は、アメリカでもちよつとやり始めておりましたが、今のところちよつとスロー・ダウンしております。日本の方はまたアメリカと考え方を違えて、今新しい設備を大仕掛に作りましてこ

れから試験を行なおうとしております。

結局、今まで日本で多くやつておりました高分子の放射線化学というのは、原料のもつているエネルギーの水準が製品のもつているエネルギーの水準よりも高い、ですから原料をちよつと刺激してやりますと発熱反応でころころと転がるようにして、坂を転がり下りるようにして製品になる、というふうなものでした。ですからあんまりエネルギーをたくさんやらなくても製品ができる、そういうような分野の放射線化学、たとえば言えば触媒反応のようなものですね。しかし化学反応には、原料がエネルギーの水準が低くて製品がエネルギーの水準が高いものがある。これはもちあげていかなければならない。これはたくさんエネルギーを供給しないときできないわけですが、そういうような化学反応を原子炉の中で反応させるように仕組むことは非常に面白いことだと思っております。まだあまりこの分野については関心もたれておりませんので、ぜひ長い目で見て、10年あるいはそれより先の時代に、こういう道の放射線化学をぜひ日本でもおこしたらいいと思ひまして、今それを研究し始めようとしているわけでありませう。こういう研究は、先程も申しましたように外国でもやつておりませんので、ぜひ日本で独自のものを作るといふことをしたいと思つております。

すなわち、研究が高分子化学の分野から出発して、低分子化学といひますか、とにかく広い範囲の化学の分野に広がろうとしております。研究者の方々によく申し上げているのですが、ここでちよつと専門的な言葉を使ひますけれど、化学 chemistry の連中は、chemistry に限りませんが、かつて熱のエネルギーが形を変えていろいろな効果を表わすのに、その分野の研究をする学問として熱力学ができていた、その後電磁気学というのが出来て、電気、磁気の関係のエネルギーの変換の様子を説明するといひますか、総合する学問が出来ましたが、それに見習つて、今度は放射能力学といひますか、放射線感応学といひますか、そういうような学問をこれから作るような思ひきつた少し野心的なイマジネーションに基づく学問を作りあげるような研究をしようじやありませんか、といふことを呼びかけておりますが、きつと若い人達が勉強して、ここ数年、あるいは10数年後に、日本に立派なそういう学問・化学が出来ていくんじゃないかと期待しております。

それから次に、国際協力のことについて少し触れることにいたします。放射線化学の領域におきます日本の特徴ある研究の進み方は、当然海外にも反映しましたので、高崎研究所を尋ねてくる海外の研究者はだんだん多くなつて来ております。そして関係者の中に自然と研究の国際協力の話が生まれてまいりました。まず一番先に生まれたのが日仏研究協力の話でありまして、日本原子力研究所とフランス原子力庁の間で放射線化学の研究協力の協定が出来まして、



その後毎年、日本の東京（あるいは京都でもやりましたが）と、それからフランスのパリで交互に連絡会議をして研究協力をしております。昨年初秋に東京で第5回の連絡会議を開きましたので、今年はパリで第6回の連絡会議をするはずであります。フランスの人達が1970年はEXPO70ですからぜひ日本で連絡会議でなしの少し大仕掛のディスカッション・ミーティングをしようじゃないかというようなことも言っておりますのでどうなりますか。日米研究協力についても数年前から両国の関係者で研究協力の話が進められておりまして、一昨年5月にはハワイに相方から約20人づつ関係者が集まって賑やかに放射線化学討論会を致しました。また高崎研究所とブルックヘブンの研究所の間で放射線化学の分野の研究協力協定が生まれまして、一昨年高崎で予備会談を致しましたが、昨年の秋にはブルックヘブンの研究所で第1回研究検討会議を開きました。今年は第2回を高崎で開く予定でございます。この両方の研究協力の時に当たりまして、お互いに了解しているのは、お互いに研究題目を別々にしてそしてお互いに話し合つて研究の無駄を防ごうじゃないかということです。たとえば先程ちよつと触れました原子炉の中でやります放射線化学で申しますと、日本は低温の部分を作る代りにアメリカは高温の部分を作るというふうです。あるいはフランスとの場合も、むこうは、日本ではこういう分野をやつてフランスではこういう分野を作るというようなことを言っている訳であります。日仏研究協力の場合には、たとえば日本の人がフランスに行つて研究開発をして新しい成果を上げて特許権を取つたというような時には、その特許権のフランス特許はたとえ日本人がむこうへ行つて発明してもフランスにあげる。しかしその日本出願は日本のものにする。そして日仏以外の国のものは共有にするという約束をしております。日米研究協力の方はこれはちよつとその話と違ひまして、特許権が取れるようなところはお互いに自分自分で取つて、そしてその後をお互いに利用するようにしようじゃないかというようになっております。そういう点で少し違ひますが、それは両方ともやはりそれぞれの立場がありますのでそういうふうになっております。ですから両方とも、殊に日仏研究協力は、全く両方とも対等の立場でやつており、日米研究協力の方も昨年の秋の様子では、たとえばブルックヘブンの研究所でブルックヘブンの研究所の人と日本原子力研究所の人が一緒に研究しておりました。日本原子力研究所の人といひましても、大学の先生も、日本原子力研究所に関係を持つて下さつてゐる派遣研究員、研究嘱託になつておられる大学の先生方も中に入つておられましたし、高崎研究所に派遣研究員になつて来ている民間の人と一緒にきましたが、むこうもUSスタイルであるとか、ダウケミカルであるとか、ユニオンカーバイトであるとか、そういうようなところの、またその他の数社の技師がオブザーバーになつてやつて来ておりまして、殊に高

崎研究所でやりました粉末ポリエチレンの用途開拓の研究をむこうでしませんかということと呼びかけたことについて、その様子を知らうと思つて会場に詰めかけているというような状況でありまして非常に研究の国際協力は進んでいるものと私は思います。日仏・日米の研究に関する国際協力は今後ますます緊密さを加えていくものと私は思います。

今も申しましたように、研究協力の会議にオブザーバーとしてそれぞれの国の業界の人達が参加しております。でありますから、研究の成果が応用される方に進んでいけば、きつと企業界の人達がそれを応用して実用に役立てて下さることと期待しております。さらにそれ以外の国々でも放射線化学に関心を持つているところがありまして、その研究者が高崎研究所に訪ねてくるものもありますし、それからまたそれらの国々の特徴を持つているところもありますので、日本の研究者もそこを訪ねてお互いに啓蒙し合い、また研究の刺激をし合つている状況でございます。

高崎研究所、日本原子力研究所には今年から食品照射のセンターの役目を果たすような使命が与えられましたが、これは高崎に食品照射センターをこれから作つていくということを意味するんであります。食品照射というのはある特殊な放射線化学の分野でありまして、放射線生物化学の応用の分野だと私は解釈しておりますが、そういう分野がこれからだんだん発展しまして日本の国の中で食物の殺菌保存というようなことがかなり技術的に進んでまいりまして、またその頃になつてその出来たものに対するいろいろな衛生上の安全の意味の保証が出来るようになりますと、そういう道はにわかには盛んになつていくと思ひます。そういう仕事をやります事については、特に東南アジアの研究者の人達は非常に関心を持つて我々のところに打診に参ります。結局これも食事の時に大来さんのお話の中にもありましたように、たとえば韓国で野菜を作つて日本に送つたらいいとか、あるいは南洋で生の果物を作つて消毒して日本に送つたらいいとか、というような時の放射線殺菌、貯蔵というのはきつと非常に面白くそこに応用されるというようなことがあると思ひます。台湾の研究者は台湾のバナナを腐らないようにして日本に持つて来れるようになつたら、自分の方はずいぶんなメリットがあるんだということを夢のように言つておりますが、それも数年あるいは10年のちには夢ではなくなるかもしれません。そういうようなことが起こる時にはきつと高崎の研究所にあります食品照射センターで東南アジアの人達も勉強するし、日本の連中もますます研さんを重ねてそれを指導し得るようになりたいものだというふうに考へております。

日本には先程もちよつと触れましたように割に放射線化学者の人口が大きいんでありますが、多いといつても全世界のうちの何分の1かに違ひありませんので、海外にいる放射線化学の研

究の成果に注目しなければならないのは当然であります。たとえば、非常に特徴のあるのはルーマニアなんていう国にも非常に珍しい研究者がいて、たとえば hidrocarbon の酸化の放射線化学を研究しているというような人もあるわけですね。方々を見渡してみますとやっぱりそれぞれのところに独立心を持つた特徴のある研究をする人がいるわけでありますから、そういう人達とやはりお互いに研究協力をして我々の足りないところはそこから受けるというようなことも大事なことだと思っております。私どもは独創的な特徴ある研究成果に海外から敬意を表せられるようになることに努め、互いに信頼し合つて国際協力の実をあげて世界の放射線化学の発展が早く実を結ぶようにと望んでいるわけであります。国際協力といつてもそれはお互いに競争して練磨しすぐれたものを互いに取り入れることによつて長短相補つて共存共栄、競争と協調であります、することに他ならないのでありまして、そういうことによつてお互いの進展に寄与するようになりたいものだと考えている次第でございます。

どうも清聴をいただきましてありがとうございました。

## Ⅳ 米国における原子力供給産業の現状と将来

アメリカ原子力委員会

委員 F. コスタリオラ

議長ならびに日本の原子力産業会議の皆様、私がこの美しい日本の国を訪れるのは久しぶりのことであるが、日本の方々の暖いおもてなしや、この美しい島々のことは一度経験したのものにとっては忘れられないものとなる。私にとってこの会議に出席できることはまことに光榮であり、誇りとするところである。原子力の平和的かつ建設的な利用について米国の計画を御紹介することはまことによろこばしいことで、私は特に核燃料機器、役務の供給の分野について触れたいと思う。

本題に入る前に原子力の民間利用のすべての分野に両国間の協力を更にひろげてゆく計画に私自身非常な熱意をもっていることを披歴しておきたいと思う。

### 原子力平和利用における協力

私は原子力委員に任命される以前から、米国の原子力計画に一個人として参画して来た。

1968年2月に現在の日米協定が調印された時、私は米国議会の原子力合同委員会のスタッフの一人であった。私は当初から実験炉から原子力発電所の建設、原子力船の計画、と進む日本の計画を深い関心を持って注目して来た。

また我々両国間で政府間ベースまた、民間ベースで、技術的あるいは商業的な協力がますます深まり、また深まりつつあることに注目して来た。これらの活動の範囲は全体としては、実験室の研究から大型発電所設計及び建設計画の技術的側面という巾広い分野をカバーしている。

もし、これらのあるものが当初予期されていたほど生産的なものでないとしたら、ある場合には両者に特別の問題があったことを我々は認めるものである。そのような問題があったことは我々の樂觀論を何ら変えるものではなく、注目されるべき両国の資質の応用によって障害は克服され、交流目的は達成されるであろう。

引続き相互の原子力界の間の密接な協力に我々が関心をもってきていることは、高速炉分野での技術情報交換の取決めの調印が本日済まされたこと、また、原子力推進に関して情報交換が提案されていることからしてお判りいただけると思う。

元海軍という経験からして、私はわが国の海軍計画に深い関心を有している。原子力船サバンナ号が日本の港を訪問することを許す了解に我々が達し得るであろうことを私は特に期待している。この問題は相互間の利益となるものである。日本自身の原子力船の建造が昨11月開

始され、それが公海を航行し、他国の港に入港する日も遠くないことからそう考えられるわけである。

これらのことにすべて言及する時間は協力計画のこれらすべての面が、巾広い相互の利益を約束しているものといえよう。しかしながら私は、一つの面だけについてお話しするように言われているので、原子力供給産業にかぎって話を進めていきたいと思う。

#### — 将来の原子力市場の影響 —

日本や世界の色々な国々の産業会議が原子力計画を評価し導いてゆく上での責任はまことに大きい。日本及び他の諸国における原子力発電の需要の予測、この需要に対応してゆくためのもっともよい方法の推定、等の問題は現在既に原子炉、原子炉部品、燃料サイクル、その他の役務の供給を行っている国にとっても、また将来このような活動を行なおうとしている国にとっても関心のある事柄である。

私はここで、現在の米国の原子力産業の各種の側面、1980年までに我々が予想している米国内の原子力市場、及び1980年までの他の諸国における濃縮ウラン軽水炉の市場の予測について言及したいと思う。これに加えてこのように原子力発電が急速に展開しようとしている時期に政府及び関連産業界が関心を持ち決意を持つべき事柄についても触れたいと思う。

原子力市場の規模及び原子力供給の複雑さをざっとながめただけでも、原子力発電の問題は国家的な予想、あるいは問題としてでなく、国際的な面をとらえて考えなければならないことが明らかにされるであろう。

もちろん国際的なベースで原子力問題にアプローチする場合は原子力の歴史が忘れられてはならない。原子力エネルギーの誕生及び開発の初期の段階は驚くべきほど国際的色彩をもっていた。特にこの科学の生みの親達の祖国が世界中にまたがっていた点においてであった。例えば日本ではそれは朝永博士、湯川博士、嵯峨根博士であった。原子力の平和利用の恩恵はすでによく世界に広まっているといえよう。もし確信をもって予想できることがあるとすれば、それは近い将来の世界の平和的な開発において原子力がずばぬけて重要な役割りを果たすであろうことと、また原子力というものがエネルギーに飢えたこの文明がますます依存してゆく土台になるであろうということである。

#### — 公正な自由競争の前提 —

米国に於ける我々の状況や、それに関して予想される考慮事項についてお話ししたい。それは公正なる自由競争にまさに係わることなのである。それは原子力利用国に於ける自国の原子力供給産業の開発の問題である。

ある一国において原子力発電所の需要がある一定の最低水準に達した時、その国は経済的に

一連の原子力供給産業のある一定レベルでの維持が可能になることを私は認める。しかしながらそれ以上にわたっては、私は各国がいままでそれぞれの国の伝統的な製品を送り出して来たように、世界の原子力産業も、各国がそれぞれ時々の適した特技と資源を開発してゆくという形になるべきだという私の考え方を述べたいと思う。私としては各国、各文化がこのような方法で文明に寄与し、かつ、その努力に応じた報酬を受けてゆくような世界を考えていることを述べたい。原子力の世界もその候補の一つである。

このことからして、世界全体にとって、保証されたベースでかつ低コストで信頼性のある原子力機器、部品、燃料が原子力計画の為に入手し得る状態はまことに重要なことである。これを達成するための基礎の一つは、日本原子力産業会議のシーボルクA E C委員長宛の招請状に述べられているところの「公正かつ自由競争の原理」の確立と維持であろう。

しかしながら一連の供給分野における各段階でフル・スケールの商業的能力を求めるといふよくある国家目標というものはしばしば重要な障害に直面する。すなわち原子力における現実の壁につきあたる。これらは例えば核原料物質の存在やその入手可能性、技術の現状や開発の速度、などの他に規模の利益のインパクト、（すなわち原子力発電の産業においてはプラント、が大きくなればなるほど生産的なコストが安いという意味での規模の利益の問題）などがある。

この問題、すなわちある一国内においてどのような原子力供給産業がどのような規模で奨励されるべきか、またその時などのようなスケジュールにのっとるべきか、また世界市場においてこれらの産業はどのようにやってゆくべきか等の問題は、正しい解決のために最も高度の判断を要する問題なのである。

#### — 原子力発電に対するユニークな貢献 —

原子力の供給者としてある一国及びその国の原子力産業の役割を規定し、またそれに影響を与える一つの重要な要素はもちろん「自然条件」というものであろう。今日知られている主要なウラン鉱石資源はカナダ、南ア、米国にある。やがてはスウェーデンの資源にも関心が持たれるようになるであろう。オーストラリアは過去数年にわたって数カ月に一度の割合で大きな発見をして来たことからして、原料の重要な供給者の一つとなるかもしれない。日本は、重機械の発達のために、近代の産業国家にとって不可欠な進歩した技術集約的な機器を低コストで製造するのにおどろくべき能力を示している。我々米国は他の貢献を行ったと信じる。その一つは濃縮ウラン軽水炉の開発における貢献である。濃縮ウラン軽水炉は健全で経済的な計画において現在も広く受け入れられており、しかも最も経済性の高いシステムを提供していると思う。

それは費用をかけて開発したものである。米国政府自体が民間用の原子力発電の研究開発に

約20億ドルを支出して来た。米国の産業界も、少くとも10億ドルはこのために使っているであろう。

我々は研究開発が進展するにつれ、世界の電力経済において濃縮ウラン型が重要になるという強い考え方をもちにいたり、また燃料サイクルに於いて「濃縮」というものが不可欠な重要性を持ってくることを強く確信している。他の一つの貢献は、燃料サイクルの濃縮部分に関して米国のおかれている位置にある。このことに関して言えば、米国政府の自由諸国に対するウラン濃縮能力の提供という基本政策は、原子力発電それ自身の実用性と高い有利性が確立される以前の段階に既に生まれていたものであることを述べたい。国内と同一条件で海外の友好諸国にウランを供給するという基本政策の決定が、1956年に、アイゼンハワー大統領によって発表されたことは特に興味深いことである。

今日、ここにお集りの皆様の多くは、1961年の12月5日故ウイルソン原子力委員が日米合同原子力産業会議の席上で米国外の原子力発電炉に対する濃縮ウラン燃料の米国の供給に関しての原則を、はじめて明らかにした重要な声明をおぼえておられることと思う。

#### — 原子力発電所設置の速度 —

1980年には米国と日本を合わせると年間2,000万KW以上の濃縮ウラン型の原子力発電所を建設してゆくことになる。そこで両国が原子力供給産業の現状と将来の進展を検討し、またそれぞれの国が行なうユニークな貢献について検討することは意義あることである。米国以外の国々は1980年には年間1,500万KWの原子力発電所の建設を行うと推定され、かつその割合は以後増加してゆくだろうか、我々の各産業の経験度はこれらの国の開発にももちろん影響されるであろう。

#### — 米国の現在の原子力産業 —

米国の現在の原子力発電を支える供給産業は四つのグループに大別できる。すなわち、「原子力蒸気発生装置」「核燃料サイクル」「タービン発電機と関連機器」「主としてプラント・エンジニアリングと建設からなる物質の供給と役務の提供」の4分野である。1970年には各グループとも、それぞれ年間約3億ドルの商売の規模をもっと推定されるし、また、1980年にはそれぞれが約10億ドルの規模の仕事をも有するようになるであろう。

米国における現在の原子力産業の構成の詳細はAECの報告書「1968年における原子力産業」及びA.D. Little社がAECと法務省のために作成しており近日中に発表されることになっているレポート「原子力供給産業における競争」を参照していただきたい。

#### — 供給分野における会社数 —

原子力産業に従事している会社は米国に多数あるとはいえ、原子力特有の分野の仕事をしている会社の数はきわめて少い。例えば、圧力容器の米国供給者は3社である。一次系ポンプの供給者も3社である。将来は3社になるが、現在のところではU F 6 転換業者は1社である。ジルコニウム管の供給者は4社であり、制御棒の製作及びその駆動装置の供給者は6社である。

原子力供給産業を経営してゆこうとすれば、その会社はある一定限度の量の製品をある一定期間内に売らなければならない。ある年に於ける原子力発電所の建設数からいって市場は限られたものであるから、将来の供給者数もまた限られて来るのである。この法則の影響は世界各国でみられ、原子炉供給者の合併や結合という形であらわれ、また時には政府のバック又は指示という形でこれが行われている。

#### 供給分野における会社の性格

「ウラン鉱業」「原子力コンサルタント」という少規模でも事業として成功し得る分野を除けば、原子力産業に従事している会社は原子力分野以外ですべての意味で、すなわち技術的にも財政的にも規模においても他の強力な分野を有しているという性格を持っている。しかし、これらの性格を有していることがそのまま成功にはつながらない。このことはこれらの性格を有しながら、原子力の地歩を獲得せんとして真けんを努力をしながら不成功に終って、原子力産業界から去っていった会社をみれば明らかであろう。

成功しているもう一つの特徴は、彼等の関心をもっている分野が既にその会社で成功している分野と平行的なものか、あるいは密接に関連していることである。すぐ判る例としては、原子炉圧力容器の製作、タービン発電機の製作、コンデンサー、水供給装置、バルブ、ポンプ製造、測定機器や制御部門の製作であろう。原子力における土木建設関係の会社も既に土木建設業において名声を持っている会社であることが多い。

これらの会社のもう一つの特徴をあげよう。それはこれらの会社は、世界市場に向ってその経営の方向をとるといふ強い傾向があることである。

私があとで示すように国内及び国際的な原子力分野における仕事の量はきわめて大きなものであるが、前述した例外を除けばこれに成功裡に参加できるのは最も強いものだけであろう。

#### 米国における将来の原子力産業

米国の将来の原子力産業の状況を考察するために、軽水炉に必要な各分野の市場の規模を考えてみる必要がある。我々は市場予測を軽水炉に基づいて行っているが高温ガス炉のように将来性をもった原子炉の重要性もまた認めるものである。最初は米国について推定し、次に日本



の市場予測、次いでその他の世界について推定する。

— 米国内の市場 —

キロワット当りの建設単価を150ドルと仮定し、米国内で1980年までに建設される原子力発電所を1億5,000万KWとすると、1980年までに原子力発電所に投下される資本は約250億ドルとなる。1980年における年間投下資本は約40億ドルとなろう。図1は1980年までの資本投下割合を示すグラフである。(単位は10億ドル)  $U_3O_8$  の平均価格を1ポンド8ドルとすると米国が1980年までに必要な $U_3O_8$ の総額は約40億ドルである。ただし、この計算は1970年代の中頃には、生産されたプルトニウムはリサイクルされるという前提で述べている。年毎の需要を図2に示す。UF<sub>6</sub>への転換業務の累計規模は我々の予測では米国内で約4億ドルとなろう。1980年までの年毎の需要を図3に示す。濃縮業務の規模は約40億ドルに達するであろう。これは、分離作業単位あたり26ドル/kgと0.2%の残存濃度という現行の数字が存続してゆくという前提に立って求めたものである。これらは図4に示されている。燃料の成型加工は1980年1年間だけでもその規模は、約6億ドルに達し、その3分の2は転換燃料となろう。燃料成型加工の累計規模は約40億ドルに達するであろう。これは図5に示されている。もちろん成型加工費は将来下がるであろうが、我々の予測は一律に90ドル/kgのコストを前提にしている。従って示されている価格よりこの分野の総価格は少ないであろう。

図6は化学再処理が1980年には年間1億ドルを越え、また1980年までの累計規模は5億ドル以上になることを示している。この推定にはウラン1kg 32ドルの処理費用を前提としている。再処理費用も下降するであろう。

原子力発電の分野の数字があまりにも大きいため、原子力エネルギーの他の重要な部門がしばしば無視されがちである。すなわち放射線化学、放射線医療、放射線加工の各分野などがそうである。

これらの分野での1968年における米国での市場規模は1億ドル以上となっていることを示して、その相対的重要性を示しておこう。

— 日本の市場 —

日本についての我々の予測を述べよう。ここにおられる皆さんは私よりこれらのことに熟知しておられるだろうし、また日本における原子力の成長に影響する要因、例えば原子力対従来の火力の選択における大気汚染の重要度等、について我々より敏感だろうと思う。

しかしながら将来日本に存在するであろうと我々が一般的に感じている予測について寛容な

心持ちで聞いていただきたいと思う。これは後で述べる原子力供給能力に対する考察の基礎になっている。

最近の日本の原子力発電所の建設コストの実例から建設単価を200ドル/KWと仮定し、1980年までの建設量を2,000万KWと仮定する。これからすると1980年までには約40億ドルの資本投下がなされ、1980年1年間だけで5億ドルの資本投下が行われることになる。燃料サイクルについては米国と同じ数字を仮定して使ってみると、 $U_3O_8$ の需要は1980年までに5億ドルを超え、新燃料及び取換燃料を含めての成型加工費は5億ドルを若干下回るであろう。再処理費用は計4,000万ドルに達するであろうし、転換は5,000万ドル、濃縮には約5億ドルを要するであろう。

#### — 他国に於ける市場 —

ここで軽水炉の建設を行なうであろう他の諸国それぞれについて、核物質及び供給についての特定の推定をする代りに、需要のレベルの一般的な指標を示したいと思う。

私が日本について述べたと同様な状況に西独はあるであろう。もちろん両国において2,000万KWを建設するそれぞれの速度には若干の違いはあろう。イタリアについては1980年までに1,000万KWが建設されるものと予測しており、従って機器、役務の需要は日本のその約2分の1程度のもとなるであろう。

西ヨーロッパの他の3国は1980年までにそれぞれ500万KWの濃縮ウラン型の発電所を建設することになる。これらの国における支出は大体日本のそれに正比例するであろう。

その他のすべての国における軽水炉の建設は1980年までに3,000万KWになり、総投下資本は60億ドル以上となる。燃料サイクルに要する費用は25億ドル近くになり、その内訳は鉍石8億ドル、濃縮費7億5,000万ドル、成型加工費5億ドル、転換費5,000万ドル、化学再処理費5,000万ドルとなる。更に重要なことは、1980年における年間建設額が12億5,000万ドルになると予測されていることである。これらの国においては原子力計画が我々の見解ではその端緒にすぎたばかりであり大きな市場の発達は今後のことであろう。

#### — 原子力供給施設の経済規模 —

これらの市場の数字から興味ある結論を要約する前に、一連の原子力供給産業のいろいろな施設の経済規模について観察したい。化石燃料発電所と比較した場合の、原子力発電所の競争の一つの要因となっているものは「規模の利点」である。前に述べたようにこのような相関関係は原子力供給産業についてもあてはまる。今日の原子力の世界で小規模で経済的なガス拡散

工場を建設することは不可能である。また小規模の経済的・化学再処理工場の建設も不可能であり、現在の技術をもってしては、小規模の経済的な原子力発電所の建設が不可能なこともまた、同様である。

われわれがもはや開発実証の段階ではなく、経済的に成り立ってゆく産業の建設及び運営の段階にきていることから考えれば、規模においてボーダーライン上にあるようなものではなく、十分経済規模をもった各種の工場が建設されることが最も重要なことなのであろう。米国における現在の傾向は、このような規模をもつてであろうということを示している。

ある供給ユニットの最小経済規模は残念ながら正確な計算を出来る性質のものではないので、私は特定のガイドラインを示すことはしない。そのかわり米国自身の経験を原子力分野かつ原子力外の分野について考察し、またある程度は他国の経験を参考にして、原子力供給産業についての一般的な考え方のベースに到達してみたい。

我々の経験では、「拡散工場」「再処理工場」「鉱山及び精錬工場」「成型加工工場」「圧力容器の製作活動」「タービン発電機」、「その他の原子力分野の産業」を維持してゆくための原子力発電計画の最低規模は施設毎に違っている。この産業の各分野を維持してゆくために必要な原子力発電規模の相違は、国々の違った環境によって更に大きくなっている。例えば労賃、電力コスト等である。またこれに加えて最も早く原子力産業を確立することを期待し、かつ世界市場における優先地位をするため、原子力産業を積極的に助成しようとしている国々の傾向による影響も重要である。

更には供給分野の一つあるいはそれ以上の分野が他の諸国に市場を見出すということによって成り立っている場合である。

これら既成事実の混合、骨のおれる予測、質的考察から、次の点に注意を喚起したい。

#### — 米国の供給産業の将来 —

米国の原子力産業の将来について、米国市場での将来、原子力産業をもっている国々での米国の原子力産業及び特定の必需品に対して供給産業を有しない国々における米国原子力産業の将来について述べよう。もちろんこの世界的な規模の仕事がどの供給者、会社、国にどれくらいの量、落ちるかという予測は不可能であるといってしまう一番かんたんであるが、我々は若干進んだ考察をしよう。米国においては次の10年間、米国国内消費のための十分大きな軽水炉の市場を有しており、これがすべての分野、資本、施設、燃料サイクルの競争産業の存在を、正当化している。我々は米国が高度の技術的地位を維持してゆくと考えており、また、米国の原子力発電機器、部品、燃料の供給能力を維持していくものと考えている。独自の供給産業を

持たない国の市場については私は米国の製品が広く使われることを期待している。しかしながら、これらの分野における取引は、「特定取引関係」という事実によって影響されるのであろう。いづれにしろ、それは国際収支や融資条件に大きく依存することとなる。もちろんこれら個々の市場は米国の持つ全体の市場の大きな部分を占めるものではなく、したがって本質的なものではないかもしれないが、米国の原子力製造、供給産業にとっては、重要なものとして求められるであろう。

見方を変えれば、国内に供給源をもつかどうかにかかわらず核原料や役務を必要とする国は幸運な地位にあるといえるであろう。これらの国は数多い国々や数多い会社が役務を提供するであろうからである。またこの入手源の多様性は、その国自身に時期早尚な原子力産業の育成を避けることを可能にしているからである。したがって原子力の国際市場における米国産業の地位に関しては、それがきわめて活発に活動し、かつ激烈な国際競争の中にあることは必至である。

#### — 米国の一つの見方 —

誤解を避ける為にこのコメントにもう一つ重要なことをつけくわえたい。これらの観察は、他の国々とは違つ市場の条件かも知れないけれども、自由競争が行なわれている現在の米国の原子力供給産業の経済性に基つて行なわれている。また私は産業が原子力に指向する側面に焦点を当てたい。在来の部門すなわち、パイピング、圧力容器、バルブ、熱交換器、チュービング等の産業能力を持っている国々は原子力分野でのそれらの業務に関して、国内あるいは国際競争に入っていく能力を持っているし、また現在すでにそうしている。またある原子力関連産業、たとえば、測定機器の分野では、これは資本集約的ではなく、また商業市場に位置を占める為に大規模な経営を行なう必要もない。このような供給能力というものは世界各地で育っていくと期待している。前に述べたように原子力産業の大きな部分についてはこれらの分野に従事しようと考えている会社あるいは国がギリギリの規模で経営することによる経済的なコスト、及び損失に注意深い評価を行うことはいりまでもないであろう。

「市場コスト」、「外貨事情」、「大供給者との技術的格差」等を予測し、評価するということは最高度の経営的、政治的判断を要する事項である。

#### — 原子力産業を確立した国々 —

供給者の地位にある国々の間での国際市場における競争については公正かつ自由な競争が行なわれねばならないが、そのいくつかの面について話しているということを強調しておきたい。これからのことはある一国の内部事情には当てはまらないことはもちろんであろう。それは、

その国自身の関心事である。

まず第一には、供給産業に対する政府の直接的奨励の問題である。新しい産業を強制的に運営していくということは短期的には適当かも知れないが、成熟産業にとっては適当と思われない。これらの奨励には直接助成、保証買上げ、税制面での優遇、資本援助、低利融資等が含まれる。もしこれらの慣行が生存可能な産業を確立するために必要である以上に続けられていくとしたら、原子力経済にゆがみを与え、かつ需要者にとって長期的にみれば最善の炉型選択が行われぬという結果を招くことになる。

この問題の否定的側面、すなわち外国の競争者の意気を政府がくじくということは、公正かつ自由な競争という原則に反するという重大なる意味をもっている。

私はここで国際取引の制限について触れているのである。この制限は政府が地域的な産業と結んで行なうある種の特徴的な機能をもつことによる。

すなわち、それらは関税、数量割当、国境税、直接投資の制限、およびその他の制限的テクニック関税障壁以外の国際取引障害と呼ばれているものなどである。

これらの制限が、健全な産業を育成し、かつ短期で国内的な自給自足の体制になるためのものである限りにおいては、誰れも反対は唱えないであろう。一方、制限が他の目的に使用された場合、すなわち早期に産業の成熟を図るという目的以外のことをねらったものであるならば、これは保護主義的な反応を呼びおこさずにはいないであろう。私は最近行われたニクソン大統領声明の中で「米国の利益及び世界全体の利益は保護によって達成されるのではなく、更に自由取引を進めてゆくとともにある。」といったことを思い起していただきたい。またニクソン大統領は「私は量的制限、その他の方法による措置の恒久化について、それが米国であろうと他の国々においてであろうと、好きしくないものとして受取る」と述べている。

この点については、いくつかの制限のうちの一つを簡単に述べたい。ケネディラウンドにおいては原子力材料、機器、役務を考慮の対象として取上げた。そして50%の関税引下げに合意した。我々は現在この方式で進んでいる。現在のところ、軽水炉を供給する能力を有する供給者の内、米国とスウェーデンだけがこの措置をとった国であり、この結果、これら二国の関税は一般的にいつてどの軽水炉供給国よりも低くなっている。原子力関係の関税が不均等であることは国際原子力ビジネスにおける公正かつ自由な競争の阻害要因となっている。

#### — 安全性及び健康管理 —

私はここまで産業界及び政府にとって将来もっとも重要な考慮事項となるべき点についてふれてこなかった。すなわち、安全性と健康保持の達成のための適正なる「基準と規制」の「確

立」と「運用」についてである。もちろんこの問題の複雑性を認識しないわけにはいかない。これは原子力発電所に必要な莫大な金額を入手する難しさから始まるのである。莫大な金額が必要であることから、コスト低減のためのあらゆる方法に注意を呼びおこし、その結果として供給者間に競争がおこったという影響をひきおこした。しかも安全性を害さないでコスト低減を図ってゆくことが必要であり、これはひきつづき大きな問題として残っている。

また複雑さは、安全水準がどこでも同じでないという事実によって更にその度を深めている。サイトに関する考慮は個々のサイトに個有な問題である。サイトの選択に関して、そこがすでに人口中心地になっている、あるいは、将来の人口中心地に近いということは一つの大きな問題である。定義することが非常に難しい安全性の問題については「原子力技術の利益を享受する為を受け入ら得るリスクの程度」という問題が第一次的な重要性をもっている。しかしこの点に関する意見や判断の相違というものは、実際、きわめて大きいのである。

しかしながら競争する供給者達は彼ら自身の入札を行なわねばならない。この高度にすゝんだ科学的、技術的分野に従事する我々にとって、一つの原子力発電所の深刻な事故は世界中に厳しい影響をもたらすことは十分承知している。どの会社、どの国でも原子力機器のコストをカットする為のこのような性質の不必要なリスクをとるものではないと私は信じている。

米国においては個々の供給者、需要者、政府の考え方を密接に連携し、個々の事情に適應したお互に満足な了解を達成する必要があると考えている。競争入札が正当に比較され、評価される為の安全基準を確立すべく努力していくことが第一次の問題であるが、まだ多くは未解決である。

安全基準の問題が非常に重要であると信ずる私としては、この問題に対して否定的なアプローチを避けるべく良心的な努力がなされることを望む。すなわち否定的なアプローチとは制限的な経済目的のために安全基準を使うことである。これを避けるためには特別な努力を要する。というのは、外国の供給者のオファーよりもローカルの供給者のオファーを受入れることを期待されている場合が多いからである。

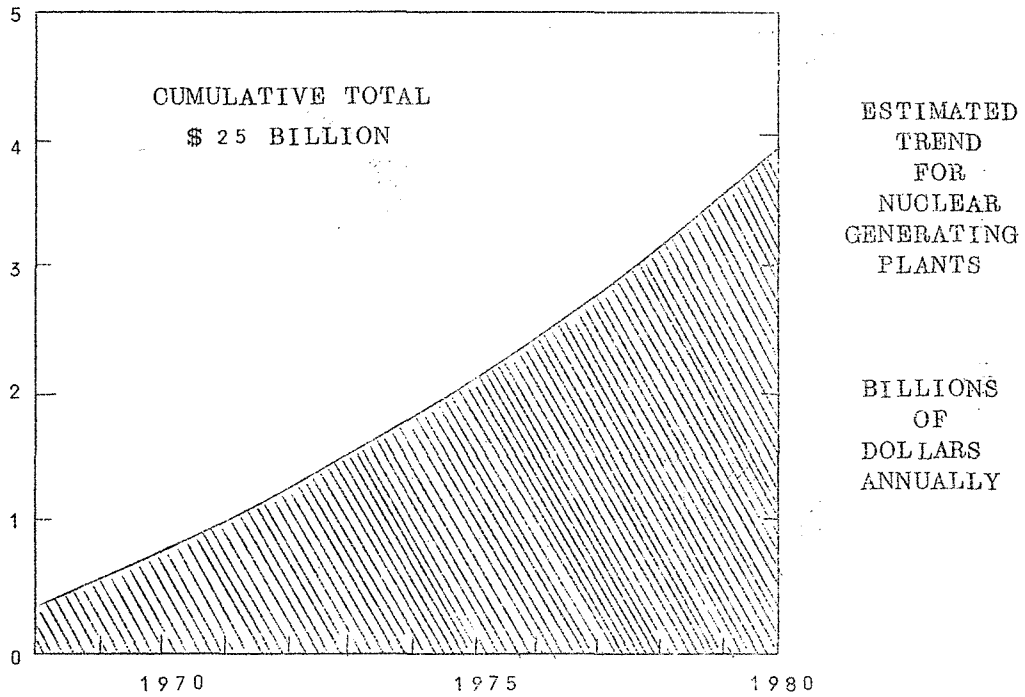
もし我々が公正かつ自由な競争を達成しようとするならば、国際的なベースで公正かつ適正な安全性ガイドを達成するための組織的かつ公開の方法をもたねばならない。

最後に要約として、国内及び国際市場に寄与する、健全なる米国の原子力供給産業を期待していることを述べておきたい。日本に関しては、原子力供給産業が急速に進展することを期待し、それが将来、米国及び他の供給国に強力なる競争力を有することを期待している。私はこの競争が公正かつ自由であることについては、樂觀的な考えをもっており、その結果技術及び

製品の進歩が図られると考えている。

最後にこの機会を与えて下さった日本原子力産業会議に感謝するとともに、日本原子力産業会議の活動には米国原子力委員会はこれからも深い関心を抱いてゆくことを申し上げたい。原子力の分野において両国の政府及び産業界が密接な協力をしてゆくことを期待して私の話を終えたい。

☒ 1 : CONSTRUCTION EXPENDITURES



☒ 2 : ESTIMATED ANNUAL URANIUM REQUIREMENTS

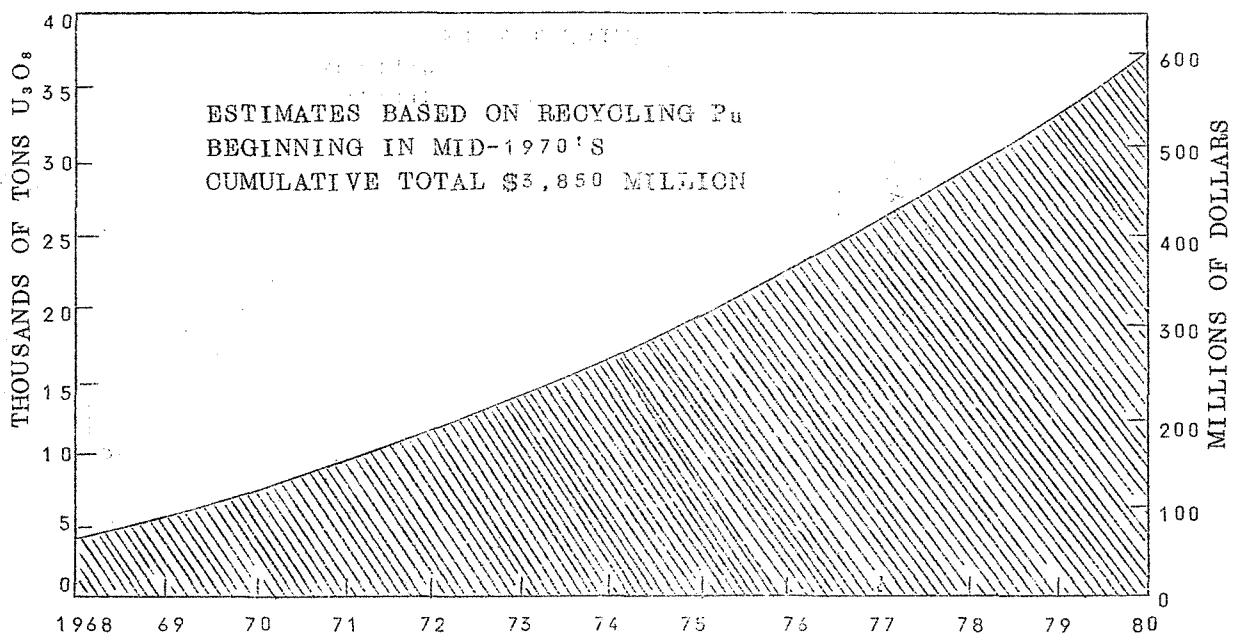




图 3 : CONVERSION OF ORE CONCENTRATES TO UF<sub>6</sub>

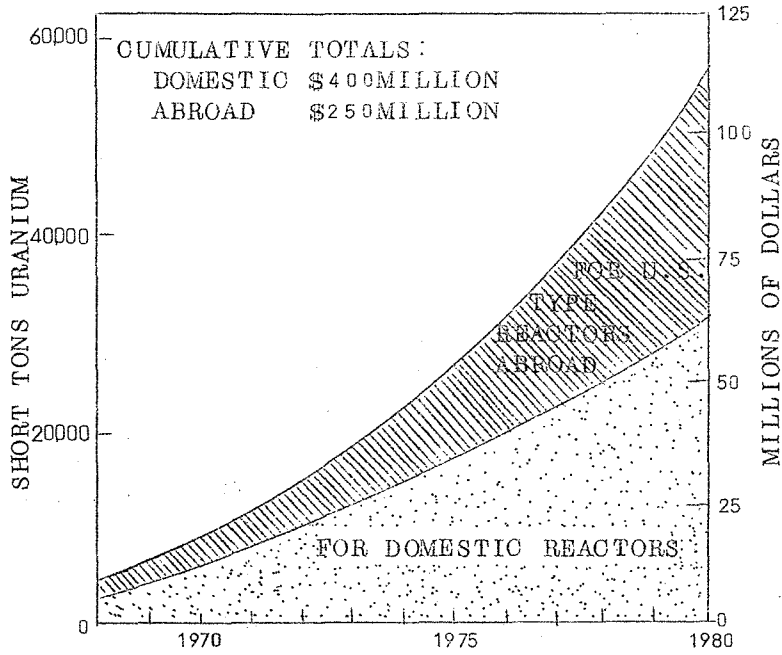
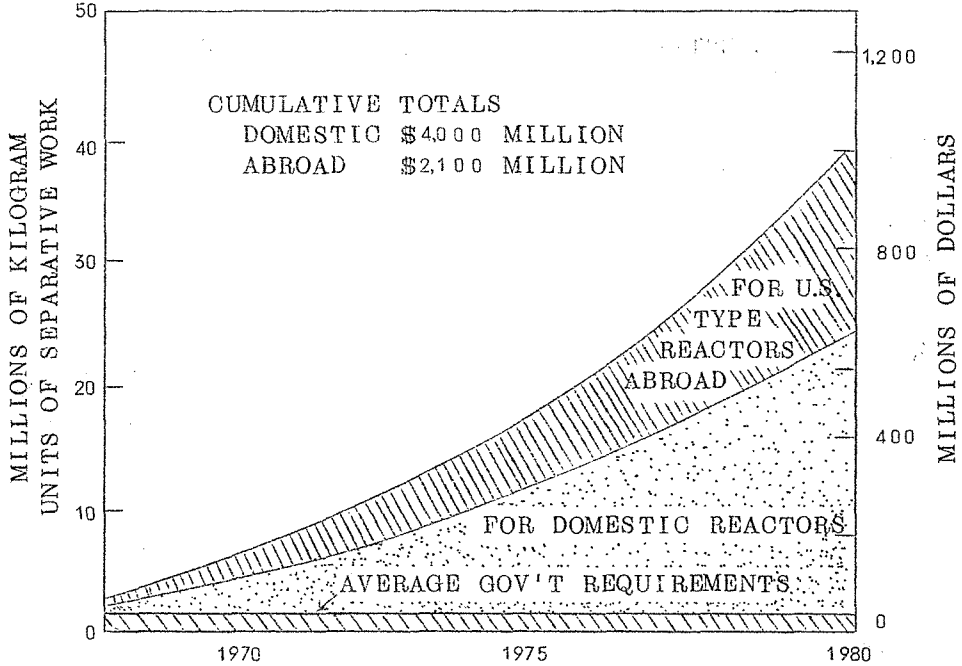
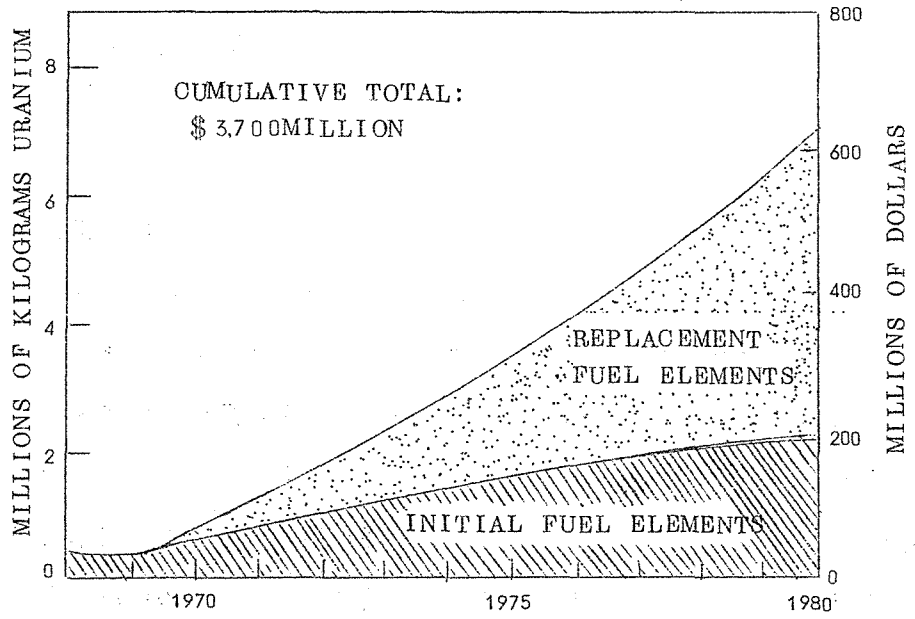


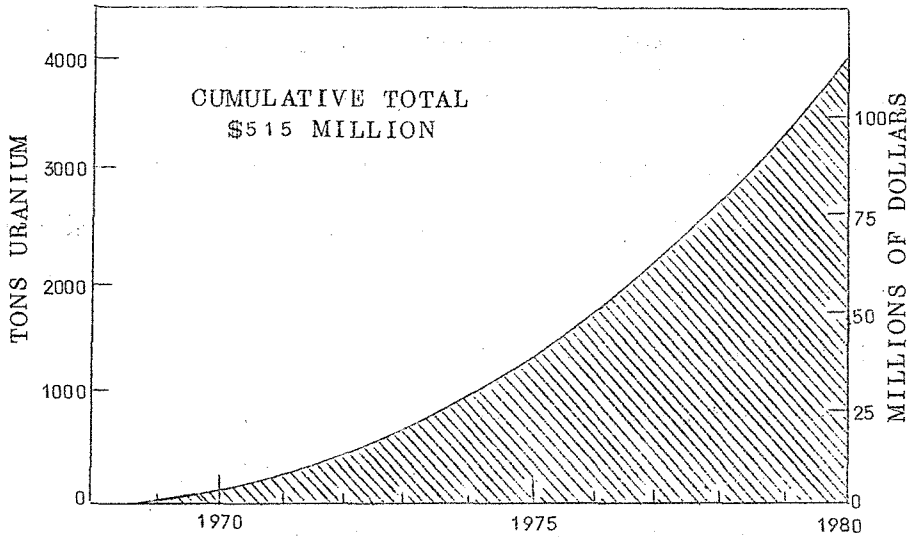
图 4 : URANIUM ENRICHING



☒ 5 : FUEL FABRICATION



☒ 6 : CHEMICAL REPROCESSING OF FUEL



午 餐 会 に お け る 講 演

## 国 際 経 済 情 勢 に つ い て

日 本 経 済 研 究 セ ン タ ー

理 事 長 大 来 佐 武 郎

近年しだいにいろいろな問題が国際化してまいりまして、私も各所の国際会議等のため、年に6～7回外国に出かけるようなことがございます。明日もちょっとマニラに2～3日まいりまして、来週からローマだとか、ニューヨークとか、いくつかの会議でまたひと月ばかり出かけるような予定にもなっておりますが、とにかく世界の問題、政治、経済すべてを通じて、非常に国際的な接触が多くなってまいりました。昨年も12月にプリンストン大学で、「アメリカと工業諸国」というセミナーがありまして、私も呼び出されまして「日本とアメリカの経済関係」という報告をさせられたのでありますが、今後ますます日本の経済が成長していき、それと同時に世界的に交通、通信あるいは経済的な交流が増大していくと考えられます。両方の面からいって、特に日本につきましては、今後いろいろなものごとを国際的な角度から考えなければならぬケースが、ますます増えるのではないかと感じております。日本の経済の規模は、3年前というよりは、まだ2年ちょっと前でしょうが、昭和41年度(1966年)のGNP(国民総生産)が、36兆円、約1,000億ドルでした。当時、私どもは経済の話をしたまします場合に、1,000億ドルの経済で、1億人の人口で、1,000億ドルの輸出だと、この数字は誰でも覚えられるということを申しておったのですが、その後さらに経済は成長いたしまして、昭和42年度が1,200億ドル、昭和43年度、これはまだ推定であります、これが1,400億ドル、それから昭和44年度、今年の4月から1年間、これは私どもの日本経済研究センターで、各四半期に18カ月経済予測というものをやっております、その最近のものによりますと、昭和44年度が1,660億ドルということになります。すなわち、2年前に西ドイツとほぼ同じ、昨年は日本が西ドイツを追い越して、かなり今年は水をあけるといふくらいの経済規模になりました。どうもこの調子でまいりますと1975年頃には、3,000億ドル前後の国民総生産になりそうです。そうすると、だいたい75年前後にはイギリスとフランスの経済力を合計したものになりそう。少なくとも数字的にはそういうことになるわけでございます。ところがわれわれ日本人には、一種の、なんといいますか、GNPギャップといいますが、国民総生産の数字、経済規模はそれほど大きくなっているのですけれども、何となくピッタリこない点がある。ひとつには、今までは生産と輸出第一主義できましたから、生活面、特に住宅、

通勤電車その他の立ちおくれがまだかなりございますし、それから、国際的に非常に大きな経済力を持つことになりましたが、そういう意味での国際的責任とか、関連というのが、あまり急激に数字が大きくなるものですから、まだピンとこない。これを私は日本人の G N P mentality gap と称しております。そういう事情がございますけれども、工業力の点で見ますと、電力の発電量とか、鉄鉱の生産量とか、造船高、自動車生産高、セメントの生産高等のいろいろな生産数字を見れば、世界の第 1 とか、第 2 とか、第 3 とかというのが主なところではだいたいそういうところになってまいります。従ってわれわれは、従来どちらかと申しますと、国際情勢が日本にどう影響してくるか、経済面におきましても、外の経済の動きが日本にどう影響するかという考え方にならされてきておったわけではありますが、どうもこれから国際問題を考える場合に、日本が他の世界各国にどういうインパクト（影響）を与えるかという立場から考えてみなければならぬケースが増えてまいるように思います。

外国のいろいろな経済学者、その他に会って話しをしておりますと、2～3年前まではとにかく日本の高度成長を称賛する話が多かったわけでありまして、どうしてそのようなことができたのかその秘密を聞かせろというような話が多かったのですが、最近は日本はいつたいつまでファンタステックというか、とてつもない成長を続けるつもりなんだ、あまりそれをやられるとわれわれが困るんじゃないだろうか、というような話もございます。この前もイギリス人の経済学者と話しておりましたら、われわれイギリス人が土曜、日曜休んでいる間に働いているのじゃないだろうか、もしそうだとすると、これはフェアな競争とは言えないのじゃないか、というようなことも話しておりました。これだけ経済力が大きくなつてまいりますと、そういう話も出てまいるように思います。12月にアメリカ、カナダにおりましたが、むこうで見ますと、ポンドやフランの危機の一つの原因は、日本の輸出が急激に伸び、相対的に先方が伸び悩んでいるというようなこともあるのではないかという気がいたします。われわれはともすれば日本の経済が非常に弱い、それから、外の影響をどう受けるかという受身で考えてまいつたのが、いつのまにか、かなりこちらがそのポジティブな役目にまわっておるといふ場合が多いように思います。自由化の問題について申しますと、第 2 次資本の自由化の発表がございましたが、私どもが外で感じますことは、かなり日本の競争力が強まってきているということでございます。今年の 1 月の輸出承認高でも、対前年同期（1 月）にくらべて、35%ぐらいでしたが、2 月も 33% ぐらい上まわっております。1 年間に、年間ならせばそんなに行きませんでしょうが、とにかく 3 割ぐらい 1 年間に輸出が伸びている、というような状況で、むしろこれからだんだんと世界経済の中で、ある程度調和のある発展をし

ていくためには、むやみに成長が早ければいい、輸出が伸びればいいというだけではいけないのであって、他の国々の経済の発展との調和を考えていかなければならない場合がいろいろあるのではないかと思います。そこで、われわれが日本の中から見ますと、いろいろ経済政策の点で欠陥もたくさん目につきますし、また企業等についてもいろいろの問題がある。国際競争力という点でもいろいろの問題があるという気がいたすわけですが、反面、他の国にもいろいろの問題があって、日本の高度成長、特に輸出の急速な増大は、これはある人が言っておりましたが、敵失による得点みたいなものだ、こっちもエラーはあるのだけれども、むこうの方のエラーがもっと多いものだから、相対的にこちらの力が強くなる というような点も確かにあると思います。この外に対する影響を考えてまいります場合に重要なことは、一つはそういう世界経済全体に対する日本経済のウェイトというもの、もう一つは日本に近いアジア諸国に対する影響がございます。日本の経済成長の影響として近頃かなりはっきり見られますことの一つは、輸入の増大でございます。輸入は120億ドル～130億ドルということで、しかも急速に伸びておりますから、日本の資源の所要量というのが非常に膨大になってきたことがわかります。これはわれわれが気がつかないようないろんなものが輸入されるようになってきたことにもよりますが、ことにエネルギーの輸入が大きいことはご承知の通りでございます。それから、最近では木材の輸入が石油について第2位になりまして、木材消費の $\frac{1}{3}$ は輸入材であり、近いうちに半分を突破するだろうと言われております。また家畜の餌、とうもろこし、こうりゃんなどの輸入が700万トンを超えて、米の生産1,400万トンの半分以上になっており、これも近いうちに1,000万トンを超えようとか、その他細かいものではエビの輸入が8,000万ドルだとか、バナナの輸入が7,500万ドルだとか、あるいは「信州そば」の原料のそば粉が中共やブラジルから入っていると、生糸は一昨年からですか、一昨々年からですか日本は輸入国になったとか、そういういろんな現象があいついでおこっているわけです。そういうことで、世界の資源を日本にもってきてこれを消費する—すなわち産業の原料として消費すると同時に国民の生活物資として消費するこの量は、輸入量というのは、ほぼGNP、すなわち国の経済規模の成長にみあってその10%から11%ぐらいが輸入量になっており、この比率はそう急には変わらないと思いますから、日本の経済が大きくなればなるほどそういう大きな輸入になる。実は、工業生産の規模が昭和10年頃に比べましてだいたい10倍の生産の規模で、エネルギーなり、原材料なりを消費するわけですから、過去の原料輸入の観念を1ケタ明らかに上まわっておる。戦争前には主として、アジア近隣の資源によって日本の産業、日本の経済は動くというふうに考えられたわけですが、もう現在の日本、

さらには昭和60年頃には、現在の生産規模のまた4倍ぐらいになるんじゃないかと見られております。したがって世界中からその資源をかき集めるような姿にますますなっていくんじゃないかと考えられます。そういう意味で、私どもはこれから経済外交の面でも資源の輸入に関連した長期的な構想が必要であると考えます。

あるいは相手国とのいろいろな話し合い等を進めるうえで、経済外交という、従来、輸出促進というふうに考えられておりましたけれども、輸入を重点においた考え方がますます重要になってくるように思います。長期的に日本の必要とする資源の見積りを立てて、それに対応してこれを輸入する必要があると考えます。それにしても非常に膨大な輸入量になるわけでございまして、一昨年第2回日ソ経済合同委員会で、モスクーにまいりました時に、「日本のエネルギー事情と経済計画」という報告をしると言われまして、昭和60年(1985年)に日本の石油の輸入量が4億6,000万キロリットルぐらいになるこれは通産省のエネルギー基本問題調査会の見通しであったわけですが、最近では4億6,000万ではなくて、5億キロリットルを超えるだろうというような見通しもございまして一ということを申しましたら、ソ連の代表の人が話の後でやってまいりまして、「あなたがさっき言った数字は何か間違いではないか。この大きなソ連が現在生産している石油の2倍の量を今から十年後にせよ、あの小さい日本の国でどうして消費できるんだ」と質問をするのでございます。いや別に間違いじゃない。相当控え目な需要量でもそういうことになる ということを申しましたら、「日本は余りギガントマニア—これはロシア語があるらしいのですけれども—巨大主義崇拜にならんほうがいいぞ。大きな船を造るとか、莫大なエネルギーを消費するとかいうようなことをやっている、何かアンバランスがおこるんじゃないか心配だ」、というようなことを言っておりました。しかし確かに、日本の経済規模、生産の規模、エネルギーの消費は巨大なものになってまいりましたし、将来も巨大なものになる、それを世界の資源に広く依存しなければならない。そういう意味で私どもは、資源輸入、原料基盤という点から言えば日本はもうすでにアジアの一国とは言えない、むしろ global nation とでも言うべきであると考えます。世界中の資源をたとえば鉄鉱石で見えますと、オーストラリア、インドそれにアフリカ、中南米、ブラジルからも相当鉄鉱石は入っておりますし、チリ、ペルーなどというところからも入っております。そういう全世界の資源の基盤の上に日本の経済は立つようになってきているのでございます。そういう意味で世界各国との友好関係ということが非常に大切だと思いますし、この日本の経済について、あまり狭い autarky といいますか、自給的な考え方をすることは意味がなくなってきた。あるいは、さらにアジア主義といいますか、資源的にはアジアに依存してという形も

あまり意味がなくなってきたあるんじゃないかと思います。非常に経済活動が global になってしまったという印象をお話ししたわけでございます。

それから日本の経済成長の第二の影響として最近だんだん出てまいりましたのは、日本の労働力不足と賃金高でありまして、これは経済成長の結果でありますし、非常に望ましいことでもあるわけですが、賃金が上昇するのにはしたがって、日本が伝統的に得意としておりました労働集約的産業、つまり労働力を多量に消費するような産業、これは工業のみならず 農林水産を含めてでございますが、これが国際的にだんだん競争力を失なってきております。たとえば、雑貨工業、繊維工業というようなものがつぎつぎに日本の近隣の、労働力がより豊富で賃金水準もまだ相対的に低いところにだんだんと移っていく傾向がございます、これは近年ますます顕著になってまいりました。この傾向は、たとえば水産業のようなものでも、やはり船乗りの賃金が韓国では日本の $\frac{1}{3}$ から $\frac{1}{4}$ だということになりますと、大いに機械化された漁業以外はだんだんと他のアジア諸国に移って参りますし、また聞くところによりますと、日本の漁船が公海上で韓国の漁船から生魚を買って、日本の港に水揚げをしているのがかなりあるという話もございます。これらはいずれも国際分業の一つのあらわれでありましょう。いろいろな繊維雑貨類、ホンコン・フラワーなどというのは、まあこの典型的なもので、日本の零細家内工業の生産物、輸出品であったものが香港に移り、さらにそれが日本に輸出されるというふうに変ってきております。こういう工業製品が日本の第三国市場で競争する段階から、次第に日本の国内市場に流れ込んでくる段階になってまいります。この前も農林省の人に聞きましたが、「どうも日本では野菜が非常に高く、それが物価上昇の原因になっているそうだが、われわれの方で野菜を作って日本に輸出するのはどうか」、というような話があったようでございますし、韓国の方で、「日本は肉が高いからわれわれが豚を作って出したらどうだろうか」、とか、いろんな話がございます。おそらくこれはだんだん雑貨工業、農林水産以外の機械工業の面にも影響が出てくるんじゃないかと思われまます。すでに、やはり機械関係の方々のお話によりますと、鋳物類が韓国、台湾あたりで作りますと、だいたい $\frac{1}{3}$ ぐらいのコストだということが、今年の正月の新聞に出ておりましたし、また日本のミシン業界が、ミシンの部品の鋳物をインドから20万個ぐらい輸入することを決めたが、これは日本がむこうから輸入しても国内生産費の半分くらいですむからだというような記事も出ておりました。だんだんそういう工業製品の分野が広がってまいるのではないかと思われまます。その結果、日本の企業自体が一種の多国籍企業のような色彩を帯びてくる、つまり海外に投資、技術、経営、資本というようなものをある程度出して、現地と労働力と結びついた仕事をしていく、そういうケースがだんだ

ん増えてくるのではないか、アジア的多国籍企業がだんだん生まれてくるのではなからうかと申しておるわけでございます。いまに日本の自動車産業でも、できたものは日本製となっても、その中身のいろんな部品は他の国々でできたものを組立てるといような段階もでてくるのではないか、そうでないと、あるものによっては、日本の労働力のコストでは非常に高くつくといようなことになるのではないかと思われまます。あるいは、エレクトロニクスなどでも、そういうことがでてくるのではないかと思われまます。実は一方におきまして、アメリカとの関係でも、さきほどちょっと申しましたプリンストン大学のセミナー「アメリカと工業諸国」で、アメリカと日本の経済関係、それから技術ギャップといような講義があつたのですが、アヴェグレンといような日本でもよく知られております先生が、「日本とアメリカの技術ギャップ」とい報告を致しまして、それに関連した議論の中で、1975年頃には恐らく日米貿易は片道100億ドルを越すだろうといっております。これはまあ私どもがごく大ざっぱな試算をしましてもそんな見当になります。現在片道40億ドルぐらいですが、75年100億ドル、片道100億ドルの貿易の中身といのは非常に入りくんだ関係に恐らくなっていくのではないかと思ひます。たとえば、大きな飛行機は日本がアメリカから買うと、小さな飛行機を日本からアメリカに出す、大きなコンピューターを日本がアメリカから買って、小さなコンピューターをこちらからむこうに出す、大きな自動車を輸入して小さな自動車を輸出する、いろいろこちらは小さなものばかり多いのですが、そういうふうになるのではないかと思われまます。つまり同じ飛行機とか、自動車とか、コンピューターとかいの中にも、相当な程度の分化特殊化が進むとい形で交流が行なわれ、さらに、各々の国の産業の中に各々の国の部品、といようなものがいろいろな形で入り込む、といような貿易の形態に恐らく発展していくのではないか、そうでなければ片道100億ドルといような、さらにはそれを越えて伸びる姿が考えにくいのではないかと思ひます。ですから、そういう面からも先進国との間のいわゆる多角的な企業提携といものもますます進んでいかざるを得ないでしょう。一方、アジア諸国とも前に述べたような関係がございまますし、また世界的に日本の必要とする資源の開発に対する投資といこともますます必要になってまいります。こういことを考えてまいりますと、1970年代の日本の経済といのは、これまでより一層強く国際化を要求される時代になるのではないかと思われまます。私どもが近頃申しておりますのは、貿易の自由化、資本の自由化といのは、何かよその国から言われて少々少しずつ自由化しておるといような感じが強いわけでありまますけれども、どうも1970年代は日本が他の先進諸国に対して自由化を要求するケースがますます増えてまいるんじゃないかといことでありまます。日本の輸出貿易に関し



ましては、現在だいたい輸出の弾性値が2と言っております。すなわち、世界貿易が5%増える時には、日本の輸出は1割増える、世界貿易が1割増える時には日本の輸出は2割増えるということで、これは年によって少し違いますが、この10年間位を平均してみますとだいたいその比率が2ぐらいになっております。つまりこれからも世界貿易の2倍のスピードで、日本の輸出を伸ばしていくということであれば、やはり他の国の貿易政策ができるだけ自由であってほしい、できるだけ人為的制限を加えないでほしい、そうでないと、そういう高い率での成長が難しくなってくるんじゃないかと思われます。最近のいろいろな国際交渉のケースを見ますと、だいたいそういう、日本側が自由化を要求するという、少なくとも不自由化をしないでくれという要求のケースが増えております。先だつての新聞紙上の記事でも、菅野企画庁長官がOECDの閣僚会議で、欧州各国の貿易輸入の自由化を大いに強く要求したとでておりましたが、日本の経済が国際化時代に、さらに一層発展するためには、日本が自由化を他の国に要求しなければならない時期にだんだんできてきているんじゃないかと思われます。さらに、この日本の経済の急激な成長のimpact、他の世界に対するimpactを緩和する意味からいっても、これから海外で事業をする場合に、あまりはっきりmade in japanあるいは、日本の会社ということを出さないで、むしろ相手国の企業とか、いくつかの複数の国々の企業が提携いたしまして国籍不明の会社になって発展していく、そして、その中の利益の一部は日本に戻ってくる。というような活動の仕方も、これは風あたりが日本にのみ集中しないためにも必要になってくるし、また他の国々の人と利益を分かち合いながら仕事をのばしていくという立場からも必要になってくるかと思ひます。

先般、あるアメリカの大学の先生、加州大学の先生に私どもで話をお願いしたんですけども、その時のお話では、アメリカの商品輸出額に対して、アメリカ系の海外企業の売り上げ高がだいたいの倍ぐらいになっており、自分の国で作った商品を外に輸出するというのはだんだんと古い形態になってきて、資本参加、技術参加、経営参加というような形で、海外で事業をやって、その売り上げを増やしていくというような面が、国際的な取引の中で重要な割合を占めるようになってきた、ということでした。恐らくこれからの日本も、単に商品を出し、それで外貨をかせぐということではなくて、今のような多角的な企業の国際活動の中で利益をあげていくという方向に進まざるをえなくなってくるのではなからうかと思ひます。技術の面でもいろいろな考え方はございます。たとえば、できるだけ国産の技術を発展させなければいけないという考え方がございます。基本的にはそうしなければいけないと思ひますけれども、しかし、自給自足的な技術体系が必要かということ、必ずしもそうではないだろうと思

います。私どもは技術の輸出入、国際収支のバランスということを目標にすべきではないかというふうに考えるわけでございます。現在の日本の技術輸入に対する支払いを100といたしますと、技術輸出による外貨の受け取りはだいたい10で、100対10でございます。10年ほど前は100対1でありましたから、つまり1%でありましたから、100対10になったのは大した改良であります。ヨーロッパの主要工業国では100対40とか100対30、あるいは100対50というような比率でありますから、少なくとも、まあ、できれば技術導入に払う費用の半分ぐらいは技術輸出で受けとるというようなところにはなりたいものだという気がいたします。アメリカのように、技術導入と技術輸出の比較がちょうど逆で、9:1ですか、技術輸出によるかせぎが技術導入のために支払う外貨の10倍近くになる、そこまで輸出超過になるのはなかなか容易ではないと思えますけれども、少なくともこの技術貿易のバランスができる程度にはなりたいものだという気がいたします。これは日本の得意とする技術が外国に買われ、むこうの国の有利なものは日本に輸入されるということであり、言いかえればやはり技術の面でも国際化が一層進展していくと言えらると思えます。ただこちらが輸出すべき技術、独特の技術を作りあげていかないと一方的な輸入超過になりますし、その輸入超過に関連してますます制限的な条件がついてくると、たとえば製品の販路の制限とか、あるいは技術の導入のコストにしても相当一方的に高められるということもでございます。反対に、こちらが輸出する技術を持つということであれば、必ずしも機械的な自給ということではなくて、技術貿易のバランスが合うというような形で、大いに分業化、専門化を進めていくというような考え方が将来必要になるんじゃないかと思えます。つまり、日本の経済の性格から今まで申し上げました点から申しまして、技術の面にもほぼ似たような国際化の傾向が強まっていかざるをえないんじゃないか、それも今まで一方的な技術の輸入国であった立場から、相当程度の輸出ができるというふうになっていくことが必要ではなからうかと思うわけでございます。

それから最後に、科学技術の面、特に原子力の面でございますが、さきほどの資源の輸入、たとえばエネルギー需給の面では、昭和50年でだいたい8割以上が輸入エネルギー、昭和60年で90%が輸入エネルギー、これはさきほどのエネルギー基本問題調査会の報告の数字でございますが、ただ現在計画されている原子力発電が進展いたしますれば、昭和60年のエネルギーのうち約10%が原子力エネルギーになることとなります。原子力エネルギーは輸入エネルギーか、国産エネルギーかという判断はなかなか難しいわけですが、仮に国産エネルギーとすれば、だいたい8割の輸入エネルギー依存度となり、逆に、原子力発電を輸入エネルギーとみれば、9割までが外国からのエネルギー供給ということになる計算でございます。技術

の進歩が加速され、原子力発電が経済的なエネルギー、ソースになる時期が早ければ、その面の輸入エネルギーの依存度はそれだけ軽減されるということにもなると思いますし、あるいは木材とか、家畜のえさ等に合成品がだんだん発展してくるということになれば、こういう点も資源の制約から開放する要素になってまいると思います。ですから科学技術の進歩というのは、最初に申しました資源の依存度にも非常に大きな影響を与えますけれども、しかし大勢としては、やはりますます多量の資源について海外に依存しなければならぬという関係は動かないかと思うのでございます。

以上のような情勢が日本をめぐりまして国際的に起こっており、われわれもそろそろ国際的な経済面での被害者意識というものから、もう少し世界経済を動かす一つの重要なファクターとしての日本経済、主体的な日本経済の影響力というような面を含めて、問題を取り上げていく必要があるんじゃないかと思います。自由化の問題にいたしましても、こちらが要求しなければならぬ立場であれば、当然むこうからくるものに対しても、相当思いきった自由化をしなければなりません。貿易というのは総合的なものでございますから、剣道で「皮を切らせて肉を切る。肉を切らせて骨を切る」というような話がございしますが、皮も切らせないで相手の骨だけ切ろうというのは、ちょっと無理なことでもございますし、やはり総合的に自由化を進めていく、それによって、より大きな規模で日本の経済が回転する、国際的な規模で回転するようにだんだんもっていく必要があるのではないかと思います。

パネル討論会－1

ナショナル・プロジェクトと国内の協力

議長 清成 迪 氏（動力炉・核燃料開発事業団 副理事長）

パネル・メンバー（五十音順）

天 野 昇 氏（日本原子力研究所企画室長・動力炉開発  
管理室長）

伊 原 義 徳 氏（科学技術庁原子力局動力炉開発課長）

垣 花 秀 武 氏（東京工業大学工学部教授）

酒 井 正 利 氏（電源開発理事）

武 安 義 光 氏（動力炉・核燃料開発事業団理事）

永 島 菊三郎 氏（住友原子力工業常務取締役）

西 依 祥 一 氏（電気事業連合会原子力部長）

森 川 辰 雄 氏（東京芝浦電気原子力本部技師長）

3月4日（火）

B 会 場

## ナショナル・プロジェクトと国内の協力

議長 清成 迪（動力炉・核燃料開発事業団副理事長）

パネル・メンバー（五十音順）

天 野 昇（日本原子力研究所企画室長・動力炉開発管理室長）

伊 原 義 徳（科学技術庁原子力局動力炉開発課長）

垣 花 秀 武（東京工業大学教授）

酒 井 正 利（電源開発株式会社企画室長）

武 安 義 光（動力炉・核燃料開発事業団理事）

永 島 菊三郎（住友原子力工業株式会社常務取締役）

西 依 祥 一（電気事業連合会原子力部長）

森 川 辰 雄（東京芝浦電気株式会社原子力本部技師長）

議長（清成） 私が議長をつとめさせていただきますが、ふつつかなところが多かろうと思えますので、あしからずご容赦を願います。これからパネル討論会を進めさせていただきますと思います。

最初に私からちょっとごあいさつを申し上げます。現在、動力炉・核燃料開発事業団でやっておりますナショナル・プロジェクトは、新しい型の動力炉の開発ということでございます。これはいろいろな特徴がございますが、まずこのプロジェクトは未知の分野の研究開発でございまして、非常に不確定要素が多いというのが一つの特徴であろうかと思うのでございます。その次には、このプロジェクトは10年間に約2,000億という巨費を使いますビッグ・プロジェクトでございまして、とうてい一企業などのなし得るものではございません。大学、各研究機関、それから産業界のすべてを打って一丸とした力の結集をしなければならぬ性質のものでございます。その次には、このプロジェクトはいつきてもよろしいというものではございませんので、完成の時期を失しますと、その価値が極度に小さくなるという特色をもっておるわけでございます。このようなプロジェクトは、わが国でこれまでまずやられたものはないのではなかろうかと私は考えております。

わが国は、これからいろいろと取り組んでいかなければなりませんけれども、いま世間

でいわれておりますような、あるいは宇宙開発、あるいは海洋開発はこれと同じようなビッグ・プロジェクトになるのではなからうかと思っておりますので、大体同じ性格と考えられます。しかし動力炉開発は、これらの先駆的な役割りをすると考えてもいいのだろうと思うのでございます。いわば試金石でございます。このような意味から申しまして、このナショナル・プロジェクトを成功させることは非常に大事なのですが、その成功のかぎとしましては、国内協力ということが第一でございますので、本日、国内各層の協力をテーマにしましたパネルをもつことができたということ、私は非常に有意義であると考えられるわけでございます。

そのような意味からして、これから討論に入らせていただきたいと思うのでございます。まず最初には、伊原さんのキー・ノートを拝見しますと、ちょうどイントロダクションの意味も兼ねておるようにも思いますので、最初にトップバッターとして、伊原さんにご説明を願います。そして、それにつきましてパネリストの皆さんでご討論を願いたい、このように考えます。どうぞ伊原さん、ひとつお願いします。

伊原 それでは、キー・ノートBに基づきまして、私の担当しますのは、このナショナルプロジェクトが成立しましたいきさつを主としてご説明するということでございますので、すでにもうここにおいでの方々、大かたの方々は、十分このいきさつはご存じだと思いますけれども、討論の順序としまして、あるいはいままでのこの経緯にそれほど詳しくない方もおられるかと思っておりますので、そういう方々のためにもざっと従来のいきさつをご説明させていただきます。

ここにございますように、将来のわが国における電力需要の大部分は原子力発電によってまかなわれる。大部分というのは言い過ぎではないかというご意見もあるかと思いますが、かなり先を考えると、やはりこういうことでわれわれは考えていかなければならない。そこで、現在実用化されております原子力発電のその発電炉としましては、ご承知のように軽水炉が主体になっておるわけでございますが、残念ながらこの型は濃縮ウランを使わなければなりません。そういう意味で、日本のようにウラン濃縮工場をもっていない国では、核燃料の安定供給、こういう面でやや不安がございます。もちろん日米間の協定ということで、将来30年にわたっての供給は米国は約束はしてくれるわけでございますけれども、何といたっても事情の変更等の将来のことを考えると不安である。また資源の活用という観点から考えましても、ご承知のように軽水炉は、ウランのもっております潜在エネルギーを、そのできましたプルトニウムを多少リサイクルするにしましても、1%程度し

か利用できないと考えられております。したがって資源的に考えましても、将来の原子力発電を軽水炉のみに依存することは、国として得策ではないのではないかと、こう考えられるわけでございます。

このために、新しい型の発電炉が開発されることが必要である。たとえばどういう炉が考られるかと申しますと、ご承知のように濃縮ウランを使用しない炉で、しかもウランのもつエネルギー、潜在エネルギーの大部分を利用できる画期的なものとして、高速増殖炉があるわけでございます。プルトニウム・ウラン238サイクル、こういうものがある。いま一つ、天然ウランを燃料として使用できて、しかもエネルギー利用効率がいいもの、軽水炉よりもややよいものとしまして、新型転換炉、こういうものが考えられるわけでございます。

これで、世界各国とも現在こうした新しい動力炉の開発に真剣に取り組んでおるわけでありまして、わが国も原子力開発を始めまして十数年、最初の間は外国の技術の導入にきゅうきゅうとしておった、そうせざるを得なかったわけですけれども、最近はその努力の結果が実を結びまして、だいぶ実力もついてまいりましたので、日本の力で新しい動力炉を開発できるのではないかと、すべきではないかと、そういう機運が生じまして、原子力委員会に動力炉開発懇談会が設けられまして、そこで非常に徹底的な議論が行なわれました結果、昭和41年に原子力委員会がこの懇談会の結果をもととしまして、高速増殖炉と新型転換炉、この二つを日本として自主的に開発する、こういう方針をきめたわけでございます。この方針に基づきまして、政府を中心として関係方面におきまして具体化が進められまして、この開発を担当する機関としまして、新しい機関を設けるのがよいのではないかと、こういうことになりまして、昭和42年10月に動力炉・核燃料開発事業団が、これは法律に基づいた特殊法人として設立されたわけです。

それで、動力炉開発についての国の方針と申しますのは、実はこの動力炉・核燃料開発事業団法には定められておるわけでありまして、内閣総理大臣がその方針を明示する。そのためには、まず原子力委員会がその方針について十分の検討を行ないまして、その結果を内閣総理大臣が採用しまして、基本方針をきめることになっておりまして、昨年3月……ちょうど1年前に動力炉・核燃料開発事業団の動力炉開発業務に関する基本方針が定められたわけでございます。

その大要を申し上げますと、まず目標としましては、高速増殖炉を昭和60年代の初めに実用化する。また新型転換炉を昭和50年代の前半に実用化する。そういうことを目標

におきまして、それまでの具体的なやり方としましては、原型炉というものをつくる。その原型炉を建設し運転するまで、その間の1つの開発期間を定めまして、関係各方面の総力を結集しましたナショナル・プロジェクトという形で、その原型炉の建設、運転までを1つの活動期間としまして、自主開発を行なうということに定められたわけです。

その主要点としましては、たとえば高速増殖炉の原型炉は、電気出力が20~30万KW、それで型式はナトリウム冷却型、ほかにも型式はございますが、ナトリウム冷却型にしよう。これを昭和51年度ごろ臨界にいたらせることを目標にします。

なお、その前に、燃料の照射施設として、あるいはその他高速増殖炉の技術に習熟するためということでありまして、熱出力が10万KWの高速実験炉を建設する。昭和47年度ごろ臨界に至らせるということになっております。

また新型転換炉につきましては、実験炉の段階を経る必要がないと認められましたので、原型炉をつくる。それで、原型炉としましては、電気出力約20万KW、それで型式としましては、重水減速沸騰軽水で冷却する。こういう型を昭和49年度ごろ臨界に至らせる。こういう2つの目標、大きな柱が立っております。

これら原型炉の建設の具体的計画につきましては、評価、検討を経て決定する。チェック・アンド・レビューと称しておりますが、実際にそれに着工します前に、はたしてその原型炉が、十分合理的な計画のもとにつくられるものであるかどうか、それを十分検討した上で建設を始める、こういうことになっております。

それから、その建設を行なうに当たりまして、各界の協力、これはナショナル・プロジェクトというものの性格からして、各界の協力がなければとても完成できないものでございますので、各界の協力を求める。しかしその場合に中核としましては——動燃事業団がありまして、責任は一元的にそこでもつ、こういう形で開発を行なうということを考えております。

それから、開発業務を進めるに当たりましての具体的計画につきましては、これは内閣総理大臣が原子力委員会の議を経てまとめます基本計画がございまして、これをもとにしまして効率的、計画的に実施する、こういうことになっております。この基本計画は、現在定められておりますのは、昨年3月に定められましたもので、昭和45年度までの期間を一応の対象にしております。したがってその第一次計画が完了した次には第三次計画、さらに第三次計画という形で、各開発段階に応じて作成されるわけでございます。

なお、この実施に当たりましては、特に計画の管理を合理的に行なう、いわゆる科学的



管理手法というものを導入しまして、合理的に管理を行なうことが考えられております。

それから、海外の技術の活用、これも当然のことでありまして、自主開発とは申しますものの、日本はややおくれて出発しておりますので、外国の情報で利用できるものはできるだけ利用する。またわが国で得られた情報で外国に役に立つものは外国に流してやる。こういうことで国際協力を活発に行なう。

それから、開発資金につきましては、先ほど議長からお話ございましたように、2,000億円という、日本にとってはかなりの大金でございます。したがって国家資金が当然考えられるわけでありまして、そのほかに先ほど申し上げました原型炉は、開発が終わってからあともかなりの残存価値も残っておることでもありますし、かつまた原型炉の開発そのものが非常に民間の企業に、直接・間接に利益を与えることもございますので、その建設費の半分を民間の拠出に期待する、こういうことになっております。なお、この原型炉建設費として現在考えられておりますのは730億円でございますので、その半分が民間の拠出に期待されておるわけでございます。なおそのためには拠出をしやすいようにということで、免税措置が講ぜられることになっております。

それから、開発業務を効率的に行なうために、全部を自分で施設をつくり、人を雇ってやるということではなく、動燃事業団は、もちろん中心的な業務は事業団みずからやるわけでありましてけれども、いろいろの研究開発業務を民間企業、あるいは日本原子力研究所、こういうところに業務委託という形をお願いをする。それでその成果を動燃事業団でまとめる、こういうことであります。こういう業務委託を大幅に採用という考え方も、この計画が日本ではほぼ初めてのやり方ではないかと思われまして、この程度の大規模でやるのは非常に珍しいのではないかと思われまして。

最後に、こういう新しい計画を完成しますのは、何といたっても人間が中心でございます。したがって専門的人材については、関係各界からの参加によって確保しまして、ある場合には動燃事業団に出向していただき、ある場合には各関係機関でご活躍いただきまして、この第一目標を完成する、こういうことで考えております。以上でございます。

議長 ありがとうございます。討論に移りますけれども、これはもう大体伊原さんのいまのは、現在までのいきさつを述べていただいたかっこうになっております。これを討論しますと、実は事業団法ができますときに、国会で討論されたことを全部繰り返さなければならぬということにもなるかと思えます。しかしそれらはそれとしまして、国会討論をもう一遍繰り返すのではなくて、ひとつパネリストの方々から何か別な角度のご討論、あ

るいご意見がありましたら活発に出していただきたいと思います。垣花先生、いかがで  
ございますか。

垣花 もうしばらく考えさせていただきます。

議長 これは伊原さん、私が討論したのではおかしいかもしれませんが、このような開  
発体制をとったことはたいへんご苦心のところだったと思います。世界のほかの国の開発  
体制に比較しまして、どのような特徴があるのでございますか。

伊原 これは、まず頭に思い浮かびますのは、開発資金をどうするかという問題がすぐくるわ  
けでございます。日本の場合は、国の体制、考え方の違いもございまして、民間企業の分  
担する割合がかなり大きいことは事実だと思われれます。一つには、これは日本の原子力研  
究開発は軍事利用と無関係である、そういう歴史的な違いがある。いま一つは、日本のエ  
ネルギー産業、特に電力事業が私企業として非常に強力である。そういういろいろな事情  
があると思いますが、比較的よその国に比べまして、たとえばアメリカとか、イギリス、  
フランスなどに比べますと、国の負担します資金の割合がやや少ないことは事実かと思わ  
れます。

いま一つ、この動力炉・核燃料開発事業団という形、特殊法人という形で仕事をしますの  
も、これが外国とかなり違った形ではないかと思われれます。外国の場合ですと、国が全額  
金を支出しまして、原子力委員会という形、あるいは原子力公社という形、そういう形で  
動力炉の開発をやるのが大体の例でございまして、日本と比較的似ておるのは西独の例か  
と思いますが、これはその国、その国の国情の違いが反映しておるのではないかと思われ  
ます。

議長 ああ、そうですか。ありがとうございます。ほかにご質問なり、ご討論はございませ  
んですか……。実はこれは、いまも申しましたように、なかなか討論できにくいテーマで  
ございまして、一応国会で討論されてしまったことというので、実はあまりないかもしれ  
ませんので、一応このテーマだけはこれで切り上げまして、次に移って、また出てくるか  
もしれないと考えますから、そのときどきに出していただきたいと思います。

次に入らせていただきますが、武安さんのキー・ノートには、現在のこのプロジェクト  
のスケジュールも含まれておるわけで、プロジェクトの現状を把握する意味からも先にや  
らていただいたほうがいいのではないかと思いますので、次には武安さんをお願いをした  
いと考えます。

武安 私のほうはプロジェクトの実施者という立場でございまして、ただいま伊原さんのほう

からご紹介のありました国の基本的方針に基づきまして、開発の計画を實際上組み立てていく。また予算を作成して、政府における決定をもちまして仕事を進めていくという役割りになっているわけでございます。

そこで、初めに、現状が概略どうなっているかということのご説明をしたいと存じます。それで、この資料「パネルー１－D－(3)」というところに表が入っておりますが、ここにも表が掲げてありますので、簡単にこれでご説明します。

まず高速増殖炉であります。これは、最終的には電気出力20万KWの原型炉を、51年ごろまでに臨界に達せしめるということで進めるわけですが、その間に実験炉を建設する。それで、実験炉は原型炉建設に必要ないろいろな試験をするとともに、また将来燃料照射の装置として活用するということであります。

実験炉が先行しまして、現在詳細設計の段階でありまして、これは44年度の予算でこの建設が、総工費約200億円ぐらいのめどでありますけれども、認められまして、現在詳細の設計、安全審査等の準備をやっておりまして、44年度中に安全審査を経て、建設に着工する。それで、ここは47年という絵になってはいますが、実際はもうちょっとこのところはおくれるかもしれませんが、そういうことで実験を進める。

それで、これに関連しました炉体構造や関連機器の試験、それからナトリウム関係の冷却……ナトリウム冷却型でありますので、これの各種のナトリウム工学的試験、あるいはこれは原子力研究所のほうにある設備に期待しているわけでございますけれども、FOA、いわゆる臨界実験装置の実験、あるいは安全性に関する研究、あるいは燃料の開発、特に燃料の開発に当たりましては、海外へ調査を委託するということが現在行なわれております。

こういことが行なわれまして、これは一部は実験炉のほうへつながり、またあるものは原型炉のほうへつながっていく。それで、実験炉の建設とやや平行した開発計画になっておりますけれども、51年に臨界に達するための開発に着手するということであります。この中の幾つかのものは、あとでご紹介しますように民間に委託し、あるいは大洗の地域にナトリウムの施設を、現在大型実験装置として建設に着手しております。

それから、新型転換炉のほうであります。これは実験炉という経過はありませんので、いきなり原型炉に着手する。この構造としましては、45年度に安全審査を経て建設に着工していく。もうここでいま各種の準備を進めまして、49年度中に臨界に入るということでもあります。それで、そのための研究としましては、現在設計研究を2次の段階でやっ

ております。また臨界実験装置関係は初の大型の臨界実験装置、重水の臨界実験装置を現在大洗に建設中であります。あるいは熱ループであるとか、各種コンポーネント試験とか、試作の開発を各メーカーに委託する。あるいは燃料、被覆管等の試験をやることを現在進めつつありまして、これらの成果を、また安全性研究を経まして、これらが建設の早期に、あるいはその途中において必要な時期に実験結果を得まして、建設を進めていく、こういうことになっております。

大体概略はこのようなテンポでずらっと進めておりまして、その次に資料の「Ⅰ-D-4」というところをごらんいただきたいのでございます。ここでは動力炉部門、動力炉核燃料事業団のうちの動力炉関係の組織図、これは(案)と書いてありますが、これは一部検討中のものがありまだ決定をみておりません。ごらんのように、計画管理部というところで、これは各種のこのプロジェクトの管理を合理的にやっていくための一種の作業です。それから炉自体につきましては、新型転換炉開発本部、高速増殖炉開発本部というのがありまして、かつこの中には高速炉の実験炉の建設準備室というのができております。これは年内に実験炉建設室という形に当然変わるべきものであります。

それから、大洗地区に幾つかの大きい実験設備を設けることにしています。これはご承知かと思いますが、原子力研究所の敷地の中の南側に場所を借りております。この上のほうに新型転換炉、あるいは高速増殖炉関係で点々囲みまして、幾つかの略称を付しましたこの施設が、それぞれここでできるわけでありまして。それで、これは現在、建設準備室という形として近く発足する予定になっておりますが、年内にこの幾つかの施設が動き出しますので、そのときにはおそらく大洗事業所という名前になるわけでありまして、そこで管理部門を置きまして、事務的、管理的事項、あるいは技術的施設の保守管理、サービス関係ということをやります。それでその他の研究施設を含めまして、大洗事業所という形になる。この研究施設はそれぞれ新型炉、あるいは高速増殖炉のプロジェクトの一環にかかる研究を行なうわけでありまして、このあるものにつきましては、みずから行なうということだけでなく、適当なる方面に委託して運営をお願いするということも考えておるわけでありまして、これらをひっくるめまして、これらの研究はそれぞれの本部のプロジェクトの一環として運営をされるということにしております。

それから、動力炉研究施設建設準備室というのは、現在その整備されつつあります施設の建設関係の事務を行なう総合組織であります。このように研究開発の主体が大洗事業所という形でいま展開されようとしております。それから、敦賀の建設事務所というのは、

これも将来、新型転換炉が45年度においてスタートすることがまします段階において、敦賀地区において建設を予定されている新型転換炉の事務所ができるであろうということでもあります。

このような組織運営でやっておりまして、このほかに海外から、たとえば日米の高速増殖炉の情報をもろう、あるいはカナダ、イギリス、フランス等に情報を買ひ、あるいは照射の依頼をするといういろいろな国際的な交流を織り込みまして、現在いつも進めているわけでありまして。

そこで、この人員であります、これは動力炉開発関係のプロパーの分野、管理部門と、かいろいろの分野、特にこの表にはありませんが、燃料関係の研究分野が東海にあります。こういうものも当然動力炉開発に密接な関係をもっているわけでありまして、それらを除きまして、動力炉関係の人員は、主として各方面からの出向派遣という形で求めておりまして、5ページの上のほうにありますが、おおむね100名あまりぐらいが現在実員としておりまして、その中の出向のものは、ここに書いてありますように、メーカー、電力関係、あるいは原研その他からの方々にきていただきまして、業務を展開しております。

それから、先ほど紹介もありましたように、みずから試験、研究等を直営でやることもありますが、かなりの分を委託、あるいは請け負うという形でぐらいにお願いしているわけでありまして、その件数が現在までのところ、こういう72件という数字でございます。

それから、資金計画の関係は、俗に2つの炉型の開発費として、約2,000億円のプロジェクトということで、大きい金額であります。10年ないし11年ということでありまして、この分担はごらんのとおりであります。それから、42、43、44年度までは、予算という形ですでに具体化しております。それで、これは民間出資に期待する分を含めました数字であります。たとえば44年度におきましては145億円でありますけれども、その内の約10億円は民間出資を予定しているということでありまして、残りの昭和45年から51年の間に期待されます金額がさらにこれだけ、非常に多額のものがありまして、まだプロジェクトが緒についた段階であることがこれでおわかりいただけると思います。

そこで、このような状況で現在まで進んでいるわけでありまして、幾つかのナショナルプロジェクトと国内の協力に関連します問題点、非常にむずかしい局面に向かっている具体的なポイントを幾つかここで申し上げたいと思います。開発を行ないます当事者でありますから、これはあまり、非常に困難が多いとばかりいっておれないわけで、やはりあら

ゆる努力をして解決をしていかなければならないわけではありますが、まず一般論的に申し上げますと、これは何といたしましてもまず新型転換炉、高速増殖炉、とにかく世界的にみましても、完全な意味では実現されていないものを研究してやっていくわけでもありますから、それ自体、非常に技術的むずかしさが当然あるわけでもあります。ですから、これを実行する形としましては、事業団は事業団という形をとっておりまして、特に国のプロジェクトということで、予算の大部分を政府資金によってまかなわれている。このような状況であります。それで、一般の特殊法人と同様な法律的な規制、あるいは予算的な規制をどうしても受ける。これは、ある意味ではやむをえない点があるわけではありますが、先ほどから、お話のありましたような研究開発というやや特殊な業務、しかも非常に時間を急ぐ、あるいは不確定性のある事柄をやる上において、非常に本来的にむずかしい問題に直面しているわけでもあります。

次に、人材の吸収、あるいは各方面からの出向に待つわけでもあります。これもやはり日本としておそらく初めての試みでありますわけですし、いろいろな分野で育った人、あるいはいろいろな専門の人が集まって仕事をするという上での運営上のむずかしい点も当然あるわけでもあります。

それら、いろいろあるわけではありますが、基本的な考え方としましては、この研究開発自体のむずかしさ以外に、いまだかつてない大規模なプロジェクトを完成させる上での困難が、組織の運営であるとか、プロジェクトの管理・制度に対してどう対応していくか。あるいは人事管理等の、どちらかといいますと、技術的以外の管理的事項の処理をどうやっていくかということ自体につきましても、これはひとつの国としての大きな実験、いわば開発である。そういう意味で、われわれとしては困難に立ち向かい、あるいは必要なものなら改正をはかりということをやりたいと考えておるわけでもあります。

これは、大小いろいろありますが、幾つか気のつきました点をもう少し具体的に申し上げますと、この一つはまず国の予算の性格でありまして、前年の8月一ぱいで立案し、要求をし、それで大蔵省の査定を経まして、国会審議を経て4月にきまる、それを実行に移すということでもあります。

そこで、事業団の予算というのは出資ワクとして決定されるわけでありまして、金としては1本でありますけれども、この金額をきめます場合には、その個々の積算に基づいてつくられるわけでもあります。それから、その出資された枠は、年度に入る段階で実行計画をあらためて作りまして、あるいは認可予算という形で作くり直され、それにもかかわ

らず、その個々の認可予算における積算にもかかわらず、実行面での弾力性というのはある程度は認められておるわけでありませうけれども、いろいろな意味で個々の査定、積算に拘束される要素が非常に大きい。研究開発という非常に正確な見積りの困難なものの実施面で、非常に不便を来たしているということが大きくあげられます。これは、国の予算の時期なり、作成の方法を、研究開発のためだけ変えるわけにはなかなかいかん点はあるわけでありませうけれども、やはり運用面での弾力性がもう少し完全に確保できるような方向での措置が望ましいと思います。

次に、予算制度の単年度制という問題があります。予算面でのこのような長期にわたるプロジェクトをやります上での継続性が、一応通常のものについては制度的には認められていないということでありませう。数年にわたる研究開発というものについては、もちろん予算の実行面、あるいは編成面で当然考慮はされるわけでありませうが、制度上の保証が取りにくい。ただ、施設の建設であるとか、特定の資材の購入で、2年以上にわたる債務負担行為の行なう限度がちょっと……単年度予算以外に認められることもありませうして、実際上、かなりこれを補っているわけでありませうけれども、やはり弾力性が十分でない点があります。

これは予算面ですでに出てきている問題でありませうが、3番目に、研究開発が1回限りの仕事で、非常に不確実性が多いということがありませう。今度はこのための予算の計上の際のいろいろむずかしい問題もありませうが、実際それを部外にお願いする、請負であるとか、委託ということでお願いする段階での費用の見積りにつきましては、これはこの不確定要素、あるいはリスクのある研究開発の業務をどう見込んでいくか。これを合理的に処理していくための未解決の分野がまだかなり残っているわけでありませう。こういう問題の解決を合理的に行なう努力をしなければならんと考えておりませう。

もう一つは、これは各界協力ということで、産業界等につきましては、現行制度でスムーズにいくわけでありませうが、大学との関係、特に国立大学という非常に研究の分野の能力の高い大きなフィールドがあるわけでありませう。この方面との協力という問題につきましては、現状としましては小規模の委託研究であるとか、各先生方の、あるいは専門員として、あるいはその他の形での個人的なプロジェクトへの参画、アドバイスを受けるとか、こういう形が主体でありませうけれども、これはもう少し大規模な大学との連携なり、参加がやり得るような体制が、長期的な問題としては考えられていいのではなからうかと考えられます。5番目が、これは人事管理上のいろいろな出身の人等の扱い方、これはいろいろ

るなむずかしい問題があります。だから、非常に割り切って、ある何年かの契約制というやり方も、それは構想としては考えるわけではありますが、現状はそれぞれの過去の従来の経緯を實際上確保するという形が中心になって行なわれております。これは、一つのモデルとして、長期的には研究を要する課題といえるのではないかと思います。

6番目に書いてありますことは、これは広い意味のPRであります。ある意味では非常に広範、かつ複雑なプロジェクトでありまして、その実際上の運用の問題、性格の問題、いろいろな問題点等を、事業団の側として、これは十分に各方面に理解を求める努力が特に必要でありますけれども、また逆にとかくわれわれの側としましても、一部独善的なことにもなりやすいということから、この面の双方のコミュニケーション、あるいはPRを特に留意しなければならぬ、またこれに対する努力が特に強調されなければならないと考えております。

このようなことが幾つかの問題というところなのでございます。しかし何と申しましても、さきに申し上げましたような、国として非常に意義のある開発計画を、各界協力のもとで取り上げていくことの意義は非常に大きいわけでありまして、われわれ担当に当たるものとして、最大限の努力を払っているわけでありまして、設立時の非常にむずかしい情勢の中で、この政策が立てられた趣旨を、今後何年かの長い間にわたって、十分各方面で確認されまして、特に政策面での強力なバックアップがどうしても必要である。またこれに関連しまして、長期的な各界のご援助をお願いしたいという点を申し上げまして、ご説明を終わりたいと思います。

議長 どうもありがとうございました。現在の動力炉開発のプロジェクトが、いまみたような形で現在進んでいるということですが、この問題に対しましては、いろいろと各方面からご討論が多かるうと思います。どうかひとつ活発にご議論を願いたいと考えます。

垣花 それでは、二つご質問したいと思うのでございます。二つとも、伊原さん並びに武安さん両方に関係しますと思います。

一つは、まず二つのプロジェクトをおやりになっているということでございますね。それはいい悪いは別としまして、この二つのプロジェクトをやるということをおきめになったそういうことと、それからその二つのプロジェクトを一つの場所でやる利点でございます。少なくとも現時点においておやりになっているわけで、利点がおありになるのでおやりになっているわけだと私は考えますが、そういう利点は、たとえばどこにあるか。それから、将来このプロジェクトがかなり進展した場合には、別個にしたほうがいいのかである



か、よくないのであるかということでございます。開発の段階が、これを拝見しましても、実験炉の段階と原型炉の段階という波のずれがございますから、そういうものを一体どのように考えておられるか。これが一つでございます。

それから、この二つなのですけれども、今度は2分の1という数字をちょっと伺いたいと思うのでございます。資金が、概算なのでございましょうけれども、政府が2分の1で、民間が2分の1、そういうフィロソフィーが永続的なものであるか。それともやがて変わるべきものであるかということでございます。それは、実は正確にいいますれば、この高速炉と新型転換炉に、両方とも民間が2分の1でいいのか悪いのか。もちろん組織として一つの組織でおやりになっているわけでありますから、そのようになるかと思えますけれども、原理的に考えますといかがだろうか、そういうことを少し私はご質問したいと思うのでございます。

それから、ちょっとこれは冗談ぎみになりますけれども、たとえば一つのプロジェクトにやがてなってしまうならば、片方は全部政府でできる、片方は全部民間でできる、そのようなターニングポイントがあるのかないかを少しお伺いしたいのでございます。

伊原 私の方の関係があると存じますので、私から答えさせていただきますと、先ほどの二つのプロジェクトをやるという決定が合理的であったかどうかにつきましては、これは非常に時間をかけまして、関係各界の方々にご検討をいただいたわけです。その結果、いろいろな観点から、これは合理的な決定である。と申しますのは、まず何はさておき、日本の経済力、それから技術のポテンシャル、そういうものから考えて、この二つをやる能力があるという動きがまずございます。端的に申しますと、10カ年間に2,000億という金は、決して日本経済の規模からいって、出せない金ではないのだ。こういう認識がまず一つございます。

いま一つは、この二つのプロジェクトが、全く同じフェイズをもって平行に行なわれるわけではなくて、新型転換炉の開発がやや先行しまして、それに引き続き高速増殖炉が開発される、そういうことから考えますと、一つの機関でこの両方やることは、いろいろ人材の活用、あるいは知識、経験の活用という点で合理的である、こういうことから、この二つのプロジェクトが、動燃事業団という場で行なわれることになったものである。このように承知しております。

いま一つ、資金の問題につきましては、2分の1と申しますのは、全研究開発費2,000億の2分の1ということではございませんで、一般的な研究開発費は国の資金に依存する。しかしそのほかに具体的な原型炉という形、それは2,000億のうち730億円ぐらい見

積られておりますが、その2分の1を民間に負担していただこう。これは、このプロジェクトをスタートしますときの話し合いと申しますか、お互いの前提条件、認識と申しますか、とにかく半分はもちましようということで話が出発したわけでございます。そのパーセントでいいますと、全体の18%程度、2,000億の中で18%程度になると思われま。それでこの比率が将来変わり得るものであるかどうかにつきましては、お互いに相手が半分よりたくさん出してくれればよいという期待はあると思います。しかし実際問題としてはそれほど大幅に変わらないのではなからうかと、私は個人的には考えております。

ただ、最後に垣花先生がおっしゃいました何かターニングポイントみたいなものがあるかどうかにつきましては、実は原型炉着工の前に評価・検討が行なわれまして、その結果、この原型炉は建設に値しないということが明白になりました場合には、その時点でその原型炉の建設は中止するわけでございます。私ども、いままでの実績からしまして、そういうことは万々ないとは思っておりますけれども、理論的には可能性がありまして、その時点ではその比率は減りません。しかし負担額、絶対額は減り得るものである。このように承知しております。

議長 たいへんおもしろい問題で、どうぞひとつ続けて、いまのについてでもよろしゅうござりますし、ほかのものでもけっこうです。

垣花 むしろ私は、未来にどちらかがだめになるというのではなくて、片一方が完全に民間のベースで、受益者が自分でやるとか、そういう形になれないか。もう一つの片方がだいたい長期的なものだったら、これは全く政府がやるとか、そのような形の可能性はございませんでしょうかということを伺ったつもりなのでございます。何か筋としますれば、そのように積極的に経済的な観点からまいりますと、そうなったほうが、学者のあれかもしれませんけれども、筋としてはいいようでございまして、何か両方とも、原型炉なりそういうものを、民間なり政府が折半するのは、いつまでたっても両方とも経済的な受益者が将来ないみたいなことを想定しているような感じがちょっとするのでございます。

もう一つ申し上げますのは、いまのあれで、そういうフェーズの違ったものを一つの場所でやるのは、ある意味ではよろしいかと思えます。その人員の節約とか、そういうことは非常にいいわけでございますけれども、それについてフェーズが違っているものを一緒にやる……いいこともございますけれども、困難点がある。そういうことに対して、武安さん、具体的にどういうことをお考えになっていらっしゃるのでしょうか。かなり必要なタレントとか、研究資材とか、そういうものはフェーズ的に違っておりまして、それを

一つの組織でやること自身はたいへんよろしいと思うのでございますけれども、そのフェーズのずれをどのように調整なさる具体的なあれをお考えでございましょうかしら。

武安 それはなかなかむずかしいご質問だと思います。高速増殖炉のほうが実験炉という経過をとり、原型炉へいくわけですけれども、それぞれがかなり大型な研究及び開発、建設という事業でありますから、それは非常に本質的な相違はないように感ずるわけでございます。確かに高速増殖炉のほうが不確定といいますが、まだ技術的に不明の分野が大きいから、研究開発の要素が大きい。新型転換炉を現在取り上げておりますものは、かなり軽水炉の技術が応用できる要素がある。また海外でもある程度それらしき実用があるという違いはありますけれども、いずれにしても日本の原子力の従来のポテンシャルなり、実績からみますと、五十歩百歩ではなかるうかということと考えております。

天野 先ほど武安さんのお話の中に、予算制度上の制約というお話がございました。私も原研も予算制度の中で暮らしております、その予算制度の中でいま考えられておりますような大きなプロジェクトを推進していく場合に、一番問題になる点と思われるのは、全体の開発計画を一応つくりましたときに、あるその中の開発テーマ、あるいは開発施設について予算がつかなかったということがございまして、それが1カ月、2カ月のおくれということではなくて、完全にまた1年おくれになってしまう。1年おくれたもので、また開発計画をつくり直さなければならない。これは、このように全体のプロジェクトを組んで、計画的に進めていく場合に、非常に大きな問題点だろうと思います。もちろん予算制度上の制約はございますけれども、その制度の許す範囲内で、その武安さんのお話にもございました予算の弾力的な運用をぜひお考えいただきたい。これはご質問というより、むしろ私の意見と申し上げたほうがいいのかもかもしれませんが、何かその辺についてのお考えがございましたら、お聞かせいただきたいと思っております。

伊原 また私の番になるようでございますが、いまの予算制度につきましては、確かに現実的に解釈いたしますと、予算の査定でつかなかったものは、その年度にはやれないということになります。従来やり方ではなるわけでございますけれども、特に国の機関がやる場合は、現実的にそうなるわけでございますけれども、日本原子力研究所とか、動燃事業団という特殊法人という場合には、そこにやや弾力性があるわけでありまして、絶対不可欠のものであるという場合には、最初の予算の査定と実行との間のフレキシビリティで、ある程度処置できるのではないかと考えております。

ただ、いまの予算制度が万全の制度であるとは、私も思っておりません。特にこう

いう研究開発をやるのにははなはだ適当でない、つまりそういう必要がない時代に確立した制度でございますので、こういう新しい必要をうまくこなす制度ではたぶんないであろうということは否定できないと思います。

したがってこういう制度を将来どうかえるかということは、ただにこの二つのプロジェクトに限りませんで、今後の巨大科学、巨大技術と称されているものを、どのように国の制度としてこれを受けとめていくかということは、非常に大きな問題でございます、政府といたしましても、そのへんは何とかしなければいかんということは考えておるわけです。

ただご承知のように、国の性格からいたしまして、ある部門を特別扱いにするということとは、よほどの理由がないとできないということもございまして、いずれにしても、この制度をかえていくのには時間がかかる。

私は、きょう申し上げたいと思いますのは、こういう研究開発で新しい技術を確立するためには、非常な苦勞と時間をかけなければできない。ただすわっておってできるものではない。それと同じように、制度をかえるというだけではそうならないわけでありまして、やはり関係者が不断の努力をいたしまして、より合理的な制度に、多少時間はかかってもやむを得んという覚悟で当たっていただくということしかないのではないかと考えております。

議長 ありがとうございます。たいへんこれは根本に触れる議論が多うございまして、垣花先生のおっしゃるような、まだ検討がなかった部分でも、この二つのプロジェクトを分離してやるという方法もとれるかと思えます。これらは、いずれこのプロジェクトをやっていく上で、利点、欠点が出てくるのでしようけれども、だいたい国会で根本的な議論がかわされた点でもございまして、一応ご意見を承ったところで、先に進ませていただきたいと思うのでございます。

なおいまの予算の査定なども、実は非常に大きな予算になりますと、先ほど伊原さんがいわれましたような、その大きな中での弾力性は考えられるので、天野さんがいわれたように、一つの予算を削られたらもうプロジェクトは1年延びるというかっこうにはならんようにも思うのでございます。これらは、そういう形でできるだけの運営をやっているかなければならんと思えますが、武安さんのディスカッションをこのぐらいにしまして、次に進ませていただきたいと思えます。

先ほど伊原さんからご説明にもありましたような趣旨でスタートしましたプロジェクト

が、いま武安さんのご説明のようなスケジュールで進んでおるといことでございますが、これが現状でございますが、またさかのぼって、一般にこういうビッグプロジェクトはどのような性格のものであるかという根本のディスカッションもやっておくのは決してむだではないと思いますので、これからいろいろなところの考えをチェックアンドレビューという点でも、考える場合でも非常に私は参考になると思いますので、そういう点から、垣花先生からノートのご説明をいただきたいと思います。

垣花 私の方は、学会といたしましては、なるべく現在の日本の原子力の開発に全面的に協力したいと思っているわけでございますけれども、ご存じのように、たいへん大学全体が乱れておりまして、一体将来、原子力専攻の専門家をどのくらい動燃事業団なり、原子力研究所に差し上げられるかわからんような状態でございます。そのバックグラウンドでものを考えたせいもございまして、たいへん抽象的なお話になりますが、ちょっとお耳を汚したいと思います。

まずそういたしまして、ナショナルプロジェクトというものはどういうことかということとを比べて考えたわけでございますけれども、ナショナルプロジェクトなるものは、企画される条件、日本の立場で考えてみたいと思います。

これは、もちろん世界的に考えますればいろいろあるのでございますけれども、ここに書きましたように、日本で考えますと、その企画の達成が日本の経済にとって必要欠くべからざるものであるか、これを達成しなければ国の経済がどうにかなってしまう、あるいはきわめて望ましいものである、こういうことが必要だと思えます。もちろん、たとえば日本が外国の脅威にさらされているとか、そういう条件、あるいは日本の運命が違う形で、現在の意図がないとか、そういうことでございましたら、たとえば国防とか、そういうものに置きかえることもできるわけでございますけれども、現状で考えますと、こういうことが一つの問題だと思えます。少なくとも絶対的なものであるという極から、必要と申しませんが、必要性の程度がございまして、そういう二つの極端を考えてみることでできると思えます。

なれから、そういう経済的な必要性と申しますか、要請と同時に、2番目といたしまして、成功の技術的条件が国内的にすでに存在する。既存の技術を組み合わせさえすればでき上がる。そういう状態から、少なくとも技術の可能性が存在して、適当にそれを開発しながら、次々フィードしながら、少しずつかえたり、あるいは成長させながら組み合わせればいい、こういうことでございます。

ただしこの場合の技術の成功とは、いわゆる狭義の技術的な成功ではございませんで、組み合わせることによって、国際的な、経済的な競争に打ち勝てる、そういう形での技術がすでにあるとか、あるいはその可能性があるとか、そういうことを意味する。こういう二つのファクターがない限り、そもそもナショナルプロジェクトは企画できないはずではなからうかと思えます。

これは、原子力のみならず、広く全範にわたって考えることとございます。例があると思えますけれども、それは省略いたしまして、しからば日本で原子力に関する日本のナショナルプロジェクトが企画された条件を考えてみたいと思えます。

これは二つあるわけでございますけれども、二つともこの条件の中で、ここに書きましたように、その達成、成功が日本の経済にとって望ましい。これが成功しなければ日本が経済的に崩壊するとか、そういうことではございませんで、きわめて望ましい、そういうグレードだと思います。もちろん原子力自体を導入したり、発電炉を使うということは自然でございまして、場合によっては、現在の軽水炉のごときものを主体にしても、いろいろな未来の危険はございまして、全く新しいプロジェクトに成功しなければ、日本の経済全体がつぶれてしまうというものではないと思えます。達成、成功が日本の経済にとって望ましい望ましさの程度は、宇宙開発とか、海洋開発よりもずっと強いわけでございまして、そういう意味ではたいへん重みはあるわけでございまして、その点をちょっと指摘したいと思えます。

2番目が大事なのでございまして、達成、成功の可能性があるという判断でございます。決して現在にある日本個々の技術を単に組み合わせることによって成功する種類のものではなくて、その技術を育てながら、そして組み合わせることによって初めて国際競争に勝てる種類のものであると思われましてございまして。

原子力をまた一つ置まして、抽象的なことばかり申しまして申しわけございませんけれども、1のナショナルプロジェクトの条件に考えをまた戻しますと、1、2の組み合わせを組み合わせると、四つの組み合わせができるわけでございます。すなわちナショナルプロジェクトの達成が国民の経済にとって必要欠くべからざるものであり、しかも技術的条件が整っている場合は、統一的な企画実行時間が能率的に一元化すればよい、こういうことも書いてございまして、これは先ほど伊原さんがおっしゃいましたことにも関係いたしまして、そういうものであっても、現在のような政府機関とか、そういうものではなくて、それがもっと有効な形、あるいは予算面とか、そういうものでフィーブ

ルであって、動き得るとか、そういうことも必要かと思えますけれども、そういうことをすべて込めまして「能率的に」ということばで書いたわけでございます。そういう能率的な組織がありますれば、これはできるわけでございます。組み合わせるだけでございますから。

次に、その達成、必要欠くべからざるものであり、成功の技術的条件が可能性としてのみ存在するならば、これは経済性を無視して早急に可能性を実現することにより、(1)の事態に帰着せしめる。そしてもしそういうことが可能な場合は、国の経済にとって必要欠くべからざるものでございますから、国際的視野に立って、どこかの国から技術導入するなり、あるいはコンバインするなりして、問題を早急に解決しなければならん、このようになるかと思えます。一種のチェックアンドレビューみたいなものがここに出てくるわけでございます。

3番目に、経済的に望ましいものであり、成功の条件が整っている場合は、直ちに能率的に実行する。これも、実は受益者というものが主体になりまして、これは技術的なエレメントもでございますから、必ずしも政府自体がやる必要はなくて、その受益者が主体になってそれを能率的にやればよろしい。そのようになるのではなからうかと思えます。

4番目の組み合わせ、これは、われわれのいま直面しているナショナルプロジェクトの例にもなるわけでございますけれども、望ましく、しかも技術が可能性として存在する場合は、可能性を実現するために、当然でしょうけれども、各界を動員するとともに、経済的な望ましさを他のナショナルプロジェクトと比較しながらことを処する。このように簡単に書きましたが、これは、たとえば二つのプロジェクトにいたしましても、お互いにその望ましさを相互比較しながらやっていくということになるのではなからうかと思えます。

そこで、ナショナルプロジェクトの企画の条件と達成についての反省を一応いたしましたので、次に、そういうものに応じて国内の協力体制がどうあったらよいかということをおし少し考えてみたわけでございます。

ここに書きましたとおり、ナショナルプロジェクトを遂行するための国内の体制は、当然前述の(1)、(2)、(3)、(4)の区分に従って、おのずから異なるわけでございます。これは、(1)、(2)、(3)、(4)と申しましたけれども、これがずっとつながっているわけでございますけれども、極端な点を三つとれば、かなりことが明確になると思ひまして、このようにしてみたわけでございますけれども、(1)、(2)の場合は非常に簡単でございます。すべて優先的に、

いわば強制的にも協力が行なわれねばならず、多くの場合、協力者の犠牲をも要請される。これは当然でございます。なるべく早急にやらなければならない。

(2)の場合は、技術が可能性としてのみ存在するわけですから、しかも時間的制限、経済的制限、そういうあれでございますから、時間的制限とか、経済的な制限を厳守して、プロジェクトの企画に大胆であると同時に、中止とか、転進にも大胆、率直でなくてはならない。中止と申しますか、転進と申しますか、国際的な視野に立って組み直すということも必要であろうということでもあります。

(3)の条件が満たされる場合、先ほどこちよと申しましたように、主として受益者が資金的投与を行なって、関連技術の総合協力を行なわせる。これは経済的に望ましいものであって、しかも技術的にはほとんどでき上がっているという形でございますから、一つの企業なり、あるいは最も大きな受益者でございますから、そういう場合は国でもよろしいかと思えますけれども、電力でもよろしいと思えますし、そういう実際の受益者が主体になってやれるであろうということでございます。

当然でございますけれども、最も協力が必要であり、しかも協力の成果をあげるのが困難なのは、(4)の場合でございます。この場合、確実な将来の見通しがございませんので、国またはそれにかわる公共団体がそれを遂行いたしますにしても、完全な受益者の設定がむずかしゅうございますので、強制力もなく、そういう感じでございます。ですから経済的な必然としての資金供給もないわけでございますから、そこにくふうが必要であろうということになるわけでございます。そういう現状を見つめまして、その上で協力の体制を考えることが必要ではなからうかと思うわけです。

そこで、(1)、(2)と書きましたが、当然、各協力者の協力におのずから限界があるということを確認した上での協力体制をとらなければならない。いたずらな強制、あるいは日本の悪いところかと思えますけれども、なかなかお互いに本音が吐けませんので、口約束とか、空手形をいたしますと、それがたまってまいりまして、実際は何も動かないようなことになってきまして、達成すべきプロジェクトすら不成功に終わる可能性がございます。おのおの限界をみずからも知り、他の限界も知る、その限界を知るところがまず大事かと思えます。

しかしその限界だけでは、そういう国際的な大競争に勝てるはずはございませんので、おのおの限界を越えていただかなければならない。

そういう意味で、私は、ナショナルプロジェクトが成功した暁にその見返りをするとい



うのではなくて、おのおののステップにおいて見返りをしながらやっていく。5の力を出すのが経済的必然であるところを10出していただくとするれば、5は見返らないにしても、3ぐらいはその現場で見返りを出すということになるのではなからうかと思えます。

具体的には、私が申すひまもございませんし、おのおのの協力の相手によって異なると思えますけれども、そういう根本的態度が必要であると思えます。ですから協力者側もそういうことをはっきりさせますし、それから協力させる側もそういうことをせねばならない。そういう意味で、経済的な必然の協力ではなくて、フレキシブルと申しますか、限界を越えたような部分の存在によって初めて技術的可能性が現実性ともなって、そして他のナショナルプロジェクトに比べて実現の可能性が増大することになると思えます。

日本の原子力は、高速炉であれ、新型転換炉であれ、程度の差はございますけれども、およそ先ほど申しました(4)の段階に属しております。したがって私が述べました国内協力体制も一番むずかしく、しかもそれが必要であるものである。そういう意味で、自己限界をお互いに明確にし、しかもその限界を越えるような協力をせねばならないし、するような体制をつくっていただきたいと思えます。

議長 どうもありがとうございました。たいへん日本的なナショナルプロジェクトの条件、それを成功させるいき方をご紹介になったわけでございますけれども、これも非常に大きな問題だと思えます。どうか皆さん、ひとつ活発にご議論を展開していただきたい。

酒井 ただいまの垣花先生のご提起に対しまして、これは先生にお伺いするよりも、実は事業団の方にご答弁をいただいたほうがよろしからうかと思うのでございますが、ただいま事業団がおやりになっておられるナショナルプロジェクトが、分類の(4)に大体該当するといふご意見でございますが、そのように事業団ご自身においてもご認識になっておられるかどうか。

その進める過程において、特に各ステップにおけるあり方が非常に強調されてきたわけでございますが、この問題は非常に重要な問題だと思えますが、各ステップにおける見返と申しますか、こうしたことについても、基本的にこのような姿勢であると理解してよろしいかどうか、この2点についてお伺いしたいと思えます。

武安 垣花先生の四つの分類されました四番目という格づけになっているわけでございますけれども、日本経済で望ましいものである、欠くべからざるものであるかどうか、これはなかなか総体的にむずかしい判断でございますけれども、望ましいものだということは、ある面ではいえるかもしれせん。と申しますのは、元来が電力供給なり、原子炉という装

置の開発というのは、一般的には民間ベースの仕事でありますから、そういう意味では、国が直営的な事業、あるいは、道路建設であるとか、港湾をやるというものではないという意味では、国として是が非でもやらなければならないというものではないかと思われま

すが、望ましいという言い方ができるかもしれませんが、これはやはり日本のこれからの経済なり、産業がどんな形でいくべきかという一つの目標とする状態を考えました場合は、やはり、エネルギー供給の安定化ということで、多年にわたり議論されましたことで、望ましいといえる問題であるけれども、日本でこういうものを開発するということは、必要欠くべからざるものに近いほうだろうと考えているわけでございます。

それから、技術の可能性の問題でございますが、確かに先ほどお話のしました道路だの、橋だの、大きな橋はいろいろ技術的な問題もありましようけれども、住宅計画にしろ何にしろ、あれは、金を投ずれば大体できるというものに比べますと、可能性は非常にリスクが大きい。動力炉として形はできましても、性能的に、あるいは経済的にペイできるかどうかという点は非常にむずかしいから、これは、このカテゴリーに該当するかとは思いますが、昔、動力炉開発計画を論議します場合に、ある意味でリスクが非常に少ないものなら、何も国が特に金を出してやる必要ない。あまりリスクが大きいのを2,000億も出してやるというのは冒険だという議論がだいぶありまして、ほどほどのリスク、ある幅の中のリスクがあって、しかも国がやらなければうまくいかんし、しかもやれば非常に見込みがあるという種類のものだと考えるわけでありま

す。ですから、そういう意味でのプロジェクトの性格だと思

いたが、いましてそれに対応する姿勢としましては、ここに書いておられる姿におきまして原則的には同じ意見でございますが、やはり協力ということはありますけれども、これはやはり納得づくの協力、あるいは民間出資は求めますけれども、それ以外に赤字を出してまで協力してもらおうということではないものだといえます。ただこれは、結局全部最後まで事業体として持っているということではなくて、最後は電力なり、メーカーのほうへ帰る性質のものでございますから、そういう意味を加味してのご協力をいただいている現状であると考えております。

永島 垣花先生にお尋ねしたいのですが、私は、武安さんがおっしゃったように、「必要」に近いように思います。それについては、日本全部の技術を総合すればできる可能性があるかと判断されて進めたのでありますけれども、それについて、基礎研究をおもに担当しておられる大学の方のご協力が、非常に必要なのではないかと思いますが、そういうことにつ

いて、大学のご意見として、どのように協力、あるいはどのようにしたら協力しやすい雰囲気が出るとか、あるいは環境が生まれるかということについてご意見を承りたいと思うのです。

垣花 私も実は、必要欠くべからざるものであると書きたいのですが、非常にそれに近いプロジェクトだと思います。厳密に申しますと、必要欠くべからざるとはいえないわけでございます。道路とか、あるいは大学は別といたしまして、教育の問題だとか、いろいろございますね。そういうものに比べますとちょっと違うところがあると思いますが、必要欠くべからざるものに近いわけでございます。私は、必要欠くべからざるぐらいの協力を大学としてはしたいと思っておりますけれども、ほかのところに強制することは、論理的にできないこととございます。

しからは大学として、そういう、私どもの立場で協力するということを偉そうに申しませんが、ご存じのとおり、授業もできないような状態が続いておりますので、なかなか申し上げられません。原子力にかかわっている学者は、ほんとうに初めて自分の学問がナショナルな研究に経済すると申しますか、それだけではなく、こまかい経済とか、個々の企業とか、そういうものではなくて、国民全体の21世紀に向かっての経済的發展に直接寄与できるわけですから、これは全面的な協力をすべきだと思います。そして実際に役立つ研究者なり、技術者をできるだけ、それこそ普通の考え方よりも厳密に教育して出したい。そういう意味で大学としては、研究でご協力するだけではなくて、人員をなるべく多く、質のいいものをお送りして、ナショナルプロジェクトの成功に資したいと思っております。

その際、私の議論では何も別に見返りは要りませんが、それは当然一つ一つ役立つことだけではなくて、基礎的なものから出発して初めて教育も可能であるし、研究協力も可能である。そういう点もある程度ご考慮願えれば、ますます果たせるということとございます。

議長 ありがとうございます。垣花先生のご意見も、実は(1)、(2)、(3)、(4)と分けてありますけれども、これは、大体のところ、連続したものがあつて、これがどの点に位置するかということは、いろいろ考えようがある。しかもみんなの認識がかわるにつれてその点が移っていく可能性があるということを考えますと、このプロジェクトのPRをどのようにやるか。それを国民一般がどのように受けとめるかということで、非常にPRの大事なことを示唆していただいたような気がいたします。したがって、それさえいけますれば

ばどんどんと成功の可能性は増してくるような気もいたしますので、非常にけっこうだったと思います。

大体ここでご議論されておることは、まことにごもっともなことでございますので、みんながそのようにいかなければならないと思います。このへんで一応この関係を打ち切りまして、次に進めたいと考えます。

いままででわかりましたように、この大きなプロジェクトというのは、いまも永島さんのお話のようなかっこうで、大学とか、あるいは研究機関の協力、これが非常に必要で、どうやら、試作開発と研究とは一体不可分とさえいえるのではないかと思います。したがって研究に対する理解や認識が不十分でありますと、このプロジェクトはとうてい成功できないだろうとも考えるわけでございます。したがって天野さん、研究を分担しておられるお立場から、意見を述べていただきたいと思います。

天野 ただいま動燃事業団のほうで中心になられまして進めておられますナショナルプロジェクトに協力いたします場合に、原研という立場で一体どう考えているか、私どもの考えの一端を述べさせていただきたいと思います。

原研におきましては、数年来、動力炉の研究開発ということを業務の三本の柱の一つといたしまして、新型転換炉につきましては、炉型の選定、あるいは検討評価作業、あるいは設計研究ということも続けてまいりましたし、また高速炉につきましては、実験炉の概念設計とか、あるいは関連開発研究を進めてきたわけでございます。

昭和41年11月に動燃事業団が設立されまして、私どもがいままで行なっておりましたこれらの研究、あるいは開発成果を基盤にいたしまして、これが動燃事業団を中心としたナショナルプロジェクトという形に生まれまして、官民一体、国民の総力をあげてのナショナルプロジェクトとして推進されるようになりましたことは、これまでのいろいろな基礎研究、あるいは準備を行なってまいりました原研としては、非常に喜ばしいことと思っている次第でございます。

先ほど申し上げましたように、準備段階におきましては、一応原研が開発の中心的な役割りを果たしてきたわけでございますが、動燃事業団の設立とともに、一応開発の中心が事業団に移りまして、一時的には原研の中でこれまで中心になっておりました研究者、あるいは技術者もとまどったこともございますけれども、ご存じのとおり、プロジェクト発足以来、すでに一年あまり経過いたしまして、その間、事業団との間で研究の受委託の話し合い、あるいは契約等を通しましていろいろ話し合いを進めてまいりました。この一年

間でおのずから原研の分担すべきことと事業団で分担されることと、このへんの分担範囲はかなり明確になってまいりまして、一応事業団に対する原研の協力の考え方は整理できたものとわれわれは考えております。

動力炉の開発は、いうまでもなく非常に幅広い研究と技術の上に成り立つものでございまして、この中で炉の設計とか、あるいは建設という業務を中心としまして、炉に非常に密着した開発、あるいは開発研究と、それをささえます分野といいますか、関連の基礎研究、こういうものがある初めてプロジェクトは成り立つものと思っております。

開発および開発研究は、当然プロジェクトの計画管理の中に組み込まれまして、その中で厳重な管理を受けて進められるものだと思いますが、一方、関連基礎研究は、当然かなり先を見越した、炉の将来を見通した基礎研究を考えなければならないので、当然先ほど申しましたプロジェクトに組み込まれて管理を受ける研究と、それからかなり将来を見通した関連基礎研究、この二つはかなり明確に区別して考える必要があるのではないかと考えております。

以上のように、関連基礎研究、あるいは開発研究で成り立っておりますプロジェクト、あるいはその関連した全体の計画の中で、一体原研は何を受け持つのかと申しますと、開発研究並びに先ほど申しました関連基礎研究のかなりの部分を動燃事業団から委託を受けるといって協力すべきものと考えております。

開発研究のほうは、先ほど申し上げましたように、プロジェクトの中に組み込まれて、非常に厳正な管理を受けるべき性格のものでございますので、これは一応事業団から委託を受けるといって進めるのが最も望ましいと思っておりますし、また一方、関連基礎研究につきましては、これはやはりプロジェクトの非常に厳重な管理の外におきまして、原研独自の業務として進めるのが最も望ましいのではないかと考えておりますし、この点については、事業団のほうでも十分ご理解いただいているつもりでございます。

以上のような考え方に基つきまして、43年度、今年度はすでに事業団との間で28件の研究受委託の契約を結びまして、現在、先ほど申し上げました開発研究を進めているわけでございますが、来年度はさらにこれを上回る件数の受託研究を予定しております。

事業団に開発研究、あるいは関連基礎研究という形でご協力申し上げるほかに、原研は、過去10年間で、J M T Rをはじめといたします非常に大きな施設、あるいは原子炉等を、先ほどから出ました国家予算という制度の中でいろいろ建設した経験をもっておりますので、これから事業団がおつくりになります高速実験炉、あるいは原型炉にも、いろいろな

面でコンサルタントとしての協力ができるのではないかと考えております。

次に、人員の問題でございますが、いま考えられております動力炉開発という大プロジェクトを推進するに当たりまして、資金の確保以上にむずかしいのは、人員の確保であろうと思います。動燃事業団でいまご説明のありました今後10年間の開発計画を展開していくといたしますと、ここ2～3年の間に急激に動力炉開発人口をふやす必要があると思います。いままで原子力に関係のなかった他の分野からの既成の技術者、あるいは研究者を転用することは当然考えられなければならないと思いますが、それにはおのずと限度があると思います。したがってこれから10年間の開発、あるいは研究に要する人員の大部分は新人に頼らざるを得ないのが現状ではないかと思っております。

この優秀な新人を確保し、またこれを早急に養成する必要があるわけでございますが、新人の確保については、ここにいらっしゃる垣花先生はじめ、大学の先生方に期待するところは非常に大きいわけでございますが、入ってまいりました新人を育成するについては、私どもの原研もかなり協力し得るものと思っております。

原研も、創立以来10年たちまして、動力炉開発の関連研究、あるいは原子炉の建設という業務を通じまして、かなり中心となるような研究者や技術者は育てておりまして、これらの既成の研究者、技術者を中心にいたしましたグループ活動の実務を通して、これらの新人を育成していくのが、一番動力炉開発人口確保の早道ではないかと思っております。

最後に、これは、むしろプロジェクトの中心になります動燃事業団へのお願いという形になるかもしれませんが、事業団に集められますプロジェクトの基幹要員の確保、これはもちろん重要でございますが、産業界、あるいは電力界、各界、原研も含めまして、すでに協力申し上げている次第でございますけれども、これらの各機関にいる人員を現場にいるままで、あるいは委託研究とか、あるいは先ほどございました請負に出すとか、いろいろな形が考えられると思っておりますけれども、それぞれの機関において有効にプロジェクト要員として組み込むような方策をぜひお考えいただきたいと思っております。

議長 どうもありがとうございました。この研究の問題につきまして、いろいろ皆さんからご議論をいただきたいと思っております。

永島 天野さんに伺って、また事業団の方にも質問になると思いますが、いまの最後に書いてございました研究機関において研究者、技術者を有効にプロジェクトの中で生かすということは、たいへんいいことだろうと思うのですが、これに関連して、今度、いろいろな研究設備を大洗に、しかも大型のおつくりになるわけでありまして、そういうことに関連

して、動燃に人を出さないで、委託の形にしてグループを編成して、ある研究テーマについては原研の方がリーダーになってやる、あるテーマについては大学の先生が、その間だけはほとんどそれに専念してやっていく。そしてそれに民間なり、あるいは大学なり、若い人が応援するとか、場合によっては民間の会社のものもリーダーになることもあって、そういうことをやっていくと、ほんとうの意味での協力ができるのではないかと。

従来、協力の意味で、いろいろ委員会その他で連絡は密にしておりますが、プロジェクトで仕事をやっていく場合には、どうも委員会は時間をとられてじゃまになるだけで、研究は進まんということも考えられますので、そういう点、天野さん、ご賛成いただけるでしょうか。もしそういう考えをおもちでございましたら、これは武安さんにもお聞きしたらいいかもかもしれませんが、すでにお考えになっておられると思いますが、なるべく早くそういうものを実行に移していただけたらいいかと思っております。

天野 いまお話がございました、たとえば大洗に計画されておりますいろいろな施設を使いましでの開発研究につきまして、具体的にどういう形で事業団を中心にして協力するのがいいかという点、いろいろ事業団と原研の間、あるいは他の機関ともいろいろ話し合いが進んでいることと思えますけれども、これらのいろいろな種類の違う施設について、全く同じ型の協力体制を考えるのは多少問題があるように思います。それぞれの施設によって、あるいは研究テーマによって、それに最も適した形で各界が協力するのがよろしいのではないかと、原研もそのような考え方でご協力することを考えております。

武安 いまの天野さんのご説明のところ、ご質問したいのですけれども、それぞれの機関においたままでというのは、たとえばいまの大洗の施設に対して、国で請負うということをしておるのですか、それとももう少し幅の広い委託研究ということをしておられるのでしょうか。

天野 いま申し上げたことと同じなのでございますけれども、大洗の施設は、全部事業団に人を集めて運転、あるいはそれを使っての試験研究をやるということになしに、やはりもう少し幅のある考え方をぜひ取り入れていただきたいという意味でございます。

武安 それは、いまご趣旨のように、いろいろ日本では、国に準ずる機関の金でできた施設の運用をそういうかっこうでやる、特に新しい技術的な研究をやる分野をそのような運営をするということに関連して、いろいろな問題が出てくると思えますけれども、なし得ればそういう制度を大幅に取り入れたいということで、いま検討を進めておる次第でございます。

議長 研究の問題は非常に関連が深いので、しかもこれがまた、先ほどお話がありましたように、開発研究と基礎研究とつながって、画然と分かれなかなかむずかしい面もあります。そういう点、いろいろご議論もあろうかと思うのですが、これは、実は議長として申し上げるのはおかしいのでございますけれども、大洗の大型施設の管理体制、運営体制といえますか、これは非常に実はむずかしい問題でありますので、目下、事業団としては慎重に検討しておるところでございます。いろいろ人員の問題もございまして、しかもただ研究したというだけではなくて、実際に運転員とか、あるいは保守要員とかいうものも入りまじっておるので、それらの点を考慮しながら、最も事業団として望ましい、また国としてもやりやすいという方法を考えようと目下、検討中であることを議長としてでなく申し添えておきたいと思っております。

それでは、先に進ませていただきまして、次に、いまのようなプロジェクトと申しますのは、これはもちろん発電用に使うものでございますので、むしろこういうプロジェクトは、電力とメーカーのサイドとか、共同してやるというのが本筋だろうと思うのでございます。政府がこういう特殊法人をつかってやるということは、日本の国情がやむを得ないということによったものでございますので、電力関係、メーカーというのは、非常に大きな関係があるわけでございます。そういう意味からも、本日も電力関係から二人のパネリストをお願いしておるわけなのでございますが、実はノートは一つになっております。それで西依さんにご発表願いまして、ディスカッションのときには酒井さんにも、電力サイドとしていろいろご発言を願いたいと思うのでございます。

西依 電力会社の立場からいろいろご協力を申し上げますが、電力会社の立場を少し述べさせていただきます。

原子力発電は、実用化の段階に入りまして、各地で建設が始まっておりますことはご承知のとおりでございます。しかし将来の原子力発電形式の本命は、高速増殖炉であることは当然のことかと思っております。欧米諸国におきましては、この高速増殖炉の研究開発には、すでに積極的に取り組んでいること、またかなりの経験と実績をあげていることは、皆さまご承知のとおりでございます。

わが国におきましても、将来の主流である高速増殖炉をまず第一にナショナルプロジェクトとして取り上げ、その研究開発を行なうことは当然のこととございましょう。

しかしこの形式は、なお実用化までにはまだ多くの問題点がございまして、それからそれを実用化されるまでには、多額の資金と多数の人員が必要でございますので、先刻のお話



にもございましたように、その実用化は昭和60年代というかなり先のことであるかと思  
います。したがってこの高速増殖炉が実用化されるまでの間、現在実用化されつつあ  
ります軽水炉よりも燃料効率のよい高性能の転換炉が期待されるわけでございます、こ  
の面でも大いに努力を払うのは当然かと思います。

現在の軽水炉は、ご承知のとおり、天然ウランの形で、その1%足らずしか利用できな  
いわけでございますし、濃縮ウランの形にしましても、1%ないし3%ぐらいしか実際の  
発電には役に立っていないということでございますので、非常に燃料効率が悪いというこ  
とになるかと思います。

国の基幹産業であり、かつ公益事業であります電気事業といたしましては、常に豊富、  
低廉な電力を供給することを義務づけられておりますが、今日のような旺盛な需要の伸び  
に対処するためには、毎年、発電力の1割程度の設備を増加していかなければならないわ  
けでございます。

ご承知のとおり水力電源の経済的な開発地点が少なくなりました現在、設備増加のほと  
んどを重油火力の開発にたまっているのが現状でございます。重油火力が増加いたしました  
場合、大量の重油をたぐとこと自体にもいろいろと問題がございまいし、電気事業に  
とりまして、その取り扱う量の増大に伴って、種々の付随した問題も派生してまいりま  
しょう。

この意味におきまして、少量でしかも強力なエネルギーを発生する原子力発電の開発に  
大きな期待が寄せられているのでございます。原子力発電の必要性、エネルギーの多様化  
のほか、このような切実な問題が介在するため、ぜひとも早期に積極的に開発を推進  
しなければならないと考えるゆえんでございます。

原子力発電の開発が大いに進んだ場合に、核燃料の親物質に含まれるべく大な潜在エネ  
ルギーを、可能な限り活用できる方向へ研究開発の目的が向けられることは当然ござい  
まして、またぜひ必要なことでございます。

電気事業といたしましては、すでに実用化されつつある軽水炉と競合し得るか、あるい  
はさらにこれを上回る経済性を有する高速増殖炉、あるいは新型転換炉が早期に実現され  
ることを切望するものでございます。

ナショナルプロジェクトとしまして、これらの炉型がすでにきめられた以上、国として  
は強力な施策を講じていただき、経済変動、あるいはその他の要因にわずらわされること  
なく、長期にわたってこれが研究開発の推進をはかっていただきたいと思います。電気事

業といたしましても、このプロジェクトに対しまして、種々の面においてご協力をするつもりでございます。

議長 どうかいまの問題に関しましてご討論をお願いいたします。酒井さんからも何かございましたら、どうぞ。

一つ、私、ご質問いたしますが、電力会社さんで非常に力を入れてやっていただいているということは非常にけっこうなのでございますが、新型の炉を開発するということは、武安さんのほうの事業団が一生懸命やるわけなのでございますが、何ぶんにも10数年たちおくれて出発したということがございまして、いろいろ詰めてやるつもりで努力をされておるのでしょうけれども、必ずしもこれが諸外国と同じようなテンポで完成するかどうか、これはなかなかむずかしい問題でございます。事業団ではやるつもりとおっしゃるでしょうけれども、これが、たとえば二年、三年延びるという場合も、かりに転換炉といたしますとあるかもしれない。もしありましたときに、たとえば外国でそういう転換炉が実用になるといえるときには、電気事業としては、どんどん入れてお使いになりますか、それとも日本の開発をじっと歯を食いしばってお待ちになりますか。どうでございましょう。

西依 たいへん本日のパネルディスカッションの中で、ムードの違うようなことを申し上げておるように聞こえるかもわかりませんが、先ほど申し上げましたように、電力会社では、できるだけ安いものを早い時点にという虫のいいことを考えておるわけでございます。したがって、同じ時点に同じ程度のものができるのであれば、それは国産のほうに非常にけっこうだ。またその可能性も非常に多いと思いますが、多少時期がおくれたり、あるいは安くはないものができることはあまりありがたくないこととございまして、外国でそういうものが早くできれば、これは当然使うことになるのではないかと思います。そういう議論はまだしたことはございませんが、たぶんそうなるだろうと私は考えております。

酒井 補足といいますか、私見になります。この段階で、いま議長のご発言で、あるいは定期的に若干おくれるような可能性が起きた場合という意味のご発言だったと思いますが、この段階において、先ほど武安さんからのご発言にも、あるいは冒頭、議長からのご発言にもございましたように、ナショナルプロジェクトが当然諸外国の実用炉に匹敵し、あるいは凌駕し得るものをつくるのだということが何よりも大前提でございまして、しかもそれを可能にするタイムスケジュールが大事であります。したがって現段階においては、そのタイムスケジュールを守ることよりも、むしろ繰り上げるという方向に全力を傾倒すべき段階でありまして、むしろ将来に対する危惧のような考え方は、その段階におい

でどうするかということをお考えたらよろしいのではないかと考えておるわけでございます。ぜひ事業団においても、その趣旨でタイムスケジュールを守るなり、もっとスピードアップするなりという方向を、重ねてご検討いただいたらよろしかろうと思います。

議長 どうもありがとうございました。

垣花 これも私の私見でございますけれども、安い電力ということは、私ども市民としてたいへん必要なわけでございますけれども、原子力というものが電力の主体になったときに、その日本で発電される原子力が世界的にみて安いということが一番の前提だと思うのです。5年とか、6年ということではなくて、21世紀に向かって日本経済をお考えした場合に、日本の原子力の発電コストが、その時点において、主体になったときに安いということが大事だと思います。

そういたしますと、何年後かに新型転換炉が向こうで売り出されて、非常に安い。しかしそれは、おそらく原子力が主体ではございませんね。そこで安いものをお買いになるよりも、ちょっとがまんなさって、日本の遠く転換炉なり、高速炉が勝てるようにしてさしあげたほうが、21世紀になりかかったころでは、結局日本の原子炉から出る電力は、世界的に安い。そういう長期的なお見通しで、ちょっとがまんしていただけるようなことがあるといいのではないかと思うのでございます。私は決して事業団が敗北するということを前提にしておるのではなくて、でき得べくんば個々の時点においてお勝ちになったほうがよろしゅうございますけれども、ちょっとおくれるとかなんとかいうときは、少しそういうことをお考え願っても、電力としても結局お得になるのではないかと思うのでございますけれども、いかがでございましょう。

西依 多少誤解のあるような発言をいたしました。その時点、時点で安いということも必要でございましょうけれども、やはり少し長い目でみるべきものでございまして、将来性その他も含めまして見当をつけるべきだろうと考えますので、お説のとおりでございます。

議長 どうもありがとうございました。

それでは、多少開会がおくれたせいもありますが、時間も少し延びておりますので、最後に機器の設計から製作、据え付けを担当されますメーカーサイド、これは私は一番問題も多かろうと思うのでございます。このプロジェクトの終わりましたあとは、当然実用炉の面で世界のひのき舞台で競争をしていかなければならんというかっこうでございまして、メーカーの役割りは決定的に大きなものがあるかと思うのでございます。そういう面でひとつ、これも実はお二人パネリストを準備してございますので、森川さんから初め願

いたいと思います。

森川 では、多少私見にわたる部分もあるかもしれませんが、メーカーとしての考えを申し上げます。

一般的に言ってプロジェクトが成功するためには、そのマネジメントといいますが、計画とその管理、これが一番大事なものと私は考えます。それで、それが計画どおりに管理され、進んでいくためには、これは必要な資金とか、人員、設備、情報、技術情報、これらを含めて広義の技術といってもいいかもしれませんが、そういうものをタイムリーにプロジェクトに投入することが絶対に必要でありまして、資金、人員、設備、情報、そういうもののどれがタイムリーに投入できなくても、プロジェクトは計画どおり成功しません。あるいは計画を変更しなければいけない、あるいはひどい場合には中止しなければならないことも起こり得ると考えます。それで、私がいいたいのは、プロジェクトを成功させるためには、マネジメントが一番大事である。これは最も力を入れる必要があるということでございます。

それで、動燃事業団が開発をされます高速増殖炉と新型転換炉のプロジェクトは、このプロジェクトが成功しますと、国民全体が利益を得る。特にエネルギー需給の面で非常に国民が利益を得る。これは西依さんのお話にもありましたように、わが国が今後高度の工業国家として存立するためには、どうしてもエネルギーが一番大事なことでありまして、そういう大事な面でこのプロジェクトは成功することによって、国民全体が利益を得る。そういうことからナショナルプロジェクトとして進められておるのだと私は了解しています。

それで、ナショナルプロジェクトを考えました場合に、一番目にありますような計画と管理およびそれに必要な資金、これは国（動燃事業団をさす）が担当して、産業界は、そのほかの人とか、設備、情報、広い意味の技術、そういうものを適正な対価で供給する。そういうことによってプロジェクトに協力するのが妥当である。これは多少私見でございますが、そのように考えるわけでございます。これは原則ではないかと思っております。

それで、先ほど伊原さんのご説明その他を伺いますと、基本方針では、この高速増殖炉および新型転換炉の原型炉の残存価値をある程度考えられまして、原型炉の建設費の半分を民間が負担する。そのようにきまっているようでございます。これは一つの考え方と思います。

次の三番目に、しからばメーカーはどのような仕事がやられるかといえますと、動燃事業団から各種の機器、装置、そういうものを受注しまして、これに人、設備、情報を加え

まして、これを設計、製作して据えつけなどを行ないます。そういう仕事を受注という形でやりますが、そのほかに、先ほど基本方針にありましたように動燃事業団が業務委託をなさいますので、原研などと同様に、メーカーがやって適当と思われるような種類の研究開発は受注をして進める。そういうことでプロジェクトに協力することができます。

次に、私の考えますには、わが国は明治の初めからちょうど100年たったわけですが、その間は主として先進諸国がすでに開発をして、実用化の域に達したそういう種類の技術を積極的に導入して、これに改良を加えながら実用化することによって、今日の工業国に成長したわけであります。まことにこれまでのりっぱな業績だと考えております。しかし現在では、もはやわが国の技術力はそういう技術導入をじました先の先進諸国にかなり接近しております。ものによってはそれをこえているものもありますし、ものによってはかなりおくられているものもありますけれども、平均してかなり接近しております。現に先進市場では激しい競争をこれらの国がやっております。これらの国は、わが国を競争相手とみております。

それで、今後考えますと、われわれメーカーとしまして、あるいは国全体としまして、ただ技術を導入するということはいろいろな問題があります。あるいはなかなか導入させてくれないかもしれない。また導入することばかりに考えを用いていたのでは、一歩先に出ることがなかなかできない。そういうことで、われわれはみずからのいままで養成しました技術力を活用しまして、原子力に関しますいろいろな分野で基礎技術の開発から、その開発された技術を実用化するまでの一連の技術能力を涵養する必要に迫られておると考えられます。

それで、この基礎技術の開発については、これは自主技術とはいいまして、一人で独力でやることは非常に不得策でありまして、技術情報は積極的にほかの先進国と交換する。またそういう交換にたえるような種類の技術情報をどんどんつくる。そういうことをやりまして、有無相通じて進む。このようにしなせんと、わが国は技術開発の点で孤児となるおそれがある。そうならないような努力をする必要があると思います。この点は特に欧州の諸国の間、それから欧州諸国とアメリカの間の技術開発に関する情報連絡をみてみますと、非常にひんばん、かつ積極的でありまして、われわれはよほどこの点に努力しなければいけないと私は感じております。

次に、動燃事業団の二つのプロジェクトは、新しい技術の開発をナショナルプロジェクトとして進める試金石となるものだと考えます。こういう種類の仕事は、従来日本にはな

かったように思いますが、これが成功するかしないかは、今後の日本の進み方に非常に影響すると思います。そういう意味合いで、政府、それから動燃事業団、産業界、学会など全部がいままでの100年間とは少し考えを新たにしまして、このプロジェクトをぜひ成功させ、わが国が今後工業国家として発展するための出発点にできるのではないかと考えております。

次に、プロジェクトを遂行しますためには、これは前にもお話がありましたように、かなり不確定要素がたくさんありまして、したがっていろいろな種類のリスクを伴っております。このリスクを、どうやって合理的に国民と産業界が分担するかについて、十分な協調がされなければいけない。こういうことについての議論はかなりなされたようでございますけれども、もっともっとやってもいいのではないかと。もっと合理的な方法を考えるべきだと思います。たとえばドイツの例などは、われわれに非常に国柄からいって参考になる点が多いのではないかと。このような点は、われわれ産業界の人間ももう少し勉強して考えを変えたほうがいいのではないかと。もちろん政府においても、そういうことを考えていただきたいと思っております。

わが国では、一つのプロジェクトをたくさん関係者を協調させて進める。そういう経験が非常に乏しいのであります。新幹線の成功という点は多少ありますけれども、大体においてそういうことは従来経験が少なかった。それで、いまは現状ではあまりじょうずではない。日本の企業は競争には強いけれども、協調はへたである。よくそのようにいわれております。そういう面もありますので、各界とも十分努力して、この欠点を解決するよるような訓練をやっていく必要があります。それには、先ほどもお話がありましたように、かなり時間も必要であるかもしれません。それはどういうことがありますかといいますと、先ほど天野さん、伊原さん、あるいは武安さんからお話がありましたように、予算だとか、そういう行政制度も、それから産業界の産業構造、それから工業国としての歴史がまだ100年足らずである。それから市場の問題、社会環境の問題、それからもっと奥深く考えれば、教育という問題が多いと思っておりますけれども、こういうものは順々になるべく早く解決していく必要があると考へます。

次に、わが国の原子力発電に関する技術を見ますと、最近二、三年の間に非常に進歩をしたと思っております。特にこれは軽水炉が主でございますが、発電所の建設の需要が非常に増大しまして、そういう関係で電力会社およびメーカーの技術者の能力は著しく向上しました。原産の調査によりますと、技術者の数も年間500人ぐらいづつふえているような状況でございます。

一方、日本原子力研究所であるとか、その他の各研究所、大学、そういうところでの基礎技術の研究についてもかなり進みまして、研究者の数もふえております。しかしこれらの技術者、研究者の数は、最近の急速な需要に対しまして非常に不足しておるようになります。それで、その技術能力も低い。能力を養成しながら仕事をしている。そのようなことをせざるを得ない状況になっております。

そういう状況でありますので、今日最も重要なことは、これらの数少ない技術者、研究者をどうやって最も有効に組み合わせて能力を発揮させるか、また能力を養成させるかという事です。また、それをどうやってうまく管理するか、そういうことだと思います。この点はメーカーだけの問題ではございませんし、原研、あるいは動燃事業団、そういうところともう少し詳しい打合わせをして、少ない人数を有効に活用し能力を発揮させる計画をたてる必要があると思います。先ほど天野さんも、一番人員確保、養成が問題だといわれましたが、私もそう思います。それで、この点につきましては、動燃事業団のプロジェクトを成功させるために非常に大事な問題だと考えましたので、何とかそういう打合わせをする必要があるのではないかと考えております。

さらに、非常に大規模なプロジェクトを計画しまして、これを管理することは、個人の能力ではできませんので、これら多くの関係者を有効に協調させるためには、合理的な計画管理の技法が、アメリカあたりではかなり発達しております。そういうものを使って管理をすることがいいと思います。それで、その場合に協力し、分担する各関係者は、そのプロジェクト全体をよく知って、自分のやるべき範囲を完遂するために、自信がもてるようになっていないと、プロジェクトはうまくいかないと思います。これはなかなかむずかしいことではありますが、ぜひこうなるように協力をしなければいけない。そういうためには合理性を欠いた無理な計画をしますと、プロジェクトを成功させるために非常に悪い影響を与えますので、注意しないといけないとそう思います。

それから、動燃事業団のやりますような大きなプロジェクトになりますと、それを多くのコンポーネントのプロジェクトに分割して、非常に多くの関係者が分担することになります。そういうコンポーネントを組み立てるワーク・ブレイクダウン・ストラクチャーという考え方があります。どのように構成するかについて、それでその分担範囲の決定についてよく関係者が納得して、それでその自信をもつようになる必要があるものと考えます。

最後に、開発的なプロジェクトの場合には、その進行途上で不確定要素がございますの

で、どうしても初めの計画どおり進めない場合が起こります。それで、そういう場合には、計画と管理にかなり弾力性をもって進められるような手だてを初めから考えておく必要があると考えます。

議長 ありがとうございます。引き続きまして、永島さん、お願いします。

永島 皆さんのお話の取りまとめみたいなことを最後にいってはなはだ恐縮なのですが、絵の説明を主にしまして、いままでいろいろお話が出ましたディスカッションがやりやすいように思うと思って、絵を用意したのであります。それで、いままでお話に出なかったこと、それから森川さんのキー・ノートに書いてあって、十分に意をつくしえないようなことについて、少しいいたいことを清成議長に申し上げたいと思いますので、お許しいただきたいと思います。

先ほど来お話がありましたナショナル・プロジェクトは、国全体の経済に利するということ、ちょっとブレイクダウンしてつくって見たのです。それは、このナショナルプロジェクトが成功しますと、こうしないと発電会社に使ってもらえない。電力会社に使ってもらえるということで、このように建設費も安い、発電コストも安くなるだろう。それから日本の実用炉の自主的建設ができる。これは技術導入、あるいはライセンスをもらってやると相当制約がございますので、そういう意味で申し上げているわけです。

そのうらはらでございまして、外貨の支払いがゼロになれば一番いいのであります、ゼロにならなくても、いままでのようなある意味で100%の技術導入したよりは、こちらでかりに50%の技術があつて、50%の技術を入れたとしても、それだけ外貨節約になるのではないかと。またそれだけ制約が少ないから外国よりも売れるだろうから、あまり勢いのいいことをいって、おせじをいっているわけではありません。外貨の獲得もできるのではないかということになりますと、国全体の利益になるから、こういうことで国が大部分金を出してくれてもいいのではないかとメーカーとして考えるわけです。

その理由は、いままでにお話にちょいちょい出てはおりましたが、いま動燃事業団でやりになっておりますのは、この原型炉をつくる。それは、いままで日本の技術があつて入れたが、足りない部分はこれから技術開発をやって、そしてここへつぎ込んでいって、これを造る。ところが、これではすぐ、先ほど伊原さんのお話で、残存価値というお話がありました、それに関連して、ほんとうにこちらの国民経済に結びつけるのは、これはコマーシャルの原子炉という意味ですが、これは商業発電といいますか、ほんとうの実用炉になりますにはこの技術を全部入れます。しかしそれだけではできないので、これ



が問題になる。残存価値にも関係ありますが、原型炉を修理したり、改造をしないと、こちらのデータが出てこないこともあり得るのではないかと。それから、そういうことをもとにして、またディベロップメントをやって、こちらへいくと、これがうまくできる。あるいはこれをやった結果、スケールアップしていく場合に、どういう問題が起きるか。インダストリアリゼーションはこの間に入ってくるのではないかと。そういう意味でこれをやる。これはいまのところ、産業界でやることになっておりますので、産業界がこれで利益するということに関連しては、まだ開発費が相当必要であるということをお願いしたいので、こういう絵を書いたのでございます。

それから、これを進めるについては、先ほど来いろいろお話がございました。垣花先生もお話しされたように、いろいろな技術の蓄積があります。これは森川さんからお話がありました。この原型炉を開発するためにこういう技術は必要であります。これは技術のレベルの意味でLPと書いてあります。こういうものもあるし、こういうものもある、いろいろございますが、ここでもし原型炉がこの技術のレベルでできるのであれば、何も開発は要らないのであります。しかし先ほど来お話のように、ここまで上げなければいけない。これを上げるのはどうしたらいいか。そこにプロジェクトがいろいろできるわけありますので、これはもうわかっているものでございますが、その上に、ここから向こうへいくために、まだ技術のレベルアップが要る。こういうところを今後産業界でやっていかなければいかんということでございます。

それから、先ほど森川さんのお話にありました、これは技術開発でありますから、計画したとおりできるかできないかわからない点もあるわけですね。それで、かりにある一つの技術のこういうどれかがこれだけの開発をしようと思って、このレベルに達しようと思ってやっておったのですが、この時点にきたら、初めの見積りはこうだったのだが、そうではなくて、もっとやらなければいけないことがわかった。そうしたら、このように上げていかなければいけない。あるいはこれを延長していかなければいかん。そうすると、時間も延びるし、延ばさないようにして、たとえばこれはスピードを倍にするのだから、このように倍、金をかけたらできるという小学校の算術みたいなわけにはいきませんけれども、弾力性のある計画であってほしいということをわかりやすく書いたわけがあります。

それから、先ほど森川さんのお話で、あるいはそのほかにもいろいろお話がございましたが、どのような技術開発をしたら利益を、あるいはその技術の公開をどうするかということについて、これはむしろ動燃事業団の方にご質問したいところなのであります。この

いま既存の技術がありますと、これだけはP N Cがリーダーになりまして開発して、この技術を上げていかななくてはいけないときに、会社でいろいろな犠牲を払います。あるいは研究所もそうだと思いますが、これは民間でもメーカーの意見として、メーカーもこれだけの智慧をつぎ込んで赤字にならないというお話であります。いろいろな意味におきまして犠牲になるわけです。たとえば全部人の費用をもらって、機械でうち出されても、その人が1年かせぐと、たとえば1億円の利益をあげるのが、それがなくなってしまうから、それも犠牲だといえはいるわけでありまして。しかしそういうことだけではなしに、いろいろございます。そういうものを含んで、これを全部ディベロップをしたのを公開されるのか、あるいは先ほど垣花先生のお話にもありましたが、ある利益を与えて、それで動燃事業団はここをやって、この部分はメーカーにやるということであるのか。その辺はいろいろやり方があると思いますが、その程度をどうされるのかということでありまして。私が伺っておるのは、これを全部公開にするというので、国の費用で開発をするという趣旨におとりになるように伺っておりますが、伺ったら都合がいいのではないかと。これは同じことではあります。これを完成させるのに時間的な制約がありますので、この部分は外国から入れる。入れただけでできるものではありませんので、それを含めまして、全部P N Cで開発を、この上に続けてこうおやりになる。そのときにこれを全部、ここにまたこのメーカーの広い意味での貢献の部分がございまして、そういうものを含めてP N Cでこのようなディベロップで公開されるのかということなのであります。ナショナルプロジェクトの性質としてかくあるほうが、国全体としてはいいのではないかと考えております。

この開発を行なっていく間に、技術がレベルアップされます。したがってこの仕事をやっていく間に、それぞれの引き受けた研究所なり、われわれの考え方を申し上げますと、メーカーで技術が蓄積されます。また電力会社も協力されるとその技術が上がっていく。そういうものの利益も、このディベロップをやるという中に、この大きな成功の一つでありまして、あそこには書いてありませんが、そういうことを重視されれば、いまのようないろいろな考え方、あるいはこちらからお尋ねする意味でのお話が承れるのではないかと。絵の説明を兼ねまして、ちょっといろいろ勝手なことを申し上げました。

議長 ありがとうございます。森川さんのどいまの一緒にしまして、メーカーサイドのいろいろなご意見に対しまして、皆さんからのご討論をお願いしたいと思います。

伊原 先ほどの森川さんのお話で、ナショナル・プロジェクトであるから、必要な資金は国が担当するのが筋ではないか、こういうお話がございました。実はこの点についてはいろいろ

る議論があるところだと思いますが、特に戦後は日本人全体の考え方が非常に経済性を重くみることになっておりまして、政府もその例外ではございませんし、したがってこういう研究開発をやる場合の受益者はだれであるかがすぐ出てくる。そうしますと、たとえば原型炉は、アメリカのような巨大な民間企業がありますところでは、民間企業は自前でやっておる。先ほど議長のお話もございましたように、将来日本の民間企業がもっともっと成長しまして、年間売上高何兆円という大企業が輩出すれば、たぶんこれは民間の負担でおやりになるようなものであるかもしれないわけでございます。

そういうこともございまして、政府としては、もちろん研究開発に金を出すわけでありましてけれども、特に戦後は政府の考え方は、いわば富国弱兵でございまして、国防研究はおろか、国の威信に関係するような研究についても金を出すという姿勢は非常に少ないわけでありまして。そのようなことでもございまして、研究開発の中でも非常にリスクの多い部分は国がもつけれども、比較的リスクの少ない部分は民間企業が負担してもいいのではないかとこの考え方が基本的にあるわけです。たとえば先ほどの原型炉の残存価値につきましても、多少誤解があるかと思っておりますので申し上げますけれども、これは残存価値が民間の拠出分と見合って、民間が損をしないということではございまして、出した金の2分の1ですか、4分の1ですか、どれだけ返ってくるかわかりませんが、ゼロにはならない。そういう意味では国よりもリスクの負担が少ない部分をもつのだ、こういう意味でございます。そういうことでもございまして、ちょっと政府の立場もこの際申し上げておきたいと思っております。

議長 ありがとうございます。いろいろこの問題ではご意見があると思っております。どうぞひとつ。

武安 永島さんのお話の、いまのこの図面の第4図でございましてけれども、この斜めの線のあつる3つ目のものは何を意味するわけなのですか。これは技術導入ですか。

永島 いや、そういう意味ではありやせん。

武安 つまり左側のとまん中のと、違いがちょっと……

永島 これは開発をやる間の費用を、これはPNCがもって、これは民間の会社が出すだろう。そうしたらこのように権利を認めていただけるのか。そうではなくて、PNCは、これは全部公開の原則でおやりになるのか、どちらなのでしょう。私が聞いているのはこちらのように伺っておりますが、そういう意味なのです。それで濃く書いたわけです。

武安 そうですか。これは私のほうのお答えみたいになるのですけれども、なかなかこ

これは明確に区別しにくいと思うのでございます。逆にまた伺いますと、メーカーは確かにいろいろ技術開発に、たとえば委託で行ないます場合に、それ以外の要素で骨を折られることはわかるのですけれども、明確に全部はつきり出るものでございますか。

永島 それは明確には出ませんで、ぼやけると思います。

武安 私は、目標としては、メーカーの金銭的な負担分は全部委託契約の場合は保証する方向で努力しなければならんと思っているわけですが、実際問題としてはわれわれが非常に把握しにくい要素については、なかなかうまくいかんという問題が出てくると思います。ねらいとしては全額保証、ただ委託などの制度の関係で、なかなかフルにそういうものを、極端に言えば得べかりし利益までを織り込んで、つまり織り込んだような委託契約は、いまはなかなかできない。非常に補助金的な運営になっておりますから、これは是正していかなければならんと思いますが、現状はなかなかそこまでいきかねるという点はご了承いただきたい。

もう一つは、観念的にきれいに分かれなくて、まんなか辺のところになるのではないかと思うのでございますが、必ずメーカーのほうに残るものがある。それから吸い上げられ、公開するといっても、そこにデータ以外の要素があるから、そのところでバランスをとっていただき、そのバランスがくずれないように、動燃事業団としては、仕事をお願いするとき、最大限の努力をする。こういうことでいかがかと私見でございますけれども考えます。

酒井 この図面で、当面の原型炉の開発はまさにこのとおりでございますが、したがって私もいまこの場で議論しているのは、実はこれをどう進めようかということが大体中心だろうと思います。しかしながら、たまたまこういう絵が出てまいりまして、先ほど西依さんの実用炉に関連したあるご意見もございましたので、私は、この絵をみておりますと、いささか疑問が出てくるわけです。つまりプロトタイプからいきなりコマーシャルリアクター、これは絵の書き方だけの問題ではございますが、実際的にはこの中間に何か起きるのかもしれない。そこが、先ほど西依さんがおっしゃった、安いか高いかという話につながっていく。必ずこれは、この中間に、一台か二台か知りませんが、あるいはここからいきなりこうなるかもしれないが、これは安くならなければならない。もっとも外国のものに比べても安定性が高くなければならない。こういう必然性をもっているものだと思います。

しかしこのへんになるか、どのへんになるかよくわかりませんが、このへんにおいては

何か問題があるだろう。しかしその段階でユーザーが使うということになりますと、何を  
おいてもまず安定性が先決問題である。経済性は、あるいはその段階においては二の次で  
あるかもしれない。とにかく安定性のないものはユーザーとしては使えないということに  
なると思うのです。この点がまず第1点。

そこで、たまたまここで先ほどの経済論が出たとした場合、垣花先生のおっしゃるよう  
に、もう少し長期的にみてこの問題を考えるべきではないかという問題もある。

ところで問題は、この中間段階における扱い方、これがナショナルプロジェクトである  
ということによって、非常に大きな問題が出てくるのではないか。単にメーカーが一つの  
ものを単独でつくって、そして売り込んでくるというものと、ナショナルプロジェクトと  
して生んだものとは、当然、政府の責任としても、この段階における考え方がもう少し明  
確につながっていかなければならない。これは絵ですからこうなりますが、こういう断面  
であるのか、ここにもう一つ国の方針としてこのへんの扱い方を明らかにするということ  
がないと、どうも問題が形式論、議論倒れになりはしないか、実はこの絵を拝見しており  
まして、そういう懸念をいただきました。

的を得ている議論かどうかわかりませんが、やはりナショナルプロジェクトであるとい  
う観点をかまえるならば、いまの段階からこれへのつながり方は、絶えず頭に置かなくては  
ならない。これは、要するにあとはユーザーの問題だといいきれるかどうか、このへんに  
つきまして、いま直ちに結論は出ないと思いますが、かなりナショナルプロジェクトとい  
う立場をとらえますと、生みっぱなしになってはいけない、政府として措置をすべきもの、  
あるいは民間として協力すべきものが、まだまだこのあとに出てくるのではないか。そこ  
らへんのつながりをいまから考えておく必要があるのではないかという感じがいたします  
ので、いざさか私見ではございますが、申し述べました。

議長 たいへんいいご意見だと思います。当然そういうことが考えられなければならないと思  
いますけれども、先ほどからお話がありましたように、いまはプロトタイプをどうやってつ  
くるかということで精一ばいだというところでございますが、当然お考えのとおりのこと  
が起こってくると思うのでございます。そういうことをやはり頭に置きながらやっていく  
べきことが多いと思います。お説のようにしなければならぬのではないかと考えており  
ますが、何か他にございせんか。

武安 これは質問ではありませんが、ただいま森川さんのご意見の後段のほうで、特にプロジ  
ェクトの管理問題でいろいろ適切なご意見がございまして、われわれ、非常にけっこうな

ご意見で、参考にして努力いたしたいと思えます。

なお動力炉開発基本方針の問題で、いろいろご説明もありましたけれども、この計画の管理について、ナショナルプロジェクトを遂行しますに当たって、事業団としても配慮をしております。現在、動燃事業団の管理システムを組み立てまして、これはアメリカの航空宇宙局（NASA）等でやりましたものを基本にしたものでありますけれども、スケジュール的なパートダイヤグラムをつくり、さらにこれにコストの要素を加え、これらに基づいて進行の管理をやって、適切に、弾力的に管理をやっていきたいということでの作業を進めております。まだ完成段階ではありませんが、そういう実情でございますので、ご意見を十分取り入れまして、効率的に進めたいと思っております。

議長 ありがとうございます。

それでは、まだいろいろご意見があると思えますけれども、何ぶんにもナショナルプロジェクトの国内協力というテーマは、非常に広範囲なものでございますので、少し丁寧に議論をしますと、この時間ぐらいではできないことは当然でございます。完全な効果をあげられましたかどうかはわかりませんが、時間も相当に超過をいたしておりますので、このへんで大体本日皆さんのご議論を取りまとめてみたいと考えるわけでございます。

私は、先ほどからのご議論を伺っておりまして、垣花先生のご議論から、ナショナルプロジェクトが企画されるいろいろな条件がある。そしてまた動力炉の開発というのは、キー・ノートにありますの(4)という場合だと考えられます。こういうケースでは、協力者に損害をかけるということがないように、喜んで皆さんが協力できるという策をとるべきであるということがいわれたと思えます。それからまたこのプロジェクトは、国にとりましていかに重要なものであり、またそれが、国民の各層が、その成功によっていかに大利益を受けるものであるかということをよく論議し、そして認識するようになれば、これは、あるいは3の(2)のケースに近づくことができるのではないかと。そうすれば、成功の可能性も非常に大きくなるかもしれない。

こういう意味を考えますと、正しい、そして熱心なPRが非常に大事だということが打ち出されておると思っております。

それから、垣花先生のご議論の全部にわたることは、将来、いろいろなチェック・アンド・レビューというときには、十分そういう考えを頭において対処していかなければならぬとわれわれは受け取るわけでございます。

次に原研のことをごさいますけれども、これは、事業団ができてからでは、非常に以前と違った趣が出てきたわけなのでごさいますけれども、原研のほうでご担当になるのが開発研究、それと同時に、もう一つは基礎研究、いわゆるアドバンスド・リサーチというものでごさいます、このプロジェクトをやっていきますための研究は、当然いろいろな契約やその他でやっていただかなければいけませんけれども、もう一つアドバンスド・リサーチといったご研究も、動力炉開発のバック・パワーとして非常に大きな役割をもつ、あるいは核物理、あるいは核化学、あるいは保健物理でごさいますとか、各種の燃料、材料、さらに核融合、こういう広範囲な高度な研究のバックアップによってのみこのプロジェクトができ上がってくる。そしてそのプロジェクトの進路を、いろいろそれによって是正し、あるいは改善を加えていくというかっこうで成功するのだろうと思うのでごさいます。これがほんとうの技術力ということだろうと私は思うのでごさいます。

これは原研だけではごさいますので、研究としましては、やはり大学、原研みたいな基幹的な研究、それとメーカーの研究、この三つのものが横のつながりをもっていく、こういう研究体制ができ上がらなければならないのでごさいます。事業団としては、先ほどお話がありましたように、基幹要員だけをもちまして、そして研究はそれぞれの機関を機関として組み合わせて利用するというのが、人員や経済上、最も望ましいのだということが、先ほどお話があったように思うのでごさいます。

ナショナルプロジェクトは、国の経済と申しますか、産業界にも非常に利益がなければならぬ。しかもいまお話がありましたように、原型炉ができ上がったあと、実用炉までの開発は、当然、産業界に課せられた使命でごさいますので、このプロジェクトをやることによりまして、それをやるどころの実力が養われなければならない。実用炉段階でのほんとうにメーカーの力がつく、フリー・コンペティションがほんとうにできる形にするためには、メーカーが骨を折って開発されたところの効果はメーカーに還元するように考えなければならないのだというお話があったと思います。

また、いままでと違いまして、もう日本の現状では、外国からの技術導入の時代ではなくなった。どうしても自主開発をやらなければいけないのでごさいますけれども、こういう大きなプロジェクトにおいては、プロジェクトに協力する上にも、あるいはプロジェクトを遂行していきます上にも、非常な困難点としまして、行政制度、あるいは産業構造、あるいは社会環境の障壁があります。これについては、ぜひとも政府なり、事業団なりで、法規の解釈、運用を弾力的にやることが絶対に必要であるということが指摘されました。

なお、全体的に少ない研究者でありますとか、あるいは技術者を最も有効に活用するというためには、真に合理的なプロジェクトマネジメントが必要なのではないかということでございます。このマネジメントがうまくいかない、このプロジェクトはうまくいかないということを強く指摘をされました。

垣花さんや武安さんからは、そのような点につきまして、いろいろ困難な状況に直面しておりますけれども、しかも教育界、あるいは事業団がこれまでこの席で論議されましたような方向に努力しつつあるという様子を承ったわけでございます。

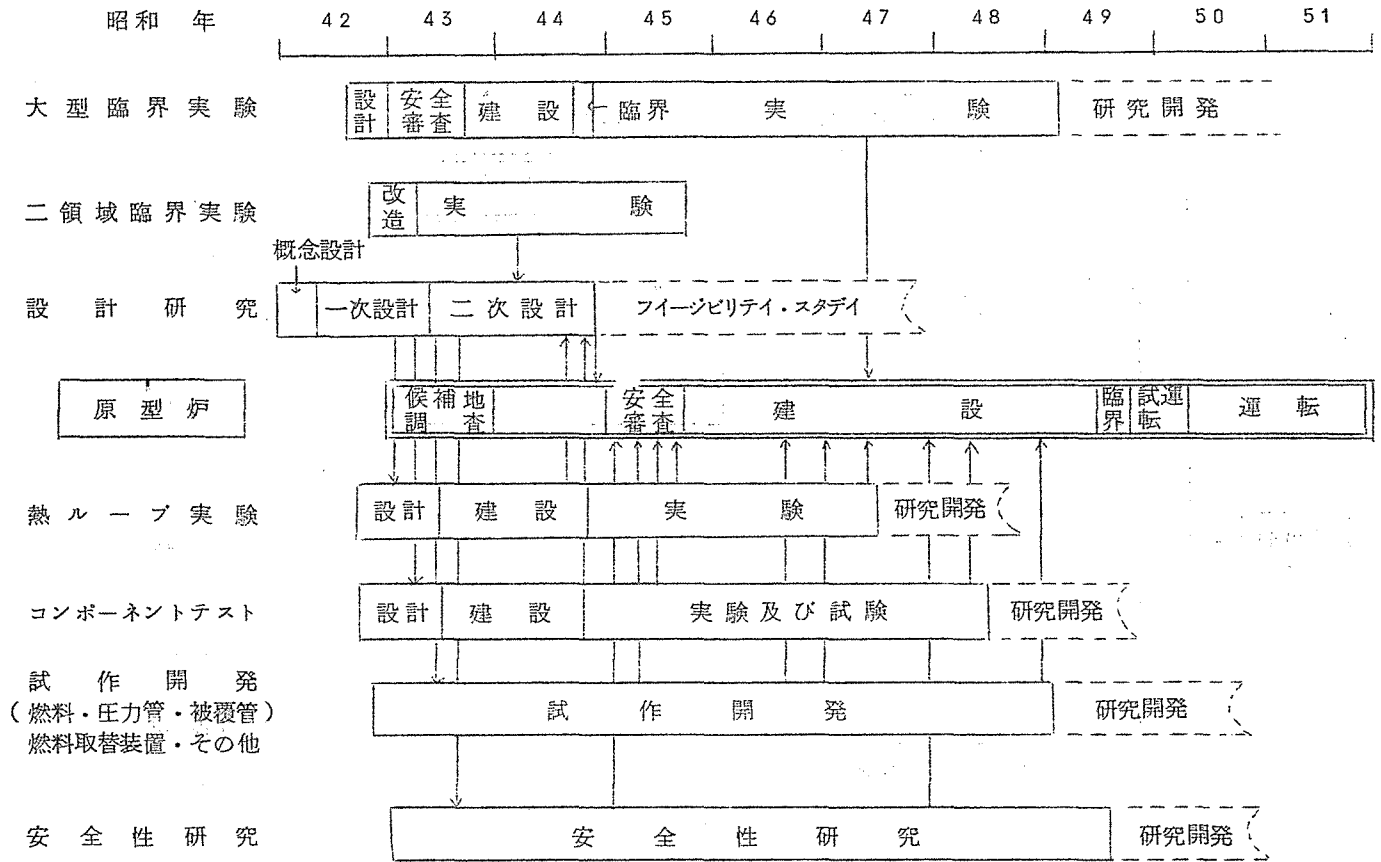
垣花先生のケースの(4)でございますけれども、こういう形にある動力炉開発のプロジェクトを、本日のパネルを契機にしまして、ぜひりっぱに実らせてまして、今後、あとに続く大きなプロジェクトの実例になるということ、心から期待するものでございます。

本日の討論は、まことにパネリストの皆さんにも意を尽くすだけの時間がございませんで、申しわけがなかったわけでございますけれども、またご参会の皆さんからのご質問もまだ拝見しておりませんので、できればそのご質問を織り込んでまとめに入りたかったわけでございますが、それもちょっとできませんでしたので、またいずれの機会かにそういう点をお伺いいたしまして、またご意見も伺いまして、このプロジェクトがうまく運用されるようにいたしたいと考えております。

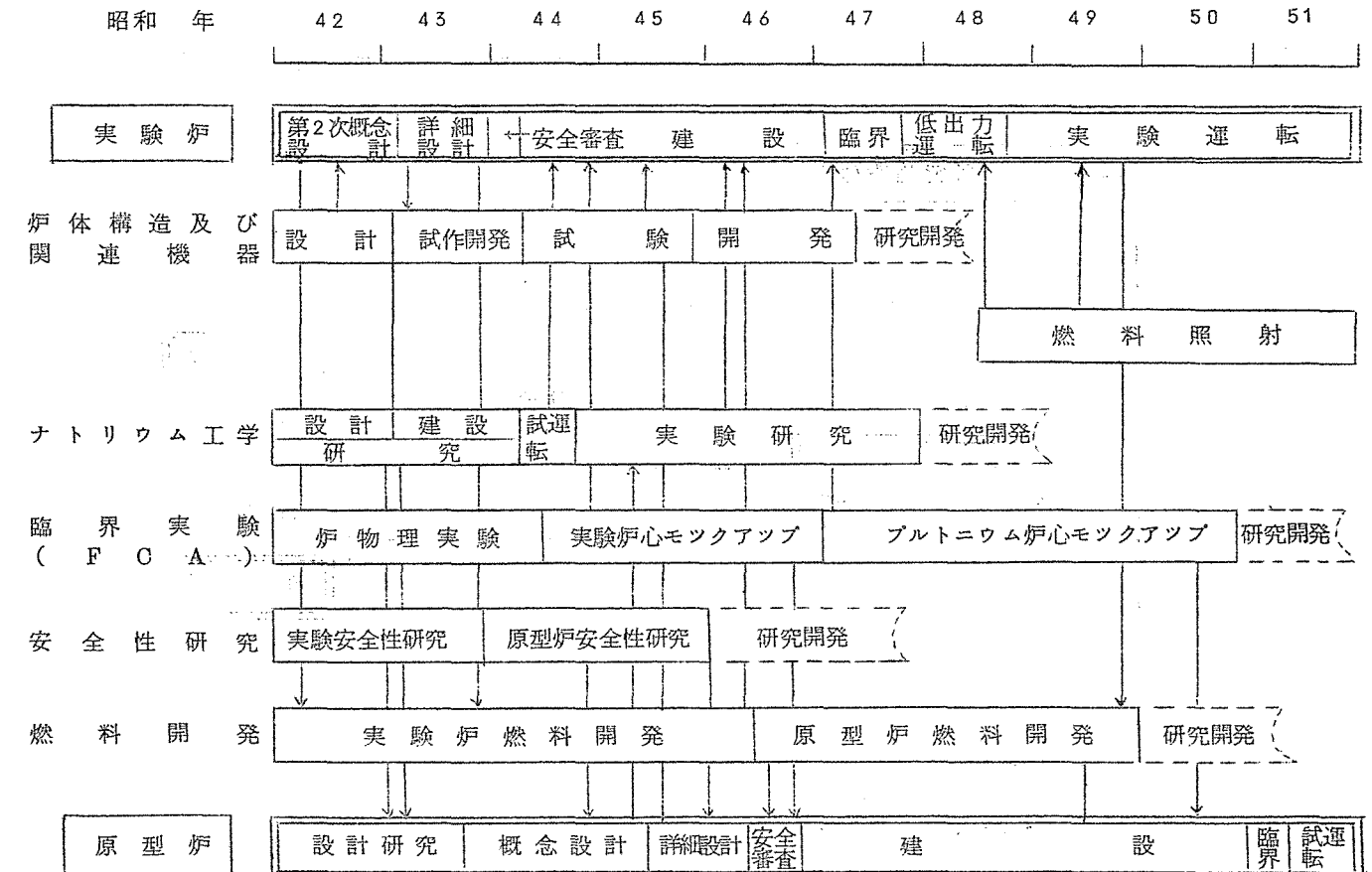
一応、パネル・ディスカッションはこれをもって終了いたしたいと思っております。どうもたいへん失礼いたしました。



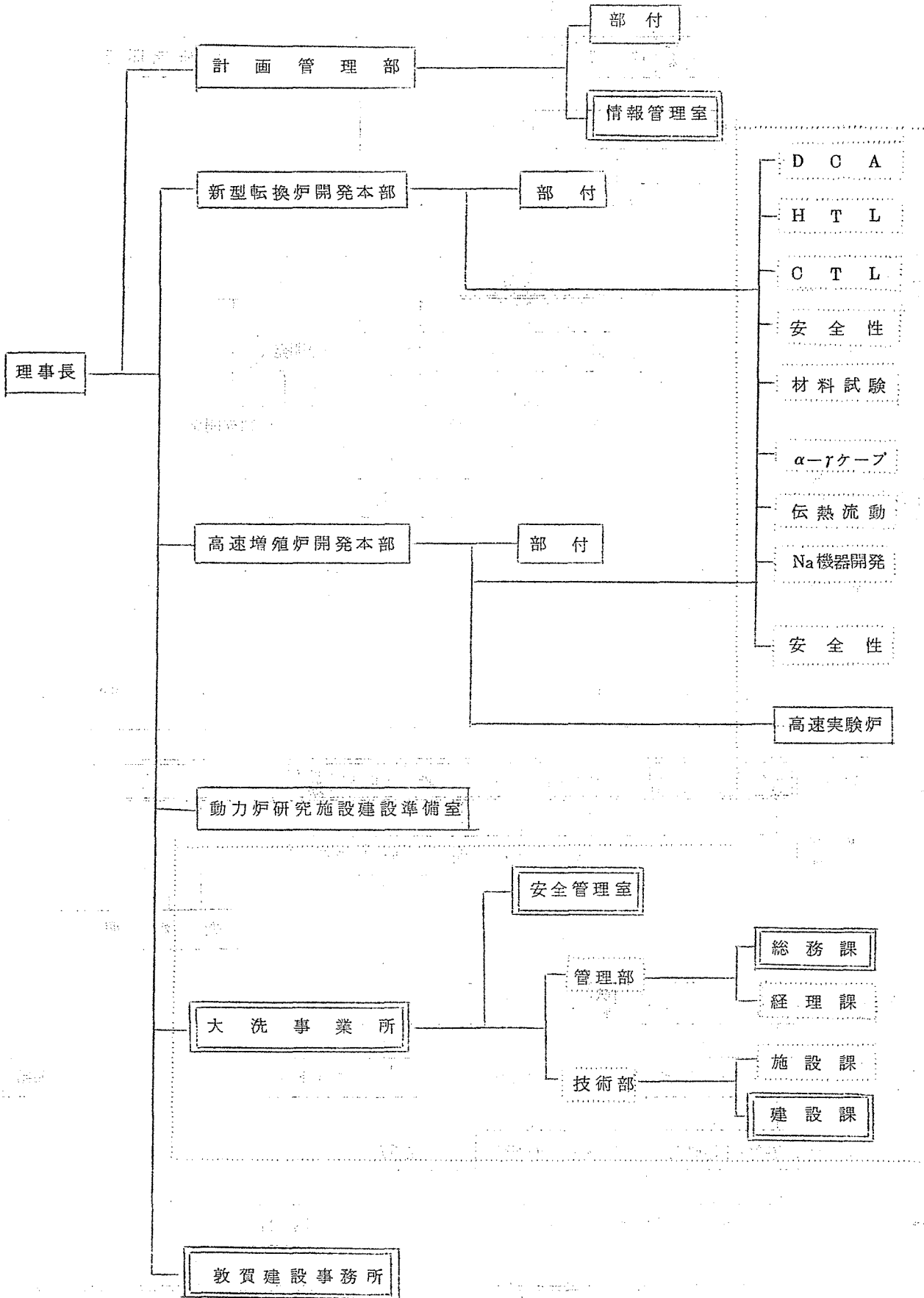
新型転換炉の開発計画



高速増殖炉の開発計画



動力炉部門組織図（案）



出向・派遣職員の機関別内訳

メーカー関係	35名
電力関係	29名
原研	16名
官庁	9名
大学	1名
計	90名

試験、研究等委託状況（請負契約を含む）

メーカー関係	32件
原研	29件
大学	3件
その他	8件
計	72件

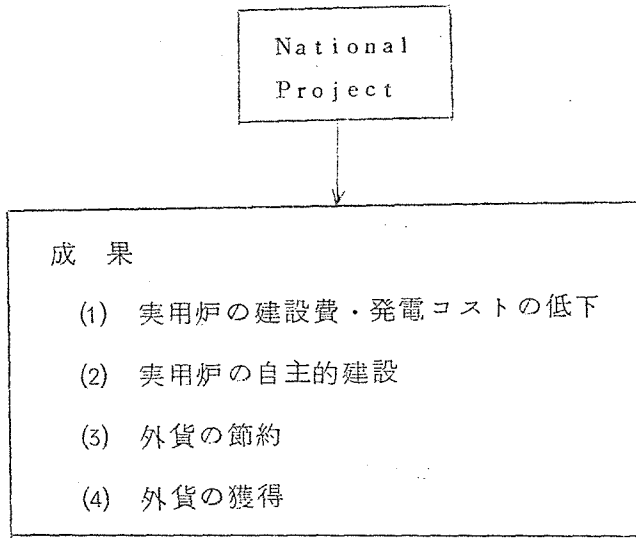
動力炉開発長期資金計画

(億円)

(年度)	42	43	44	45~51	計
高速増殖炉開発費	3	22	68	1,051	1,144
新型転換炉開発費	2	15	53	534	604
共通費	1	4	14	47	66
一般管理費	1	6	10	167	184
計	7	47	145	1,799	1,998

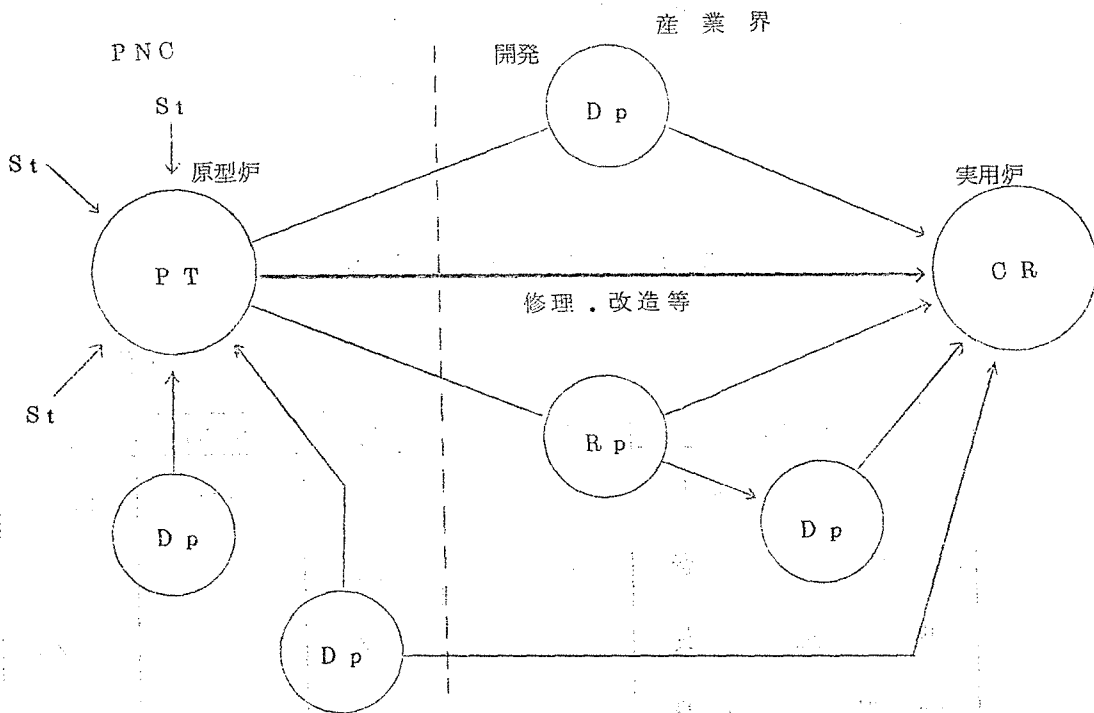
第1図 ATR、FBR開発の成果

永島

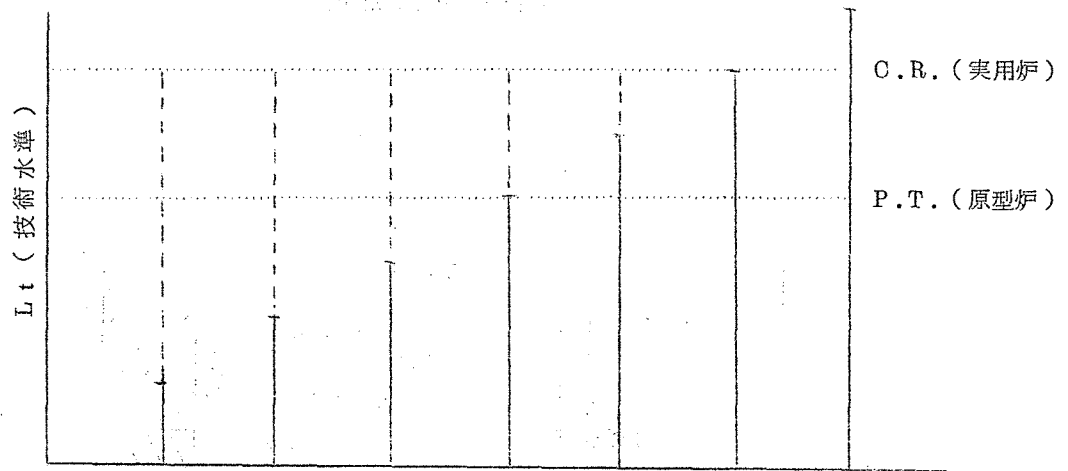


国全体の経済に利益(国民の利益)

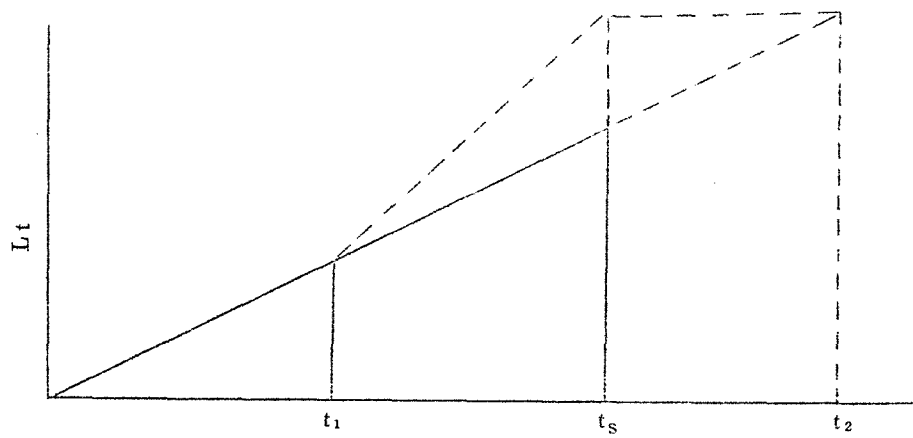
第2図 原型炉の開発と発電炉の実用化



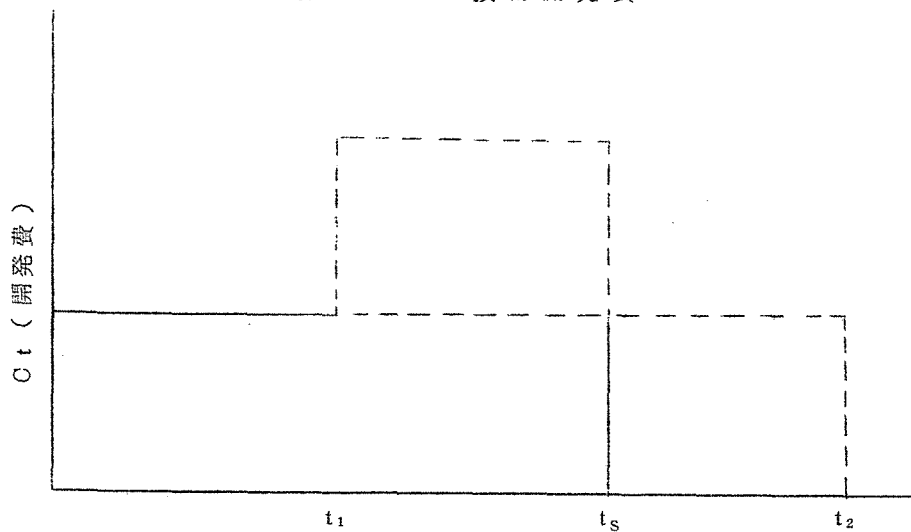
第3図-A  $S_t$  (技術のスペクトラム)



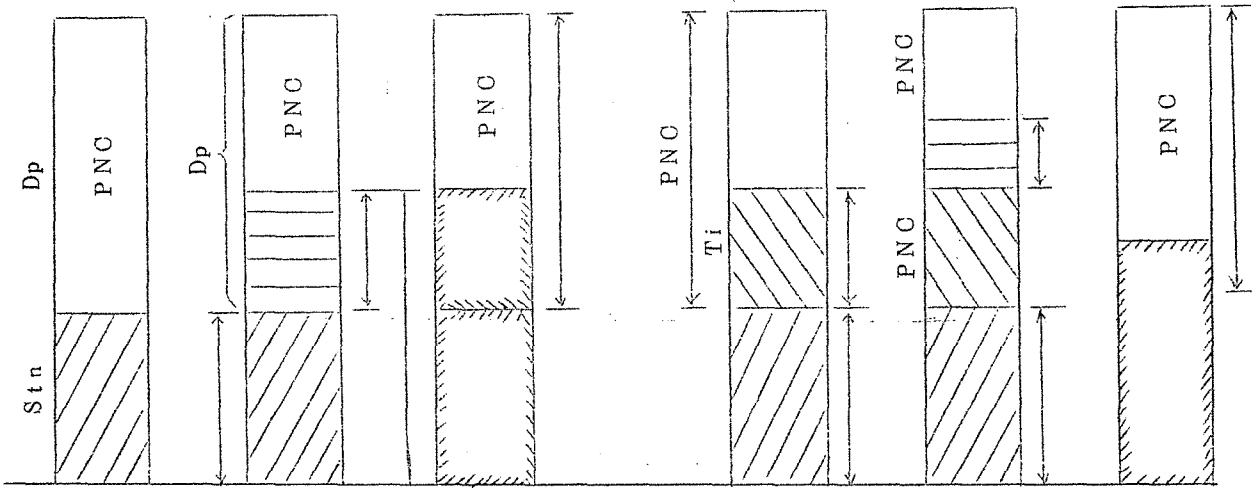
第3図-B 技術開発の進行



第3図-C 技術開発費



第 4 図 既存技術と開発技術



## 一 般 講 演 — 1

議 長 加 藤 博 見 氏 ( 関 西 電 力 副 社 長 )

講 演 ー I 「 電 力 需 給 と 原 子 力 発 電 の 見 通 し 」

講 演 ー II 「 軽 水 型 原 子 力 発 電 所 の 建 設 状 況 」

- 敦 賀 原 子 力 発 電 所 の 建 設
- 美 浜 原 子 力 発 電 所 の 建 設
- 福 島 原 子 力 発 電 所 の 建 設

議 長 田 中 直 治 郎 氏 ( 東 京 電 力 常 務 取 締 役 )

講 演 ー III 「 核 燃 料 資 源 の 確 保 に つ い て 」

講 演 ー IV 「 核 燃 料 問 題 の 現 状 」

3 月 5 日 ( 水 )

A 会 場

## I. 電力需給と原子力発電の見通し

中央電力協議会

専務理事 山崎 久一

ただ今御紹介にあずかりました中央電力協議会の山崎でございます。本日は電力の需給と原子力発電の見通しということで、しばらくの間御清聴を煩わしたいと存じます。

お手許に簡単な資料を作りましたので、その資料をもとにいたしまして、簡単に御説明を申し上げたいと存じます。まずわが国の九電力会社と、電源開発会社をもちまして構成する、広域運営を目的といたしました中央電力協議会につきましては、皆さん既に御承知のとおりでございます。この中央電力協議会におきましては、電源開発の目標を達成いたしますためにいろいろ長期的な見通しを立てておるのでございますが、まずそのうちの一つが43年から52年にわたります10年間の電力需給計画、電力長期計画と申しておりますが、これを先般一つにまとめましたので、これをもとにいたしまして今後の電力の需給の問題、これに関連いたしまして原子力発電の今後の見通しという点を御説明申し上げたいと存じます。

計画の基本となりますものは、何と申しましても電力需要でございますが、これにつきましては、この需要想定にあたりましては、経済成長とか、鉱工業生産の動向、その他いろんな需要種別ごとの予測をもちまして、マクロの方法あるいはミクロの方法をもちましてこの想定をいたすのでございますが、今回の需要想定に使用しましたものは、基準年次を48年度時点といたしまして、G.N.P.で497,900億円。このG.N.P.の伸び率は、42年から申しますと年平均8%と見たのでございます。鉱工業生産は、同じく42年、48年の増加率で見ますと9.6%ということになっております。それから主要製造業の中で申しますと、鉄鋼が8.6%、非鉄金属で10%、機械工業が10%、化学工業で同じく10%というようなことになっております。

鉱工業のうちの主な生産量で申しますと、48年度時点において、石炭が3,600万トン、石油精製で2,2700万キロリットル、粗鋼の生産が9,970万トン、アルミニウムが90万トン、ざつと、こういうような、数字になっております。

これに対しまして、この第4表というのはその最低を表わしておるのでありますが、第4表は、大口電力の業種別にその内わけを示しておりますが、その中で特に目立つものは特掲産業といたしましては、石油精製の1.6%、それからアルミニウムの12.8%、鉄鋼が8.5%、そ



れらが伸び率の高いところでございます。一般産業といたしましては、石油化学が20%以上、それから食料品が16%、機械が12.7%。こういうような伸びをもったものでございますが、これを電力需要種別ごとに考えますと、今度は電灯でございますが、電灯は36年から42年までの過去の実績では14.6%伸びておりますが、いろいろ需要の小型器機の普及状態の若干飽和状態というような問題も考えあわせまして、今後の伸びが8.4%というようにみております。

それから業務用電力にいたしましても、従来20%の伸びを示しておりましたが、これを13.3%というように見方をいたしております。小口電力、大口電力が8.4%ということで需要電力の全体といたしますと8.7%の伸びをみる、というようなことでございます。過去におきましては、36年から42年度では、需要電力量では10.7%という実績がでておりますが、今後の6年間というものは8.7%というように見方をいたしております。しかしながら、最近負荷率がだんだん悪くなりまして、特に八月の夏ピークが大きく出て参りました関係で、このピーク電力の伸びというものは電力量の伸びよりも、非常に大きい数字がでております。例えば、八月の数値で申しますと、電力量の8.7%に対しまして10.1%という年平均増加率で伸びていく、とこういうような想定をいたしたのでございます。

もう一つ特徴的なことを申しますと、第6表をお開き願いますと、この夏需要が冬のピークよりも大きくなるという傾向は、西の方から特に顕著になっておりまして、このアンダーラインを引いたところが夏の方が多いうのでございますが、例えば42年度では既に西地域が夏ピークが高くなっております。それから中地域が43年度から夏の方のピークが高くなっております。東地域におきましては、52年度までまだ夏と冬のピークはほとんど似た程度のものでございまして、夏ピークが冬のピークを追い越すというところまでは参っておりません。全国合計で申しますならば、45年度からそういうような時点が参ります。これが一つの最近の大きな傾向でございます。

これらの需要をまかないますために、電源開発につきましてはその需要の形態にあわせまして、あとで申し上げますような原子力発電の推進される実情を考えまして、ピーク用といたしまして大容量の揚水式水力の開発がとえられるわけでございますが、なお今後火力・原子力の大容量化の見通しが内外の情勢から明るくなって参りましたので、この計画の中にはこれを積極的に織り込んでおるわけでございます。火力では100万キロユニットが47年度には着工される、原子力は同じく48年度に着工ということになっております。それから、最近公害問題がやかましい関係もございまして、これを考え、更に将来のエネルギー需給の問題、経済性

向上というような面から原子力開発が促進されておりますことは、のちほどさらに申し上げたいと存じます。この公害防止問題につきましては、現在大気汚染防止のための施設はいろいろやっておりますが、その他低硫黄重油の獲得とか生だし、原油のままこれをたきます施設などをはじめといたしまして、この火力発電所の分散とか、それらの措置を計画の中にいろいろ織り込んだのでございます。

こういうような需要に対しまして第7表をお開き願いますと、これがこの計画に用いました、開発を考えた供給力と需要とのバランス表になっておりまして、42年の実績、43年度の実績から52年の想定まで並べた、8月と12月のピークバランスを載せたのでございますが、御覧のように、当面する44、5年の、下に伸び率がでておりますが、5.3、5.8で、その後は8%以上の伸び率を持つ、というような恰好にあいっております。現在供給予備力といたしましては、私共の考えておりますのは、だいたい7%の予備力を持てば良い、ということになっておりますけれども、今後のサービスのレベル向上、あるいは電源の中に占める火力、原子力の比率が上がって参りますこと、あるいはユニットの大きくなることなどを考えますと、このパーセンテージはやや上昇するのではないかと、また、上昇する必要があるかということで、現在詳細の検討をやっている段階でございますが、この計画の中には7%よりも若干上まわった数字で、一応その想定をたてておるわけでございます。

それから今度は第8表に参りたいと存じます。第8表におきましては、この需給バランスに含まれました供給力は、どういう供給力であるか、という点を申し上げたいと存じます。この一番上に水力小計と書いてございまして、水力は43年度から52年度までの10年間に約1,000万キロの開発をいたす予定になっておりますが、その中の757万キロは揚水式でございます。揚水式は先程申し上げましたような需給の実態にあわせ、ピークを持つために、原子力、火力などと組みあわせてこれが脚光を浴びて参ったのでございます。

現在建設中のものには、東京の安曇系統62万3000と24万5000、それから中部系統では高根34万、関西の喜撰山46万6000、これらは工事中でございますが、更に電源開発の新豊根の90万キロ、中部の新鹿74万4000、関西の拳原104万8000、東京の唐沢118万、東北の沼沢沼46万7000、電発の沼原67万5000というようなものが続々と計画にのせられておるわけでございます。結局、その水力の大半の73%程度が揚水式である。それから火力の合計で3,780万、約1年あたり400万に近いわけでございますが、これらのものがでておまして、この中では石炭は45年迄でおしまい、後は重油とガス、ガスタービンの発電所でございますが、これが合計で120万ほど出ております。その他に原子力が

1,156万、これが43年から52年までの運開出力でございます。10年間で約6,000万の開発が行われ、1年あたり600万ということでございます。

それからこの次に第9表を御覧願いますと、これは開発をやるために、どういう着工を今考えておるかということでございますが、この水力、火力、原子力合計、これは地域別に出ておりますが、10年間に水力1,168万キロの着工、それから火力が4,200万キロの着工、原子力が2,500万キロの着工、合計で7,900万キロの着工ということにあいなおるわけでございますが、この表で御覧願いますと水力、火力、原子力の着工の割合は第9表の2の方に載っておりますが、これで見ますと、この計画の前半におきましては水力15%、火力が60%、原子力25%でございますが、後になりますと水力13%、火力47%、原子力が40%、原子力と火力とが、かなり接近して参ります。原子力40%に対して火力47%でございますので、かなり接近して参りますが、まだ火力の数値というものは相当上廻っておるわけでございます。

第10表には、需給バランスの中に占める供給力の割合でございますが、上が8月、12月のピークバランス、下が電力量バランスでございますが、この中でピークバランスでは水力は25%を占めておりますが、アワーバランスでは18%程度。火力はピークバランスでは65%、電力量バランスでは、やはりKWHをかせぎますので68%以上、原子力はピークでは約10%でございますが、アワーバランスになりますと14%という数字が52年度では出ておるわけでございます。

それから11表には、将来の燃料をどういうことになるかということ。真中ごろに、火力発電換算重油量というのが出ておりますが、これは42年度で、石炭、油をこみにしたものが、3,100万キロリットルでございますが、それが52年度では6,900、約7,000万キロリットルということにあいなります。で、石炭を仮に2,000万トンという風にやりますと、これは油にしますと6,000万キロリットル近くなりますので、52年度で油が6,000万ということになりまして、この数値は42年度の油のざっと三倍、というようなことにあいなるわけでございます。で、原子力のものを重油に換算いたした場合の油の数量にいたしますと、そこにごさいますように48年度には379万キロリットル、52年度では1,460万キロリットルということになります。これをウランのU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>のウランでやりますと、48年度に2,400トン、52年度では4,200トンでございますが、なお、累積ウランの表をそこにつけておきましたが、累積所要量がU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>のショートトンで、52年度までが25,000トン、53年度で31,870トン。まあ、こういう風に概算いたしましたのでござい

す。

それから第12表には地点別、年度別の原子力発電計画の着工、運開の数値が載っておりますが、右側に昨年度つくりました時のものが載っております。これを比較願いますと前年よりもかなり進めたところが多くなっております。特に東京、関西、並びに西の方ではかなり進めたのが多くなっております。13表には、全国合計で年度別に着工、運開別に前年度計画と比較して示してありますが、真中が運開量でありまして一番初めの1,200万というのは今年度の数値でございまして、昨年度の数字が970万でございます。着工分は去年が2,100万に對しまして、本年が2,700万でございますので、600万キロ近く余分に着工する形にまいります。そのうち昨年度、年度が一年ずれましたので、435万キロというのは52年着工でございますので、その一年分の他に約200万近く着工分が増えております。こういうような形で、かなり前年度の計画よりは、本年は進んできておるのでございます。

そこで、これに對しまして、建設費の単価でございまして、前年度申し上げました時には、50万キロクラスでキロ当り6～7万円、100万キロクラスでキロ当り5万から6万5千円位と見込まれていたのでもございますが、その後の状況を見ますと、これよりはやや高めとなる傾向が見受けられております。しかしながら長い目で見ますと、この経済性については、まあ十分期待できるんじゃないかという風な考え方が一般に言われておりまして、その点がこの計画の中に出ておるわけでございます。

工事資金を最後に申し上げたいと思いますが、この工事資金は全部の工事、水力から原子力合わせますという、10年間に6兆5千億円というようにぼろ大な数値にまいっております。年間平均で6,500億円でございますが、そのうち電源が44%、送変電などの流通設備が46%、改良費その他で10%というようなことにまいっております。電源と送変電設備とは、まあ、最近、近年度におきましては、だいたい似たような数値にまいっております。

だいたい以上で私の申し上げますことは終りでございまして、時間も参りましたので、御清聴を感謝いたしまして私の話を終らせていただきたいと思います。ありがとうございました。

第1表 48年度需要想定のための経済見通し概要 (単位 億円)

	42 FY	48 FY	年平均複利伸率 (%)		ウ エ イ ト		(%)
			42/36	48/42	36	42	
国民総生産	313,461	497,900	9.6	8.0	100.0	100.0	100.0
個人消費支出	158,821	258,100	8.8	8.5	53.0	50.7	51.8
政府経常支出	21,558	27,400	7.3	4.1	7.8	6.9	5.5
民間投資	84,358	130,100	10.1	7.5	26.2	26.9	26.1
政府固定資本投資	28,510	55,000	10.5	11.6	8.7	9.1	11.0
其他	110,974	187,000	省略	省略	29.1	35.4	37.6

(昭和40年=100)

第2表 48年度需要想定のための鉱工業生産水準見通し

	昭和40年		指 数				年平均複利増加率 42~48%
	基準ウエイト	30年度	教				
			40年度	41年度	42年度	48年度	
鉱工業	957.58	28.8	101.3	118.6	140.7	243.9	9.6
鉄鋼	123.1	73.2	101.1	105.0	104.3	110.3	0.9
製造業	936.27	27.2	101.3	118.9	141.6	246.8	9.7
非鉄金属工業	64.69	25.0	100.6	125.1	154.8	253.9	8.6
機械工業	252.1	26.7	101.6	117.6	142.6	252.1	10.0
化学工業	299.99	15.2	100.6	124.3	159.9	285.2	10.1
石油石炭製品工業	897.3	28.3	102.3	117.3	137.5	248.6	10.4
繊維工業	161.2	19.4	103.4	121.3	143.5	250.6	9.7
食料品工業	1137.1	44.4	101.9	112.6	122.2	171.3	5.8
其他	1058.8	47.6	101.6	111.0	117.0	219.1	11.0
			省略	省略	省略	省略	省略

第3表 特掲産業の推移

(単位 103t 石油は103kl)

年度 産業別	実績			績			想定		
	40	41	42	41	42	48	40	41	42
石炭	48,003	48,805	45,455	48,805	45,455	36,100	48,003	48,805	45,455
アンモニヤ(G法)	2,191	2,415	2,823	2,415	2,823	4,332	2,191	2,415	2,823
苛性ソーダ(互法)	1,288	1,492	1,764	1,492	1,764	3,148	1,288	1,492	1,764
ソーダ灰	759	833	904	833	904	1,300	759	833	904
カーバイド	1,647	1,677	1,825	1,677	1,825	1,100	1,647	1,677	1,825
石灰窒素	353	381	338	381	338	371	353	381	338
石油精製	83,143	101,009	121,864	101,009	121,864	227,095	83,143	101,009	121,864
セメント	33,064	38,552	43,558	38,552	43,558	62,070	33,064	38,552	43,558
高炉銑	27,950	33,534	41,581	33,534	41,581	78,500	27,950	33,534	41,581
粗鋼計	41,298	51,846	63,776	51,846	63,776	99,700	41,298	51,846	63,776
熱間圧延鋼々材	33,673	42,341	51,790	42,341	51,790	83,100	33,673	42,341	51,790
フエロアロイ	659	786	982	786	982	1,600	659	786	982
アルミニウム	302	345	399	345	399	900	302	345	399
エチレン	844	1,145	1,443	1,145	1,443	4,300	844	1,145	1,443

第4表 昭和48年度主要大口電力業種別内訳

(単位 106KWH)

業種別	全国計 106KWH	年平均増利増加率	
		36→42	42→48
石炭	2,991	△ 0.2	—
アンモニヤ	4,718	4.5	△ 3.5
ソーダ	11,704	1.9	10.2
カーバイド石灰窒素	3,728	3.5	△ 5.7
石油精製	3,432	18.9	16.0
セメント	7,562	8.3	6.4
鉄鋼	54,781	10.4	8.5
アルミニウム	14,429	14.3	12.8
国鉄	8,553	11.0	7.8
小計	111,898	9.1	7.0
食料品	5,086	17.2	16.1
紡織	5,716	6.5	5.6
化学織	8,066	12.1	10.1
パルプ紙	19,010	9.5	8.3
石油化学	13,440	38.2	20.9
その他化学	16,995	10.9	13.7
機械	17,859	14.1	12.7
一般小計	125,334	11.6	11.9
大口合計	237,232	10.1	9.4
内事業用		8.9	8.3
その他事業用		67.1	23.3
自発		13.4	11.2

第 5 表 電力需要の動向 (単位 10<sup>6</sup> KWH、10<sup>3</sup> KW%)

(9 電力)

年 度	4 2	4 3	4 4	4 5	4 6	4 7	4 8	4 2-4 8 年度 年平均複利 増加率 %	3.6-4.2 年度 年平均複利 増加率 %
電 燈	3,566.5	3,924.2	4,294.4	4,657.1	5,024.1	5,392.1	5,761.6	8.4	14.6
業 務 用 電 力	1,094.6	1,253.6	1,434.9	1,629.7	1,839.5	2,066.2	2,312.2	13.3	20.9
小 口 電 力	2,907.3	3,177.1	3,454.6	3,744.3	4,049.7	4,372.0	4,711.3	8.4	10.6
大 口 電 力	1,047.37	1,132.13	1,221.91	1,340.58	1,448.77	1,568.33	1,690.96	8.4	8.9
需 要 端 電 力 量	1,837.04	2,003.31	2,181.89	2,390.72	2,590.02	2,806.30	3,029.97	8.7	10.7
送 電 端 最 大 電 力 ( 8 月 )	3,244.9	3,640.4	4,005.7	4,450.0	4,866.7	5,324.3	5,778.0	10.1	(12.1)
" ( 1 2 月 )	3,325.2	3,672.3	4,035.2	4,422.0	4,817.7	5,242.8	5,659.7	9.3	9.9

発受電最大 (平均)

36/8 16,873

42/8 33,432

8 月伸び率 ( ) は推定

(過去の 8 月送電端最大実績未作成

のため発電端実績により算出)

第6表 (地域別・年度別) 最大電力の動向 (単位: 10<sup>3</sup> KW、%)

(? 電力)

年度 地域	4 2 (実績)	4 3	4 4	4 5	4 6	4 7	4 8	4 9	5 0	5 1	5 2	年平均複利増加率 %			
		14,614	16,932	18,788	20,577	22,598	24,527	26,749	29,058	31,457	34,093	36-42	42-48	48-52	42-52
東	13,790	16,932	18,788	20,577	22,598	24,527	26,749	29,058	31,457	34,093		(11.9)	10.1	8.6	9.5
中	12,976	16,222	18,093	19,677	21,412	23,202	25,179	27,321	29,622	32,067		(11.8)	10.2	8.4	9.5
西	5,683	6,903	7,619	8,413	9,233	10,051	10,866	11,749	12,678	13,666		(10.8)	10.0	8.0	9.2
計	32,449	40,057	44,500	48,667	53,243	57,780	62,794	68,128	73,757	79,826		(12.1)	10.1	8.4	9.4
12月	14,614	17,644	19,440	21,255	23,167	25,078	27,300	29,527	31,901	34,554		10.4	9.4	8.3	9.0
最大電力	13,000	15,841	17,326	18,762	20,397	21,948	23,714	25,663	27,743	30,014		10.1	9.1	8.2	8.7
西	5,638	6,867	7,454	8,160	8,864	9,571	10,323	11,130	11,989	12,915		8.6	9.2	7.8	8.6
計	33,252	40,352	44,220	48,177	52,428	56,597	61,337	66,320	71,633	77,483		9.9	9.3	8.2	8.8

註 数字の下に——印あるものは、8月最大電力が12月のそれを超過するものを示す。



第7表 電力需給対照表 (単位 10<sup>3</sup> KW, %)

(9 電力)

		4 2	4 3	4 4	4 5	4 6	4 7	4 8	4 9	5 0	5 1	5 2	
8 月	供給力	水力	1,183.2	1,292.7	1,382.5	1,480.1	1,540.0	1,571.0	1,637.4	1,805.9	1,880.8	2,056.8	2,165.0
		火力	2,150.7	2,583.1	2,801.5	3,174.0	3,627.3	4,115.2	4,435.2	4,762.9	5,102.6	5,334.9	5,681.0
	原子力	159	159	159	389	775	947	2,291	2,828	4,462	6,646	8,653	
	供給力計	3,361.7	3,905.4	4,219.2	4,708.0	5,255.8	5,791.8	6,312.6	6,862.5	7,440.5	8,067.2	8,722.2	
	需要(送電端)	3,244.9	3,640.4	4,005.7	4,450.0	4,866.7	5,324.3	5,778.0	6,279.4	6,812.8	7,375.7	7,982.6	
12 月	供給予備力	1,168	2,650	2,135	2,580	3,891	4,675	5,346	5,831	6,277	6,915	7,396	
	全上率(%)	3.6	7.3	5.3	5.8	8.0	8.8	9.3	9.3	9.2	9.4	9.3	
8 月	供給力	水力	1,211.9	1,321.1	1,419.1	1,515.0	1,572.4	1,608.2	1,758.1	1,841.0	1,943.9	2,132.5	2,210.2
		火力	2,338.0	2,552.9	2,808.4	3,140.1	3,584.3	3,986.1	4,209.1	4,524.1	4,727.8	4,996.6	5,285.9
	原子力	159	159	159	535	922	1,446	2,609	3,706	6,057	7,359	10,088	
	供給力計	3,573.9	3,981.1	4,251.5	4,717.1	5,257.3	5,747.3	6,236.5	6,744.1	7,285.8	7,873.4	8,513.3	
	需要(送電端)	3,325.3	3,672.3	4,035.2	4,422.0	4,817.7	5,242.8	5,659.7	6,133.7	6,632.0	7,163.5	7,748.3	
12 月	供給予備力	2,486	2,258	2,163	2,951	4,396	5,045	5,768	6,104	6,538	7,101	7,650	
	全上率(%)	7.5	6.1	5.4	6.7	9.1	9.6	10.2	10.0	9.9	9.9	9.9	

第8表 発電設備型式別運用出力 (単位 10<sup>3</sup> KW)

(9 電力・電発)

年度 項目	42年度末 認可出力										
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	43-52
水力小計	621	1,404	489	500	417	1,440	1,081	1,313	1,774	1,227	10,266
内揚水式	419	1,264	328	233	225	961	749	1,006	1,345	1,044	7,574
全上%	6.0	9.0	6.7	4.6	5.4	6.6	6.9	7.6	7.5	8.5	73.8
火力小計	850	440	75					250			1,615
石炭	834	2,493	3,296	4,804	5,855	4,414	3,001	2,801	3,320	4,101	34,923
重油											
ガス		365	369	195	350						1,277
地熱											
小計	1,684	3,298	3,740	5,003	6,205	4,414	3,001	3,051	3,320	4,101	37,817
原子力小計	166		800		500	1,284	1,994	3,534	1,250	2,200	11,562
合計	3,967	4,702	5,029	5,503	7,122	7,138	6,076	7,898	6,344	7,528	59,645

記・・・公営、共同火力、原電分などを含む。

第8表の2 増加出力および年度末設備 (全国)  
(9 電力、電発に、公営、共同火力原電よりの受電相当分を加えた場合)

年度 項目	42年度末設備		43~48		48年度末設備		49~52		52年度末設備	
	10 <sup>3</sup> KW	%	10 <sup>3</sup> KW	%	10 <sup>3</sup> KW	%	10 <sup>3</sup> KW	%	10 <sup>3</sup> KW	%
水力	15,994	37.4	4,977	15.0	2,097	27.7	5,342	19.6	26,313	25.5
火力	26,542	62.2	25,216	76.1	51,758	68.2	12,983	47.5	64,741	62.8
原子力	166	0.4	2,941	8.9	3,107	4.1	8,978	32.9	12,085	11.7
計	42,702	100	33,154	100	75,836	100	27,303	100	103,139	100

第9表 着工出力の動向（地域別、年度別、電源別）（単位10<sup>3</sup> KW）（9電力、電熱）

年度 項目	42 (実績)	年度別										
		43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	43-52
水力	東	392	1,885	256	--	470	54	84	562	992	519	5,214
	中	628	617	407	271	526	777	698	327	531	560	5,342
	西	62	80	130	19	6	232	265	52	278	--	1,124
計	1,082	2,582	793	290	1,002	1,063	1,047	941	1,801	1,079	11,680	
火力	東	2,310	1,345	700	2,500	1,855	600	2,150	3,205	350	2,350	17,365
	中	1,882	3,270	1,550	750	2,150	600	975	1,675	2,575	975	16,796
	西	259	1,263	855	708	701	351	1,014	351	356	1,004	7,972
計	4,547	5,878	3,105	3,958	4,706	1,551	4,139	5,231	5,281	4,329	42,133	
原子力	東	784	784	--	1,284	--	1,450	1,100	1,850	1,100	1,100	8,668
	中	500	1,250	750	1,750	--	1,750	1,750	1,000	2,000	2,000	12,750
	西	--	460	--	500	500	--	1,250	--	--	1,250	3,960
計	784	2,494	750	3,534	500	3,200	4,100	2,850	3,100	4,350	25,378	
合計	東	3,215	4,014	956	3,784	2,325	2,104	3,334	5,617	2,442	3,969	31,247
	中	1,942	5,137	2,707	2,771	2,676	3,127	3,423	3,002	5,106	3,535	34,888
	西	333	1,803	985	1,227	1,207	583	2,529	403	634	2,254	13,056
計	5,490	10,954	4,648	7,782	6,208	5,814	9,286	9,022	8,182	9,758	79,191	

第9表の2 着工出力  
（9電力、電熱分は、公営、共同火力、原電よりの受電相当分を加えた場合）

年度 項目	43~48		49~52		計(42~52)	
	10 <sup>3</sup> KW	%	10 <sup>3</sup> KW	%	10 <sup>3</sup> KW	%
水力	6,911	15.6	4,868	13.4	11,779	14.6
火力	26,408	59.6	16,980	46.9	43,388	53.9
原子力	10,978	24.8	14,400	39.7	25,378	31.5
計	44,297	100	36,248	100	80,545	100

第10表 需給バランスにおける供給力の比率  
(単位 %)

項目	年度			
	42	43	48	52
供給力 (最大)	水	35.2	25.9	24.8
	火	64.0	70.3	65.2
	原子力	0.5	3.6	2.9
	その他	0.3	0.2	0.1
	計	100	100	100
12月	水	33.9	28.2	26.0
	火	65.4	67.5	62.1
	原子力	0.5	4.2	11.8
	その他	0.2	0.1	0.1
	計	100	100	100

項目	年度			
	42	48	52	
供給力 (電力量)	水	31.5	23.4	18.4
	火	68.4	72.3	68.6
	原子力	0.3	5.0	14.2
	その他	0.4	0.3	0.2
	揚水	△ 0.6	△ 1.0	△ 1.4
計	100	100	100	

第11表 電力需給対照表と燃料消費量

項目	年度			
	42	48	52	
供給力 (電力量) 10 <sup>6</sup> KWH	水	62,628	76,429	82,214
	火	135,952	236,807	307,233
	原子力	570	16,451	63,594
	自家発電	854	928	928
	揚水	△ 1,141	△ 3,206	△ 6,449
供給力計	198,863	327,409	447,520	
10 <sup>6</sup> KWH (送電端)	必要電力量	198,863	327,409	447,520
	火力発電 換算重油量 10 <sup>3</sup> kl	31,920 (0.233)	53,300 (0.229)	69,800 (0.229)
原子力を重油に 換算した場合の 概算数量10 <sup>3</sup> kl	13	3,790 (ウラン2460) <sup>T</sup> U <sub>8</sub> O <sub>8</sub>	14,630 (ウラン4260) <sup>T</sup> U <sub>8</sub> O <sub>8</sub>	

核燃料 果積所要量 U <sub>8</sub> O <sub>8</sub> シヨート吨	42	48	52	53
	8,770	25,240	31,870	

第 1 2 表 原子力発電計画（原電を含む）

地 点	4 3 年度長期計画			4 2 年度長期計画			備 考
	出 力 10 <sup>3</sup> KW	着 工 年度	運 開 年度	出 力 10 <sup>3</sup> KW	着 工 年度	運 開 年度	
北海道 1	3 5 0	4 8	5 2	3 5 0	4 8	5 2	
東 北 1	5 0 0	4 6	5 0	5 0 0	4 6	5 0	
"    2	7 5 0	5 0	5 4				
東京（福 島 1）	4 6 0	4 1	4 5	4 0 0	4 1	4 5	
"    （    "    2）	7 8 4	4 2	4 8	7 8 4	4 2	4 8	
"    （    "    3）	7 8 4	4 4	4 9	7 8 4	4 5	5 0	
"    4	7 8 4	4 6	5 0	7 8 4	4 7	5 1	
"    5	1,1 0 0	4 8	5 2	1,1 0 0	4 8	5 2	
"    6	1,1 0 0	4 9	5 3	1,1 0 0	4 9	5 3	
"    7	1,1 0 0	5 0	5 4	1,1 0 0	5 0	5 4	
"    8	1,1 0 0	5 1	5 5	1,1 0 0	5 1	5 5	
"    9	1,1 0 0	5 2	5 6				
中部（浜 岡 1）	5 0 0	4 4	4 8	3 5 0	4 3	4 7	
"    2	5 0 0	4 6	5 0	5 0 0	4 5	4 9	
"    3	7 5 0	4 8	5 2	7 5 0	4 7	5 1	
"    4	7 5 0	4 9		7 5 0	4 9		
"    5	1,0 0 0	5 1		1,0 0 0	5 1		
"    6	1,0 0 0	5 2					
北陸（    1）	5 0 0	4 6	5 0	5 0 0	4 6	5 0	
関西（美 浜 1）	3 4 0	4 1	4 5	3 4 0	4 1	4 5	
"    （    "    2）	5 0 0	4 3	4 7	5 0 0	4 2	4 7	
"    3	7 5 0	4 4	4 9	7 5 0	4 5	4 9	
"    4	7 5 0	4 5	5 0	7 5 0	4 7	5 1	
"    5	7 5 0	4 6	5 1	7 5 0	4 7		
"    6	1,0 0 0	4 8		7 5 0	4 9		
"    7	1,0 0 0	4 9		1,0 0 0	5 0		
"    8	1,0 0 0	5 0		1,0 0 0	5 1		
"    9	1,0 0 0	5 1					
"    10	1,0 0 0	5 2					
中国（島根原子力1）	4 6 0	4 4	4 9	5 0 0	4 5	4 9	
"    2	7 5 0	4 9	5 3	7 5 0	4 9	5 3	
"    3	7 5 0	5 2	5 6				
四国 1	5 0 0	4 7	5 1	5 0 0	4 7	5 1	
"    2	5 0 0	5 2	5 6	5 0 0	5 1	5 5	
九州（玄 海 1）	5 0 0	4 6	5 0	5 0 0	4 6	5 0	
"    2	5 0 0	4 9	5 3	5 0 0	5 0	5 4	
原 電 東 海	(1 2 5) 1 6 6	3 4	4 1	(1 2 5) 1 6 6	3 5	4 1	
"    敦 賀	(3 2 2) 3 5 7	4 0	4 5	(3 2 2) 3 5 7	4 1	4 4	
計	3 8 地点 2 7,4 8 5			3 2 地点 2 1,4 6 5			

第13表 原子力着工・運開出力および年度末設備比較表

(原電を含む)

(単位 10<sup>3</sup> KW)

年度	41まで	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	計
着工出力	43年度計画	1,323	784	500	2,494	3,534	500	3,200	4,100	2,850	3,100	4,350	27,485
	42年度計画	1,263	1,284	350	—	1,500	3,534	1,450	3,350	2,600	3,600	—	21,465
差	60	△500	150	2,494	△1,784	2,034	△3,034	1,750	750	150	△500	—	—
運開出力	43年度計画	125	41	—	—	—	535	1,284	1,994	3,534	1,250	2,200	12,385
	42年度計画	155	41	—	322	—	885	784	1,750	2,284	2,784	—	9,715
差	—	—	—	△322	382	—	△350	500	244	1,250	△1,534	—	—
年度末設備	43年度計画	125	166	166	166	1,288	1,823	3,107	5,101	8,635	9,885	12,085	—
	42年度計画	125	166	166	488	1,228	2,113	2,897	4,647	6,931	9,715	—	—
差	—	—	—	△322	—	—	△290	210	454	1,704	170	—	—

第14表 設備別工事資金（9 電力、電発）

年度 項目	4 2 (実)		4 3 ~ 4 8		4 9 ~ 5 2		4 3 ~ 5 2		参考 前年計画 4 2 ~ 5 1	
	工事費 億円	率 %	工事費 億円	1年当り工 事費 億円	率 %	工事費 億円	1年当り工 事費 億円	率 %	工事費 億円	率 %
拡充工事	水力	521	3.864	/	/	2,349	/	6,213	5,792	9
	火力	944	9.486	/	/	5,172	/	14,658	11,704	18
	原子力	126	5.275	/	/	7,377	/	12,652	9,736	15
送変配電その他	小計	1,591	18.625	3,104	4.5	14,894	3,725	33,523	27,232	42
	計	2,066	4.9	18,249	4.4	16,278	4,069	34,527	30,607	47
改良その他	計	3,657	8.6	36,874	8.9	31,176	7,794	68,050	57,839	89
	他	593	1.4	4,348	1.1	3,318	830	7,666	7,298	11
合計	4,250	100	41,222	6,870	100	34,494	8,624	75,716	65,137	100

## Ⅱ 軽水型原子力発電所の建設状況

### 敦賀原子力発電所

日本原子力発電株式会社

技術本部

副本部長

浅田 忠一

御紹介いただきました浅田でございます。

敦賀の原子力発電所は御存じのように、BWR32万2000キロワットの発電所でございます。敦賀半島の東側のサイトに建設中でございます。これは私共日本原子力発電会社にとりましては、東海発電所に次ぐ第二基目の発電所でございます。

私共は全社的に、東海発電所の経験を敦賀に生かすというのをモットーにいたしまして、鋭意建設を進めているわけでございますが、東海発電所の経験から申しますと、東海発電所の建設様式と、敦賀の建設様式には幾分似たものがございます。

その第一は、敦賀はやはりターンキー方式をとったということでございます。従いまして、GEの工事は、GEの方がイニシアチブをとってやっております。その他に、当然、各電力会社さんが普通の火力を建設なさる時と同じように直管工事がございます。直管工事は私共の方でやっていく、そういう風な二段構えというか、二つ、パラレルの仕事をやっております。建築状況をごく大ざっぱに申し上げるためには、やはりどの位のパーセンテージ仕事が進んでいるかということをお知らせするのが一番早道と思っておりますので、少し古うございますけれども、一月末現在の進捗状況を申しますと、GE関係の工事で土木関係が95%、機器の据付けが66%、配管関係が60%、電気関係が一番遅れておりました45%、総合しますとだいたい進捗状況といたしまして74.6%というようなのがGE関係の工事でございます。直管工事関係では屋外変電所、これはほとんど、屋外開閉所、これはほとんど完成いたしまして95%、屋外のケーブルダクト関係が93%、その他倉庫、PR館、その他のものがございます。総合的には直管工事は94.8%済んでおります。従いまして全部の工事としまして、一月末現在で約77.4%の進捗率になっております。

それで予稿にお書きしましたように、機器の製作状態から申し上げますと、原子炉の压力容器は、パブロック日立の工場で作られておりましたけれども、先行発電所であるOyster Creek, Tarapur その他にトラブルがありましたことは、皆さんも御存知のとおりでございます。そのトラブルを反映しまして一部の手直しがございました。そのために予定工期より



いささか遅れまして、43年10月に製作を終りまして、工場での、通産省の試験を含めた各試験を終りまして、11月の初旬に工場を出荷いたしまして、11月12日に現地据付けを完了しております。これは、現地に搬入した模様を、あとで簡単なスライドで御覧に入りたいと思います。タービン発電機はGEのSchenectady工場で作られておりましたけれども、まず工場のストライキがありまして、幾分工程が遅れました。それから、タービンを全部一体として送り出すということではなくて、出来た部品から次々に送り出して据付けをしようという方式をとりましたところが、去年の年末から御存知の東海岸港湾労働者のストライキがございまして、その影響がありまして、現地到着はまだ遅れております。しかし、これも御存知のようにニューヨークではストライキは解除されましたので、ただ今タービンの約三分の一位はちょうど船にのっている。という風な状態でございます。

その他の機械では、国内で作られましたメインコンデンサー、これは東芝製でございます。主変圧器、及び起動用変圧器、これはいずれも三菱製でございます。これは既に全部据付けを完了しておりまして、制御盤、計測器の一部と燃料取替装置などがまだ米国で作作中であるのを除きますと、ほとんどの機械が現場に入っております。

現場の工事関係は先程申しましたように、約75%の進捗状況でございますけれども、格納容器と原子炉系につきましては原子炉圧力容器の据付けが完了しましたあと、内部構造物の取り付けがございます。これはBWRは御存知のように下から制御棒が入りますので、制御棒のスタンドパイプを付けるのが非常に大仕事でございますが、その仕事はもう終りまして、スライドの最後にお見せいたしますけれども、そろそろコアの上部のスチームセパレーター、その他のものの取り付けを始めております。再循環ループ、これは敦賀のBWRまでは、まだ外に大きなポンプをつけておりますので、シードを貫通するチューブ、パイピングがございます。そのパイピングとシードとの工事から三つのループが一斉にはまいませんで、幾分遅れ進みはございますけれども、一応三月一杯、と申しますと、三月の二十日頃までにはほとんど完了する予定でございます。それから燃料でございますが、燃料はただ今、アメリカのサン・ノゼで製作中でございます。ファブリケーションがもう始まっております。エンリッチメントは三種類がございますけれども、まず低いエンリッチメントのものから始まりまして、だんだん高いエンリッチメントを作るというような感じのファブリケーションのスケジュールになっておりまして、ほぼ今年の4月の半ば頃から入荷がはじまって、6月一杯で入荷が終るという形になっております。

それから原子炉建物でございますが、敦賀の原子炉建物は、これは他の発電所と違ひまして、

わずかにポジティブな気密になっております。それで工事も面倒なわけでございますが、さきほど申し上げましたように、圧力容器の搬入が少し遅れましたので、打ち残しの部分をつくりまして、わざとそこに開いた口を作りまして、そこから容器を搬入いたしました。それで、その打ち残しの部分の打ちつぎという工事がただ今やられております。

タービンホールは先程申し上げましたように補機類は全部済んでおりますけれども、メインタービンは、ただ今低圧のステーター関係は坐っております、高圧はローターが入っておりますという風な形で据付けの途中でとまっているという感じでございます。

それからサービスビルと申しますのは、リアクタービルに続いて中央制御室その他があるビルでございますが、このビルは全部出来ておりまして、現在、コミショニングの用意をしているチームが入っております。中央制御室では配電盤がほとんど立ちまして、ケーブリングが始まるばかりになっております。

屋外工事は先程のパーセントで申しましたように、復水器冷却水関係、屋外開閉所、その他がほとんど全部完了した状態で、44年5月からは屋外開閉所では関電から特別高圧27万で受電をする予定でおります。

その他、原子力設備に入ります廃棄物処理関係は、タンクがほとんど坐りましてパイピングがこれから行われるという状態でございます。

一番もたついておりますのはトンネルで廃棄物処理系からオフガスのトンネルを山の上まで掘りまして、その上に煙突を立ててガスを放出するという恰好をとつておりましたけれども、トンネルの途中、ななめに上ります斜坑の部分に、破さい帯が出まして、そこから水がかなり出ましたので、この工事が非常に難航しておりますけれども、これも大体燃料を搬入する頃には終る、というつもりでおります。(以下スライドにより説明)

## Ⅱ 軽水型原子力発電所の建設状況

### 美浜原子力発電所

関西電力株式会社

原子力部長 岡野茂夫

只今御紹介戴きました関西電力の岡野でございます。

美浜原子力発電所の建設状況の説明に先立ちまして、先づ発電所の概要につきまして簡単に説明致します。

御手許の予稿集パンフレットを御覧願います。予稿集の美浜の部分をひらいていただきましてその第1頁にあります様に、発電所の位置は、福井県敦賀半島の西側にありまして、原電敦賀発電所から約7kmの地点にあります。

電気出力は、1号機は30万Kw、2号機は50万Kw、で何れもPWR Type の2 loopを採用しまして、運転開始は、夫々45年10月、47年6月であります。

原子炉の燃料は何れも約2.9%の低濃縮のウランを採用しまして、初装荷量は夫々40トン48トンで燃料棒の長さは、1号機10Feet に対して、2号機は12Feet で燃料棒の本数及配置は1、2号とも全く同じであります。格納容器は何れも円径33.4m、厚みが35m/m 高さは2号機は1号より1.5m高くなって居ります。

PWRの特徴であります蒸気発生器は1基に対して2台ありまして重量は夫々一基当り1号は260トン、2号は280トンで発電所の最大重量物であります。Turbine は原子力発電所の一つの特徴であります飽和蒸気を使用しまして蒸気条件は55気圧、温度は260~270°C、圧力は新鋭火力亜臨界圧の約 $\frac{1}{3}$ 、温度は約 $\frac{1}{2}$ 、同出力の火力に比べて、蒸気量で約2倍、容積で約4倍となります。従いまして回転数は1800回転を採用いたしまして、非常に大型となりまして、タービン発電機のRotorの重量は同容量の火力の2倍となります。

電気関係につきましては、発電機、主高圧器はここに書いてある通りであります。原子炉系には御承知のように、安全注入、余熱除去、廃棄物処理、換気等の諸設備が複そうしておりますのでMotor 数は約300台、火力の約2倍となっております。

次に構内配置であります。

全般の構内配置につきましては敷地が国定公園内にあり、非常に風光明媚な場所にありますので老松等樹木の保存に十分留意しまして計画致して居ります。

御覧の様に敷地は四面海に囲まれかぎ型になって居りまして、原子力敷地としましては非常に有利な地形になって居ますので、その面積は僅かに約50万㎡で非常にせまい面積ですんでおります。それから配置でございますが原子炉は南側の山すそを掘削しまして地盤の良好な山すそに1号、2号と配置しまして、其の北側に中央制御室、タービン室、開閉所とこういう風に配置しております。冷却水は湾内より取水し、外海側に放水して居ります。3,000tの物揚岸壁は東側に、又、PR館は長さ約450mの丹生大橋の手前、県道沿に設置しましてPRに努力して居ります。昨年1年間に約15万人の入場者を記録して居ります。

次に建設工事の現状でございますが、1号機は我が国最初のPWR Typeの商業用炉でありまして、原子炉系は、WH社、タービン発電機関係は三菱グループ供給としまして、土木建築工事は、当社の施行となっておりますターンキー方式とはちがっております。1号機は昭和41年12月に着工以来2年3カ月、此の間建設工事はほぼ順調に進みまして、既に格納容器、タービン室、特高开閉所、放水口、放水路等が完成しまして現在格納容器内部コンクリート、外部遮蔽コンクリート、ボイラー補機室、中央制御室、事務所及び取水口等の諸工事ならびに、タービン発電機等の据付工事を実施中でありまして、今後機器据付工事の最盛期に入る事になります。2月末現在の総合進捗率は約51%であります。

2号機は原子炉系及タービン発電機関係共に三菱グループ供給として居ります。43年5月に着工以来10カ月となりますが、本年1月から格納容器の組立を開始しまして、これと並行してタービン発電機室の基礎工事を実施中で現在総合進捗率は約11%であります。

次に1号機の主要工事としまして、原子炉関係につきましては、先程申しましたが格納容器の外部遮蔽コンクリート工事を実施いたして居りまして、これは(地上高さ54m厚み77cm)85%終了しまして、内部コンクリート工事实施中で4月以降格納容器内のポーラークレーンの据付を行いまして4月以降には0.5工場出荷予定の原子炉容器、蒸気発生器等の据付を行う予定であります。

ボイラー補機室は現在10m床のコンクリート工事を実施中でありまして、今月から補機類を据付開始して居ります。

タービン発電機関係につきましては、タービン室は現在仕上げ工事を実施中であります。

機器の据付工事は昨年 11 月から復水器の組立、本年 1 月にポールアップ方式による発電機の  
吊上据付を行いまして 2 月からタービンの据付を実施して居ります。

次に特高開閉所につきましては、  
建屋は 2 月に完成しまして、今月初めから遮断器等の据付を実施中でありまして 9 月には 27  
万 5,000 V の受電を行う予定になって居ります。

次は運転準備でございますが、  
運転準備につきましては原子力発電所の運転保守要員の教育訓練のため、42 年末、43 年初  
めに技術者を 6 名第 2 グループに分けて約 11 ヶ月間米国の W H 社に派遣致しまして現  
在、現地に於いて教育資料、運転要項等の規程類の作成準備中でありまして、3 月から他の運  
転要員の机上教育を実施する予定になっております。

又、本店原子部に於きまして保安規定、放射線管理要項等の作成等々運転準備を進めて居り  
ます。以上がごたい建設状況の状況でございますが次に原子力発電所建設に対する所見を少  
し申し上げます。

1 号機の建設工程の半ばに達したばかりで十分な経験もありませんが火力の建設に比べまして  
特に異なる点と、建設中特に留意すべき事項につきまして気付きました事を若干御紹介いた  
いと思います。

先づ第一に着工前の地盤調査であります。  
原子炉施設は現在の所耐震上強固な岩盤に直接設置するのがごましいとされて居りますので  
事前に十分な地盤調査が必要であります。  
美浜の場合には原子炉の位置を決定するために、61カ所延 2300m のボーリングを実施す  
ると共に地下 B、L、-20m に約 2m 四方の試掘横坑を約 185m 掘削しまして岩質を直接  
調査して居ります。

次に安全審査でございます。  
皆様ご承知の通り原子力発電所着工に先立ちまして、政府の安全審査に合格する必要がありま  
すが、此等の資料の整備及審査にかなりの期間を必要としますので建設工程上考慮せねばなり  
ません。

次に品質管理であります。

原子炉系の諸設備は安全性の確保と万一故障の場合の補修の困難性という理由から運転開始後のトラブルを無くするため、機器の製作、保管、据付中の品質管理に対しましては徹底する必要があります。

次に放射線遮蔽と耐震設計であります。

原子炉系統の機器設備は原子力特有の放射線遮蔽のため非常に厚いコンクリート壁及床に囲まれて居ります。

美浜の場合、原子炉容器遮蔽コンクリートは厚さ 1.5 m～2 m、ボイラ補機室の外壁でも 1 m あります。

此等のコンクリート遮蔽は耐震設計上太い鉄筋で頑丈に補強されて居りまして、鉄筋量は 1 m 当たり 200～250 kg にも達し、火力のタービン室の壁に比べまして鉄筋量は約 5 倍になります。それから機器配管とその支持金物につきましても耐震設計が必要で例えば蒸気発生器の耐震金物につきましても、一基に付き重量が約 25 トンとなります。

先ほど申しましたように原子炉系の配管、配線の経路は非常に複雑して居りますが、これら経路が厚くて鉄筋量の多い壁と床を貫通するので、その位置とコンクリート埋込金物等の詳細設計が完了しないとコンクリート工事が進められません。従いまして、この点十分配慮しないと建設工程に支障を来す恐れがあります。

次に低温ぜい性でありますが、

原子炉系の安全性を確保するため、格納容器の Pressure Boundury 即ち事故時に格納容器の内圧がかかる部分でございますが、美浜の場合一次回路の Pipe 破断の重大事故時に  $2.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  の圧力をうける部分、例へば格納容器を貫通する Penetration、隔離弁等には低温においても軟性のある材料を使用し、この確認試験を実施する必要があります。

次に技術基準でございますが、

米国における技術基準即ち ASME Code と日本の技術基準には若干相違がございます。輸入品に対する官庁提出資料を所要時期に十分な内容で入手するのに我々は非常に苦労して居ります。この業務の督促のために専門に駐在員を派遣して居りますがなかなか苦労しておるようでございます。

最後に溶接に関連する事項でありますが、

原子炉系の諸設備は錆が発生しますと放射能化されますからこれをさけるためステンレス

チール製の機器配管を採用しますので、火力に比べましてこの種の溶接工の確保と十分な品質管理に留意する必要があります。以上不十分な経験ではございますが若干所見述べましたがいささかでも皆様の参考になれば幸と存じます。

(以下スライドによる説明あり)

発電所仕様概要

機器名称	項 目		1 号 機	2 号 機
発 電 所	位 置		福 井 県 三 方 郡 美 浜 町 円 生	
	用 地 面 積	m <sup>2</sup>	5 0 0, 0 0 0	
	工 期		4 1. 1 2 ~ 4 5. 1 0	4 3. 5 ~ 4 7. 6
	建 設 費	億 円	3 0 0 (初 装 荷 燃 料 費 含 ま ず)	3 6 0 (初 装 荷 燃 料 費 含 ま ず)
原 子 炉	形 式		加 圧 水 型 軽 水 炉	同 左
	熱 出 力	M W	1. 0 3 1	1. 4 5 6
	熱 料		低 濃 縮 ニ 酸 化 ウ ラ ン 2. 7 % 約 4 0 ト ン	同 左 約 4 8 ト ン
	制 御 方 式		制 御 棒 お よ び 化 学 制 御	同 左
	台 数	台	1	同 左
1 次 回 路	回 路 数		2	同 左
	蒸 気 発 生 量	T/H	1. 0 1 5 × 2	1. 5 0 0 × 2
	圧 力、温 度		圧 力 1 5 7 k g / c m <sup>2</sup> 、平 均 温 度 3 0 8 C	同 左
	主 要 機 器		蒸 気 発 生 器 2 台、冷 却 材 ポ ンプ 2 台、加 圧 器 1 台	同 左
裕 納 容 器	形 式		円 筒 形 ア ニ ュ ラ ス シ ー ル ド 付	同 左
	寸 法	m	内 径 3 3. 4、全 高 6 6. 5	内 径 3 3. 4、全 高 6 8. 0
	台 数	台	1	同 左
汽 機	形 式		横 置 串 形 2 車 室 再 熱 再 生 式	横 置 串 形 3 車 室 再 熱 再 生 式
	出 力	M W	3 4 0	5 0 0
	回 転 数	r p m	1, 8 0 0	同 左
	蒸 気 条 件		5 5. 2 k g / c m <sup>2</sup> 、2 7 0 ° C	5 5 k g / c m <sup>2</sup> 、2 6 9 ° C
	台 数	台	1	同 左
発 電 機	形 式		3 相 回 転 界 磁 形 (水 素 冷 却)	同 左
	定 格 容 量	M V A	4 0 0	5 6 0
	力 率	%	8 5	9 0
	周 波 数	C / S	6 0	同 左
	台 数	台	1	同 左
主 変 圧 器	容 量	M V A	3 7 0	5 2 5
	電 圧	K V	1 次 1 7、2 次 2 7 5	同 左
	台 数	台	1	同 左



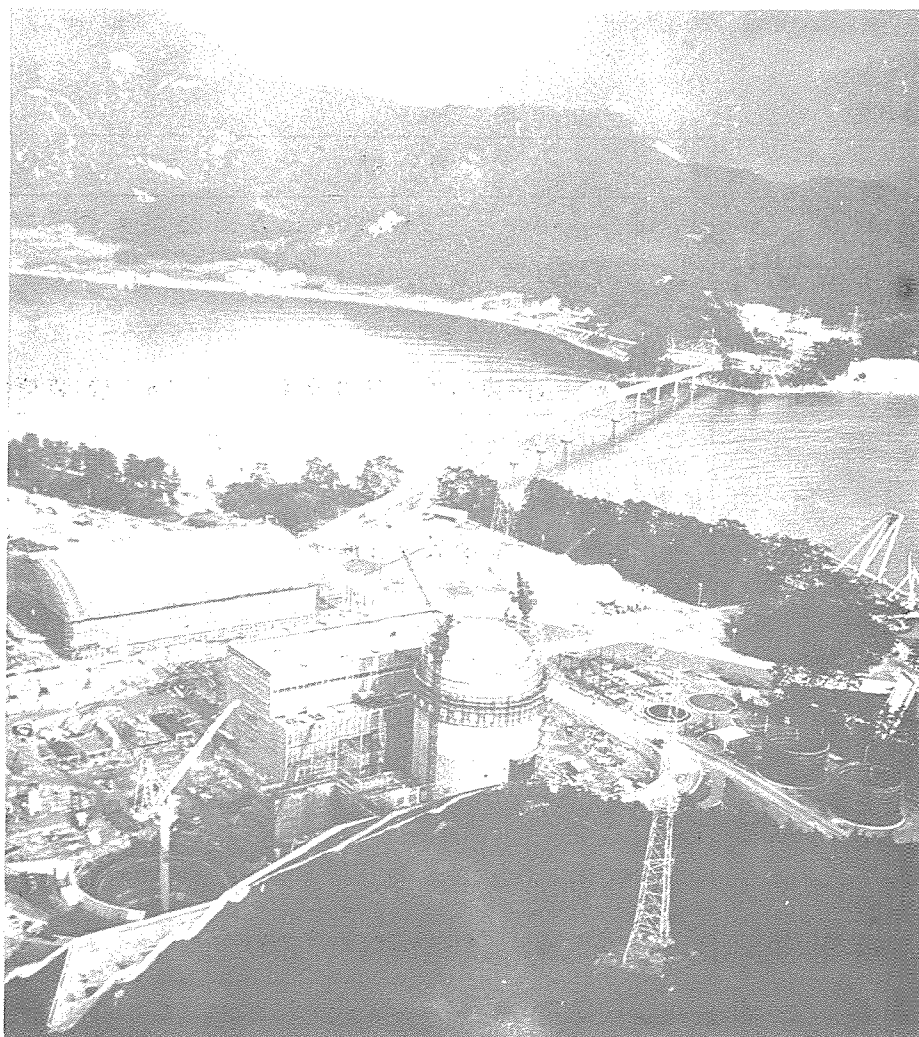


写真 1. 発電所全景

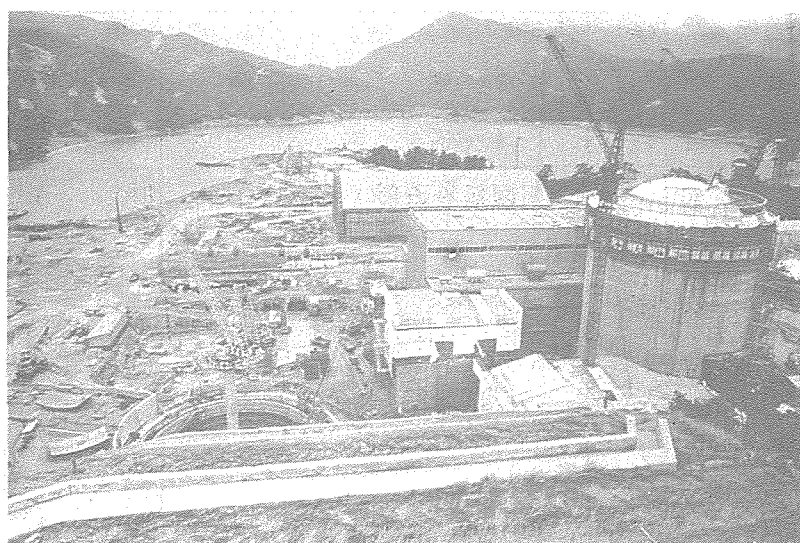


写真 2. 発電所全景

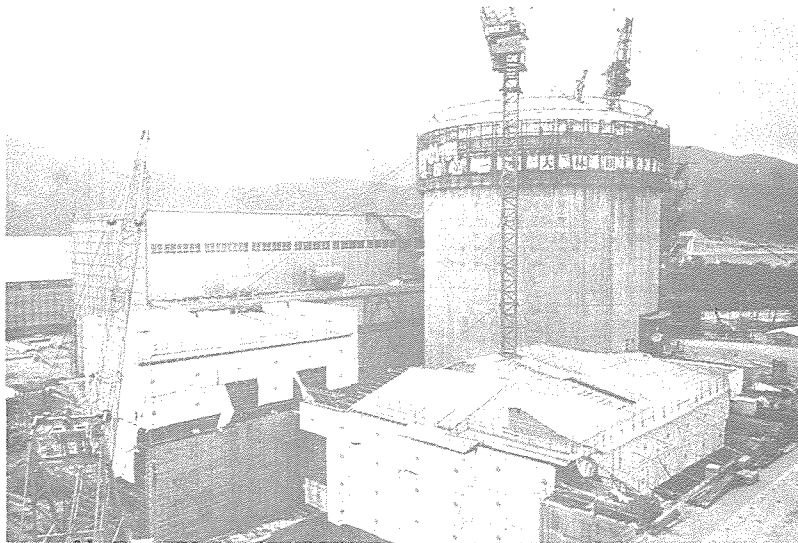


写真3. 1号機格納容器外部しゃへい工事



写真4. 2号機格納容器組立工事

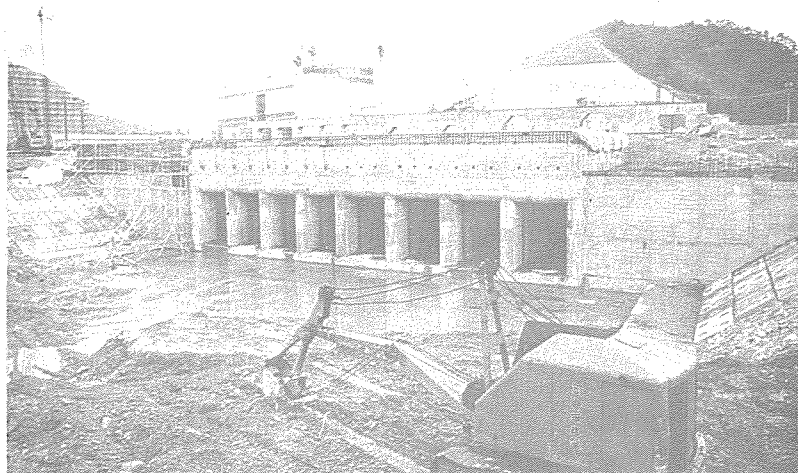


写真5. 取水口工事



## Ⅱ 軽水型原子力発電所の建設状況

### 福島原子力発電所

東京電力株式会社

原子力部長 野村 顕雄

#### 1. 位置ならびに配置について

東京電力の野村でございます。

当社が福島県に建設している福島原子力発電所の設備ならびに建設状況についてご説明申し上げます。

福島原子力発電所は、福島県の大熊・双葉両町にまたがる地点に所在し、図1にその位置を示してありますが、国道6号線から東側に1km程入った太平洋岸の平均30mの台地に建設中で、敷地面積は約300万㎡でございます。

図2は、発電所構内の配置を示しておりますが、発電所前面海域には南防波堤と北防波堤を築造し、復水器冷却水を取水し、あわせて重量物の搬出入に使用することとし、取水・港湾設備の建設工事を進めております。この取水設備は4基分を考慮して設計されております。

発電所本館ならびに付属設備は、平均30mの台地を標高10mまで20m分だけ掘削整地し、ここに北側から1号機、2号機と現在建設中であります。海岸側に1号機、2号機のタービン建家が②②と並び、原子炉建家が山側にそれぞれ①①と配置されております。また1、2号機の間際にコントロール建家④ならびに廃棄物処理建家③③が置かれております。超高圧開閉所は30mの高台の上に設けてあり、来年早々27万5千KVの受電を予定しております。

#### 2. 建設工事状況

1号機は41年12月に沸騰水型軽水炉の製作者である米国のGE社とターン・キー方式による契約を締結しました。これは日本原子力発電機の敦賀発電所と同じであります。建設着工以来既に2カ年を経過しましたが、この間工事は順調に進み、併行して行なわれている当社施行の取水港湾設備も予定通りの進捗よくを見、総合進捗率は2月末で55%に達しております。

2号機については、諸般の情勢により、ターン・キー契約を結ぶことはできませんので、GE社ならびにGETSCO社と当社との間で原子炉系、一次系の設計、製作、据付、さら

にタービン発電機の製作ならびに発電所全体の設備について契約を43年3月に締結し、あわせて初装荷燃料の成型加工の契約も行なっております。残りの機器類については設計、製作ならびに据付を東京芝浦電気に発注するよう現在交渉中であります。一方建築工事については、鹿島建設に発注し、本年1月18日に原子炉建家の基礎掘削を開始しました。したがって2号機は、当社が全部の総合工程の管理ならびに調整をすることになっており、社内ならびにメーカーの協力参加を得て、総合工程の円滑な推進態勢を整備し実施しています。

### 3. 1, 2号機の仕様ならびに相異点

次に1, 2号機の仕様ならびに相異をご紹介します。

#### 〔設備関係〕

(1) 1, 2号機の電気出力は既にご承知のとおり、1号機は46万kwであり、2号機は78万4千kwで2号機は、1号機に比べて約7割の出力増であります。蒸気流量は1号機が2,480トン/h、2号機は4,440トン/hであり、蒸気条件は、ご承知のBWRの標準タイプでございまして、1, 2号機とも71.7気圧、286℃は同じであります。

(2) ウランの量は、初装荷燃料で1号機が78.2トン、2号機が106.8トンであり、平均濃縮度は1号機が2.09%、2号機が2.20%で、平均燃焼度は、1号機が16,500 MWD/T、2号機が21,000 MWD/Tであります。また炉心の平均出力密度は1号機が40.6 kW/ℓに対し2号機は51.2 kW/ℓになっており、この点に炉心性能の向上をみております。燃料集合体については、初装荷燃料が1号機は400本、2号機は548本となっております。

(3) 次に圧力容器でございますが、1号機は、設計を通産省の技術基準によっており、2号機は、現在電気協会から通産省に検討採用を依頼している米国のASMEコードセクションIIIを基礎としたコードによりたいということとで申請しております。1号機の圧力容器は内径が胴部で4.800mですが、2号機になりますと5.500mと伸びております。その高さは、1号機の約20mに対し2号機は22mと1割高くなっております。肉厚は1号機がシエル部分で160mmですが、2号機はセクションIIIを採用ベースにしておりますので、138mmと肉厚は若干薄くなっております。いずれも内側にステンレスで5mm厚のブラッドをすることにしてあります。

(4) 格納容器については、これも圧力容器同様2号機はセクションIIIをベースにした設計を採用したいと考えております。全体の高さは1号機が33mに対して2号機は35mと2m程高くなっております。サブプレッションチャンバーのリンクは中心線直径が1号機約30m

に対し、2号機約33mと2号機は約1割ほど増えております。リングの断面直径は1号機が8mで、2号機が8.900mとこれも1割見当ふえております。

(5) タービンについては、1号機は最終翼段長が35インチ、4流排気で高圧がシングルフローであります。2号機は高圧がダブルで、6流排気であり、最終翼段長は1号機と同じく35インチであります。したがって1号機はタービンのトップからエキサイターの終端まで全長が約50m弱であります。2号機になりますと、65mという長さになるわけでございます。

#### 〔 建家関係 〕

これら設備を収容する建物関係につきましては、原子炉建家は1号機が総容積にして8万5千 $m^3$ であります。2号機は1.2万 $m^3$ と約5割程度増えております。総重量は建家だけで6万6千トンの1号機に対して2号機が約10万トンという建家になります。

タービン建家、コントロール建家、廃棄物処理建家を加えた全部の建家になりますと、1号機関係では総容積が22万7千 $m^3$ に対して、2号機では35万3千 $m^3$ と約5割増の大きになります。したがって重量も1号機の15万3千トンから2号機が23万7千トンと増加しております。

これをコンクリートにみますと鉄筋コンクリートの量が1号機が58,600 $m^3$ ですが、2号機は約9万 $m^3$ とこれも5割ほど増加しております。鉄筋においては1号機は5,300トンに対して2号機の建家は約10,000トンであります。

以上が非常に大雑把な1、2号機の主な仕様の差でございます。

#### 4. 取水港湾設備について

当初に述べました取水港湾設備の防波堤について簡単にふれたいと存じます。

この工事は、GEならびにGETSCOとの契約外であり、当社が別途直接に施行している工事であります。発電所前面海岸は割合と遠浅であり、水際から沖合800m程のところ、水深10mであります。この10mのところまで取水堤を伸ばし、北防波堤と南防波堤を築堤する設計としております。北防波堤は全長765m、南防波堤は940mで、それぞれの突端の間隔は100mとつてあります。この入口における流速は、4基完成時において毎秒約17.8cmの予定であります。物揚場は、3,000トンの船舶が着岸できる設備とし、現在すでに700トンの容量をもつジンの据付を終っております。

これら防波堤築堤に要する骨材その他は検討の結果、現地近くで全部生産することになりました。つまり現地の地点から約17km離れた所に原石山を求め、ここで原石をハッパをかけ

て採石し、サイトに運び、骨材、コンクリートを製造しております。

築堤に要するテトラポット等は、テトラポット、これは大きいもので一個25トンですが、22万トン、トモエ型ブロック32万トン、コンクリート方塊、この重量は小さいのですが、3万6千トン、合計約58万トンのコンクリート構造物を海中に投入するわけでありませう。

なお防波堤の頂面はトレラー、クレーンが走れるような巾を十分考えて、巾約8mとしております。

#### 5. 機械の製作について

現地における建設状況については、現在までのところ所定の工期どおり順調に進ちよくしておりますが、次に工場で作成中の機器についてお話し申し上げます。

1号機の工場製作関係のうち国内品については、圧力容器が一番問題となるところであり、これが工程上のクリティカル・パスになるわけでありませう。先程原電にもありましたように、当社でもステンレスのセンシタイズ（鋭敏化）の問題があり、若干工場における作業順序を変更せざるを得なくなりました。このため若干製作が遅れておりますが、現在のところ4月下旬に工場出荷ができる見通しであります。

炉心部分については、GETSCOから東京芝浦電気に下請させて、工場仮組立が現在ほとんど終了に近い状況であります。

コンデンサー、給水加熱器、給水ポンプ等は日立製作所へ下請させ、コンデンサー、ヒーター類はすでに現地に搬入を終っており、給水ポンプについては近く工場試験の予定であります。

1号機国内品のうち今後の工場製作部分については、パイピングが問題であり、この件について鋭意GETSCOに督促している状態であります。

輸入品については、タービン発電機であります。これはGE社のストライキ等もありましたが、やっと本年の10月には米国GE社のスケネクタデー工場を出荷の予定であります。再循環ポンプは工場試験が終了し、近く先方の工場を発送の予定であります。

今後の輸入品としてはコントロール、キュービクル、パネル類があります。GEは受注の増加から若干、工程の遅れを来たしていましたが、なんとかこれをとりかえしのできる状態になったようであります。

2号機については、圧力容器ならびにドライウエルの鋼板が石川島播磨重工業に入荷中であり、現在板曲げを工場で行っている状況であります。

工事認可申請は、1号機が約13回の分割申請をする予定で行っており、第1回目の原子

炉本体等の申請を42年3月に申請して以来現在まで、第10回目の申請を提出しており、そのうち第6回目までの認可を頂いております。分割申請は、一つには原子力発電の特有であります。つまり設計を進めるに従って工事認可申請書を提出するので、このような分割申請をせざるを得ない訳であります。

2号機については、第1回目の圧力容器関係の申請を昨年11月に、第2回目のドライウェル関係のそれを昨年12月に行なっております。

#### 6. 建設上の問題点ならびに今後のスケジュール

今までの建設経験から問題点としてあげられるのは、1号機については、当初実験データならびに運転実績の不足から一応電気出力を40万KWで申請したことであります。その後実験の結果燃料の性能等が判明しましたので、昨年11月29日にこれを46万KWに増出力する申請をいたし、現在関係当局で審査を頂いております。なお耐震設計その他については、工事認可の段階で種々指示があり、これらを組み入れて設計を進めたわけであります。

建設工事で現在までに一番苦労しましたのは、ドライウェル周りに50mmのギャップを置いてコンクリートを打設するという仕事であります。これはGEにおいてもまだ確立した方法を取っておりませんので、建設地点毎に若干ずつ変わっておりますが、福島1号機で採用しました方法は、私共も良い方法と評価しております。この方法でなんのトラブルもなく50mmのギャップでコンクリートを打ちあげられたわけであります。施工する前に各種の実験ならびに試験を実際の規模で現場で実施し、十分自信を得てから着工に移りましたので問題点はありませんが、工事方法について非常に苦労したところであります。

燃料につきましては、1号機の初装荷燃料はGEに全部発注してありますが、来年の3月から入荷する予定であります。2号機については、GEには成型加工工程のみを契約しました。したがってウラン精鉱ならびに転換濃縮工程については、当社が別途手配をするわけがあります。

更に1号機の運転員の養成については昨年5名、本年1月23名を米国のGEに派遣し、約半年の訓練を実施中であり、本年の23名が6月に帰って来ますので、これを基幹要員とし、運転に遺漏なきようにしたいと思っております。

以上簡単でございますが、当社の福島原子力発電所における1、2号機の建設状況をご説明申しあげました。ご清聴を感謝いたします。



1, 2号機工程表

項目 \ 年		41年	42年	43年	44年	45年	46年	
1号機 主要工程		△着工			燃料装荷△		△運開	
原子炉	圧力容器等				—————			
	格納容器		—————					
タービン発電機					—————			
土木建築工事		—————						
試 運 転						———		

項目 \ 年		43年	44年	45年	46年	47年	48年
2号機 主要工程		△着工			燃料装荷△		運開△
原子炉	圧力容器等				—————		
	格納容器		—————				
タービン発電機					—————		
土木建築工事			—————				
試 運 転						—————	



写真1 福島原子力発電所全景



写真2 建設進む福島1号機  
(右手は2号機基礎掘削現場)

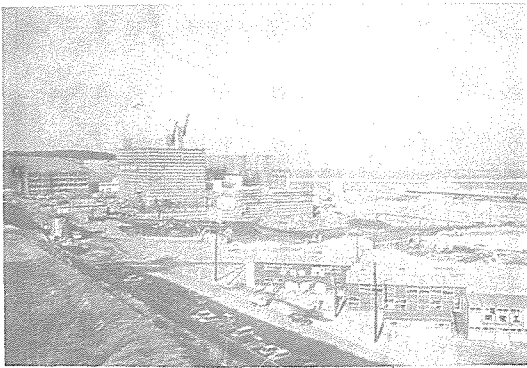


写真3 福島原子力発電所建設状況

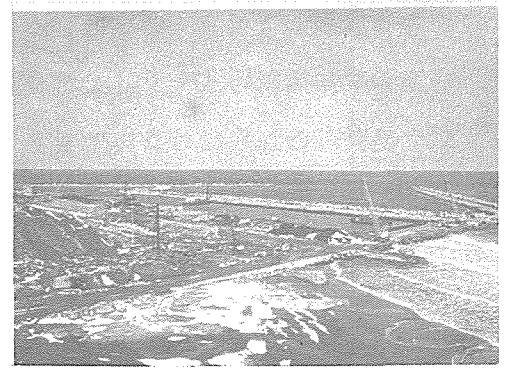


写真4 取水・港湾設備建設状況

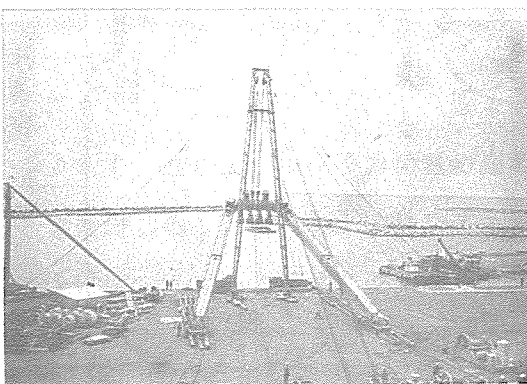


写真5 物揚場に据えつけられた  
700トンのジンボール

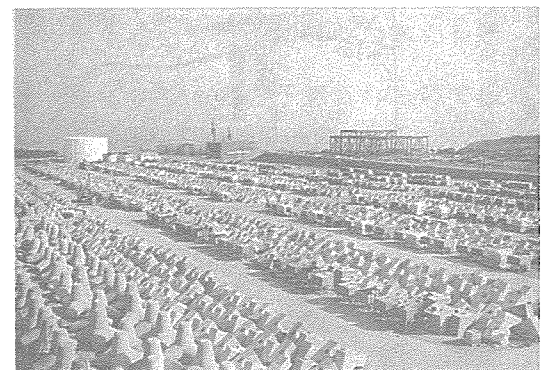


写真6 テトラヤード



### Ⅲ 核燃料資源の確保について

電 気 事 業 連 合 会

原子力部長代理 三宅 申

私に与えられました議題は「核燃料資源の確保について」ということでありますが、この問題につきましては、昨年来、電気事業連合会といたしましていろいろ検討を重ねてまいり、さきごろ、現段階における考え方について結論をえましたので、これにつきまして申し述べたいと思います。

最近ご存じのように原子力発電に対する期待は一層高まってまいりまして、さきほども電力中央協議会の山崎専務理事よりお話がございましたように、同協議会の昭和43年度電力長期計画によりますと、10年後の昭和52年度には原子力発電設備は計約1,200万KWに及ぶものと見込まれております。さらに、その後はどうかと申しますと昭和42年に、通産省の総合エネルギー調査会が作成しました、原子力発電の長期見通しによりますと、昭和60年度の原子力発電所は3,000万～4,000万KWと予想されております。これは最近の諸情勢を加味いたしますれば、この予想出力はさらに増大することも考えられるわけではありますが、これに要するウランの燃料がどれくらいかと申しますと60年度までの累積所要量は、 $U_3O_8$ で約10万ショート・トンの大量に達するものと算定されている次第でございます。

ご存じのようにこの所要量に対します国内のウラン賦存量は、約5,000ショート・トンにすぎず、経済性にも乏しいといわれております。従いまして、今後原子力発電が長期に必要といたしますウランにつきましては、ほとんどそのすべてを海外からの供給に仰がざるをえないという現状になっているわけでございます。

さきほどの60年度、3,000～4,000万KWの原子力発電設備は、全発電設備の19%から25%を占めるとみられておりますが、原子力発電は中央協議会の山崎専務理事のお話にもございましたように、その後ますます、その比率を増大してゆくものと予想されるのであります。このような原子力発電の趨勢を考えますとき、その燃料であるウランの長期安定確保策を講じることは、わが国長期エネルギー政策におきましても、非常に重要な一環を占めることは明らかであります。ウランの安定確保をはかるに当りましては、国の果す役割はいうまでもないことではあります。電気事業をはじめ関連業界の役割は、また非常に重要であると考えます。申すまでもなく、電気事業は公益事業でありますし、またウランに対する最大の需要者でありますから、ウランの安定確保が、電力の安定供給という電気事業本来の使命に直結する

ことにかんがみまして、みずからの自主責任において、安定確保を講じねばならないということでございます。

さて、このような観点からいたしまして、電気事業はウラン精鉱の確保に努力するとともに、転換、濃縮、成型加工等の契約を締結し、完成新燃料の確保に努めているのでありますが、われわれといたしましては、原子炉等機器の国産化のみならず、核燃料の分野におきましても、転換、濃縮、成型加工の各工程におきまして、完全国産化が行なわれ、わが国に、いわば核燃料供給産業の確立されることが最も望ましいのであります。すでにその第一歩として、国内で成型加工を行なう体制も整いつつありますし、また濃縮等の技術についても、かなり研究開発が進められております。しかしながら、現段階において、核燃料供給産業が国内において早急に確立されるということ望むのも無理であると思われまますので、当面、電気事業としては、国の援助と協力のもとに、関連業界とも密接な連絡を保ちながら、前向きな姿勢で、ウランの安定確保に取り組んでゆきたいと考えております。

それでは、まず、ウランの長期安定確保策の前提をなす、ウランの需給見通しと、その問題点について申し述べたいと思います。

1968年のNuclear Industryによりますと、1980年、すなわち昭和55年における自由世界のウランの累積需要量は、 $U_3O_8$ で41~49万ショート・トンに達するというふうに見込まれております。ウラン需要の増加率は、将来高速増殖炉の開発等によりまして、軽水炉のみの場合に比べて鈍化するものと考えられますが、少なくとも今後20~30年の間は、需要量は増大してゆくものとみられます。

これに対する供給力であります。まず、自由世界の既知埋蔵量は、1967年末に発表されました欧州原子力機関(ENEA)の調査によりますと、 $U_3O_8$ 1ポンド当り10ドル以下のものが約83万ショート・トン、10~15ドルのものが約78万ショート・トンといわれております。この数字は、同機関の1965年の発表に比べますと、大分増大した数値となっております。さらに、昨今、米国やカナダなど自由世界における各地域で、探鉱活動が非常に活発化しているという事実がございます。

アメリカの場合、これを、昨年の原子力産業会議のウラン鉱業調査団報告書にございます通り、1966年以来、アメリカ探鉱活動は才2次ウラン・ブームの様相を呈してありまして、1967~70年の4年間の総試錐量は、約5,400万フィートといわれております。またそれに要する試錐費用は約7700万ドルに達するものと見込まれております。この見込みは、AECの推定によるものでありますが、民間各社によりますと、AECの推定は控え目なもの

であり、実際にはこれ以上の探鉱活動が行なわれるものとされています。一方、カナダの鉱床は、アメリカにおけるそれよりもかなり深部にあり、その鉱床規模もきわめて大きいのが特徴ですが、やはり同様に1966年頃以降探鉱活動は、再び活発化しているといわれております。

そのほか、ウラン探鉱技術の進歩、あるいは、海水中のウランの採取等、今後考えられる技術革新への期待など、もろもろの条件をあわせ考慮いたしますと、長期的にみます場合は、ウランの需給について、とくに悲観視すべき要因は見当たらないと考えられます。

長期的に見た場合はそうでございますが、今後10年間というような期間をとって考えれば、その間における年次別、地域別の個々の需要に応じて、自由世界の各地に分布するウラン資源が必ずしも、適時、有効に供給されうるとはいえませんし、また現在実施しております数多の探鉱活動も、この期間中にその成果が期待できるとは限りません。従って、必ずしも全面的に、ウランの需要の見通しを楽観するわけにもゆきかねるのが現状であると思われま

とくに、現在自由世界で、運転、建設、ならびに計画中の原子力発電所は約1億KWと言われておりますが、そのうち建設ないし計画中の原子力発電所が約9,000万KWございまして、それが本格的稼働に入る1970年代の前半におきましては、ウランの需給に一時的な逼迫をみるのではないかともしられております。このほか、各国における核燃料政策の変化も考えられます。

この点につきましては、皆様ご存知のことと思っておりますが、N.U.S社の調査によりますと、例えばアメリカにおいては、国内ウラン鉱業に対する助成策として、AECは、U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>ポンド当り8ドルの上限価格で、ウランの買上げ、保証を行なっており、また国内原子炉における外国産ウランの使用禁止措置ということでウラン鉱業を助成しているわけでございますが、AECは、1973年6月末を目途に、この買上保証の措置を撤廃するであろうとみられており、また外国産ウランの禁止措置も、ほぼ同じ時期であろうとみられていまして、いろいろ政府の政策の変化というものが、ウランの需給ならびに価格に影響を及ぼす大きな要因をなすということが考えられるわけでございます。

さらに、ウラン業界の淘汰再編成、他企業との連携および石油資本の積極的進出なども、また、さまざまな影響を及ぼすことが考えられます。アメリカにおける石油資本の進出としては、従来からもウランの探鉱開発を行なってきたカーマギー社のほか、コンティネンタルオイル、ガルフオイル、ゲティオイル、アトランティックリッチフィールド、シテイズサービス、エッソの子会社であるハンブルオイルの各社が、ウラン探鉱に乗出し、豊富な資金力と石油にお

る経験、技術をもって、大規模な探鉱を行なっているのであります。石油資本のうちのあるものは、その圧倒的な資本力と組織力で、1970年代なかばまでには、ウラン産業における支配的役割を演じることになるのではないかと予想する向きもある位であります。

いずれにいたしましても、以上のことからみて、今後のウランの需給は、なお幾多の曲折を経るものと思われまゝです。また、価格につきましても、長期的にみれば、ほぼ $U_3O_8$  1ポンド当り約8ドル程度で推移するものと思われまゝのもの、その時々的情勢に応じて、かなりの変動を免かれないであろうとみられるのであります。

わが国としては、ウラン需要のほとんどすべてを海外に仰がざるをえない上に、海外ウランの資源は、カナダ、アメリカ、南ア、オーストラリアなどに偏在しておりますし、またさきほど述べましたような、大石油資本の進出による寡占化の方向も考えられますので、海外ウランの長期安定確保策を早期に樹立する必要があります。このような観点から、電気事業は、一昨年、核燃料調査団を欧米に派遣し、核燃料の動向を調査するとともに、原子力開発対策会議に核燃料部会を設けまして、ウラン確保対策につき具体的に検討を行なってきたわけでありまゝです。その結果といたしまして、まず早急に長期購入契約を結ぶ必要があるとの結論に達し、この方針に沿って、電力7社と日本原子力発電会社はカナダのデニソン・マインズ社およびリオ・アルゴム社との間に、昭和44年から10年間にわたりまして、 $U_3O_8$  で合計15,500ショート・トンに及ぶウラン精鉱の長期購入契約を締結いたしました。10年に及ぶ長期にわたり、このように多量のウランを購入する契約を結んだことは、世界でも民間取引としては、はじめてのことです。この契約のほか、スポット購入契約といたしまして、東京電力がカナダのエドワード社との間に結んだもの、また、東京電力、関西電力、日本原子力発電がGE、WH社よりそれぞれ、手当て済みの初装荷燃料分を含めると、すでに契約によって入手が決定しているものは、総計17,000ショート・トンに達しております。

これは、長期購入契約の最終年にあたります。昭和53年における、ウランの累積需要量約32,000トンの約53%に当るものであります。

電気事業は、さらに、長期購入契約に引続き、探鉱開発によるウランの確保にも努力し、昨年二つの共同探鉱開発契約に調印いたしました。すなわち、まず、米国カーマギー社より申入れのあった、カナダ・エリオットレーク地区の共同探鉱開発については、一昨年、原子力産業会議の核燃料懇談会において、検討の結果、日本鉱業協会にこれを委嘱し、非鉄金属6社によってウラン鉱業調査団が派遣されまして、現地調査を行ない、その後電力、鉱山両業界が共同で数次の接衝を重ねました結果、合意に達し、昨年電力9社と非鉄金属6社がカーマギー社と

契約を締結いたしましたのであります。

しかしながら、探鉱開発はその性質上にリスクが多く、その成否が不確定でありますから、一つの契約のみをもってしては十分とはいえず、ちょうど、カナダのデニソン社との長期契約のなかのオ19条「共同探鉱」の条項にもとづきまして、カナダ、ブリティッシュ、コロンビア地区および米国コロラド州において、共同探鉱開発を行なうことにつき、一昨年末、同社より提案がございました。これに対して、電気事業は、昨年調査団を現地に派遣いたしまして、調査するとともに、国内ならびに海外のコンサルタントにそれぞれ対象鉱区の技術的検討を依頼し、それにもとづいて交渉を進めた結果、電力9社とデニソン社で契約を結ぶに至ったのであります。

以上のとおり、電気事業は、ウラン精鉱の確保のため積極的対策を講じておりますが、昨年の日米原子力協定改訂を機に致しまして、核燃料の民有化が実施されておりますので、さらに、その自主的責任において、すでに建設が進捗しております日本原子力発電の敦賀、関西電力の美浜、東京電力の福島の各発電所につきまして、それぞれ転換、濃縮、成型加工など、完成新燃料の確保に必要な各段階における契約を、それぞれメーカー、AECと締結し、対策を講じております。

さて、このように、すでに対策を講じましたウラン精鉱の確保量は、長期的にみまうときは、未ださきに述べました需要量の一部を充足するにすぎないものでありますから、電気事業は、今後の安定確保策については、さらに具体的に考慮すべき段階にあると考えてのであります。

○ 次に、ウラン確保の具体的方策について申し述べたいと思います。

ウラン精鉱の確保方策としては、御存知のように、長期購入、探鉱開発およびスポット購入の3方法を、それぞれの特色を生かしつつ、適宜組合わせて、弾力的に運用することが、最も妥当であると考えられます。電気事業は、この方針のもとに、すでにそれぞれの契約を結んだのでありますが、これから、以上3つの方法について、おのおのの特質に触れてみたいと思います。

まずオ一に長期契約についてあります。

長期契約は、既知の埋蔵量や生産量を対象とするものでありますから、量的安定確保の面におきましては、非常にすぐれております。しかしながら、長期契約は必ずしも、所望の時期に、所望の条件でこれが成立しうるものとは限らないのであります。すなわち、長期契約の成立には、その当然の前提として所要の数量・時期に見合う供給量が存在していなければならないわけでございます。しかし大量の需要に対して、供給側のウランの採掘能力あるいはミルの状況



等によりまして需要に応じがたい場合もありうる。従って、需要者側としては、適当なリード・タイムを考慮し、契約締結のタイミングを誤らぬよう配慮する必要があると思うわけでございます。長期契約の契約期間は、ウラン市場が未成熟な現段階におきましては、一般に5～10年程度であり、また、価格の面においても後述のスポット購入に比し経済的に安定しているという特徴をもっているわけでございます。ただし、長期契約には、エスカレーション条項の付されることが慣行化しており、そのきめ方いかんによっては、価格に影響するところが大きいので、価格およびエスカレーション条項を適正にとりきめることが需要者側にとって必要になるわけでございます。

次に、長期契約の補完としてのスポット購入についてであります。

長期契約の場合には、一般に、これに対する鉱山の採掘可能な鉱量、ミルの処理能力等の面よりみて、各年度における引渡量が均等化されることが通例であります。そのため、実際の年次別所要量と引渡量和のあいだに過不足を生ずることも、考えられます。スポット購入は、このようにして生じた不足量の補完を目的として、行なわれるのが主眼となるので、本来長期安定確保策の支柱となるものでないことはいうまでもありません。また、価格についても需給のバランスの変動により動くものでありますから、時としては低廉のウランを入手しうる場合もございますが、また時としては、高いものを買わねばならぬときもあります。

なお、長期契約の対象としては、カナダのみに限定することなく、今後米国、オーストラリア、西ア等に広く拡げてゆくことも考えております。

次に、探鉱開発についてであります。

探鉱開発をどう評価し、これをどう進めるかは重要な問題でありますから、ここで、とくにいくつかの項目に分けてお話ししたいと思っております。

まず、探鉱開発についての基本的考え方に関してあります。御存知のように、探鉱開発はリスクの伴うものであります。しかし、長期契約だけでは安定確保方策としては不十分でありますので、長期契約とともに、その基盤ともいべき探鉱開発を重視いたしまして、その両者が相まって、長期安定確保策の推進を図ってゆくべきものとする考えであります。さらに探鉱開発を進めていることは、長期契約およびスポット購入を行なう場合にも、一般にその有利な背景ともなりうるものであります。

従いまして、探鉱開発を積極的に進めてゆくべきでありますが、これにつきましては、本来鉱山業界が主体となってこれを行なって頂くのが望ましいと考えられるわけであります。すでに一部、ウランの探鉱開発に積極的に集り出す気運もあり、現に海外で探鉱を実施に移してい

る例もございますが、われわれと致しましては将来においては、ウランの所要量も飛躍的に増大してゆくことを見込まれますので、鉱山業界において、積極的にウランの探鉱開発に乗り出されることを期待しているわけであります。しかし現段階においては、ウランの使用量が必ずしも多くはありませんので、この点などから、業界全般に探鉱開発の気運が盛り上がっているともいい難いと思われまますので、ウランの最大の需要者であります電気事業としましては、当面、積極的に鉱山業界と相協力いたしまして、国の援助と相まって、探鉱開発の気運を盛り上げてゆきたいと考えております。

なお、探鉱に伴うリスクに鑑みまして、探鉱を実施いたしましても、相当の数量、相当の品位のウランを掘り当てる確率は決して多くはありません。したがって、海外において常時相当数の地域にわたって、探鉱が行なわれていることが望ましいと思われまます。

次に、民間による探鉱開発の方式をいかにすべきかの問題であります。民間が探鉱開発を進める場合、次のような各種のケースが考えられるわけでありまます。

すなわち、

オ 1 に、鉱山業界が鉱区を設定する場合がありますが、これには、鉱山業界がみずから探鉱開発を行なうケースと、電力会社と共同でこれを行なうケースとがあります。

オ 2 に、海外の鉱山業者と共同探鉱開発を行なう場合がありますが、これには鉱山業界が海外の鉱山と共同で行なうケースと、鉱山・電力両者が海外の鉱山と共同で行なうケースとがあります。これらいずれの場合におきましても、民間企業が行なう場合の対象地域は、探鉱開発に伴うリスクより考えて、比較的煮詰っているもの、すなわち、すでに初期の踏査、予備調査を完了して、鉱区の設定をみているものが主となるものと考えられまます。また、探鉱開発は、もっぱら海外において行なわれると予想されまますので、わが国民間事業の探鉱開発方式は、初期の段階においては、海外ウラン鉱山業者と共同でこれを行なう方式が主体になるものと思われまます。

これらのケースは、それぞれ特色を有しておりますが、これらのうちのいずれによるべきかは、やはりケース・バイ・ケースで判断すべきだと考えられ、電気事業といたしましては、先に述べまましたように、鉱山業界に相協力してゆくことといたしたいと考えておりますが、その協力の方法としては、たとえば経済ベースによる引取保証、開発資金の一部出資または融資、探鉱業の一部負担等が考えられまます。ただし、これらについてもケース・バイ・ケースで個々に判断してゆきたいと考える次第であります。

なお、以上のほかに、当面場合によっては、デニソン社との共同探鉱開発の場合のように、

電気事業が直接海外のウラン鉱山業者と共同探鉱開発を行なうことも考えられます。

さて、次に探鉱開発の推進に際して、国内の体制をどうするかの問題であります。これは、今後検討を重ねる必要がある問題であります。民間各業界が協力いたしまして、探鉱開発のために国内に単一の会社を設立するというような方式も、一つの方法とは考えられはしますが、しかしながら、現段階におきましてはかかる方向を早急に決めることは困難であろうと思われまます。とくに先に申し述べましたように、探鉱開発の形態・協力方法等が多様であることを考えますれば、今後の検討にまつべきところが多く国内の開発体制、企業形態については、現段階では、決定的な方向づけを行なうことは困難であり、今後経験を重ねるに従って、共同探鉱開発の方式が固まってくる時点におきまして、結論を出すことになろうかと思ひます。

○ 最後に、ウランの確保に関して国に何を望むかの問題であります。

すでに述べました通り、わが国における今後の原子力発電の増大と、将来の原子力機器ならびに核燃料産業の、輸出産業としての成育という条件を考えまして、また原子力発電が国のエネルギー政策上きわめて重要な一環を占めることからみましても、ウラン資源の確保は国としても重要な施策の一つであると考えまますので、国はまず民間活動を円滑かつ容易に行なうることを主眼にして、環境の整備と側面からの援助を積極的にはかっていたときたいと思ひのであります。

これは、例えば、探鉱・採鉱・精錬・転換・濃縮などに関する技術研究の推進、ならびに民間研究開発の助成、また民間企業の探鉱開発に対する税制面での配慮や融資などの資金面における援助等であります。さらに、国としても、民間では手の及ばない地域における探査、探鉱を行なうことを期待したいと思ひます。

○ 以上いろいろ申し上げましたが、ウランの確保率といたしましては、これを要するに、三つの方式を適宜組み合わせるのが一番いい方法であると考えられますが、これをわが国全体としてみますときは、ウランの長期安定確保について、さきに述べました、国が行なうウランの探鉱ということも含めまして、長期契約・探鉱開発を2本の柱といたしまして、それぞれ同様のウエートでこれを強力に推進してゆくことが必要であろうかと思ひます。また電気事業といたしましては、長期契約とその補完としてのスポット購入については、国の側面よりの援助のもとに、企業の自主性においてこれを推進し、探鉱開発につきましましては、国の積極的援助のもとに、当面、関連業界とも相協力して、両々相まって、ウランの長期安定確保を図りたいと考えております。

前にも一寸お話しいたしたように、世界のウラン情勢は未だ流動的でありまして、固定的で

はございませんので、本確保策も固定的なものではございません。このような情勢に対処するため、電気事業といたしましては、海外調査機関などを活用して、ウランの需給・価格などの動向を適確に把握することに努め、情報の収集・分析・検討を行ないまして、適切な確保策の樹立とその弾力的運用を図ってゆく所存であります。

お聞き苦しい点もあったと存じますが、どうも御静聴有難うございました。

#### IV. 核燃料問題の現状

日本原子力発電株式会社

技術本部 今井隆吉  
燃料課長

少し時間が迫っているようですので、できるだけ簡単に申し上げたいと思います。

「核燃料問題の現状」という非常に大きな問題を頂いてしまったのですが、今、三宅さんからお話がございましたように、核燃料については非常に重要な問題がたくさんあると思います。殊に原子力発電が今後非常にたくさん、わが国においても、世界においても行なわれるようになれば、それに伴って、当然核燃料の需要といいますか、核燃料の占めてくるウエイトが非常に大きくなっていくというのは当然の考えだと思います。核燃料につきましては、今お話のありました資源についても、あるいは成形加工、再処理、その他いろいろな問題点というのは非常にたくさんあるのでございますけれども、同時に核燃料というのが産業として大きなウエイトを占めるようになっていくという点から考えますと、これを全体的な問題として考えてみて、どういうことを考えなければいけないかという観点がもう一つ付け加わってくると思います。殊にこのような問題点というのはわが国におきましても次第に具体的な意味合いを持ってきた、という考え方ができるわけでございます。

今日申し上げようと思っておりますのは、大体におきまして、軽水炉用の低濃縮燃料を主体にして、これは当然高速炉が入ってくればいろんな状況が変わってくるわけでございますけれども、たとえば最近、これは必ずしも一番いいかどうかはわからないんですけども、アメリカや日本におきまして高速炉というのはいつ頃実用化するかというのを最近流行の未来学におけるデルフイメソドというのをを使って予測をやった例がございます。これで見ますと高速炉、高速増殖炉が実用化して一般的に入ってくるようになる時期というのはだいたい、その意見が合っているところが、1980年代も終わりの方にかかっているという感じがございますので、一応これを規準として考えますと、当面の問題点を考えるには軽水炉用の低濃縮ウランを考えていけば一応問題点の指摘にはなるのではないかと思います。

原子力発電が盛んになるにつれて燃料産業の規模がどのくらいになるのかというのをある程度予測をいたしました一つの例に、最近発表されましたアメリカの原子力委員会と法務省が依

頼をして行なったアーサー・D・リトルというコンサルタント会社がやりました報告書がございます。これで見ますと、現在の時点で考えると一つの原子力発電所を建てる時にそれに要する初装荷用燃料の価値は全体に対してだいたい20%になるという話でございます。これをベースにして計算してみると、だいたい1KWの原子力発電に対して燃料の代表する価値がどのくらいになるかといいますと、初装荷がKWあたり30ドルくらいになる。それから各年の取替燃料というのがやはりKWあたり6ドルとか7ドルとかいったオーダーになってくるようでございます。こういうことをベースに致しまして、やはりこのアーサー・D・リトルの報告が1980年のアメリカの原子力産業がそれぞれ規模としてどのくらいになるかという計算をしております、これによりますと、いわゆる原子力蒸気発生系統(nuclear steam supply system)と申しますか、原子炉自体のところが大体10億8,300万ドルです。これに対しまして燃料サイクルが大体18億5,000万ドル、タービンゼネレーターが8億3,000万ドル、その他というのが入って総計で、大体50億ドルだという計算がしてございます。これで見ますと、1980年に、これは1967年のドルで勘定しているんですけども、1980年におけるアメリカの原子力産業が大体50億ドルであって、そのうち40%に近い18億5,000万ドルというのが燃料サイクルであるということになっております。さらにこれの内訳を見てまいりますと、たとえば軽水炉を建てた時に、取替燃料において技術の進歩が非常にあるということは特に考えない。現在、予測されている範囲内の進歩だけを考えた計算では18億5,000万ドルの燃料サイクルの中では、 $U_3O_8$ のウラン精鉱が5億6,000万ドルである。それからこれを濃縮のための $UF_6$ へ転換をする産業というのが6,700万ドルである。濃縮が7億1,000万ドル、それから成形加工が4億ドル、再処理が1億ドルということになっております。これは当然アメリカとしての数字なわけでございますけれども、これをある程度日本流に何%か加減をやりまして、それに現在予測されているわが国の原子力発電の伸びの状況にあわせてみますと、わが国においても核燃料というものは、これは必ずしも産業という意味ではございませんけれども、核燃料が代表する価値というのが年間1,000億になるのは割合に近い将来のことであって、伸びの早さによっては、年間2,000億円のものになるというのも、10年か20年先にはなると計算ではなってしまうと思います。したがってこれだけ大きな価値を持つ核燃料というものをわが国としてどう考えていくか。あるいは、先程もお話しがございましたように、これのどこまでが国産化できるものであるのか。ということは、核燃料問題全般として非常に興味のあるというか、重大な問題になると思われまます。

つけ加えて申しますと、核燃料というのがこういうふうに非常に大きな価値を代表するもの

でございますから、たとえばアメリカにおいて一部に非常に議論になっておりますのは、特に初装荷燃料というのを全部発電者というか、原子炉の運転者が自己資金で調達するのは大変であるから、何らかの格好で別のことを考えなければいけないだろうということです。殊に民有化によりまして政府からの貸与ということができなくなったために、現在いろいろ議論がされておりますのは、特に核燃料を対象とした融資の機関を考える、あるいは、核燃料自体を貸与する、というような機関が、これは団体として七つか八つできているはずでございますし、その中にはニューヨーク州当局というような公的な機関が州債を発行して、電力会社の初装荷燃料に融資をしようという話があったりするわけです。この州債の話は、どうもよく聞いてみますと、問題になっているのが州の発行する債券に対して免税措置ができるか、できないかということで初装荷燃料に対する資金、この場合は資金だと思いますが、のコストが変わってくるということが、現在議論の対象になっているように思われます。

このように非常に大きな価値を代表する産業であるにもかかわらず、どちらかという非常に独占的な形態が強い、という問題がアメリカでは出ております。しかも、核燃料産業における投資の大きさとか、あるいはそれに伴う技術開発その他の関数としてのリスクということを考えると、ある程度独占というのは言い過ぎだと思いますが、寡占状態になるのはやむをえないんだというのが1つの結論として言われているように思われます。これはアメリカに限らず、各国をご覧になっても、たとえばイギリスでは英国原子力公社を再編成するとは言っておりますけれども、核燃料に関することはやはり国が出資した公社として残すんだ、という話のようでございますし、南アのウランというのはよく言われるんですけども、これも換金の関係で完全な民間の会社が自由に売っておるということではない。という面があるように思われますし、先程お話しがございましたように、アメリカでもウランにあるいは成形加工も含めまして石油資本の進出ということが問題になっている。こういうような形で、寡占というか、これだけ大きな産業に対して、実は参加している企業ないし団体の数が少ない、あるいは供給者の数が少ない、しかもそれがある程度やむをえないという話があるように思います。このことが特にはっきりして見えますのは、たとえば現在の軽水炉の炉心設計の技術というのは、皆様ご承知のように、アメリカの大きなメーカーが実際には握っていることであって、特に設計の技術の中でも核データを実際の炉心の挙動に合わせていくための技術というのは、過去の蓄積の上で成り立っているものであるだけに、これはGEとかウェスティングハウスとか大きなメーカーがほとんど現在のところでは独占しているに近い状況となっていると思います。このことは逆に申しますと、現在の原子炉の炉心の中で核燃料をもやすにあたって、設計の条件に従ったま

まで、かつ燃焼率を最適化していく技術、これが実はいわゆる燃料管理というものの核心だと思ひんでございますけれども、燃料管理の技術というものがなかなか原子炉の運転者の手に簡単には入らない。原子炉の運転についてわが国でも経験、実績が増えていくまではこのところはかなり難しいことであるということが、アメリカはもとよりであります、わが国でも広く認識されるようになってきていると思ひます。この点は、たとえば通産省の鉱山局が昨年から主催をして、国産燃料はどういう条件が満たされれば国内の原子炉で使えるようになるかという議論をしている委員会がございませうけれども、そういうところでも、単に燃料を組み立てるということ以上に、核燃料の成形加工というのは、核燃料の設計の能力を含んでいるんだとして考えると、国産化にはまだなかなかたくさん問題が残っているということが現在関係者の関心をひいているわけでございます。

こういうふうに考えてまいりますと、実は核燃料の価値が非常に大きい中で、先程ちょっと数字を申し上げましたが、一番大きいのは、1980年の燃料産業18億5,000万ドルのうち、7億ドルを占めているのが濃縮でございます。濃縮は、これもご承知のように、実は今ざっと申し上げた独占という意味から申し上げますと、これは完全な独占になっていて、これほど独占形態の強いものは、少なくとも燃料サイクルの中では現時点ではないわけでございます。独占形態が強いというのは、実際問題として、現在世界で濃縮施設を持っている国は5カ国あるわけでございますけれども、商業的な条件でもって濃縮サービスをやってくれるのはアメリカの原子力委員会しかないわけです。アメリカ原子力委員会とわが国との関係は、これも先程来お話しがございましたように、先年発効しました新しい日米動力協定によって、30年間のウラン濃縮サービスの供給を約束し、その約束を実現するために、これも自主的には30年というが、協定の有効期限一杯までの委託濃縮契約というものを、各電力会社とアメリカAECが直接に行なつて、ほとんど発電所の寿命を通じての濃縮ウランの供給の確保をしているわけでございます。このことはもちろん、アメリカ原子力委員会が、その燃料の濃縮ウランの供給確保がはつきり出来なければ原子炉運転者が困るという実情に対して対応して取つた政策ですけども、最近になりましてこの事自体にいろんな疑問の念というが、問題点が出てきているようでございます。一番大きな疑問点は、現在アメリカではアメリカ原子力委員会が持っている濃縮ウラン施設を民間企業に移管をするということが、非常に大きな議論の種になっております。昨年アメリカの原子力産業会議が出しました報告書では、これは即時民間に移行すべきである、という勧告がされているわけでございます。それからさらに考えてみますと、先程申しあげた動力協定による供給保証とか、あるいは委託濃縮契約による供給保証というのは、現



在行なっている対象はアメリカのAECでございますので、これが、濃縮施設の所有者がアメリカの民間企業に移った時にも同じような形で長期間の濃縮の供給保証ができるかどうか、というのは、アメリカ側の政策の問題は別と致しまして、協定あるいは契約を読んでいる上では疑問が出てくる。つまり30年間の濃縮ウランの供給というのはアメリカの濃縮施設の所有者がAECから民間に移ってしまった時にも有効かどうかというのは、現在の条文の規定ではどうも疑問があるようだということが一つございます。それからもう一つは、これも前から言われていることなんですけれども、現在アメリカが持っている濃縮施設だけでは、1970年代の半ばで、世界中の需要に対する供給能力が足りなくなるということがよく言われておりました、これに基づいてアメリカで計算した数字をみますと、たとえば年間にこれは分離作業単位で、分離能力として年間17,500トンという工場を建てようと思うと、一番新しい技術を使っても大体13億ドルかかる。これを動かすのに必要な470万キロの発電施設をつけないければならない。この施設を作りまして、これが年中100%の稼働率で動いて4ミル/kWhの電気で運転ができると、現在アメリカのAECが言っている26ドル/kgという濃縮コストに競争できる値段になるんだという勘定になっております。一体これだけの大きな資金と大きな施設とを民間企業が、これはアメリカの話でございますけれども、民間企業が十分供給し、維持していけるかどうかというのが、現在非常に盛んに議論されておまして、たとえばご存知のアメリカの議会の原子力合同委員会というのが非常に強力な委員会なのですが、原子力合同委員会の有力な議員さん達が、今アメリカの原子力施設を民間に移行したんでは、世界中の原子力発電のコストがあがるから、すぐに民間移行するよりは、何らかの形で公営でもって運営をした方がいいだろう。たとえば、現在ワシントンで議論されている通信衛生のためのインテルサットという国際機関というか、国際会社みたいなものがあるわけでございますけれども、たとえばああいうようなものを作って、外国からの資本参加を許すというような形で運営をするのも一つの手段ではないかというような議論もあるわけです。もちろん、すぐに民間に移行しろという議論の方が産業界からは主流になっているわけでございますけれども、こういう状態を考えると、アメリカが濃縮ウランの供給国として30年という期間を考えた時に、果して何でも絶対大丈夫ということになれるかどうかということは、当然のことながら疑問があるわけだと思います。こういう情勢に応じて最近西ヨーロッパで非常に議論されているのが、それではヨーロッパの濃縮施設というものをアメリカとは独立に作ろうという話があるようです。これにつきましては、今年になってからヨーロッパの共同市場の報告書というのとフォーラムの報告書というのと二種類出ております。これによりますと、ヨーロッパでの1980年の濃縮需

要というのを考えて、当然大部分はアメリカに依存ができるだろう、ある部分はイギリスあるいはフランスの持っている施設に依存ができるだろう。しかしそれだけでは危ないから、どれだけヨーロッパとして自分の濃縮能力を持たねばならないかという、だいたい年間2,500トンの分離能力が必要だということで、技術的な検討と同時に経済性の検討が非常になされており、コスト計算でみますと、たとえばその2,500トンのプラントを今の気体拡散法で作ると、とうていアメリカのコストにたうち上ができなくて、年間1,700万ドルの補助金がどこかから出ないとやっていけないという計算がございします。それから遠心分離法でやると、2,500トンの工場というのは、大体1,000億円位の規模で建設ができて、これは分離コストがkgあたり27ドルないし28ドルというので、これはアメリカの値段に競争できる値段である。そしてドイツが盛んにやっているノズル法という新しい方法でやると、建設費は安いんだけど電力が非常にかかるものだから、分離のコストがkgあたり5.0ドルになっちゃって、どうもうまくいかない。こういうふうにヨーロッパの考え方を見ておきますと、何かの形で保険的な意味を含めて、自分の力で濃縮プラントを建て、濃縮能力の確保を共同してやろうという動きがあるようでございします。最近新聞に出て核拡散防止条約の関連で非常に報道が盛んにされたイギリスと西ドイツとオランダの3国が共同して濃縮プラントを建てようというような考え方も、これは首相級の人々の話で非常に実現性があるといわれているわけですが、そういうような話が、いろんな意味の関連を含めて出てきている。ヨーロッパの場合には、濃縮プラントに限らず、原子力の分野ではE N E Aとかユーラトムとか、いろんな共同の研究開発あるいは事業が行なわれておりますし、他の分野でも通信衛星のシンフォニー計画であるとか、超音速のコンコルド計画であるとか、協同計画が一杯あるのでその一つとして取り上げられているわけなんだと思いますけれども、翻ってわが国の状態を考えると、どうも地理的にみてヨーロッパほどりまい隣人が一杯いるわけではないのでございしますから、うっかりしていると濃縮という分野でも今の日本が考えているような1972年まではフィジビリティ・スタディをやってそれから考えようというようなペースだと、うっかりすると濃縮の分野でもいろいろと世界の情勢に立ち遅れてしまうんじゃないかという心配が最近になってほうほうでされております。その一つの例と致しましては、日本原子力産業会議でここ2カ月半位続いている委員会、"ウラン濃縮に関する委員会"というのがございまして、そこで今のような問題をいろいろ検討して、何とか濃縮ウランの供給源についても日本として一カ所だけに依存するのではない形というのを考えなければいけないという議論をしているわけでございします。これは委員会の結論というものがまだ出ているわけではございしませんし、委員会の報告書が出れば、ま

たいろいろ細かい検討をした結果がご覧いただけるものと思います。今申し上げようと思ったことは、そういうふうにたとえば濃縮という分野についてみると、世界ではどうも最近、ここ一年か一年半位の間に、いろいろな情勢変化がおきているようだという事です。

今申し上げたのは、ずっと燃料産業の代表する価値がどれくらいで、それぞれの分野についてどういう問題があって、たとえば濃縮という問題については、現在の独占形態というか、そういうものに対してわが国はどういうことを考えなければいけないだろうかということが燃料問題の現状としては非常に問題になっているということなんですけれども、それに合わせて、最後にひとつ付け加えて申し上げておきたいことは、今のような濃縮の問題と再処理に関連して、プルトニウムの利用という面につきましては、単に核燃料産業の側から見ただけの問題ではございませんで、それはご承知のように、最近の核戦略といいますか、核に関連した国際政治の焦点になっている。その一番いい例が核拡散防止条約でありまして、この中ではプルトニウムと濃縮ウランという、いわゆる特殊核分裂物質というのが、査察というか、管理を行なうための一番大きなポイントになっているということをご承知だと思います。逆にこのことを考えますと、たとえば濃縮工場というものを誰かが作れば、これは当然国際査察の対象になる。というのは濃縮ウランはウラン原爆だけでなく水爆のための起爆剤でございますから、これは非常に厳密な査察が行なわれるにきまつている。こういうふうに核防条約およびそれに関連する国際査察ということから考えますと、政治的な意味合いを離れて実体として考える時に、先程から申し上げた、たとえばわが国で年間1,000億とか2,000億とかいう価値を代表するようになるかもしれない核燃料および核燃料産業というものの自体が実は国際査察の対象物である、ということは、現在の段階において非常に強く認識をすべき事柄ではないかと思えます。しかも核防条約に関連しましては、現在の核保有国というのは、要するに拡散工場とか濃縮工場とかを持っている国でございますけれども、そういう国は条約の規定によって査察の対象になっておりません。それからもう一つは、これは昨年来わが国もずいぶん強く主張しながらどうしてもうまくいっていないことのひとつと致しまして、そういう状況であるにもかかわらず、たとえばウラン濃縮の技術とか技術情報というものは依然として、そういう所有国の軍事機密として、それを国際間に自由に交流させるということをしないんだというのが核保有国の政策として非常に明確になってきている事柄だと思います。こういう状況、つまり非常に大きい価値を代表し、それにはいろんな技術の開発の問題が含まれ、それをどの位国際化するかということが産業界にとって非常に関心のある問題であるものが、ある意味でいうと、国際査察の具体的対象になっていて、それが非核保有国だけが対象になっていて、核保有国はそういう制約

を受けない。しかも、それにも拘わらず、技術の、たとえば濃縮技術を他の国に教えるということはやらないんだ。というような状況が、どうもいろいろ話を聞いたり、物を読んだりしておりますと、たとえばヨーロッパ諸国が自分達の独立した濃縮施設を建てようかという話を持ち出した、少くとも心理的には非常に大きな理由になっているように思います。この点はたとえば、イギリス、オランダ、西ドイツの国々のそれぞれ首相級のところで濃縮、これは遠心分離によるということをごさいますけれども、濃縮施設の共同建設ということを政治的な問題として取り上げている、どうもミソであるらしい、というふうに考えられると思われまます。

何か話が尻切れトンボのようで申し訳ございませんが、時間の制約がございますので、「核燃料問題の現状」という非常に大きな題を頂いてしまったので、その中で申し上げようと思ったことを最後に縮めて申し上げますと、核燃料産業というものが非常に大きな価値を代表している。それは数字として勘定してみると、年間わが国だけでも1,000億とか2,000億とかいう規模になりそうなものである。それをどれだけ国産化し、国内のものにしていけるかということを考える時に、当然資源についてお話があったように日本が持っていないものは、これはいたしかたないわけでごさいますけれども、日本が技術開発していつて、建設していると思われるものについては、A・D・リトルの報告が問題にしましたような独占形態というようなことについて日本としてはいろいろやっつけていかなければいけないことと考えていかなければならないことがあるようです。それから濃縮という具体的な問題につきましても、さらにこの問題に加えて、国際政治の核防条約とそれに伴う国際査察というような問題が非常に具体的な影響力を持っているように思われます。こういうようなことが申し上げようと思ったことをごさいますして、頂いた題の大きさの割にまとまりのないことをご報告したことになるかと思われまますけれども、申し上げようと思ったのはだいたいこのようなことをごさいます。

パネル討論会－２

国産化問題と開発環境の充実

議長 村田 浩 氏（日本原子力研究所副理事長）

パネル・メンバー（五十音順）

大 永 勇 作 氏（通商産業省大臣官房総合エネルギー政策課長）

倉 本 昌 昭 氏（動力炉・核燃料開発事業団計画管理部長）

向 坂 正 男 氏（日本エネルギー経済研究所長）

柴 田 二三男 氏（中部電力取締役）

高 市 利 夫 氏（富士電機製造原子力部長）

田 中 好 雄 氏（科学技術庁原子力局次長）

森 島 国 男 氏（日立製作所原子力部長）

横須賀 正 寿 氏（三菱原子力工業取締役）

3月5日（水）

A 会 場

## パネル討論会－２

### 国産化問題と開発環境の充実

議長 村田 浩（日本原子力研究所副理事長）

パネル・メンバー（五十音順）

大 永 勇 作（通商産業省大臣官房総合エネルギー政策課長）

倉 本 昌 昭（動力炉・核燃料開発事業団計画管理部長）

向 坂 正 男（日本エネルギー経済研究所長）

柴 田 二三男（中部電力株式会社取締役）

高 市 利 夫（富士電機製造株式会社原子力部長）

田 中 好 雄（科学技術庁原子力局次長）

森 島 国 男（株式会社日立製作所原子力部長）

横須賀 正 寿（三菱原子力工業株式会社取締役）

議長（村田） 本日は、原産第２回年次大会の二つ目のパネル討論会である「国産化問題と開発環境の充実」について、これから開催いたします。

大体、国産化問題と申しますのは、皆さまはよくご承知のとおり、実はわが国が原子力の研究開発、利用に乗り出した当初から大きな問題であり、何もいまに始まった問題ではないのであつて、いわば古くて新しい問題であります。

この内容を考えてみると、一般に国産化といわれるときには、二つのカテゴリーがあると思います。その一つは、いわゆる導入技術をベースとして、これをわが国の産業が消化吸収してわが国自身の技術にする、いわゆる国産技術にする、そういう意味の国産化であります。

第２のカテゴリーは、わが国の中で行なわれる自主的な原子力分野の研究開発をベースとして、そこから発展した原子力産業技術というものをつくり上げていく、こういう意味での国産化という考え方があります。

この二つについて、これまでもいろいろ議論があつたわけですが、当初のころに比べて、最近の情勢はこの国産化問題をあらためて取り上げて考えるべき重要な時期にきたと私は考えて

おります。

それはなぜかという、従来は原子力技術の開発について必ずしも具体的な計画ができ上がってなかつた面もありましたが、すでに皆さまよくご存知のように、国において、たとえば動力炉の開発計画であるとか、あるいは原子力船の開発計画であるとか、こういった大きな開発プログラムがナショナルプロジェクトとして確立されてきております。そういう時期において、あらためてこの国産化問題を取り上げることは非常に意義のあることだと私は思っております。

したがって、本日このパネルディスカッションを行なうに際しては、今申し上げた2つのカテゴリーのうちで、特に前者、つまりこれから予期されている原子力の大きな需要、特に原子力発電の開発についての需要、そういうものを背景とした、導入技術をベースとする在来型動力炉の国産化ということがやはりここで一番大きな問題になると思います。従つてこの点に焦点を当てつつ、討論を始めてまいりたいと思います。

そこで、このディスカッションを行なうについて、昨年秋、通産省の委嘱による欧米原子力産業調査団が派遣されましたが、その団長としてつぶさに欧米の原子力産業の現状を視察してこられた日本エネルギー経済研究所の向坂さんに、最初に、欧米原子力産業の現況についての概略をご報告いただき、それに続いて、政府並びに産業界からの代表の方々のキーノートがありますので、これについてそれぞれご説明をいただきその上で、このパネル参加者の間において問題点についての討論を進めていくという手順で運営していきたいと思つております。

パネル討論会における講演

## 欧米における原子力産業

日本エネルギー経済研究所

所長 向坂正男

1月ほどの間に、アメリカ、イギリス、ドイツ、フランス、イタリア、それにベルギーの6カ国を回つてまいりました。

通産省からの調査のテーマはいろいろありましたが、本日はその調査の中から、パネルディスカッションのテーマである国産化と開発環境のことにしぼつてご報告したいと思います。

これからお話し申し上げる内容については、大きく2つに分けてご報告したいと思います。

第1点は、軽水炉を中心とする実用炉の技術導入およびその国産化をいかに進めたかということ。第2点は、原子力産業の市場規模とこれに関する産業組織ないしは競争秩序といった点について、各国でどうしているのか。この2つの点を中心にご報告いたします。

まず第1の点は、これも各国についてずつと触れることは非常に時間もかかりますので、ここでは、西ドイツがアメリカから軽水炉の技術導入をして、それをいかに技術改良を加え、国産化を進めていったか。それに対して政府はどのようなやり方で援助したか。電力業界もそれに対応してどのような協力の仕方をしたか。西ドイツに関するこれらの点をご紹介したいと思います。

今回の調査において、一番印象を強く受けたのは、西ドイツがその軽水炉の開発について予想外に技術の改良を加え、ほとんど100%機器の国産化をし得る能力をもち、しかも発電設備の建設コストなり、あるいは発電コストの見積りなりが予想していた以上に安かつたという点であります。

ドイツのメーカーであるジーメンスは、ウェスティングハウスから技術導入をし、AEGはGEから軽水炉の技術導入をして、それぞれその研究開発、原型炉、実用炉というふうに開発を進めてきたわけですが、現在ジーメンスも、AEGも大体60万キロワットの能力をもつ発電設備を1つの標準型として電力会社に売り込みを始め、2つの場所において、71年、72年ごろを遡開の目標でもうすでに建設に着手し、建設中であります。

これはターン・キイ方式で契約しておりますが、その建設の契約価格なり、発電コストの見積りなりが非常に安いということでありました。60万キロワットの設備で、電力会社が負担する部分を含めて、建設価格がキロワット当たり大体500マルク前後ですから、45,000円



ぐらいという値段になります。燃料加工費を含めても5万円以下の値段で建設を請け負っており、いろいろな電力会社に対する入札は、そういう状態でありました。発電コストの見積りが、大体1円89銭から1円90銭前後という見積りを電力会社に一応保証し、一保証といつては正確ではありませんが一そういう見積りのもとに建設をしております。

ドイツのそれらのメーカーと政府筋の話も聞いたのですが、こういう安い建設コストでやっていると同時に、私どもが感心したことは、かなり大胆な技術改良を加え、同時にほとんど100%国内で調達し得る力をもっているという点であります。ジーメンスだか、AEGだか忘れましてけれども、われわれはアメリカから技術導入をしたけれども、これは実はわれわれ自身が設計し、開発するやり方についてチェックをするために技術導入をしたのだということをおっしゃいます。要するに、国産化と技術改良を同時に遂行してきた。これで実用炉の建設段階には、いま申し上げたようなかなり大胆な技術改良を加え、ほとんど100%国内であらゆる機器を調達し得るという状況に達したわけがあります。

技術的なことの詳細については、同行した日本のメーカーや電力の方々が、それらの問題について判断したのですが、たとえばAEGでは、アメリカから技術導入はしたけれども、制御棒の駆動機構を変えとか、気水分離器の改良、あるいは内部循環ポンプを採用するとか、そのほか原子炉の格納容器についても大幅な設計変更を加えるとかいうことで、(ある同行した技術者の話では)、独自性を出すために少し無理をしているのではないかといつたぐらい、かなり大胆な設計変更をしている。その設計を変更したもので、現在AEGは60万キロワットのあれを建設中ということでした。

ほんとうにこれでよく動くのか、あるいはいろいろ建設途上で問題が出てくるのか、最後の判定は実際に動き出してみないとわからないというような意見も同行した人から出ておりました。そういう設計変更を加えながら、それに使用する機器はほとんど100%国内で調達するというのであります。ただ、こういった技術改良は経済性を高めるよりは、むしろ運転の信頼性、あるいは安全性を高めるということが主眼であると説明をしておりました。それからAEGは、さらに核過熱炉の研究を非常に進めており、これについて原型炉の建設に着手するという段階にあつたようであります。

次にジーメンスのほうは、ウェスティングハウスから技術導入をして、その国産化をほとんど達成しておりますが、これはウェスティングハウスの設計についてあまり大きな変更を加えない。60万キロワットの標準型をできるだけ安くつくるところでとどまっているのですが、技術導入した加圧型という技術を応用して、加圧重水炉を独自の設計で作り上げま

して、昨年アルゼンチンに対して、34万kWの能力をもつ加圧重水炉の輸出契約に成効しております。

説明によると、この炉は軽水炉よりも建設費が1割ないし2割高いけれども、将来は軽水炉と競争し得るものに仕上げるといふ考えであり、したがって、現在の輸出契約には、政府が4%か4.5%の非常に低利の輸出信用を一部与え、一般の輸出信用も与えております。政府の援助のもとに輸出したということにはなりませんけれども、この加圧重水炉はいわば輸出用としてつくっていく、特に天然ウランを産出する後進国に対して輸出するのに適当な型だといふ意味で開発している。かたがた濃縮ウランに対する依存度を下げるといふ意味ももっているのだといふ説明でありました。

このように、AEGとジーメンスとは幾らかやり方が異なりますけれども、単なる技術導入のコピーだけではなくて、それをもとにして大幅な技術改良を加えるなり、あるいは他のタイプの実用炉をつくるというところへ進んでいるということでもあります。

ただ、西ドイツの建設コストが非常に安いものですから、フランス、あるいはアメリカでほかのメーカーに、西ドイツはこういつているけれどもほんとうだろうか、確かにそうなのだろうかということを知りたいのに対して、まだ技術的な不安定性はあるかもしれないし、将来建設コストを上げるようになるのではないかという声も聞かれたわけであります。

以上のように、西ドイツで技術改良と同時に国産化をほとんど達成しているという点で、私は軽水炉の開発に関して、日本よりかなり前を進んでいるのではないかという印象を受けました。

こういつたことを達成するに当たって、ジーメンスやAEG、あるいはそのいろいろな部品メーカーや燃料を供給するメーカーの、いわば機械工業の力、こういう実力がものをいつていることは確かであろうと思えますけれども、同時に政府のこういう開発に関する援助の仕方も非常ににはつきりしているという印象でございました。基礎的な研究開発、あるいは実験炉の段階、第2は原型炉、実証炉に達した段階、それから最後は実用化の時期に達した段階、こういつた3つに分けて、政府の援助の仕方が非常ににはつきり区別されているという印象を受けました。

第1の基礎的な研究、あるいは実験炉の建設は、施設的には大部分政府が負担して行なう。第2の原型炉、実証炉の段階には、政府がかなり思い切った援助を与えている。

その援助の内容を要約すれば、第1は建設費について、在来の石炭や重油火力よりも建設費がよけいにかかる部分の何割かを政府が援助するということ。第2には、電力側に対して特別

償却、その他税制上の優遇を与えるということ。第3に、メーカーが電力会社に保証した運転状況よりも実際の運転状況が悪くて、電力会社が損失を受けた場合には、その損失の9割までを政府が補償する。ただし、もしもうかるようになれば、あとで返済するということではありますが、そうした方法をとっているのであります。こういう点から、原型炉、実証炉については、電力会社が引き受けやすい条件を、かなりはつきりしたやり方で与えているといつていいと思います。

次に実用化の段階では、そういった直接的な援助はなく、現在ドイツで行なわれているのは、軽水炉の信頼性、あるいは安全性を高めるための技術改良に関して、政府の研究援助が行なわれているということであり、実用炉の運転に関する政府の援助は行なっていないのであります。

この研究援助というのは、先ほど申し上げた、たとえばAEGで行なわれている制御棒駆動装置の改良、その他、そういった現在建設中の炉に適用するような技術改良に対しても行なわれているということでした。

以上の点からいつて、政府は研究段階の変化に応じて、ユーザーである電力会社が受け入れやすい、あるいはメーカーの技術改良をやりやすい条件をつくることに眼目があるように思われました。また電力のほうもそういう条件がつくられ、したがって原型炉や実証炉の発電を引き受けることが、安いのと同時に、メーカーがそれらのかなり大幅な技術改良を加えることに対して、信頼性があり、おそらく電力もそういう原型炉を引き受け、あるいは実用化した炉の注文を発しているということであろうかと思うのです。

私は原子力の問題についてまだ勉強を始めたばかりで、日本の事情も詳しく知りませんが、そういった意味で、ドイツが日本よりも数年、あるいはそれ以上先を行つているという感じを受け、それについては、メーカーの実力もさることながら、研究態度なり、あるいは政府や電力側との三者の協調体制がうまくいつているなという感じを受けたわけです。

第2に申し上げたいことは、日本のことを考えてみて、将来の日本の原子力産業にとつての市場規模を考えた場合に、炉型別にある程度分業体制をとつたほうが効率的なのか、あるいはできるだけ原子力産業間の競争をさせる競争促進政策を考えたほうが、日本の原子力発電の開発に対して有効であるのかという問題意識をもつて、調査をしてまいりました。

その点については、アメリカとヨーロッパとは非常に考え方が対照的という印象を受けました。アメリカの原子力委員会は、明らかに原子炉の供給、あるいは核燃料の供給に関して競争促進政策をとつているということが、AEC当局者によつてもはつきり語られている。

AECの報告の中に、将来アメリカの発電規模が、1980年には原子力発電が1億4500

万kW程度になるだろう。おそらく1970年代の後半になれば、80万kW～110万kWぐらいの設備が年間20基ぐらい建設されるに違いない。したがって、1つのメーカーが発電設備を4基ないし5基ぐらい年間につくり上げれば採算的に有効であろう。大いに新規投資を誘引する状況になるだろうという意味で、強力な先行メーカーであるGEやウエスティングハウスがその市場の強力な行き過ぎた支配はしないように、コンバシオンエンジニアリングとか、あるいはバブコック&ウイルコックスとか、そういう他の有力メーカーをも育成するという意味で競争秩序を保つ、競争促進政策をとるということがAECの考え方のように受け取られました。

また燃料分野についても、炉メーカーの燃料供給以外に、独立の燃料メーカーを育成することも必要であるという認識であり、現に石油会社、その他いろいろなところから燃料サイクルの全体のサービスをし得る独立の燃料メーカーが、私の感じではむしろ多過ぎるぐらい将来出そうな気がします。そういう方向に進んでいるといつていいと思います。需要者である電力会社のほうも、炉メーカー以外に、取りかえ燃料に関しては独立の供給メーカーがあつて、ある程度の競争が行なわれるほうが好ましいという態度を表明しております。

これは、アメリカが原子炉、軽水炉において強力な先行的メーカーを有するという状況と、それから市場規模がかなり大きくなる見通しが確かだという市場規模の点からいつて競争促進政策をとつていと受け取られたわけであり。これは同時に、原子力産業だけではなく、あらゆる産業政策としてのアメリカの基本的な考え方にも合っていると考えられるのであります。したがって、現在独立燃料供給メーカーとしては一番強力だとみなされるUNOCについて、原子炉メーカーであるコンバシオンエンジニアリングが、UNOCの株の21%を押えようとした事件に対して、アンチトラスト委員会は好ましくないということとを判定している状況にあります。

一方、ヨーロッパの国々を回りますと、大体そういう競争促進というよりは、むしろ分業体制で開発を急ぐという方針であります。

たとえば西ドイツ政府は、軽水炉のメーカーについて、AEGとジーメンス以外に、第3のメーカーの育成をするつもりはない、育成する必要があるとは考えないというのが科学省の当事者の発言にもありました。

イギリスにおいても、5つのコンソーシアムでやっていた民間の原子力産業も、最近産業再編成として、原子力公社のもつている研究開発、あるいは設計、工事の管理能力といったものと民間の原子力産業とを一緒にして、もつと効率的な原子力産業の供給体制をつくるために、両者を一緒にしながら2つのグループに再編成しようという原子力産業の組織再編成を現在進

めて、大体コンソーシアムは三つできまして、それに伴って原子力産業界のほうも企業合併その他で逐次再編成が進みつつある状況でした。

そういう点で、原子炉に関して競争促進というよりは分業体制を考える。たとえば西ドイツにおいても、そのほかの新型転換炉、あるいは高速増殖炉などを含めましても、政府が研究開発の援助をする段階から、メーカーの間に分業体制をとらせるという考え方が貫かれているように思われます。

なぜアメリカとヨーロッパが違うのか。第1には、ヨーロッパの各国の国内市場の規模は大きくない。今後10年、あるいは15年を考えても、年間60万kWにすれば、おそらく4基か、せいぜい5基、あるいは6基という建設規模であることと、さしあたりの5年を考えれば、年間2基といった程度のものでありますから、そういう国内の市場規模からいつて、あまり多くのメーカーで競争させるというのは不合理だという考え方があるのではないかと思います。

同時に、アメリカに対して技術開発のおくれた国として、ドイツの場合などには、そういう分業体制で政府の研究援助を与えてやったほうが効率的にやれるのではないかという考え方に立っているものと思われます。科学研究省は別にそういう方針を明言したわけではありませんが、やり方をみると、そういう感じがいたします。

また、そういう体制をとりながら、同時に輸出の問題を考えているのではないか。フランスはいま実用炉に関してはちよつと混迷の状態にありますが、イギリスは失敗した輸出にもう1度乗り出すという意味で、効率的にするために産業の再編成を進めていますし、ドイツの場合も、原子力産業を始める当初から、国内市場だけではなくて、ヨーロッパ、あるいは低開発国に対する輸出を考えてやっているとされるのであります。

したがって、各国の責任当局からいえば、国内の市場独占、市場支配ということを心配するよりは、むしろマーケットをもつと広く考え、EECベースで考え、あるいはヨーロッパベースで考え、低開発国の輸出を考えれば、お互いにそういう輸出をやるわけですから、その国内のメーカーが国内の市場を独占するという心配をする必要はなくて、むしろみんなが輸出を考えるという考え方に立っているということから、アメリカの競争促進政策に対して、分業体制でできるだけ効率的にやるという考え方をつたのではないかと思います。

ただ、こういう分業体制のほうが、ドイツにおいても、はたしてほんとうに効率的であつたのかどうか、その点の検討までは十分いたしておりませんから、冒頭に申し上げたような西ドイツの軽水炉の開発が非常に進んだという印象とこの研究開発や産業界の分業体制を結びつけて考えて、おそらく効率的であつたのではないかという判定をしているわけでありませぬ。

そのほかに、いまの問題に関していえば、ヨーロッパで新型転換炉や高速炉に関して国際協力が進んでいるという点が最近の動きとして注意をひかれたわけであり、これは、ナトリウム型の高速炉の開発に関して、ドイツのジーマスとインターアトムが中心になつて、ベルギーおよびオランダのメーカー……この3国の間で、国と研究センターと産業界と3つの段階で高速炉の開発について協力体制をし、研究の分担と費用の分担をはかつて促進しようという動きがある点、それから新型転換炉に関しても、イギリスとイタリーとベルギー、それにドイツが加わる動きがありますし、あるいはフランスのG A A Aが加わる動きもあるやに聞きますけれども、こういつたE N E Aのドラゴンプロジェクトをめぐる、インターニュークLEARというのが各国の協力体制のもとに開発が進められようということがあるわけです。

それからフランスでは、実用炉に関してはいま混迷状態であり、C E A政府当局は、カナダとの技術提携で重水炉の開発はやることにきまりましたけれども、軽水炉の開発について技術導入するかしないか、いろいろ考え方があつたようですけれども、いよいよ採用するかどうかという瀬戸際に立っている。産業界、あるいはE D Fは軽水炉の採用を主張しているようであり、政府当局はその点についてまだ態度をきめていないという状況でございました。

高速炉に関しては、第1のラブソディが非常に運転成績がよくて、次いでフェニックスという炉に取り組むということで、ただこの場合には、原子力委員会とG A A Aというコンサルタントのシステム開発の会社とが協力して、原型炉の建設にかかろうという動きがあつて、高速炉の開発に関しては、いままでのC E A中心のやり方と若干の変更をしているようであります。

アメリカに関しては、ナトリウム型の高速炉を、G E、ウエスティングハウス、アトミックインターナショナルで、ライトメタルのF B Rを、いわば競争的に進めていこうという態度がみえました。この点についても、アメリカが分業、あるいは共同というよりは、競争を通じて研究開発の促進をはかろうという政策が貫かれているように思えたわけであり、

以上、市場規模と産業組織について、概略そいつたことを感じたわけでございます。私どもこの調査は通産から委託を受けて、主として欧米の産業界をずうつと歩いたのでありまして、その中でわれわれとして印象づけられたことを報告しましたが、アメリカ、西ドイツ、フランス、イギリスなどにおける政府の開発の方針なり、研究援助のやり方、あるいは産業界の受け取り方、電力業界の協力の仕方など、そいつたことを一体日本にどう適用して考えたらいいのかという点は、今度の調査の仕事のらち外でありますので、こういつた点については、むしろきよりのシンポジウムなどを通じて、私ども調査団が報告しましたことを日本にどう適用したらいいのかという意味で、いろいろ論議していただけたら、たいへんしあわせであると考え

ております。

議長 どうもありがとうございました。後ほどまたパネルのときにご議論いただきたいと思  
います。

それでは、続きまして各パネルメンバーの方々に参加していただきまして、ディスカッシ  
ョンを始めるわけではありますが、ディスカッションの前に、メーカーサイド、電力サイド、官庁  
方面からキーノートを出していただいておりますので、それぞれについて順を追って要約を話  
していただきます。

最初にメーカーサイドから、次に電力界から、そのあとで動燃事業団のほうから、最後に通  
産省のほうから官庁関係のご意見を伺う、このようにもつてまいりたいと思います。

最初に、三菱原子力の横須賀さんをお願いいたします。

横須賀 メーカーの立場として技術面について意見を申し上げることにいたします。

国産化という場合に、さしあつての問題は、外国で開発、実用化された原子力発電所を、  
日本国内のメーカーの手で設計、製作、建設、試運転、性能の保証というところまでやつて、  
お客さまにお引き渡しすることと考えて話を進めることにしたいと思います。

このように、国産化をするためには、まず第一にメーカーに技術的能力があるかどうかが問  
題で、技術的能力がなければ全然話にならないのであります。

原子力というのは、核分裂という新しい物理現象といいますか、原理に基づいた技術であり  
ますから、従来の火力、ボイラーをつくることなどはかなり違います。そのために、いろい  
ろの研究開発も国内でやられたわけですが、その小規模な研究開発だけではなかなか十分でな  
い。一つには、時間のファクターもあるし、原子力の特質上、試行錯誤が許されないというこ  
ろが問題だというので、手つとり早くやるためには技術導入ということになるわけでありま  
す。

国の方針としましても、在来型の炉というのは、これは技術導入ベースでやる、新型将来炉  
は、日本で独自に研究開発を行なり、こういうご方針が立てられまして、その線に沿って、わ  
れわれメーカーはそれぞれ適当なる在来炉の、既存のメーカーと技術提携をして、それにつ  
いて技術習得をして国産化をしていくという立場で、いままでやってきているのであります。

ただし、日本は、日本独特の条件があつて、たとえば技術的にいっても、耐震の問題や、安

全に特にセンシティブであるとかいうことは、日本で解決をしなければなりません。政府のほうでも、それぞれの助成策を講じてくれましたし、関係学界その他と協力して、逐次そういうものの解決をはかつてまいつたのであります。

そこで、技術能力を便宜上3つに、分けてみたわけです。

第1は、設計能力であります。原子力発電所を設計する、この分野が一番未経験、かつ新技術の多い分野だと私は考えております。そのために、従来の技術提携は、大体ハードウェアを主にしました、機械の図面を買うとか、工作法を習うとか、そのようなものが多かつたのですが、この原子力の関係の技術提携はもつとその範囲を広がりまして、何ということばでいつたらいいか、よく、一時、システムエンジニアリングということばがいわれましたけれども、炉心の設計はもとより、フェルマネージメントというところまで広く含めまして、プラント全体の設計法、工作法、そのバックデータ、あるいは計算コードといったようなところまで含めた包括契約というかつこうをとつております。

その技術提携ができません、それをいかにして消化して身につけていくか、一番手つとり早いのは実際に経験を積むことでありまして、そのためにトレーニーを外国にやる、現在、建設中の発電所の設計などを、人間をそれぞれの外国のメーカーに送つて分担をさせてもらう、中には、そのある程度責任ある仕事をしている人もありますが、そのような積極的な方策を講じて、それぞれの実際的な経験を重ねているわけでありまして、少なくとも、あるモデルプラントにつきましても、現在でもそれを国産化していくための設計能力は、その素地はできて、十分その力はあるのだと考えております。

次に製作能力ですが、ものをつくるという方面で考えますと、原子力だからといって、いままでの機械加工その他と根本的に原理が違うというものはありませんで、精度の問題とか、材料が少し違うとか、少し変わったものがありますけれども、これは従来の日本における既存技術が一番適用しやすい分野と考えております。事実、いま建設段階の状態、いろいろのコンポーネント、かなり重要なキーコンポーネントまでも日本のそれぞれのメーカーが下請の形ではありますが、製作をしております。なかなかその成績は順調で、かえつて外国でやるよりもいいくらいというものも多いのです。もちろん設備の増強その他はメーカーの責任ですから、適当にやつていかななくてはならない。あるものによつては、試作、試験、原子力の特質からいって、修理があとでむずかしいということから、試作、試験を十分にやらないと実際に使えない、そういう時間的の問題もありますが、十分機器製作能力は現在でもすでに十分備わっていると自信をもつておるわけです。



原子力特有の問題として、燃料という問題がございます。燃料というのは、いままでの技術になかったもので、放射性物質を取り扱わなくてはならないということなのですが、この燃料の成型加工に関して、放射性物質を取り扱うベレッタイジングの部分、あるいはロッドローリングというところまでの技術はすでに解決をしておる。それからアセンブリングになりますと、これは大体メカニカルの問題である。ですから技術的には解決いたしまして、現在製造工場を建設する設備の問題というところになっております。すでに加工事業の申請許可を受けた工場が2つあつて、建設をしておるという段階でございます。

最後に、便宜上、総合とりまとめ能力という、これはちよつと普通にいわれているかどうか知りませんが、そのように書きましたのは、プラントといたしましては、全体の総合工程管理からもちろんのこと、プラントがある程度形ができてからのファンクショナルテスト、原子炉特有のクリティカルからのスタートアップ、それから出力上昇試験までをやる、こういう全部の総合とりまとめ能力が必要です。

これらのものは、新技術ももちろんあるのですが、どちらかという、学問というより経験が主になるものでありまして、これは実地に経験を踏むよりほかにはしょうがないというものだと思います。いままで化学プラントとか、小さな発電所とかいうところでこういう仕事もやっておりますが、何分にも原子力という新しい要素が入つてまいります。それで、これは経験を第一ということで、現実にはいま5つの発電所が建設されておりますが、それぞれの、あるいは下請、あるいは部分的に責任をもつとか、プライムとしての責任という、それぞれの段階で違いますが、実際の経験を目下習得しつつあるわけでございます。ですから、この面も着々と整備をされていると思います。

以上、国産化の技術的能力としましては、われわれメーカーは十分の自信をもっております。しかし、まだ全部われわれの手で完全に設計し、建設し、試運転をしてお引き渡しをした発電炉がないこともこれもまた事実でございます。やはり時間の問題というものはあるわけです。ところが正直にいいまして、日本では実績主義が非常に強うございます。実績がないではないかといわれますと、どうにもならないのがわれわれメーカーの悩みであり、そういうことに帰するわけでございます。

次に、技術基準、いわゆる規格とか、スタンダードとか、コードあるいはクライテリアと申しますか、そういったものが問題があるわけです。信頼性のあるいい発電所ができるためには、それぞれちゃんとしたコード、スタンダード等が必要なことは申すまでもないことですが、日本では、こういう基準、規格類が、電気事業法の中の法体系の中へ組み入れられており、

コード、スタンダードというよりむしろ取締まり規則という形式でつくられております。そのために、実際上の運営にあたっては、まだ実際のプラクティス及び経験のないうちに、規則を先につくらなければならないということから、実際に工事をやると、なかなかトラブルが起こりがちでございます。実際問題としては、それぞれ担当の方面といろいろお話し合いをして解決をしておるわけでありましたが、そのような経験を生かして、そういう基準類が適時に迅速に改定をされ新しい技術の進歩に発展適用していくことを、非常にわれわれ希望しております。

近い将来、非常に多量の発電所などをこなしていかなければならないとしますと、それには量の点が問題になりますので、それを可能とするように、簡素化できるものは簡素化し、ただし質をキープすることだけは十分にできる必要最小限、グッドイナフといいますか、そういうところに基準などが改定されていくことを期待したいと存じております。

議長 どうもありがとうございました。

では、引き続きまして、メーカーサイドから主として人的能力、マンパワーの点に関しまして、日立製作の森島さんから伺います。

森島 わが国の電力の長期計画、すなわち中央電力協議会が42年度に発表したものによると、昭和44年以降昭和50年までに着工される原子力発電所にA T R、F B Rの原型炉を含めると、その数は約23基、平均出力で70万キロということになります。この期間はわが国の原子力発電の開発のために最も重要な期間であることは、皆さまもお考えのとおりだと存じます。

私は、この開発をする技術陣容について、1つの提案をしたいということで、こういう題目を選んだわけでございます。もちろん、こういう開発は技術者のみでできるものではなくて、政界、財界、あるいはその他のたくさんの業界の方々のご協力とバックアップがあつて初めて遂行されるものですが、直接建設に関与しますわれわれメーカーの立場で、少し具体的に考えてみようということでございます。

1つの発電所ができ上がるまでに必要と思われる技術的な種目をまとめたのが、キーノートにある第1表でございます。設計、製作、建設、試験といったような、それぞれの段階について、プラント全体に関するものと、機器それぞれ、たとえば格納容器、圧力容器、タービン発電機というように構成要素、機器そのものに関するものと2つに分けられると思いますが、前者のものはプラント全体のものは、従来の火力発電所のようなものについては、大部分の仕事をユーザーのほうでやつていただいております。原子力発電所のような、システムエンジニアリングというもののかなり強いもの場合には、われわれ側で担当すべきことがたくさんで

きてきたわけです。それで、たとえば炉心の動特性解析とか、放射線防護の計画とかということを中心とした安全解析、あるいはよりよい運転結果をもたらすための計算機の導入といったような、原子炉プラント特有のものがたくさんできてきたというのがこういう原因だと思います。

このような点で、火力発電所の場合とは著しく違いわけですが、各構成機器がシステムの中で十分な機能を発揮するためには、これらのグループとも密接な関係をもつてこの仕事が進められる必要がございます。もちろん、当面の国産化の諸問題を解決するために必要とするたくさんの方のサイエンティスト、あるいはエンジニアによる研究陣容が、われわれのバックアップとして必要なことはいくらでもありません。

われわれが、ここで非常にしあわせであると考えてるのは、システムと原子力部分は非常に新しいものですが、実質的なハードの面及び従来の発電部分については、従来の火力発電の技術と全く同じである。あるいは非常に同じに近いということがいえると思います。

第2表では、先日の原子力学会のシンポジウムにおいて発表された世界及び日本の原子力発電の長期予想の数字でございます。これを借用させていただいたのですが、1970年から2000年までのわずか30年の間に、日本の原子力発電の規模も約50倍になるということが、この表でみていただければと思うのです。こういうものが1年間に開発されることになると、もしユニット容量もあまり変わらず、それから工期も現在と同じように、あるいは多少の短縮はあるでしょうが、あまり変わらないという仮定をしますと、同時に建設中の地点の数が著しく、百数十カ所になるという計算も考えられます。

このようにして、わが国におけるエネルギー源として原子力発電が不可欠のものだということになりますと、その人的資源の確保、あるいはその有効利用が非常に重要なものであろうかと思えます。

私自身、きょうここで具体的な対策をご提案するということまでいたっておりませんことは、まことに申しわけないのですが、それにやや近いものを、幾つかの提案といいますか、題目として申し上げますと、まず第1に、新しい人的資源をつくるという意味で、学校の教育の充実とか直接運転要員の教育といったような実業面での教育に、これで十分かどうかという検討も必要かと思えます。さらに従来のユーザーが火力発電でなされた経験を、いろいろな形で、われわれメーカー側のものが十分に吸収させてもらい、システムデザインに取り入れさせていただくことも必要かと思えます。特に開発炉のような場合には、十分そういうことをやる必要があると考えております。

3番目には、従来の、メーカーの中でもそうですが、火力発電と原子力発電がややもすると経済的な競争ということがよくいわれる。したがって、何か競争するものであるという印象が非常に強いのですが、人的資源とは、全くごく一部のものを除いては同じものですので、火力の人口と原子力の人口の調和のとれた有効利用も考えねばならぬことだと思います。

4番目には、これは将来の技術的な面での進歩ということで、たとえばユニット容量の大容量化とか、ユニットの標準化とか、建設面でのスピードとか、運転面での計算機性能化、あるいは自動化ということも何らかの形で寄与を与えるものと思います。

議長 森島さん、ありがとうございました。

では、次に同じくメーカーサイドから富士電機の高市さんに、開発政策的な点で伺いたいと思います。

高市 私の担当は、国産化問題と開発環境充実をポリティカルな面から述べるという担当になりましたので、決して専門ではございませんが、一応イントロダクションのつもりでお話を提起いたします。あと、パネルディスカッションのときにご意見なり、ご批判なりをいただきたいと思います。

先ほどからもありますように、原子力発電所というか、このような大きなプロジェクトは、自主開発するには金も時間もかかる、けれども、自主開発したものなら、自分でやったものですから、性能がどうだとか、納期がどうだとか、コストがどうだとかいうことは、自信をもってやれるのであります。日本が立ちおくれて、導入ベースで、手つとり早くとにかく立ち上がらなければ間に合わない。導入ベースのものに対して、外国で開発したものに対して性能を保証する、納期を保証する、コストを保証するということは、相当大胆な決心をつけないとできないことだと思います。特にこのような大型なものでありますし、非常に多数のコンポーネントがありますが、その1つ1つについて原子力なるがために、さつきから皆さん申されているように、ものをつくることについては、日本のいままでの経験、技術が役に立つて、何の不安もないという自信は、相当メーカー側でももつてはおりますけれども、もし万一どこか間違いと被害が大きいとか、何か小さいところでひつかかると納期が延びる。これは大型プロジェクトですから、工期が半年延びる、1年延びるといふのは、非常に金利その他に響きまわして、ご承知のように非常に大きな金になる。1年納期が延びるとそういう経費だけでも30億円ぐらいは響いてくるというオーダーになりますので、性能保証はもちろんですけれども、そういう納期の保証も大事なものであると思います。そこまでをよく実証しておいて、自信をメーカー側でつけてやらなければ、ほんとうの国産化にはならないと思います。

結論は、結局メーカーがよく努力をして、よく勉強して自信をつける、その上に立つてユーザーのほうもそれほどやつておるのならだいじょうぶだろうということで、ひとつ使ってみようか、国産でやってみようかと決心していただくということが結論ですけれども、なかなかいまのようなリスクが大きいものですから、そういうところへまでいきにくいというところに問題があるかと思えます。実績ができればそういうことが可能になる。ところが、実績をやるために、1べんはやらせてみなければいかんというところが問題ではないかと思えます。大体、見当としましては、技術的にはやれるのだから1回やらせてみるというところに、大胆にそこまで乗り切れるかどうかというところに問題をはらんでいる。ただ、企業的にはやれないものがまだあるかもしれません。これはまだ将来は非常に原子力発電所はたくさんできるという見通しははつきりしておりますが、ただいま現在、製作設備として、企業的につくつておいて、工場を休まさないで操業できるかどうかというところから、いまだしというものが残るかもしれませんけれども、技術的には大体できるというのが見通してございます。

次に、最初の1台目を日本でやらせてみせることを決心しやすいような措置について、各国でやつているような、特にドイツのように立ち上がりがおくれて、先ほどお話のように導入ベースではあつたが、国産化が非常に早くスムーズにいつたという例も参考に、外国で開発された炉型を導入ベースでとにかく1台日本のメーカーにやらせてみせることが大事なのですが、それをメーカーのリスク、あるいはユーザーリスクだけではなかなかそこまで踏み切りにくい、それに対して国としてどう考えなければいかんことがあるかを、気のついたところをキーノートにあげてみました。

一つは、幸い、日本も自主開発で将来の炉はやつていこうということになり、動燃事業団ができ、盛んにやつておられます。そちらのほうへも人と金とがかかるわけでございます。メーカー側は、当面、導入ベースでやる在来炉についての実証性の検討、技術習得とか、安全なものにするという開発的責任があるので、それらを少し仕分けをして、将来炉は国が主体になつてやる。そのかわり、在来炉は導入ベースで間違いなくやるための実証性の研究開発はメーカー側がやると割り切つて、手分けをしていつたらどうか。

2番目には、どうもまだ原子力産業は若い産業ですので、炉型にしても、同じ炉型でも次々にキャパシティが大きくなるとか、次々に改良されていくとか、炉型自身もまだまだかたまつたものではなくて、次々に、3年単位とか、5年単位で目で見ますと、なかなか性能のいいものが次々に出てくる。一つの炉型をきめて、それで10台はいくのだ、20台はいくのだというところに、なかなかなりにくいのですけれども、大体実用化レベルが実現されまして、今後

の炉型は大体続く、合格点になつているという時期になつてきました。従つて、ここらあたりでひとつ長期的に（幸い原子力発電所は、量的には長期的な見通しができましたので、メーカー側としては事業的に準備が非常にしやすいわけです）いつごろまでにはどれくらいのキャパシティで、それをどの程度つくらなければいけないか。そのためには、設備、人はどうしておかなければいかんということがわかつているので、もう1つ、それを炉型別にそういう計画がきちんとしてますと、企業としては非常にやりやすく、準備ができるわけです。ご承知のように、建設だけでも、3年ないし4年ぐらいかかります。その前の準備期間1～2年は必要だ。6年たつてまた炉型が変わつているのがいままでの状況だつたのですが、今後はせつかく準備したものがそれで続けていける、大体性能的にそれでいけそうになつたという時期でございしますので、そこらあたりをもう少しきめこまかく計画的なプランが立ちますと、メーカー側としてはそれに十分準備ができると考えます。

3番目に、1台目を日本のメーカーにやらせてみるというところに、先ほどのドイツのようないき方も参考にしながら、（何もそのとおりでなくてけっこうですから）日本向きないいリスクの背負い方、そのかわりそれほどやつてやつたのだから、2号基以降は、メーカーがフルギャランティーするというぐらいに勉強するという、両方で力を出して、幾分大胆ですけども、思い切つてやらなければ、なかなか国産化、国産化といつてみても、お題目に終わつてしまうというおそれがございます。ほんとうはそのようにして日本で作れるようにして、大体導入ベースで技術提携している各社も、日本だけではなくて、大体、東南アジアはテレトリーに入っておりますので、ほんとうは1ぺん日本で勉強しておいたら、東南アジアへの輸出あたりは、よその炉型でも日本からやつてやるというぐらいにほんとうはなりたいものなのですが、いまのままでは、なかなかそこまでいきにくい状態でございます。

4番目に、導入炉ベースの技術的な検討、実証性検討は、メーカーがやるほうを原則としたらいいと思いますけれども、製作法、あるいは試験の方法、あるいはコントロールの方法、耐震構造という日本特有のものあたりで、新しい技術、炉型にこだわらないで、原子力発電の共通的な、ベシクなことを当たつておかなければいかん研究項目があると思います。そのようなことは、国全体のためですから、何か政府の委託研究とか、ユーザーのほうで特別に検討することを希望される点は、ユーザーによる委託費とかについて考えていただきたい。

5番目には、せつかく国産しても、資金的には大体原子力プラントというのは、外国から輸入しますと、クレジット、延べ払い制で、資金的にはかなりユーザーのほうには余裕があります。国産にしたがために即金で払わなければならない、資金の融通がむずかしい。これについ

て、値段が国産にしたために高いとは思いませんので、値段の差額保証は必要ありませんが、資金面での延べ払いは、ひとつ国が金融機関等において考えていただき、外国から輸入したのと同じような条件ぐらいで資金繰りができるような援助をして頂きたい。そのほかにも税制上、いろいろな資金的な援助はあると思います。そんなことをしていただければ、国産化の実現が促進されるのではないかと考えて、提案をした次第でございます。

議長 どうも高市さん、ありがとうございました。

では、次に、ユーザーサイドから、中部電力の柴田さんをお願いします。

柴田 電力界としては、国の原子力長期計画で、昭和60年で3,000～4,000万kW、全発電設備の20～30%というように、将来は原子力発電が発電の中核になるということはもちろんでございます。また、現況をみましても、敦賀、美浜、福島等の原子力発電所をはじめとして、非常に活況を呈しております。ことに米英の原子力発電は、すでに先進国である上に、最近では加速的に進んでおりますし、またわが国の国内の産業の環境をみましても非常に発達して、世界第3位ともいわれております。これらのことを考えますと、先ほどもお話がありましたドイツの事情とは非常に違っていて、ドイツでは燃料の関係で非常に楽だということ、ことに経済関係では、日本は現実に関係国の中で非常に成長を遂げておりますので、こういう状態から考えますと、日本はどうしても今後といえども、大きな発展に伴いまして、原子力機器の輸入とか、技術導入は、今後継続していかなければならないと思うわけでございます。

したがって、今日は、国産化ということですが、こうした日本の現実の中で、この国産化ということについてじっくり考えなければならない、という考え方であります。もちろん国産の期待されますところは、将来、原子力の産業ばかりでなくて、産業構造の変化も来まして、その中で関連産業の発達と、技術のレベルの躍進に役立つたり、あるいは安全保障という面でも役立ちますので、もちろん国産は大いに進めて、将来、これが機器の製作の大宗となるということに疑い余地はないのであります。ただ現況を考えますと、国産化の能力の進展テンポ、こういう問題をわれわれとしては取り上げたい、このように思うわけです。

進展のテンポ、つまり国産化を大いに強調いたしますとともに、しかし、これについて早まることのない、あわてて時期を誤らないように、いわばじっくりと土台をしっかりと立て、実力を養いながら国産の実をあげていくというところを、われわれ電気事業の立場としては望むこと、つまり国産の進展テンポを誤らないようにしていきたい、というのが今日の命題に對しまして、多少私見ではあります、一番大きな問題ではないかと思っております。

それについて、現在の国内のメーカーの能力は、先ほど横須賀さんからも話がありましたと

おり、現に重電メーカーの方々の能力は十分であるようにりがかわれます。ことに、戦後著しい電源開発に伴なつて急激に火力の大型化、あるいは高性能化につきましては、国産化の輝かしい成果を来したわけでありませう。したがつて、その技術は、もうわれわれも世界のトップレベルまで発達したと思つております。特に最近の原子力においても、すでに圧力容器、あるいはタービン等、りつぱにできていますし、また輸出用としても原子力用の大型なタービンが、外国メーカーの下請として完成された例もあつて、こういった方面の技術的能力は十分で、これは原子力の場合でも十分期待していいと思つていただけます。

また、ハードウェアに関しては、原電敦賀の1号とか、関電美浜の1号、東電の福島1～2号、これらは外国メーカーの下請でしたけれども、国産化率という点でみますと、50%以上になつているようにりがかわれます。また、関電の美浜の2号炉では、主契約者が国内メーカー、この国産化率は75%以上になつているというのでございまして、一部の炉心部、制御装置、あるいは特殊な補機等を除いて、このハードウェアについては、大方の技術を習得されたものと考えられます。

また、国内の主要のメーカーも、すでに外国の有力なるメーカーと技術提携を完了しておりますし、原子力プラントに関するシステムエンジニア、つまりプラントの機能的な設計、あるいは運転方法等についての技術資料は得られるようになっております。

聞くところによりますと、将来の日進月歩の新技術の資料も自然にととのえられることができるようなご契約をなさつているように伺つておりますので、なお、そればかりでなく、現に行なわれております発電所の設計等にあたりまして、技術者を派遣されて、提携先との技術交流を非常に密接にされておるということを、われわれ接触している間に、つぶさに伺い、こうした方面のソフトウェアといひますか、そのほうは十分に準備ができていますように思われます。

そうしたことで、大方の国産化に対する能力は十分に備わつているように思うのですけれども、しかしながら先ほども申し上げましたように、日本が現実的に生きた国際経済関係の中で非常な成長の伸びの中におりますと、エナジーといひますか、これは急に断ち切るわけにはいかないものでございませう。そういう点を考慮すると、私どもとしては、国産能力の成長度合い、成長テンポについては現段階、つまりこの1～2年、あるいは続いてくる4～5年、それから将来の問題に十分にご配慮を願つて、着実なる足取りで最終の国産の大道に進んでいただきたいと思つていただけます。

そういうことで、現在考えられる問題としては、主契約者が国内メーカーである場合に、われわれ現段階で考えられますのは、先ほど、設計については非常に自信があると申されました



けれども、最初の主契約者の場合に、技術提携があるから設計は完全に自分たちでいいのだという形でいいだろうかという点は、各社のお考え方が十分あると思うのです。その点は私は各社のお考えとご相談によつてじっくり考えられて、あるいは最初の国産化するときには、今度はずからが全体の責任を負うのだけれども、設計はあるいは提携会社へ下請をさせるという配慮が要るのではないかと考えられます。

しかし、これが国産化への支障になるという意味ではございませんで、最初はできるだけ配慮をもつていくという意味で申し上げるわけでございます。こうした状態をもちろん早く解いて、あるいは早い時期にみずからチェックして、チェック・アンド・レビュー方式でいくというような時期を早めるということは当然のことだと思います。

われわれ、火力などの建設の経験から申しますと、非常に現場のこまかいこと、たとえばボルト1本と申しますか、溶接のしかた1つが、機械全体の性能を左右するという場合もございますので、経験の少ない日本におきましては、先進国のこまかい工場における工作、設計とか、技術提携以上のノウハウについても十分ご習得されて、こまかい配慮のもとに進めていく、あるいは都合によつては外国の技術陣のクオリティコントロールということも、現段階では受けていく必要があるのではないかという感じがいたすわけです。

日本でまだ技術改良について、研究あるいは技術習得をしなければならないような部品等まだあるわけでございまして、今後の問題としましては、それをどのように選定していくかということも1つの問題、あるいは都合によつては初期の段階では、提携会社のリスクアップ的保証をどの程度に考えるかという問題が提起されるのではないかと思っております。

今後、具体的に推進する方法として、もちろんメーカーによる外国技術の早期の吸収と現在行なわれている建設を通じての経験、あるいは試作研究によつて格段の努力をなされることを望むわけでございます。われわれ電気事業者としては、先ほども申し上げましたとおり、国産について大いに協力をいたしていく所存ではありますが、何といたしましても、電気事業はご承知のとおり基幹産業であつて、安定供給を欠くことは1日も許されないわけでございます。

そんなことでもあれば、経済的な不利ばかりでなくて、一般消費者に非常にご迷惑をかけることにもなりますので、どうかひとつ国産は大いに進めてまいるのでございますが、初期の段階においては、われわれがなれるまで提携会社との間で十分なる技術の交流、あるいは設計上の相談、あるいは協力、たとえばソフトウェアの設計等に当たつて、あるいは提携会社との協力設計とかというあらゆる配慮をされて、早く国産化のベースをしつかりとつくつた上で大いに急速な国産化への土台をつくつていただきたいと思いますというわけでございます。

最後に、電気事業の原子力発電の将来計画ですが、非常なスケールアップの計画も折り込まれておるわけでございます。ここで問題になりますのは、国の発展とともに、スケールアップとマスプロの関係であります。今後増大いたします原子力発電の経済メリットをもちながら追隨していくというためには、どうしても新技術を伴った大容量化は避けられないとわれわれは思うわけでございます。しかし、そればかりにかたよりますと、技術導入のベースとしての国産を進めましても、それをできるだけ多量生産をして、メリットをあげるということを欠くわけでありまして、この兩者を考えましてそのスケールアップのテンポと国産規模ということの調整の問題が非常に重要な問題であると思えます。これを考えるには、あるいは長期的に考えなければならぬと思えますが、そうした最大経済点を見出した上で、原子力発電開発を進めていく必要があるということは、私どもも感ずるわけでございます。

先ほど、ドイツとの関係が違いますためにわれわれはスケールアップという点にもかなりの重点をおいていかなければならないと思うわけですが、それにいたしましても、西ドイツの国家援助等によつて、国産化の実をあげているという実情を考えますと、非常にぜいたくなようではあります。こうしたスケールアップも考えながら、しかも国産化を進めていくという点について、現在、国家におきまして、長期低利の開銀資金の融資だとか、税制上の措置が十分とられてはおるのであります。この上とも一その援助を強化をしていただきたいということ望みます。

議長 どうも柴田さん、ありがとうございました。

では、続きまして動力炉・核燃料開発事業団のほうから、倉本さんにお話を願いたいと思えます。

倉本 本日は、在来動力炉の導入技術から国産化へということに問題が集中されておるわけですけれども、これをさらに少し問題を突っ込みまして、先ほど村田さんからもお話がございましたように、いわゆる国産化には2つの面があつて、導入技術の国産化、さらにそれを1歩推し進めて、自主開発による国産技術の確立というところへ、だんだんこれが移行していかなければならないわけでございます。この点に關しまして、動力炉開発という面について、ナショナルプロジェクトとして、新型転換炉と高速増殖炉という2つのナショナルプロジェクトがここに確立されて行なわれたということにつきまして、世界各国は、日本がいよいよ自主開発という面に本格的に乗り出したということで、非常に注目しておるわけでございます。この中で、この自主開発から、ほんとうの国産技術の確立というところへ、どのようにしてこれを移行させるか、またそこにおいてどのような問題点があるかという点が、今後の1つの大きな

問題だろうと思います。

そこで、従来の技術導入から国産技術へ移行することについては、日本は世界各国も周知のごとく、また、私ども日本でもこの道にかけてはほかに絶対負けない自信を、もちろんもつておると思います。ところが、この自主開発によつて、国産技術の確立という点になりますと、このような大きな技術開発という面につきまして、1企業ではなしに、国家規模での開発という点において、いろいろの大きな問題点が出てくるのではないかと思います。現在までに、原子炉の開発という面につきまして、いろいろ国内の原子力産業グループが共同して、国産1号炉をはじめJRR-4、JMT Rというぐあいに開発を進めてきておりますが、このような方式ではたして動力炉の開発がうまくいくであろうかというところに、一つの不安感をもつておるわけです。もちろん自信をもつてこういうものの開発を進めるべきであります。そのおかげにそのような不安感がどうしてもそこにある。

従来の技術導入の場合には、技術開発という面において、何か問題が出てきたときには、技術導入先にいろいろ聞けばいいという、ある意味では依頼心をもつておるのではないかと思います。また、さらに自主開発をする場合には、そのような問題点の依頼心、どこかへ聞きたいという場合に、これは外へ聞くわけにはいきませんで、自分でその研究開発を行ない、自分でそれをたしかめて進んでいかなければならないという問題に、だんだん直面してくるだろうと思います。

そういう場合に、現在のような、5グループがお互いに相談し合つていくという形に対して、産業界、産業グループが、はたしてこれで実際に動力炉、いわゆる実用炉までの開発がこれでいけるのだろうか、その点について真剣になつて考えていかなければならないのではなからうかと思ひます。また、現在原型炉までの開発につきましては、一応従来の形をさらに1歩進めて、動燃事業団をつくり、ここに各界の優秀な方々が集まつて、これを核として、産業界の力を結集していこうという体制がととのつてはいるわけですが、これは現在の段階では、原型炉までの開発であります。

この原型炉から実用炉へどのようにつなげていくか、その間の研究開発という面をどのようにもつていつたらいいかという点については、まだまだ大きな問題がこれから起こつてくるのではなからうか。

こういう点と相まつて、現在、世界の国々から、日本の将来の産業界のあり方に非常に注目しておりますし、また一方、従来のような技術導入という形で今後の技術開発、今後の新技術を日本の産業に消化していくことがとれるであろうか、現在、だんだんアメリカあたりの資本

が、むしろ従来のようなノーハウを売っていくという形でなしに、資本として産業の中へ入っていくという形で、従来の技術攻勢から資本攻勢という形のほうへだんだん移行していくように思われます。特に高速炉なり、新しい長期の研究開発を必要とするようなものについては、そういうものが完成された段階で、これを技術導入という形でその技術を売っていくということでは、各国とも自主開発ということでどんどん進んでいつて、平行的にいつてしまうものですから、むしろそういう形で進まない前に、共同プロジェクトとかいう形で、研究開発の初期の段階からこれに参加させていこうという動きもみられます。

そのような中において、日本における将来の産業技術の開発をどのようにもつていつたらいいか、おそらくまだ現在のところ、高速増殖炉の開発については、産業界におかれましても、おそらくそのへんで、ここで技術導入をどの辺までやるべきか、あるいは新しい技術開発、自主開発をどの程度まで真剣になつて突っ込んでいくべきかということについて、まだはつきりしない点、あるいは迷つておられる点もあるのではなからうかというぐあいを感じます。

また、この点につきましては、電力界においても、あるいは政府筋においても、はつきり現在の段階でどういくべきかということに対して、定まつた方針なり何なりはきまつておりませんし、またそういつた点について問題が非常に山積しております。そういうものがプロジェクトの進行とともに、いろいろな問題となつてあらわれ、それを国としても産業界としても解決していかなければならない。

そのような点で、導入技術の国産化から自主開発の国産技術の開発並びにそういう開発環境、自主技術の開発の環境というのが、一にプロジェクトを国として進めるというのみならず、経済問題、外資に対する問題という形で、これらが環境の整備、またこの環境に対してどのように対処していくべきかという問題が、これから出てくるのではないかという点について問題を提起したいと思います。

議長 倉本さんどうもありがとうございました。これまでで、産業界からメーカーサイドのご意見、電力サイドのご意見をお聞きし、ただいま動燃事業団のご意見を伺つたわけでありませう。最後に、政府側として、通産省の大永さんにご意見を述べていただきたいと思ひます。

大永 産業界をやつております立場から一言申し上げたいと思ひます。

先ほど向坂先生から原子力産業の市場規模の話が出たわけでございますが、日本の場合、42年度において市場規模というのは年間60億円くらいであろうと思つております。今後の見通しとしては、昭和50年には大体2,000億円、さらに昭和60年には4,000億円くらいの市場規模に達するのではないかとわれわれとしては推定しております。

この昭和60年の4,000億円という数字は、アメリカの1970年ぐらいが大体そのくらいの規模でございますので、アメリカよりも15年くらいおくれますけれども、相当大きな規模でございます。もちろん西独あたりに比べますと、はるかに大きな規模になるだろうと考えておるわけです。

したがって、こういった比較的大きな市場規模をもつ将来の原子力産業について、これが国産で行なわれるか、あるいは外国からの輸入によつて行なわれるかということは、関連産業への波及効果等も考えますと、相当重要な問題だと考えておりました、政府サイドにおいても従来から非常に関心をもち続けている問題でございます。

通産省においては、昭和41年に、総合エネルギー調査会の中に原子力の国産化推進委員会というのができまして、民間からいろいろ委員の方に出してもらいまして、この国産化問題を検討したわけでございます。

そのときの結論としましては、もちろん個々の機器の国産化を進めて、その比率を上げていくことも非常に重要ではありますけれども、当面の目標としては、一部の単体機械の輸入がかりにありまして、むしろプライムコントラクターとして国内業者がこれに当たるということ、を当面の主目標にすべきではないかという結論に達したわけでございます。

具体的にいいますと、導入1号機については外国企業がプライムコントラクターになりました、国内メーカーはそれの下請けとして一部の機器を製作していく。しかし2号機以降については、国内メーカーが主契約者になりました、その建設を担当するということの基本目標とすべきであろうということになったわけでございます。また同時に、こういった目標を達成するために、政府において、税制、金融、関税、その他のあらゆる施策を講ずべきであるという結論になりまして、その旨答申されたわけでございます。

その後、この答申を受けましていろいろな施策を行なっているわけでございます。その一つは、先ほど高市さんからもご指摘がありました国産の原子力機器に対する金融の問題でございます。原子炉を外国から輸入する場合には、たとえばアメリカの輸出入銀行借款といったような形で、相当長期かつ低利の融資がついてくるわけございまして、国産の場合においても、これに対抗する金融手段がなければいかんということで、開発銀行の中に国産原子力機器に対する融資の制度を設けました。金利が6分5厘で、期間が20年という相当長期の融資制度を設けておるわけでございます。現在、年間の融資額が50億円余ということになっておりますが、将来ともこの規模は拡大するであろうと考えております。

そのほか、特別償却制度であるとか、固定資産の免除であるとか、あるいは核燃料に対する

開銀融資ということを行なってきたわけでございます。特に44年度の新政策としては原子力の問題を非常に重視しまして、新しい制度が2つ出され、現在国会で審議中でございます。

その一つは、初期におきます原子力発電の損失を何とかカバーしようということでございます。そのために、原子力発電工事償却準備金及びこれに関連する特別償却制度というものが設けられたわけでございます。すなわち原子力発電所をつくりました場合に、その機器のうちの国産部分については3分の1、輸入部分については9分の1の特別償却を認めよう。その特別償却を行なうために、あらかじめ建設時に準備金を積み立てることを認めようということでございます。これは年間大体30億円くらいの減税効果になるのではないかと思っております。

もう一つは、開銀融資のワクの中に、機器の実証化試験設備であるとか、あるいは機器の製造設備に対する融資というワクを新たに設けたわけでございます。

こういうことで、従来からできるだけ政府としてもできる措置はやってきたつもりでございますが、ひるがえって国産化の現状はどうであるかということでございます。現在運転中、あるいは建設中の発電プラントは6基ございますが、そのうちの1基が主契約者が国内メーカーになっております。それから機器の国産化率という点でみますと、東海発電所の場合には35%程度に過ぎなかつたわけでございますが、その後、敦賀が55%、福島1号機が57%、美浜1号機が同じく57%、福島2号機が51%、美浜2号機が75%ということで、おおむね漸次上昇してきております。

しかし、いま申し上げた点でもわかりますように、先ほど申し上げたエネルギー調査会の答申に比べると、プライムコントラクターが国内メーカーになっておりますのは、プラントとしてはまだ1つしかないという点がございまして、また国産化率が逆に下がっている場合もあるわけございまして、まだまだ答申の主旨に照らして十分ではないと考えております。特に、先ほどお話のございましたドイツなどの例から比べますと、不十分であると考えられるわけでございます。

この点については国としても努力をするつもりでございますけれども、何と申しましても、メーカーとユーザーの協力関係と決断が非常に大きな意味をもつわけございまして、ご協力をお願いしたいと考えるわけでございます。エネルギー政策としましては、エネルギーの低廉かつ安定確保ということが終局のねらいでございますが、この安定性という点からいきますと、原子力の機器が自国内でつくられるということは非常に供給の安定性に寄与するということは申し上げるまでもないわけでありまして、同時に低廉性という点についても、長期的に

みた場合に、国産化が有利であろうと考えるわけでございます。

最近の原子力発電所の機器の代金をみてみますと、スケールはだんだん上がってきているわけでございますけれども、そのわりに単価が下がっておりません。このことは、実質的にいえば、機器の単価の上昇傾向があるのではなからうかとみられるわけでございます。

一方、先ほど向坂先生のご指摘にもありましたように、ドイツの場合には、国産化によって相当安く機器を製造している例もございます。こういう点からしまして、日本としても低廉性を追及する意味においても、早期に国産化を進めていくことが必要であろうと考えるわけでございます。

こういうことで、国産化という問題はエネルギー政策の基本方向に合致するものとしてわれわれとしても、先ほど来いろいろご注文、ご指摘がございましたけれども、今後ともできるだけ努力していきたいと考える次第であります。

議長 どうもありがとうございました。

議長 それでは、引き続きまして、国産化問題と開発環境の充実についてパネルディスカッションを始めたいと思います。

最初に、それぞれメンバーの方から報告、あるいはご意見の開陳がありましたので、それを議長として一応簡単に要約しまして、それに基づいて問題点をあげてみて、それらについてのご意見を交していただくというふうに取り運びたいと思っております。

向坂さんのお話は、欧米の原子力産業の現況について非常に興味深いご報告があつたわけでございますが、向坂さんご自身も申されましたように、その要点は、1つは、特に西ドイツにおける軽水炉技術の国産化とみずから行なう技術改良、これの組み合わせのやり方、その特色などについてのお話がございまして、さらに第2点として、原子力産業と市場規模の問題、あるいは市場規模と産業組織の問題について、いろいろ興味の深いご見解を示されたと思います。

キーノートを提出された方々としましては、まず横須賀さんから、わが国の原子力産業メーカーは技術能力を十分もつておると考えているが、しかしわが国の状況というのは、いわば実績主義的な傾向がある。そういった点において、メーカーなりにいろいろ悩みもある。ことばが適切かどうか存じませんが、そういった趣旨のお話がございまして、加えて技術基準に触れられ、技術基準というものは、進歩発展の速い原子力関係でございますからそういった技術発

展に適應した技術基準をつくっていくかまえが必要だろうということをご指摘になつたと思います。

森島さんは、技術能力を主としてマンパワーの点からとらえられてお話があつたわけですが、通常の学校教育による技術能力の充実ということのほか、原子力の場合に、特殊な運転要員の充実方策というものも必要である。そういった観点から、原子力の人口も在来の火力技術の人口とかなり共通の基盤があるので、そういったものの利用ということも考えられるべきだろうというお話がございましたし、またマンパワーの節約という点から、ユニットの基準化といったことも非常に重要であるというご指摘があつたと思います。

高市さんからは、メーカーサイドとしてのポリシー的な面をお述べになつたのでありますが、その中で在来炉の開発、新型炉の開発について、その開発の責任と申しますか、その分担を明確にしたらどうか。つまり在来炉についてはメーカーが主体である。しかしリスクの大きな新型炉については国が責任をもつてやる。こういう区分をはつきりしていつたらどうか。

もう一つ、メーカーに1台目の原子力発電所からやらせてみるというときに、これは非常にリスクも大きいので、そのリスク分については国が何らかの形で負担して、決心のつけやすい形にしてもらうことが望ましいのではないかと申す一種のご提言があつたわけでございます。

これらメーカーサイドのキーノートに対して、電力サイドから出られた柴田さんは、もちろんユーザーサイドとしても国産化は大切であると思ひます。したがつて協調してやつていきたいが、ただその際、国産化の進展テンポということについては誤らぬようにやつていく必要があるのではないかと申す。つまり日本の現実の中での配慮、特に開発発展の段階に適應した国産化進展のテンポを考えていくべきではないかといった点についてのご意見が述べられたと思ひます。

続いて動燃事業団の倉本さんからは、わが国における新型炉の開発プロジェクトとも関連して考えますのに、原型炉まではともかくとして、原型炉から実用炉へ進んでいく、そこへのもつていき方、これはわが国は諸外国に比べてまだあまり十分な経験がないということもあつて、まだ明確になつてないと思ひられる。ここに大きな問題があると思ひし、その問題は、次は国産化ということの問題につながつておる。それに関連して国際的な場におけるわが国の立場ということについても触れられたと思ひます。

最後に大永さんは、通産省におけるエネルギー調査会の答申等を引用されまして、国内における国産化を推進していくことは、メーカー、ユーザー、それに関係する官庁が十分に協力し、かつまた適宜適切な決断が必要であること、また安定供給、低廉性という大事な問題についても、これは通産省としても国産化が非常にこれに役立つ、有利であると思ひておつて、国産化



はいわばエネルギー政策の基本と合致している方向にあるというお話がありました。加えて、これまで通産省と国の側で行なっておられます種々の助成措置、特に金融措置等についてご説明があつたわけでありませう。

これらのご報告並びにご意見を承りまして、私としてもたいへん裨益するところが多かつたと思ひわけでございますが、続きましてディスカッションにおいては、1、2私からの意見も加えて、問題点を提起させていただきたいと思ひわけでありませう。

国産化を促進するという事の上で、1つはつきりしておることが原子力の場合にあると思ひます。それは高市さんのキーノートにも指摘されておりますように、原子力発電所あるいは原子力の機器という場合には、他の大型の産業機械、機器と違ひまして、産業の観点からしたときのリスクが大きい。少なくとも現段階では大きいと考えられることであります。そのリスクは、高市さんのご指摘によれば2つありまして、1つは、もしも万一のことがあつたときの被害が大きいという言い方をされましたが、つまり放射性の物質を取り扱つているということからくる問題であります。

いま一つは、非常に大きな施設であるために、かつまた複雑、高級な技術を必要とするということから、建設、設計、製作、運転までの期間が非常に長期にわたる。それが途中の起こり得べきトラブルなどによりまして延びますと、そこからくる経済的負担は決してばかにならない。

そういうことからくる産業としてのリスクが他の産業に比較して非常に大きいという特性があるわけでありまして、そういうことを考えますと、国産化の推進ということは、電力ユーザー側、これをつくり出すメーカー側等、産業界の努力が必要なことは申すまでもございませうけれども、国が何とかしていくという助成の立場が必要であらう。その助成のやり方は、これまでの状況でよろしいのか、今後はさらにもつと拡充強化していかなければならないのかということが問題点として出てくると思ひわけでありませう。

そこで、向坂さんからドイツの場合の例を引かれて詳しいお話があつたわけでありませうが、われわれとしては、ドイツのことはたいへん参考になりますけれども、日本の場合には一体どうすべきだらうか、また何ができるだらうか、あるいはどういうことは考えてもとてもできないものなのか、そういうことがあるわけでありませうが、これを国の立場でいろいろ助成していただくとしたときに、大別すると、2つのカテゴリーに分かれると思ひます。

1つは、研究開発についてのリスクを国が負担する。その場合に、その中身がまた幾つかに分かれるわけでありませうが、1つは、在来型の動力炉、つまり軽水型とか、コールドホール

改良型とかであります、そういった在来型のものに対する研究開発の国の負担であります。第2は、高速増殖炉を含めて新型炉に属するものこのからの研究開発に対する国の負担、この2つになるかと思えます。そのうちの在来型に対するものは、国の負担は、いわば産業の行なう研究開発努力に対する援助的なものであろうと思ひわけであります。一口にいいますと、勉強代という性格のものではなからうかという気がします。新型炉に関するものは、もちろんより長期的な観点からしますときのわが国の技術レベルの向上といったものに関係してくるわけでございます。

第2に、国の立場で考える助成策として、資金面の問題がございます。その内容は大永さんからもるお話がございましたように、金融、融資制度、あるいは税制上の優遇措置とかいうことであります、そういうことのほかに、国自身が国の施設を使つて推進していく研究開発費も、ある意味ではそういう資金的な助成の中に入れてよろしいかと思ひわけであります。そのほかに、建設費などの面での負担を軽減するための措置、これは通常の融資制度とか、減免措置とかであります。

第3には、西独の例などでみられるような、いわばコストギャランティ的な考え方を国がどのように取り上げるかということもあろうと思ひます。

このようにみてまいりましたときに、種々の形における国の助成策があり得るわけですが、わが国の実情において、これらすべてを同時並行的に実施できるのかどうか。もちろん望ましいことであると思ひますけれども、同時に日本の現実も考えなければなりません。日本の産業構造なり、経済体制というパターンがあるわけでございますので、そういった点との関連も十分に配慮されてしかるべきだろうと思ひます。その点がこれからのディスカッションの中にあられることを期待するわけであります。

そのほか、個別的な問題として、マンパワーの養成、確保の問題、技術基準の確立の問題、さらにきよりはあまり触れられなかつたわけですが、原子力施設のための用地の確保という問題があり得るかと思ひわけであります。

まず最初に向坂さんから、ひとつご意見を承りたいと思ひます。向坂さんのご報告の中でアメリカ及びヨーロッパの原子力産業の現状特にドイツの実情等、詳しい、興味のあるお話があつたのであります、調査団はその実情を調べるというところにとどまつておる。しかしこれに行つて、現地でいろいろとディスカスもされ、施設もみてこられた向坂さんとして、こういう調査の上に立つて日本の場合で考えたときに、一体どういふ点が問題か、ここら辺からまずご意見を出していただければと思ひます。

向坂 若干ご報告に漏れた点もつけ加え、またパネルメンバーの方々のお話を伺いながら私の得た感想を2、3申し上げさせていただきたいと思うのです。

第1は、国産化を推進するというのをどどういう根拠に基づいて今後やるべきかという点でございます。原子力発電を推進し、国産化をはかるという理由は、大きく分ければ4つあると思うのです。外貨収支、輸入外資を節約するということを日本の国際収支の均衡にそれだけ役立terという意味が第1。それからエネルギー供給の安全保障、できるだけ国内で自主技術に基づいて、国産機器で供給するという観点が第2であろうと思うのです。それから経済性、できるだけ安く発電をするというために国産化をしていくということが第3点でありますし、最近の状況をみると、公害問題に対処するために原子力発電を急がなければならないという理由もだんだん強まってきたと考えられるわけでありまして。

しかし、外貨収支や安定供給という意味では、これはもつと長期的に考えていいのではないかと。それから公害対策でも、何も原子力発電以外にも、コストさえ高くなるのならほかの方法もあるわけですし、当面は軽水炉などの実用炉の国産化ということは、低廉性といいますが、発電コストの引き下げ、あるいは経済性を重視するという立場に重点をかけるべきではないかと考えます。

そうしますと、今後の軽水炉の開発に関してどういう方針をとるか。アメリカでも、ドイツでも聞いたことは、今後の経済性を高めるために、マスプロとスケールアップと技術改良という3つの手段がある。その場合に、アメリカはスケールアップとマスプロによつてコストを下げていくということをGEもウエスティングハウスもはつきりいつているわけでございますし、ドイツのほうは、スケールアップやマスプロには限界があるので、むしろ60万kWぐらいの標準型を中心に経済性を高める。その経済性を高めるのに技術改良を中心にやっていきたいという考え方を示してあるわけです。

日本の場合に、この2つの道のどちらをたどるべきなのか。私は、国産化をした場合に、経済性を高めるという方向でなければ、現在の実用炉に関しては意味がない……意味がないという少し強過ぎるのですけれども、そういう方向に重点を置くべきだとした場合に、さつきパネルメンバーの方からも話があつたように、日本もスケールアップということにもつと重点をかけるべきか、あるいはある程度の標準型でしばらくやつて、採算を確保しつつ経済性を高めるという方向にいくべきか、その考え方についてメーカーサイド及び需要である電力業界との意見の調整がなされるべきではないかという感じをもつたわけでございます。

先ほど大永さんから、昭和60年の原子力産業の市場規模は約4,000億円というお話がご

ございました。最近私どもの研究所で、燃料サイクルについて計算したところ、大体1,300億円くらい、あれは1980年ですか、ですから5年手前ですけれども、おそらく昭和60年になればもう少しふえるだろうということでもございました。ですから4,000億円といいますが、原子炉のほうはおそらくkWにして400万kW、あるいは500万kWという程度ではないか。その場合に、60万という規模である程度ロット生産が可能ないように、工場が流れるようにするか、あるいは100万、110万というもので、工程の流れとしてはスムーズにいかないけれども、そういう方向でいくほうがいいのか、ここ10年、15年を考えると、その点の判断が大事な点ではないかという気がするわけでもございます。

経済性を高めるという要求は、おそらく今後石油などの化石燃料が長期的に安くなるということからいつても、経済性をよく考えておかないと、原子力発電の導入がおくれるという可能性は出てくるように思うわけでもございます。

それから長期的に供給体制を考えるには、国産化した場合に、原子力産業としてある程度採算点に達するということが必要ではないか。アメリカではもうそういう状況に達しているようでもございますけれども、ドイツの場合には、ジーメンスは現在まだあの値段でおそらくもうかつてはいまいというのが需要者側、あるいは外国側の批評でありました。しかし考え方によっては、60万でここで少し大量に売り出していけば、比較的早い時期に採算点に達し得るといって考え方に立っているのかもしれない。そこは確認しておりませんが。

私は技術のことわからないので、一緒に調査団で行った技術屋の方々、その他、一体原子力産業というのはどこが一番もうかるのだろうということをとときどき伺いました。システムエンジニアリングや何かやるところが一番もうかるのか。あるいは重要な機器をつくるのもうかるのか。あるいは遠隔操作、電子機器、その他の運転のための機器がもうかるのか。あるいは燃料供給業者がもうかるのか。原子力産業がある程度の規模に達したときに、どこが一番もうかるのだろうかという疑問を始終ぶつけてみていたわけですが、外国と日本は違って、外国の場合には、かなり研究開発とか、システムエンジニアリングとか、そういうところが十分な採算をとっているらしい。あるいは現在までの開発については政府の援助が相当あったので、その点のコスト負担が比較的企業には済んでいて今後そういう方向にもうかるのではないか、という感じを得たのは、案外重要な機器を自分のところで生産しないで、相当外に出しているという事実から、私はそんなことを想像してみたわけです。それから燃料部面などが将来原子力発電設備が相当な規模に達したときには、相当な採算のいい仕事になるのではないかと感じを得たわけでもございます。

一体国内市場が昭和60年で原子力発電設備が400万か500万ぐらいの新規建設だということだとしますと、それまでの間、企業としてはどういった形で採算を考えていくのか、しかもそれは化石燃料その他の在来火力との経済競争においてもある程度優位に立つという要請を受けながら、どうやって原子力産業は採算をとっていくのかという点は、現実問題として大きな問題で、メーカーの方々はその点をどう考えてやっておられるのかという感じをもつたわけです。

その場合に、お手元のメモの中に、輸出の問題を私は無理に触れたわけでございますけれども、輸出というものも、完成期で輸出するのか。あるいはそれまで重要な部品について相当な技術開発をし、独自の力をもつて輸出できるようにやっていくのか。必ずしもフルセットでなくても、輸出の問題というのはメーカーとして今後相当考えていかないと、国内の市場だけでは、昭和60年に、現在エネ調で考えているような規模であれば、採算とるのがなかなかむずかしいのではないだろうかという懸念を私はもつわけでございます。

私、結論はございませんけれども、そういう輸出の問題を含めて、日本の今後の原子力発電の導入規模を考え、市場規模を考えながら、もちろんもつと政府の援助も必要ですけれども、どういう形で研究開発費を回収し、採算をある程度とりつつやっていくのか。その場合の企業としての企業体制というものはどういうものが一番効率的であるのか。そういう点をどのように考えているのか。私はよくわかりませんから積極的な意見はございませんけれども、産業としてはそういう点どう考えているのか、重要な問題ではないかという感じを得たわけでありま

議長 ただいま向坂さんが、ご承知のとおりのおわが国の有力なエコノミストとして隠れもない方ではありますが、そういう経済学者といえますか、専門家の立場から原子力産業をみられてのご意見があつたわけでありま

その要点は、ただいまのお話のとおり、経済性の達成、つまり低廉性が達成できることになれば、原子力産業の将来というのではない、これは私もそうだと思いますが、それについていまここでどの程度の見通しを立てておるかということをメーカーの方々に伺うのもむずかしい問題かと思いますが、いかがですか、この点について、ただいまの向坂さんに対するメーカーサイドでのご意見はございませんか。

横須賀 私は技術の立場で、値段は営業のほうなので、ちよつと申し上げにくいし、またはつきりした値段も、どうのこうのということは申し上げられませんが、いままでの関電さんの1号は、向こうがプライムで、こちらが下請けをやつた。2号はわれわれがプライムでござい

ますけれども、設計の主要な部分を向こうに頼んだということで、もしそれと同じものを国産で全部やつた場合とこのので検討しますと、自分のところで設計をし、製作をするということ、その間の時間のズレによる材料費とか、人件費の値上がり、いわゆるエスカレーションというものを別にして考えますと、かなり国産のメリットは出てくると考えております。

それからもう1つ見逃してならないのは、工期の確保ということが日本でやつた場合にコントロールが自由であるということで、外国からの輸入とか、設計を頼んでいるとかなりますと、どうしても自分の思うようにならない。向こうの都合でおくれたらそれつきりでありまして、こちらのほりのいろいろな都合で工程を組みなおすとか、これを先にやつてくれとかいつでも自由がきかない。そういう点はかなり国産のメリットが出てくると考えております。

議長 いまの向坂さんのお話の中で、ドイツが現在もう60万キロをユニットにして、それを国内市場のみならず海外に売り出すという体制が整っている。日本の場合、どうだろうかということなのですが、私の個人的な感じでは、日本では百万キロユニットのほりに早く進むと思うのです。その点は市場規模のことも関連しますが、日本とドイツの違いがそこにあるという気がします、柴田さんあたりいかがでしょう。

柴田 先ほど向坂さんのお話の中にも、スケールアップ、あるいは多量生産ということのほかに、新改良、改良でもつてエフィシエンシーなり、経済性なりを上げていくということによつて60万キロ台で進めていくというご観察もあるわけです。

私、私見になるかもしれませんが、新技術というものが改良程度でそんなに進んでいくものではない。ドイツみたいに、みずからやるのだという大決心のもとに、10年も前から研究のベースをぐりつとつぎ込んで、その工業化をいかにするかという場合は、私が申し上げることのほら外になるかもしれませんが、日本のように導入から始まつて、そして自分の技術もやらなければいけないのだというおつとり刀でといつては失礼なのですけれども、現実そういうところがある。それが新改良によつてエフィシエンシーを上げ、経済性を上げるということは非常に困難だ。先ほど申し上げましたように、それは望むことであつて、われわれはおくてもその立場にいかなければならない。しかしわれわれの原子力発電の開発計画は、非常な成長率、すでに既成事実となつた経済機構の中のかみ合つた中で進んでいるのでは、当面間に合わないのではないか。

したがつて、これをスケールアップと対してどちらがメリットがあるかということならば、スケールアップをやつて、そのかわりそれでは国産を忘れるのかという問題がございますから、私はそれは申しません。やはり技術導入ベースをもつたのだから、それを100%フルに生か

すということ、私どもは当面大急ぎでこれをやる。たとえば設計も、先ほど私は、第1回はアメリカの援助をもらえという言い方もしましたけれども、それは何も2年、3年続けてやれと申し上げているのではございませんで、当面それをもらつて、そしてその技術提携をもらつたメリットを国産化率を早く100%にし、たくさん出す。台数は多くはないかもしれないが、早くたくさん出して、経済のステップに合うようなスケールアップは取り込むのだという形が、何といつても生きた日本の経済の現在の段階では、理想論をはくよりもまずそれだという感じがするわけでございます。

議長 ただいまの柴田さんのお話は、ユーザー側からの忌憚のないご意見だと思いますし、またその中にはいろいろデリケートな問題も入つておると思いますが、そこら辺の議論を多少またあとにしまして、向坂さんのお話の中にあつたことの1つで、将来のわが国における発展を考えると、燃料産業といいますか、燃料工業といいますか、広くとつて燃料サイクルの樹立といいますか、こういった問題がわが国として早く可能になるのではないかとということがあつたと思いますが、こういったことと、それから、よその国でもそうでありましようけれども、わが国の特性としての安全性についての信頼の確保といった点は国の政策と密接不可分だと思ひのです。

そこで、科学技術庁のほうから田中さんがご参加になつておりますので、田中さんのほうでその点に関連してご意見をお願いしたいと思います。

田中 燃料サイクルの安全性という二つの関係から、国産という問題のようでございますが、燃料サイクルのほうから申しますと、軽水炉を前提にしてある程度いきますれば、どうしてもプルトニウムの利用を将来考えていかなければいかん、この関係もありますので、動燃事業団をつくつて、そこでプルトニウムの利用、ブリーダーのほうに大いに力を入れていただくということで、先ほど高市さんのおっしゃいました新型炉のほうの関係は国がやるということで、一応割り切つて進んでいるわけでございます。

その面からもう1つ出てまいりますのは、プルトニウムをサーマルに使うという関係のもの、それから中間にどうしても新型転換炉のようなものが要するというので、現在そちらのほうは、在来炉のときにはちよつと間に合わなかつたのでありますけれども、今後のブリーダーを含めた新型炉のほうは、大いに開発を進めようということで、着々予定をつくつて進めているという段階でございます。

安全性の面でございますが、これは、先ほど議長があげられました用地の確保という点にもからんでまいります。安全性につきましては、私らのほうの安全専門審査会におきまして、十

分安全性を確保するように従来からやっているわけでありましたが、この面からみましても、先ほどから議論に出ている国産の問題というのは非常に重要でありまして、現在、私らのほうで安全審査をしますときには外国でやりました実験のデータがだいぶん上がってきている。それをディスカスの俎上に上げているという段階で、ときには、あるものは、研究所でもう1ペーンチェックし直すということもあるわけでございます。この面もありまして、従来から研究所にJPDRのリアクター、原電のリアクター、2つございまして、こういうものをやりましたいろいろな経験、JMT Rの建設、こういうものを通じまして、いろいろなたくさんのデータと、失敗も含めたいろいろなデータがたくさん上がってくるような段階になっております。

幸いにJPDRの問題からJMT Rの問題と移りました原子力の圧力容器の関係でございますが、これなどは、それぞれのメーカーにインフォメーションが相当入りまして、現在では国産化がほとんどできるまでについている段階にあるわけでございます。

議長 先ほどのお話で、メーカー側のお考え方をお聞きしたいという、特に3つの問題について、どのようにわが国では考えられているかということがあつたと思うのですが、つまり、それは原子力発電所なら原子力発電所のフルセットとしての輸出を日本は考えていくのか、それともパーツといいますか、機器といいますか、そういうものの輸出でもどんどん早くやっていくのだという考え方なのか、経済性の達成と関連して、そこら辺のメーカーサイドの考えはどんなものだろうかという問題が出ておつたと思います。

高市さん、メーカーサイドとしてのそこら辺のご意見はいかがでしょうか。

高市 どもメーカーサイドといわれますと、ちょっと荷が勝ちすぎるのですが、私見をまじえまして、さつき向坂先生からいわれた原子力産業はだれがもうかるのだということ、東海あたりの経験で、もうかつたほうからいきますと、末端ほうもうかつたというと語弊があるのですが、間違いがない。たとえば現地では相当人員が要りますが、人員提供をしたところは人件費はちゃんともらつている。メーカーでも材料を注文してものをつくつたわけですが、材料メーカーはだいぶん勉強はしていただいたのですけれども、まあまあ市場価格をそんなに割らない線で、鉄板だとか、鋳鋼だとか、フォーミングは出てくる、ども原子力産業は末端ほど割合確実で、上になるほうどもリスクが多くて、いろいろなことで損するといままではなつています。当分その傾向は避けられないかもしれませんので、先ほどからそういうところを国のほうでとか、ユーザーのほうで一部みていただけませんかというお話につながつたわけでございます。

この次の段階は、さつき皆さんの中からもご意見がございましたが、日本にグループが5つ



あつてだいじょうぶか、10年、15年先になると、台数が多いから5台あつてもだいじょうぶそうな気がしますけれども、それまでつながっていくのかどうかということにもなりますし、大体、先進国もそのようになつてきているようです。システムエンジニアリングというか、プラントエンジニアリングというか、エンジニアリングのグループと、単体機器をつくる特殊メーカーといいますが、それとのグループ化が切り離されて、ポンプはポンプ、ファンはファン、そういう単体特殊機器は、メーターでもいろいろな特殊メーターがあります。5つに分けないように、日本にポンプは2カ所ぐらい、ボイラーは3カ所ぐらいとか、そのように単体機器メーカーはおいおい育つてきて、そうなれば5分の1でも新しい注文も入ってきますから、そういうところが大体採算に乗っていくようになつてくる。そういう基礎からずうつと積み上げて全部が採算に乗り始めて、初めてまとめ役のところも、ちゃんとまとめ役だけの何%かのまとめ役を積んでも、プラントが経済的に対抗できるようになつてくるのではないかなと考えております。

議長 いまのお話で、将来の原子力産業の発展と企業体制に関連して触れられたと思うのですが、これはここに出席の通産行政にも関連してくると思うのです。大永さん、いまのようなお話についていかがですか。

大永 国の援助ということですが、ドイツの場合と比べて、もつと国の援助ができないかという点が1つあるかと思うわけです。少しドイツの場合と比べまして違うのではないかと思いますのは、日本の場合には経済成長が早い点もあると思うのですけれども、民間サイドが新しい技術なり、新しい投資ということについて非常に積極的だという点が、ヨーロッパなどに比べますと、進歩的といいますか、積極的であるという点が1つ違うのではないかと思います。

ドイツはプロトタイプの発電所に対しまして補助金を出してきたわけですが、日本でプロトタイプといいますと、東海発電所が従来はこれに当たるわけです。東海発電所のおきも、実は一部では電発あたりでやつたらどうかという意見も相当強かつたわけですが、民間サイドでは、これはぜひ民間の力でやるのだという主張があつて、ああいう形に落ちついたという経緯があるわけです。

もちろん開銀の融資その他やつておりますけれども、一応そういう形で民間中心ということになつてきたということで、その辺は、いきさつからいつて、そういうことになつたわけですが、そういう新しい投資、新しい開発をしていこうということについて、日本の民間のほうがかどちらかという点で積極的だという点が非常に違うのではないかと考えるわけです。それで、

それは従来の在来型の問題がございませうけれども、将来の問題としては一応新型炉については、これは原型炉、動燃さんのほうでおやりになることになっていきますので、プロトタイプでやることになっていきますので、これは方向は一応出ておる。そうすると将来出てくる問題としては、セミブルーブンの炉の導入問題が出てきた場合に、これに対して国としてどうするかということが、1つ確かに残された問題としてあるわけでございます。これはまだ導入自身が現段階ではつきりしておりませんし、これに対してどうこうということとはできないわけでございますけれども、従来の状況、先ほどいいましたようなドイツと日本の場合の、民間、特に電力を中心にした需要業界の現況といったようなことからいたしますと、研究開発に対する援助というのがおのずから中心になってくるのであつて、ドイツ型のようなユーザーに対する直接援助というのは、なかなか日本の場合にはとれないのではないかと感じております。

議長 先ほど、私が申し上げましたコストギャランティというやり方が、日本の国情体制においてはむづかしいということでございますね。いま大永さんの話に1つ、セミブルーブンリアクターということが出てきたのですが、これはわが国の動力炉開発計画と関連してデリケートな問題ではあると思いますが、倉本さんあたりのご意見はどうですか、セミブルーブンリアクターというのは。

倉本 セミブルーブンリアクターというのは、おそらく新型転換炉にしても、高速増殖炉にしても、動燃で原型炉まで一応開発する、それから外国においてもAGRとか、SGHWRとか、カナダのCANDUとか、いろいろプロトタイプの段階まで一応開発されたところから、それを実用炉として導入するというところの問題だろうと思ひますけれども、その場合に、導入する場合でも、これらのものはたしてブルーブンタイプであるともいえないわけでございます。その場合に、導入技術の場合でもある程度開発がそこに必要になつてくる。特に国内で自主開発したものに對しましては、原型炉か実用炉に移るといふ場合に、そのところ、特に5グループが共同開発をしたという問題について、これをどこか1社がまとめて自分の技術で開発していく、その場合に、そのつなぎの技術開発をどのようにやつていくかということところが1つのポイントになるのではなからうかと思ひます。

イギリスあたりはAEAが中心になつて開発をして、しかも今度これらが2つのグループに分かれた段階においても、AEAの技術はAEAの人たちが、実際グループに2つに分かれて、そこへ技術をもつていくという形をとつておるわけですね。ドイツの場合は、それぞれの技術、それぞれのメーカーのところで開発して、そのままその技術がつながつていく。フランスの場合には、CEAが開発をし、その開発の段階から電力庁でありますとか、メーカーをすでに入

れて、原型炉の段階から1つのメーカーとタイアップした形で、技術開発をしていく、それが実用炉につながっていくという形になるわけです。その点については、アメリカも同様に、電力とメーカーとが一緒になって、これに国の金が入っていくけれども、いわゆる原型炉の段階からずうっと実用炉へつながるような形態で開発が進められている。その点において、日本のような今度の動燃がやる原型炉の開発というのは、若干様相が違っているのではないかと、もちろん動燃には各メーカーの方、電力の方が入ってきて、一緒になってこれを開発していくという体制ではありますけれども、その姿のまま、実用炉へ開発がつながるとはどうも考えられない。それで、ここでこれを実用炉へもつていくには、日本として独特な方法を生み出さなければならないし、そのためには、メーカー自身がこれをどういう形で実用炉へもつていくかについての体制なり、姿勢をととのえていかなければならないという点におけるむずかしさが出てくるのではないかと思います。

議長 ありがとうございます。場内から1つ質問が出ておりますので、森島さんをお願いしたいと思います。

いろいろきょうのお話を聞かれました、大型化されていくという傾向が、お話の中から出てくるのですが、他方、自家発電ユニットあたりを考えると、大体2万キロとか、5万キロ程度である。将来原子力発電所の国産化が進み、全プラントが国産で建設されるようになりますときに、しからば、このような小型の動力炉、小型の原子力発電所で日本の風土に合った、大体10万kW程度、その辺のものの開発は一体どうなるのだろうか、この点について日本のメーカーの方々はどのようなお考えをおもちだろうか、こういうご説明でございます。

ただ、一つ、ここに希望としては、発電原価が将来のことでありましようけれども、kWアワー1円50銭から2円ぐらいで10万kWぐらいのユニットの発電所はできないものだろうか、こういうご質問でございますが、いかがですか。

森島 突然でちよつとお答えにならないのではないかとはい思いますけれども、いまおっしゃったような、10万kWの出力で1円ないし2円を考えると、従来の考え方ではだめなのではないか。もつと画期的な技術的な改良を加えなければいけないという気がいたします。そういったものを従来の型のものでやるかどうか、それからものを、きょう現在はそういう余裕がございませんので、私どもとしてはそういうことを考えておりません。おりませんけれども、考える必要性があるということになれば、そこでスタートしたいと思います。昔、南極用原子力発電、あるいはそういった種類のものも多少やりましたけれども、調べてみたことはある程度のごとでございますが、燃料構造、あるいは炉心構造そのものからかえたものでなけれ

ば、とても採算に合うようなものにはなっていないと思います。お答えになるかならないか……。

議長 技術的には可能であるが、いまの経済性を、たとえば2円以下ということになると、現状の見通しではなかなかむずかしいということでございますね。それにはまた先ほど来の国の助成がどのように行なわれるかということとも関連してくると思いますが、一応場内のご質問でございましたので、お答えいただいたわけです。

議長のとりにまとめに入りますが先ほど来のお話で、わが国の原子力発電が将来成長し発展して、国産化もともに発展していく、こういつたときに、低廉性を無視できないというよりも、むしろ低廉性の問題が焦点になるだろう。向坂さんあたりははつきりそういわれたわけでありまして。そこでわが国としまして、その低廉性の達成をどういう手段でやるかというときに、典型的なやり方としてマスプロが1つある、スケールアップがある。第3には技術改良ということがある。アメリカはマスプロ、スケールアップを主体に経済性の改良をはかつておる。一方、ヨーロッパにおいては、特に西ドイツでは、技術改良という点に注目して、経済性の改良をはかつておるように思われる。

こういう状況において、わが国ではどうだろうかということではありますが、私見になりますけれども、私は日本の立場というのは、両者のいずれでもないと思うわけでありまして。むしろ、そういう言い方が許されるとしますと、ちょうど両方のミクスチャーのような形、それが日本の現実に最も合ったような姿ではないかと思えます。一方でマスプロなり、スケールアップということについて努力するが、他方において、アメリカとはまた状況、市場規模その他も違うわけでありまして、輸出の構造も違うでありましよう、そういったことからして、技術改良ということも無視できない。その1つの中には、先ほど原子力局の田中さんからご指摘のあつたような問題が入るわけでありまして。

そこで、いわばわが国のあり方は、私見でありますけれども、ある種の混合経済的な形で、そのような原子力発電の経済性を達成していくというのが最もあり得るような方向ではないか。これをことばをかえていいますと、一種のカクテルであります。単体ではなくていろいろなやり方、カクテルとして進められていく、問題はそのカクテルがうまいカクテルであるか、うまくないカクテルであるかということであろうと思うわけです。

皆さんが、これはうまいカクテルだということで、国内、あるいは海外においても歓迎されるようなカクテルをつくっていくことが日本の立場ではないだろうかという気がいたします。よく、わが国は、最近のはなばなしい経済成長に対して外国から非常な注目をあびております

けれども、その際に、日本がそのような発展をしたのは、エコノミック・アニマルだからだということをおかれておられるようです。このエコノミックアニマルということは、どういう思想でどういう言われ方をしているか、解釈のしかたがあると思いますが、一般に必ずしも海外においては、それをいい意味ではいつておらないと思うのです。しかし私は、エコノミックアニマルといわれてもけつこうだ、これは私の個人の意見であります、要は国全体が繁栄していく方向になればよろしいわけでありまして、エコノミックアニマルといわれたからといって、いちいち気をとがらせる必要は毛頭ない。カクテル方式だからといわれて気をとがめる必要もないと思います。ただ、望むらくは、単なるエコノミックアニマルではなくて、テクノエコノミックアニマルでありたい。それがわれわれ原子力産業に関係するものに与えられた方向ではないか。単なるエコノミックアニマルではなくて、テクノエコノミックアニマルということは、技術改良も入つて考えていく必要があるだろう。産業自体も、国においても、そのような観点から、政策、施策を進めていく必要があるのではないかと思います。

各国それぞれのいき方がございますが、またそれらはいずれもわれわれとして参考になるわけです。結局原子力技術の国産化の推進の開発、環境の充実、整備も、われわれの日本の立場、日本の環境の中で行なわれなければなりませんし、長期的な、かつまた大所高所の観点からしますと、大事なのはわが国産業の自主性であるかと思います。そういう意味で、国の行なう各種の助成の役割りも、ただ量が多ければいいというだけのことでなくて、質とタイミングが、特にタイミングが重要だと思ひます。そういうことが結局、効率的な開発の推進につながり、ひいては将来の経済性の達成、産業の発展ということになるのではないかと思います。

その際に、われわれ、心にとめておかなければならないのは、はなはだなまいきな言い方がありますが、西歐的な気候風土に似ているとはいえ、わが国の発展のためには、競争の原理は忘れてはならない。ドイツにおける炉型別企業分業方式といひますのも、私はそれなりに、炉型をそれぞれの企業が開発することが競争させてやらせるのであると理解するわけです。

たとえば、AEGとジーメンスが高速増殖炉の開発に従事しておりますが、少なくともつい最近までは、一方は蒸気冷却型、他方はナトリウム冷却型がありますが、そのうちの蒸気冷却型はドロップすることに決定したということでもあります。この2つの方式をなぜ取り上げたかということ、ドイツの原子力省の人に聞いてみますと、結局企業間の競争による技術開発の促進であります。したがつて、一方の企業が、今回の場合、蒸気冷却型を取り上げた企業がやめた、先の見通しが十分でないのでやめたというときにはどうするかといひますと、その間に、

ナトリウム冷却型を手がけた企業が開発した成果をみなもらうのである。こういう前提で、そのような企業間の炉型を選定しているわけでありますから、いうならば、これも企業間の炉型を別にした競争を考えておると、私は理解します。

そういつた点からしまして、競争の原理も守られながら、今後の開発、発展並びにそれに対する必要な国産化の措置が進められることが大切であると感じたわけであります。

一 般 講 演 一 2

<原 子 力 船>

議 長 進 藤 孝 二 氏 (大阪商船三井船舶会長)

講演一 I 「原子力第 1 船の建造」

講演一 II 「原子力第 2 船以降の問題」

<R I ・放射線>

議 長 土 井 正 治 氏 (住友化学工業会長)

講演一 III 「R I ・放射線の鉄鋼業への利用」

講演一 IV 「R I ・放射線の土木建設業への利用の現状と問題点」

講演一 V 「R I ・放射線機器工業の現状」

<原子炉多目的利用>

議 長 湯 川 正 夫 氏 (八幡製鉄副社長)

講演一 VI 「原子炉の鉄鋼業への利用」

講演一 VII 「原子炉の海水脱塩ならびに化学工業への利用」

3月5日(水)

B 会 場

## I 原子力第1船の建造

日本原子力船開発事業団

専務理事 内古閑寅太郎

ただ今御紹介にあずかりました、原子力船開発事業団の内古閑でございます。与えられました題目は「原子力船の第1船の建造」ということでございますので、私どもがただ今やつております建造の状況を順に御説明申しあげ、問題点を摘出しながら、それらに対する我々の態度もあわせてお話を申し上げまして御理解を願いたい、とこんな風に思いますのでございます。どうぞよろしく申し上げます。

いろいろ問題点がございまして、順を追って参りますが、しかし、原子力船事業団が生まれたのはどうして生まれたか、というようなことも、この際にちよつとお耳に入れておく方が、あるいは思い出していただく方がいいかと存じまして、そんなことを一言付け加えさせていただきたいと思ひわけでございます。

わが国においては、昭和30年頃から原子力船に関する調査及び研究を始め、幾多の研究成果をあげてまいりました。

昭和36年に、原子力委員会は、原子力開発利用長期計画を策定して、その中で「原子力船が海運・造船の面において将来大きな役割を占めることが期待されるので、できるだけ早い時期に原子力船の開発を行ない、その建造技術の確立をはかることが必要である」として「将来の原子力船開発の足場とするに適した、第1船の建造を行なう」との方針を明らかにしました。

この方針に基づきまして、昭和38年8月、第1船の建造、運航を行ない、その経験を得ることを目的として、日本原子力船開発事業団が設立されました。

ここで一言御注意申し上げたいのは、原子力船事業団ではなくて、原子力船開発事業団という、開発という字がついておることでございます。これにつきまして私どもの責任が重大であるという風に思つておりますのでございます。

これに従いまして、事業団は第1船の建造の設計を行なつて参りましたのですが、いよいよつくらなきやなりませんので船の入札ということを始めましたのでございます。その時に、これは40年の3月でございますが、入札をいたしましたところが予算と応札の値段に非常な差がで



きましたので、これではつくることができないということになりましたので、ここで改めて直し、ということになったのであります。

最初の船は観測船ということでありまして約6,000トンというような程度に考えられておりましたのですが、ここで方針を変えまして特殊貨物船、訓練船ということにいたしまして予算の超過を引き下げるために、船価の低減でありますとか、あるいは不確定要素の究明でありますとか、あるいはもう一つは輸入炉の搭載船との比較、輸入炉を買って日本の船に入れたらどうなるかというようなことも検討いたしまして、第1船の開発計画が進められてきたのであります。しかし一方におきまして、入札ということがかようなこととなりますと困難でありますので、ここで特定のメーカー、特定の原子炉メーカーの方々に話を向けまして、船の方は石川島播磨重工業、原子炉の方は三菱原子力工業という方々にお話を進め、それらの方々の御同意を得ましたので、ここに両者にお願ひするという段階になったのであります。これは42年の11月、契約が結ばれたのでございます。

この建造について政府の許可を受けました後、船体は石川島播磨の東京第2工場(豊洲)で、原子炉は三菱原子力工業をとおして三菱重工の神戸造船所で工作を進めております。船体については昨年11月船台で起工式を行ない、2月現在相当進んでおるのでございますが、この11月に起工をいたしますと、あと引き続きましておこります問題は、船は44年6月進水、それから船体の引き渡しは45年の5月、原子炉繊装が45年の6月、47年の1月に炉の引き渡し、47年3月性能確認と、こういうようなスケジュールで進めておるのでございます。今日の状況では船の方におきましては、2月末現在約1,700トンの搭載を終っております。これは本船の船こく重量から申しますと、約3,000トンでございますから57%の搭載が終つたこととなります。今後主蒸気タービン、補助ボイラ等を搭載して、本年6月上旬船体は進水する予定であります。

一方、本船の原子炉格納容器は、内径、高さとも約10メートルの立円筒型で、抗張力鋼を使用し、その重量は約300トンでございますが、これは後程写真でお示しいたす予定でございますが、本年の8月に本船は石川島播磨の岸壁へ横浜から持つてきます。容器は石川島の横浜第1工場(根岸)で製作を進めております。8月に船側へ持つてきまして船にのせるということになっております。

また、この原子炉格納容器内機器の配置を適正にするために、三菱原子力工業に委託して、静岡県三島に実物大の格納容器を製造して、格納容器内機器配置実験を行ないながら仕事を進めて行くという風に進めておるのでございます。

第1船は、その後、船体繊装、機関繊装、電気繊装を進めると共に、2次遮蔽体の取付等を行ないまして、事業団は、昭和45年5月に、石川島播磨から船体の引渡しを受けることになつております。

船体の引渡しをうけますと事業団はこれを事業団の手で、目下建設をいたしております母港、いわゆる原子力船の母港となります定係港へ回航をするのでございます。原子力船事業団の人がやることにしています。これはまだ原子炉がのつておりませんので、主蒸気タービンを駆動いたしましてそこまで持つていくわけでございますが、約10ノット程度かと思ひますがそんなことに計画をいたしております。

一方炉の方の製作におきましては5月に船が参りますと、6月から定係港でありますむつで原子炉の機器の据付けが始まるわけでありまして。これは三菱神戸でいろいろ、組立てその他、むつ港で組立てられるに便利なように計画されまして、そして搭載されて完了するのであります。これもその搭載が終了すると、事業団は三菱原子力から、炉の引渡しを受けるということになつております。後程申し上げますが、ちよつとこれも変つたやり方でありまして、船は石川島がつくり上げますと事業団がこれを引取る、炉は燃料を入れなくて、炉ができたということで事業団がこれを引き取る、こういうことになつております。

次は燃料の問題であります。これは3.2%と4.4%の濃縮ウラン、2.8トン燃料として使うのでございますが、このウランの燃料の製作は44年度からはじめなければ間に合いませんので、それぞれ手配をいたしまして、その転換及び加工を昭和46年5月に完了することとしております。この加工済みの燃料は試験を十分に行なつた後、事業団により昭和47年2月から原子炉に装荷し、ついで出力上昇試験、海上試運転を行なうことになつております。

これもちよつと変つたやり方でありまして、燃料が出来上りますと、といいますか、燃料自身も事業団が燃料メーカーにお願いをしてつくつていただきまして、そして炉にそう入いたしますのも原子力船事業団自身がやりまして、Power up、臨界実験からPower upまでも自分の手でやるということになつておりまして、そしてこれを最後は36 MWの予定どおりのものにするわけでありまして、ここに出来上ります船は、いわゆる、先程は観測船の話申し上げましたが、今度つくつておりますのは観測船ではございませんで特殊貨物船、それから訓練用船ということになつておりまして8,350トン、36 MW、10,000馬力と、こういうratingのものでありまして、これが燃料を入れまして、このratingに達したというところで初めて完成であります。メーカーさんはそれが終るまでは、それぞれの責任はもつていただくということになつておるのであります。

かようにいたしましてこの原子力第1船は47年の3月に完成ということになるのであります。

以上述べました第1船の建造スケジュールからおわかりいただけると思いますが、事業団は第1船の建造契約に船炉分離の方式をとりました。どうしてそんなことをやったのかということとは、当然疑問の点でございますが、これは先程第1番に申し上げました入札の時に予算超過ということで不調になりましたが、その予算を出来るだけ引下げることにおきまして、かように船は船、炉は炉、燃料は燃料という風に分けて、事業団は船は船で受け取る、炉は炉で受け取る、燃料は燃料で受け取る、しかしこれを取りまとめるのは事業団がやるんだと、こういうようなことになったのでありまして、事業団の仕事というものは非常に重大であります。したがって我々といたしましても、おさおさ準備怠りなくやつておるつもりでございます。

それから作り上げた期間は、逆算していただければおわかりと思えますけれども、実は4年間を要しておるのでございます。しかしこの4年間は、在来の船から考えますと非常に長いと、今では1年もたてば10万トン、10数万トンの船が出来上るような事態でございますが、4年間を要しております。しかしこの4年間と申しましても、アメリカのサバンナ、あるいはドイツのオット・ハーン等と比較いたしますと、1年、ないし1年半短い4年間で作くり上げたことになるわけでございます。

それからこの船のなお一つの特徴と申しますか、当然とも言われるかもしれませんが、ここに先程申し上げました開発という字が出てくるわけでございますが、私どもはこの船をつくり上げますのにほとんど国産品を使つたということでありまして、外国品を使いましたのは、わずか金額で5～6%でございますが、六弗化ウランというのは米国から輸入するのはもちろんであり、また、制御棒駆動装置でありますとか、主給水ポンプでありますとか、湿分分離器というものは買ったのでありますが、その他は全部国産でやつたということでありまして、この船が出来上りまして、立派に運航できたということになりますと、国産の威力というのものも、メーカーの実力を反映いたしまして大いに世界に誇り得るという風にも考えております。

次は安全性の問題であります。これは船を作ります前に安全性の問題につきましても、政府の許可を仰いでおつたわけでありまして、しかし私どもとしてどういう風に安全性について考えておるかということにつきましても、政府の許可を受けましたものに準拠しまして申し上げますと、これは原子力発電所の安全性ももちろんでありますけれども、船は非常に狭いのでございますので、それでそういう点におきまして十分に余裕をとることができないということにおきまして苦勞をしておるのでございます。炉体にいたしましては、これは船がローリングい

たしますとか、あるいは突然の暴風雨に会うとか、いろいろ問題が起こるわけですが、そういうあらゆる機会を考えまして、あるいは実験をいたしましてローリングに対する安全性を考え、又遮蔽も普通一般のものよりは、たとえば遮蔽コンクリート、これは鉛コンクリートであります非常に厚くしてあるとか、あるいはその他支えを十分にしているとか、そういうような炉に対します安全性が講ぜられているのであります。なお船の中におきましては九つの隔壁によりまして10の区画に分けておきますと、それから隣接する区画に浸水がありましても、お互に復元性をもたせまして浮力をもたせるということ、あるいは三つの防火壁を設けまして四つの防火区画を作っておくと、火災の場合におきましても十分に延焼しないというような手当が講じてあるのでございます。従いましてこれは原子力船と申しまして、あるいは貨物船と申しますけれどもそういう点からみますと客船以上の構造を講じておる、こういうこととございます。それから船でございますので、衝突とか座礁というような問題がおこってくるのでありますが、かような問題に対しましても、たとえば格納容器の両側は、それぞれ船の幅の20%にあたる程の空所を設けまして安全を設けてある、あるいは多層甲板の補強をしてある、あるいは容器の下部にあります二重底は、その高さを増しますと共に、桁板の数を増しまして補強し、いずれも衝突、座礁の損傷が原子炉格納容器に及ばないような構造になつている、こういうこととございます。

次に原子力船の放射線管理でございますがこれも重要な問題でございますが、これは周辺監視区域とか、安全区域ということに分けておりますが、陸上原子力発電所と違ひまして原子炉からの離隔距離が十分でございませぬので、それらに対しましても1年間に0.5レムを越えない安全区域を設けると、なお1日8時間の勤務をされる放射線の関係の乗組員に対しましても被爆量が年間5レム以下であるというようにいたしてあるのでございます。

それから電力が非常に十分に用意してあるということとあります。これは、所要電力は1,330KWということとございますが、このうち700kWが原子力関係に使われておりまして、約その53%を占めております。このように原子力船は、原子炉を運転するためでなくて在来船と同程度以上の電力を必要といたしておるのでございます。

その上原子炉の安全性を確保するため、いかなる場所へ参りましても電力が足りないということのございませぬように二重、三重といいますか、これは私どもがみましても少し過分だと思われる程の設備を持ちまして、いわゆる電力の不足のないように十分な手配を講じているのでございます。

この他に、原子炉に故障がありました場合には、最小限の推進性能を確保するために、補助

ボイラーに600トンの油のタンクをもつておることでございます。そして原子炉がもし故障で動かなくなつたような場合には、その燃料タンクの油で自力でもつて、自力といいますか、原子炉によらないで、補助タービンによりまして石川島からむつへ持つていきましたように600トンの油で自力でもつて、太平洋上におきましても近い港までは到着できるというような準備もいたしているのでございます。

それからこれは先程申し上げましたように訓練船でございますので、乗組員の訓練ということに役立つなければいけないというようなことにおきまして、この訓練のためにどんな設備をしてあるかと申しますと、別に特別な設備ではございませんが、ただ79名からの人が乗り込みますので居住区を大きくしてある、広くしてある、多数の部屋が作つてあるということでありまして、そのために貨物層のスペースなんかあまりとれてない、貨物船でありながらそういうことになつていっているということでございます。79名からの訓練生が乗る余裕を持たしてあるのでございます。

それからその次は、これはこの船は開発ではあるんだけれども、一体経済ベースにのつているかという問題であります。これは先程来申し上げましたように、二重三重の保護装置を考へましたり、いろいろ特別のものをやりましたりいたしまして、なかなか経済ベースにのつているところまでは行つていないようでございます。たとえばすぐ申し上げられることは2次遮蔽の厚みは少し過大ではないかと、あるいは原子炉に対する放射線の防備に対する装置が少し過大でないかというようなこと、いろいろ数え上げますと問題点がありまして、たとえばまだ電気の方も少し多すぎるんじゃないかというようなこともいろいろございまして、そういうような点は第1船でありますのですべて安全性を第一にいたしましてやりましたので、こういうようなことは今後の問題として残されている問題でありまして、本船は決して経済性によつておるのではございません。8,300トンで約56億を要しておるのでありまして非常に値がはつておるものでございますので、とても経済ベースということにはのつておりませんが、将来これをベースにいたしまして、我々のデータをみまして、さらに船用炉の建造ということに研究を重ねなければならぬということを痛感いたしておるのでございまして、私どもも第1船はこれですんでおりますけれども、我々のデータを整理いたしまして次の船、あるいは我々の研究によりまして改良すべき点を指摘して、そして整理しておくべきであるという風にも考えておるのでございます。

なお私ども船をつくつて参りましたが、ただ今日までこれで簡単につくつてきたのでございませんで、やはりたとえば臨界実験をやりましたとか、炉心構造の模型の実験をやりましたと

か、遮蔽の実験を行なつたとかいろいろな研究を重ねまして今日の結果を得ておるわけでございますが、これらは42年度に、先程申し上げました、多少余裕が、余裕と申しますか、契約までに3、4年の時間がございましたので、その間にかような実験をいたしました。42年頃にはそれらの実験は終つておりましたのでそれらが組み入れられておるわけでございます。

それから最後に、この原子力船のいわゆる母港、定係港というものが必要なわけでありまして、これを我々の手で作つておるわけでありまして、これは燃料の交換とか、あるいは廃棄物処理の問題でありますとか、あるいは船が青森へ着きました時に宿舎をどうするとかいろいろな問題がございまして定係港を作らなきゃならんということで、これは43年の3月に地元の御協力を得まして、青森県のむつ市に、下北ふ頭というところに80,000平方メートルの用地を購入いたしまして、約175メートルの、水深8メートルという定係港岸壁を建造いたしておるのでございます。これは鹿島建設にやつていただいております、なお使用済燃料の取りかえのために75トンの大きなクレーンが必要であります、これは住友機械にお願いしてやつております。なお、ふ頭の受変電の設備は日立製作所にやつていただいております、とこういうことございまして、これは船が45年の6月にむこうへ参りまして、6月に三菱が原子炉の据付けをおやりになりますので、それに間に合ひように、今、折角進捗しておるのでございます。

それからもう一つは、先程は乗組員の訓練と申しましたが、今度はその乗組員、船員の諸君のためにどういうことをやつておるか、これもやはり非常に必要なことでありまして、ただ今船員は15名採用いたしまして、それぞれ原研のJ.P.D.R.、アイソトープ研修所、あるいは放医研というところへ何名づつか派遣いたしまして、それぞれの訓練を受けておる次第でございます。かようにして我々は、採用資格試験というものが原研にございまして、それらに数名の者は応募いたしまして、試験にも合格しておるという人が船員の中にもおりました、将来これらの人が船の運転を行なうということでございます。

ちよつと最近、ドイツのオット・ハーンというのが出来上り、今、運転をやつておりますが、これと我々の船とがちよつとよく似ておるのでございまして、まあ、これらがむこうはもう運転をしておる、こちらはこれからの問題である、ということで、これらをみながらやつていくべきかと思つております。アメリカのサバンナ号は80MWでございまして、ちよつと大きいんでございまして、これも一つの参考になります。レーニン号というのはソビエトにございまして、これはちよつと詳細はよくわかりませんが、40,000馬力という位で非常に大きな砕氷船でございまして、まあ、我々はオット・ハーン、あるいはサバンナというものを手本にし

ながらやつていくのでございます。もちろん私どもの炉は申しおくれしておりましたが、いわゆるPWRという型でございまして、アメリカにおきましてはもう潜水艦その他軍艦等には盛んに使われております炉でありまして、三菱原子力さんもウエスティングハウスにreviewをしていただいて、万全を期してやつていただいておりますので、まちがいなく出来上るものだと思います。しかし、初めてのものでありますので慎重怠りなくつとめておる次第でございます。

なお私どもといたしましては、開発のデータを整えまして将来の海国日本、造船日本というもののために、この原子力第1船が基礎となりましてさらに発展することを希望しながら仕事をいたしておるわけでございます。大へん御清聴ありがとうございました。

## Ⅱ 原子力第2船以降の問題

日本郵船株式会社

取締役工務部長 黒川 正典

ただ今御紹介あずかりました日本郵船の黒川正典でございます。第2船以降の問題につきまして若干お話申し上げてみたいと思います。

その概要はお手許の資料に出ておりますが、世界経済の拡大成長に伴ない、国際貿易物資の大量、迅速かつ合理的な輸送の要請により、外航船舶の大型・高速化というのは非常に顕著になつております。のみならず長距離輸送の傾向を強くして参りました。

原子力船は従来の油焚き機関をもつた在来型船に較べまして特徴がございますが、最も大きな特徴は出力が小さい時は遮蔽が関係ございまして機関部の重量が重いわけでございますが、高出力となつてもその割に機関部(二次遮蔽を含む)の重量は顕著に大きくはならず、また保有燃料が極めて少量で済むということ。それから航続距離が如何に長くとも、保有燃料の量は従来の油焚きエンジンに較べまして殆んど変わらず、極く少量で済むこと、の特徴がある為、高速度、高出力のものや航続距離の長い船舶では、原子力船が最も適したものといたします。

一つの例といたしまして、重量と馬力の関係を試算してみたのでございますが、馬力が5万、10万、15万、20万、25万と申しましても、現実には、具体的にはタービン機関でございますが、現在1基で5万馬力以上というのは在来型でもございせんし、もちろん船用炉としてもないわけでございますので、多少これらの高いところの estimation にエラーがあるかと思ひますが、一つの傾向を示すものとして御覧いただきたいと思ひます。

まず、この一番下に書いたAという点線なんです、これは在来型の油機関をもちました機関部の重量でございまして、それに匹敵いたします原子力機関をもちました場合には、赤で書きました重量でございまして、これには燃料も入つておりますが、燃料はほぼ negligible、重量的には negligible と見ておりますので、裸の重量はほとんど変わらないとみていいかと思ひますが、一方燃料が大きく作用して来たのでございます。高速度になりますと非常に燃料を沢山もたなくてはならない、あるいは航続距離が長いと燃料も沢山もたなくてはならない、で、一例といたしまして7,700マイルの航海をいたします場合の、在来型のエンジンの場合



にどの位の油を持たなくちゃならんか、というのを試算いたしますと、これはコンテナ船としてやつたわけでございますが、大体この真中のあたりになりますBという重量になるわけです。と申しますことは、機関の重量と燃料がほぼ同じ位になると、従いまして実際に港を出ます時に燃料と機関部の重量を含めると、このAとBをたしましたCというのがその分だけよけいに重量を食ってしまうということで、それだけ不経済な船にしなくてはいかんということもいえます。

仮にこの航続距離を半分にしますと、たとえば大西洋横断に近いものと思いますが、この量は機関部と燃料の合計がこの程度になりまして、まだこの原子力船に及ばないと、こういうことで馬力が高くなりますと非常に効果が顕著に出るわけでございますが、一方下の方になりますと、この赤い線はほとんどフラットになつておりまして、あるいはこれからゼロに近くなりますともほとんどさがらずにフラットになるかと思しますので、大体大きく言ひまして4~5万馬力程度以上位からを境といたしまして重量的に原子力船の方が有利になるということが申されるかと思ひます。

それから一方、こういうようなエンジンを設けました場合にはたして将来コンテナ船というものが実現できるかどうかというような問題があるわけでございますが、その一番成否を決します要素としましては、まず経済性ということがございます。一つの試算によりますと原子力の価格が在来機関の約2倍であると、それからこれに匹敵いたします長い航海で航続距離をもつコンテナ船に例をとつてみますと、ここに1,000個積、2,000個積、3,000個積と3つの種類につきまして、それぞれの速力の場合にどちらが輸送コスト的に有利であるかというのを試算したわけでございますが、1,000個積、2,000個積、3,000個積ということとは船舶の巨大化による影響もでておりますので単純に全部を比較するというのは困難でございますので、一応1,000個積、あるいは2,000個積、3,000個積どおしで比較してみたいわけでございますが、ここに書いてあります1,000個積の場合には約30ノット半、それから2,000個積の場合にはその速力は、約29ノットと、それから3,000個積の場合には約27ノット半、これはいずれも馬力にいたしまして約10万馬力程度になるわけでございますが、これを境といたしましてこれよりも馬力の高い時には原子力船の方が有利であるという、一応の試算の結果がでております。

この試算の前提となりますいろいろの要素につきましては、一応時期は昭和51年頃ということをご予想しております。距離もなるべく原子力船を有利にするというのはおかしいんですが、原子力船としてコンテナ船が相当有望であろうということからそれを対象にいたしましたの

で、日本を中心にしまして、西はアデン、東はパナマと、それで日本とパナマの間が一番長くて約7,700マイルということになりますのでそれをベースにして計算したわけでございます。

それから船価につきましては45年のものをベースにいたしましたけれども、毎年材料費が約1%、工賃が約5%アップするというところで計算しております。

それから炉の値段でございますが一応の推定といたしまして1万馬力程度で15億、3万馬力で19億、10万馬力で27億、20万馬力で約34億と、この程度ということでやっております。

このようにいたしまして一応試算した数字でございます。これは昨年、原子力産業会議におきまして設立されました原子力船懇談会において試算した数字であります。

このように、まず原子力船というのは将来実用化が出来るかどうかということで、私どもは、これが可であるということをもまず申し上げたいために今御説明申し上げたわけでございますが、しからは原子力船の各国の現状はどうなつておるか、あるいはその開発状況はどうかというのを申し上げますと、海運は発電所と異なりまして国際性を非常に持つておる、1国だけの問題ではなくて、ある国がもし経済ベースにのる原子力船を建造いたしました場合に、たちまちのうちにこれが各国に波及いたしまして短期間のうちに多くの原子力船が出現されてるといふような、非常に国際性をもつております。で、そのために現在世界の主要海運国ではそれぞれの国情にあわせて、経済的な原子力船の開発を進めておりますが、その重点はやはり経済性の高い船用炉の開発というところにあるようでございます。そしてそのやり方といたしましては、まずこれを三つに分類いたしますと、まず何でも船用炉を自分で作つてみる、そして開発してそれを船にのつけてみてその経験をもとにして第二船以降の計画にのりだしていこうという国、これはアメリカとかソヴィエト、主として人工衛星を飛ばせる国かと思ひます。

それから2番目には、船用炉の技術をよそから仰ぎましてまず船一パイ作つてみよう、そしてその経験をもとに独自の技術を開発していくと、これは中級程度の国でございまして西独、イタリー等がこれに当たるかと思ひます。日本もやはりこのカテゴリーに入るのではないかと思ひます。3番目は、船用炉を自国で開発して十分に自信のできた段階で実際に原子力船をつくる、つまり潜水艦等でまず炉を研究して、これならばというところで船を造るんだと、英国、ベルギー、オランダ、ノルウェーというのがこのカテゴリーに入るかと思ひます。

またその対象の炉につきましては数年前迄は世界各国でいろいろの形式のものが開発研究されて参つてきておりますが、その炉型も次第にしばられまして、現在では船用炉の開発は、そのほとんどが加圧水型の原子炉の改良設計というところに目標をおいているようでございます。

また、どのような船を対象にするかということにつきましていろいろな船を当初考えておつたようでございますが、最近期せずして各国で注目いたしておりますのは、やはり高速コンテナ船であるというふうな風に一致しておるようでございます。これを主要な国について申し上げますと、やはりアメリカが一番進歩しておるようでございますが、サバンナ号の建造によりまして原子力商船の建造に伴なう技術的問題点を実験によつて解決しまして、乗組員の訓練とか、燃料交換及びサーヴィス施設の開発とか建設に役立てて参りましたが、その後やはり経済性という点が二義的に扱われておつたということで、次の目標といたしましては、経済的な船用炉の開発ということに目標をおいているようでございます。そのためにM G C R、U N I M O D、あるいは630A型というふうなものが対象としてとり上げられたようでございますが、最近では、B & WにおけるC N S G - III型が一番有望じゃないかというようにいわれておるようでございます。それからアメリカにおきます開発方法につきましては、やはりサバンナの成果をもとにしまして現在二つの考え方がとられております。その一つはいわゆるプロジェクトタイプという方式でございまして、原子炉をつくりながら、現在の炉は必ずしも今すぐに経済的であるかどうか疑問なので、陸上において船用炉の研究開発を進めまして、いわゆるプロトタイプというふうなものをもつてきたいと、これは主として原子力委員会が主唱しておるような案でございまして、他の一つは原子炉のメーカーが固定の余裕で性能保証をいたしまして原子炉をつくることできると、であるからただちに船をつくれと、クリートをつくれと、こういう積極派でございまして、これは海軍局の主張しておりますいわゆるダイレクト・シップという方式でございまして、最近では原子力委員会でもダイレクト・シップの方式に傾いた、という風にいわれております。

このダイレクト・シップ方式にもとづきまして、アメリカの海軍局が作成いたしました5カ年計画によりますと、今後25カ年のうちに米国海運界は50隻程度の大型原子力船の建造をされるという見通しに立ちまして、直ちに3隻の高速コンテナをつくれというふうなことを言っております。これに呼応するかのようになりA B I L (American Export Isbrandtsen Lines)これはサバンナを動かしております親会社でございまして、これが35,000トンの排水量をもちます30ノットのコンテナ船3隻の建造の名乗りをあげております。

このようにダイレクト方式を主張する理由といたしましては、アメリカはサバンナでもつてスタートして、一応原子力船では優位にたつておる、今後もこの地位を確保するためには積極的に原子力船開発をやらなくちゃいかん、それから2番目には、今後の原子力船は、やはり経済的テストの方向に向かつて開発を進めるべきである。それから3番目には、現在の商船隊は

相当老朽化しております、アメリカとしてリプレイスの時期に当つておる。そのために原子力船出現のチャンスである。それから更には、アメリカの海運は斜陽といわれておりますが、これを一気に挽回するにはやはり原子力船をもつて立ち向かわなくちゃいかんというような相当前向きな態度がでておるようでございます。

ソ連におきましては、先程御説明ございましたレーニン号が完成いたしましたして、目下のところ好成績というよりでございますが、その後2基の炉で60,000馬力の砕氷船2隻を建造するというようなことがいわれております。また60,000トン型の原子力タンカーも計画されておるというようなことも言われております。

それからドイツにおきましては、やはりオット・ハーンが完成いたしました、将来さらにこれをもとにしまして、新しい炉があればこれを取り換えるというような話も出ておるようでございますし、ごく最近のニュースによりますとオット・ハーンの就航成績は非常によかつたということでもあります。原子力船は長距離就航の船では非常に優位に立つということが立証されたので大型専用船や、大型の高速コンテナ船の建造も検討中であるというようなことも伝えられております。

英国におきましては、先程のカテゴリーの第3番目の、やはりとりあえず炉から入つていこうという国でありまして、主として経済的な理由から、まず原子力潜水艦建造の技術に期待いたしまして、その成果から経済性を見通しを立てた上で原子力船に乗りだそうというような基本的態度をとつております。しかし極く最近、原子力委員会と、あるいはピッカースとの共同研究によるかと思いますが、40,000馬力程度、24ノット以上の高速原子力コンテナ船であれば、在来船に比較して競争できると、さらにコンテナ輸送の増加によりましてコンテナ船の速力が増加することが予想されますので、数年内にはその馬力も6万ないし10万になると考えられました。その時はやはり絶対的に原子力であるというようなことも述べております。産業界によつては少なからずあせりを見せているようでございます。この外イタリー、中共、ベルギー、オランダ、ノルウェー、スウェーデンといったような国もそれぞれ地道な研究をしているようでございます。

このようにわが国のみならず、主要な海運国におきましては、期せずして差しあたりコンテナ船が原子力船として最も有望であるというようなことに意見が一致しておるようでございますが、このコンテナ船の将来につきましてもはこの一兩年の間に世界のコンテナ船は急激に増加いたしまして、昭和46年の末頃には大体世界で130隻程度の就航をみるんじゃないかといわれております。その約半数が日本を中心とした航路に就航するというような予想

でございます。しかもその性能も著しく向上いたしまして、この1、2年前は夢のようであったと思われるような高速船が出現いたす気運でございます。本年の1月末にはアメリカのシーランド社が最高33ノット、馬力にしまして12万馬力というコンテナ船5隻の国際入札を行なったというような事実もございます。また27ノット程度の8～90,000馬力程度のコンテナ船の建造につきましてもボツボツ真剣かつ具体的に検討されるというような現状でございますので、私どもがつい最近まで予想していた以上に、案外早く高速原子力船が出現いたしまして、そのためには一刻も早くそれに合うような原子炉が待たれるという時代が来るのではないかという風に切実に感ずる次第でございます。

一方わが国の造船界は、今日では世界の中におきまして圧倒的なシェアをもっているわけでございますが、たとえばLMGといったような特殊な船の建造につきましてもあまり得意でない。そのためにむずかしい船は出来ないのではないかというような批判がでておるわけでございますが、ごく近い将来に高速コンテナ船が出来まして、それがさらに原子力コンテナ船ということになりました時にいたずらに指をくわえてよその国で造るのみをみているばかりであるということがあつてはならないわけでございます。この点わが国の海運界はもちろん、造船界としても大きな損失となるものと思っておりますので、わが国としても経済性の高い船用炉の開発を今直ちに進める必要があると思っております。

しからは、それが出来れば問題点はないかというのがここに一つの問題となるわけですが、原子力商船はやはり在来船型の船型に較べましていろいろ問題点がございまして、これを大別いたしますと、いわゆる経済的な問題点、これは先程からくり返し申しておりますような経済的な船用炉の開発、これがまず必要であろうということでございます。このためにはどのような対象船舶を考えるか、炉の性能はどうするかとか、スケジュールはどうするかとか、研究開発体制をどうするかとか、資金をどうするかとかいうような問題点がございまして、

それから2番目には技術的問題点と申しますか、建造、あるいは保守、燃料交換といったようなものをどうするか、安全対策はどうするか、運航体制はどうするか、港湾設備はどうあるべきか、乗組員の訓練はどうあるべきか、あるいは港湾労働者の労働体制をどうするかというようなテクニックの必要な問題点として便宜上技術的問題点としたわけでございます。

それから3番目に人為的という表現を使つたわけでございますが、これは原子力損害賠償関係法制、これには保険関係がございまして、その他運航のための国際的な取り決めというものがあつて、この中の2番目の技術的問題点につきましては、第1船の建造によりまして、解決されるか、あるいは解決の目途のつくものが多いでございます。3番目の人為的な問題につき

ましては、将来原子力船がたくさん出来ますと必然的に国際間で話し合いがされたり、あるいは国内的に開発の迫られるものが多いございまして、ただわが国の原子力第1船は先程お話しございましたように経済性を二義的に扱った、いわば実験的性格をもっておりますので、第2船以降の問題といたしましては、結局先程の三つのうちの経済性というのにしぼられると見て差し支えないと思います。このために先程から長々と申し上げたのも、ここにあつたわけでございます。

この経済性を左右する最も大きな要素といたしましては、まず原子炉の価格を如何に下げるかということにあるかと思ひます。そしてその成否がまた、将来実用的原子力船の実現の極め手となるということをお申し立てしても過言ではなからうと思ひます。このことは昭和43年4月に改訂されました「原子力開発利用長期計画」の中にもうたわれておりました、また原子力産業会議におきまして、昨年原子力船懇談会を設置いたしまして第2船以降の実用原子船実現のための検討をいたしましたが、それによりますれば先程申し上げましたコンテナ船について試算を行なつた結果からも、船用炉の仕様はCNSG-Ⅲ型、またはUNIMOD程度、それから製造コスト、建造期間は在来機関の約2倍、燃料費は2ミル程度、運転操作は在来船とあまりちがいがなく容易であるというような条件さえ満たされれば、将来わが国においても原子力商船の実用化は十分はかりうる、またこのような前提条件を満足する船用炉も、約46億円、これは非常に腰だめの数字でございますが、資金と約5年間の期間をかければ開発は可能であるという見通しが得られております。

このため原子力産業会議といたしましては、今後約10年先には原子力船が実現するものとし、船用炉の開発には相当長い期間と巨額の経費を必要とする。その上船用炉の海外からの技術導入は、いろいろ秘密の問題がございましてなかなか困難である。また海外の現状を見ましても、それぞれ国が相当力こぶを入れまして独自の研究開発を進めておるといふようなことにかんがみまして、日本といたしましては国のプロジェクトとして、既存の政府関係機関を中心にしてこれを進め、その大部分の資金を国が負担すべきであるということで、遅くも昭和45年以降原子力特定総合研究の対象といたしまして、現在でございます研究開発諸機関の総合的な協力体制のもとに、効果的な研究開発を実施する必要があるということをお認めまして、昨年8月、原子力産業会議は政府の要路、並びに関係当局に対して次のような要望を行なつた次第でございます。

その第一は原子力委員会に原子力船に関する専門部会を設置していただきたい。これは原子力第2船以降、特に新しい、経済的炉を開発するための戦略的なことをつかさどるために、原

子力委員会に専門部会を設けていただきたいというものであります。それから、これによりましていろいろ計画、長期計画、あるいは研究の内容、開発研究の内容等を一元的にコントロールしていく。

それから2番目に船用炉開発体制の確立。これは現在原研であるとか、日本造船研究協会、あるいは運輸研究所あたりで散発的にやっております二義的な研究実験を総合的にとりまとめていきたい。そのためにその中心になる母体を一つ設けてほしいという要望でございます。

それから3番目に船用炉研究開発計画の具体化。これは原子力委員会における専門部会が中心になりまして、今度どのようなスケジュールで、どのような内容のものを研究していくかということを確認していただきたい。

その他差しあたつて44年度に予定しております原子力船関係に対する予算の措置を要望、といったようなことを、政府関係並びに関係当局に対して要望したわけでございます。

このようにいたしまして、私どもは先程申し上げましたように、原子力第2船というものは単に紙上の問題でなくて、今まで予想していた以上に身近な問題として考えなくちゃいけないんじゃないかという風に痛切に感ずる次第でございます。今後とも皆様のこれに対する絶大な御支援をいただきたいと思つております。一応私の話をこれで終らせていただきます。御清聴ありがとうございました。

### Ⅲ アイソトープ・放射線の鉄鋼業への利用

富士製鉄株式会社

専務取締役 芝崎 邦夫

ただいまご紹介いただきました芝崎でございます。昨年5月、日本原子力産業会議の総合企画委員会において設置が決定致しました「アイソトープ・放射線利用に関する鉄鋼業業種別懇談会」におきまして、鉄鋼業界の関係者の方々と審議検討して取りまとめました報告書に基づき、アイソトープ・放射線利用の概況を紹介致しまして、利用上の問題点ならびにその対策としての要望事項について、ご報告を致したいと存じます。

皆様方がすでにご存じのように、わが国の鉄鋼業は、近年著しい発展をとげ、その生産量においては、よく言われますように米・ソに次ぐ世界第3位の地位に躍進し、昨年の実績で約6,700万トン程度でございますが、輸出ではこれも昨年は1,300万トンばかり輸出致しまして、第1位を占めるようになりました。これは戦後のわが国経済全体の高度成長に歩調を合せた設備拡大と技術革新による合理化のたまものであると存じます。

今後の鉄鋼業界におきましては技術革新の課題と致しまして、連続鑄造の完全実用化、連続製鋼法の開発などの新技術と、工程および設備の大型化・簡易化・連続化等の問題があり、別に電子計算機による一貫製鉄所の無人操業化、あるいは原子力を利用した製鉄法なども、大きなテーマとして考慮されています。さらに資本の自由化に伴って、設備の合理化、品質歩留の向上、原価の低減などの技術向上が、新技術の開発とともに要望される次第でございます。これらを解決する一手段として、アイソトープ・放射線の利用も年々増加する傾向にあります。これを解決する一手段として、アイソトープ・放射線の利用も年々増加する傾向にあります。これを解決する一手段として、アイソトープ・放射線の利用も年々増加する傾向にあります。

わが国におけるアイソトープ・放射線の業種別利用状況をみますと、鉄鋼業は化学工業に次ぎまして第2位の地位にあり、比較的によく利用されている業種であります。欧米諸国と比較しますと、量・質ともに未だしといつた状態にあります。

それゆえ、アイソトープ・放射線の利用をより積極的に推進するため、日本原子力産業会議において、昭和43年7月に「アイソトープ・放射線利用に関する鉄鋼業懇談会」が発足致しまして、国内および海外における現状調査を実施するとともに、利用上の経済的・技術的問題



点をあらゆる角度から分析検討し、その利用促進上の具体策を報告書として取りまとめた次第であります。

まずアイソトープ・放射線利用状況について申し上げますと、鉄鋼の製造は、コークス・製鉄・製鋼・圧延・表面処理などの各種の工程からなっておりますので、放射線の利用も多岐にわたりますが、これを大別すると、次のような三つになると思っております。

その1つは、アイソトープを装備した放射線応用計測器利用でございます。

2番目は生産工程解析および研究におけるトレーサとしての利用でございます。

3番目が非破壊検査におけるラジオグラフィの利用でございます。

放射線応用計測器の利用でございますが、鉄鋼各社別の放射線機器の設置状況は、お手元の予稿集にのせてございますが、その第1表に示すように、各種のものが使用されていまして、その全利用台数は334台にも達し、過去数年の設置台数はひじょうに増加しております。第1図に示すように特に顕著であります。

この理由は、従来の手法では不可能な測定が、放射線の利用によつて可能となつたことによります。しかも、これらがオンラインに組込まれて使用されるので、工程の自動化に結びつく利点を有しています。今後コンピューターコントロールの発達とともに、さらに利用増大が期待されております。

利用されています機種別にみますと、中性子水分計は、高炉用塊コークスおよび焼結混合原料の水分連続測定に66台がオンラインで利用されています。従来の方法では、水分の値が判明するまでに長時間を要し、試料採取のためには相当要員問題もあつて多数測定が不可能であつたのですが、中性子水分計によつて精度もよく、連続自動測定ができるようになりまして、高炉および焼結作業自動化の一助ともなつておる次第でございます。

鋼板厚さ計につきましては従来のものは接触型で、端部しか測定できない欠点がありましたが、放射線を利用することにより、これが容易に解決され、その利用台数も鉄鋼業界では一番多いものであります。圧延設備へのオートマテック・ゲージ、コントロール・ゲージの自動調整の導入により、その必要性は高まり、今後ますます設置台数は増加するものと考えられます。利用初期には、主として薄板用にストロンチウム90やX線が使用されていましたが、現在では、薄板用にはアメリカン241、厚板用にはコバルト60またはセシウム137の10~20Ci（キュリー）というような大線源が使用されるようになっております。

特殊なものとしては、亜鉛または錫メッキ、これは亜鉛鉄板またはブリキでございますが、メッキ膜の厚さ計、鋼板断面形状を測定するクラウン計などもオンラインで使用されるように

なりました。

コバルト60、 $\gamma$ 線レベル計も利用が多く、焼結・高炉の貯鋳槽、こういったものをためておくタンクでございますが、こういったもの全部にレベル計を設置し、作業の合理化、要員の削減を行なっている工場もございますし、また溶鋼炉の装入物がどこまで下がったかを測る深度計、連続鋳造における溶鋼レベル計などにも利用されているわけでございます。

新しい利用としましては、作業安全面に重点をおいたインターロック装置、警報装置が17台も設置されています。これは放射線を検出した時のみ押出機が作動するようにしたゴークス炉押出機インターロック装置は、全くの無事故で、すでに数年ひきつづいて稼働しています。また鋼管(パイプでございますが)製造工程におけるコバルト60によるプラグ検出装置によつて、年間数件あつた事故が皆無となり要員3名を減少することができた工場もあります。工場安全の必要性・経済性が非常に強調される現在の鉄鋳業の趨勢からみまして、この種の利用は今後ますます増大するものと考えられます。

分析関係では、X線発生装置による蛍光X線分析はすでに活用されていますが、新しい利用として、中性子放射化分析による鋼中酸素分析計が非常に迅速に分析できるので、設備そのものはまことに高価であります。すでに5台の装置が設置され、日常分析に利用されています。

次にトレーサ利用のことについて申し上げますと、鉄鋼業界における非密封線源の許可使用状況がお手元の第2表に、また放射線関係有資格者の数および従事者数を第3表にのせてございます。

鉄鋼におけるトレーサの利用は、これはひじょうにいろいろなものに利用されておりますので、詳細は時間の関係で省略しますが、高炉・転炉・造塊などのように高温の溶体を取扱つているので、従来の手法では解明しえなかつた問題がアイソトープの利用によりまして、効果的に解決されつゝありましてその発表も多数ありますが、全般的にみると、利用じうる分野が多く、しかもその効果も顕著であると考えられるにもかゝらず、現状では限られた少数の人々によつてしか利用されていない点を我々が反省する必要があるのではないかと思います。これは、国民全般の放射線に対する恐怖心と法律による規制が原因であろうかと思われまので、放射線に対する正しい知識の普及徹底と法的緩和措置が必要と考えられるのでございます。

次にラジオグラフィの利用でございますが、鉄鋼業では、一般的にこの利用は僅少であります。一部の鋳鍛鋼品、溶接部品の製造工場では、非破壊検査の必須手段として、コバルト60、セシウム137、X線、(ベータトロン)等が、使用されています。

次に海外における利用状況でございますが、海外における利用状況につきましては、文献上、

個々の工程および問題についての報告は多数ありますが、鉄鋼業全般についてまとめられたものはございませんので、主な鉄鋼協会ならびに原子力機関にアンケートを送付して調査を実施しましたが、昨年の調査では短期間であったため、満足な解答をうることは出来ませんでした。

全産業の統計ですが、海外における放射線応用計測器利用状況の一端を、同じくお手元の第4表に示めていますように、海外では相当多数利用されています。各利用面の詳細は省略しますが、全般的にみて、海外での利用開始がわが国に比して大変早いことから、まだ日本の方に相当の格差があるものと推定されます。

海外においては、特に、原子力の利用が国家的に強力に推進されておりますので、その一環として、必然的にアイソトープ・放射線の利用も盛んであるということになります。

たとえば、アメリカ原子力委員会のアイソトープ利用開発予算は、1966年度でも約1,000万ドル以上が計上されており、わが国に比して、非常に多額の経費がアイソトープの利用開発に使用されていることは、明らかであります。このような事実からみても、わが国の政府機関における利用促進策が、より一層強力に進められることが必要と考えられます。

これまで鉄鋼業における利用状況を申し上げましたが、次に、利用を促進させる上での問題点とその対策について申し述べたいと存じます。

まず第1は法律関係で、これは鉄鋼業ばかりでなく全産業が同じことを申しあげることになると思っておりますが、アイソトープの利用に関しましては法律関係に、最も問題点が多く、その適切な措置を要望する声は切実であり、この問題がある程度解決すれば、アイソトープ・放射線の利用が相当顕著に促進されるものと推察されます。

その一つとして、いくつかの他の法律との調整の問題でございますが、放射線の安全に関しては、科学技術庁所管の「放射線障害防止に関する法律」と、労働省所管の「電離放射線障害防止規則」の二つの異なつた官庁によつて監督をうけています。しかし、企業体事業所内における安全管理につきましては、現在すべてを総括した安全衛生管理体制が、労働基準法に基づいて、相当確立されていますので、放射線の安全管理についても、「電離放射線障害防止規則」に一本化して、この体制内で規制するように、諸法規を改正した方が、放射線取扱主任者の地位、責任との関連においても、事業所における安全が、より良く確保されるものと思います。

その2といたしまして、許可申請、届出業務があるのですが、こういつた許可および届出書類は、かなり多くの事項についての記載が要求され、しかも添付書類も多数必要であります。その必要性については、疑問のあるものも多い状態であります。また許可および変更許可の手続きには、通常2～3カ月を要しますので、工場における緊急の要請には遺憾ながらまにあわ

ない状態であります。企業競争のはげしい昨今において、工程進行中に突発的にその必要性が起つても、現状では許可に日数を要するため時機を失することが多く、まったくその利用価値がなくなる場合もありますので、少なくとも1週間程度で許可されることが、實際上必要であります。

このような事実は、利用を阻害する大きな要因となつているので、時代の進歩に即応し、事務合理化の面からも、許可、届出の業務の大巾な簡素化、迅速化をはかつて戴きたいと存じます。

また3番目と致しまして、放射線取扱主任者制度というのがありますが、この放射線取扱主任者がいないので、放射線が利用できないという事例が非常に多く、このことが、利用促進上の大きな障害になつています。主任者試験の内容そのものにも問題があり、現行の試験制度では、企業体内における適格者が合格し難いという実情でありますので、講習会あるいは実務訓練などによる資格付与、経験年数による審査などとともに、試験内容の改善が必要と考えられます。

次は4番目と致しまして非密封（密封しない）R Iの使用についてでございますが、現在、使用施設の許可は、個々の核種、数量、使用場所等について行なわれていますが、日進月歩の今日では、許可変更が多くなり、それに要する変更許可手続が非常に繁雑であります。この対策としては、使用施設の大略の条件に応じて、群別の年間ならびに1日の最大使用量を表示した許可とするのが、妥当と考えられます。核種による危険度には相当の巾がありますので、相互交換のできる危険度による群別により、総量のみを表示する許可方式が適当と思われれます。

なお、主任者の存在に重点をおくならば、これにまかせるという立場で、使用許可を行なうべきであるという考え方もあります。

工場内における一時使用許可についてございまして、使用施設以外における工程実験などのための一時使用は、変更許可手続を要しますが、前述のように緊急の場合には間にあわないことが多いので、使用状況の事後報告を行なうことなどの条件付で、工場内における一時使用は、届出だけで認める制度が、是非必要であります。

密封R Iの使用に関するものとして、その第1は機器装備線源の使用でございますが、厚さ計などのような密封線源を装備したものを使用する場合、その安全性については、機器メーカーの型式認定によつて確保する方式とし、機器設置台数やアイツトープの総量に関係なく、すべて届出使用とし、この場合の届出書は、機器の名称、メーカー名、型式、核種、数量と設置場所のみの簡素化された書式にすべきであろうかと考えられます。

その第2と致しましては第2種取扱主任者、これは密封したものを取扱う主任者であります。この取扱数量についてでございますが、ラジオグラフィに使用されるようなγ線源は、密封度の確実な線源でありますので、必要とする知識も、第2種で十分安全であると考えられますので、第2種主任者に対する数量の制限は必要がないと思われま

す。同じような理由で、法律第10条5項の届出使用の制限数量(10Ci)も拡大すべきであろうと存じます。

2番目と致しまして装備機器およびRIの性能、価格につきましてちよつと申し上げますと、すでに申し述べましたように、鉄鋼業においては、厚さ計、水分計などのような機器利用が盛んでありますが、使用者として機器利用上の問題点としては、次のようなものがあげられます。

価格が、他の工業計器に比して高価であり、精度的に不十分なものもあり、構造的に弱く、保守保全の簡易性も劣り、較正方法が難しいという問題があります。

これらの対策と致しましては、コストダウンへの努力とかアフターサービス体制の完備とか、機器の性能向上とか、新しい機器の開発などが、メーカー側にも要望されますが、メーカー側にも、開発費が需要のわりに大きいこと、線源処理などの問題があり、メーカーのみでは解決のつかぬ問題があり、このことに関しては、両者の協力はもちろんのこと、国家機関のご協力が必要と思われま

す。アイソトープについては、必要以上に高純度高価格のものを使わざるをえないこと、あるいは化学的形態が豊富でないこと、短半減期の使用が困難であるなどの問題があります。これらを解決するためには、原研などの標識化合物の注文による製造とか、あるいはアイソトープ輸送の迅速化、各地方都市に小型原子炉の設置、京大原子炉の民間利用措置などを考慮されねばならないと存じます。

ラジオグラフィについては、最近イリジウム192、ツリウム170など、10~20Ci(キュリー)の線源が使用されるようになり、将来100Ci以上のものも使用されるようになると思われま

すが、密封線源の安全性についてはメーカー側が十分な配慮を行なっていますので、主任者に対して、現在のようなきびしい資格を要求する必要はないと思われま

す。現状のように、非破壊試験には何等関係のない項目まで受験科目に含まれているのは不合理であろうかと存じます。

第3番目と致しまして技術開発関係でございますが、放射線の利用を促進するためには、技術開発上解決すべき幾つかの問題があります。たとえば、新しい放射線応用機器の開発、放射線測定器の改善進歩、短寿命アイソトープの利用研究、ラジオグラフィ用線源の数量の増大と

容器の小型軽量化、電子計算機との組合せによるアイソトープ・放射線の新しい利用開発などがあります。

これらを総合的に解決してゆくためには、何等かの形で、共同研究の組織が必要であります。すなわち、利用開発を推進するための組織として、日本鉄鋼協会とか、日本原子力産業会議とか、日本学術振興会などの機関に、アイソトープ・放射線利用に関する研究会を設置することが必要と考えられます。

次は、こういったアイソトープを使用していない企業（未利用企業）のかゝっている問題点であります。調査結果によりますと、放射線の利用が技術的にも、経済的にも有効な働きをするとはいえ、いまだ全く利用していない企業が相当数あります。

その理由は明らかではありませんが、次のように推定されます。すなわち、放射線利用のメリットの算定が困難であること、放射線利用に対する認識不足、アイソトープ取扱技術者確保が困難であること、使用手続の繁雑さ、使用中の諸測定、健康診断などの面倒な法的義務のため採用を好まないこと、などがあげられます。

これらの解決策として、法律の緩和とか啓蒙活動の充実とか、研修機関の拡大などが、是非必要であると考えるのでございます。

5番目と致しまして教育啓蒙のこととございますが、放射線利用を阻害する最大の原因は、職位の如何をとわず、わが国が原爆被災国であるため、国民全体が、放射線といえば恐怖心が先だち、出来る限り利用しようとしなない傾向にあることであります。さらに、一般に放射線に関しては、全く無知であるといつても過言ではないと思います。この国民の偏見と無知をなくすためには、国民全体を対象としたアイソトープ・放射線に対する正しい知識の積極的な普及および教育が、是非必要であると思うのであります。

その対策としては、義務教育の段階より、高等学校、大学と系統的に正規の教課にとり入れて、アイソトープ・放射線に対する正しい認識を与えることが、長期的、国家的な対策として是非必要であります。

また、工場において放射線を利用しようとする場合、これに従事する作業者の教育は、すべて主任者にまかされていますが、これは相当な負担となつておりますので、全般的な啓蒙普及をかねて、定期的な講習会などを、中央都市はもちろんのこと地方都市でも数多く開催すべきであります。さらに、工場における教育に必要な適正なテキストの完備も要望されています。

なお、放射線の利用に関する問題を討議する会合を、何等かの場において、定期的で開催することが必要であります。このような会合におきましては、出来るだけ自由に発表しあうこと

により、専門的な技術の向上が期待され、利用促進に寄与するところが大きいと考えられます。このため、指導的立場にある国公立機関が、業種別の会合を定期的を開催することも、一方法と思われま

さらに、日本原子力研究所ラジオアイソトープ研修所および放射線医学総合研究所養成訓練部における教育訓練は、極めて有効であります。増大する放射線取扱技術者の需要に対して受入態勢を一層充実して戴きたい。すなわち、教育期間を短縮したもの、月に1週間の教育で3～5カ月のものといった、企業人が受講しやすい形式のものを考慮して戴きたいと思

以上で一般的説明は終わつたわけでございまして、最後に要望を申し上げたいのでござい

ますが、要望事項と申せば、只今申し上げたことを逆にして繰り返すだけでござい

ますので、この予稿集にもおしまいの方に書いてござい

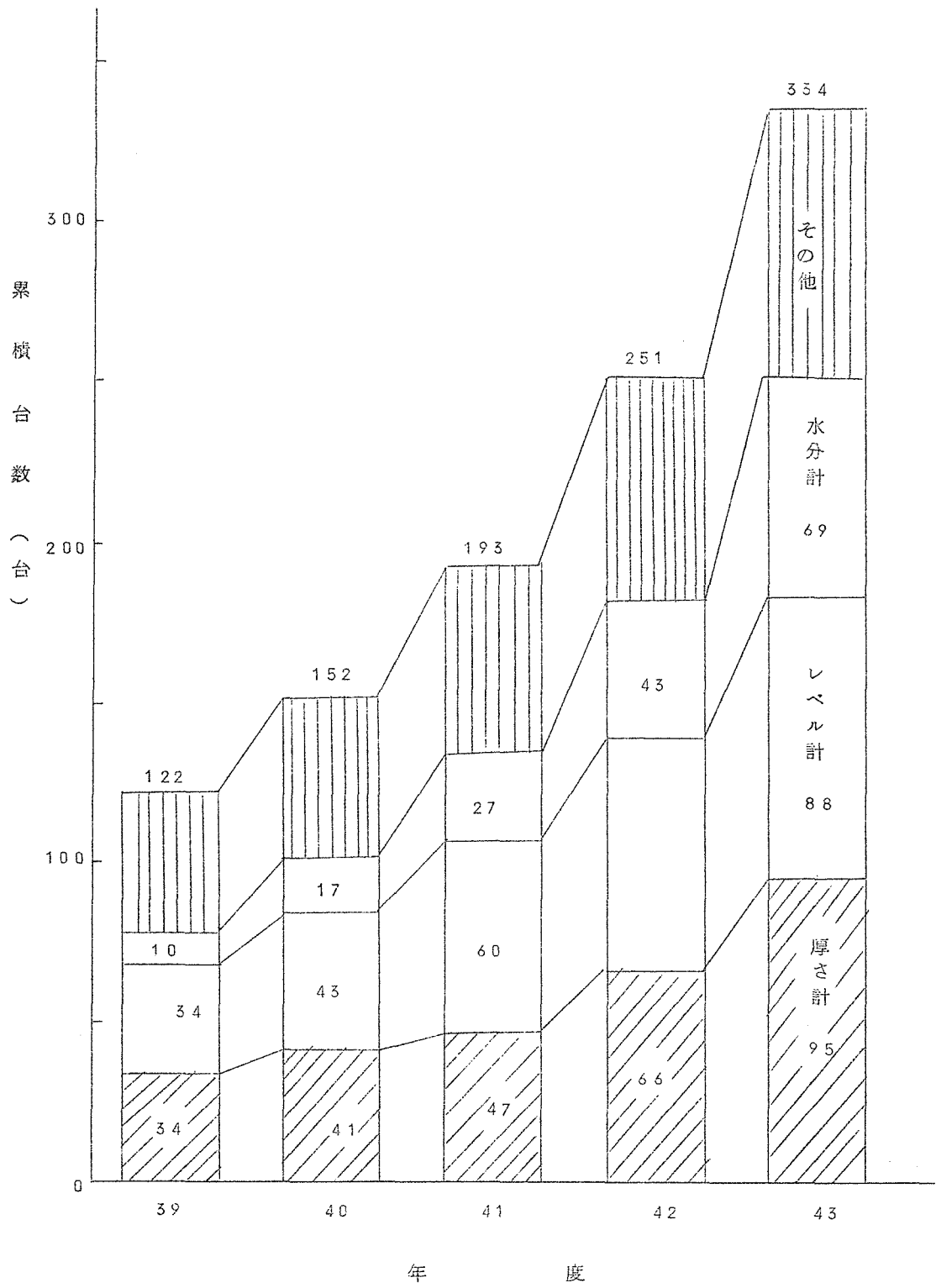
ますが、項目だけ申し上げたいと思

います。

その第1は海外における利用の実態調査、諸法規の簡素化、これは先程くどくど申し上げた通りです。それから3番目に技術者及び一般に対する啓蒙普及、4番目がアイソトープ及びその

装備機器についての要望、5番目にアイソトープ・放射線利用の技術開発、こういつたことにつ

きまして先程申し上げたことをまとめてござい



第1図 放射線応用計測器の年度推移 (昭和43年10月現在)



第1表 放射線機器利用状況(昭和43年10月現在)

機器名	会社名		A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社	J社	K社	L社	M社	N社	O社	P社	Q社	R社	合計		
	種	量数																			<sup>60</sup> Co	<sup>137</sup> Cs	
ラジオアイソトープ	種	量数	<sup>60</sup> Co 5~10Ci	4	<sup>60</sup> Co 60mCi~1Ci	0.5~2Ci	1~10Ci	<sup>60</sup> Co 100mCi	1Ci	<sup>60</sup> Co 100mCi	5Ci				3Ci							16	1
β線厚さ計	種	量数	<sup>90</sup> Sr 20mCi	3	<sup>90</sup> Sr 20mCi		<sup>90</sup> Sr 50mCi		<sup>90</sup> Sr 20~500mCi	<sup>90</sup> Sr 10~100mCi	<sup>147</sup> Pm 540mCi								<sup>90</sup> Sr 20~50mCi	10mCi	<sup>90</sup> Sr	16	1
γ線厚さ計	種	量数	<sup>241</sup> Am 0.1~0.5Ci	3	<sup>137</sup> Cs 10Ci	0.5~2Ci	<sup>137</sup> Cs 20Ci	0.5Ci	<sup>137</sup> Cs 10Ci	<sup>241</sup> Am 10~20Ci	<sup>137</sup> Cs 10~20Ci	<sup>241</sup> Am 500mCi									<sup>241</sup> Am 0.5Ci	<sup>137</sup> Cs	241Am
水分計	種	量数	Am-Be 50~500mCi	5	Ra-Be 100~500mCi	5mCi	Ra-Be 50mCi	50mCi	Ra-Be 10mCi	Am-Be 50mCi	Ra-Be 100mCi										Am-Be 0.5Ci	2	13
レベル計	種	量数	<sup>60</sup> Co 10~50mCi	17	<sup>60</sup> Co 20~150mCi	5~100mCi	<sup>60</sup> Co 6~1000mCi		<sup>60</sup> Co 20~300mCi	<sup>60</sup> Co 50~500mCi	<sup>60</sup> Co 300~600mCi										<sup>60</sup> Co 10mCi	<sup>137</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
密度計	種	量数	<sup>137</sup> Cs 10~50mCi	4	<sup>60</sup> Co 150mCi	2.5	<sup>137</sup> Cs 2Ci	50mCi	<sup>60</sup> Co 100~300mCi	<sup>137</sup> Cs 3Ci	<sup>137</sup> Cs 5Ci											<sup>60</sup> Co	<sup>137</sup> Cs
インナーボックス	種	量数					<sup>60</sup> Co 150~600mCi		<sup>60</sup> Co 150mCi													<sup>60</sup> Co	3
膜厚計	種	量数					7		10													<sup>60</sup> Co	17
	種	量数							<sup>241</sup> Am 0.5Ci	<sup>85</sup> Kr 0.1~2Ci												<sup>85</sup> Kr <sup>204</sup> Tl	<sup>204</sup> Tl
	種	量数							5													5	1
	種	量数																				10	1

機器名	会社名										合計									
	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社	J社		K社	L社	M社	N社	O社	P社	Q社	R社	
ガラスプレート ガスカウンタ					90Sr 20mCi 1														90Sr 1	
真空度計		226Ra 0.4mCi 4	226Ra 0.4mCi 1				226Ra 0.1~0.4 2		226Ra 0.4mCi 1		226Ra 0.4mCi 1				226Ra 0.4mCi 2				226Ra 1	
装置 中性子発生	3						2												5	
放射線発生装置		ベータトロン 15MeV 1台 X線発生装置 100~500kV 13台			ガンダ グラフ 1	ベータ 15MeV 4	X線発生 装置 200kVP 1	X線発生 装置 150kVP 1										X線発生 装置 125kVP 1		23
その他																				1
																				1

合計 334

第2表 非密封線源利用状況（昭和43年10月現在）

單位：mCi

核種	会社名	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社	Q社	合計
<sup>3</sup> H			50		5,000			100	1,000			6,150
<sup>7</sup> Be			10									10
<sup>14</sup> O		10	50			10		505	55		15	645
<sup>24</sup> Na			30			10		520				560
<sup>28</sup> Mg								50				50
<sup>26</sup> Al						10		10				20
<sup>31</sup> Si						100		500			50	650
<sup>32</sup> P			100			500		400	50		40	1,090
<sup>35</sup> S		20	100			100		2,200	100		50	2,570
<sup>45</sup> Ca		40	50			100		530	50			770
<sup>46</sup> Sc			10					530				540
<sup>48</sup> V								100				100
<sup>51</sup> Cr			50			100		1,000	50		200	1,040
<sup>52</sup> Mn								150	10			160
<sup>54</sup> Mn			5			10		55	50			120
<sup>56</sup> Mn						100		1,500				1,600
<sup>55</sup> Fe		2				50		100	50			202
<sup>59</sup> Fe			100					550	100		15	765
<sup>60</sup> Co		240	100	1,100		200		1,255	844		10	3,749
<sup>63</sup> Ni			50			10		100	50			210
<sup>64</sup> Cu			100			100		200				400

核種	会社名	A 社	B 社	O 社	D 社	E 社	F 社	G 社	H 社	I 社	Q 社	合計
<sup>65</sup> Zn			50			50		110	100			310
<sup>73</sup> As								50				50
<sup>75</sup> Se	20	10										30
<sup>76</sup> As								300	20			320
<sup>82</sup> Br								200				200
<sup>85</sup> Kr								440				440
<sup>89</sup> Sr								100				100
<sup>91</sup> Y		20										20
<sup>95</sup> Zr		50				100		230				380
<sup>95</sup> Nb		30						200	50			280
<sup>99</sup> Mo		30				10		100	10			150
<sup>106</sup> Ru								100				100
<sup>110m</sup> Ag	15	5				100		100				220
<sup>115m</sup> Cd								100				100
<sup>113</sup> Sn		50				100		50			50	250
<sup>124</sup> Sb	2	10						52				64
<sup>131</sup> I		10									10	20
<sup>134</sup> Cs		1						50				51
<sup>137</sup> Cs								50			10	60
<sup>140</sup> Ba	12					10		520				542
<sup>140</sup> La						20		1300	10,000			11,320
<sup>140</sup> Ba- <sup>140</sup> La		30							100			130

核種	会社名	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社	Q社	合計
<sup>141</sup> Ce								200				200
<sup>144</sup> Ce		20				10		203	50			283
<sup>147</sup> Pm		5									6	11
<sup>181</sup> Hf		30						50				80
<sup>182</sup> Ta		10						100				110
<sup>192</sup> Ir		10						100	1,660			1,770
<sup>198</sup> Au		50				1,000		5,100	60,000	3,000		15,150
<sup>203</sup> Hg		5										5
<sup>204</sup> Tl		1				10		50				61
<sup>222</sup> Rn								140				140
<sup>187</sup> W		10			255							265
<sup>85</sup> Rb					20							20
<sup>106</sup> Ru					10							10
<sup>36</sup> Cl					1							1
<sup>152, 154</sup> Eu					1							1
<sup>90</sup> Sr <sup>90</sup> Y					1	10		0.5	50			61.5
<sup>77</sup> As					1			2				2
<sup>153</sup> Sm									2,000			2,000
<sup>177</sup> Lu									2,000			2,000
<sup>202</sup> Pb											50	50
<sup>22</sup> Na											50	50

第3表 放射線取扱資格取得者数(昭和43年10月現在)

機 関 名		1 種	2 種	X 線	技 術 者	一 般 従 事 者
社 名	事 業 所					
A 社	—	15	16	35	60	300
B 社	—	10	4	24	25	80
C 社	K	1	0	1	3	12
	S	0	3	5	2	13
	W	2	1	0	5	10
	Ko	1	1	0	2	4
	C	3	1	8	0	0
D 社	C	2	0	7	4	1
	T	0	4	4	2	3
	H	0	0	1	0	9
E 社	K	2	10	14	6	150
	F	4	2	15	6	54
	G	7	0	2	2	1
F 社	M	5	2	19	5	25
G 社	H	6	9	34	7	321
	M	2	0	7	10	30
	K	1	0	4	2	20
	N	1	2	13	10	66
	C	2	0	8	11	1
H 社	T	1	1	4	20	0
	G	5	0	1	17	9
	Y	7	5	17	5	129
	S	2	1	8	4	17
	K	1	2	5	5	40
	H	1	0	2	1	11
I 社	—	3	0	3	0	22
J 社	A	0	3	5	1	5
K 社	K	1	0	0	1	2
L 社	K	0	2	3	2	2
M 社	H	0	1	1	0	8
N 社	—	5	1	2	5	23
O 社	N	0	2	1	2	0
P 社	—	0	1	1	5	13
Q 社	—	2	3	6	4	69
R 社	S	0	3	23	2	20
	K	0	4	8	0	15
S 社	—	0	0	0	0	0
合	計	87	84	291	236	1,485

第4表 ソ連、英国、フランス、チェコおよび日本における

放射線応用計測器の設置台数

	厚さ計	密度計	レベル計	水分計	計
ソ連(1961~1964)	1,054	1,314	18,000	64	20,432
英国(1961)	718	982	300	6	2,006
フランス(1966)	662	172	1,577	58	2,469
チェコ(1966)	105	30	115	15	265
日本(1966)	404	169	383	73	1,029
(1968)	647	177	498	208	1,530

#### Ⅳ. アイソトープ・放射線の土木・建設業 への利用の現状と問題点

建設省建築研究所

第2研究部長 藤井 正一

只今ご紹介に預かりました藤井でございます。日本原子力産業会議におきまして、「アイソトープ・放射線の土木建設業への利用の現状とその問題点」ということにつきまして調査あるいは研究をするように、というようなお話でございまして、懇談会を作りまして昨年からの関係の皆さんのご協力を得てやつたわけでございます。もつとも私はあまりしつかりやりませんので、お願いした委員の皆さんのご努力の結果まとまつたものを、ここで代弁をすることになります。まことに恐縮でございますけれどももしばらくその結果をお聞き願いたいと思うのでございます。

土木建設業に対しまして、アイソトープ・放射線の利用ということは、アイソトープあるいは放射線を平和産業に利用するということが日本で行なわれました初めから、非常に期待をされておりました、いろいろな方面で利用できるであろうということで、かなり各方面からご研究になつたり、あるいはご期待を受けておつたわけですが、どうもそれから十数年、二十年近くたつて振り返つてみますと、いつこうに初め思つたような成績を上げえないということとは、もう調査しなくても初めからわかつておつたわけでございます。ですから結局問題は、いつたい何が悪いために、そのように期待に外れたことになつたんだらうか、ということをお考えするという委員会というか懇談会であると、私はそのように理解を致しました。まずそういう意味で、実際にアイソトープまたは放射線を土木建設業の方にご利用になつている方、あるいはなつてもいいと思う方にすべてアンケートを致しまして、何故お使いになつていないか、あるいは今迄お使いになつてどこが具合が悪かつたか、ということをお聞きをしたわけでございます。その結果と、実は委員の方々は皆さんその方面のベテランであるわけですが、その皆さん方のご意見とに従つてまとめたわけでございます。

土木建設業への利用と申しましても非常に範囲が広いわけございまして、どこからどこまでを我々が今度取扱うかということがまず一番初めに問題になつてまいりました。そういうことから一応範囲を区切りました。それは第1は、土木建設業のいろいろ仕事を致します上に、組立てとかあるいは施工とかいうようなものを、建物ないしは土木工事の舗装とか橋などが出



来上がりました後で検査をする場合に使う場合、それからもう一つは、いろいろ仕事を致します上で、施工を管理するのに必要な場合。それから第3と致しましては、土木建設、設計を致します上に、地盤の調査とか、そういったいろいろな調査が必要であるわけです。そういう調査に利用する場合。これにはアイソトープだけではなくて自然放射能をかなり利用しておりますので、自然放射能を利用するというものも一応含めましょうということに致しました。それから土木建設にいろいろ使います部品がございますが、その部品とか部材とかいつたようなものを工場で検査をするという場合もあるのですが、これは土木建設業としての利用という範疇から少し外れるだろうという考えで、それは外しました。それからもう一つは、土木建設に使われますいろいろな機械類がございますが、そういう機械類の検査等にアイソトープ・放射線を使う場合があるわけですが、これも除きました。したがって、直接に私達が仕事を致します時に必要な分野においての利用というように限つたわけでございます。そういうふうに限りましての利用方法には非常に違い面がありまして、まず第1は、水分計とか密度計とか、あるいはその他そういう線源を使いましていろいろな調査とか、あるいは施工の管理とかするような場合、それからもう一つは、ラジオグラフィーを使いまして検査、こういう密封された放射線を使う場合。これを密封されておりますので線源利用と一応ここでは呼びました。それからもう一つは密封のアイソトープをトレーサーとして利用する場合でございますが、これをトレーサー利用とこういうふうに分けて調査を致し、また考えたわけでございます。まず線源利用の方の現状についてご報告を致しますが、予稿集の中の2枚の図面でございますけれども、この図面についてご説明を申し上げたいと思います。これは表と図面だけしか入つてございません。

今度これを調査致しましたアンケートの結果のほんの一部の報告でございまして、実際の調査報告の詳しいものは印刷になつて産業会議の方から出ておりますけれども、今度のこの報告書の中に資料としてつけておりますので、ご興味のある方はご覧を頂きたいと思ひます。その中のごく一部だけを取り出しましたものがこれでございます。まず第1表をご覧になつて頂きますと、密封線源として、線源利用として、ラジオグラフィーを除きまして使われておりますものは、土木建設業では中性子水分計と $\gamma$ 線密度計と含泥率計の三つだけでございます。しかもその台数というのが非常にわずかなものでございまして、中性子水分計は25台、 $\gamma$ 線密度計は19台、含泥率計は5台ということにございまして、それを使つている事業所の数がそれぞれ9、6、2、というわけでございます。それでその中性子水分計、 $\gamma$ 線密度計の全体として日本にありますものが、その下にあります59台とか84台とかいうものでございまして、

その中の数十パーセント、20～30パーセントぐらいのものを占めているにすぎないわけ  
でございます。

次にその下の図を見ていただきますと、これは上の表のパーセンテージを書いたものでござ  
いますけれども、土木建設業で中性子水分計は約42パーセント、γ線密度計は約23パーセ  
ント、それから含泥率計は39%でございまして、あとは全部、官公庁でもついているというこ  
とになつております。それから次のページの台数の増加状況をご覧になつて頂きますと、γ線  
密度計と中性子水分計の増加はそのようございまして、年々約10台位の平均した増加でござ  
いますけれども、昭和39年から40年の間ではかなり大きく伸びておりますけれども、こ  
れはちょうどその時期に、密度計とか水分計とかいうものを土木建設の方に使つたら非常に良  
いことがあるということのいろいろな講演とか、あるいは勧める会が多かつたということによ  
りまして、ここで進展をしたわけでございます。伸びはその後あまり伸びませんし、また現在  
ではどつちかというと段々減つてきているというような感じもするわけでございます。それか  
ら含泥率計につきましては、ここに書いてございませぬけれども、それは41年まではいくら  
かづつできてきましたが、41年以降は一台も増えていないという状況でございます。それか  
らそういうものを使つております事業所数と致しましては、先程申しましたように、非常にわ  
ずかでございます。水分計で9カ所、密度計で6カ所という程度にすぎないわけで、その代  
り、持っているところは1カ所に3台か4台持っているといつた状況でございます。それから  
ここに書いてございませぬけれども、現在そういうものを使つておりませぬいろいろな土木建  
設関係の会社の20社につきまして、今度使うおつもりがありますかという質問を致した  
のに対して、使うつもりがあると云つたのはたつた2社でございました。あとは使うつもりが  
ない、あんなものは役に立たん、という返事でございました。次には、その次のページに書い  
てありますような、水分計及び密度計にいろいろな形式があるわけですが、その下の図  
にありますような、どういう目的で使われているかということでありませぬけれども、だいたい  
施工管理の中の土工管理にかなり多く使われております。土工管理というのは何かと申すと、  
土をしめ固めました時にちゃんと固まつているかどうか、あるいは地盤改良を致しますが、  
その改良工事がちゃんと出来ているかどうか、あるいは地盤の安定性はどうかといつたような  
調査を致します。要するに土木には土地に土を入れて固めるような仕事が多いわけで、その調  
査でございます。その他のものは比較的少ないのですが、舗装というの、その中にある水分  
あるいは密度などを計つておく必要があるということから、施工の管理でいくらか使いますが、  
コンクリートの品質管理というのは、コンクリートの中にコンクリートののびます時にどれだ

け水が入っているかということで、コンクリートがのびますダクチャープラントなんかにはぼちぼちくつついておるといつた状況です。地盤調査は、岩盤とか地盤の一般的調査といつたことにかかなり多いわけでございます。あるいは表層土壌の調査、これはどれもあまり違いませんがこういう土の、あるいは地下水の調査に使われているわけでございます。こういうことから見ますと、アンケートを致しました結果によりますと、こういう水分計とか、密度計を使つていろいろ管理をするとか、調査をするとか、検査をするとかというのは非常に有効な方法であるということに対しては誰も異議をはさんでいない。今迄の普通のやり方では測れないものが測れるわけです。たとえば、土の上にコンクリートを打つた時、コンクリートの厚さがちやんと規定の厚さだけあるかないかというようなことが、現在では所々実際に敷試してみても厚さを測るわけですが、そういうものがだいたいにおいて測れる。あるいは水分なんかでも sampling をしてやつていたわけですが、それがそんなことをしなくてもできる、というような非常に良いことがあるということは誰も否まないわけでございますけれどもしかし実際に何故使われないのかということ、まず第1はめんどうくさいということ。これはまことに妙な話ですが、施工する人にとっては、検査なんかはなるべくしたくないわけです。今はたとえばコンクリートを使つた時に、いくらあるかというのは、たとえば道路ですと100メートルに1個ずつとつて試験をしろという規定になつておまして、それをやればいいので何も一つ一つ全部についてそんなもので試験をする必要は施工業者からみればない。ところが注文主にとつてみれば、100メートルぐらいずつとつてもらつたんでは非常に不安ですが、現在それ以外に方法がないと思つているから、それでがまんしているということでありまして、我々が今までこういうものを使いなさいといつた相手がまちがつていたということ。どこに言うべきかと言へば、そういうことを頼むところに言うべきであつた。ですが、そういうことは皆さんで存じない。施工業者はそういうことは知つてはいるけれども、そういうことを言つてやれと言われたら大変ですからだまつている。こういうのが第1の原因であります。それから第2の原因は、今申しましたようにだいたい屋外でやる試験でありますのに、計器がすこぶる屋外用に出来ていないということです。屋外に持つていつて使いますと、すぐ故障を起こしてしまいます。どこでも使うのに、使う途中で何べんか直さないと使えないというのが実際に、あんなめんどうくさいものはもうご免だ、というのが第2の原因であります。それから第3の理由は、先程もちよつとお話がございますように、やつぱりいろいろ許可を取るのがめんどうくさいということでございます。でもこれは密封線源ですからそれほど大変ではないわけですが、とにかくめんどうくさいということがあるわけです。そういうような事がかなりこれが使われない原因であるという

ことになつてるのでありまして、我々として今、もう少し使わせるとすればどこに重点をおくべきかという、やはり計器をよくすることが第1というか、一つであると思います。あるいはもつと第1は、施工を頼む側、発注主の方にこの検査をなさいと言わさなくてはならないということでありまして、ですからたとえば官公庁から出すようなものの注文の中に、仕様書の中に、必要なところはこういうもので検査が出来るんですから検査をしろ、ということが仕様書に書いてあれば、これはやらざるを得ないし、またやつた結果は注文主のところにプラスとなつて戻つてくるのですけれども、それが今行なわれていない。ということが、今頃になつてそんなことを言つているのは馬鹿な話ですけど、やつとわかつてきた、というのが実情でございます。たとえば道路公団のようなところでこういうものを取りあげて、検査の中にこれをお含めになれば、これはもうどの業者でもやらざるを得ないわけですから、もつともつと発展し利用が開けると思うわけでございます。そしてまた、ちやんとした工事が今よりか、少なくとも期待できると思うわけでございますけれども、それが今行なわれていない。その辺から実ははじめていかななくてはならないのではないかと、とこういふふうに感じております。

それから次にラジオグラフィーでございますが、ラジオグラフィーにつきましては、これは普通ラジオグラフィーの専門の業者がおるわけでありまして、これにおまかせをするのが土木建設の方からいつたら一番いい方法であると、まあこういふふうに考えます。自分のところでこんなものを持つていて、それを持つていつて試験をするなどというのは、どうも愚の骨頂であつて、その専門業者に頼んでやらせて、結果さえもらえばいいのですから、そういうふうな方法でいつた方がいいだろう。で、現在ラジオグラフィーをやつてくれます業者は、かなり大きな100名から500名ぐらいの人間を擁しておりますのが4社、それからその他5名から20名位までのものも含めると、とにかくかなりたくさんの業者があるわけで、そういうものを少しよく育てまして、それにすつかりまかせていけばよろしいのではないかと考えております。

次にトレーサー利用でございますけれども、トレーサー利用につきましては、これは非常に沢山の利用方法がございます。これは皆さん御承知のとおりでここでくどくど申し上げる必要はないと思ひますけれども、たとえば表流水の調査とか、地下水の調査とか、あるいは漂砂のような堆積物の移動の調査とか、あるいは拡散及び汚染・研究とか、あるいは漏水の調査とか、それから上下水道衛生設備のいろいろな調査、あるいは建設材料の試験、これはコンクリートのたとえば混合なんかにつき水分計を使いましたが、それではなくつてトレーサーとしてもものを入れていくという方法もあるわけでありまして。それから先程申し上げました天然放射

性物質を使つていろいろな調査をいたします。それからもう一つは、最近、かなり使われてきておりますのはアクチバブルトレーサーで都会の中の川の水の流れなんかの調査、こういったものをやっていますが、これはほとんどが調査でございまして、そしてものによつては設計段階において必要な資料を得るために有効な手段であるということにはわかつておりますが、現在までこれが土木建設の業者によつて行なわれた例は1つもない、ゼロでございます。今までやられたのは全部官公庁の研究所によつてやられた。それ以外のものはございませぬ。これは業者の方でも、もちろん、出来るものならやりたいという希望はあるわけでございますけれども、実際には非密封のトレーサーを現場で使うということは、まわりの人、住民に対する、何といひましようか、いろいろめんどろな話をしなくちやならん、そういうことにとても耐えがたいからやらないというのが実情です。その他に非密封のトレーサーを使うということにはかなりいろいろむずかしい面もありますし、専門家が十分ないということも入つておりますけれども、しかし一番主なごとはそういう人達にやいやい言われるのを何とか話をして、場合によつては補償も少しして、そしてそんな物を使うくらいならそんな事をするのをやめておこうというのが普通の考え方ということになります。

時間も少し超過いたしましたので、少し簡略にしますけれども、だいたいそういうのが現状でございますので、結局これと何とかもう少し使うようにもつていきたいということの為には何をすればよいかということは今まで申し上げたうちかなり話したことでございましてけれども、まとめて申し上げますと、まず第一にはPRをしなくちやならないわけです。まだ土木建設の方ではPRをしなくちやならない段階なんですけれども、PRの相手が第一にちがつていたということでもあります。これは今からもう一べん考え直してPRの相手をかえてやらなくちやならないということを先程申しました。それからもう一つPRといたしましては、先程の一般の住民の人達にPRをして、もう少し、本当にその危険度がどの程度であるかということを理解していただくことによつて、その使用がもう少し楽になるようにしなければならない。土木建設の利用というものは全部屋外、あるいは現場でございますから、そういう所で使いやすいようにしなければならないということでございます。

それから第二番目は測定方法の規格化と申しますが、いろいろな場合の測定があるわけですが、一応、もう少しどうしたらいいかということについては、規格化した測定法を決めておいていただくと、要するに、さつきも申しましたように、仕様書なんかに取り入れて使ってもらうようにしなくちやならんということになりますと、やり方についてはつきりした規格が決つていないと仕様書にとり入れていただくのに現在では困難を感ぜますので、こういうも

のはこういうやり方でやるんだという、はつきりしたきまりを作らないとこまるということでもあります。

それから第三番目は測定器の改良でございまして、もつと現場用の測定器を開発していただきたいということ。これにつきましては我々は、メーカーに対しては、もうずい分声を高くしてやつて参りましたけれども、一向やつていただけません。それはそのはずで、なにしろ日本国全部でも数十台では、これはやつてくれないのがあたり前かもしれない。で、これについては、政府か何かでもう少し援助していただくという必要もありましようけれども、もう一つは大メーカーに頼んでいたんじやだめだということを感じております。やつぱりこういう機械の専門メーカーを育てることが必要じやないか、小さなメーカーでいいけれども、これで食っているメーカーを作らないと、とても大メーカーにお願いしたんでは、我々のほしい計器は作つていただけないんじやないかというような感じが現在しております。これはあるいは言い過ぎであるかもしれませんが、そうであればお許しを願いたいと思えますけれども、何かそんなような感じがいたします。アメリカあたりでも実際我々が使うのに都合のいいような機械は、実はあまり無いんですけれども、それでも日本よりはいくらかましなものはやはり小さなメーカーで作られているということでございます。

それからその次は法規の改正でございしますが、特に屋外で使います場合に対する法規を、もう少し使いやすいようにしていただきたい。これは先程の、前のお話の時にも非常にくわしいことがございましたけれども、あれに似たようなことは沢山ございます。これについてはやはり産業会議、あるいはアイソトープ協会といつたような所で相当腰を入れた検討をしていただいて、そして法規を直していただくというようにもつていつた方がよろしいのではないかと、こういうように考えております。

それから最後に、特にトレーサー的な調査なんかに使いますのは非常に多岐にわたる。為に一つの土木建設の会社が、それだけの知識をもつている人をなかなか雇いきれない、持ちきれない、あるいはそれに必要な機械を全部そろえきれないという現状でございしますので、そしてしかもそれが、そう毎日毎日あるものではなくて、1年に1回しかないかもしれないし、あるいは2年に1回しかないかもしれない、それもかなり突発的に、すぐやらなくちやならないというようなことが非常に多いわけでありますから、こういうことを頼めるところをつくつていただきたいということでもあります。自分のところで機械その他を備えていなくてもお願いすればすぐにやつて下さるようなところが、お願い、あるいは少なくとも御相談にのつていただけるセンターといつたようなコンサルタント的なものを作つていただきたい。これは現在日本原子力

研究所の中にそのようなものを目的とした所が出来ておるわけで、それは御承知のとおりだと思いますけれども、残念ながらまだ現在では、到底我々の希望にはそい得ない状態でありますので、あるいはそこをもつと拡充していただくということが一番いい方法かとも思いますけれども、いずれ何か、私共が、こういうトレーサーで調査がしたいという時には、すぐに御相談にのつていただけ、あるいは引き受けてやつていただけるというような所を拡充をしていただきたい。こういうようなことでございます。

それから最後に技術者の養成ということがございます。これは現在、たしかに我々の所にもそういう技術者が足りないし、またさつき言つたようにPRの相手がまちがつていたという、そのまちがつていたところにもこういうある程度知識のある人を配置しませんと到底いけないわけでありますので、そういう技術者の養成、とくに先程もお話しにあつた、もつと初期の段階からアイソトープということに対する理解を深めておいていただく方を沢山作つて、そういう方をいろんな所に配置して、そしてアイソトープの利用ということを本当に理解していただけるようにしたいということが最後でございます。

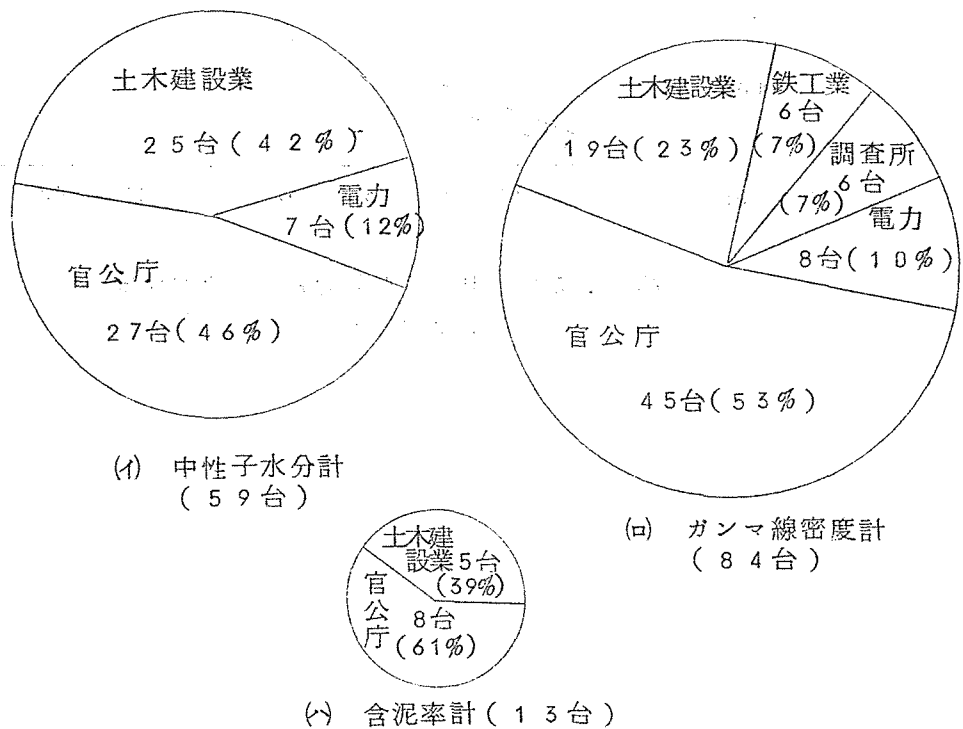
以上が大体申し上げたことでございますけれども、以上の中で土木建設業者自体の問題であることも沢山あります。たとえば今申しませんでしたけれども、土木建設業者というのは非常に保守的でありまして、大きな仕事をやつておりますから、もし万一まちがつた時には大へんなことになるものですから、なるべく新しいことは躊躇して、今までの範囲で、本当に大丈夫だというものしか使つていかないという面がありますが、そういうようなことだとか、その他土木建設業者としてのものに帰せられる問題がありますけれども、これは別といたしまして、政府とかその他の所に要望する事項といたしましては、先程から申しましたことですから、ごく簡単にくり返して申し上げますと、やはり我々の所では、PRをするということが第一であるということ、それから最後に申しましたコンサルタント的な組織を作つていただきたいということ、それから計器をもつと我々に適したものに研究を進めていただきたいこと。それから法規が我々には非常に不都合な点が多いということ。それから最後に、学校その他でアイソトープということについての課程をもう少し取り入れて皆さんの御理解が深まるようにしたいと、これだけのことを要望事項としてあげたわけでございます。

以上、大へんまとまらない話で恐縮でございましたけれども、我々の方で検討いたしました結果の概要を御紹介したわけでございます。

第 1 . 1 表 使用機種および台数

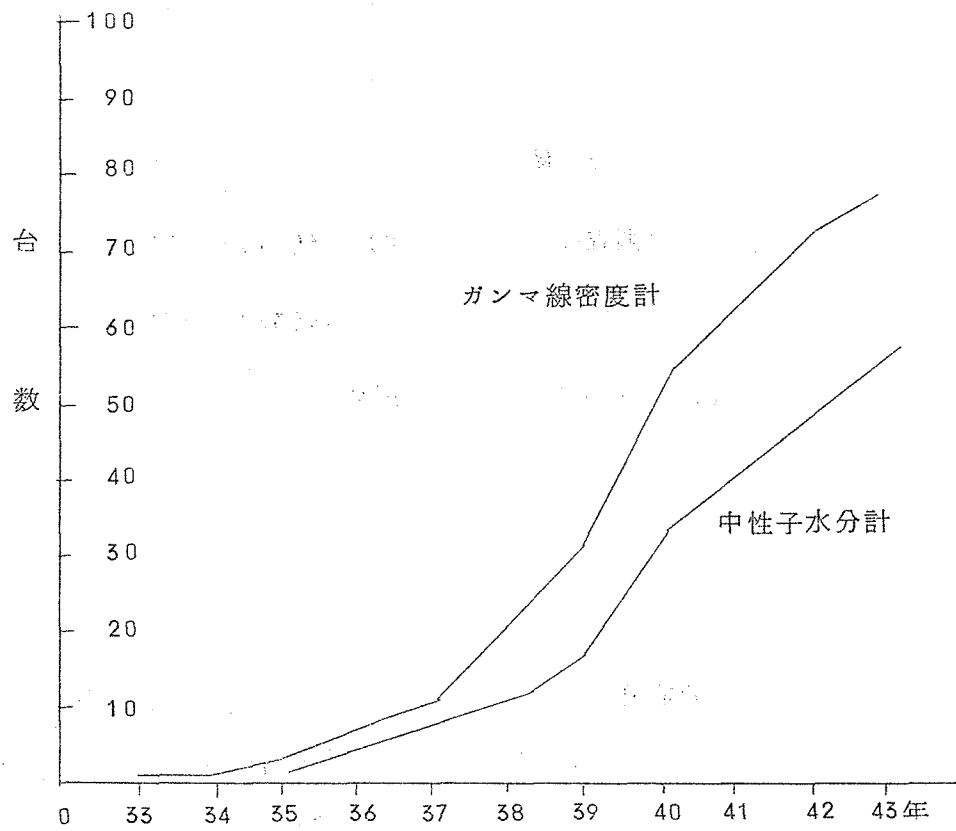
種 類 事業所の種類	中性子 水分計	ガンマ線 密 度 計	含泥率計
官 公 庁 関 係	27(12)	45(23)	8(3)
土 木 ・ 建 設 業	25( 9)	19( 6)	5(2)
鉄 工 業	0( 0)	6( 3)	0(0)
電 力 関 係	7( 3)	8( 4)	0(0)
地 質 調 査 機 関	0( 0)	6( 1)	0(0)
計	59(24)	84(37)	13(5)

(注) ( ) 内は使用事業所数



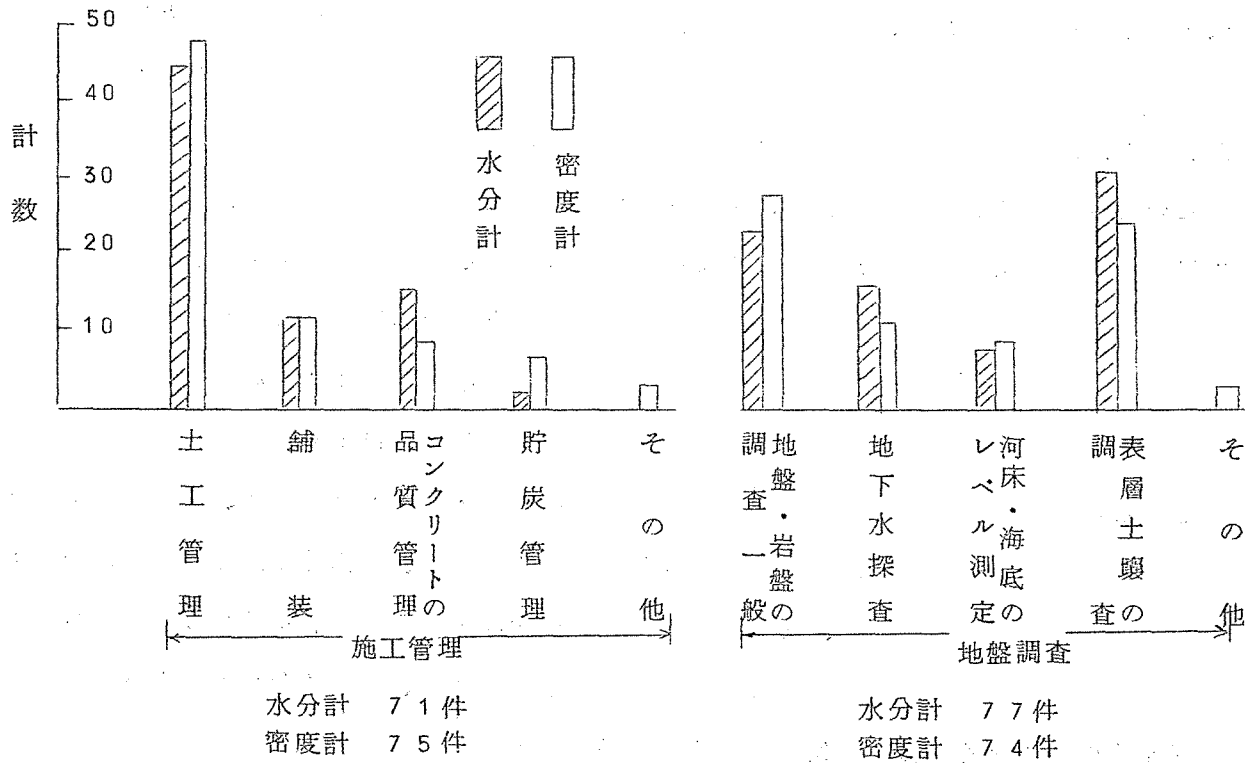
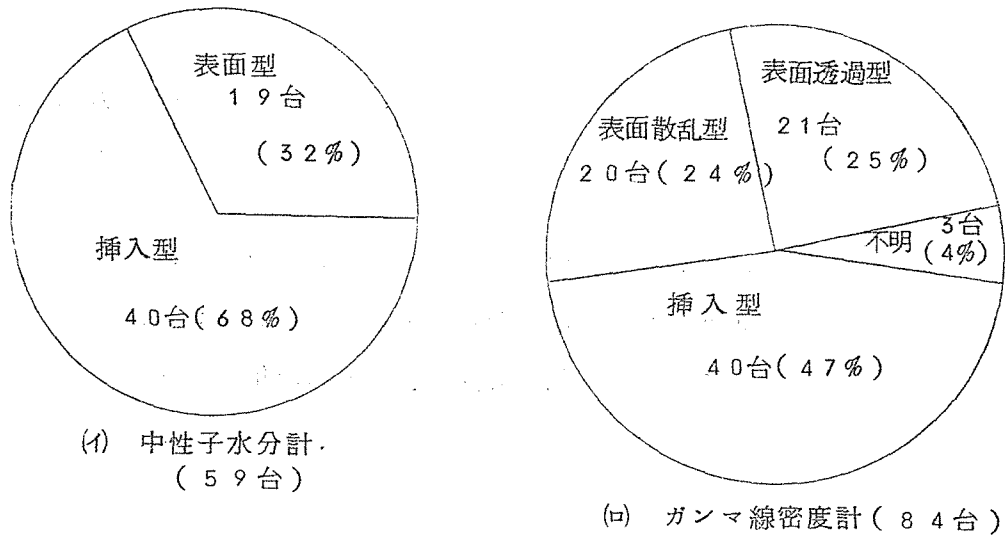
第 1 . 1 図 機器の企業別設置台数





第1.2図 中性子水分計およびガンマ線密度計の年度別保有台数

第 1.3 図 水分計および密度計のプローブ別台数



第 1.4 図 水分計および密度計の使用件数

## V . R I ・放射線機器工業の現状

日本原子力研究所

理事 山崎文男

ただ今、鉄鋼業と土木建設業、その方のアイソトープの利用の現状、あるいは問題点を伺いましてここではやはり同じように原子力産業会議の中に設けられました放射線、あるいはアイソトープの機器工業、いわゆるメーカー側の懇談会、これは昨年五月に設けられまして、以後長い間検討して来た結果がだいたいまとまりましたので、これを御報告いたしたいと思いません。

ただ今両方の方から、たとえばもつと価格を低減できないかとか、あるいはもつと頑丈な機械ができないものかとか、あるいは専門、大メーカーじゃなくて専門メーカーといえますか、小さいメーカーでやつた方がいいんじゃないかとか、いろいろ御注文もあつたように存じますが、この懇談会においてやつて来たことについて御報告申します。

この懇談会では計測部会と、それから線源部会とに便宜的にわけまして、それでそれぞれの項目、つまり現状を分析した問題点の摘出と、そういうことを行なつて来て、今後どうして積極的に進めていくかというようなことについての要望事項を摘出して来たわけでございます。

それで計測部会と申しますのは、先程から問題によく出ております計測器が中心になるわけでございます。これも中でまた便宜的に分類をいたしまして、検出器、つまり放射線の直接感ぜるところでございます。たとえばガイガー・ミニラー・カウンターとか、あるいはシンチレーション・カウンターとか、そういうようなディテクターと、検出器部門と、それからこれを今度は電氣的に増幅するとか、あるいはエネルギーを測定するとか、そういうような放射線分析用の機器と、それから番目に核医学の機器と申しますか、近ごろ急にお医者様がアイソトープを治療じゃなくて診断に使うということが非常に進んで来ております。この部門が大体核医学と、場合によつては放射線医学というように言つた方がいいかもしれませんが nuclear medicine という、そのためにその診断に都合のいいような機器があります。これが量的に非常に多いので、これをまた別にわけました。それから放射線が人体に対する影響が非常にやましい状況の日本でありますから、この放射線から人間を守るために放射線のモニターと、あ

るいはサーベイメーターといったような、人体保護のためのものの部門、それから先程鉄鋼業、あるいは土木建設業、この方にもございましたように工業的な計器と、それから6番目に、これに関連して小さい補助材料、あるいは測定のために必要な材料、たとえばシンチレーション・カウンター、液体のシンチレーション・カウンターを使う時にはそれを、サンプルを入れるガラスのビンとか、あるいはそういうような吸収を計る吸収体とかというものがございしますが、そういうものを6番目としました。このようにわけて検討して参りました。御承知のように、もうアイソトープの利用ということは広く、古いところまで持つて参りますとラジウムの発見にさかのぼるのかもしれませんが。それで戦争前までは、ほとんどは、放射能の利用といえはラジウム、それもお医者さんが治療に使うものと、それからもう一つは夜光塗料、これは一般の人が使い、また航空計器で非常に沢山使われて、こういうのが主だつたわけでございます。御承知のように1934年にフランスでジョリオ・キュリーが、要するにキュリーの娘さんによつて、人工的に新しいアイソトープを作るということができて、これは全く天然の放射線源を使つて普通の軽い元素から人工的に放射能を作つたわけでございます。それが引續きまして、加速器いわゆるサイクロトロンとかバンデグラフとか、そういう加速器をもつてアイソトープをつくるというわけで、段々と種類が多くなりまして、それでトレーサー的な利用は非常に進んできたわけでございます。しかし何分にも出来る量は少かつたんでありますが戦後に御承知のように、戦争中に原子炉というものができて、それでそこで副産物として非常に大量のアイソトープができるということになつて、事態は一変したわけであります。それでその前は大体アイソトープの利用をしようという方は、この放射線のいわゆる今日申します機器というのは自分で作つていた時代でございます。全部実験室で自分で組み立ててこれを作るところが戦後いよいよ日本でアイソトープの利用が出来るようになりますと、むこうではもうそういうものが商品になつて出ているということがわかりまして、日本でもそれではやろうということになつたのが昭和25年でございます。で、最初にはともかく一番簡単にできるというのでローリツツェンのエレクトロ・スコープとかというような今からみますと博物館にでも入れたいような機器でもつて、これがスタートしたわけでございます。もちろんアメリカにおきましてはその前に原子力の事業としてこういう機器は非常に進歩していたわけでありますが、日本では残念ながら戦後もこの方面の研究は全部ストップされておりましたので、非常に貧弱であつたわけであります。しかしこの関係の民間の企業の方は非常に熱心にこれをすすめられて、そして段々と増えてきて、ようやく日本でも講和条約ができて、31年から30年頃から日本で原子力をやるということになりました。それで原子力研究所ができ、あるいは放

放射線医学研究所が出来るといふようになりまして、この方面も段々と活発に進むようになって来たわけです。それで今申しました放射線機器が、どういふように生産が増えて来ているかという現状を申しますと、そこに第一図に、これは31年からの統計が、しつかりしたのがございますので、これを示してございます。上の方に書いてありますのが通産省の計画と実績と、それからそれに対して輸入はどの位であると、それを下に図に書いてありますが、結局ここに産業用放射性物質応用装置というのは33年頃からずつと出て、ただ今増えております。それでそれに対して、同じものが輸入でどうなつていふかをみますと、輸入はやはりかなり伸びて来ていたんですけれども、40年頃からは横ばい、というような状態にございます。次に第3図に移つていただきますと、これはその中で先程からございました密度計、あるいは含泥率計とか水分計とか、それから厚さ計、レベル計、こういうようなものが産業方面でどういふように使われているか、使われている機械がどう伸びているかというのがここに台数で出ております。これは科学技術庁の原子力局の方で調べた統計でございます。それから次のページの第4図にはこれは同じようなのが電気計測器工業会の統計によりましてどうなつたかという、放射線の計器というの一番上にありますように、だいたい18億であります。これに対しまして放射線工業計器は6億位の生産で、一般の工業計器は、ここにありますように右のスケールを見ると530億ですから、これで見ましても非常にまだ生産額からいいますと微々たるものでございます。しかしこの上昇の傾向はかなり顕著なものではないかと存じております。放射線の測定器の現状をいろいろ申したんでございますが、同じようなことを放射線源について申しあげます。

放射線源と申しますのは、今申しましたような原子炉で生産される――主として原子炉でございまして生産されるアイソトープと、それから人工的に粒子を加速しまして、そして人工的に大きいエネルギーをもつた電子、あるいは重粒子をつくるという両方がございます。でこれを担当した方の部会におきましては、これは利用方面からわけまして放射線化学用の線源と、これは高崎研究所でやつているような放射線の化学の線源利用と、それから今ようやく緒につきました食品照射の線源と、医療用の機械、器具等を滅菌するために使う線源と、放射線で治療をするための線源、それから次にラジオグラフィ用線の線源、その他の線源として放射化分析用だとか、あるいは螢光エックス線の分析とか、そういうその他の線源というようにわけて仕事をすすめて参りました。この中でまあ全部、非常に沢山の報告がございまして放射線化学の線源というの、ただ今申しましたように、主として大きなメーカー、その関係の産業の方でお使いになり、あるいは先程申しました原子力研究所の高崎研究所、そこで30万Ciという

ような大量のコバルト線源をもつて照射しております。また同じようにそこではいくつかの加速器をもつて放射性の化学用の線源として使っております。それから食品照射の線源につきましてはこれはまだ量としては少いでございますが、やがて中央に集まつて共同の利用の施設を作つて、これからスタートしようというような状態でございます。で、何と申しましても一番多く使っておりますのは、やはり医療用の照射でございます。これもまた、歴史も非常に古く、余談でございますがラジウムを使つていたような時代にも、ラジウムでやはり今日使っておりますコバルトを主に使っております。照射というああいう術を使いたいということは、ずい分考えた人が多くあつたわけでありまして、何しろラジウムの1グラムというのは非常に高価なものでありまして、これを何+Ci、あるいは何百Ciというように用いることは、とうてい不可能なようなことであつたのですが、こういうことをあらかじめ計画していた方は、原子炉ができますとコバルトを使つてそれをやろうということで、わが国へも昭和27年頃、いわゆるマルテイキュリーソースというのが入つてまいりました。これが全国にどんどんと普及したわけです。これは当然なことでございますが、このアイソトープの利用と申しますと、当然どういうアイソトープが実際手に入るか、それから先程鉄鋼業の方の御要望もありましたように、これがどのような形態と申しますか、化学的 compound の形であるかということ、つまり核種とその compound それからまた1グラム当りにどの位の放射能をもつたものができるかと、いわゆる specific activity の問題、それから今度は total の量がどの位手に入るのかというようなことによつてまた新しい使い方が伸びてくる。それと同時に、この計測器が、車の両輪のように、こういうことまで計測できるとなると、また利用の範囲が広められていくわけでございます。それでその例として、今ちよつと簡単に申しましたが、質よりも量としてコバルトの60というのは当時1つの小さな塊が、数Ciのものが、はじめてはいつたんでございますから、今日ですとその同じ大きさのものが100Ci以上の、あるいは200Ciというようなものが手に入るというようになりますと、だいぶ量が質をかえたというような感じで、これが急に伸びていくということになります。それで第2図にございますのが放射線の治療に使われるアイソトープ、コバルト60のうつりかわりでございます。これも昭和39年からのデータがここに出ておりますが一番下にありますのは100Ci未満の量でございます。これとても昔のラジウムの時代にはとても実現はできなかつた量でございますが、これが昭和27年から1~2年の間続きまして、その次に、今度は大体医療用に使うコバルト治療は、これはみんな遠隔の照射の治療でございます、teletherapy の量でございます。これが大体50.0Ci位までが手に入るようになり、またそれを経済的にもやつていけるというので、

5000Ci位の時代が、この39年前にずうつとありまして、それでそれ以後というのは、これもわかりだと思いますが、大体10000Ciから30000Ciまでの間位のものでだんだんと増加をしているわけでございます。あとはほとんど横ばいと、もうはじめそういう装置をお求めになつた方はそれを続けてるというような現状でございます。

それでこれに対しまして、この遠隔操作の治療というのは、いわゆる発生器で、7、9、15、26、35と書いてあります。これがベータートロンとかあるいはライナックというような、加速器によつて遠隔照射の治療を行なうというものであります。これでもわかりますように、この数字の方は、だんだん伸びが急になつていくように見受けられます。これが線源の方の実際の伸びでございます、これから申しまして、将来大体30000Ciとか20000Ciというような、一個の照射器具の中に入つたものが伸びていつてしかも、今申しませんでした、これに使われている線源の大きさといひますか、ということは結局コバルト自身の specific activity も今日では、大体医療に使われているのは1グラム当り1000Ci以上のものがもつばら使われているというような状態でございます、アイソトープが使われだしましたわずか10年位のこと、はじめの頃に夢にも考えられなかつたような大量でございます。しかし一方、これはずい分お金も高くなりますが、外国では1グラム当り7000Ciのコバルトがもう出来たとかいうようなことを伝えてきております。

最近では国産でイリジウムの192というのがradiographyの用に使われるようになって参りました。これも先程から、法規の関係もございまして、大体1個当り100Ciと、これがその2種の免許をもつて、それで簡単に持ち歩きができるというのがその限度でございますために100Ciまでのsourceのイリジウムの192が最近非常に伸びてきております。これは特に申し上げておくことが必要かと思ひます。この他に、御承知のように燃料の再処理が始まりますと大量のfission productがここに処理の廃棄物か、あるいはやつかいなものとして残るわけでございます。これをどう使うかということにつきましては、もう20年位前から、アメリカではこれに関する研究をやつておりまして、そしてあるいはストロンチウムの大量の線源とか、あるいはセシウムの線源、あるいはクリプトンを利用するというように大量の利用ということが考えられておりましてたとえばこれを使つて直接に発電をし、それを人工衛星にのせて電池として使うとか、そういうようなその他の、大量にあつて初めて出来る利用というのがfission productに残された問題でございますので、この辺は今後の問題として考えなければならぬと思ひます。

それから次に経済効果でございますが、これは非常にむずかしいものでございまして、実際

行なつて、はたして出来るものかという感じをもつのでありますが、これにつきましてはわが国でも行なつたことがございますけれども、1964年のIAEAのアイソトープ工業利用の経済性に関する研究会議がございまして、それに提出された資料をもとにして、第1表にありますような結果がでております。ソヴィエトがかなり量から申しますと大きく1億ドルでございますが、1億ドルの節約は応用計器だけで、その他を合わせまして1億8,000万ドルの節約をしている。これに対しまして、アメリカは統計のとり方にもよりますが、6,600ないし1億ドル。世界全体をみまして大体300から400 million dollarの節約ができています。これは前の1958年のジュネーブのconferenceでも、アメリカ、ソヴィエトが同じような数字を、もつとこれより少ないんでございますけれども示したようなわけございまして、ともかくアイソトープのもつているpotentialというものはかなり大きいものということが出来ると思ひます。

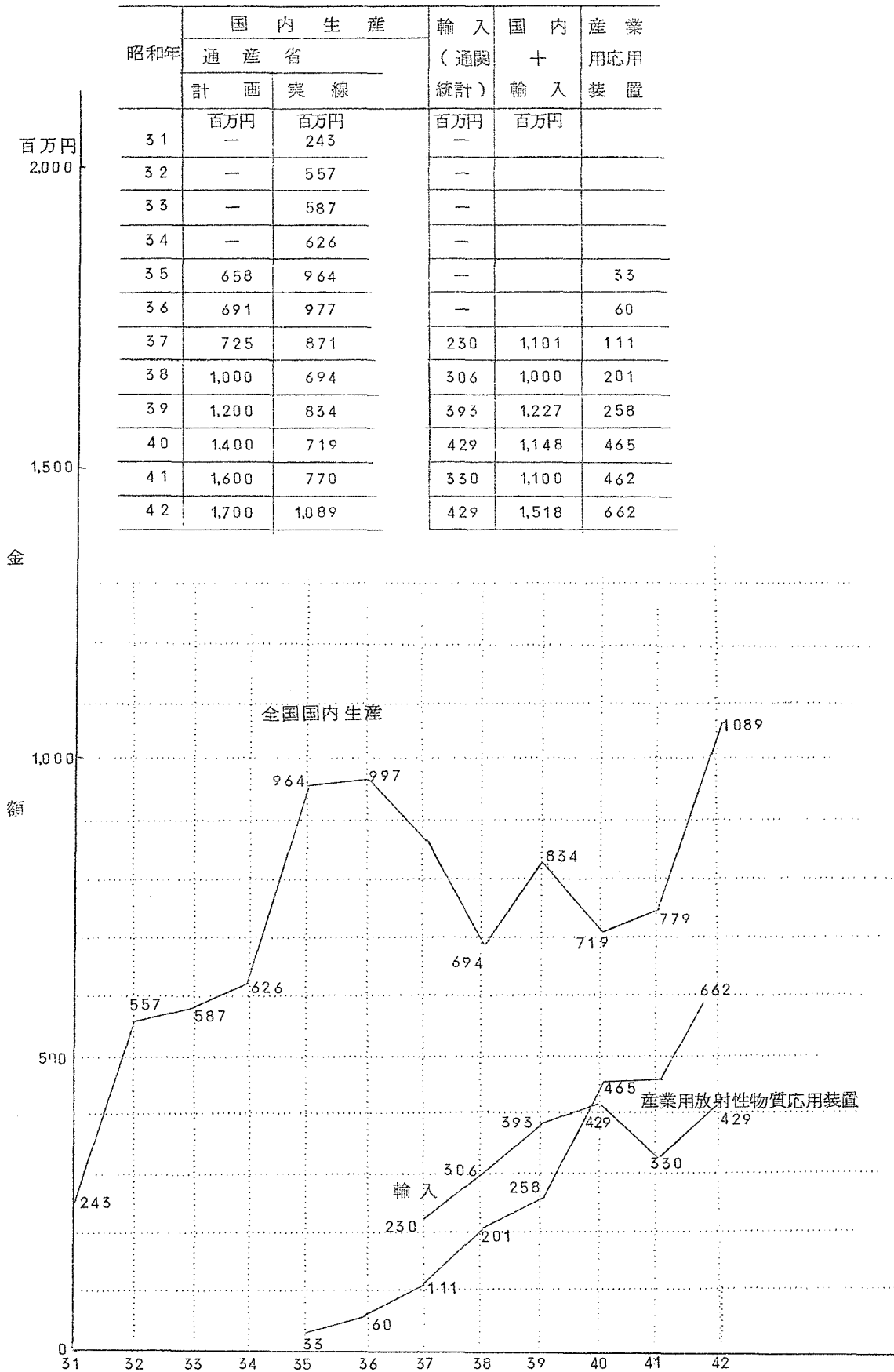
また計測の方に戻りますと、現在では特別の装置と、計測器を除きましてはほとんど国産で間に合つているというような状態に一応来ております。しかし、まだまだ、たとえばマルチ・チャンネルの状態を見ましても、800チャンネルまでは安心して日本のものが使える、しかしそれ以上、4,000チャンネルというようなのは向こうではあたり前のように使つておりますが、そういうところのものができないとか、あるいはシンチレーションのdetectorでも非常に大きなものと、これはお医者様の方で使うシンチレーション・カメラに主に使いますが、薄型のシンチレーターがまだ出来ないとか、いくつかございまして、ともかく一応大体のものが出来るという状態じゃないかと思ひます。ただ先程土木の方でお話がございまして、あるいは鉄鋼の方でございしましたが、ともかくこういうものの機械というのは、一品料理みたいにuserからの注文、注文で作つているというような状態がかなり多いんでございます。たとえば厚さ計にいたしましてもAという会社から注文したのが、そのままBには使えないというような状態でありますことは、これが遅らせている、その進歩を遅らせている。それからまた土木の方も注文は非常に少ないというようなわけで非常にそのために、一品のために多くの研究費をかけるということも非常に苦しいんであり、先程お話がありましたように、こういうのはやはり相当国家がめんどうを見てやらなければいけないことではないかと感じられます。それでそういうことを全部要望いたしまして、問題点を摘出した結果、要望事項として沢山のことが挙げられましたが、その中で主なものを申し上げますと、この1ページに1.2.3.4というように書いてございます。これを先程拝聴いたしました方々のと較べてみまして、非常に共通する点が多いんじゃないかと思ひます。それで、ここでは第一番目に、ともかくアイソトープ、



あるいは放射線利用に関する問題を、ともかく具体的に審議検討し、そして将来を指導していくような機関、恒久的な機関が、ともかく原子力委員会に何らかの組織として、下部組織として作つてほしい、そして体制を強化してほしいと、あるいは同じようなことが原産についてもそういう問題を一つ、恒久的な委員会なりでもつて審議していつてほしい。それから最近では、科学技術庁だけでなく、いろいろの部門に関する、関連をもつ問題がございますので、それに関連した、たとえば通産とか文部とか、厚生、農林、そういうところとも、十分密接な連絡をとつて体制強化してほしいということ。それから先程申しましたように、メーカーの方としましては、測定器を進歩させていくためには、あるいは線源をそれに合う様に開発していくためには、経費が非常にかさみますので、国家として補助政策をとり、またとても民間ではできないようなものにつきましても、国家の機関でそういうことを十分に研究していつてほしいということでございます。つまり、その他に税、輸入税とか、あるいは税制の優遇とか、そういうことも考えてほしい。それから、後は法的な規制、これは先程も皆さんから出ておりますように、もう10年以上同じ法律でやつておりました、時勢もずい分かわりましたので、これを十分検討してほしい。それにつきましても、そこに傷害防止法の手続きの簡略化とか、あるいはそういうような標準機種を作りまして、それは形式承認制度で、いちいちうるさい届け出がいらないようにするとか、あるいは安全性の高い遮蔽容器を基準で、つまりJISというようなもので決めまして、でお互いに安全性と互換性を高めるようにしてほしい。つまりそれによつて、それを使えば、法律の方は非常に楽にとおるといふような方法でございます。それから、実際に使いますoperatorの訓練機関を作つて、それを修了すれば、それが、使用資格に代つていふようなことも考えてほしい。それから四番目には技術者の訓練、養成訓練、あるいは学校教育、これも先程申された両方の懇談会でも同じようなことであると思ひます。それから今度は、これはこちらのメーカー側といたしまして、各機器をなるべく標準化し、規格化をいたしまして、それからお互いの機械が共通の規格で出来ていると、互換性があるといふようなものを作つて価格の低減をはかるといふことを要望したい。これは自分の方に要望するわけですが、そういうようなのが大体主なものであります。でこのようにみまして、アイソトープの利用は先程申しましたように世の中が進むと、つまりアイソトープの供給がこれを大きく左右しますし、また同時に計測器が、これを測るといふ技術が進歩しますと急にそこに飛躍をしまして、それで利用面が開けていく、といふことはもうこのわずか15年位の間に、初めの頃に全然なかつたものが現在では非常に行き渡つているといふのはいくらでも見られるわけでございます。今後とも非常にこの方面の進歩は激しいものと思われましますので、先程申しました

ように、どこかこれを十分に進行させる団体といいますか、委員会というものが作られることを強く要望しているようなわけでございます。

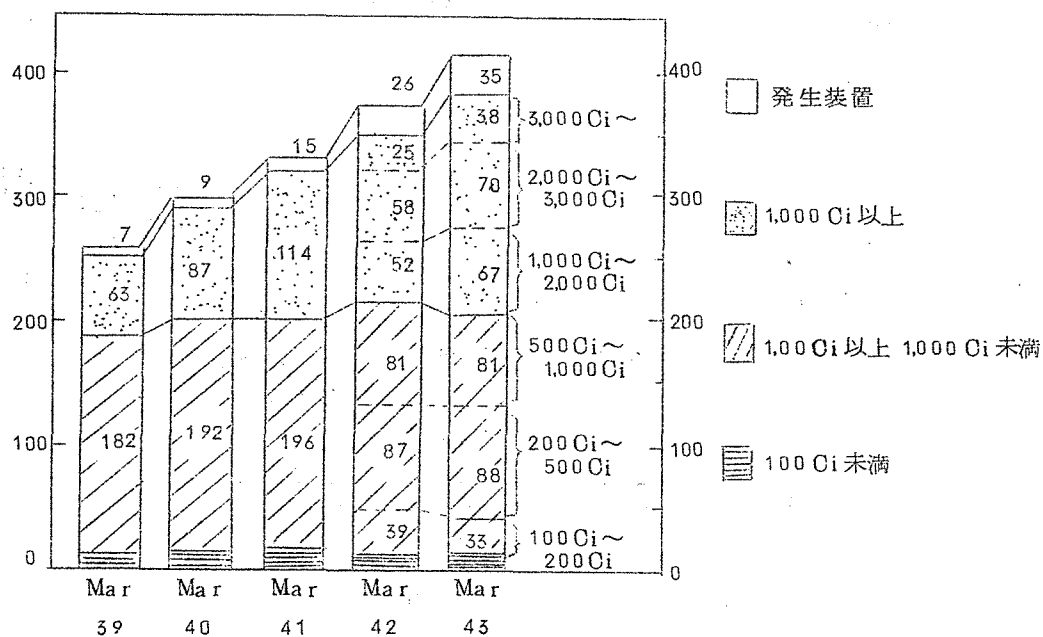
第1図 放射線測定器統計(通産省機械統計)



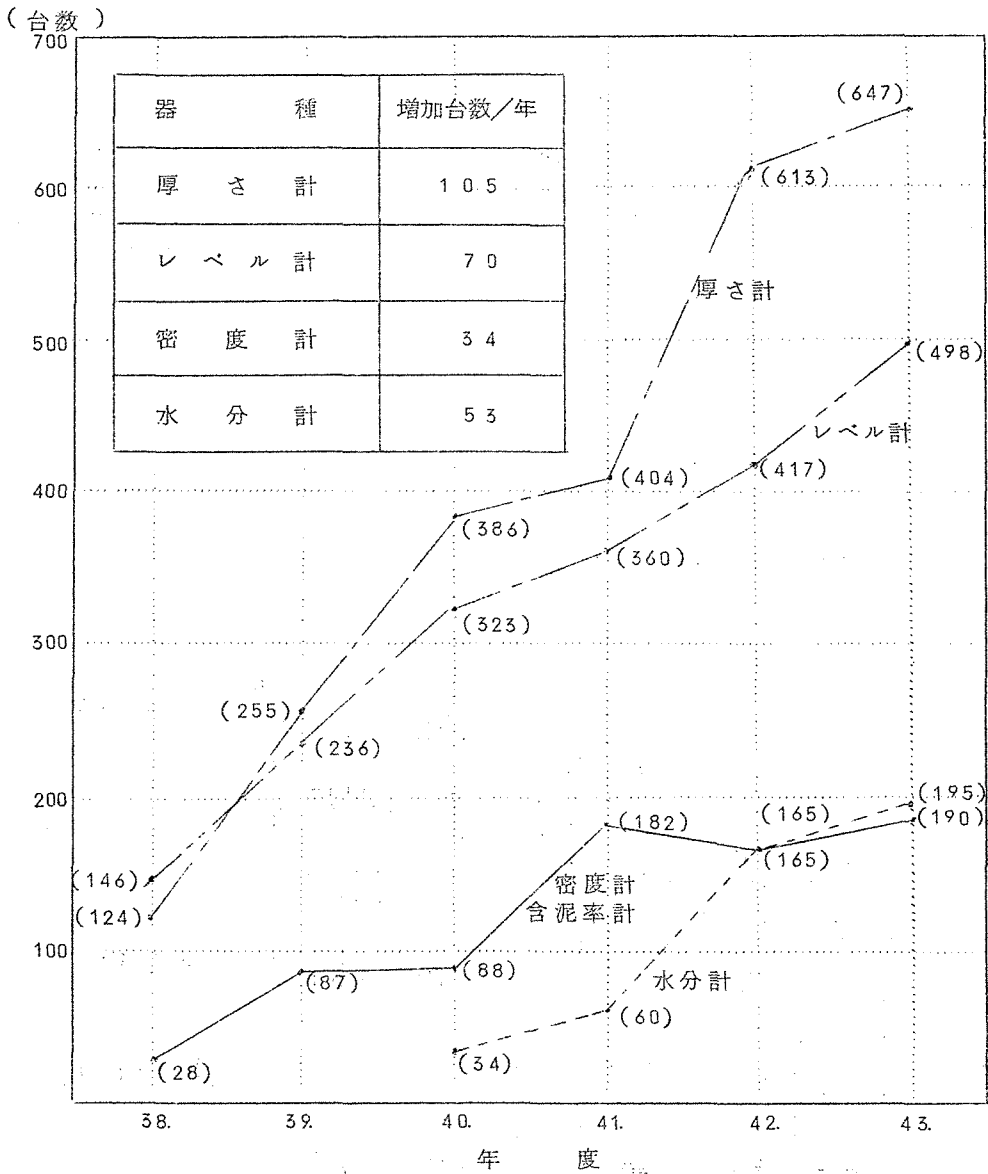
第1表 アイソトープ利用による全世界の節約高(100万ドル)  
(昭和36年~38年)

	24カ国 (1961~63)	米国(1963)	ソビエト(1961)	総計
応用計器	26.7 ~ 43.4	35.2 ~ 50.4	100	162 ~ 194
ラジオグラフィ	12.1 ~ 28.9	4.0 ~ 7.6	22	38 ~ 58
電離応用	1 ~ 2	—	—	1 ~ 2
テレビカメラ	10 ~ 40	27 ~ 48	58	95 ~ 146
総計	49 ~ 104	66 ~ 106	180	296 ~ 400

第2図 遠隔照射治療装置使用台数の年度推移

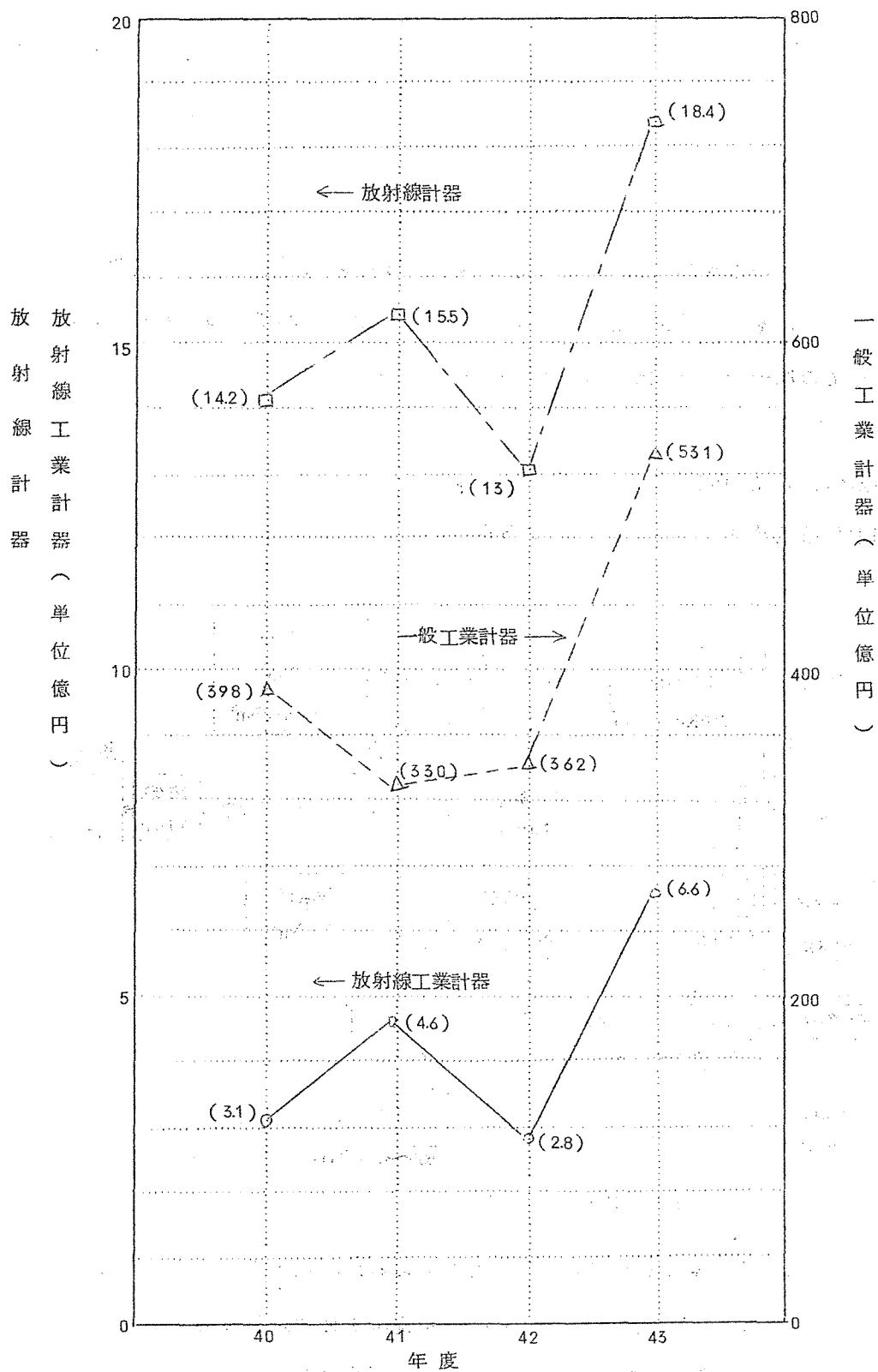


第3図 放射線工業計器々種別使用台数の年度推移



- 注) 1. 科学技術庁原子力局編  
放射線利用統計による。
2. 密度計、水分計はポータブル形を含む。
3. 年度(会計年度)

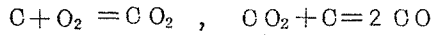
第4図 放射線工業計器の生産金額年度推移



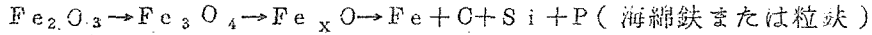
注) 1. 日本電気計測器工業会統計による。  
 2. 年度(会計年度)



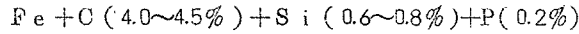
(1) 羽口前コークスの燃焼 (2000 °C)



(2) 上昇COによる間接還元その他の化学反応 (500~1,200 °C)



(3) 銑鉄の生成 (1,500 °C)



すなはち、コークス比は、重油による一部置換の他、(1)と(2)に効果があるという意味で送風温度の上昇、焼結鉱およびペレット配合率の増加、その他によつて低減する。

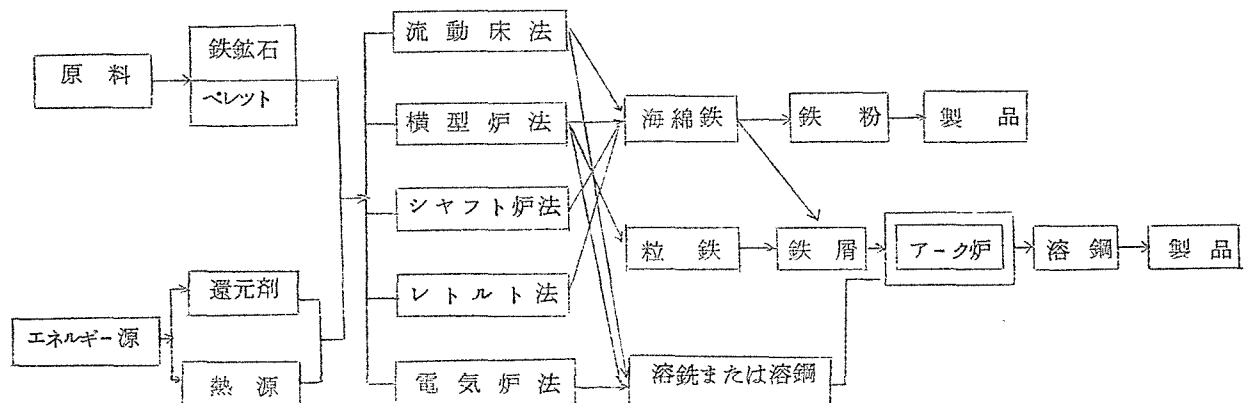
将来の大規模一貫製鉄所においてエネルギーバランスの見通しは極めて重要なことであるが、高炉について効率向上の限界を克服するには、鉄鉱石(焼結鉱およびペレットを含む)の予備還元、コークス製造および熱風炉操業などに従来の1次エネルギーまたは副生エネルギーに代わる原子力エネルギーの利用が検討されるべきであろう。

溶銑の酸化脱炭を主目的とする第2工程は、鋼種に応じて純酸素上吹転炉またはアーク炉が主体である。その両者は原理において根本的な差があるので、将来のエネルギー対策からみて基本的に見直しが必要であろう。

### 3. 高炉によらない製鉄法とその問題点

前項と同じく模式的に示せば図2の如くである。

図2 高炉によらない製鉄体系の基本図



すなはち、高炉法と本質的に異なるのは原則として還元剤(強粘結炭は使用しないのが建前である)と熱源が分離されていることである。還元剤は一般炭、各種混合比の( $H_2 + CO$ )など、熱源は天然ガス、重油および電気エネルギーが主体である。



一般的にいえば、この製鉄体系は原理において近代製鉄体系に先行したものであるが、高炉技術の進歩によつてきわめて特殊な例を除いては現行法と競合できないのが現状である。しかし、安価な電気エネルギーの供給または核熱エネルギーの直接利用という観点で原子力エネルギーの有効利用が総合的な視野から検討されることによつて将来の鉄鋼製造法に変革をせまる事態も予想される。

#### 4. 結 言

上述の問題については、すでに日本鉄鋼協会共同研究会原子力部会において学術的な共同研究が開始されている。わが国が鉄鋼産業において国際競争力を強化せねばならぬ実情からいつて、広義の原子力製鉄技術の開発に努めねばならぬことを強調したい。

## Ⅶ 原子炉の海水脱塩ならびに化学工業への利用

旭化成工業株式会社

常務取締役 角田 吉雄

ただ今御紹介にあずかりました角田であります。原子炉の多目的利用を考えます時に、まず第一に問題となりますのは、歴史的な経過をみても、また近い将来に於ける実現性から考えましても、海水脱塩と発電との二つを combine した二重目的原子炉が対象となります。で、この二重目的プラントに関しまして、代表的な例を二つ引いて、若干御説明したいと思います。

その第一の例は、これはまだ実現に至らなかつた、今なお計画中のものでありますけれども、米国の Bolsa Island Project でありまして、元来この Project は 1964 年の 4 月に計画されまして、Metropolitan Water District という California 州の Public Corporation が主になりまして、他に五つの公私の団体が一緒になりまして、Los Angeles の近郊の海岸沖で、海の中に人工島を作りまして 180 万 KW の発電をし、また海水を 1 億 5,000 万 ガロン / day、つまり 5.7 万トン / day の淡水を作るという計画であります。しかも目標とする電力単価は、KWH 当り 3 mil、すなわち約 1 円でして、また水の on-site cost は 22 cent / 1000 ガロン、まあ 1 トン当り約 2.1 円という、かなり野心的な計画で進んできたのであります。計画どおり進んでいたら去年の秋には工事の着手という段取りになつていたわけですが、予算を再検討した結果、当初 4 億 4,400 万ドルで出来るといわれたのが、7 億 6,500 万ドルになり、72% も予算超過になりますし、その他いろいろの問題もありまして、現在三つの代案を再検討中で、やゝ縮小して具体化の方に進むのではないかと考えられます。この予算超過は約 3 億ドルですが、大部分はやはり労賃と材料の値上りによる設備費の増加が主でありまして、この修正された予算では、水のコストも当初の目標であつた 22 cents / 1000 ガロンが、37 cent / 1000 ガロンとなるように、コストも予算超過となるわけであります。しかしこの間に非常に詳しい報告が発表されたり、またこの計画を back up するいろいろなもの考え方とか、またこの計画の基礎になつた大型 Pilot plant の実績とか、こういう技術的な集積が高く評価されてよいと考えられます。

次に第二の例としましてはソ連の二重目的炉があります。これはカスピ海の沿岸にあります Schevchenko という所で、電力にして約 1.5 万ないし 2.5 万 KW、淡水の製造能力は 1 日 12 万ないし 2.5 万トンという規模のものであります。炉は高速中性子炉でありまして、現実に建設中であります。去年の報告によりますと、完成も間近かだとかいうことでもあります。しかし

詳しい報告はありませんので、この程度のことしかお話出来ないのですが、発電と海水脱塩との二重目的炉としては、これら二つが、一つは近く実現されるであろうし、一つはやや遅れて実現されるだろうと思われまゝ。この他に、いわゆる計画としては、たとえばイスラエルでは20~30万KWの電力と1億ガロン/dayの淡水、インドでも計画中のものは、120万KWの電力と1億5000万ガロン/dayの淡水、それからメキシコではアメリカ-メキシコ協同のIAEA study teamが、電力200万KW、淡水10億ガロン/dayという計画を検討中であります。しかしこれら諸計画の実現性は、先の二つのものよりさらに遅れるのではないかと考えられます。

次に、これは極めて近い将来に具体化されるであろうと思われる二重目的炉に、発電と蒸気とを併産する方式があります。この第一の例としては、米国Michigan州のMidlandにありますDow Chemical Co.が、電力会社であるConsumers Power Co.と、タイアップしまして、今計画を具体化中のものがあります。このDow Chemical Co.は、米国の有数の化学会社でありまして、現在でもMidlandで、20数万KWの自家発電をもっております。たゞ、燃料としては石炭をOhio州から運んでおりますので、このことがDow Chemicalをして、この蒸気と電気の二重目的炉の計画に着手させている原動力になつていていると思います。この計画は、Consumers Power Co.が、工費約2億6000万ドルで、139万KWの電力を原子炉二基で発電します。この発電の大部分は、地域の一般需要にあてられまして、Dow Chemicalはその発電の約36%の供給を受け、同時に蒸気もConsumers Power Co.から、毎時400万ポンド、大体1800トン供給を受けるといふ二重目的利用になつていているわけでありまして、現在の見通しでは、その最初の一基がスタートするのは1974年で、二基目が1975年ということになつております。これは化学工業に、ことに電気と蒸気とを多量に必要とする化学工業には非常にattractiveな計画でありまして、Dow Chemicalは、Consumers Power Co.とタイアップした時には非常に遠い将来も考えて、長期の契約を結んでこの計画全体を可能ならしめる方向に持つていくようにしているわけでありまして、

その他ヨーロッパでは、主としてドイツにこの種の計画がありまして、Badische-Anilin of Soda社はその中でも一番計画が具体化に近いと思ひますが、これは電力としては80万ないし130万KW、蒸気としては毎時2000トンでありまして、Dow ChemicalのMidlandの計画より大きいものであります。

その他、HülsやHöchstがそれぞれ60万ないし60数万KWの発電と、蒸気との二重目的プラントを考えております。この規模での推定計算によりますと、Badischeあたりの発表によりますと、発電単価をKWH当り2円とみますと、蒸気はトン当り2000円位で出来るといわれています。これは重油の場合には、蒸気は600円ないし700円となると思うんですが、

ドイツの二重目的プラントでは、これらの3分の1位の単価で蒸気が得られるということで、われわれ日本の化学工業は、4、5年先には、こういう安いエネルギーで作った製品によつて、ドイツの有数の化学工業会社と競争しなければならないという事実を強く認識しなくてはならないと思います。

この蒸気と電気の二重目的プラントにおいて、いつも問題になる点は何かと申しますと、原子炉発電を建設するには、つまり計画から送電開始までには大体6～7年かかりますが、化学工業は大体2～3年で出来るということでありまして、そうすると、化学工業がこういう原子力発電とタイアップする場合には、化学工業側は常に4年間のriskというものを考えていなければならないという問題点があるし、もう一つ、オーバーホールの期間が両者の場合に差がある……つまり原子炉の場合には3～4週間で、化学工業の場合には2～3週間があるということが、両者間の調整に実際問題として問題点が残ると思います。

これらの計画ほど大きい二重目的プラントではありませんが、小型のものでは既存のものがありまして、ノルウェーのパルプ工場で蒸気の供給を受けているとか、地域暖房と発電との二重目的プラントがスウェーデンにあるということは、皆様すでに御承知のことです。

今まで述べました蒸気と発電の二重目的炉は、原子炉の化学工業への利用に関しての、基本的な形態であると思いますが、原子炉技術それ自体の発展に伴つて、また違った意味での化学工業への利用が考えられます。その一つは、高温ガス冷却炉であります。明日、専門家が数人講演されることになっております。このガス冷却炉の温度は、目下のところ、大体800度程度であります。この温度が高くなれば、いろんな方面に利用されまして、たとえば1300度以上であればMHDにも利用され、1000度程度であれば石炭のガス化等に、また800度程度であれば、メタンと水蒸気から水素を得るプロセスとか、いろいろ温度によりまして、化学工業への非常にユニークな利用が考えられます。

その次に非常に低廉な電力単価を目標としている種々の新しい炉が開発されていると報告されておりますが、たとえばMolten Salt Reactor というtypeの炉で、発電単価は、KWH当り1～2ミル、すなわち0.36～0.72円でありまして、大変期待の大きい電力コストであります。このように電力が非常に安いということを基盤にしまして、今まで考えられなかつたような化学工業の複合化が考えられるようになりました。あとでスライドでお見せしますが、非常に広大な土地、たとえば砂漠を化して沃野とするような計画で、海水を淡水化して灌漑にあてまた肥料工場をたて、総合的な農業開発を行ない、更にいろんな電力型工業をおこすというAgro-Industrial Complex という概念があります。

日本の産業にそれではこういう低廉な電気が望まれることは、論をまたないことではあります。複合体の形態としては、現在日本の置かれた状況において、海水工業と原子力産業を combi-

ne した、海水工業 complex というものが、非常に身近に考えられるんじゃないかと思えます。また、たとえば東京工業試験所で従来から提案されておられる海水の総合利用というの、これと原子力発電と組み合わせることによつて、次第に有利になつてきます。またこれから、時間がないので、簡単に説明しようと思えますが、我々の提案する方法は、こういう従来のエネルギーの総合利用という利点、いわば economical な merit だけではなく、プロセスに chemical な merit を追加するという一歩進んだ方法だと考えている次第です。

それではスライドによつて、簡単にこれから御説明します。

この第一のスライドは、これは想像図でありまして、先程御話しました Bolsa 島が、完成したらこのようになるわけでありまして、こちらが 1,500 フィート、こちらが 1,200 フィートで、約 40 エーカーの人工島であります。これが原子炉、この三つが淡水製造用の蒸留工場の三系列であり、これが淡水を本土に輸送したりするための Causeway みたいなものであります。これがこの通り本当に出来ると立派なものとなりますが、全体の土地、設備その他の諸経費の値上りによつて、縮小されて実現の方向に進むと思えます。次願います。

これは Dow Chemical Co. の Midland における工場がここにありまして、この工場から川一つへだてた所に、Consumers Power Co. の発電所が建設される予定であります。発電プラントと、化学工場との中心の距離は大体 2 キロメートルであります。また化学工場から住宅地域までは 2~3 キロでありますから、Dow Chemical としては、原子炉が安全であるということを今から、会社の機関を通じて、さかんに PR しています。私としては、住宅に非常に近い所に、安い電気と蒸気を発生する大規模な原子炉プラントが出来るというあり方が、非常に大事なことだと思います。次お願いします。

これは砂漠を化して沃野とするような、Agro-Industrial Complex の想像図でありまして、各々 100 キロ、合計 200 万キロの原子炉で、このへんに蒸留工場があつて、かなりの面積を脱塩水を農業用水として灌漑して、電力の方はこれを農業に直接必要な肥料の製造に向け、更にアルミニウム、塩素、カセイソーダ等の電力型 Industry も行方ということでありまして。

次のスライド(第 1 図参照)をお願いします。これは先程お話しました海水脱塩の一つの考え方でありまして、従来の方法は大まかにいいますと、海水を例えばフラッシュ法で蒸発せしめて、蒸発した分はこれを凝縮させて淡水をとり、少し濃くなつた母液、すなわち中間かん水は廃棄します。この中間かん水の濃度は、もとの海水の約 2 倍になつていますから、この濃くなつた液を電気透析をしまして、然るのち、種々の塩類を回収するというプランが、東京工業試験所から提案されています。

次のスライド(第 2 図参照)をお願いします。これは私達の提案するプロセスの骨子であり

まして、中間かん水を電気透析によりまして濃縮液と脱塩液とに分離した後、濃縮液はさらに蒸発によつて塩類を回収し、脱塩液は淡水製造用の蒸発装置に供給することに特徴があります。また、この脱塩液は場合によつてはさらにイオン交換装置によつて特定のイオンを除去したのちに、蒸発装置に供給されることもあります。なぜこういうことをするかといいますと、脱塩液を蒸発装置に供給することによりまして、蒸発装置の缶液のなかの、スケール、缶石、の生成の原因となる主成分のイオンであるカルシウムイオン、硫酸イオンの濃度をうすめるためです。また、このようにすることによつて、一定量の淡水を得るための原料かん水の取水量が、従来の場合より少なくなります。つまり普通の方法では淡水1に対して、原料海水は2位をければなりません、この方法によりましてと1.1位でよいわけです。

次のスライド(第3図参照)を願います。これは先程ブロックフローシートで二番目にお見せしたフローシートの各装置における濃度を示す図であります。

次のスライド(第4図参照)をお願いします。これは蒸発装置を出た直後の*i*種のイオン濃度を、電気透析装置に使用されたイオン交換膜の脱塩度、選択係数とイオン交換装置に使用された樹脂の平衡係数によつて表わしたものであります。換言すればイオン交換膜としてカルシウムイオンを選択的に通し易い膜を使用し、イオン交換樹脂として、硫酸イオンの吸着能の大きなものを使用しますと、 $C_{1i}$ 、すなわち蒸発装置出口、すなわち缶液内のカルシウムイオンおよび硫酸イオンの濃度が小となり、スケールの生成が防止されるということになります。これらの4式はそれぞれ缶液中の*i*種のイオン濃度 $C_{1i}$ と、この系から排出される濃縮液中のイオン濃度 $C_{5i}$ との関係を示すもので、上の二式は蒸発装置とイオン交換膜電気透析装置とを組合せた場合、下の二式はこれにさらにイオン交換装置を組合せた場合の濃度関係を示すものであります。 $\alpha G, \alpha E$ は透析条件による因子、 $f_i$ は膜の選択性、 $K'd, K'c$ は樹脂の選択性であります。

通常の蒸発装置では、 $C_{1i}$ は $C_{5i}$ と等しいのでありますが、このプロセスでは、適当な選択性の膜、樹脂を組合せることによつて、スケール防止の問題が改善されることがわかりたいと思います。

次のスライド(第5図参照)をお願いします。このスライドは、今までお話しましたわれわれの提案によりまして、たとえば1日当たり10万トンの淡水を得るためにはどのような物質およびエネルギー収支になるかを示す収支表であります。すなわち、10万トン淡水を得るためには、原料海水が106,000トン、電力は電気透析に800MWH、蒸発工程に170MWH、であります。蒸発工程で約2倍に濃縮された濃海水は、電気透析によりまして濃縮液と稀釈液に分離されまして、稀釈液はさらにイオン交換装置で脱硫されまして蒸発装置に送られ、ここで原料海水と混合され、カルシウムイオンおよび硫酸イオンの濃度が低下され、スケールの発生が

防止されます。一方濃縮液はイオン交換装置の再生液として使用された後、結晶工程で種々の塩として回収されます。淡水10万トンに見合う主な塩は、工業塩として1日約2,700トンの生産量になります。

今、このような規模の工場の実際的な Economics がどうなるかを試算してみますと、建設費が全体で約100億円でありまして、電力をKWH 当り2円50銭、蒸気をトン当り450円と、経済発電としての常識的な値を入れますと、水が1トン当り大体33円、濃縮液を蒸発して得られる工業塩がトン当り約3,000円となります。工業的にほとんど確立している工程の組合せであるこの総合工程として、これ等の数字は非常に魅力的であります。さらに、前にもお話ししましたように、二重目的原子炉で近い将来に実現可能と考えられている価格、たとえば、電力はKWH 当り2円、蒸気はトン当り250円として試算した結果は、工業塩のコストをトン当り3,000円にしますと、淡水の製造コストは0となります。また、淡水のコストをトン当り20円にしますと、塩の製造コストはトン当り2,300円となります。で、こういうふうに安いエネルギーがありまして、また工程を巧妙に組合せて、海水を利用する一種の複合産業を形成しますと、工業塩は安く自給出来ますし、また水の問題も容易に、かつ、経済的に解釈することが可能となります。さらに海水に存在するいろんな塩の回収も、この複合体の一部として組入れることにより海水工業 Complex を考えたいと思います。

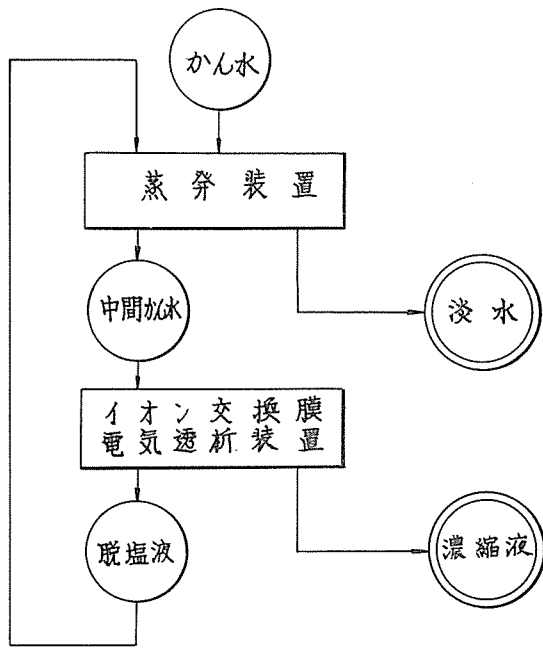


Fig 1

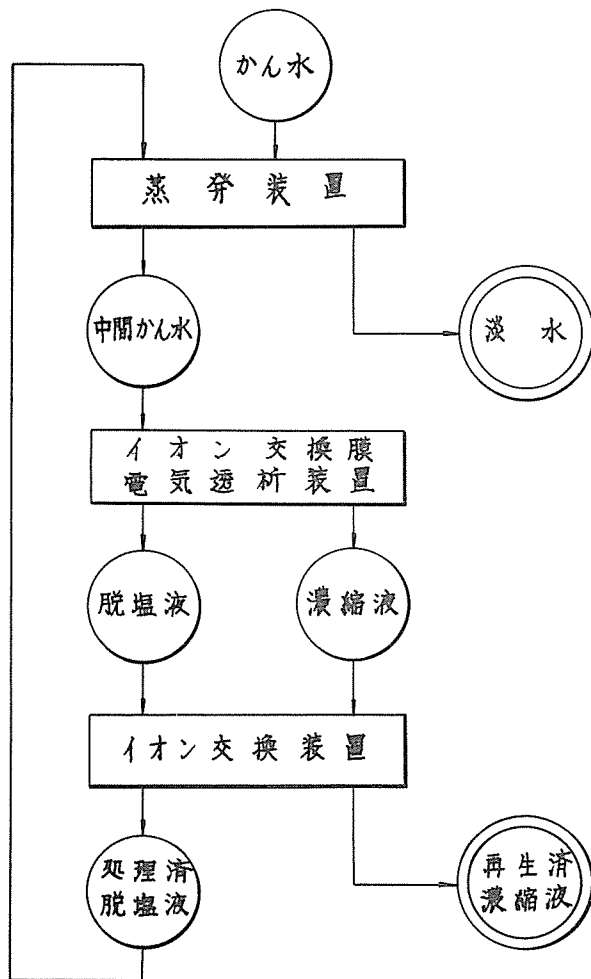


Fig 2



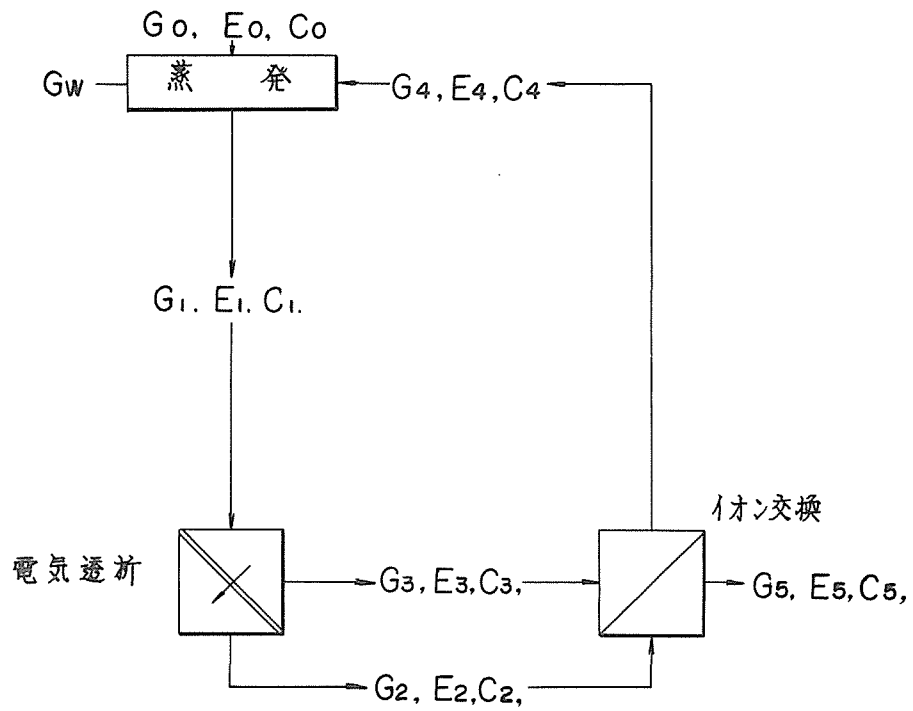


Fig 3

$$C_{li} = \frac{1 - \alpha G}{f(1 - \alpha E)} \cdot C_{5i}$$

$$C_{li} = \frac{1 - \alpha G}{1 - (1 - \alpha E) f_i} \cdot C_{5i}$$

$$C_{li} = \frac{1 - \alpha G}{1 - (1 - \alpha E) f_i} \cdot \frac{\alpha E}{1 - \alpha E} \cdot \frac{K'c}{K'd} \cdot C_{5i}$$

$$C_{li} = \frac{1 - \alpha G}{1 - (1 - \alpha E) f_i \frac{\alpha E}{1 - \alpha E} \cdot \frac{K'c}{K'd}} \cdot C_{5i}$$

Fig 4

# 一日当り生産量及び消費原材料

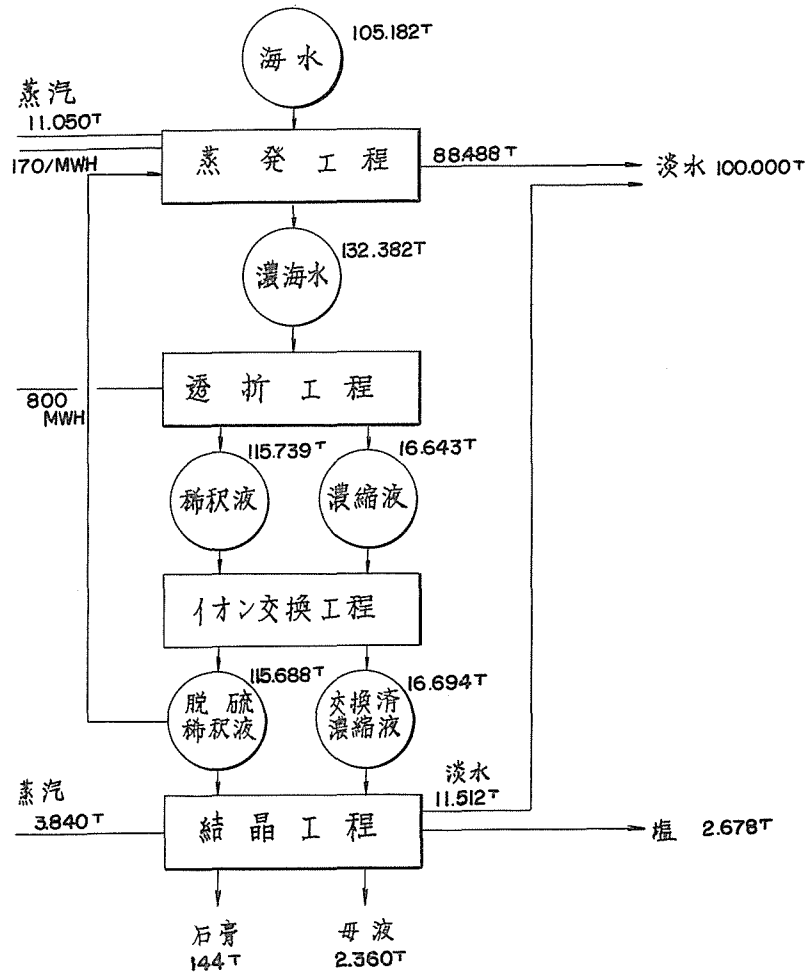


Fig 5

## 海外招待講演

### <ガス冷却炉>

議長 一本松 珠 璣 氏 (日本原子力発電社長)

講演-I 「イギリスにおける高温ガス冷却炉の開発」

議長 前 田 七之進 氏 (富士電機製造社長)

講演-II 「西ドイツにおける高温ガス冷却炉の開発」

議長 築 地 一 雄 氏 (中国電力副社長)

講演-III 「アメリカにおける高温ガス冷却原子力発電の最近の進歩」

### <重 水>

議長 安 西 正 夫 氏 (昭和電工社長)

講演-IV 「フランスにおける重水の生産」

### <高 速 炉>

議長 堀 義 路 氏 (電力中央研究所理事)

講演-V 「高速増殖炉開発の現状と分析」

3月6日(木)

A 会 場

## イントロダクション

日本原子力産業会議

副会長 松根 宗一

これから、ガス冷却炉の最近の開発状況を中心に、イギリス、ドイツ、アメリカの三カ国の権威者の方々から、お話を承り、皆さんでこの問題を考えて頂くわけですが、その前に、イントロダクションとして、私が普段感じております「ガス冷却方式の炉」につきまして所見の一端を申し上げてみたいと存じます。

“水”というものが、熱伝達体としてすぐれた物質でありますことには、全く疑問の余地がありません。このことは、近年の火力関係の機械の歴史をみましても、この主張を裏付けるに足る経験がたくさんありますことによつて十分理解されるだろうと思います。

もつと端的に、軽水型原子炉の極く短い発展の歴史をみましても、皆様よくご承知の様に、まさしく、このことが言えるのでございます。アメリカ政府の注ぎ込んだ多額の資金、それに強力な民間産業界の研究開発意欲があつたからではございますが、軽水炉の技術的発展は非常に大きなものであります。

水というものが、原子炉の冷却材として、非常にすぐれているからでございますよう。

しかし軽水炉の改良の跡を眺めまして「炉心の核的なあるいは熱的な性能の面はもう限度に近づいている。最適設計（オブチマイゼーション）の上限ではないか」と評する専門家も、一部にはおるようであります。

ともかく、この型式の炉の性能向上のカーブは、いつかは飽和点に達するだろうということ—これは、確かだろうと思います。

ガス、即ち“気体”もまた、熱媒体として、極めて優れた性質を持つております。

気体からは、非常に高い温度を得ることができます。この、高温が到達できるという、特徴は、各種の工業的な利用面で、頗る魅力的なことでもあります。たとえば、機械エネルギーに転換します際、その効率が高くなることとか、また、電力の生産以外の製鉄とか化学工業の分野に、用途が得られることなどがそれであります。

一面では、材料の選択とか、機械工学的なこと、まだまだ困難があるかと思いますが、他

方、炉物理的な面では、水などのように、“二相状態”(水と水蒸気の混在)を呈しませんので、水より複雑さが少ないとされております。

このようなことから、今回イギリス、西ドイツ、アメリカの三カ国のガス冷却炉関係の権威者から、各々お話を承るわけでありませう。海外でも、最近ガス冷却炉に対する関心は高まっております。昨年夏、私は一カ月余りヨーロッパを訪問いたしました。その関心は予想以上でありましたし、開発も進んでいると感じました。

わが国でも、東海炉で、ガス冷却の貴重な経験を積んでおります。これは、私たちにとりまして、必らずしも、非常に幸せな経験だつたとは言えませんが、ガス冷却方式をやめさせてしまうようなものでは、決してありません。水と同じように、すぐれた冷却材であります。ガスについても、我々は常に関心を持ち続けるのが大事と思っております。

それでは、大きな関心を持つて、海外から来られた、ガス冷却炉の第一人者の方々の、お話を承りたいと存じます。

## I. イギリスにおける高温ガス冷却炉の開発

イギリス原子力公社

原子炉部長 R. V. ムーアー

## 1. まえがき

ガス冷却炉 (GCR) は過去 20 年に亘つて英国の開発の主流であつた。ガス炉の第一代目の原子炉は、天然ウランをマグノツクスと呼ばれるマグネシウム合金で被覆した燃料要素を使用しております。1956年10月、コールドーホールに建設された最初の原子力発電所が発電を開始してからこの発電所は連続運転を行つている。これに続いた商業用原子炉はガス炉 MK I シリーズと呼ばれ、コールドーホール型あるいはマグノツクス型として知られている。GCR MK I シリーズは現在 600 万 KW が運転中、あるいは建設の最終段階にはいつている。英国では 450 万 KW が日常運転を行つている。日本における東海炉はこの一般型の初期のデザインの発電所であつて、これについてはさらに何点が後で詳しく触れたいと思つている。

ガス炉の第二代目、すなわち GCR MK II はステンレス被覆の濃縮酸化ウラン燃料を使用しこの燃料の開発および試験はウインズケールにある AGR と呼ばれる実験炉で行なわれた。ウインズケールはコールドーホールに隣接しており、ウインズケールの AGR は 1963 年 1 月にはじめて発電を開始した。このプラントは主として燃料試験用として設計されたもので、その他の新しい設計面の実証もここで行われた。たとえば GCR MK II 型に適した負荷運転中の燃料取換装置はその主なものである。この型のプラントはウインズケールの当初の名前から、今では AGR として知られている。

英国においては GCR の第三代目の原子炉が高度の設計段階に入つている。これは燃料技術に大きな進歩をもたらしたものであり、これが新しい設計のいしづえとなつている。この新しい燃料の概念は次の如きものである。約 0.8 mm の直径の小さな粒状の酸化ウラン燃料が、pyrolytic carbon と silicon carbide によつて被覆されこの被覆が放射性生成物を外に出さない働きをしている。すなわち pyrolytic carbon と silicon carbide が従来の燃料被覆に相当する。被覆された燃料は直径が約 1 mm 強で、それ自身強度をもつたコ

コンパクトに入れられ、このコンパクトがさらに黒鉛の密封チューブにそう入される。

この第三代目の原子炉は英国ではGCRMKⅢとして知られており、この新しい燃料の他に冷却材は炭酸ガスからヘリウムに代えられ、この両者によつてGCRMKⅡに較べてより高温での運転が可能となつている。この特徴の為、この原子炉は高温炉(HTR)という名前で一般的に呼ばれている。

研究開発の初期の段階にあるものとしては、現在のボイラー・蒸気タービンの組合せをガス・タービンによつて置き換えることや、ガス冷却高速炉の可能性など、もつと長期に亘る開発が挙げられる。本日は長い期間確立されているガス炉の一族、すなわちMKⅠ、MKⅡ、MKⅢのより重要な特徴について述べまたこれに関して得た知識および経験をひろうしてみたいと思う。

## 2. ガス炉の運転経験

世界には30基以上、600万KW以上のガス炉が運転を行なつているが、英国では25基電気出力450万KW(グロス)が日常運転を行つており、1,000億Kwh以上の電力が今までに発電されている。

現在まで得られたGCRの負荷率について述べよう。ここに示されました9発電所(22基の原子炉)のうち五つの発電所は累積の実績と致しまして80%以上の負荷率を達成し、二つの発電所は70%以上を達成しており、また残りの二つの発電所も、今では初期のちいさな困難を解決したので当初の目標75%を楽にこすことであらう。

表 1. GCRの発電所 - 現在に至るまでの負荷率

GCRの発電所 - ガス炉	
発電所名	負荷率 %
コールドー・ホール	87.0
チャペルクロス	87.5
パークレイ	71.8
ブラッドウエル	80.7
ヒンクレーポイント A	78.9
トロウスフィニス	46.6
ダンジネス A	73.6
サイズウエル	47.1
ハンターストン	81.7

経験の連続性あるいは繰返しということの価値はイタリアのラチナ発電所でよく例証されている。この発電所の建設は、ブラッドウエルの18カ月後にはじまり、これら二つの発電所（ラチナとブラッドウエル）は同じ会社によつて設計・建設された。ラチナの運転開始は1962～1963年で負荷率85%程度にまで達成している。これはブラッドウエルと比して興味がある。運転中の燃料取換も24,000本について成功裡に行われた。

過去6年に約60万本の燃料要素が電力会社の原子炉にそう入されたが、直ちに原子炉停止を要するような欠陥をもつた燃料要素はわずか11本だけであつて、これらも原子炉汚染を起さずに無事に取出されている。

長期の寿命をもつ黒鉛炉心の設計は初期の頃は難しい設計問題と考えられていた。そしてそれは照射された時の黒鉛の性質の変化に関するデータが不足しかつ不適當なものであつたということに主として由来したといえる。このデータは現在では入手可能であつて、初期の原子炉の黒鉛減速材をチェック試験をしてみるとほぼ予測された通りの経過をたどつていること、また健全な構造を保ち続けていることが判明した。

制御および測定関係の欠陥は稼働性の損失の重要な原因とはならなかつた。

現在の満足な運転中の燃料取換機を開発するまでの過程にはいくつかの困難があつた。これらの困難の多くは機械的、電氣的なエンジニアリングの問題であり、あるケースでは接近、保守の為不十分な空間しかとられていながつたことが問題をさらに難しくしておりました。後期の燃料取換機の設計は簡略化され、この経験の結果改善され、さらに信頼度が高まつてきたといえる。

振動の問題は初期の原子炉のあるもののうちの主ガス循環系統の部品に主として集中されたが、修理は可能であつたし、後期の原子炉では設計改良によつてこの問題が回避されている。

プラントおよび部品を実際の産業条件で長期にわたつて運転することが、ある設計を実証する確実な唯一の方法である。このタイプの経験によればガス炉は驚くべきほど運転が簡単で、最初に考えられたより保守が容易であることが示されている。この経験に基づいて、最新の設計では保守の範囲を広げ、より容易にこれが行えるようわざわざ考えられており、稼働性を改良し、炉命の延長が図られている。

### 3. 第一代目の原子炉・GCRMK II・東海炉

日本原子力発電（株）の東海発電所は、英国の第一次計画に採用されたのと同様のコールダーホール型GCRMK I型の一例である。この発電所は、原子炉は一基、2基でタービン発電機約16万KWの正味出力を有している。この原子炉は内径18.3mの鋼鉄の球形の圧力容器



に取められ、これが円筒状のスカート支持機構によつて支持されている。蒸気発生装置は四基のダクトで連結され、ダクトはコンクリートの生体遮蔽を貫通して圧力容器に達し、四基の遠心循環器が炭酸ガス冷却材の循環のため（蒸気発生装置）に垂直にとりつけられている。これらは8,700馬力の蒸気タービンによつて駆動されている。運転中の冷却材圧力は15.4 Kg/cm<sup>2</sup>で、出口ガス温度は386°Cである。

黒鉛減速材は地震に耐える設計になつており、燃料および制御チャンネルは炉心に垂直につくられている。燃料要素は原子炉上部の生物体遮蔽貫通するチューブを通じて運転中にそう填あるいは取出しが行われる。これらのチューブは通常運転中はプラグによつてふさがれている。

この発電所は同時代の他のガス冷却炉に一般的によく似た原子炉であるが、顕著な特徴はその燃料の設計である。燃料は中空ウラン棒をマグノツクスで被覆し、それを黒鉛スリーブで保持するという形になつている。東海炉は英国が設計した原子炉のうち中空ウラン棒を使った唯一のものであり、また燃料要素の回りに黒鉛スリーブのあるのはスコットランドのヘンターストン発電所だけである。

この発電所は再熱なしで、二重蒸気サイクルで動いており、高圧蒸気条件は369°C、6.1 Kg f/cm<sup>2</sup> g (86.9 psig)、低圧蒸気条件は354°C、1.9 Kg f/cm<sup>2</sup> g (26.6 psig)であり全体の効率は27%である。

東海炉がすべてのマグノツクス炉のうち最も好ましくない運転すべての経験を持つに至つてはまことに残念なことである。現在この発電所はやつと最終的に契約者より引継がれる段階に来ている。直面した多くの困難はガス冷却炉固有のものではなく、東海発電所の特有の設計面から起きている。しかしながら昨年12月の負荷率は88%であつて、その前の春と秋の定検をはさむ4月から9月の期間の運転状態もこれによく似ている。

#### 4. プレストレス・コンクリートによる圧力容器の設計

東海型の原子炉の大きな改良はオールドベリー発電所で行われた。オールドベリーはイングランド、グロスターシャーのサーバン川の河口にある2基の原子炉を有した発電所である。2基の原子炉からの出力は電気出力60万KWであり、最終調整試験の最終段階にあり、送電出力50万KW以上で運転されている。

初期の設計におけるスチール圧力容器、ボイラーシエル、連結ダクト、コンクリート主体シヤへいはすべてプレストレスト・コンクリート圧力容器の中で結合されている。このベツセルは中心軸がすい直の円筒状であり、両端は平板状である。これが炉心を含み、ボイラーはこれを囲む環状の穴に取められている。ガス循環器は、コンクリート圧力容器の中にあり、その駆

動装置は外にすえつけられている。

プレストレスト・コンクリートの働きは、別個の負荷の系統によつてこれを圧縮することによつて通常の運転条件のもとでは引張力にさらされないというところにある。各々別個の負荷の系統をプレストレスト・ローディングと呼んでおりますが、オールドベリー炉の場合これは165トン運転荷重の鋼索の腱が使われている。

このワイヤーはコンクリートの中の円形のダクトを通され、ジャッキによつて引張りが行われる。

引張りが行われたワイヤーはダクトの両端のコンクリート面で固定され、ジャッキがとりはずされると引張り荷重は直接コンクリートに伝わる。

オールドベリーのベツセルの設計は今日の設計のそれのように三つのプレストレスト荷重の部品をもっている。一つはベツセル円周方向の圧縮、一つはたて方向の圧縮であり、もう一つは平板面（両端）の半径方向の圧縮である。

オールドベリーにおけるプレストレスト・コンクリート容器の導入はきわめて成功したといえる。より大型のベツセルの建設が可能になつたし、スチール・ベツセルより高い冷却ガス圧力が得られるようになつた。安全性、経済性の面でも利点があつた。今ではコンクリート容器はガス冷却炉に通常のものとして受入れられている。

日本は地震に対する考慮というものがあるから、プレストレスト・コンクリート・ベツセルには日本は特に関心があるのではないかと思われる。解析によれば日本で想定される最も厳しい条件に遭遇しても、プレストレスト・コンクリート容器のGCRは完全なる安全を保つようにすることが出来る。

コンクリート容器は振動加東によつて大きな応力を受けないし、地表面の永久的変位にも耐えうるようにすることが必要ならば出来る。コンクリート容器を安定させるために特別の注意が払われる必要があるが、もし注意が実際に払われるならば、すべての原子炉機器と必要なサービスのための安全な容器として使用できるであろう。

## 5. 第二代目のGCR-GCRMK II

ハンターストンB・AGR

それでは第二代目のGCRをみてみよう。ハンターストンB発電所は現在建設中で1972/73年に完成の予定であるが、これは第二代目のGCRの典型的なものである。これは二基の原子炉を有し、各原子炉の出力は各々電気出力62.5万KWで、オールドベリーに似たプレストレスト・コンクリート容器を使用している。

ハンターストンBの燃料要素は、微濃縮酸化ウランペレットで、これが薄いステンレス・ステールで被覆されている。36本が束となつて組立てられ、一本の黒鉛スリーブの中に取められております。8本の燃料要素が結合ロッドで結合され、ちょうど1チャンネル分に相当する1燃料アセンブリーとなる。

この燃料要素は燃料被覆および燃料自体がより高温で運転できるという点において初期のマグノックス炉より大きな進歩をとげている。東海炉の燃料の平均熱比出力が3.1 MW/Teuであつたのに対し、ハンターストンBではこれが12.0 MW/Teuに増加している。また出口最高温度は386°Cから650°Cになつた。より高温で冷却ガスの出口温度が得られることは標準的なタービンで近代的な条件の運転を可能にしている。全体で達成しうる熱効率は42%である。これら改良の結果は発電所の経済的運転に顕著な改良をもたらした。帝国においては、GGRMK II型の発電所は在来の石炭・石油火力発電所よりも発電コストが安くなつている。

新しいステンレス被覆酸化燃料の信頼性に対する自信は六年間にわたるウインズケールAGRでの照射経験に基づいている。このAGRのロード・ファクターは累計75%で稼働率は84%であつた。運転開始時に装入された燃料要素のいくつかは、未だ原子炉の中にあり、30,000 MW D/Te以上の燃焼度を達成している。

マグノックス燃料の高い信頼性が達成されているが、燃料被覆の破損の問題がAGRでは相対的に重要度が低くなつているので、さらに高い信頼性が得られるであろう。酸化ウランは炭酸ガスと化学反応を起さないで、よほど過熱しなければ燃料破損は起らない。ウインズケールAGRでは故意に燃料被覆に穴をあけたものを原子炉に挿入して試験を行つたが、この結果原子炉よりこれらの破損燃料要素を緊急にとり出す必要がなく、都合のよい取換時期を安心して待てることが判明した。

ハンターストンBの配置はオールドベリーのマグノックス発電所のそれによく似ている。この二つの発電所は同じ会社によつて設計建設されており、全体としてはハンターストンの方が若干コンパクトとなつている。

運転中の燃料取換えは、GGRMK IIでは各燃料チャンネル毎にコンクリート容器を貫ぬくそれぞれスタンドパイプがあるためより簡単になつている。このことは発電所のより高い稼働性を達成することを可能にするであろう。

各原子炉は四基の「once-through」タイプのボイラーを有し、炉心の周辺に設置されている。またカプセル入りの循環器が炭酸ガス冷却材につけられてあり、11KVのモーターによつて駆動される。非常用ディーゼル発電機が電源故障の時の為に用意されている。

## 6. 東海炉とハンターストンBの比較

GCRにおける設計の進歩は著しい。二つの原子炉の断面図を同じ縮尺でとつてみるとハンターストンの方が小さいにも拘らず四倍の出力を有していることが判る。

他の原子炉パラメーターにも大きな進歩があつた。

表2 主な原子炉パラメーターの比較

発電所	電気正味 出力 Mwe	平均燃料比出力 MWe / Teu	ガス出口 温度 °C	冷却材 圧力 Kg/cm <sup>2</sup>
東海発電所	159	2.7	386	15.4
ハンターストンB 発電所	625	41.7	654	43.2

燃料の比出力の増加、運転温度および圧力の増加はより小さい炉心からより大きい出力を得ることを可能にした。東海炉の比較的ゆるやかな蒸気条件（288°C、4.6 Kg/cm<sup>2</sup>）と比較して最も最近の発電所では538°C、16.2 Kg/cm<sup>2</sup>という蒸気条件が得られるまで進んでいる。これは近代的な高効率のタービン発電機の要求にまさしくマッチしたものである。

後期のマグノックス発電所およびAGR発電所で見えて来たように、厚い鋼板よりなるベッセルと外部にある熱交換器は、炉心、ボイラー、循環器の「一体設計」をともなつたプレストレスト・コンクリート容器によつてとつて代られた。この設計を通じて得られた自信によつて、英国では最近の発電所のサイト選択の自由度が大きくなつた。このことは人口中心地に近いランカシャー州ヘイシャムに建設される新しい発電所で生かされることとなつた。

全体の発電所の配置はよりコンパクトになり、時に一基の原子炉に一基のタービンを直結することが慣習となつて来た。

15.9万KWの東海発電所の敷地と8倍の出力をもつ125万KWeのハンターストン発電所の敷地の面積が類似している。

このハンターストンと東海炉を比較することによつて、過去10年間に我々がGCRに関してなしたすばらしい進歩を示すことができよう。

## 7. GCR MK II型発電所のエンジニアリング面での進歩

ダンジネスB以来発注されたGCR MK II型発電所（ヒンクレーポイントB、ハンターストンB、およびハートルプール）では、設計の一体化が図られていること、工場製作の占める割合が大きくなる傾向があること、部品により高い信頼度が得られること、修理のためにより改

善された施設になつていることがあげられる。これらの改良はより高い稼働性と、より長い発電所の寿命をもたらす。

各原子炉からの出力は約 62.5 万 KW におさえられ、これが 66 万 MW のタンデム・コンパウンド標準タービンの使用を可能にしている。

36本のピンを一束にするという燃料設計の基本事項はそのままにされ、細かい改良のみがほどこされている。UO<sub>2</sub>のペレットの中心部分には細い穴があげられ、より低い温度でガス状の放射性生成物の収容のための空間が用意された。ステンレス被覆の製造工程は改良され、より改良された展性を得るようにされている。燃料ピンを支える部品（グリッドおよびブレース）の設計にも改良がなされた。これら簡単な燃料開発とこれに加えて、制御棒の位置の改良によつて、初期の平均熱比出力 9.5 MW/Te が 13 MW/Te に改善され、燃料チャンネル数も 408 から 300 を若干上回るまで減ずることが可能になつた。

興味ある進歩はハートルプールに導入されつつある「pod-boiler」という概念である。これらのボイラーはユニットとして設計され、工場で完全に製作された上で現場に運ばれ、コンクリート・容器に用意された穴よりつり下げられる。この方式によつてボイラーは容器が完成するまで据付のための敷地が必要なくなる。また後に運転上のトラブルがあれば、そつくり取替えることができる。

他のエンジニアリングの改良は主炭酸ガス・循環器に関してである。当初はこれらは外部からの駆動装置によつて運転されていた。

従つて軸のシールの問題があつた。今では炭酸ガスにひたされた簡単なカプセル入りの電動循環器が代りに使われている。これらもまた容器の壁の貫通部に据付けられている。

駆動は誘導電動機で、流量の制御は入口のガイドベーンズによつて行なわれている。ガス・シールは避けられ、ユニットはコンパクトで、簡単に試験ができ、素早くすえつけることができる。スペアとの取換えも簡単である。

この原子炉設計の一体化およびより簡単な工場製作部品は、コストを切り下げ、信頼性を高め、保守を容易にするという傾向を持つている。

## 8. 第三代目の原子炉—GCRMK III—HTR

今まで述べてきたような改良を加えた、第二代目の原子炉は今後長年建設されつづけて行くだろう。電気事業者は大きな計画をすでに発注している。しかしながら一方では図面上で、新しい燃料の概念に基づくGCRの第三代目の原子炉が形をなそうとしている。燃料が新タイプという他に、冷却ガスが炭酸ガスよりヘリウムに代る。

M K II型原子炉と較べ、これらのM K IIIの概念の有利さの第一点目は原子炉炉心でより高い出力密度が得られ、建設費がより節約できること、第二点は燃料自体の性質によるものである。新しい燃料はより少い中性子を吸収し、より高い燃料表面温度をもたらし、より高い冷却材圧力に耐え、より多い燃焼度を得ることになる。

燃料は酸化ウランの粒子被覆である。G C R M K IIIに提案されている個々の燃料粒子は直径0.8 mmの粒状形UO<sub>2</sub>を中心に、この周囲をpyrolytic carbon (Pyc) と silicon Carbon で被覆する。粒子自体の直径は1.1~1.2 mmの範囲にある。最も内側にある層は低密度のPycで、これが燃料粒のバッファ層(吸収層)として働くとともに、f・pガスを収容するための空間として働く。またこの層は外層が分裂片による損傷をうけることを防ぐ役目を持つ。他の被覆を説明すると高密度isotropic Pyc層、これはf・pガスの圧力を封入する役目：Silicon Corrhide層、これは金属性f・pの封入機能：またその上の高密度Pyc被覆はsilicon Carrhideを補強する役目を持つ。

これら燃料粒子は英国のウインフリスのドラゴン炉で成功裡に照射された黒鉛コンパクトに似た同じような形のコンパクトの中に入れられる。

現在のM K IIIの設計の中で本質的特徴は黒鉛減速材が燃料要素の不可欠の一部であることであり、燃料要素とともに取換えられる点にある。これは原子炉の部分取換を可能にし、修理と保守をますますやさしくする原子炉設計の簡素化の傾向を示す一例である。英国では低濃縮ウラン、Pu生産型の燃料サイクルがM K III G C Rに採用されている。これは現在のG C R M K IIおよび軽水炉設計と同様のものである。しかしながら減速材がとりかえ可能であるという柔軟な設計は、燃料および減速材パラメーターの変更を可能にし、同じ原子炉の基本設計で他の燃料サイクルの使用を可能にしている。例えば現在のM K IIIの設計は、低濃縮ウラン型の燃料サイクルをベースにしたものだが、もしより好ましいならばu235/Tm/u233型の燃料サイクルを採用して運転できる。

我々はM K III高温ガス炉を新しいタイプの原子炉として考えていないことを強張したい。そうではなく確定されている古い一族の第三代目としてとらえている。M K III原子炉の典型的な配置は最も最近のM K II型の原子炉によく似ていることに気がつかれるであろう。

## 9. 長期的開発

より長期にみた場合の可能性として、原子炉とガスタービンを結合しヘリウムで運転することが検討されている。これは現在のボイラー/蒸気タービンの結合という形に較べ、かなりの建設費の低減をもたらすのではないかと考えられているからである。

GCRの概念の延長線上にはガス冷却の高速増殖炉がある。

ガス冷却はナトリウム冷却の場合に較べ中間熱交換器を不要にする可能性をもっており、従つて原子炉回路の一般的配置が原則としてGCRMKⅢに同じものになる可能性をもっている。経済的な高速増殖炉のためには高い燃料比熱出力が要求されるから、現在重点が置かれている検討は燃料および冷却方法の代替的方法である。有望な開発路線は再び粒子状燃料であつて、これは porous caustic の中に含まれ、ヘリウムガスによる直接冷却を可能にする。この方法によれば非常に大きい燃料表面の冷却ができ、基本的には高い燃料比出力が可能となる。

熱中性子GCRに原子炉とガス・タービンの組合せが実現できたら、それはさらに電力コストの低減に通ずるガス冷却高速増殖炉にも適したものであろう。

これらはなかなか有望な可能性をもっているが、実現可能性を示すためには更に設計、研究開発が必要なことはいうまでもないであろう。

#### 10. 要約と結論

1. 最初のGCRはコールドハーホールで1956年10月に運転開始した。現在では世界中で30基以上の商業GCRが運転しており、設備は600万KWに及んでいる。

25基が英国では日常運転しており総出力は電気出力450万KWである。その他ではフランスが80万KW、イタリアが20万KW日本が16万KWである。

2. 現在までの負荷率は70%を上回る二基を除いては80%以上となつている。

イタリアのラチナは最良の性能を示し運転開始第一年目で84%の負荷率、運転開始四年目の昨年は86%の負荷率を達成している。

3. 英国にはGCRが八基建設中である。また二基が建設をまもなく開始する。これらは600万KWの追加を意味し、原子力発電の割合が1970年代初期に、英国の電力設備量の15%近くになるであろう。

4. この期間発電所毎に着実な進歩があつた。特に次の二点は申し上げるに値しよう。まず原子炉とボイラーを一体化構造にしたプレストレスト・コンクリートの導入である。この概念はオールドベリー発電所より導入された。第二には初期の天然ウラン金属マグノツクス被覆の燃料に代つてその改良はステンレス被覆濃縮UO<sub>2</sub>燃料の採用である。この燃料はウインズケールAGR試験炉で開発され、ダンジネスB以降の発電所で使用されるものがある。この燃料を使つた商業GCRはAGRと呼ばれている。

5. ウインズケールAGRは主として燃料照射施設として使われてきましたが、またこの型の原子炉の運転中の燃料取換機の設計の実証も行つた。約600回の燃料取換作業が行われてが、

この六年間いずれも全出力運転下で成功裡に行われた。最高燃焼領域では32,000 MW D/Tが達成され、原子炉総平均では16,000 MW D/Tが達成されている。

6. 英国では、初期のAGRで石炭・石油火力より約10%安く電力が生産できる。AGRはマグノックス炉よりさらに高い信頼性をもつて運転されるであろう。UO<sub>2</sub>燃料の破損進行がゆるやかなためまたUO<sub>2</sub>がCO<sub>2</sub>に化学的反應をしめさないため、被覆損傷を有した燃料を装填したまま原子炉は長期に亘つて連続運転できる。運転中の燃料取換は、初期のマグノックス炉にくらべ随分と簡略化されている。

7. エンジニアリング設計の面では原子炉の修理をより容易にしようという傾向がある。最近のAGRは、工場製作・工場試験のユニット・ボイラーを有し、これはコンクリート圧力容器に残された空間に据付けられる。もし故障すれば、ボイラーユニットは、修理または取換のためにとりだすことができる。修理可能性の高いことは、高負荷率での運転、より長い発電所寿命を意味する。

8. AGR発電所は今後長い間建設され運転されるものと期待される。しかしながら、AGRはGCRの開発の終点ではない。英国ではより進んだ設計が設計段階では存在する。この設計は新しい燃料の概念に基づく。これはヨーロッパ諸国と協力して作ったOECDのドラゴン計画より派生したもので、黒鉛チューブにつめられた粒子燃料である。

9. 英国ではこれは新しいタイプの炉として考えられているのではなく、確立されたガス炉のもう一つの世代としてとられている。このクラスの原子炉の一般的エンジニアリングは非常に良く確立されているため、新しい燃料技術の有利さを取入れることに必要な部分だけの手直しをAGRの設計に加えるという形を設計者はとるであろう。やがて来るGCRの第三代目は、すでに確定している最近のAGRの設計によく似たものとなるであろう。

1.1. 更に長い将来を考えれば、ヨーロッパでは今原子炉とガス・タービンの組合せの研究がその端緒に着いたところである。この開発がもし成功すれば効率を失うことなしに原子力発電所のコストをさらに引き下げることができるであろう。

1.2. 核燃料の一般的な使用法は、英国を含め多くの国がそうであるように、天然ウランあるいは微濃縮ウランを熱中性子炉で使い、副産物としてプルトニウムができるという形である。そしてこのプルトニウムがやがて高速増殖炉の主燃料となり、世界のウラン資源の完全利用が可能になるという形である。英国のMK III GCRは引き続きこのU235/U238/Puという低濃縮ウランを使った燃料サイクルで運転されていくであろう。しかしながら、この原子炉の一般設計はある発電所についてはU235/Tb/U233のサイクルのもので運転で



きるよう設計することができるわけである。例えば米国、西独で提案されている高温炉のような形をとることもできる。

13. ヨーロッパでは現在長期の検討としてGCRの範囲を広げ、ガス冷却高速増殖炉を考えている。この提案は、欧州原子力機関（E N E A）の下に設けられた特別グループでその検討が行われている。従つてガス炉がウラン・トリウムなどの核燃料の利用できる燃料サイクルのすべての範囲を収容することも考えられないわけではない。

14. 東海村のGCRの運転経験は最近になるまでは特に好ましいという状況ではなかつた。この経験は他の各国における過去10年の運転経験に照らしても、GCRの典型的な運転経験ではないと思われる。英国における運転経験また現在の他の欧州諸国における運転経験も非常に良好で、世界中のGCR型を除く原子力発電所のすべての電力生産量の二倍ぐらいを、すでにGCRだけで生産している。

15. 最新の設計による経済性、またよく確定された同設計概念の範囲内での発展の領域等は日本の産業界が東海炉を最初でかつ最後のGCRと考えるべきでないことを示唆している。もし私に意見を述べる事が許されるのであるならば、東海発電所の建設・運転経験は将来の日本の経済的かつ信頼しうる原子力発電所の計画の礎となる貴重な経験であると申しあげたい。

## Ⅱ．西ドイツにおける高温ガス冷却炉の開発

ブラウン・ボベリ—グループ原子力会社  
常務取締役 H. W. ミューラー

西ドイツの原子力開発の状況を簡単に紹介しましてからまず HTGR の将来性について、御説明致します。次に HTGR の設計概要を御説明し、西ドイツでの現在の開発状況を紹介致します。それから、燃料サイクルと主に経済性について御説明し、HTGR の将来の応用、開発計画について簡単に述べてみたいと思います。

## はじめに：HTGR の将来性

ドイツ連邦共和国における本格的商用原子力発電は 1967 年に始まったと言えます。この時電力会社により構成されるグループが電気出力 60 万 kW の軽水型動力炉 2 基を建設いたしました。今後、西ドイツで着実に増加することが予想されている電力需要の大部分が米国において目ざましい成功を収めたこれらの BWR 又は PWR により占められるだろうことは疑いのないところであります。

しかしながら、この軽水型動力炉では、ある限度以上に燃料サイクル・コストを安くしたり、熱効率を上げることは本質的に不可能であります。軽水型動力炉では、中性子経済があまり良くないこと及び最高燃焼度が比較的低いと言う二つの理由のために、ウランの消費量は大量となり、ウラン資源の最適利用を行なうことは、困難となります。このようなわけでここ数年間世界中の工業国では、将来軽水型動力炉にとって代わるか、少なくともそれを補足するような改良型原子炉の開発に努力を集中して参りました。

開発当初、高温ガス冷却炉—High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR) は、軽水型動力炉と高速増殖炉の間をつなぐ、中間世代の原子炉としてのみ意味があるものと考えられていました。しかし、開発の進んだ現在、HTGR は、軽水型動力炉に比してまさるばかりでなく、今後実用化迄に相当長期の開発期間をついやさねばならない高速増殖炉とも、長期間にわたり共存しうると言うことが、今やはっきりとして参りました。究局的に HTGR の優れた経済性に寄与している根本的な技術的特長は次の 3 点にあります。すなわち

- 高い燃料燃焼度……これは結果として核分裂物質の有効利用に連なります。
- 高温の冷却材温度……これは、42% という高い熱効率を結果します。

○比出力（または燃料定格）が高いこと……これは、燃料装荷量が少なくても良いことを意味しております。

またHTGRの技術は第一世代のガス冷却炉—マグノックス炉とAGR—の技術を基盤としてさらにその上に改良開発を加えた技術を使用しているということにも言及しておく必要があります。スライドを見て頂きます。ここに3種類のガス冷却炉の燃焼度、出力密度及び燃料トン当りの電気出力を比較して示してあります。

スライド1；ガス冷却炉の特性比較表

炉型	平均燃焼度 M W d t h / t o n 燃料	出力密度 M W t h / m <sup>3</sup> 炉心	比出力 M W e l / t o n 燃料
マグノックス	4,000	0.8	1
A G R	20,000	3	5
H T G R	100,000	8	70

HTGRでは出力密度を高くしたために、炉心の大きさは小さくして、建設費を安くすることができました。比出力を高くできたので初装荷燃料費を低減することができました、高い燃焼度を達成できたので、燃料サイクルコストを安くし、ウラン鉱価格の変動にあまり影響を受けないようになりました。

### HTGR設計の概要

HTGRの主な設計上の特長をスライド2で紹介致します。

1. これ迄の原子炉では、普通金属被覆棒状燃料を使用し、通常、これがその炉の冷却材最高温度の制限因子となっております。これに反し、HTGRでは炉心構成材としてセラミック燃料と黒鉛材が主に使用されます。この構造材の使用により、HTGRではより高い燃料中心温度を使用でき、また、原子炉の過渡温度変化に対する特性を鈍感なものとしております。
2. 30～50気圧のHeを冷却材として用いています。Heは熱伝達性が良いので効果的な熱除去を行ない、ボイラの熱伝達面積も、炭酸ガス冷却の場合に比し、大巾に小さくできました。Heは不活性なので、たとえ炉心が赤熱したとしても、黒鉛、鋼材その他の原子炉材との反応は起り得ません。実験炉の運転経験から、ガス浄化系を適当に設計することにより、冷却材中の不純物の量を少なくして、He回路中の腐蝕問題の解決がはかられています。
3. 850℃と言う高温の冷却材温度が得られるので、新鋭火力ボイラに使用するのと同じ蒸気条件を得ることが可能です。したがって、42%以上の熱効率を達成することができます。

4. 燃料として、HTGRでは、ウラン、トリウムまたはプルトニウムの炭化物或いは酸化物を使用します。

このようなセラミック燃料をいろいろに配合して直径0.2mm～0.8mmの小さな粒子をつくり、それを等方性パイロリティックカーボンと炭化硅素の層で被覆します。このセラミック被覆粒状燃料は、核分裂生成物を放出することなく、温度1400°C、燃焼度10%重金属原子、すなわち約100,000MWD/tonまで、十分もつことが実験的に証明されています。燃料要素はこのようなセラミック被覆粒状燃料を黒鉛マトリックスしてタドン状黒鉛球、または、六角形黒鉛ブロックに穴をあけて装てんして形成されます。今日現在、セラミック被覆粒状燃料の技術は完全に確立されており、近代的な生産プラントが米国、英国および西ドイツにおいて稼動中であります。

5. HTGRの安全性に関しては、次の諸点が重要な役割を果たしております。
  - セラミック炉心の溶融は、冷却材全量の喪失を考へても不可能であります(黒鉛の昇華温度は3650°Cであります)。
  - 反応度の温度係数は即発性で、値は炉寿命全期間にわたり常に負の値を保ちます。この負の温度係数、黒鉛炉心の大きな熱容量と高度の耐熱性の組み合わせで、HTGRは本質的に安全な特性を備えております。炉停止後の崩壊熱除去は容易に制御できます。冷却材流量がなくなった場合でも、20分～30分以内に緊急冷却系を起動すれば、十分その機能を果します。これは他の原子炉にみられない特長であります。

御存知のように私共の会社では、主な努力をタドン状燃料要素の開発にそそいでまいりましたので、ここで、今迄述べてきたようなHTGRの一般的特徴に加えて、炉心を沢山のタドン状燃料要素から成るペップル・ベッドにした場合の特徴を紹介させていただきます。

1. ペップル・ベッド炉心の構造は非常に簡単であります。従って炉心内での燃料要素が固着したり、詰つたりすることはあり得ません。
2. 連続的な燃料交換と炉心装荷燃料の完全な循環により、燃料要素の均一な燃焼を実現できます。このため、高温運転中の炉心の有する超過反応度は事実上零であります。超過反応度は部分負荷運転時のみ、Xe補償のため必要となります。
3. 燃料要素中での減速材と燃料は、均質に分布していますので、温度勾配は小さく、従って燃料要素内の熱応力は小さいものとなります。
4. 燃料要素の形状はタドン状で取扱いやすく、従って燃料循環系の設計は簡単なものとなっております。

5. 炉心燃料は、多数の小さなタドン状燃料要素に分散されて、炉内に存在するので、一度に大きな要素が破損すると言うことは考えられません。従って、冷却材への大量の核分裂生成物の放出もあり得ません。

#### 西独における現在のHTGR技術の開発状況

1956年以来、Brown Boveri/Krupp 原子炉建設会社は、HTGRの開発に積極的に取り組んできました。ユーリッヒ原子力研究所もこの開発計画に協力しており、特に燃料要素のテストや、照射はこの研究所の施設を用いて行なわれてきました。

#### 1. AVR

1961年、BBKは、電力会社を構成メンバーとする Arbeitsgemeinschaft Versuchskraftwerk 会社（略してAVRと呼んでおります）向けに、電気出力15MWの実験動力炉をユーリッヒ研究所の近くに建設することに着手致しました。

スライド3は、完成後のAVR実験炉を示しています。これはBBKのペップル・ベッド原子炉開発計画の第一段階を示すものであり、初期の基礎的な研究・開発は、西ドイツ独自で行ない、その結果を発展させたものであります。

AVRの主な目的は：

- 移動可能の燃料要素を持つHTGRの実現性と安全性を実証すること
- ペップル・ベッド型原子炉の将来の開発に必要な設計、建設、運転経験を得ることにあります。

スライド4で、AVRの内部構造をお目にかけます。

中心にある炉心には直径6cmの燃料や黒鉛またはボロンを入れた球が、合計約10万コ装荷されております。運転中このタドン状燃料要素は自動装置で循環されていて反応度は黒鉛球または使用済燃料要素を新燃料と交換することにより維持されます。炉心は黒鉛反射体と、カーボンブリックよりなる外壁に囲まれております。炉心とボイラーは、同一容器内に一体に収容されていて、この間を10気圧のHe冷却材が2台の送風機によって循環されます。

1959年に行なった最初のAVR設計では、セラミック被覆粒状燃料を使用することがはつきりしていなかったため、原子炉圧力容器および全ての連結ダクトは二重壁構造をとってありました。

1966年の8月、炉は初めての臨界をむかえました。臨界実験および空気中とHe中での零出力実験を成功裡に終了した後、1967年9月から出力運転に入りました。いくつかの過渡実験を通して、AVR炉の本質的な安全性が実証されました。例えばガス流量、制御

棒位置，給水量を突然にやめても、温度の過渡的変化は十分許容範囲にとどまることが実証されております。

1968年2月15日、炉は初めて電気出力15MWの全出力運転に入りました。この時、冷却ガス出口温度は最高870°Cに達し、原子力発電所史上初めての最高冷却材温度を記録しました。

AVRの信頼性高い性能を示す一例として、スライド5で1968年10月から1969年2月迄の期間の炉出力をお目にかけます。この間のプラント利用率は実に90%以上であります。この期間中の冷却ガス中の放射線量も同時に示してあります。ついでながら、この時点での燃焼度は4万MWd/tonでこれは規程値の約半に相当します。この燃焼度でも、冷却ガス中の放射能が、初期運転中に測定されたと同様な低い値を保っているということに御注目下さい。この事は、この燃料の優れた性能を実証するものであります。放射能強度と炉出力は同じ傾向を示しておりますので、冷却ガス中の放射能は主に燃料要素表面のウラン汚染物によるものだと断言できます。

## 2. THTR

AVR実験炉の建設を通して行なわれた数々の成果を直接反映して、第2次の開発計画がEURATOM，ユーリッヒ研究所およびBBKの協同組織のもとに開始されました。この協同組織の基本目的は電気出力300MWの原型発電所を設計することにあります。この出力レベルは原型炉で得られた経験を、600MW，1200MWの大型プラントに外挿することが容易であるように選ばれたものです。このTHTR（トリウム高温ガス冷却炉）の建設は本年後半に開始される予定であります。

THTRの基本設計原理はAVRと同じで、タドン状燃料要素，He冷却材，連続燃料交換方式を採用しております。他方AVR設計と異なり、新しく開発を行なわなければならない問題もあり、とくに：

- コンクリート圧力容器の採用
  - 交換可能な6台のボイラ（AVRのボイラは1台）
  - ペブル・ベッド炉心への制御棒直接挿入については、新たな開発を必要と致します。
- 次のスライド6で、THTR原型炉の主な設計データを紹介致します。

### THTR原型プラントの主な設計データ（スライド6）

熱出力（炉心）	750	MW（th）
正味電気出力	307.5	MW（e）

主蒸気(タービン入口)	18.1	atm
	530	°C
再熱蒸気(タービン入口)	47.2	atm
	530	°C
給水(ボイラ入口)	240	atm
	180	°C
蒸気流量	153	ton/h
He 炉心平均出口温度	750	°C
He ボイラ平均出口温度	250	°C
冷却材流量	295.5	kg/s
最大運転圧力	40	atm
炉心内出力密度	6	MW(th)/m <sup>3</sup>
球状燃料要素数	675000	
ペブル・ベッド体積	125	m <sup>3</sup>

THTR原子力発電所はAVRと同様に二重サイクル系をとっております。一次冷却ガスは炉心で熱せられ、750MWの熱出力はボイラで二次系に伝達され、18.1気圧、530°Cの蒸気を発生し、タービンへ送られます。タービン発電機は通常火力発電と同じ設計のもので、正味電気出力は307MWであります。

THTRの特徴のひとつとして、コンクリート圧力容器の採用があげられます。スライド7に示しますように、コンクリート圧力容の中には黒鉛および遮蔽構造体、ボイラ、送風機、制御棒、燃料循環装置の装荷管、取り出し管を含めて、ペブル・ベッド炉心を一体に収容してあります。

コンクリート圧力容器は、主に、安全上の見地から信頼度の高いものとして一般に原子炉の圧力容器に使用されております。6台の送風機によりHeは、側面熱遮蔽と圧力容器内壁間の環状空間に送られます。そこから冷却材は6台のボイラ外壁に沿って下降し、熱遮蔽と側面反射体により形成される環状空間へと送られます。ここから、上方に流れながら、これらの部材を冷却した後、炉心ブリッジの上のプレナムに入りそこから下方へ流れ、炉心ブリッジ支持構造および炉心を冷却し、平均出口温度750°Cに熱せられます。そこから底部反射体の貫通孔を通った後、Heは炉心の下部にあるプレナムに入り、高温ガス・チャンネルを

通ってボイラへ送られます。ボイラ内でガスは上方へ流れ、250°Cの温度で各ボイラ上端の送風機入口に入ります。

新燃料の装荷は、圧縮気体により、また使用済燃料の取り出しは重力により行ないます。

この方式はAVRと全く同一であります。

### 燃料サイクル

HTGRでは、 $U^{233}$  及び  $U^{235}$  と同様に  $Pu^{239}$ 、 $Pu^{240}$  も核分裂物質として使用できます。親物質としては  $Th^{232}$  でも  $U^{238}$  でも使用できます。技術的にはそれぞれの核分裂物質をそれぞれの親物質と組み合わせて使用することが可能であります。

しかしながら、Puの価格は、近い将来高濃縮ウランの価格よりも高くなることが予想されますので、Puの使用はHTGRにとって余り意味がないものと考えられます。このため特にトリウムサイクルと低濃縮ウラン・サイクルに注目しております。さて、燃料サイクルを考えるに当っては次の二つのサイクルを明確に区別して考える必要があります。

○再処理を行なわないサイクル

○再処理を行なうサイクル

#### 1. 再処理を行なわないサイクル

ペブル・ベッド原子炉では再処理を行なわないU/Thの最適サイクルは、二種類のタドン状燃料要素を用いて行なわれます。

第1のものは「増殖球」と呼ばれるもので、トリウム全量と総ウラン量の $\frac{1}{3}$ を含む燃料からなり、全体燃料要素数の約半分を占めます。「増殖球」の転換比は、1であり従って常に一定量の核分裂性物質を有しております。炉内寿命は約6年として設計しております。他のものは「燃焼球」と呼ばれ全ウラン量の約 $\frac{2}{3}$ からなり、炉内滞在期間は約2年で臨界を保つために使われます。この方式を供給増殖方式と呼んでおります。

このU/Thサイクルの代案としては、低濃縮ウランを用いた燃料サイクルがあります。この場合  $U^{235}$  の最適濃縮度は5~7%で生成される核分裂物質は主に  $Pu^{239}$  であります。しかし熱中性子スペクトルでは、 $Pu^{239}$  の  $\eta$  の値（即ち吸収された中性子1ヶ当りに発生する中性子の数）は  $U^{235}$  の  $\eta$  よりも少ないので、低濃縮サイクルで達成される燃焼度は約45%程度低いものとなります。この欠点は、部分的には低濃縮ウラン価格の安いことにより相殺されます。中性子の物理的特性が異なるため（例えば不均質性の増加、 $U^{238}$  共鳴の自己遮蔽の増加により）このサイクルでは燃料要素の40%にだけウランを使用し、残りは、黒鉛のタミー球を入れます。この二つの「使い捨て」サイクルでは、ある程度転換比を犠牲にして



130,000から150,000 MWd/ton の高燃焼度を得ることが追究されております。

## 2. 再処理を行なう燃料サイクル

もし将来、再処理や再加工費が十分安く行なえるようになれば、燃料を低い燃焼度でとり出し、核分裂毒物質を除去して、高い転換比を得ることが有利になります。再処理を含むこのようなサイクルでは、主な核分裂物質は  $U^{233}$  になります。そしてこのことが、高転換比を目的とした最適燃料サイクルを決定します。すなわち装荷核分裂物質の量を最小にして生成された  $U^{233}$  をリサイクルし、 $U^{235}$  の量を減少させることにより、最適中性子経済をもつ U/Th サイクルが考えられます。これは二種類の燃料球システムを使うことによつてのみ果されます。燃焼球には新しい高濃縮ウランを使用し、トリウム球にはトリウムの全量と、出力ピークをさげるために再処理で得たウランをつめてあります。再処理は増殖球についてのみ行ない、得られた U をリサイクルします。

使用済燃料を再処理することにより、ウラニウム鉱の需要を大巾に減ずることができます。HTGRの将来の開発計画にとって、このサイクルが重要な意味を持つのは実にこのためです。

## 経済性

### 1. 燃料サイクルコスト

ペブル・ベッド型 HTGR では、連続的な燃料交換方式を採用し、炉心内に有害な中性子吸収物質となる材料を用いていないので、燃料サイクルコストは実に好ましいものとなります。HTGRの比出力は高いので、電気出力600～1000 MW級発電所の初装荷燃料費は $\$5,400/\text{KWe}$  ( $\$15/\text{KWe}$ ) の程度と考えられます。

また転換比が高いので、核分裂物質の補給率、すなわち燃料サイクルコストに与えるウラニウムの値段の影響は、軽水炉に比し著るしく小さいものとなります。例えば、Uの値段が2倍になったと仮定しても、燃料サイクルコストは、たゞ5%増加するだけです。

スライド8で、ペブル・ベッド原子炉で考えられている初装荷燃料および供給燃料を含む燃料サイクルコストについて説明いたします数値は出力密度に関し最適化してあります。

Case 1 は、第1号300 MWe THTRを想定したもので、再処理プラントは利用しない「使いすて」サイクルの場合であります。核分裂物質の  $U^{235}$  と親物質のトリウムは、混合して球の中につめるか、別々につめて2種類の球を使用するかします。後者の場合 KWh 当り約4.5銭 (0.05 Dpf/KWh) 燃料サイクルコストを軽減できることに御注目下さい。

Case 2 は、電気出力600 MW に対する低濃縮サイクルの場合で、この場合も再処理を

行ないません。

Case 3 は、期待し得る最低の燃料サイクルコストを示したものです。高濃縮ウランを用いて、いろいろな供給増殖燃料要素を使用します。また多数の大型 HTGR 発電所が設置されていることを仮定し、かつ最低 10,000 MWe の発電所分の容量を持つ再処理、再加工施設が利用可能であると仮定しています。

Case 4 は、Case 3 と同じ条件を用いていますが、この場合には U/Th サイクルに対し、20% の濃縮ウラニウムのみが利用可能であると仮定してあります。この場合コストは、約 kWh 当り 3.6 銭 ( $\approx 0.1 \text{ mil}/\text{kWh}$ ,  $0.04 \text{ DPf}/\text{kWh}$ ) 程度わずかに増加致します。なおこの計算には、全て現在のウラン鉱価格、濃縮燃料価格を用いております。

## 2 建設費

300 MWe 原型 THTR の設計を基にして、600 MWe およびそれより大型のプラントの建設費の検討を行ないました。検討の結果によれば、600 MWe プラントの建設費は約 4万6,800 円/kWe ( $130 \text{ \$}/\text{kWe}$ ) で、1000 MWe の場合は約 3万9,600 円/kWe ( $110 \text{ \$}/\text{kWe}$ ) となります。同様な見積り価格が米国や英国での検討でも出ておりますが、これらの数値は終局的には、THTR のように十分高い出力を持つ原型プラントの建設を通じてのみ確かめられると考えております。例えば機器メーカーは、プラントの設計、建設、官庁許可手続などを十分習熟した後でなければ、現実的な見積り価格をはじき出すことはできません。

## 3 発電原価

総発電原価には建設費の他に、燃料サイクルコスト、運転費、償却費、金利を考えなければなりません。適用する財政上の基準は、各国でまちまちなので、発電原価の値もそれにより変って参ります。西ドイツの電力会社で一般に用いられている財政基準を用いて、大型 THTR の発電原価をユニット容量、償却期間、負荷率の函数として試算してみました。次のグラフ(スライド9)と前に述べたコストに示されますように、大型の実証 THTR では、特に利用率が高くとれた場合には、発電コストとして kWh 当り 1円44銭~1円62銭(即ち  $1.6 \sim 1.8 \text{ DPf}/\text{kWh}$ ) を実現することができます。

実際、最新の発電コスト試算によれば、1000 MWe THTR の発電コストは、現在の高速増殖炉が第一目標としている発電原価と同程度の値を示しております。

## HTGR の将来の開発計画

実験炉の運転経験、特に燃料の核分裂生成物保持能力が良好であることは、HTGR 炉心の

設計には未だ開発の余地があり、ガス温度をさらに上げて閉回路ガスタービンと直結することが可能であることを明確に致しました。

HTGRに、Heガスタービンを直結すると言う考えは、HTGRの開発当初から存在しております。蒸気タービン系と比較した場合ガスタービン系には、次にのべるような多くの利点がございます。

第1の利点は、原子炉冷却材とタービン駆動流体が同一であることです。したがって送風機、熱交換器、復水器などの施設が不要となります。

第2に、将来のHTGR冷却材温度で、ガスタービンを運転した場合は、熱効率をさらに高くとることができます。また蒸気タービンを用いる場合のように、高い圧力を必要と致しません。このことは、ガス回路への蒸気浸入の危険性がなくなるという点で特に重要であります。

第3の利点は、ガスタービンプラントの建設費が、蒸気タービン系に較べて1.0～1.5%位安くなると予想されていることにあります。現在のHTGRでは、建設費は発電コストの各以上を占めておりますので、この点からも、HTGRにガスタービンを直結する技術的可能性を追求することは重要な事と言えます。

西ドイツ科学研究省は、本年から始まるHTGR-ガスタービン直結開発に関する5カ年計画を支持しておりますが、このことは、今述べたようなこの計画の将来性を西ドイツ政府が認めたからに他ならないと言えます。この計画はJulich研究所G.H.H社(Gutehoffnungshutte Sterkrade AG)および私の属するBBK社により共同で推進される予定であります。

スライド10で、300MW HTGRにガスタービンを直結した場合のガス回路の一例を御説明致します。ガスタービンとしては発電機と3台の圧縮機を持つ一軸駆動のものを使用します。駆動ガスは原子炉を850°C、4.0 ata で出て、ガスタービンを通り、熱交換器に排出されます。それから前置冷却器により、40°Cに冷やされた後、2台の中間冷却器をもつ3段階の圧縮系に入ります。最後に再生熱交換器により510°Cに加熱され、原子炉内に循環されます。この回路で控え目に見積って41%の熱効率を達成することが可能であります。またガス出口温度を900°C以上に増し、圧力比を3.5に上げ、再生熱交換率を0.95以上に増加して改良することも可能であります。

スライド11に示しますように、コンクリート圧力容器に用いた一体構造という特長は、この場合もガスタービン系を一次冷却材と共に一体に収容することにより具現されております。例えば、中間熱交換器とか再生熱交換器も炉心の周りに配置されます。同様にこの場合は、発

電機駆動用タービンと圧縮機駆動用タービンからなる2軸のガスタービンを圧力容器内部または圧力容器壁内に設置してあります。

#### 原子力プロセスヒート

将来のエネルギー供給問題を考える時、しばしば見落されることは、発電以外の目的を持つエネルギー消費量が莫大であり、かつ、少なくとも同程度の経済的重要性を有すると言うことであります。現在総エネルギー発生量の約70%が電力以外の熱として消費されております。2000年迄には、この比率は大体50%、50%になるものと予想されております。そこで次に考えますことは、原子力を発電だけでなく、この莫大な“熱”市場に直接利用できないかと言う問題であります。

次に示しますグラフ(スライド12)は、現在西ドイツで利用可能ないくつかのエネルギー源の燃料価格を比較したもので、単位はDM/Gcal (G=Gillion)で示してあります。この表から何故瀝青炭(黒炭)がより安いエネルギー源—鉱油—にとってかわられつつあるかと言う理由がはっきりお分かり頂けると思います。現在西ドイツでは発電・暖房用にはほとんど褐炭が用いられていますが、将来、これが燃料価格の安い原子力エネルギーと競合して、需要量の大きな低下を来すことはほぼ確実と思われれます。

今迄述べましたような純経済的な要因に加えて、工業プロセスに应用する場合には、原子力エネルギーにより発生するガスの温度が決定的役割を果たします。また、この点に於ても、HTGRの高温ガスは非常に有利であります。現在のHTGRの燃料技術開発の進行状況からみまして、1975年迄には、Heガス温度を1200°C迄もつてゆくことができると考えられ、この高温化によりHTGR技術を発電以外の他の市場へ応用する道が開けてくると考えております。次の二つの例を紹介して、他分野での応用を御説明致したいと思ひます。

原子力による鉄鉱精練は特に鉄鉱界の方に興味ある問題と思われれます。鉄鉱産業は、一つの工業プラントで、1原子炉から発生する全エネルギーを消費する位のエネルギー需要を有する数少ない工業の一つであります。すなわち鉄鉱生産用に単一目的で価格の安い原子力エネルギーを最大限に利用することが可能であります。原子炉で発生した電気を用いて、電気炉により鉄を溶解するのが最も良い利用方法であると言う考え方もあります。しかし大規模な電気炉系と組み合わせた場合の経済的検討を行なった結果、溶解工程のエネルギーコストの改良は、ほんのわずかで決定的なものでないことが判明致しました。電気分解により製造した水素を還元剤として使用する場合についても検討致しましたが、ほぼ同様な結論を得ております。しかし、最初の段階では、原子力による安い電気を用いて、通常の鉄鋼プラントを稼動することが考え

られております。西ドイツでは、さらに将来の応用を考えてHTGRの発生熱を直接鉄鉱溶解工程に応用することに焦点を絞り、研究・開発計画を進めております。HTGRのガス温度を1000°C-1200°Cに上げてやることにより、それを鉄鉱の還元工程へ直接応用することが可能であります。

スライド13に単純化したHTGR-鉄鉱直接還元プラントのダイアグラムを示します。プラントの主要構成はHTGR1基、鉄鉱石還元プラントおよび発電プラントより成ります。原子炉から出た高温Heガスは、先ず、還元プラントへ送られ、還元剤である水素と一酸化炭素の製造・加熱に用いられます。還元プラントで鉄鉱石はこの還元剤と反応して還元されます。この高温段階で、ある程度熱を失ったHeガスは、続いて発電のための低温段階に入ります。低温段階では蒸気タービン或いはHeガスタービンを用います。この原子力プラントで、熱源として、また発電源として、最低年間300万トン(3Mio ton)の生産量を有する最新溶解プラントの全熱需要をまかなうことができます。

鉄鉱製造工程としては、上記還元プラントで鉄鉱石をスポンジ状に還元した後、アーク炉で精練し、後は通常の方法で鋳造、成型することを考えております。

原子力によれば大規模な鉄鉱生産工程に要する熱は、非常に安い価格で供給することができ、価格は大体天然ガスまたは石油価格の半程度と予想されております。この安い熱が還元容器で必要とされる温度範囲で、直接原子炉から供給されます。化石燃料を用いた溶解工程のように、余計な転換または変換を必要としないので、その間の損失もございません。

今後、還元容器内での熱伝達など、解決すべき基礎的問題もございませぬが私どもはこの計画の完全実用化を目指して開発を続けております。

原子力で発生した熱を発電以外に応用するもうひとつの可能性は、他の吸熱化学反応-特に800°C-1200°Cの温度範囲で起る反応-とこのエネルギーを組み合わせることにあります。日本と同様西ドイツに於る石炭鉄業問題に刺激されて、私どもでは、今、国産石炭のガス化に原子力を応用することを研究しております。この組合せによれば、可燃ガスは大体化石燃料70%に対し原子力30%の割合でエネルギーを消費して生成されます。原子力発生熱の価格は、スライド12に示されたように、化石燃料発生熱に比し非常に安いので、この組合せを使えば、可燃ガスは化石燃料のみを用いた場合より安いか、少なくとも同等の価格で生産しうると考えられます。

この場合約1200°Cの原子炉ガス出口温度が必要ですので、HTGRは特にこの組合せに適していると言えます。1200°C-850°Cの温度を石炭のガス化に使用し、850°Cから

約 400℃で発電を行ない、400℃以下のガスを化学工業へのプロセスヒートに使用すると  
言うのが基本的構想であります。

## 結 論

H T G Rの持つ多くの特徴を詳しく御理解頂くことは無理であったかもしれませんが、これ  
迄の話で、何故H T G Rが現在および今後長期間にわたり重要であるかと言うことは、おわか  
り頂けた事と存じます。私の話を要約致しますと次の如くであります。

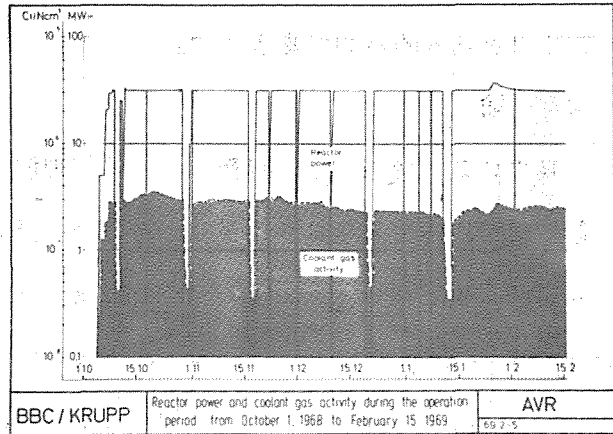
1. H T G Rで用いている技術は、何等特別な技術ではなく、現在すでに運転を続けておりま  
すガス冷却炉の実証技術を外挿したもので、真に信頼性の高い技術であります。
2. 新たに開発致しましたセラミック被覆粒状燃料は、十分な安全設計余裕をもって、高温特  
性、照射特性ともにもまことに良好な実験結果を得ております。
3. H T G Rの建設費は、同一出力の他のガス冷却炉のどれよりも安いものとなります。建設  
費と燃料費を考慮した初期投資額は、軽水炉と比較致しましても、さらに安いものとなりま  
す。
4. H T G Rは中性子経済が良いので、高濃縮U/Thサイクルでも、低濃縮ウランサイクルで  
も使用でき、長期燃料サイクルコストはkWh 当り36銭から43銭/kWh ( 1.0 ~ 1.2 mills  
/kWh ) を達成できます。
5. すでに完成されたコンクリート圧力容器の技術と、H T G Rのもつ本質的に安全な炉心特  
性は、発電所の敷地選定問題を解決し、都市の近傍へ設置することも可能であります。
6. H T G Rは、現在使用しているガス-蒸気サイクルの代わりに、He ガスタービンを用い  
た直接サイクルを使用する全ての条件を備えております。これが実用化すれば、熱効率を上  
げたいえ、建設費を10%以上安くすることが可能であります。
7. H T G Rの技術をさらに改良して、原子力の熱を発電以外の用途、例えば鉄鉱溶解とか石  
炭のガス化に使用することが可能であります。

スライド 5.

スライド 1 (本文中に掲載)

スライド 2.

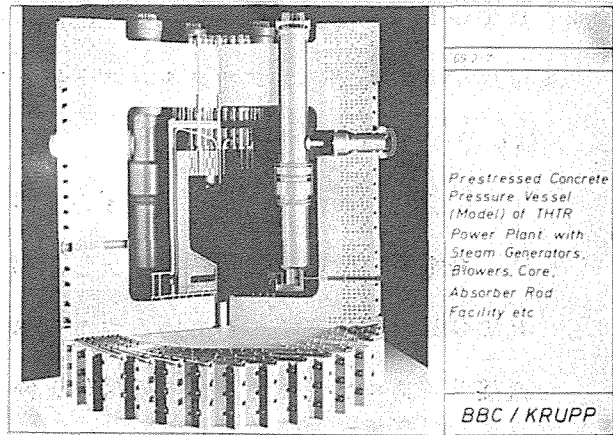
General Advantages	Specific Advantages of the Pebble Bed Reactor
<b>Ceramic Fuel and Structural Materials-</b> High temperature resistance	<b>Pebble Bed Core -</b> Simple core structure
<b>Helium as Coolant-</b> High thermal conductivity, Inert to structural materials	<b>Continuous Refuelling-</b> Better fuel economics.
<b>High Coolant Temperature-</b> Modern steam conditions High efficiency	<b>Homogeneous Fuel Distribution-</b> Small temperature gradients
<b>Coated Particles-</b> High burn-up, Low contamination	<b>Spherical Fuel Elements-</b> Simple fuel handling
<b>Outstanding Safety Characteristics-</b> High heat capacity, Negative temperature coefficient	<b>Many small Fuel Elements-</b> Safety in the event of fuel element breakage



スライド 6. (本文中に掲載)

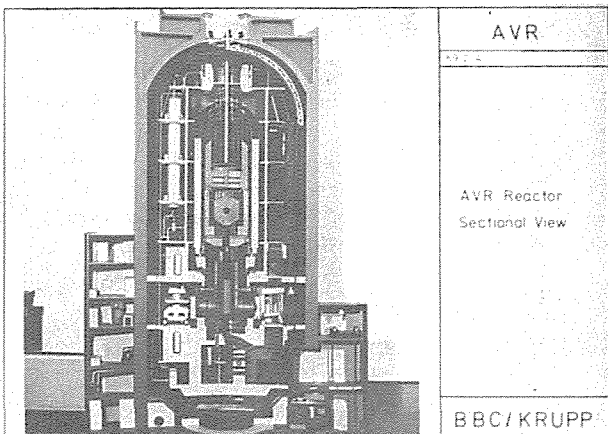
<b>BBC / KRUPP</b>	<b>Advantages of the Helium Cooled High Temperature Reactor</b>	69.2-2
--------------------	-----------------------------------------------------------------	--------

スライド 7.

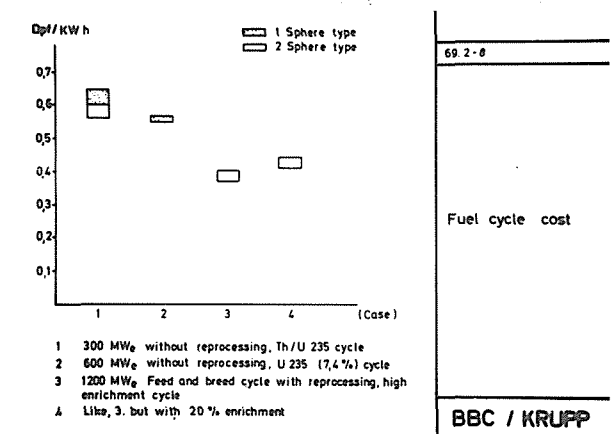


スライド 3. (AVR 全景 - 省略)

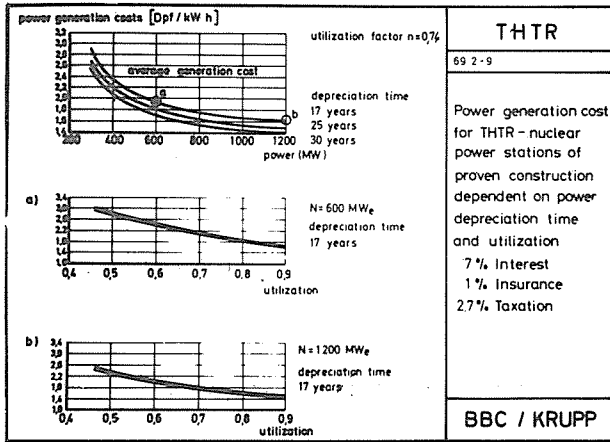
スライド 4.



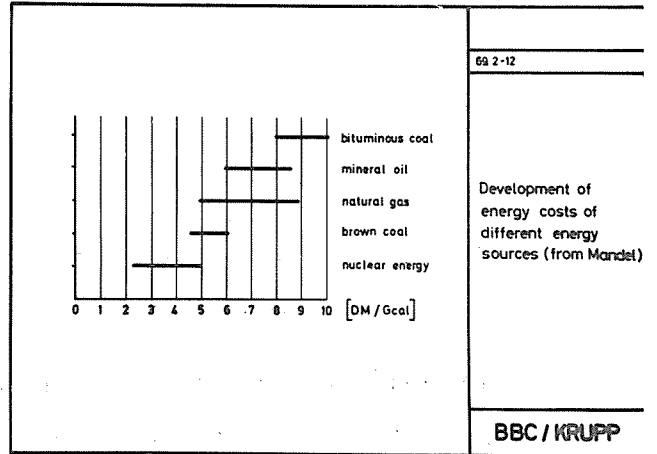
スライド 8.



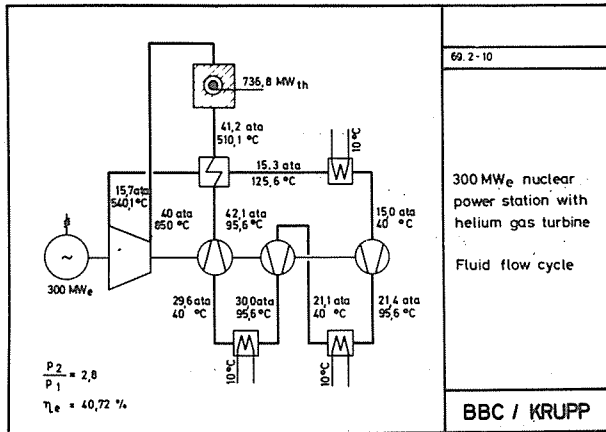
スライド 9



スライド 12.

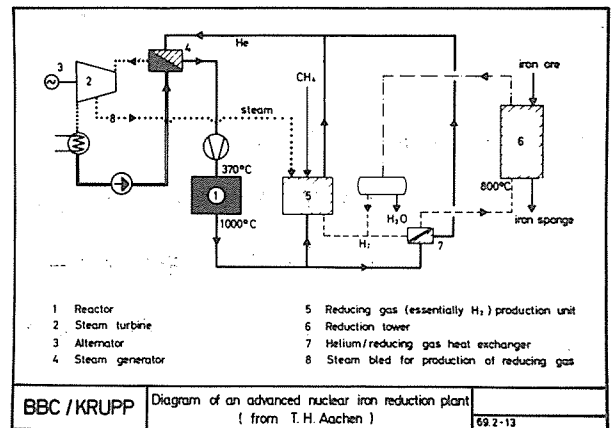
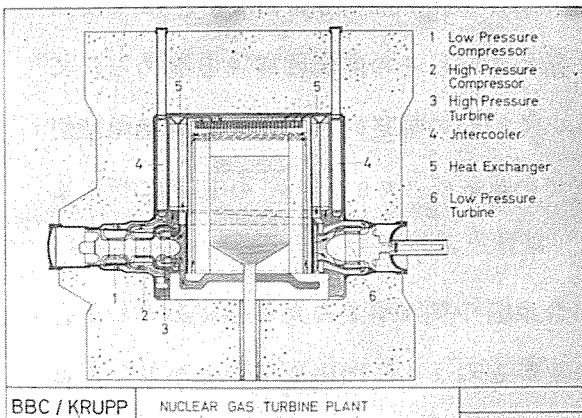


スライド 10.



スライド 13.

スライド 11.





## Ⅲ アメリカにおける高温ガス冷却原子力発電の最近の進歩

ガルフ・ゼネラル・アトミック社  
社長フレデリック・ド・ホフマン

高温ガス炉の開発は、ガルフ・ゼネラル・アトミック社(GGA)によつて安い発電コストを  
うために行われているものであり、それはまず第一番に、高温を作り出すこと、高圧の蒸気  
を作ること、それによつて効率的に過熱とか再加熱のサイクルを作り出すことであり、二番目  
には高い中性子経済により核燃料の最適利用を図ること、それから三番目に転換率を高くする  
ということ、安全度を高くするということでもあります。これらの目的は、基本的なものであり  
、これが高温ガス炉(HTGR)の基本となるもので、これが現在実際に使われるようになった  
わけでありませう。

電気出力4万KWのピーチボトム原子力発電所が、フィラデルフィア電力会社の手により、  
1967年6月から商業運転に入っております。二番目のもつと大きなHTGRは電気出力  
33万KWのフォート・セント・ブレイン原子力発電所で、パブリック・サービス・オブ・コロ  
ラドが運転者であります。

これは目下建設中であり、商業運転を1972年にやる予定であります。110万KWのHTGR  
の開発や設計も進められております。これらの大きなHTGRの発電所というものはPeach  
Bottom Prototypeによつて証明されているものと、基本的に同じ原理を用い、さらにその  
上にいろいろな部品とか系統というものをコロラド発電所と同じ原理に従つて行なうわけで  
ございます。

HTGRの発展の自然の結果として、ヘリウムを冷却材(Helium Coolant)として使用  
します。こういう考え方に対する仕事は1961年に始められ、その開発は着々と進められて  
きました。ホーテスキュー博士とそのグループによりいくつかの補足的なガス冷却高速増殖炉  
開発計画というものが現在進行中であり、商業的規模での運転が1980年代の初期に行える  
ように開発中であります。

HTGRとGCFRの開発というものは、積極的に合衆国の電気事業の大部分であるとか、  
原子力委員会の支持を受けております。我々と電気事業がどのように関係しているかといふこ  
とも関心があるかと思いますが、70社以上がこの開発に参加しているわけでございます。

これに加えて、ヨーロッパの諸政府や公益事業グループなどが、ガルフ・ゼネラル・アトミックと協力して、高速ガス冷却炉を研究しており、これらはスイスのバーリンゲンにあるスイス連邦原子力研究所における研究などもその一例です。

それでは最初に、HTGRの商業発電所のプログラムについて述べたいと思います。それからGFRについて述べたいと思います。そのためにはまず第一に、皆さんに経済的な計算というようなことについて話をしたいと思います。これがすべての電力開発の現実的な根拠になるものだと思います。

## I 経済性の指針

安い電力コストを得るということ、これは資本費が安いこと、燃料費が安いことの両方からくるわけでありまして、燃料費が安くても資本費が安くはないという場合、これは最少コストにはなりません。現在、資本の利子というものが非常に高いので、資本費が非常にコストを増加させるわけです。皆さんにご説明する必要はないと思いますが、キロワット当り10ドル増加した場合、80% 負荷率では、0.2ミル/kwhの増加になります。このような条件において、原子力発電所は、発生電力のキロワット当りの安い資本費を持つということが重要で単に発生する熱エネルギーに対する資本費の安さではありません。従つて熱から電気への転換率が問題になつてきます。ということはまた、発電所の効率の問題でありまして、またこれについては他の方がお話したと思いますが、化石燃料の発電所にとりましては、535℃でもつてやるわけでございますけれども、ガス冷却材はこのような温度に達するのが非常に容易でありまして、その結果、40%位の効率になり、最近の化石燃料の発電所と同じ位になるわけでございます。

原則的に言つて、ガス冷却の発電所の効率をもつとよくすることが可能であります。というのは熱の損失が少なくないのでありますから、いろいろな最適値計算する時には45%位の数値が出ますが実際的な場合には、効率が多少落ちます。

発電所の資本費を安くするためには、発電所の原子力蒸気供給系の容積を小さくすることであり、それを小さくするためには、原子炉が相対的に小さくしなければいけません。そのために我々は小さくすることに力を入れているわけでありまして。

ガスというものは非常に素晴らしい冷却材であり、たとえばヘリウムガスというものは、30気圧で温度は750℃でもつて、300℃、120気圧と同じ位の熱伝導率があります。従つて、水は非常に高い温度にならないと、ガスと同じ位の効率を示さないわけで、ガスは圧力が少なくてすむわけでありまして。従つて熱伝導の限度というものは、ガス冷却材による制限

ではなく、いかに効率よく熱を燃料要素から外へ持ち出すかということにあります。

## II ガス冷却炉の燃料サイクル・コスト

次に私は燃料サイクルのコストのことについて話をしたいと思います。これを最適化するにはいろいろな方法がありますけれども、そのうちの重要なものは中性子経済、熱効率の増大であります。一般的条件における燃料費の数字はかなり明確に出ております。この数字を調べてみますと解りますが、あるパラメーターを最大限にしなければいけない。またあるパラメーターを最少限にしなければいけない。これらの最大、最少限を同時にやるということが大事でありまして、高温のガス炉というものは、数量を同時に変化させなければいけない。まず考えなければいけないのは、熱効率を高くしなければいけないという問題です。HTGR等における熱効率は、40%位でありますけれども、我々の最適値は、アメリカでは少し下げて、フォート・セント・ブレインなどにおきましては良い冷却水がないので、場所によつて違いますけれども、スチームの温度と関係があるというのは確かであります。

次に転換率の問題ですけれども、転換率の差ですが、中性子経済が非常にいい場合には、これは非常に大きなものになるわけでございます。この理由と致しましては、高温のガス冷却炉は黒鉛を使うわけでありまして、金属を使つていないわけではありません。したがつて、中性子経済がよいわけであります。

次いでHTGRの燃焼率であります。中性子経済が非常にいいので、燃焼率は60—100,000MWD/Tonで水炉の30,000MWDよりはるかによいわけですね。すべての高温原子炉におきましては、問題は、燃料要素を燃やしてしまわないということでありまして、それを長い間保つということでもあります。

### 核燃料の所要量

それから核燃料の所要量であります。これも重要な事項でありまして、必要量が少なくなる事ができれば、10%の利子費なども少なくなつてコストも安くなります。100万KWの高温ガス冷却炉の場合は、3,000kgの $U^{235}$ を必要とするわけでありまして、これは、現在のPWRと同じでありますけれども、しかし、水炉の場合はもう限度に来ているようでもありますけれども、HTGRの場合は、この必要量をさらに将来において少くすることができると思います。この必要量を減らすためには、HTGRの炉心部温度を上げること、炉心を小さくすることなどが重要であります。

### 燃料加工費

これは製造、あるいは加工等のコストでありますけれども、現在においても、効率が

33% 増える。それから燃焼率が増える。それによりますと、加工費kg当たりを考えてもさらに有利になるわけでありまして、従つて単位当たり加工費が安くなるということが言えるわけでありまして。さらにHTGRが盛んになればもつと少なくなると私は思うのであります。

### 核物質の価格

最後には、核分裂物質の価格の問題ですが、HTGRは、すでにご存じだと思いますけれども、何サイクルかの間出来るわけですけれども、我々の考えによりますとこれは皆様の考えと同じだと思いますが、絶対的なベースでU<sup>235</sup>トリウム・サイクルは安い燃料費というものになるわけでありまして、多分0.2~0.4ミル/KWHだけ少なくなるということが、100万kwの軽水炉と比べて言えると思います。この有利さというものは、ウラン鉱石が高くなつた場合にさらに言えると思います。

次のスライドを皆さんにご説明致します。グラフの左側をご覧下さい。HTGRのカーブのスロープが出ておりますが、ウラン鉱石のコストが他のものより少なくなつてのをご覧になつて下さい。同じことが濃縮費についても言えますし、それからHTGRはプルトニウムのコストには関係ありませんし、だから電気事業者はプルトニウムのことを価格の点で心配する心配がないわけでありまして。

次のスライドをお願いいたします。これは要約的になりますけれども、種々の要素を私が強調したものを上げたわけです。いろいろな利点が、ヨーロッパにおいて認識され、またアメリカにおいても認識されていますけれども、ガルフ・ゼネラル・アトミックでは、ヨーロッパのOECDとか、その他のところから、HTGR計画の面において、いろいろな協力を受けており、イギリスからも受けております。今日またミューラー博士の報告をお聞きになつたと思いますが、高温ガス冷却の話やドイツにおけることもお聞きになつていいると思います。

今日私が皆さんにお話しできる最大のことは、実験的な小型の原子炉のことだけでなく、もつと大きな規模が建設されているわけですが、そういう話をしようと思います。

### III HTGR発電所

HTGRを作る場合に、ピーチボトムはまだコンクリート容器ではなくて、鋼鉄容器でありますけれども、これはフィラデルフィア電力会社で1967年6月から動いておりまして、このような高温高圧による世界最初の商業発電所であり、黒鉛炉心を使つたものであります。

1968年の10月からピーチボトム発電所は、313,100MWHの電力を発電しましたし、

その上に、商業運転のほかに、原型炉としての仕事を果しております。そして、その要求されていることをやつております。出力の変化とか、停止とかを実際に試してみる。そして系統のテストをするとか、部品のテストをするとかを、アメリカ原子力委員会と協力して我々がやつているわけです。そして積極的な努力をフィラデルフィア電力会社の協力も得てやつております。

プラント性能を要約したスライドがここにございますけれども、稼働性は非常に高く、1968年にはもつと高くなり、蒸気系統の利用度もそうなっております。12カ月の間商業運転をやつたわけですけれども、ピーチボトム発電所はいろいろなことを経験しました。フィラデルフィア電力の入達が非常によく運営してくれまして、プラントの各系統が非常によく運転されました。二度の機会に発電所は、予期しない燃料のトリップを起こしました。一度は主な発電機がアースの関係で嵐の時にトリップを起こしまして、タービンのスロットルのトリップを起こしまして、30%のタービンのバイパス・バルブがだめになつたと。それから蒸気の調整バルブが開いてしまつた。ヘリウム循環器のスピードを下げ、手動ロッドを挿入して炉を末臨界状態にしました。

主要な発電所の機器というものがいろいろなデザインの効果というものを示しております。制御棒であるとか駆動装置、ヘリウムの圧縮機、ヘリウム伝導用のダイアグラム・コンプレッサー、一次ループのヘリウム・バルブというようなものは運転前の予備試験計画で良好な結果を示しました。蒸気発生器は安定した高圧、高温を作り出しました。これは故障が少なく、毒性のレベルも設計よりも少なかつたわけであります。800本のうち11本の燃料要素が具合が悪くなつただけであります。

第二番目のHTGRは、デンバー北部に建設中のパブリック・サービス・オブ・コロラド社の電気出力33万kWのフォート・セント・ブレイン発電所でありましてけれども、普通の発電所と違つて、アメリカで使われていない格納容器があるので、これはヨーロッパのもののように見えます。ヨーロッパではプレストレスト原子炉容器(PCRV)を使いますから、二次的なcontainment shellがないわけです。デザイン・パラメーターを次のスライドでお見せ致します。ここで排気圧力が割に高い、25インチマーキュリーであります。その他のものはすべて見ればおわかりになると思ひますけれども、フォート・セント・ブレイン原子力発電所におきましては、いろいろな設計が行なわれまして、プレストレスト原子炉容器の設計も行なわれました。また、Once-through steam generators, economizer- evaporator-superheater それから reheater section というものが一つに入つているわ

けでありまして、それから蒸気で動く軸流ヘリウム循環装置、黒鉛の燃料要素、六角形のケーブル・タイプの燃料駆動装置などがあります。

次のスライドは、フォート・セント・ブレイン発電所の原子炉を示しております。

次のスライドは、私が先程お話しした燃料要素を拡大したものでありますけれども、ヨーロッパの方の話したのとちよつと違うと思います。というのは、燃料棒の直径は前のものよりも大きくなつている。これは最適値計算の結果から生み出されたものでございます。それから六角形の断面図  $36\text{cm}$  ( $14\text{ in}$ )、 $79\text{cm}$  ( $31\text{ in}$ ) の高さ。垂直の冷却ホールというものが、それぞれの燃料要素の中にあるわけですが、小さい直径の穴であつて、Coolant hole と並行している。そしてまん中に Engagement hole があつて操作ができるようにしているわけです。

次に実際の建設の問題でありますけれども、1968年9月に建設の許可というものがフォート・セント・ブレイン原子力発電所に対して、原子力委員会から与えられまして、それ以来、敷地の整備が急速に行なわれておりまして、現在までに約16,000立方ヤードのコンクリートが使われております。

7,600立方ヤードのコンクリートは、圧力容器と関係ないものに使われております。ストラクチュラル・スチールは $1/10$ できり地上30m位の高さになつておりまして、底部 (bottom) の head が400トンであります。四つのヘリウム循環装置と12の蒸気発生器と、それから12の炉心部を支持する柱があります。したがつて、底部の Head liner の集合体は、穴を掘つてそこにコンクリートを置き、その上に置くわけであります。タービンを作るのも進んでおりまして、92%位もうすでにできており、インレット、アウトレットの部分もでき上がつております。GGAは、フォート・セント・ブレイン計画の主な計画者でありまして、サブコントラクターはエバスコ・サービシズというのがあります。建設する要員を提供しております。だいたい500人が二交代で働いておりまして、発電所は1971年に完成の予定でありまして、現在のところ大体、全体の13%位が完成しております。

#### IV ガス冷却高速炉

ガス冷却高速炉について述べたいと思います。これは熱中性子炉と同じようにコストの点で競争しなければならないのでありまして、もしそれがかなわなければ、商業的に存在しないわけであります。だから経済計算というものが必要なわけであります。冷却材としては、ナトリウム、ガス、蒸気の三つがあるわけですが、歴史的には最初のものが1940年頃始まりまして、その時には発電所の規模は小さかつたわけでありまして、10

万～20万kW位のところを出していたわけであり、これらの高速炉心は非常に小さく、液体の金属冷却材を使っていたが、これはもう時代遅れであります。今日、様相は全く異なり、全面的な再検討が必要となつています。100万kW級の発電所が現在建設されつつあり、1980年までにはもつと大きな規模の炉心には、ガス冷却は、すぐれた熱伝達の手段であると言えます。また、プレストレスト・コンクリート容器は、すでにアメリカ、ヨーロッパにおいて使われているわけであり、これについてはまたお話しがあると思います。蒸気冷却は、増殖比が1.1と低いので、資源の保存や、経済性からHTGRに比べて、開発に対する論理的妥当性を見出すのはほとんど困難であります。ナトリウム増殖炉は、増殖比が1.4と高いのですが、冷却材の安全性の問題から実際には、こんなに高くするのは、難かしいと思います。そのような冷却材が安全にならないという意味ではごさいませんけれども、私の言いたいのは、ナトリウムがこういう技術的問題を解決しなければならないので実際上、1.3とか1.4という増殖値比はもつと低くなるのではないかと思うわけであり、ガス冷却高速炉は、ボイド係数の問題もありませんので、この炉のもつ高い転換率の特徴を十分に発揮できるわけです。酸化ウランを使うと、増殖比は1.55位になります。この増殖比が1.55という高速ガス冷却炉は、増殖比1.25のものに比べて約2倍の新しい物質を作り出します。従つてガスは、高速増殖炉の理想的な構想に最も近い可能性をもつ冷却材といえるでしょう。

## V ガス冷却高速炉の概要

100万kWのGCFRの概念設計が、ここ2～3年来行われてきました。次にこの典型的な運転上の特性をお見せしたいと思います。細いことについては別の機会にゆずりたいと思います。

## VI ガス冷却高速炉の開発計画

次に一般的なお話しをしたいと思います。

ガス冷却高速炉の開発計画は、ガルフ・ジエネラル・アトミック社によつて、チューリッヒにおいて、1961年から始められまして、63年からアメリカ原子力委員会が我々の仕事を認めてくれまして、当社とオークリッジ国立研究所に対して資金を提供しはじめました。

それから1965-67年の間に、East Central Nuclear Group (ECNG) という14の会社とGGAが共同してお金を出して、設計研究を行ないました。最初の年度に100万kWの概念設計が行なわれました。第二年度には、GCFRの物理および安全性、さらにはヘリウム循環器の別の形式についてさらに研究を進めました。さらに、熱出力10万kWのガ

ス冷却高速実験炉の概念設計とコスト試算がE O N Gの協力により完了しました。1967年の後半になつて、スイスの連邦原子力研究所というところと協力して開発計画を進めており、四つの面を研究しております。これらは炉物理の研究、熱伝達と液体の流れの研究、閉回路式ガス・タービンの研究、それにルーセンス炉を高速ガス冷却炉に変えるということにあります。この開発計画は二年目に入りつつあります。

G C F Rの研究の重要なものが、1968年にアメリカの電力会社のグループと協力しまして、2年の共同研究を再び初めたわけでございます。これによつてG C F Rの概念設計をまとめようとしたわけでありまして、現在37の会社がこれに関係していますが、これらは、約6,000万KWを発電し、アメリカの電気企業の33%を代表しております。これらの電気企業は我々と協力しまして、400~500万ドルのお金を使つて、2年間計画で研究をしているわけでありまして、それから我々は、他のヨーロッパの電気事業とも協力しまして、研究を続けていくつもりです。予備設計、コストの予測、その他の研究を行なうわけでありまして、こういうものを研究したのちに、それにしたがつて33万KWのG C F Rの実験炉の評価を行なうことを決定しました。これらの研究によりまして安全性の研究を行ない、安全工学系統を確立しようと考えています。

G C F Rの開発は、H T G Rの既存の技術の上に組み立てられるものであります。G C F Rは冷却材としてヘリウムを用い、アメリカおよびヨーロッパにおけるH T G R計画で開発されたのと同じP C R V、ヘリウム循環器、蒸気発生装置などを使用します。G C F Rの燃料は、多くの点で、ナトリウム増殖炉のために開発された燃料と同じものが使用されます。従つて、液体金属増殖炉計画により計画され開発された燃料は直接にG C F Rの開発計画はアメリカにおいて1980年代初期に商業規模に基づく大型発電所が運転されるようになることを目標に組まれております。この目的に到達するために最も有望なアプローチは33万KWのG C F Rの原型炉を建設し、運転の初期段階で、それを燃料試験施設として使用することでありまして、この原型炉は、1976~1977年に運転となるでしょう。この原型炉は耐用年数が30年として有効に運転されるように設計されるでしょう。初期の段階では、この原型炉は、燃料照射データを提供し、また、各部品の性能を実証し、安全性の研究にも貢献し、これらにより運転費を相殺し、幾分か収益もあげられるであります。



# PEACH BOTTOM PLANT PERFORMANCE

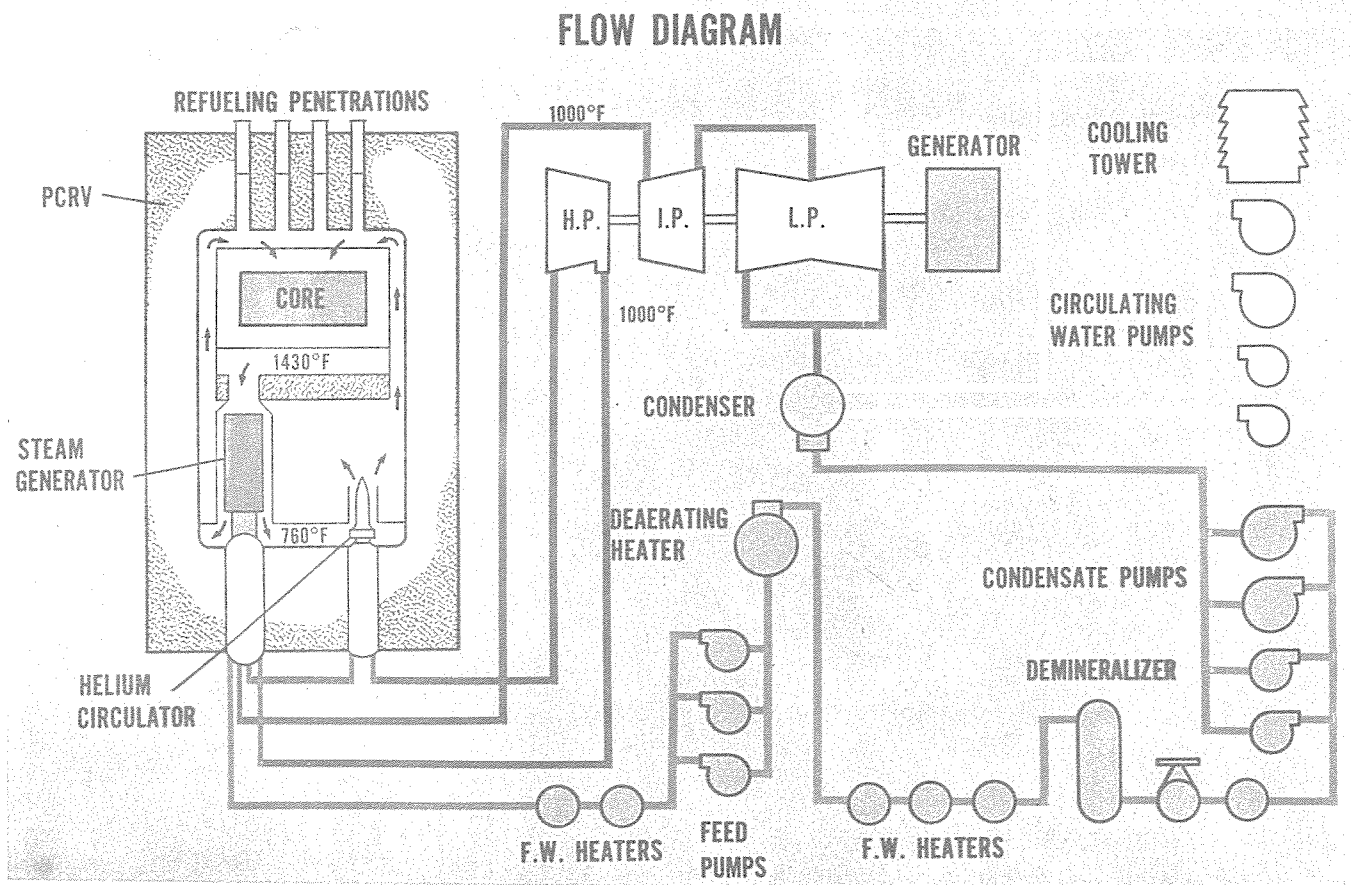
MONTH	PLANT AVAILABILITY*	NSSS AVAILABILITY*	GROSS PLANT CAPACITY FACTOR**
JUNE 1967	100.0	100.0	91.4
JULY	99.2	100.0	78.4
AUG	89.5	97.8	86.2
SEPT	0	0	0
OCT	67.2	67.2	56.0
NOV	92.9	100.0	87.1
DEC 1967	100.0	100.0	83.7
JUNE 1968	98.0	100.0	90.0
JULY	80.9	80.9	74.3
AUG	88.0	88.0	78.8
SEPT	100.0	100.0	94.9
OCT 1968	73.3	73.3	69.8

\* (service hr/net period hr) x 100

\*\* [MW-hr(e)/net period hr x 44.5 MW(e)] x 100

## DESIGN PARAMETERS OF FT. ST. VRAIN HTGR

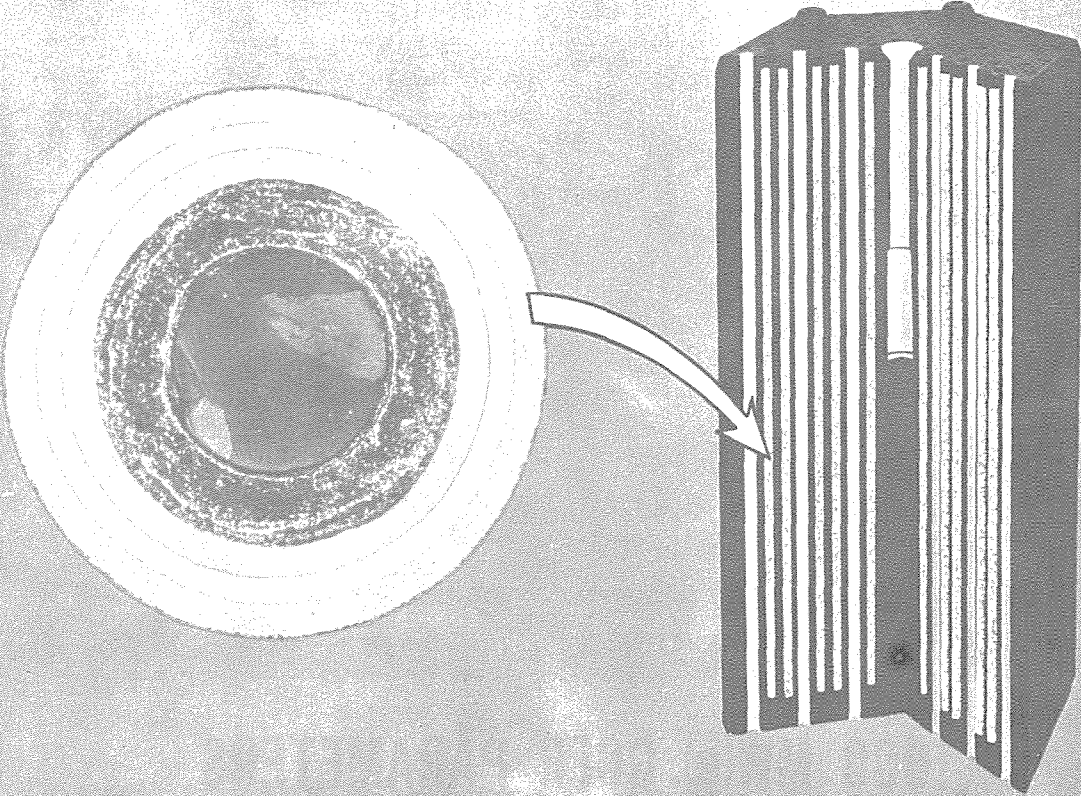
NET STATION OUTPUT	330 MW(e)	
NET STATION EFFICIENCY	39.4%	
HELIUM COOLANT TEMPERATURE	760-1430 F	404 C-777 C
HELIUM COOLANT PRESSURE	700 psi	48 atm
THROTTLE STEAM CONDITIONS	2400 psi/1000 F	164 atm/538 C
REHEAT STEAM CONDITIONS	600 psi/1000 F	41 atm/538 C
FUEL LIFETIME	~ 6 Years	
FUEL BURNUP	~100,000 MWd/T	



## 1000 MW(e) GCFR PARAMETERS

	<u>OXIDE FUEL</u>	<u>CARBIDE FUEL</u>
MAXIMUM HEAT RATING (kW/M)	56	112
SPECIFIC POWER (MWT/kg)	0.9	1.5
CONVERSION RATIO	1.5	1.6
GEOMETRIC DOUBLING TIME (YRS)	9.0	4.3
CORE LIFE (YRS)	2.4	2.5
FUEL BURNUP (MWd/TONNE)	100,000	140,000
FUEL CYCLE COST (MILLS/kWh)	0.50	0.08
HELIUM PRESSURE (Atm)	85	120
HELIUM INLET TEMPERATURE (C)	340	315
HELIUM OUTLET TEMPERATURE (C)	635	590
STEAM PRESSURE (Atm)	165	120
STEAM AND REHEAT TEMPERATURES (C)	540/540	480/480
FEEDWATER TEMPERATURE (C)	190	135
NET PLANT EFFICIENCY (%)	39.7	37.3

**TRISO COATED PARTICLES IN HEX-BLOCK FUEL ELEMENT**



## フランスにおける重水の生産

フランス原子力庁材料・燃料局

局長 H・ピアティエ

## 一般的な考察

1. 重水炉の他の型式の原子炉に対する利点は、よく知られている様に、燃料サイクル・コストに顕著に現われている。この利益は発電所の全寿命に対して、フランスに於ける条件では、電気出力KW当り数百フラン即ち約60ドルの節約(として表はず事)が出来る。併し、燃料サイクルの此の低価格を最大に利用する為には、出来れば、重水の価格をキロ当り200フラン(又はポンド当り18ドル)以下とするべきである。重水の全投資額はMWe当り0.6から0.8 metric tonsであるから、重水価格のキロ当り10フラン(又は2ドル)の増加は設備容量KWe当り6から8フランの資本費の増加となる。これは全体のコストの1%以下であり、KWH当り料金に対しては1 centimeの極く少部分としてしか反映しない。重水炉を発電設備の主要な部分として使用する工業国に於いては、所要重水量の合計は年間数百トンになると思はれる。
2. カナダでは重水炉の需要に対して設備されている生産能力の合計は、年産1,200 short tonである事は良く知られている。併しこの型の原子炉のみに集中してない他の国に於いては、所要量は近い将来に於いては此れより少く又ゆっくり上昇するものと思われる。例へば、フランス、英国・またはドイツに於いては、これからの4年間には重水炉発電所のPrototypeのみが多分建設されるであろう。そして、最初の商業プラントが運転に成功する迄はその開発を急速に推進するかどうかは決定してない。従って、これらの国に於ける合計重水需要量はここ数年間は平均として年間約300トンを上回らないかもしれない。
3. 後で述べるように、此の状態から、ammonia合成に使用する水素からの重水素の抽出が最も望ましい方法であると考へられる。最初の重水製造設備はこの方式であった。  
(NorwayのRjukan及びCanadaの、Trailに於ける設備がこれである)併し、過去18年大型の重水製造設備は $H_2O - H_2S$  Processによっている事はよく知られている。併し昨年 ammoniaと水素間の同位体交換反応を用いた設備が最初にフランスで建設された。この実験は、少規模だが(設備は年産25 tonにすぎない)非常に成功であった。

 $NH_3 - H_2$  Process

4. この Plant は、北部 France Mazingarbe にあり、フランスの業者、Compagnie des Constructions Mecaniques - Procédes Sulzer and Air Liquide の協力を得て Societe Chimique des Charbonnages により (Commissariat a l'Energie Atomique) の為に建設されたものである。この二つの会社は Process の研究について Societe Chimique des Charbonnages と Commissariat a l'Energie Atomique と協力して来た。
5. ここで重水製造の此の新しい方法の利点の概要を述べその有効な利用の範囲を明かにしたいと思います。
6. 重水を生産する為に、化学的交換特に同位体交換反応を応用した設備が運転される様な、一般的な Flow Sheet はよく知られている。
7.  $\text{NH}_3 - \text{H}_2$  Process (アンモニア・水素 Process) の利点は  $\text{NH}_3 - \text{H}_2$  同位体交換反応が重水素分離に対して最大の分離係数を持っているという事実から生ずる。併し合成ガスの水素と液体 ammonia の間の此の反応は溶液中に触媒がある場合にのみ生ずる。此の場合の触媒は、Potassium amide である。Potassium amide の純度は満足な反応率に達するよう十分高くなければならず又、非常に有効な接触方法を使用しなければならない。
8.  $\text{NH}_3 - \text{H}_2$  交換には二つの方式がある。
9. 最初のもの、monothermal 又は単一温度交換と呼ばれるものでは、反応は主に蒸発装置の三つの槽で行なわれる。この槽のうち最初の一つは分解槽であり、また、あとの二つの槽は濃縮部の槽である。液体 ammonia は合成設備自体により分離部の頂部から供給され、一方、濃縮部の底部には特別な分解装置が設備されそこをとおってくる、濃縮された、ammonia 合成ガスがそこをとおって供給される。此の工程の特徴は、触媒を分離部の頂部から recycle しなければならない事であり又特別な塔  $T_3$  で重水素を洗い落さねばならない事である。塔の寸法を最少にする為に此の交換は合成圧力即ち数百気圧で行われ、百乃至数百倍の濃縮が得られる。従って最終の重水素純度にする為には精製設備が必要である。触媒が破壊されるのを防ぐ為に全ての酸化不純物は、ammonia 合成ガスが装置に入る前に除かれねばならない。洗滌塔  $T_4$  は此の目的の為に用いられ、そこではガスが Potassium amide の高い濃度の溶液と接触する。この利益は Potash の様な固体が形成されればそれは此の塔か filter の中に残り交換塔には入らない事にある。この monothermal 方式では交換装置が比較的小さく ammonia 装置に密接に結びついていることが容易に見られる。

10. 分解ガスは塔を通過し重水素を放出した後、合成管に戻る。ここで重水素を放出するわけである。
11. 第三番目の方法、すなわち "bithermal" 又は "二温度交換" を用いるものはこのような方式になつている。全般的な方式は、よく知られている  $H_2S - H_2O$  Process と同じである。唯 Noria 液は  $KNH_2(NH_2)$  が ammonia の中に溶液として入っている。
- 併し、使用出来る供給量に制約があるので重水素を最高の割合に抽出する為には余分な、分解塔を設置する方が有利である。この場合余分な合成設備は必要でない。触媒の分離、又は、分離再循環は必要ない。これは大きな利点といえよう。此等の利点と幾分損与点は、計算によれば、使用する Exchange plate (交換板) の数が単一温度方式の場合よりも遙かに多い事である。更に交換の温度は単一温度方式の場合よりも多分少し低くしなければならぬであろう。従って、材料、接触効率及び、反応速度に関する問題の解決がより難かしい。此の理由から最初の工業化の段階としての、Mazingarbe での最初のフランスの設備としては単一温度方式が採用された。

#### Mazingarbe Plant

12. 此の設備について簡単に説明する。
13. Plant の最初の部分では合成 gas の残留酸素と水が通常の吸収剤による吸収と脱酸素・触媒との燃焼によって除かれる。通常の実験室における技術では測定出来ない程度の酸化化合物の残りは塔  $T_4$  で除かれる。この交換に使用される ejector、効率のよい ejector は、フランス原子力庁 (Commissariat à l'Energie Atomique), Societe Chimique des Charbonnages (Coal mines of Northern France) と産業界 (Air Liquide, Compagnie des Constructions Mecaniques - Procede Sulzer) からの代表で構成された研究グループによって設計された。これらの産業界のメンバーが結局 Plant を建設し OCM-Sulzer が接触装置を供給した。
14. exchange plate には、液体アンモニアを押しさげるのに必要な 2 台のポンプがあり、合成されたガスは、この液体の流れに対抗して流れる。
- 交換は合成の圧力で生ずるので、同じ条件下では、分解は効率がかかると思われる。分解装置にはコンプレッサーが付されており、このコンプレッサーによつて分解で生じたガスを交換部に再圧縮して送りこむ。このガスには重水素が多く含まれている。

15. この為に特別な機械は油が混らない完全に気密なものである必要がある事になる。なぜならば電気機械に対して非常に有効な環境の中で、高圧低湿という非常に苛酷な条件で運転されるからであるが、この機械の品質のよさは Plant 運転開始以来、こういう非常に苛酷な条件で先程申しあげたように、非常に苛酷な条件で運転されていたが1台の Pump も故障してないという事実によって認められるであろう。
16. Ammonia 蒸溜設備は次の図に示してある。濃縮された ND<sub>3</sub> は非常に小さい独立した分解装置に於いて分解され重水素は燃焼して重水となる。
17. この重水は Mazingarbe では 99.8% 以上の純度で生産される。又大部分の水素はコークス炉ガスから来るので三重水素が殆んど入ってない。(10<sup>-11</sup> Ci/cm<sup>3</sup>以下)。非常に少量の三重水素がみられるのは、合成ガスの準備の或る段階で入る水によるものと思はれる。

#### Pilot Plant の実験及び今後の研究

18. フランスでは Grenoble にある Commissariat à l'Énergie Atomique によって作られた Pilot Plant で二温度方式が活発に研究されている。これがそれを示すものである。これは Grenoble にある Pilot installation である(図-1)。低温での接触効率についての data と新しい触媒についての data を集める為にこの設備は使われている。一方 Plant の設計も検討されている。この flowsheet については前に述べた利点の他に、分解が要らない為に、分解炉から交換塔への再圧縮作業と ammonia 分解の為の燃料消費を省く事が出来、エネルギー消費が非常に小さい点が指摘される。併し、交換塔は数が多く、大きいのでその寸法と価格を最小にする様あらゆる方策がとられるべきである。この観点から、Mazingarbe 型 ejector は効率が良く従って低温の塔の寸法を縮めるのに用いられるべきである。一方交換速度が速い、高温ではもっと簡単な安い装置に頼る事が可能であると思はれる。

#### 経済性

19. 現在、フランスの各地及び他の国に於いて、2代目の Plant の慎重な検討が行われている。その結果によれば各種の flowsheet に対して、比較的小規模なものであっても重水製造設備の資本費は年産 1 ton 当り、100万フランをかなり下廻り 60~80万フラン程度となっている。1日当り 1000 ton の ammonia 製造を行えば少くとも年間 65 ton の重水が副産物として生産される。但し、ammonia の流れの中の重水素含有量が最初に 125 ppm 以上という条件がある。この程度の規模の肥料プラントはフランスに現存のものとして建設を開始せんとしているものを含めて五つある。もしこれらの、肥料プラント全て

に装置を施せば年間300乃至350tonの重水が生産される。生産費は地域の条件と機器の償却規定に強く左右される。比較の為に同じ条件即ち同じエネルギー価格を用いてフランスに於けるAmmonia水素方式と硫化水素-水方式を比較してみよう。

20. 硫化水素-水 Plant の運転にはキロ当り60から70フラン(12から14ドル)の電気と蒸気が必要である。単一温度 ammonia-水素 Process の場合は電気・蒸気に約50フラン(10ドル)を要し二温度 Process には約25フラン(5ドル)を要する。併し、保守費は可動部分の数が多いので ammonia-水素 Process の場合の方が高いものと認められており、又、触媒の消耗等の費用を追加しなければならない。一方 ammonia Process の場合には存在しない Corrosion 問題は、米国の一代目の硫化水素-水 Plant で解決するのに苦労した。又最初のカナダの Plant も Corrosion の問題があったと思はれる。硫化水素 Process 及び両方の ammonia-水素 flowsheet に対するフランスに於ける資本費は年産1ton当り100万フラン(又は metric ton 当り20万\$)と見積られている。相談を受けた時に正確な数字を見積るのは建設業者の役目であり、樂觀的過ぎるやうな数字は今申し上げたくないのだが、併し大づかみに言って年産200ton以上の硫化水素 Plant と年産60tonの ammonia、水素 Plant にたいする建設費はほぼ同じであると云ってよい。

21. 2種類の Process の非常に違った規模の Plant に対する資本費が此の様に似ている事は重水製造能力を拡大する上には、 $\text{NH}_3\text{-H}_2$  が有利である可能性を示している。前述の比較は、昨年カナダの Mr. Bancroft によって示されたものと非常によく一致する。彼によれば ammonia 水素交換法による年産60から70tonの重水製造 Plant が生産する重水の cost は、 $\text{H}_2\text{S-H}_2\text{O}$  方式の年産100ton Plant と同じであるとの事である。但しこれは原料の重水素が123 Parts / million 以上という条件下である。

さてここで、Bancroft のつくりましたカーブを検討したい。 $\text{H}_2$  の70トンの工場の生産費用は400トンのGS Plant と同じである。もしも重水の濃度が123 ppm 以上であれば。カナダとフランスの経済条件が非常に異なるので此の結論の類似性は非常に注目すべきである。特にエネルギー Cost はフランスの場合の約半分でありその事はカナダに於ける硫化水素-水 Process にとっての利点となるはずである。

22. カナダの運転費の比較を示しますこのスライドで御覧のように、これはエネルギーコストがGSの場合よりも安いということを示している(図-2)。ここで御覧のようにGSプロセスの場合は、運転費が40%ばかり安くなっている。



23. 併しこのカナダの比較においては我々の知っている処では ammonia 水素 Process の見積の幾つかの点で我々の場合はカナダの場合よりも更に保守的であるかもしれない。すなわちカナダの方が実際の筋をもっているからである。
24. 結論を申し上げますと重水生産技術の現状について総括すれば基本的によく知られている一般的な flow sheet を用いている GS プロセスはできるということがわかります。しかし乍らカナダの Plant は確かに非常に多くの新しい考えと改良を用いており、その結果 Savannah River Plant より塔の数が少くなっている。又最初の原料として海水を用いている事は非常に勇敢な冒険である。更に、此等の Plant が電気及び蒸気発生装置をいっしょにもっている事は多分大きな進歩であり安いエネルギーを利用出来るやうにしている。これは確かに大きな利点である。
25. 一方 ammonia 水素 Process は、Mazingarbe Plant の運転の成功によって技術的に確められた。将来の工場における運転条件は経験と研究により示唆された多くの改良を flow sheet に導入する事によって楽になるであろうと思はれる。更に又、例えば添加物使用等によって可能な触媒の改良は、Process の比較に於いて ammonia 水素方式の方に有利となるかもしれない。ここでは2の点は勘定に入れてない事に御注意願いたい。最後に接触に関する技術は第2次の Plant では更に改良されるであろう。
26. そこで、ammonia Plant における重水素の濃度が十分に高ければ、例えばフランスに於いては通常そうであるが、重水年産トン当り資本費は全ての Process に対してほぼ同じである。この条件下で ammonia 水素 Process は電気、蒸気消費量が少いという利点がある。従って、多数の肥料工場を保有している國では大型の硫化水素-水 Plant を建設する必要があるとしてもそれ以前に多数の ammonia 水素同位元素交換装置を建設する事によって重水製造能力を有利に増加する事が出来ると考えるのが合理的である。

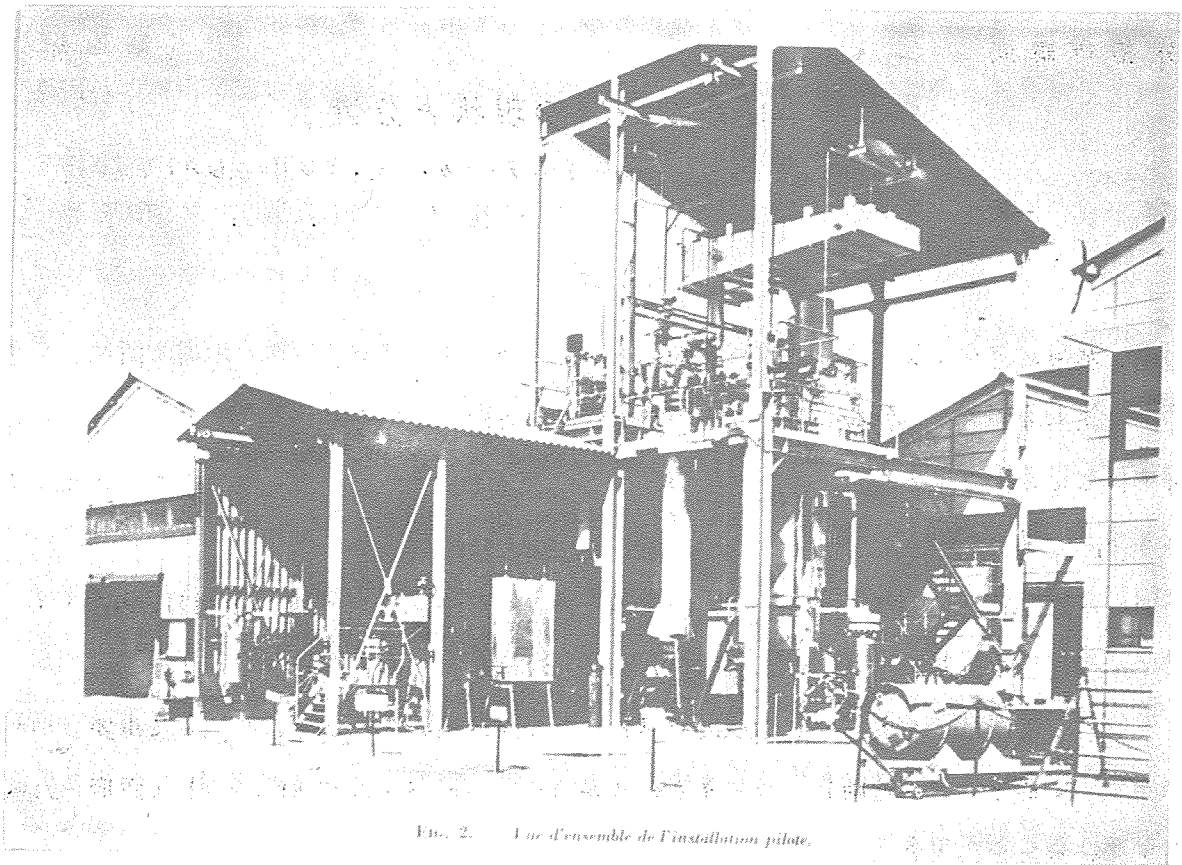


FIG. 2. Vue d'ensemble de l'installation pilote.

	NH <sub>3</sub> - H <sub>2</sub>	GS
Utilities		
Steam.. .. .	23.6	58.9*
Electricity .. .. .	7.3	12.0
Fuel Gas .. .. .	2.6	---
Materials .. .. .	10.0	7.9
Direct Labour .. .. .	8.8	8.8
Overhead and Administration . . . . .	7.1	7.1
Maintenance .. .. .	24.3	33.4
Taxes and Insurance .. .. .	16.3	13.5
<b>TOTAL .. .. .</b>	<b>100.0 %</b>	<b>141.6 %</b>

\* Based on NH<sub>3</sub> - H<sub>2</sub> total = 100 %

Operating costs estimated by AECL for 400 ton/year (Water-based bithermal NH<sub>3</sub> - H<sub>2</sub> exchange and GS plant).

## V 高速増殖炉開発の現状と分析

パシフィック・ガス・アンド・エレクトリック社

社長 S. L. シブリー

日本、英国、フランス、ドイツでベルギー、オランダ、イタリア、ソ連、米国と関連してすすめられている研究および開発は、高速増殖炉における国際的関心を示しております。これらの国々における重点はナトリウム冷却型増殖炉であります。これは米国においてもまた然りであります。

米国の計画は政府、メーカーおよび電力界を含んでおります。USAECの計画は、1969～1971年の期間に試験炉プラントについてメーカーからの申し入れを期待しております。

この政府の計画は、メーカーおよび電力界という民間産業に、それぞれ独立して重要な増殖炉開発をすすめるように奨励しております。必要あれば、産業界はUSAECを通じて政府の財政援助を求めることができます。

現在五つの主な産業界の計画があり、それぞれ主要原子炉メーカーを中心としております。これらの殆んどはナトリウム冷却の高速炉を扱い、一つはヘリウムガス冷却の高速炉をあつかっております。

これらの計画の殆んどは、多くの電力会社をスポンサーにしております。試験炉プラントに対するプロポーザルはこれらの主要計画から出てまいりましょう。さらに、溶融原子炉計画が進められており、これはサーマルブリーダーであります。

EXPERIENCE

米国における増殖炉への関心は、相当昔にさかのぼります。この分野における先駆者たちは、増殖炉の潜在的恩恵を認識し、高速中性子を用いる原子炉の必要性を予見しました。1940年代において速中性子と熱中性子の中間のエネルギーを有する中性子を用いた原子炉の研究がありました。

また、液体金属冷却材に関する初期の開発もなされました。しかし、中間領域における中性子捕獲と分裂の割合が予期以上に高い値のため、相当の増殖をおこなえる原子炉は中性子エネルギーの中間領域では実行が不可能という結論になりました。

1940年代のおわり、および、1950年代の初期に、熱出力 $\frac{1}{4}$  Mw、水銀冷却の原子炉（クレメンタイン）や、熱出力1 Mw ナトリウム-カリウム冷却の増殖実験炉（EBR-I）に関

し、注意が高速中性子にむけられました。後者は高速炉における増殖の可能性および液体金属冷却材の使用可能性を確証しました。これらの活動は熱中性子炉の開発と並行して進められました。

高速増殖炉の実行可能性および潜在力は、十分に認識され、二つのより大型の高速増殖炉プロジェクトを開始させました。一つは熱出力 62.5 Mw (電気出力 20 Mw) の EBR-II であり、他の一つは最終容量熱出力 430 Mw (電気出力 150 Mw) に設計されたエンリコ・フェルミ炉であります。後者は 1 億ドルのプロジェクトであります。それはメーカーおよび電力会社によって着手され、米国における液体金属増殖型試験炉の先駆であります。

試験的増殖炉第 2 号 (EBR-II) は 1961 年にはナトリウム無しで、つづいて 1963 年にはナトリウムを入れて臨界になりました。その後相当の成功をおさめて運転され、今日米国における唯一の利用できる速中性子束による照射施設であります。

フェルミ炉計画は、電力事業の中で大型ナトリウム冷却増殖炉の運転を実証するために着手されました。炉はナトリウムを入れて 1963 年には臨界になり、熱出力 100 Mw まで運転されましたが、2本のサブアセンブリーが局部的に溶融をおこし、1966年10月に運転を停止しました。今年後半、運転が再開されると、炉は照射施設として用いられることとなります。

フェルミ炉は、プルトニウム-ウラン混合酸化物燃料炉心を設計する現在の計画が、そのような炉心の装荷になった場合実証用施設として運転されることになりましょう。この計画はエジソンエレクトリックインスティテュートがスポンサーになり、1971年を目途に計画されております。フェルミ炉計画は日本の民間電力業界のあつまりであり、電力中央研究所から大きな援助を受けております。

USAEC は 1962 年以來、ナトリウム冷却高速炉に最大の重点をおいております。ナトリウム冷却増殖炉技術に関する基本的な政府の計画は加速されてきました。燃料、物理、ナトリウム技術に関する大規模な実験計画が追求されております。USAEC は電気出力 1,000 Mw の設計に注目しております。これらの設計においては安全性が最大の注目をひいており、ナトリウム・ボイドの問題は特別の関心事でありました。これは安全性を高めるため増殖の特徴を減少させた原子炉設計をもたらしました。炉心はモジュラー型、円環型およびパンケーキ型の設計をとりました。

三カ所の主要施設が 1960 年代初期から中期にかけて手がけられました。その 1 は ZPPR で、大型炉心の物理的観点を研究するものであり、2 番目 EFTF は燃料および材料の極限の試

験をするものであり、第3番目は SEFOR でありまして、過渡現象を終らせるドツブラー係数の効力を実証するものでありました。

最初の二つは USAEC の施設であり、第3番目は米国産業界から相当の支持を受けている国際的に資金の出されたプロジェクトであります。これらはすべてナトリウム冷却材を使用しております。

1960年代の中頃に、軽水炉が商業的に受け入れられたことは、プルトニウムの使用と原鉱の供給に関する問題を提起しました。高速増殖炉に対してコミットしなかった会社は計画や設計に取りくみはじめました。

5大原子炉メーカーは、これらの計画に対する電力会社の支持を求めました。これは互に競合する企画となりました。一メーカーは約40の電力会社を集めました。他の二メーカーはそれぞれ20から30の会社を集めました。また他の一社は数社のスポンサーを得ました。第五番目のメーカーはガルフ・ゼネラル・アトミック社であり、そのガス冷却型高速炉に対し、ほぼ40の会社を獲得しました。

多くの電力会社がこれらの計画の一つ以上を支持しております。

ナトリウム以外（あるいはナトリウム-カリウム）の冷却材を使用することは、米国においては以前は殆んど注意を引いておりませんでした。然し、電力会社の中には、ナトリウムを嫌い、また液体金属原子炉の運転上の困難、ナトリウム・ボイドの問題から引き起こされる増殖率の減少、および他の冷却材の好ましい特徴のため、ガスおよび蒸気の研究がはじめられました。ガスおよび蒸気の冷却材を用いた高速増殖炉の設計研究は、幾つかのメーカーおよび電力会社の支持によって実施されました。ガス冷却の設計作業は、ガルフ・ゼネラル・アトミック社により、大部分を電力会社の支持で、一部を USAEC の資金により継続されております。蒸気冷却の設計作業はプルトニウム補償対フィッションの比、被覆材の性能に関する潜在的問題、および経済性の更に悲観的な見通しのため昨年停止されました。

以上を要約しますと、USAEC の試験的増殖炉第2号（EBR-II）は、主要な運転中の高速炉であり、設計容量430 Mwのフェルミ炉はまもなく運転再開が期待されております。ドツブラー係数の効力を実証するための炉（SEFOR）は、低出力運転の許可があたえられました。

USAEC の計画の中で次の大型施設は、熱出力400 Mw に設計された高速中性子束試験施設（FFTF）であります。

これらの施設から得られた結果は入手できればいつでも実証炉の開発、建設および運転に応用されます。ただし、Demonstration Plantのスタートは1974年ごろになります。

#### 実証炉

メーカーならびに電力業界は、高速増殖実証炉プラントは、共同責任であると感じております。これはインディアンポイントやドレスデン1号、ヤンキー・ローのような軽水実証炉の建設の場合と並行した問題であります。

さきに申し述べました共同の努力の中には、液体金属増殖炉の実証炉の設計にむかって進められているものもあります。設計研究はGE、ウエスチングハウス、およびアトミックス・インターナショナルで進行中であります。ガルフ・ジェネラル・アトミックでは、大型ガス冷却高速増殖炉プラントの設計研究を進めており、更に最近では、原子炉の実験および実証の概念の予備設計をすすめています。設計の研究および開発をふくんだこれらのプロジェクトは、民間電力会社からも1,600万ドルの援助を受けております。

GEは、電力会社のグループから支持された二つの緊密に関連したプロジェクトを進めております。第1は電気出力300MWの実証炉プラントの予備設計を開発することです。これはまた、必要な附加的研究および開発を決定し、電気出力300MW付近でプラントの大きさを変えた場合の技術的、経済的な影響を調査します。

この計画に並行して、ニューヨーク州の電力会社のグループは、実証炉プラントに関するGEの設計作業に基いて、五つの領域でハードウェアの開発ならびに試験を支持しております。これには、燃料要素の製作および燃料集合体、燃料取扱装置、炉心冷却材計装、予備制御系と蒸気発生器が含まれております。蒸気発生器は、この開発作業の中で最大の関心事であります。このグループは、1970年代中頃にニューヨーク州に完成する実証炉プラントに関する決定に対して、情報を提供することになりましょう。最終的なグループの決定は、1970年までは必要ではありません。

アトミックス・インターナショナルはジェネラル・パブリック電力会社外数社とともに、電気出力350MW～500MWの実証炉プラント開発計画を支持しております。このグループは1970年までに決定をしようとしております。

ウエスチングハウスは、多くの電力会社に支持された実証炉プラント設計作業に従事しております。その目的は電気出力200～400MWのプラントに対して、概念設計を開発し、特

定の重要な研究開発を決定し、系の性能要求を設定し、さらにコストの情報を得ることであり  
ます。最近、ウェスチングハウスの代表者は適当な支持があれば、1970年頃までにはプラ  
ントをコミットするところまで進められるであろうと述べております。

ガルフ・ジェネラル・アトミックでは、電力会社グループの支持ならびに援助により、  
1965年以来ガス冷却高速増殖炉の研究がすすめられております。この努力は技術的ならび  
に経済的な可能性の研究も含めて、電気出力1000MWのプラント設計をいたしました。最  
近では、運転経験ならびに燃料試験のため、適当な環境を提供するガス冷却高速増殖炉実験の  
設計にその努力を集中しております。また実証炉プラントの設計にも考慮を払っております。

民間によって支持された実証炉プラントの設計計画は、より緊要な近い将来の研究開発項目  
をすすめ、USABCの資金による研究開発計画の指標を提供すべきものであります。これらプ  
ロジェクトの他の重要な目的は、実証炉プラントの詳細設計、建設、および運転を続行するた  
めのコストの詳細を進めることであります。

1基あるいは2基のナトリウム冷却高速増殖炉の実証炉プラントが、1970年ごろには多  
分コミットされると思われれます。

実証炉プラント計画のコストの確定見積りは、設計研究が完了するまではあらわれないでし  
ょう。推定コストは9000万ドル以上に及ぶとおもわれ、開発された軽水炉プラント以上にな  
るでしょう。これらの追加費用は、多分政府からの援助とともに、出資電力会社およびメー  
カーのグループによって負担されるでしょう。

#### ANALYSIS

ナトリウム冷却は、その理論的有利さが早くから認められ、かつ、相当の経験があるところ  
から、米国の計画をリードしております。それは今や特にUSABCから大きな経済的支持を受け  
ております。主要原子炉メーカーの殆んどもまた、ナトリウム冷却を好んでおります。

増殖炉の最終のユーザーである電力会社は、主な開発努力を液体金属増殖炉にむけるべきで  
あるという点で一致しています。その理由は、商業炉に達する最も実行可能性のある道筋のよ  
うであるからであります。ナトリウム炉開発にすでに相当の援資をしている電力会社を除き、  
電力界には、一般に、ガス冷却高速増殖炉のような代替案に対する興味もあります。

ナトリウム冷却増殖炉が開発される後までは、商業的に用いてくれるところまでそう早くは  
開発されないとは思いますが、ガスはナトリウムに替るものとして訴えるに足る代替案であり

ます。それには、冷却材に関連したふしよく、金属学的あるいは化学的な問題があるかも知れません。オーヴァーホールや、修理の問題は簡単のように思えます。燃料交換は、炉を停止せずに行なえ、よりよい容量因子および燃料の利用を可能にします。ガス炉の炉心設計は、安全上の理由からゆがませる必要はなく、ナトリウムの場合のように、理論および実際上の増殖特性に大きな差異はありません。軽水炉の場合複雑な問題につながる金属と水の反応問題も殆んどありません。

ガスの最大の魅力は、最初の商業用プラントの後継として開発をするポテンシャルにあります。ガス・タービンのサイクルは使用可能でしょう。かなり高温の被覆材あるいはセラミックが、原子炉の周囲環境と共存しないという概念なしに採用できましょう。電磁流体力学におけるように、直接発電に用いられる超高温へ向うときにも、重大な冷却材の性質変化を払わないと思います。

ガス冷却炉計画のハンディキャップは、比較的后から出発したことでした。今や計画中のより大きな寸法および、米国においてそれ以後開発され、受け入れられているプレストレスト・コンクリートの原子炉容器が利用できることにより、それは急速な進歩をとげつつあり、相当の注目を集めております。ガス炉概念の支持者は、より容易な技術、他のガス炉の経験の応用性および追いつくことができそうにおもえる工学上の解決策への気運を感じていることを述べております。

もし彼等が正しいとすれば、数年の中にこれら二つの概念の健全な競争があらわれるでしょう。発電会社の見地から、異った解決策は望ましいことであります。

近い将来に、実証用高速増殖炉プラントはなんであるべきかを我々は考えるでしょう。主目的は技術上、安全上および運転上の見地から、全般的な実行可能性を示し、商業炉の経済性を予言する基礎を与えることであります。このゴールにむかって如何に進むかについては、いくつかの異った見解があります。

米国のメーカーは、一般に、高い増殖率を得ようという意味でのナトリウム冷却実証炉のデザインの問題にとりくむのを好みません。これに反し、発電会社は、たとえ経済性を多少犠牲にしても、相当高い増殖率を少なくとも一つのプラントが実証することを見たいと思うでしょう。低い増殖率の増殖炉は、炉概念の技術的可能性に関する殆んど疑問を解決するでしょうが、必要な商業的に魅力のある高増殖率のプラントに向って採られるべきあまりにも大きな段階を残すこととなります。これは、今一通りの開発用プラントを必要とし、その結果増殖炉の実用は相当おくれることとなります。このような遅れは、たとえば、代替としてのガス冷却の



アプローチにむかい合ったナトリウム冷却増殖炉の努力にとって有害となります。ガスの場合は良好な増殖を達成するため更に一通りの開発をするという危険に面しているとは思われません。

解決策における他の相異点は、実証炉プラントは実用炉と同じ大きさの冷却用ループや原子炉モジュールを用いるべきであるか、あるいは、実証炉としての大きさを設計されるべきであるかということです。一つ以上の実証炉プラントが考えられている限りでは、それぞれ一つ建設することに利点があります。一つは実用炉プラントに適合した経験を与え、しかし実証炉プラントの大きさにスケール・ダウンされますが、他は大型の実用炉に用いる材器の試験をおこないます。

熱効率は増殖炉燃料費の重要な因子ではありませんが、プラントの資本費を最少にする上で相当重要でありましょう。ナトリウムあるいはガス冷却は、熱効率40%をこえる化石燃料だきの最近のプラントで見られる、高い蒸気温度および圧力を可能にします。軽水炉プラントの熱効率は30%強であります。結果として、配管系、タービン、特にコンデンサーや冷却系は高能率プラントに対して小型、軽量かつ安くできます。

他の重要な利点は、コンデンサー冷却水の放出に大なる熱的影響を最少にすることです。今日の軽水炉プラントは、効率の高いスチーム・サイクルを用いた高速増殖炉よりも約75%多くの熱を冷却水に放出します。

軽水炉でのエネルギー・コストは、1980年代中頃まではわずかずつ下り、その後10年程は可成り一定になるものと期待されます。それからは原鉱供給がもし軽水炉だけが使われれば、この種のプラントに対して燃料価格とエネルギー・コストをつり上げ、重大な事態になります。

高速増殖炉のエネルギー・コストは第一番目のプラントに対しては高いでしょうが急激に下り、1980年代には軽水炉プラントより下になり、その後は今世紀中ゆるい割合で下りつづけることが期待できます。エジソン・エレクトリック・インスティテュートは、もし軽水炉および高速増殖炉に対するエネルギー費が1980年頃までに同じになるならば、1995年までに13億ドルの現在価値が節約できると推定しております。もし、増殖炉が1985年まで、つまり五年間おくれずと、そしてもし軽水炉しか利用できせんと、現在価格の節約は、1995年までで、極めて低くなり、2億ドルとなります。

かくして、高速増殖炉の実用化をいそぐために、相当の努力をすることが正しいといえます。

これらの推定は多くの因子および仮定にもとづいております。一つの複雑な因子は、これか

らの数年の間に高温ガス冷却炉のような新型熱中性子炉が介入する可能性であります。このような原子炉からの節約は、高い現在価値をもち得ますが、増殖炉に対して平衡点を更に将来に引きのばします。実用増殖炉を得る最上のタイミングを予知することは、容易でないことが明らかであります。

## 結 論

高速増殖炉の開発において、満足のゆく進歩を達成するための基本的要求は、高速中性子による燃料、材料の照射試験施設をもつことであります。米国の立場は、現在、高速中性子束照射データーに対する唯一の運転中の炉として EBR-2 に依存しております。

これは、USAEC の計画の中で優先度の極めて高い FFTF (高速中性子束試験施設) によって増加し、実用段階に対する新型の燃料開発に重要な因子になります。これは 1974 年まで運転に入りませんので、FTTF は実証炉に対しては殆んど有益な試験データーを提供しないでしよう。しかし、一方、フェルミ炉は燃料および材料の照射試験に利用できます。

高速増殖炉開発の誘因としては、次の事項がまずもって認められましょう。

第 1 に、天然資源を完全に利用することを可能にし、予見し得る将来に対し、適当なエネルギー源の世界を確保する。

第 2 に、低コストで電力を発生する。

第 1 は、USAEC が、その計画立案に際し、熟知しなければならぬ長期の目標であります。後者は民間産業が、その第一の責任をとるべき、より直接的な考慮であります。米国の電力会社は 1970 年代中期までに、電気出力約 65,000 MW の運転に入った軽水炉原子力発電容量をもちましよう。この開発につれて、年間 10 メートルトン程度のプルトニウムが生じます。事実、もし高速炉が、それに対し、発電コストの利点の予想があるならば、プレミアム・プルトニウム市場に対するポテンシャルは、発電会社が実用高速炉が技術さえ許せばすぐに運転に入るのを見たいという強い誘因になりましよう。

最後に、政府間、メーカー間および電力会社間での高速増殖炉開発に関する各国の緊密な協力を促進したいと思います。ある程度これは行なわれております。東京におけるこの会議は、それぞれの国および国民を益する情報ならびに考案の交換のすばらしい実例であります。私は、最近、情報交換に関する協定が動燃団と USAEC の間でむすばれたときいております。産業界のレベルでは、米国にはフェルミ・プロジェクトおよび原型炉プラント設計をおこなっている 20 人程の日本の業界および電力の人々がございます。

このような活動は、すべての参加者の利益にまで拡張されます。彼らはより早く、技術的にはより健全に、そしておそらくすべての国民にとってより低廉な実用高速増殖炉にむかって前進することを助けるのであります。

# 閉 会 総 会

議 長 松 根 宗 一 氏 ( 日本原子力産業会議副会長 )

- 大会成果とりまとめ
- 閉会挨拶

3月6日(水)

A 会 場

## 大会成果とりまとめ

富士電機製造株式会社

相談役 和田 恒輔

御承知のように昨年、原産でイニシアティブをとられまして、産業界の総意をこめて始められましたこの年次大会という催しは、数百人という原子力関係の人々が一堂に会しまして、その時その時の大きな問題を、いろいろとりあげて考えを述べ、そして活発な意見を交換する「場」を提供されたのでございまして、これは、わが国の原子力開発にとつてまことに意義のあることだと私は考えます。

それでご指名によりまして、本大会三日間の講演と討論を振り返りながら、私なりの感じを簡単に申し上げてみたいと思います。

まず、今回の大会全体を通じまして、原子力開発は、その実体において、着実に前進しておるという感じを非常に受け取るのでございます。これに伴いまして、わが国の原子力産業界は、抽象的なものではなく、実際に仕事を進める上での具体的問題にぶつかっておるということが言えると思います。

他の言葉で申しますなら、わが国の原子力産業は、今こそ確固とした基盤を築いて、導入技術の迅速な消化と、将来のための自主技術を確立し、そうして先進国レベルで実現するために、不動の礎石を、あらゆる面で確かなものにしなければならぬ時期であるということが言えると思います。

本大会の第一日に原産の報告がございましたが、その原産の報告で橋本代表常任理事は、「今を措いて、その時期はない」と、強調されました。また、製造工業を代表して講演されました土光東芝社長は、そういった認識に立って産業界の心構えと、この意欲を無為に終らせない、そのための、関係各界の協調の必要性を指摘されました。

またアメリカ原子力委員会のコスタリオラ委員からは、米国の原子力供給産業の現状と今後についての傾聴に値する講演がございましたが、その中で、原子力の開発は国際性を抜いては考えられないと、従って国際協調は極めて重要であると、しかしながら、同時に、「自由かつ公正な競争(フリー・アンド・フェア・コンペティション)」の原理がやっぱり尊ばれるべきであるということを強調されました。だからこそ、わが国産業界といたしましても、そのような国際競争に伍して決して負けないという、真実の力をこれから育成していかなければならない

ということを痛感する次第でございます。

二つのパネルの討論会では、まず「ナショナル・プロジェクト」という形で、この問題が長期的観点からの自主技術の開発推進問題として取扱われました。次いで端的に「国産化問題と開発環境」という中期・短期的観点の両面から、討論が行なわれました。

とくに後の問題につきましては、パネル議長の村田さんから、「わが国の国産化推進方策は、現在成功しているとみられる特定の外国の方式を鵜呑みに踏襲するのではなく、夫々の長所を採用し、且つわが国の実情に最もよく適合するような、一種の混合形式がよい。それは単体ではなく、カクテルである。それも、そのカクテルは海外からも珍重されるような、きわめて美味なおいしいものに持っていかなきゃならん」ということが述べられましたが、まことに注目すべき発言だと思います。

中央電力協議会の山崎さんからは、電力十カ年計画と原子力発電の見通しについて、詳細なご説明がございましたが、衰えを見せない電力需要の伸びと、益々強まる原子力発電への期待とから、愈々もって国産化問題の重要性が痛感された次第でございます。

原電、関電、東電の各講師が、現在鋭意進捗中の軽水型発電所の建設状況について、興味ある報告をなさいました。もっと時間の余裕をもつて、各社のいろいろな経験と苦心談等をうかがうことができたならばと感じました。これら建設中の、五基の発電炉の経験は、これに続きます後の計画にとっても、大きな参考になるものと信じます。

燃料問題につきましては、ウラン資源の長期安定的確保と、目下世界中の重要テーマとなっておりますウラン濃縮、およびその周辺の問題について、夫々専門家の方から有益な説明を拝聴することが出来ました。

また、昨年同様、原産の各種委員会、懇談会等の中から、検討の結果集約されました7件につきましては、それぞれ報告がありましたが、発電のみならず、原子力船、R・I・放射線、多目的利用原子炉と幅広く多岐にわたり、原子力産業の大きさを感じさせられるようなお話をうかがいますと共に、これらの分野でも着手できるものを積極的に求めて、実用化に進むべきであるということを感じたのでございます。

また原子力委員会の山田委員から、「原子力開発と社会」という題で特別講演を頂きましたが、その話の中には安全性に関する問題を中心に、社会的角度のみならず、技術的、その他からあらゆる分野での問題を、極めて広汎にわたって言及されまして、非常に参考になったのでございます。

また国土総合開発審議会の会長で、原産の立地問題特別委員会の委員長であります平田さんからは、原子力立地問題は、従来の産業では見ることのできないユニークなものである、産業と一般社会とが調和のとれた進み方を示すはじめてのものになるであろうというお話がございました。従ってその方向で今後一層の努力が必要だと言われたのでございますが、まことにそのとおりだと思っております。

放射線化学の分野での発展とその国際協力についてのべられました原研の宗像理事長は、現在、研究面ですでに世界のトップレベルにあるわが国の活動を、ここまで引張ってこられたかたでございまして、この分野での重要な問題を明確にお話いただき、発電の分野の人々からみましても、示唆に満ちた内容であったと思います。

最終日の今日、海外からお招きした五人の権威者のお話を承りました。

高温ガス冷却炉を中心に、イギリス、西ドイツ、アメリカのガス炉の開発について、AEAのムーアさん、BBC・グループのミユラーさん、GGAのド・ホフマンさんから、それぞれ顕著な進歩ぶりを伺うことができました。冒頭、原産の松根副会長が、イントロダクションで申されましたように、我々はガス炉に対する関心を持ち続けることが必要であるという風に感じたのでございまして、幸いにこれら三つの先達国で精力的な開発が進んでいるのでありますから、日本といたしましても、どうするかという判断の時期を見誤らないよう、今後共注目いたしたいと存じます。

三重水の製造に関するフランスCEAの、ピアティエさんのお話は、他の国の方法と異なりまして、アンモニア工場との組合せで出来るフランス方式のプラントの興味ある内容でございました。

高速炉開発に関しまして、アメリカのエジソン電気協会を代表しましてPGE社社長シブレーさんから、開発の現状と分析について伺いました。アメリカでは、政府と民間の両建てで、層の厚いしかも有機的な計画が進められておりまして、長期間と多額の資金を要します高速炉の分野では、研究開発の段階から、国際的協調が重要であることを感じた次第でございまして。

以上、本大会から感じられましたいくつかの主要点を申し上げたのでございます。総じて、昨年の第一回の大会と遜色のない成果を挙げられたものと考えております。

これは一つには、準備に当られました三菱の関委員長はじめ準備委員会の企画に負う所が、非常に大きいと存じます。同時に、講演や意見発表にも当られました各スピーカーと議長、と

りわけ、遠路態々この年次大会のために来日されました海外からのゲスト・スピーカーの、極めて有益な講演の場である、と存じます。

そして、三日間にわたり、とくに初日は御承知のような悪天候でございましたが、それにもかかわりませず熱心に御参加頂きました多数の方々の一人一人が、この原産の年次大会を盛りあげて下さいましたことに対しまして、深甚な敬意を表する次第でございます。まことにありがとうございました。



## 閉 会 挨拶

日本原子力産業会議

副会長 松 根 宗 一

本大会の閉会にあたりまして一言ご挨拶申し上げます。

只今のお話しにもありました通り、原子力は広い分野にわたって相互に関連する総合的な産業であり、その成否は今後のわが国経済全体に大きな影響を及ぼすものであることは3日間の大会を通じて、多くの講演者の方々が強く指摘された通りであります。

このような見地から原子力の健全な発展をはかるためには、それぞれの進展の過程において、つねに最も適切な施策を講ずることが必要であります。その意味において本大会の開催は意義深いものであり、年を追って更に一層の盛会が望まれるのであります。

本日をもちまして第2回原産年次大会の全日程を全部終了いたしました。3日間の大会を通じまして皆様の絶大なるご協力をいただきましたことをはじめ議長、講演者の方々、特に海外からの発表者など関係者の方々のご協力に対し主催者として深く感謝いたす次第であります。