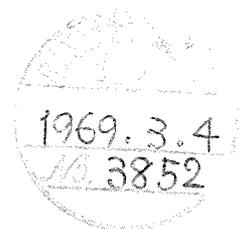




## 会 場 案 内

A 会 場	日本都市センター	ホ ー ル
B 会 場	日本都市センター	本館講堂
午餐会場	全共連ビル6階 (都市センター裏)	マツヤサロン
レセプション会場	日本都市センター	本館地下食堂



## 第2回原産年次大会プログラム総括表

会 期 昭和44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 (20分) 10.30 原産報告 (30分)	
12	11.00 原子力委員招待講演 (50分)	
13	—— 終了 11.50 ——	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">                     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」                 </div>
14	〔 特別講演 〕	〔パネル討論会-1〕
15	14.00 「原子力開発に対する産業界の考 え方」 (45分) 14.45 「国土総合開発と原子力立地」 (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
16	15.30 「放射線化学の発展と国際協力」 (45分)	15.25 討 論 (45分)
17	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 ——
18	—— 終了 17.15 ——	

第2日 3月5日 (水)

	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	10.00 「軽水型原子力発電所の建設状況」 (60分)	
	(1) 敦賀原子力発電所 } (各20分) (2) 美浜原子力発電所 } (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)	
12	11.30 「核燃料問題の現状」 (30分)	
	— 終了 12.00 —	
13		[ 一般講演 - 2 ]
	[ パネル討論会 - 2 ]	— 原子力船 —
	『国産化問題と開発環境の充実』	13.00 「原子力第1船の建造」(30分)
	13.30 講演「欧米における原子力産業」 (30分)	13.30 「原子力第2船以降の問題」 (30分)
14		— R I ・放射線利用 —
	14.20 キー・ノート	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		15.00 「機器工業の現状」 (30分)
		— 原子炉多目的利用 —
	15.35 討 論 (45分)	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堂)	
18		

第3日 3月6日 (木)

	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TRODクシヨ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	(60分)	
	10.45 「西ドイツにおける 高温ガス冷却炉の開発」	
11	(60分)	
	( — 1 1. 4 5 — )	
12		
13	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)	
14	..... 休憩 14.00 ~ 14.10 .....	
	—重 水—	
	14.10 「フランスにおける重水の生産」 (60分)	
15	—高速炉—	
	15.10 「高速増殖炉開発の現状と分析」 (60分)	
16	—終了 1 6. 1 0 —	
	[ 閉会総会 ]	
	16.10 大会成果とりまとめ (15分)	
	16.25 閉会挨拶 (10分)	
	—終了 1 6. 3 5 —	
17		
18		

## 第 2 回 原 産 年 次 大 会 プ ロ グ ラ ム

会 期 昭和 4 4 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(東洋レーヨン会長)

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/クルツプ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)

議長 日本原子力産業会議副会長 大屋 敦 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 大屋 敦 氏

## 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

わが国の原子力開発は、実用期に歩を踏み入れて確実に前進を続けている。その支柱をなす原子力発電の分野では、すでに運転中のもの1基の外に、現在5基（約240万KW）の実用炉が建設中であり、昭和44年度はこのほかさらに4基（約250万KW）の着工が行なわれようとしている。また、それ以降約10年位の間は、年平均300~400万KW程度のテンポで商業用原子力発電所の建設が行なわれていく見通しである。これを可能ならしめたものは、過去、原子力開発着手以来10年余の長期に亘り、艱難に屈せず大規模な研究開発投資を含む環境充実と能力開発に専心してきた関係産業界の努力の結果であり、これによつて、海外で試みられ実証されつつある原子力発電という大型技術を、迅速に取入れ、消化する素地が出来ていたからである。

原産が毎年行なっている原子力産業実態調査はこの辺の事情を明瞭に物語る。これは又原子にはかなり長期に亘る初期研究投資が必要だという、開発上の特異性があることを示すものであり、わが国の原子力平和利用の今後を考える上で示唆するところ大である。すなわち昨年12月に発表した原産の昭和42年原子力産業実態調査によると、同年度の原子力関係民間支出は、前年度の約2倍となり330億円に達した。これはいうまでもなく、電気事業者による原子力発電所建設計画が具体的に進捗していることを反映するが、同時に鉦工業における支出の内訳をみると、実用期に入つたこの段階においても、なお研究支出が全体の30%をも占めている点は注目に値する。一般産業における研究支出の比率が平均1%程度であることからみると、原子力における研究支出のウエイトが如何に高いものであるかを知ることができる。

もう一つの特徴は、実用期の順調なすべり出しによつて、将来の見通しに確度が得られ易くなつたことである。昭和40年度までの調査では、毎年の将来見通しの数字的予測に大きなバラッキがあつたが、今回の調査の結果得られた今後5年間の産業見通しは、前年度即ち昭和41年度の見通しと極めてよく一致した成長予測を示しており、原子力産業を取巻く諸情勢に安定度が加わり、従つて産業界に自信が生まれたことを意味しているものと受けとれる。

海外の主要な動きに眼を転じると、米国における軽水炉の爆発的ブームは鎮静したかに見えるが、それでも昨年一年間に14基約1,300万KWに達する商業炉の新規発注があつた。この

ことは、米国における軽水炉が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ものであるといえるだろう。

燃料の分野で重要な動きがいくつかあつた。ウラン採鉱における記録的な活動など注目されたが、その最たるものはウラン濃縮に関するものであろう。1964年米国における燃料民有化法成立以来、燃料サイクルの中で未だただひとつ米政府の手中に残されている濃縮については、増大する需要に対応して、價格的・量的に如何に安定的な長期確保対策を講ずるかが重要である。これは米国内のみではなく、むしろわが国を含め諸国間で大きな関心事となつている。ヨーロッパでは、濃縮ウラン供給の米国への全面的依存を避けるため、かつそれに要する資金的技術的大きさから、各国共同して一つのウラン濃縮設備を作ろうという考えがあり、とくに昨年末、英・独・蘭三ヶ国間で基本線について話合われ、具体案が練られようとしている。わが国にとつてこのウラン濃縮問題が重要であることはいうまでもないが、その外にも再処理事業を国による試験企業の段階から如何に円滑に実際の産業に移すかという問題や、使用済燃料の輸送問題など、もう今から対策を講じておかねばならない重要問題が山積している。これらはいずれも産業として考慮しなければならない問題である。

在来炉を現実のエネルギーバランスの中に組入れて建設していくことと共に、将来のための新型炉の開発の必要性も論をまたないところで、わが国では動燃事業団が中核となり、産業界は全面的にこれに協力している。

このように原子炉の開発にしても、当面のものと将来のものがある。そして、これを支える核燃料サイクル全般に亘つて新産業を興さねばならない。さらに、こういつた原子力産業全体は国際的にみても十分通用する強力なものでなければならぬ。わが国の原子力産業界は、體質を国際レベルの先進国並みに強めつつ、一方で現実の開発を遂行していかなければならないという、極めて大きな荷を背負っている。しかしこのことは、平和利用に徹して原子力開発を進めていくわが国では、軍事利用面を持つ他の先進国ではなし得ない原子力利用の真髄を実証する特権が与えられていると解すべきだろう。これは容易なことではないが、わが国の産業界はそれをなしとげる底力を持つていと確信する。

3月4日(月)

14:00~17:15

A 会 場

特 別 講 演

# 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

## 1. 諸 言

日本経済の目覚しい伸長に応じて、電力需要の増加も著しく、最近の中央電力協議会の発表によれば43年より52年に至る10カ年の運転開始予定発電設備は約6000万kW、輸入エネルギー依存度の高いわが国として特に有利であり、将来の経済性の利点からも、原子力発電への移行は急速と考えられる。きたる10カ年の原子力の運転開始予定が1160万kW、次の10カ年は3000万kW以上が期待されている。

以下に設備輸入で始められた重要な原子力発電設備のすみやかな国産化に立ち向つている産業界の考え方を述べる。

## 2. 原子力産業の特質

### (1) 高度の技術

物質原子核の分裂により発生する新たなエネルギーを電力発生に平和目的に利用できるよう連続的に反応させ、取り出したエネルギーで、タービン発電機により電力にする一連の反応とエネルギー転換を制御し、二重三重の安全保護設備を設け、長期間運転の実用設備としての信頼性を維持し得るため、種々の最高技術の集合を必要とする。

### (2) 大型プロジェクト

目下建設中の原子力プラント、敦賀、美浜1号は32.6万kW、美浜2号は50万kW、福島1号は46万kWであるが、2号は78万kW、火力発電も大容量化しつつあるが、原子力発電はスケール・メリットを発揮するため50万、78万、100万kWとさらに大型の標準が採用される。将来の新しい原子炉の開発もナショナル・プロジェクトとして取り上げられ、動燃事業団が進められているが、これも10カ年2000億円の計画となっており、いわゆるビッグサイエンスと云れるものの代表的なものである。

### (3) 総合産業

原子力発電は核物質、エレクトロニクス、重電機、コンピューター、材料工学等と広い範囲の最高技術の組合せであるとともに、電力事業はもちろん、金属材料製造業、鉱山、機器製造、土建業、公衆安全保健等々、きわめて広い分野の産業の総合的組織活動によりはじめて、経済的に信頼性があり安全な設備が完成される。

総合産業であるが故に原子力産業の発展は広い産業の技術レベル向上の先導役にもなるわけである。

#### (4) 開発途上

日本の原子力産業は実質的に緒に着いて日浅く、正に開発途上にあり、研究開発、製造設備、技術者の養成等に相当の投資と努力を行なつて来たが、これからもさらにこれらの方面に投資をし、体制を作り、所費の量産を行なえる様にし、技術者の数も確保しなければならぬ。

### 3. わが国原子力産業の将来

#### (1) 自主技術の確立

原子力発電については、日本は約10年の遅れがあると云われ、先進国より設備の輸入、技術の契約により外国技術の導入が行なわれた。国際的にも上位に達している日本の工業レベルと潜在能力を有するわが国民性を以て、一日も早く自主技術を確立し、遅れを取り戻すのみでなく、自主開発も進め、世界のトップレベルに立たねばならぬ。

#### (2) 産業としての確立

前述の如く開発発展の途上にあるが、数多くの大型プロジェクトを手掛けて行かねばならぬ国の基幹産業として必要なものであり、十分な経済性を持ち、再生産発展を続けるよう育成し、各企業自らも体質を強化し、自立定着した産業として確立されて行かねばならぬ。

#### (3) 輸出

日本経済の発展のため、また国際的なわが国の立場からも、海外市場への進出、特に低開発国への寄与は、原子力産業においても当然行なわねばならぬ。またこの産業自体わが国の輸出可能な産業としての適格性を持つていると信ずる。

### 4. 産業界の要望

#### (1) 国家援助

最高技術の総合による大型プロジェクトであるので、開発にも多額の資金を要する。日本経済の寄与のためにも、国際競争にすみやかに立ち向かうためにも、国家の現在以上の重点的な強力な援助においても先進国に負けないよう、資金の投入、諸制度の調整においてさらに援助して欲しい。

#### (2) 啓蒙活動

原子力発電の日本経済における必要性和安全性のPRを政府産業界一体となり、さらに各階層、各地域にわたつて行なう必要がある。

#### (3) 全産業界のレベルアップ

総合産業であるので、関係全産業界のレベルアップが必要であるか、一部品を担当する中小

企業者も、専門メーカーとして国際的な水準にレベルアップされることが要望され、また関係方面はこれの援助育成に努力すべきであると思う。

#### (4) 官民の協力

原子力発電の発展のためには、政府民間企業の十分な協力がぜひとも必要である。協力と云つてもそれぞれの役割を認識し、各々がその分担するところを努力し、強力に実行すべきである。民間においても、使う立場と作る立場の者の協力、電力会社とメーカー、メーカーと材料供給者、下請業者等との協力が必要である。

# 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

## 1. わが国における放射線化学の現状

放射線化学の基礎科学的な領域の研究が、まず欧州で始められ、次いでアメリカで行なわれた。今世紀の前半頃には、わが国ではそれに関心を示す人々はほとんど無かつた。才二次世界大戦後、放射線源がかなり容易に研究用に使い得るようになり、それに伴つて放射線化学の応用に関する研究への関心が欧米で起こりつゝあつたのを知り、わが国でも放射線化学の応用に関する研究・開発に関心がよせられはじめた。わが国では化学繊維、合成繊維の研究および技術的展開が盛んであつたので、いわゆる高分子化学研究者の中に放射線化学への関心が強く現れ、放射線化学の発展はまずそれらの人々に負う所が多かつた。すなわち、産業界の熱心家の呼びかけに学界も答えて協力が得られ、日本放射線高分子研究協会が生れ、その研究所が放射線化学の推進の中心となつた。その後、さらに研究・開発の規模を大きくする気運が生れ、日本原子力研究所に放射線化学を担当する高崎研究所が生れ、数年後には前記協会の大阪研究所も日本原子力研究所と一体になつた。そして日本の学官民が協力して放射線化学の研究・開発を推進しているのが現状である。なお、日本における放射線化学に関心を持つ研究者・技術者の数は諸外国に比して多く、日本放射線化学会が数年前に生れている。

## 2. 研究・開発の現状

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、しかもその応用の開発を目指しているのが特徴である。すでに2~3の企業が放射線処理によつて高分子材料の改質を行ない、その製品を市販しているし、さらにそれに引続いて研究をし、商品化を進めているものも幾つかある。別に、放射線照射によつて特殊な製品を作り、それを市販している業者もすでにある。研究・開発に手数のかかるものは、高崎研究所が中心になつて、学官民の協力の下に研究・開発がすすめられている。例えば、エチレンの放射線重合・トリオキサンの放射線重合・繊維や塩ビ樹脂の放射線グラフト重合による改質などかとりあげられ、放射線化学工学的な開発研究と組合せて進められている。それらのうちには、創意が学官民の研究者から出たのを高崎研究所の開発試験場で育てあげつつあるものも多く、その中にはすでに開

発が進んで、市場調査・開拓を目標に実験をすすめているものもあるという進捗の状況にある。

その外に高崎研究所で生れた独創を育てつつある研究、例えば気体 R I を放射線化学の研究や、原子炉内に特殊なループを組んで放射線化学研究を進めるなど、世界的にもめずらしいものが育ちつつある。研究が高分子関係から出発して次々に広く伸びつつあるとも云えよう。

### 3. 日仏・日米研究協力の現状

放射線化学の領域における日本の特徴ある研究の進展は、当然海外にも反映して、高崎研究所に來訪する海外の研究者が多くなってきた。そして関係者の中に自から研究の国際協力の話が生れてきた。まず日仏研究協力の話が出て、JAERIとCEAの間で放射線化学の研究協力の協定が出来た。そして連絡会議を日本と仏国とで交互に毎年開く約束が出来て、昨年初秋には才5回連絡会議を東京で行なつた。今年はパリで才6回を開くはずである。

日米の研究協力についても、数年前から両国の関係者の間で話が進められていた。そして一昨年初夏にはハワイ会議が開かれて、双方からそれぞれ約20名の関係者が集まつて、賑々しく放射線化学の討論会が行なわれた。また、高崎研究所とブルックヘブン研究所の間で、放射線化学の分野で研究協力の協定が生れ、一昨年高崎で予備会談が行なわれ、昨秋ブルックヘブン研究所で才1回の研究検討会議が開かれた。今年の才2回の会議は高崎で開かれる予定である。

### 4. 国際協力の将来

日仏・日米の研究に関する国際協力は益々緊密さを増して行くものと思う。すでに両方の協力とも単に研究機関同志の間におけるもののみでなく、研究協力会議の席にオブザーバーの形でそれぞれの国々の企業界の研究者なども参加して、放射線化学の展開を注視している有様であるから、これらの国際協力が必ず相互の国々の放射線化学の実用的な発展に貢献するに違いない。

さらに、それ以外の諸国でも放射線化学に関心を持つているところがあつて、その研究者が高崎研究所に訪ねて來ることも多く、また、それぞれの国々に特徴ある研究を持つてるところもあるので、日本の研究者が訪ねて行く場合もある。高崎研究所では食品の殺菌保存を目的とする放射線化学処理の研究をする食品照射センターを大きく伸ばすことになつているので、その方面の研究で、将来、東南アジアの諸国と密接な研究協力が行なわれるようになると思おされる。

日本には放射線化学者人口が大きいと云つても、全世界のうちの幾分の1に違はなく、海外

の諸国にいる放射線化学者の研究成果に注目せねばならぬものが当然ある。私どもは海外の創造的な特徴ある研究成果に敬意を表することによつて、私共の独創性を發揮して挙げた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をつとめ、互に信頼し合つて国際協力の実をあげ、世界の放射線化学の発展が早く実をむすぶようにと望むのである。国際協力といつても、それは相互に競争して互に練磨し、優れたと認められたものは互にとりいれることによつて、長短相補つて共存するように、相互の進展に寄与せんと期待するにほかならぬのである。

# 米国における原子力供給産業の現状と将来

—— 米国原子力委員会

委員 F. コスタリオラ

本講演は次の三部からなっている。(1)米国の原子力供給産業の現在の規模と実態、(2)1980年までに米国の原子力産業が供給する原子力機器と役務の市場において予想される増加、(3)1970年および80年代における政府および産業界の重要な政策上の問題についての考慮。

現在の米国の原子力供給産業の分析にあたっては四つの産業部門に分類される。これらは、原子力蒸気供給系統、核燃料サイクル、タービン発電機および関連機器、その他プラントのエンジニアリングと建設の部門である。1970年には年間の取扱い高がそれぞれの部門でおよそ3億ドルづつにのぼると推定されている。供給産業における競争、供給者の数を増加あるいは制限させる要因および政府の関心について述べる。

米国の将来の供給産業の実態を考えるのに、原子力産業の各部門の今後の市場規模について発表したい。米国原子力委員会の最近の計画によれば、1980年までの米国原子力産業市場は、原子力発電設備の資本費が累積250億ドル、 $U_3O_8$  所要量40億ドル、 $UF_6$ への転換4億ドル、濃縮40億ドル、燃料成型加工40億ドル、再処理5億ドルとみられている。この区分によるそれぞれについて、1980年までに外国で建設が予想されている米国型の原子炉の需要について述べる。同年までの原子力発電所に対する投資は150億ドル以上になろう。米国内における競争産業の維持および将来における、国内および国際市場での公正・自由な競争に対して、米国政府がどのような関心をよせているかを明らかにしたい。

原子力発電市場が世界的に拡大されると、今後、慎重な配慮と解決を要するような産業上、国際上の状況を生むであろう。講演では、それらの解決策を示すのではなく、その中のいくつかの重要な問題をあげて述べようと思う。これらの問題については、各国政府およびそれぞれの分野の原子力産業が実際的な解決策をみいださねばならない。

PRESENT AND FUTURE OF THE U.S. NUCLEAR SUPPLY INDUSTRY

Francesco Costagliola,  
Commissioner, U. S. Atomic Energy Commission

This address consists generally of three parts: the present size and nature of the U.S. nuclear supply industry; the projected increase through 1980 in markets for nuclear goods and services offered by the U.S. supply industry; and consideration of policy questions of national and industrial importance in the 1970-1980's.

The present U.S. nuclear supply industry is broken down into four general industry sectors for analysis. These sectors cover the nuclear steam supply system, the nuclear fuel cycle, turbine generator and associated equipment; and the remainder (which consists principally of plant engineering and construction). The estimated annual U.S. business volume for each of these sectors is approximately \$300 million in 1970. Competition in the supply industry, factors which tend to increase or limit the number of suppliers, and governmental interest are discussed.

In considering the nature of the future supply industry in the U.S., the magnitude of the future market for the various sectors of the nuclear business is presented. The latest AEC projection of the cumulative U.S. nuclear market through 1980 is: capital value of installed nuclear power facilities--25 billion;  $U_3O_8$  requirements--4 billion;  $U_3O_8$  to  $UF_6$  conversion--400 million; uranium enrichment--4 billion; fuel fabrication--4 billion; chemical reprocessing--500 million. Needs in these categories for U.S.-type reactors expected to be installed abroad by 1980 will be discussed. The capital investment for these power

plants by that time will exceed \$15 billion. U.S. Government interest in maintenance of a competitive industry within the U.S. and in fair and free competition in future domestic and international markets will be described.

The magnitude of the growing world-wide nuclear power market will engender industrial and international situations which will require careful consideration and resolution. Without proposing solutions, the paper enumerates and discusses some of the more important of these questions, for which governments and their respective nuclear industries must find workable solutions.

3月4日(火)  
14:00~16:20  
B 会 場

パネル討論会ー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

## パネル討論会の開催によせて

議長 清 成 迪

動力炉・核燃料開発事業団副理事長

National Project として動燃事業団がやっている新型動力炉の開発は、

1. 未知の分野の研究開発で不確立要素が極めて多い。
2. 10年間におよそ2000億円を要する巨大Projectで、大学、研究機関、産業界のすべての力を結集しなければならない。
3. 時期を失しては極度に価値が失なわれるというような特質をもち、このようなProjectはわが国ではおそらく最初であると思う。

わが国がこれから取組まねばならぬBig Science例えば宇宙開発、海洋開発等も大体同じような性格であることを考えると、この動力炉開発はこれらの試験ともいい得る。

このような意味からこのNational Projectを成功させる鍵として、国内各層の協力ということテーマとしてこのPanelを持つことは大変有意義と考える。

Key Note-A

日本原子力研究所

企画室長 天野 昇  
動力炉開発管理室長

原研においては数年来、動力炉の研究、開発を業務の支柱の一つとし、新型転換炉については、炉型選定の検討評価作業と設計研究を各界の協力を得て推進し、高速炉については実験炉の概念設計と関連研究を実施してきた。昭和42年10月に動燃事業団が設立され、これらの成果を基盤にして、ナショナル・プロジェクトとして官民一体、国の総力をあげて開発を進めることになったことは、原研としてもまことに喜ばしいことと思つている。

1. 研究、開発と原研の役割

準備段階においては原研が開発の中心的役割を果たしてきたが、動燃事業団の設立とともにその中心が事業団に移り、一時的には原研の研究者もとまどつたが、プロジェクト発足以来1年余りの年月を経て、その間に自ずから原研の分担業務の範囲も明らかになり、協力体制が整つてきたと思つている。動力炉の開発はいうまでもなく、非常に巾広い研究と技術の上に成立つものであり、炉の設計、建設という業務を中心として、炉に密着した開発および開発研究と、それを支える関連基礎研究とから構成されている。開発と開発研究はプロジェクトの計画管理の中に組込まれて厳重な管理を受けるものであるが、関連基礎研究と明確に区別して考えることが必要である。

このようなプロジェクトの体制の中で原研の受持つ役割りは、開発研究と関連基礎研究のかなりの部分を担当することである。開発研究は当然のことながら、プロジェクトの中で計画されたものを受託するという形で協力し、関連基礎研究は動燃事業団とよく連絡をとりつつ、原研独自の業務として進めている。このような考えに基づいて、43年度はすでに26件の受託契約を結んでおり、来年度はさらにこれを上廻る件数の受託を予定している。

これら受託研究のほかにも、原研は国家予算の機構の中でJMTRをはじめとする大型原子炉の建設経験をもつており、とくに高速実験炉については、建設業務についてもコンサルタントとしての協力ができるものと考えている。

2. 人員の確保について

動力炉開発という大プロジェクトを推進するに当つて、資金の確保以上に難しいのは人員の確保である。動燃事業団で作られている開発計画を展開して行くとすると2～3年のうち

に急速に動力炉開発人口を増やす必要がある。他の分野の既成の研究者、技術者を転用することは当然考えなければならないが、それには自ずから限度があり、大部分は新人にたよらざるを得ない。優秀な新人を確保し、これを早急に育成する必要がある。新人の確保については大学の協力がまつところが多いが、育成については原研も大いに協力し得るものと思つている。創立以来の動力炉開発関連研究、原子炉の建設などを通じて、基幹となる研究者、技術者は原研の中に育っており、これを中心としたグループの中で、実務を通じて育成するのが最も早道であろう。

プロジェクトの中心である動燃事業団においては、事業団に集める基幹要員の確保はもちろん大切であり、原研も含めて各界が協力しているが、大学、国公立機関、民間を含めた全体の人員計画についても検討し、これらの機関にいる研究者、技術者をそれぞれの機関においたままで、有効にプロジェクトの中で生かすよう考えてほしい。

Key Note-B

科学技術庁原子力局

動力炉開発課長 伊原義徳

1. 将来のわが国における電力需要の大部分は、原子力発電によつて賄われることになる。

現在実用化されている原子力発電炉は、米国で開発された軽水炉を主流としているが、この型は、濃縮ウランを燃料とするので、核燃料の安定供給の面で不安をなとせず、また資源の活用という面からもウランの持つエネルギーを1%程度しか利用できないので、将来大きく伸びる原子力発電を軽水炉のみに依存することは得策ではない。

2. このため、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、濃縮ウランを使用しないで、ウランの持つエネルギーの大部分を利用できる画期的なものとして、高速増殖炉が考えられ、また、天然ウランを燃料として使用でき、しかもエネルギー利用効率の良いものとして、新型転換炉が考えられる。世界各国とも、こうした新型動力炉の開発に真剣に取り組んでいるが、わが国でも、動力炉開発懇談会の検討を経て昭和41年に原子力委員会が、これら二つの動力炉を自主開発するとの方針を決定した。

この方針に基づいて、政府において具体化が進められ、この開発を担当する機関として昭和42年10月に法律に基づく「動力炉・核燃料開発事業団」が設立された。

3. 動力炉開発についての国の方針は、原子力委員会の議を経て、内閣総理大臣が昭和43年3月に定めた「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」において示されている。

すなわち、高速増殖炉を昭和60年代の初めに、また新型転換炉を昭和50年代の前半に実用化するため、原型炉の建設運転までの開発を目標として、関係各界の総力を結集したいわゆる、「ナショナル・プロジェクト」として、自主開発を進める。その主要点は次の通りである。

(1) 高速増殖炉原型炉として、電気出力20～30万kWのナトリウム冷却型を51年度頃臨界に至らせる。また、燃料照射施設として熱出力10万kWの実験炉を47年度頃臨界に至らせる。

新型転換炉原型炉として、電気出力約20万kWの重水減速沸騰軽水冷却型を49年度頃臨界に至らせる。

これら原型炉の建設の具体的計画については、評価検討を経て決定する。

(2) 関係各界の協力を確保し、動燃事業団を中核とする一元的责任体制のもとに開発を行なう。

(3) 開発業務は、別に定める基本計画（各開発段階に応じて作成）にしたがって、効率的、計画的に実施する。特に計画の管理を合理的に行なう。

(4) 海外技術の活用をはかるため、国際協力を活発に行なう。

(5) 開発資金は、国家資金によるほか、原型炉建設費の半分を民間の拠出に期待する。

(6) 開発業務を効率的に行なうため、業務委託を行なう。

(7) 専門的人材は、関係各界からの参加によつて確保する。

Key Note - C

東京工業大学工学部

教授 垣花秀武

1. ナショナル・プロジェクト企画の条件

ナショナル・プロジェクトが企画される条件は、

- (1) その企画の達成が、一国の経済にとって必要欠くべからざるものであるか、あるいは極めて望ましいものであること、
- (2) 成功の条件が国内的に存在するか、少なくともその成功の可能性が存在すること。この場合、成功とは単なる狭義の技術的成功を意味せず、国際的競争に打ち勝ちうる技術的・経済的成功を意味する。

2. 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

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ているのは、

- (1) その達成・成功が、日本の経済にとって望ましい。
- (2) 達成・成功の可能性があると判断に基づいているものと思われる。

3. ナショナル・プロジェクト達成の条件

- (1) その達成が国民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、統一的な企画実行機関が能率的に実現化すれば良い。
- (2) その達成が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、経済性を無視して早急に可能性を現実性により、(1)の事態に帰着せしめる。それが不可能、または困難な場合は、国際的視野に立つて問題を解決する。
- (3) 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、ただちに実行し能率的に完成する。
- (4) 望ましく、しかも技術が可能性としてのみ存在する場合は、可能性を現実とするために各界を動員するとともに、望ましさの程度を他のナショナル・プロジェクトと比較しながら、事を処する。

4. 国内の協力体制

ナショナル・プロジェクトを遂行する上の国内の協力体制は、前述(1)、(2)、(3)、(4)の区分に従って自ら異なる。(1)、(2)の場合は、単純であり、最も優先的に言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。

ただし、(2)の場合は、時間的制限・経済的制限を厳守して、プロジェクトの企画に大胆であると同様に、中止と転進にも大胆、卒直でなければならない。(3)の条件が満たされる場合は、受益者が資金的投与を行ない、関連技術の総合協力を行なわせれば良い。

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)の場合である。この場合、確実な将来の見通しがないから、国またはそれに代わる公共団体の強制力もなく、確実な受益者もないのであるから、経済的必然としての資金供給もないわけである。したがって、

(1) 各協力者の協力も自ら限界があり、その限界を確認した上での協力体制がとらねばならない。いたづらな強制と、いたづらな口約束・空手形は事態を空転させ、達成すべきプロジェクトすら不成功に終らせる。

(2) 各々の協力の限界を越える場合は、協力者がそれに対する見返りを要求する。

また、逆に限界を越える協力を要請する側は、それだけの見返りを与えるという基本的態度を堅持せねばならない。そのような、正しい意味でのフレキシブルな部分の存在によつて始めて可能性が現実性となりうるのである。また、他のナショナル・プロジェクトに比べて実現の望ましさも増大するという効果ももたらされるのである。

#### 5. 原子力の日本のナショナル・プロジェクトを達成するための条件

原子力に関する日本のナショナル・プロジェクトは、高速炉であれ、新型転換炉であれ上述の3-(4)の範疇に属すると言うべきである。新型転換炉の場合は、技術的要素が整つているので(3)の範疇に属すると見る意見もあるが、その国際的競争性を考慮するならば(4)と言わざるを得ない。

したがって、各協力グループの協力の資金的・人員的・時間的限界を明らかにし、ついで、そのような協力では恐らく達成が不可能となるので、そのような合理的・経済的限界を越え、また、越えさせるための条件を見出し、それを実行することである。

Key Note-D

動力炉・核燃料開発事業団

理事 武安義光

動燃事業団は先に述べられた基本方針および基本計画の線に沿って、開発計画を具体化し、予算を作成し政府における決定をまつて、業務を進めている。

大規模な研究開発計画自体の難しさの他に、事業団は、法律によつて設立され、さらに予算の大部分を政府資金によつていることなどのため、他の一般の特殊法人と同様な種々の規制を受けがちである。また各界の人材の吸収を図ることのほか、異つた畑で育つた人々が集まつて仕事を進める上での運営上の難しい問題も多い。

しかしこのような大規模なプロジェクトを完成させる上での困難というものは、単に研究開発の実施それ自体にあることはもちろんであるが、この種の組織の運営、プロジェクトの管理、関連する制度の取扱人事管理等々の事務的事項の処理を、いかに適正に行なつて行くかということにもあり、しかもこれらの問題の処理自体が一つの実験であり、開発であると考えて事業を円滑に進めて行くための努力をはらうべきものである。

以下いくつかの事項について述べる。

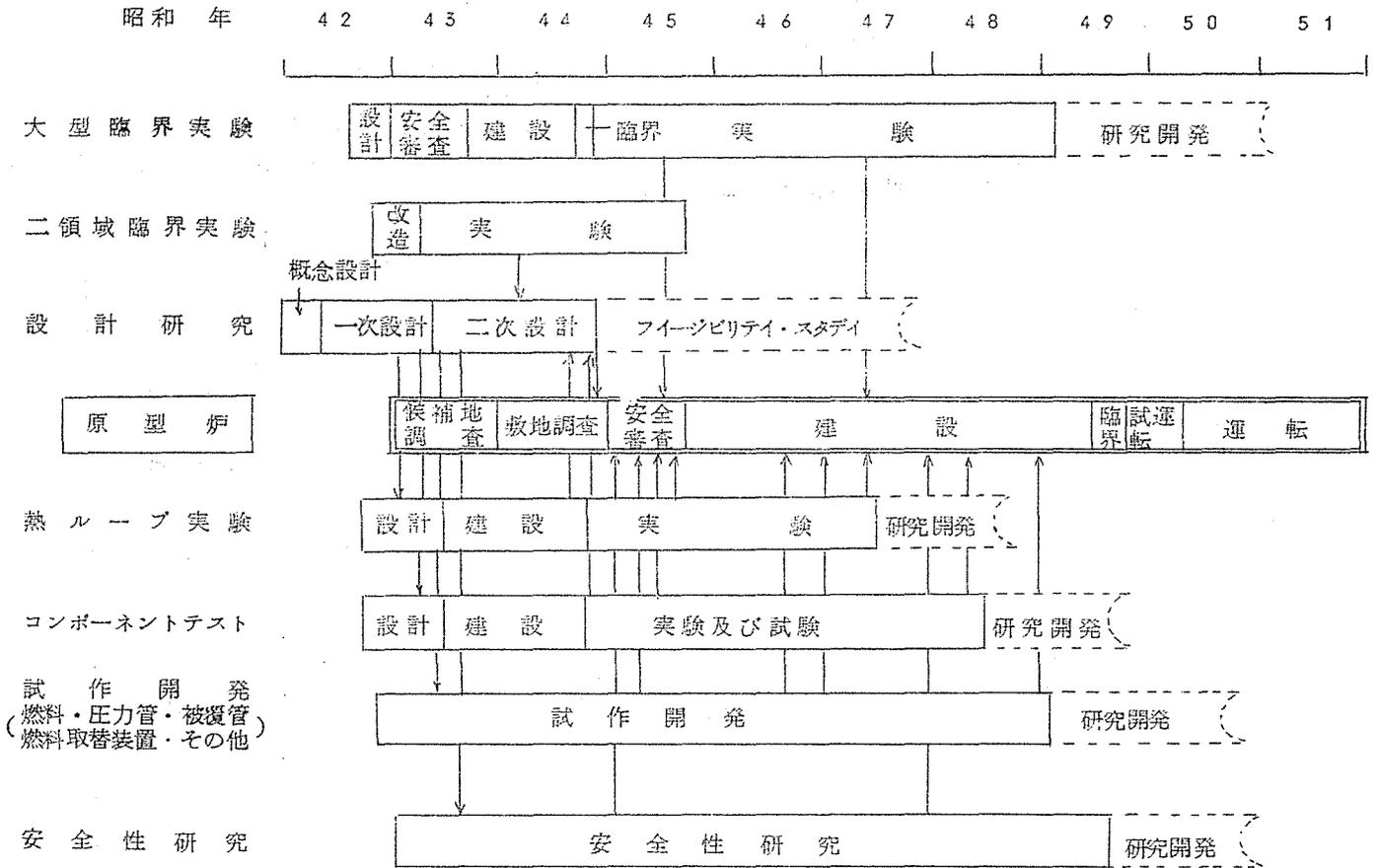
1. 事業計画は前年の8月までに立案し、予算案を作成して査定を経て、前年度末までに出资枠として決定される、年度に入つて実行計画を改めて策定し、実行面での弾力性は一応認められているが、個々の査定、積算に拘束される要素があり、正確な見積りの困難な研究開発の実施に不便をきたすことが多い。
2. 現行の予算制度自体は単年度制であり、数年にわたる研究等についての予算面での継続性がとられぬ。また施設の建設や資材の購入については次年度以降に対する契約の債務負担行為額、いわゆる債等によつて継続性を確保する方途がとられているが弾力性に乏しい。
3. 研究開発自体が一回限りの仕事で、かつ不確実性が多いのであるが、このため請負、委託等の契約に際しての費用の見積り、算定等に際し、この要素をいかに見込み、合理的に行なうかについて研究すべき分野が多い。
4. 大学との関係については現状は小規模の委託研究、教官の個人としてのプロジェクトへの参画という形が主体であるが、さらに規模の拡大を図りうるよう、制度面を含め、途が開かれることを期待する。

5. プロジェクトに従事する専門家については各方面からの出向等に多くを期待しているが、人数の確保のほか、出向者の処遇について給与ベース、給与体系等の面で種々の問題がある。
6. 動力炉開発計画を国のプロジェクトとして円滑に進める上に、各界の協力を得ることが不可欠であるが、このためプロジェクトの性格、特性、運用の実体、直面している問題点等について、常に十分な理解を求めるよう努力を必要とする。また、これと反対に各界の意見を常に把握することが必要である。

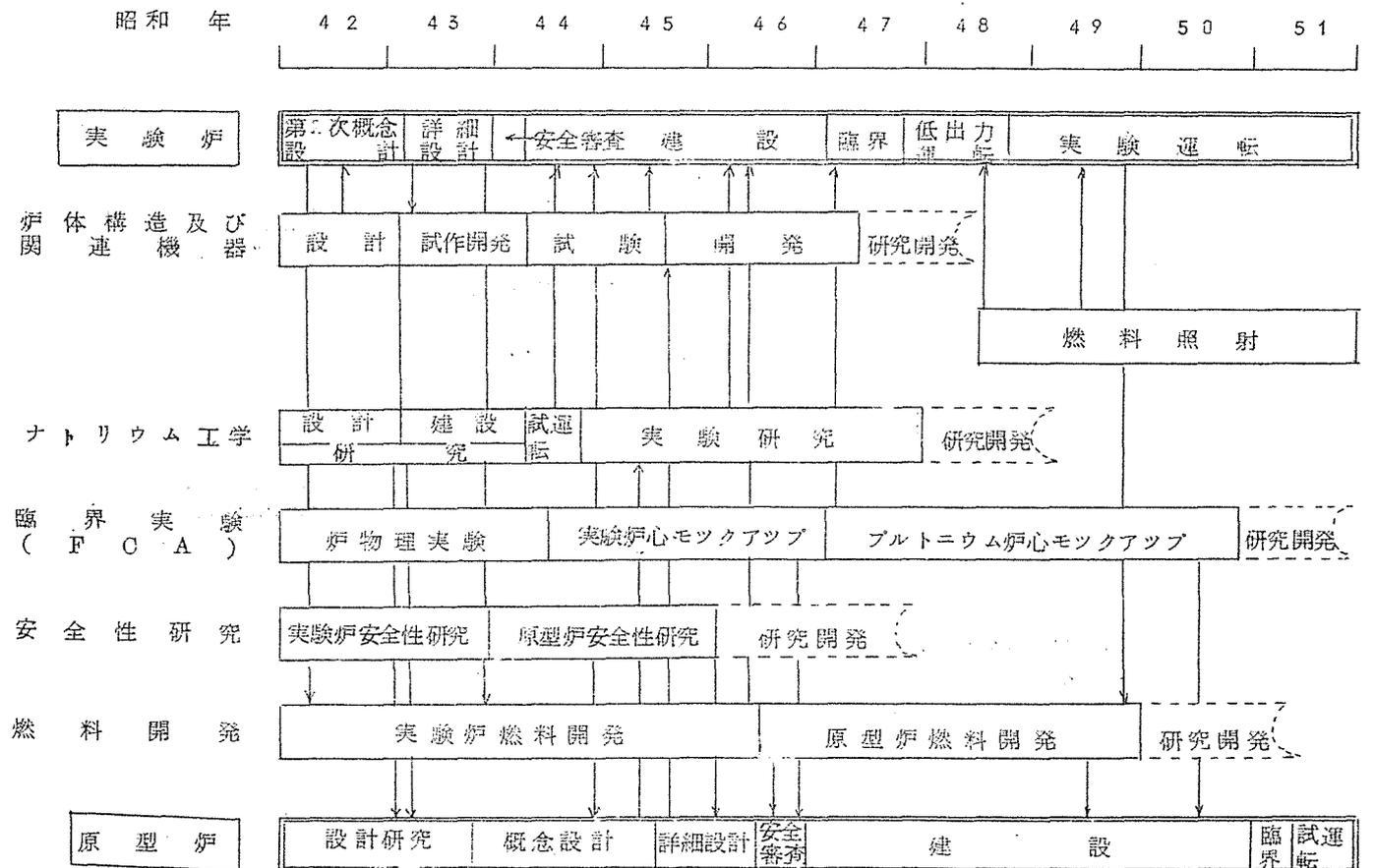
最後に動力炉開発計画を国として取り上げた趣旨を再確認し、政策面の強力なバックアップを期待したい。

動燃事業団における動力炉開発の現状

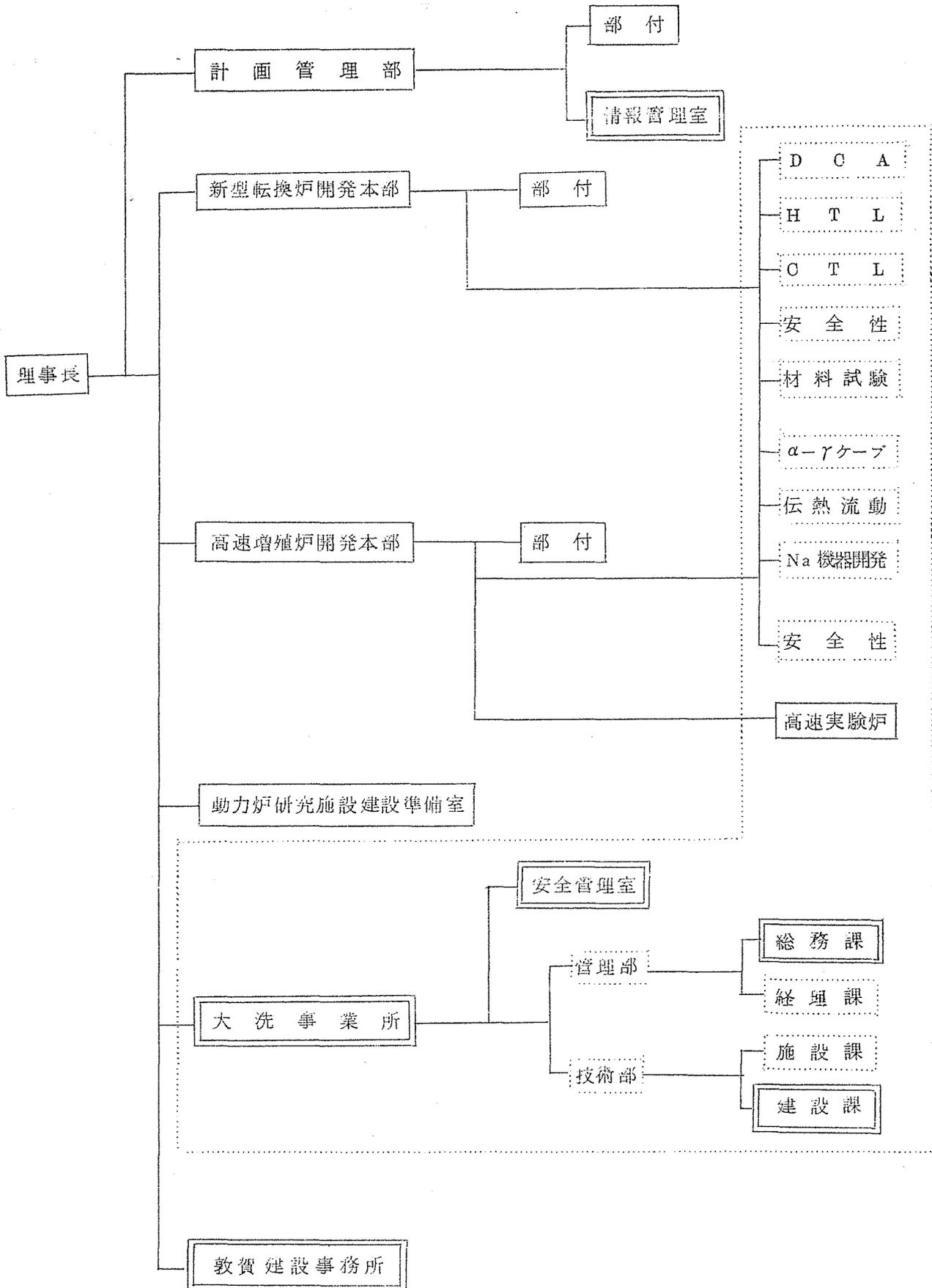
新型転換炉の開発計画



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）

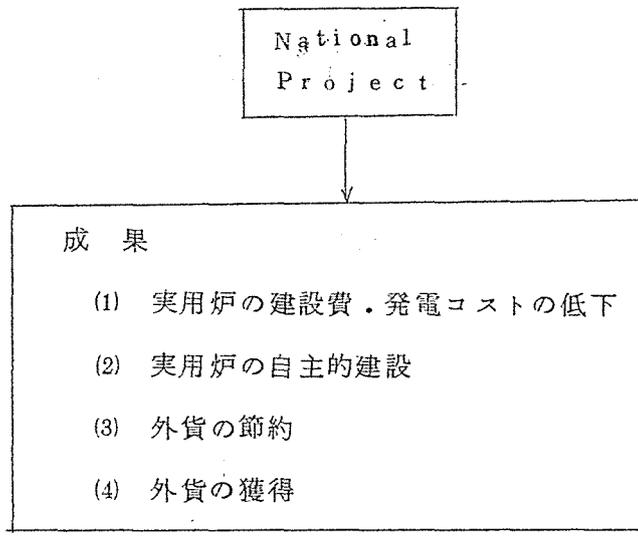
（年度）	42	43	44	45～51	計
高速増殖炉開発費	3	22	68	1,051	1,144
新型転換炉開発費	2	15	53	534	604
共通費	1	4	14	47	66
一般管理費	1	6	10	167	184
計	7	47	145	1,799	1,998

Key Note-E

住友原子力工業株式会社

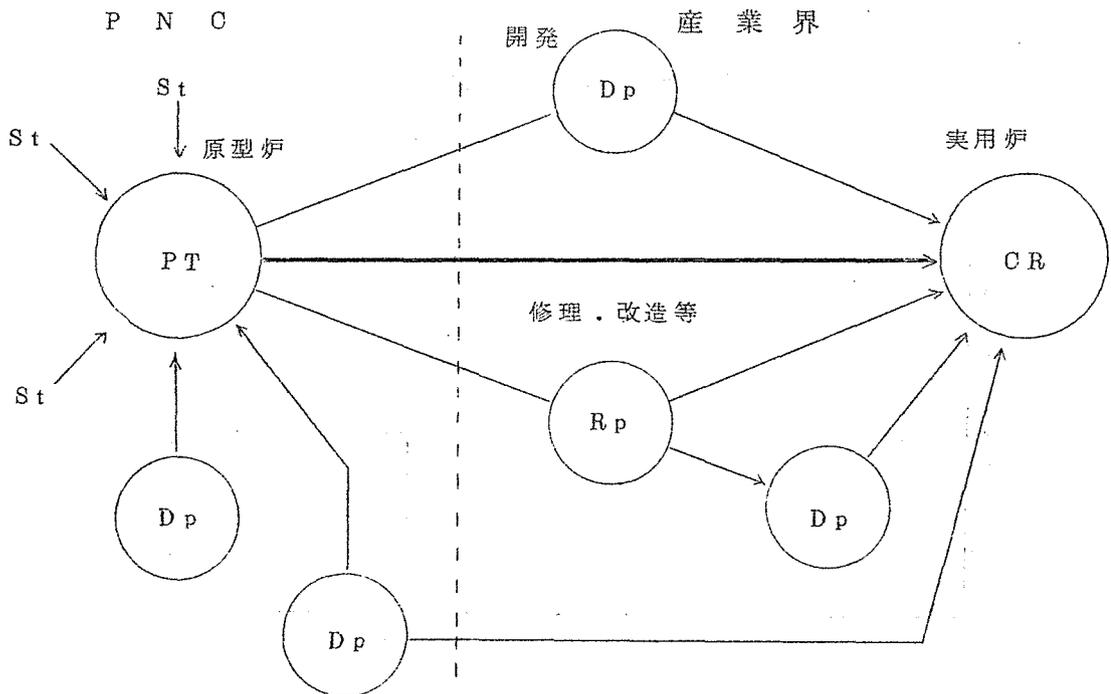
常務取締役 永島 菊三郎

第1図 ATR, FBR開発の成果

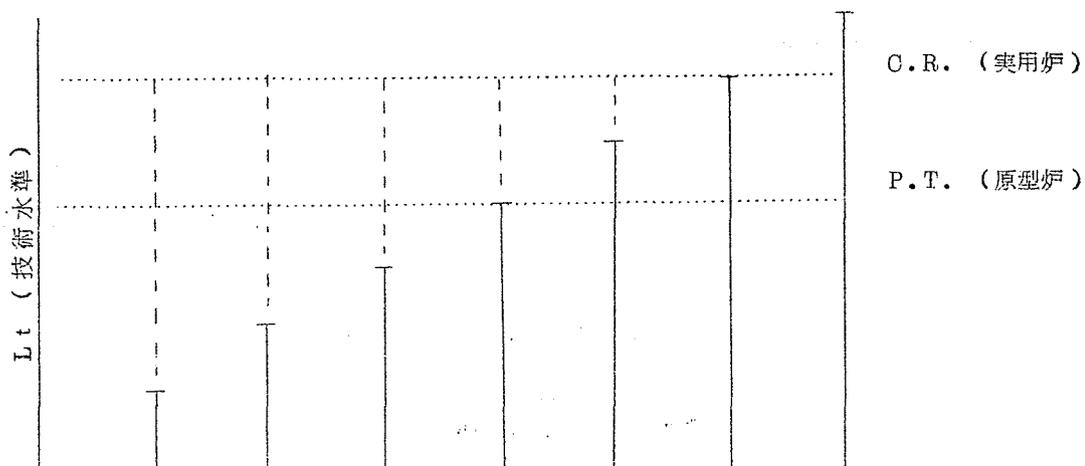


国全体の経済に利益(国民の利益)

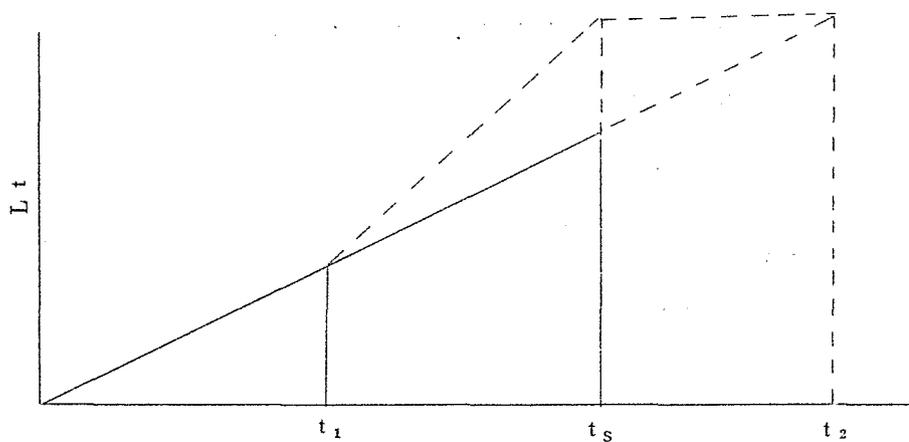
第2図 原型炉の開発と発電炉の実用化



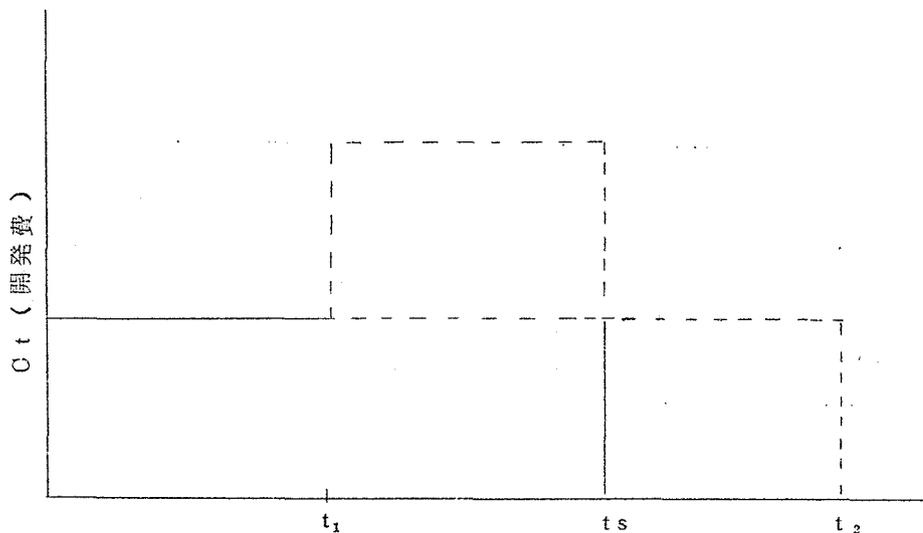
第3図-A St (技術のスペクトラム)



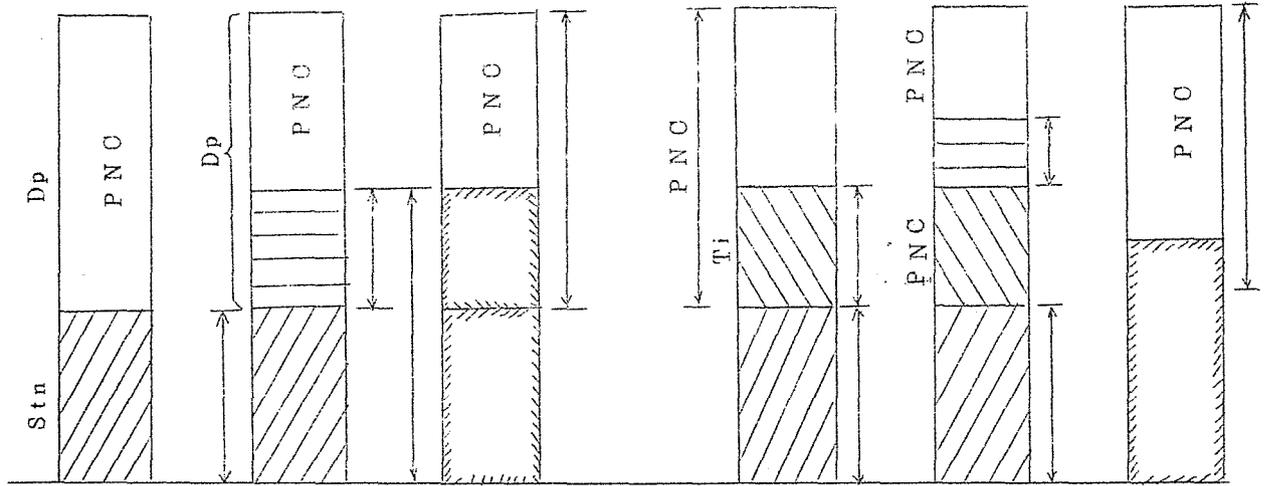
第3図-B 技術開発の進行



第3図-C 技術開発費



第 4 図 既存技術と開発技術



Key Note—F

電気事業連合会

原子力部長 西 依 祥 一

原子力発電は実用化の段階に入り、各地で建設が始まっているが、将来の原子力発電型式の本命は高速増殖炉であろう。欧米諸国で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は周知のとおりであり、かなりの実績をあげている。

わが国においても、この将来の主流たる高速増殖炉をまずオーナショナル・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であろう。

しかしこの型式は、その実用化までにはまだ多くの問題点があり、また多額の資金と多数の人員が必要であるため、いま少しの時日を要するであろう。

したがって、高速増殖炉が実用化されるまでの間、現在の軽水炉より燃料効率のよい高性能転換炉が期待されるので、この面でも努力をはらうのは当然であろう。

国の基幹産業であり、かつ公益事業である電気事業は、旺盛な需要の伸びに対処するためには毎年10%程度の設備増加をしてゆかなければならないが、設備増加のほとんどを重油火力の開発に頼っているのが現状である。重油火力が増加した場合、それにより派生する諸問題の解決をはかるためにも、少量で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るのである。

原子力発電の開発が大いに進んだ場合、核燃料の親物質に含まれる莫大な潜在エネルギー源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自然であり、また必要なことである。電気事業としてはすでに実用化されつつある軽水炉と競合しうるか、あるいは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用化されることを切望するものである。

ナショナル・プロジェクトとしてこれらの炉型がすでに決められた以上、国としては強力な施策を講じて、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つていただきたい。電気事業としてもこのプロジェクトに対しては種々の面において協力をするつもりである。

Key Note - G

東京芝浦電気株式会社原子力本部

技師長 森川 辰雄

1. プロジェクトが成功するためには、しつかりした計画とその管理が最も重要で、このためには資金、人、設備および情報をタイムリーに投入することが不可欠である。
2. 動燃事業団が開発する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することによつて国民全体が利益を得ることができるので、ナショナル・プロジェクトとして進められていると諒解する。ナショナル・プロジェクトについては、その計画と管理をらびにこれに必要な資金を国（動燃事業団）が担当し、産業界は人、設備、情報等を適正な対価で供給することによつてプロジェクトに協力するのが妥当であると思う。
3. メーカーは、動燃事業団から機器、装置等を受注してこれを設計製作し、据付等を行なうほか、研究、開発等の業務を受託してプロジェクトに協力することができる。
4. わが国は、明治初めから今日までの100年間には、主として先進諸国がすでに開発し、実用化の域に達した技術を積極的に導入し、これに改良を加えながら実用化することによつて、今日の工業国に成長したのであるが、もはやわが国の技術力は先進諸国に接近し、製品市場で激しく競争する立場になつている。今後はこれまでのように技術を導入することは種々の問題があり、われわれは自からの技術力を活用して、各分野で基礎技術の開発から得られた技術を実用化するまでの技術能力を涵養する必要にせまられている。しかし、基礎技術の開発についてすべてを独力で行なうことは不得策であつて、技術情報を積極的に交換することをはかり、わが国が技術開発の孤児とならないよう努める必要がある。
5. 動燃事業団のプロジェクトは、新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で、政府、動燃事業団、産業界、学界とも考え方を新たにしてプロジェクトを成功させることによつて、わが国が工業国として今後発展するための新しい出発点としなければならない。
6. プロジェクトの遂行には必ず危険を伴うが、この危険を如何に合理的に、国民（政府）と産業界が分担するかについて十分な協調がなされなければならない。
7. わが国はプロジェクトに多くの関係者を協調させて進めることの経験にとほしく、現状では上手でない。競争には強いが協調は下手であると言われている。各界とも協力してこの欠

点を解決する訓練が必要である。これには行政制度、産業構造、工業国としての歴史、市場、社会環境、教育等、問題が多いが、早急に解決する必要がある。

8. わが国の原子力発電に関する技術力は、最近二、三年の間に急速に進んでおり、特に発電所の建設需要が急増しているために、電力会社およびメーカーの技術能力は著しく向上した。また研究所、大学等での原子力基礎技術の研究も進み、研究者の数も増加している。しかし、これら技術者、研究者の数は、最近の急速な需要に対しては未だ非常に不足であり、その技術能力も十分ではない。今日、最も重要なことはこれらの数少ない技術者、研究者を如何にして最も有効に組合せてその能力を発揮させるかを計画し、これを管理することである。これは、動燃事業団のプロジェクトを成功させるために緊急な問題と考える。
9. 大規模なプロジェクトを計画し、これを管理することは個人の能力では不可能であつて、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、管理の技法を必要とする。そして協力し分担する各関係者はよくプロジェクトの内容を諒解し、それぞれの分担する範囲を完遂するための自信を持つようにならなければならない。このために、合理性を欠いた無理な計画管理は、プロジェクトを成功させるために最も悪い影響を与えるので注意する必要がある。
10. 大規模なプロジェクトは多くの構成プロジェクトに分割され、多くの関係者が分担することになるが、分担の範囲の決定について関係者はよく打合せの必要がある。
11. 開発的なプロジェクトには、その進行途上で、当初の計画どおり進めない場合が起こることがある。したがつて、この種のプロジェクトの計画とその管理は、常に弾力的に進められる必要がある。

3月5日(水)

9:30~12:00

A 会 場

一 般 講 演 一 1

## 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

わが国の経済はきわめて好調のうちに推移して依然として高水準の成長を続けており、これに伴い電力需要も著しい増勢を示している。

電気事業においては10年程度の長期的な需要予測を行ない、これに対応した供給力充足のための電源開発計画をたてている。

本年はじめに設定した長期計画では、今後の需要の動向を産業需要の伸び、国民生活水準の向上などを考慮して、電力量年平均増加率で48年度まで約9%とみ、以後52年度までを8%とみている。しかし最近特に夏季のピーク電力の伸びが著しいので、これを48年度まで年約10%とみて想定を行なっている。

これに対する供給力を充足するため、必要な供給予備力7ないし10%を含めて電源開発計画をたてている。

しかし近年、41年度以降従来の予測以上好調の波が続いたため、将来計画の中で44、45兩年度は必ずしも十分な供給予備力を保有することができず、需給バランスから見るとやや窮屈になる見込である。しかしこれは一時的現象であつてやがて正常に復する見通しとなつている。

今後10年間に開発する電源は6,043万KWで、その内訳は水力1,031万KW、火力3,820万KW、原子力1,192万KWとなつている。

電源設備は42年度末計4,270万KWでその内訳は水力37.4%、火力62.2%、原子力0.4%であつたものが52年度末には計1兆314万KWで、その内訳は水力25.5%、火力62.8%、原子力11.7%という構成となる。

以上は運転を開始する出力であるが参考として着工する出力を示すと、10年間通算して合計出力は8,054万KWとなり、その内訳は水力14.6%、火力53.9%、原子力31.5%となつている。

原子力発電計画は、前期6カ年間に5基258万KWの運開、17基1,098万KWの着工、52年度までの10年間には、19基1,156万KWの運開、33基2,538万KWの着工という計画となつている。

なお計画に当つては将来における原子力発電の経済性向上、エネルギー需給の動向、公害対

策などを考慮して、積極的に原子力開発の推進をはかっている。その結果電源開発の構成比率は前期6カ年は25%、後期4カ年は40%となっている。

ユニット容量も当初30～40万KW級から漸次50万KW級、75万KW級を採用し、48年度からは100万KW級を着工することとなっている。

西日本においても75万KW級が49年度着工となっているが、将来計画において基幹系統の強化が進められれば、さらに中央部なみの大容量化が進展することも考えられる。

今回計画による核燃料累積量は52年度までに $U_3O_8$ で概算3,700トンと推定される。

原子力着工・運開出力および年度末設備比較表

( 附 表 )

年 度	41まで	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	計
		784	500	2,494	750	3,534	500	3,200	4,100	2,850	3,100	4,350	
着工出力 (MW)	1,323	784	500	2,494	750	3,534	500	3,200	4,100	2,850	3,100	4,350	27,485
	1,263	1,284	350	—	2,534	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 (MW)	125	41	—	—	1,122	—	535	1,284	1,994	3,534	1,250	2,200	12,085
	125	41	—	322	740	—	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 (MW)	125	166	166	166	1,288	1,288	1,823	3,107	5,101	8,635	9,885	12,085	
	125	166	166	488	1,228	1,228	2,113	2,897	4,647	6,931	9,715		
差	—	—	—	△ 322	—	—	△ 290	210	454	1,704	170		

## I 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

日本原子力発電会社が、茨城県東海村の東海発電所(166MWe)に次いで、福井県敦賀市明神町に建設中の敦賀発電所は、米国GE社製の直接サイクルBWRを使用した出力322MWの原子力発電所で、この型のものとしては、日本原子力研究所・東海研究所で昭和38年10月から運転を開始しているJPDRに次いで第2基目に当る。

敦賀発電所の性能・安全性等については、すでに多くの文献で述べられているので、ここでは最近の同発電所の建設状況と、建設過程に問題となつた諸点について簡単に述べることにする。

### 1. 機器の製作状況

1) 原子炉圧力容器：バブ日立呉工場で作製され、先行発電所であるOyster Creek, Tarapurの建設経験から一部手直しを行なつたため、予定工期より少しおくれで43年10月製作を完了、工場での各種試験をへて11月初旬工場出荷、11月12日現地据付けを完了している。

2) タービン発電機：GE社のSchenectady工場で作製されたが、工場のストライキのため工程がおくれるので、部品毎に出荷する方式を採つたところ、43年末の米国東海岸港湾荷役労働者のストライキの影響を受け、現地到着がおくれている。

3) その他の機器：国内で作製された主復水器(東芝)、主変圧器および起動用変圧器(ともに三菱)はすでに据付けを完了しており、制御盤・計測器の一部と燃料取替装置などがまだ米国で製作中であるのを除き、すべて現地への搬入が終つている。

### 2. 現地工事

1) 格納容器および原子炉系：前述のように原子炉圧力容器の据付け完了後、圧力容器内構造物の取り付けが開始され、44年2月中には制御棒ハウジングその他の仕事は完了し、一部を残して再循環ループ系も完成する予定である。初期炉心用燃料の現地搬入は44年初夏、燃料装荷は同年8月を目途として努力されている。また、原子炉圧力容器の搬入が予定よりおく

れたために、搬入用の開口として残されていた原子炉建屋の部分もほとんど工事を完了した。

2) タービンホール：復水器、復水脱塩装置、空気圧縮機等は工事を完了し、通水試験、調整運転を実施しており、主タービン発電機は現地到着のスケジュールにしたがってすでに据付けが開始されている。

3) サービスビル：中央制御室、化学実験室、ロッカー室等を含むサービスビルは、建築工事を完了、各室内の装置等の搬入を待つばかりになつており、中央制御室では米国より到着した制御盤・コンピュータの据付・配線が実施されている。

4) 屋外工事：復水器冷却水系は取水設備、循環水ポンプ、各種弁類を含めて完成している。屋外開閉所・主変圧器・起動用変圧器等の電気工事はほぼ完了しており、44年5月から特別高圧での受電が予定されている。

5) その他：廃棄物処理施設、スタックおよびトンネルは工程上も最もおそい段階に組み立てられ、目下精力的に工事が進められている。

### 3. 工事中の技術的諸問題

大容量の直接サイクルBWRの技術はProvenなものではあるが、発電所の建設途上で遭遇するすべての技術的問題が完全に解決しているわけではない。敦賀発電所の現在までの工事中におこつた主な技術的諸点としては次の項目があげられる。

- 1) 原子炉圧力容器の溶接、特にスタブチューブの溶接方法に関する問題。
- 2) 原子炉圧力容器の運転開始後のサーベイランスに関して初期状態の超音波探傷記録の問題。
- 3) ドライウェル外側、生体遮蔽壁の施工法に関する問題。

これらの問題点を克服して、敦賀発電所は今年中の発電を旨として鋭意工事が進められている。

## II 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

### 1 発電所の概要

#### (1) 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丹生	
	用地面積	m <sup>2</sup>	500,000	
	工期 建設費	億円	41.12~45.10 300 (初装荷燃料費含まず)	43.5~47.6 360 (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	MW	1,031	1,456
	燃 料		低濃縮二酸化ウラン2.9% 約40トン	同 左 約48トン
	制御方式 台 数	台	制御棒および化学制御 1	同 左 同 左
1次回路	回 路 数		2	同 左
	蒸気発生量	T/H	1,015×2	1,500×2
	圧力、温度		圧力157kg/cm <sup>2</sup> 、平均温度308℃	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
格納容器	形 式		円筒形アニュラスシールド付	同 左
	寸 法	m	内径33.4、全高66.5	内径33.4、全高68.0
	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	MW	340	500
	回 転 数	r.p.m	1,800	同 左
	蒸気条件 台 数	台	55.2kg/cm <sup>2</sup> 、270℃ 1	55kg/cm <sup>2</sup> 、269℃ 同 左
発 電 機	形 式		3相回転界磁形(水素冷却)	同 左
	定格容量	MVA	400	560
	力 率	%	85	90
	周 波 数	C/S	60	同 左
	台 数	台	1	同 左
主変圧器	容 量	MVA	370	525
	電 圧	KV	1次17、2次275	同 左
	台 数	台	1	同 左



## 2. 建設工事の現状

1号機は、着工してから2年3カ月、工期の半ばを過ぎ、すでに格納容器、タービン室、放水路、放水口および特高開閉所等が完成し、現在、格納容器内・外部しゃへいコンクリート、ボイラ補機室、中央制御室および取水口等の諸工事ならびにタービン、発電機、復水器等の据付工事を実施中である。

2号機は、着工してから10カ月、本年1月から格納容器の組立を開始し、これと併行して、タービン室の基礎工事を実施中である。以下は、1号機の建設状況について写真等によつて説明する。

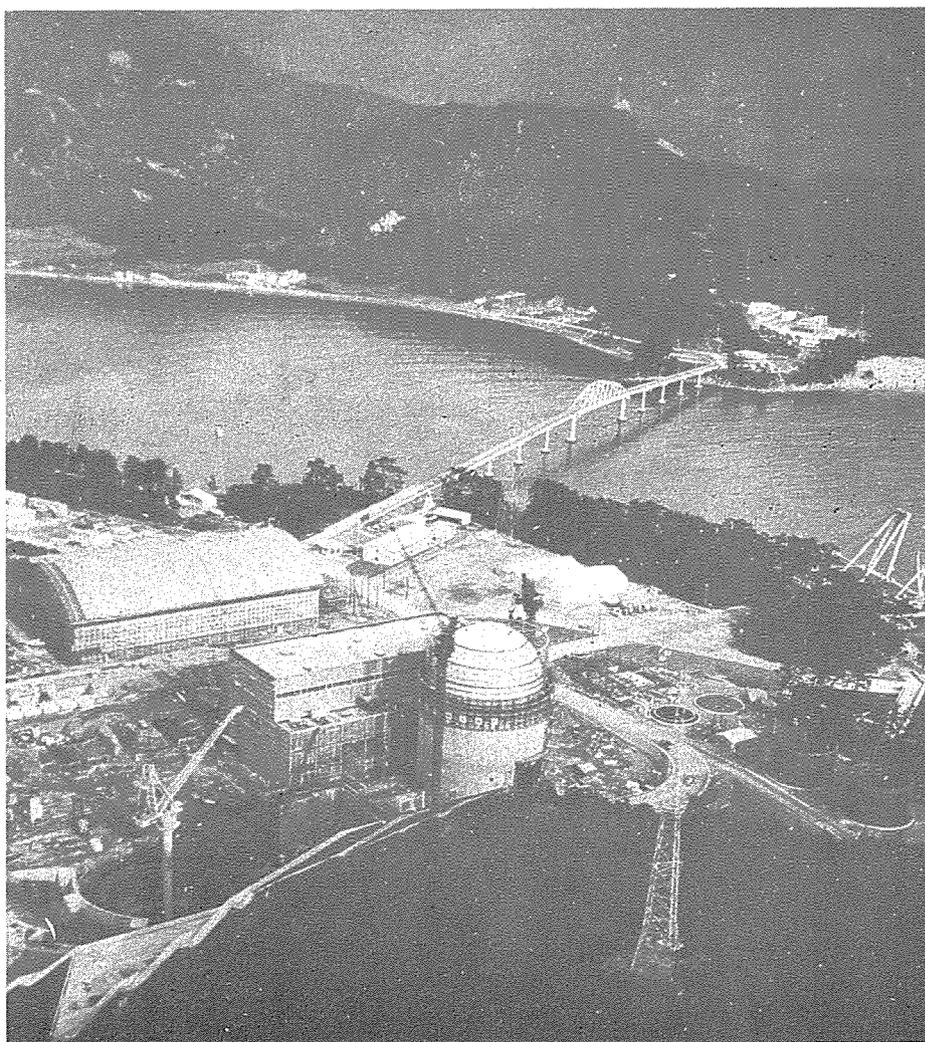


写真1. 発電所全景

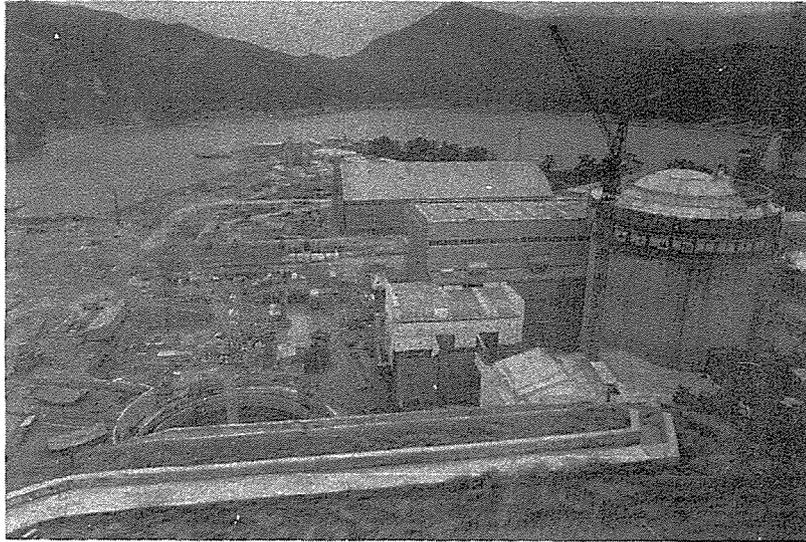


写真2. 発電所全景

(1) 原子炉関係

格納容器の外部しゃへいコンクリート壁（地上高さ5.4m、厚さ77cm）は、82%打設を終了し、格納容器の内部では、原子炉容器、蒸気発生器のしゃへい壁、ならびに、これら機器の支持金物の取付を実施中で、4月以降ポーラクレーンの据付を行ない、これに引続いて原子炉容器、蒸気発生器の据付を予定している。

ボイラ補機室は、現在、10m床のコンクリート打設を実施中で、今月から地下室に設置する各種タンク、ポンプ等の補機類から据付を始めている。

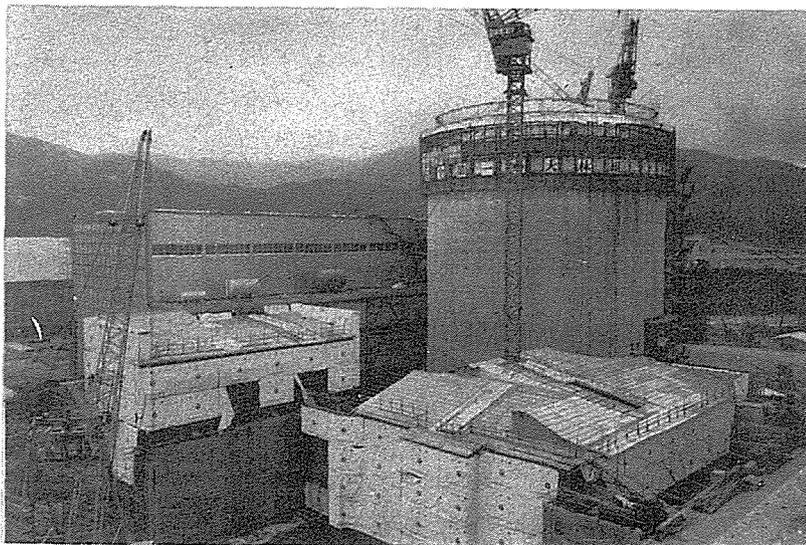


写真3. 1号機格納容器外部しゃへい工事



写真 4. 2号機格納容器組立工事

(2) タービン発電機関係

タービン室の建築工事は、ほとんど終了し、現在、塗装、各階床のモルタル仕上げ等を実施中である。

機器の据付工事は、昨年9月に脱気器の据付を完了し、11月から復水器の現地組立、本年1月に発電機の吊上据付、2月からタービンの据付を実施しており、5月には純水装置が使用可能となるので、逐次、補機の試運転および配管等のフラッシングを行なり予定である。なお、発電機固定子の重量は223tであるが、タービン室への吊上はボールアップ方式を採用し、天井クレーンの容量を軽減させている。



写真 5. 取水口工事

### (3) 特高開閉所関係

特高開閉所の建屋は、先月完了し、今月始めから、遮断器、断路器等を据付中で、本年6月起動変圧器の据付を行ない、7月には、275KVの受電を予定している。

### 3. 所見

原子力発電所の建設は、初めての経験で、現在、1号機が工期の半ばを迎えた段階であり、不十分な資料であるが、私達が特に留意している事項と、今迄に気付いた点についてご紹介し、参考に供したい。

- (1) 建設当初から、原子力発電所について、関係各方面の理解と協力を得るため、PRセンターを早期に設置するとともに、建設要員の優先採用等、地元民との協調に留意している。
- (2) 構内配置上スペースに余裕があれば、タービン室と特高開閉所の距離は、大き目に計画すると共に格納容器廻りは、空地を広くとるのが好ましい。
- (3) 耐震設計および放射線しゃへい等のため、コンクリートの壁や床は、相当な厚みで、しかも配筋量が非常に多いので、機械基礎、配管貫通部、同支持金物等は、コンクリート打設に先立つて確定しておく必要があり、これ等の設計や材料手配は、火力の場合より相当早目に行なう必要がある。また、コンクリート形枠の取付にも特殊な考慮が必要である。
- (4) 増設工事分も含めて、放水路、循環水管、排水管、ケーブルピット等地下構造物や、ハツパを必要とする掘削工事、ならびに構内道路は、建設工事の初期段階で施工する方がよい。
- (5) 一次系の機器、配管類は、不純物があると放射能化されるのでこれを避けるため
  - a ステンレス鋼の採用による錆の発生防止
  - b 機器の製作、保管、据付中の品質管理の徹底
  - c 据付後のフラッシングに純水の使用などが必要である。

### Ⅲ 福島原子力発電所

東京電力株式会社原子力部

原子力部長 野村 顕 雄

福島原子力発電所1号機工事は、GEとターンキー方式による契約が結ばれて以来既に2年経過したが、この間工事は順調に進み、併行して行われた当社の取水港湾施設工事も予定通りの進ちよくを見、総合進ちよく率としては1月末日で53%に達した。そして来る4月下旬原子炉圧力容器の搬入据付が行われる運びとなっており、昭和45年10月運転開始の目標は現在のところ確保できるものと思われる。

2号機工事は出力784MWの沸騰水型原子力発電ユニットを建設するもので、昨年3月GEとの間に原子炉およびタービン発電機の購入契約を結び、設計製造を始めた。またGE供給以外の機器については東芝に一括発注する予定である。2号機工事のための整地工事は昨年9月に完了しており、また建築工事は去る1月18日から鹿島建設の手で開始した。

1. 土木工事：タービン復水器の冷却用海水取水と荷役港湾施設のため、南北2本の防波堤を含む港湾工事を行つているが、洋上の工事にもかかわらず順調に進み60%の進ちよくを見せている。すなわち北防波堤765mの内678m、南防波堤940mの内702mが完了し、物揚場護岸工事も完了して700tonジンポールを据付け、圧力容器の荷役が可能となつている。

2. 建築工事：昭和42年4月1号機工事の基礎根切りを開始し、以来ほぼ2年を経過したが、この間機械工事等との出合工事や詳細設計を進めながらの施工が多く、必ずしも円滑であつたとは言い得なかつたが、関係者一同の積極的な協力により予定通りの工程を守り得たことは特筆に値する。

現在、原子炉建家は燃料取替床（標高39m）までのコンクリート打設を終了した。昨年6月格納容器組立完了後行なわれた格納容器まわり遮へいコンクリート工事は、格納容器との間に40mmの空間を残すため苦心を払つた部分であるが、これも標高39m迄打設を完了した。

タービン建家は、運転床面迄の壁、床、タービン台工事が終了し、現在クレーンガーダー受けコンクリートを打設し終つた。

廃棄物処理建家のコンクリート打設は、大型タンク類の搬入と交互に行われ、かなり工程的にむずかしい工事であつたが、現在は地下間仕切壁、床コンクリートの打設を終了した。

3. 機械電気工事：昨年6月に日立製作所の手により格納容器の組立を完了したが、この工

事も他に例を見ない程順調に進行した。現在タービン室に機器の搬入が盛んに行われており、復水器2基の内の1基、復水ポンプ、熱交換器、空気圧縮機類が据付けられ、引続き復水器の残りの1基、配管工事が行われている。輸入機器の内制御棒及び駆動機構、再循環ポンプ用MGセット、主蒸気隔離弁を含む弁類が入荷しており、再循環ポンプは工場試験が完了し、間もなく現地に到着するものと思われる。なおタービン発電機の主要部分は、10月頃GEから出荷される見込みである。

当社工事の内、主変圧器、超高压開閉所用機器は製造中であり、所内ボイラ、水処理装置は現地据付中である。

4. 運転準備：福島原子力発電所の保守運転のため、技術要員の教育訓練を計画し、昨年5名の技術者をGEに派遣したが、さらに今年になつて、シミュレータ訓練を含む研修のため23名派遣した。8月には幹部要員がすべて現地に勢ぞろいし、10月頃全要員が充足される見込みである。

プレオペレーションは、建設と平行して行われ、45年4月末頃迄には機器の据付はすべて終了し、5月に燃料が装荷される運びとなる。

# 核燃料資源の確保について

電気事業連合会原子力部

部長代理 三宅 申

最近、原子力発電に対する期待は一層高まってきたおり、昭和43年度電力長期計画によれば、10年後の昭和52年度末における原子力発電所の総出力は約1,200万KWにおよぶものと見込まれている。さらに昭和60年度の原子力発電所は、昭和42年の通産省エネルギー調査会の見通しによれば、3,000万～4,000万KWに達するものと予想されている。最近の諸情勢を加味すれば、この見通しはさらに増大することも考えられるが、60年度の上記出力に対応するウランの所要量は、 $U_3O_8$ で約10万ショート・トンになると算定されている。一方、これに対するわが国のウラン資源は、約5,000ショート・トンにすぎないといわれているので、国内のウラン需要は、今後そのほとんどすべてを海外からの供給に仰がざるをえない立場にある。

一般に、自由世界における既知の埋蔵量は、 $U_3O_8$ 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・トンであるといわれており、また自由世界各地域での探鉱活動の活発化、探鉱開発技術の進歩などを考慮すれば、長期的にはウランの需給について、とくに悲観視すべき要因はないと考えられる。しかしながら、今後10年間というような至近期間を考慮した場合、必ずしも全面的にウラン需給の見通しを楽観視するわけにもゆきかねる現状にあり、とくに自由世界で、総計約1億KWといわれる原子力発電計画に伴う大量のウランの潜在需要が、顕在化するとみられる1970年代の前半においては、ウラン需給に一時的逼迫をみるのではないかともいわれている。

したがって電気業界としては、すでにカナダのデニソン社およびリオ・アルゴム社と10年間にわたる長期購入契約を締結し、さらにスポット購入等を合わせて、約17,000ショート・トンの $U_3O_8$ を確保するとともに、米国カーマギー社、カナダのデニソン社との間に共同探鉱開発を行なうなど積極的に対策を講じている。さらに、ウラン精鉱の確保のみにとどまらず、転換、濃縮、成型加工の各段階における契約の締結を行ない、完成新燃料の確保に努力している。しかし、長期的にみると、この精鉱確保量は、前に述べた需要量の一部を充足するにすぎないので、電気事業は、今後の長期安定確保策についてさらに配慮する必要がある。

ウランの確保方策については、長期購入・探鉱開発およびスポット購入の3方法を、それぞれの特徴を生かしつつ、適宜組み合わせ弾力的に運用することが、もつとも妥当であると考えられる。長期契約は、既知の埋蔵量・生産量を対象とするので、量的な安定確保の面では非常

にすぐれているが、長期契約だけでは安定確保策としては不十分であるので、探鉱開発もこれを重視し、両々相まつて長期安定確保策の推進をはかつていく必要がある。この場合電気事業としては、長期契約およびその補完としてのスポット購入については、企業の自主性においてこれを推進し、また探鉱開発については、当面関連業界とも相協力し、もつてウランの安定確保の実をあげることとしたい。なお、国に対しては、民間活動を円滑かつ容易にするより、探鉱・採鉱・精錬・転換・濃縮などに関する技術研究の推進、民間研究開発の助成、民間企業の探鉱開発に対する税制面での配慮、融資などの資金面における援助などを望むとともに、また国においても、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。

# 核燃料問題の現状

日本原子力発電株式会社技術本部

燃料課長 今井隆吉

(1) 原子力発電所を建設する時、その初期装荷燃料の価値は全体の約20%に相当すると推定されている。炉寿命にわたる取替燃料を含めると200\$/KW以上の価値になり、世界中の原子力発電が年間3,000万KWの水準に達すると年間1兆円近くの産業となる。

(2) このような大規模産業が比較的少数大企業の支配下に入りそうで、しかもそれが或程度止むを得ない事情に基づいていることが近時問題となつている。ウラン資源が国際的石油資本の関心の的となつていることは知られているし、燃料を含めた炉心設計と燃料管理は、原子炉メーカーのノーハウに帰属し、発電所運転者の知識、経験が増加するまでは、当分の間、メーカー依存の状態から抜出るには大きな努力を必要とするであろう。

(3) 特にウラン濃縮は $U_3O_8$ 、成形加工、再処理の4項目のうち、価値として一番大きな割合を占め、しかも国際的な独占の度合いが最も強い分野である。米国原子力委員会の所有する濃縮施設は現在民間移行が論議されており、1970年代に新設の工場も、国営、公社所有、民有の形態がはつきりせず、将来の発電コストに与える影響がアメリカでも心配されている。

(4) ヨーロッパでは、英国、西独、オランダが遠心分離法による協力を大臣レベルで検討するなど、独立したウラン濃縮能力の獲得を真剣に検討している。濃縮コストの或程度の上昇は我慢するつもりである。西欧では超音速機、人工衛星など国家間の共同計画が多く、地理的に孤立したわが国としては、重要な燃料資源の確保について西欧の動向に特別の注目を払う必要がある。

(5) ウラン濃縮と使用済燃料中のプルトニウムを含む燃料問題は、同時に核兵器能力と関連させた国際問題の一環として考えねばならない。核拡散防止条約の成立と共に、潜在的核能力の拡散につながる「技術交流」、「軍事転用防止の保障措置」は抽象的論議に止まらず、年間何百億円以上のわが国将来の核燃料産業の動向を具体的に左右し得る。世界の原子力の諸センターと地理的に遠いわが国が、独立独歩の政策を続けられるかどうか、核燃料問題の現状は国際的な意味合いがますます強まつた。

3月5日(水)  
13:30~16:30  
A 会 場

パネル討論会ー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

○ 講演「欧米における原子力産業」

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

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 岡坂正男

第1に開発体制の現況では、西ドイツに学ぶものが多い。西ドイツでは商業炉の開発が予想以上に進んでおり、新型炉の開発にも意欲的に取り組んでいる。軽水炉に関してアメリカから技術導入をしたとはいえ、原子炉メーカーは、すでに原型炉建設の段階から Prime Contractor となり、技術改良を進め、機器の国産化を達成し、建設コストにおいても、著しく安い見積り——将来その値上げの可能性がないとはいえないが、——を提示している。天然ウランの加圧重水炉、あるいは高温ガス炉、さらに高速増殖炉の開発に積極的な姿勢をとり、オランダ、ベルギー、イギリスなどとの国際協力体制を組んで、イギリス、フランスからのおくれをとりもどし、ヨーロッパにおける西ドイツの原子力開発に関する地位を確実に高めつつある。はなはだ大ざっぱな言い方であるが、わが国の原子力開発の現状は、西ドイツにくらべて、数年、あるいはそれ以上立ちおけているという印象を免れなかった。これを取り戻すためには、いっそう開発体制を効率的にする必要がある。

西ドイツの原子炉開発体制に関して注目されたことは、政府の研究開発政策である。政府は科学技術振興に関する支出の20～25%を原子力開発に向け、研究開発の段階に応じて援助のやり方を変えつつ、大きな援助を与えている。とくに実証炉の段階で、電力会社に思い切った手厚い援助を与え、商業段階に入ってから、技術改良に関する原子炉メーカーへの援助にとどめている点である。また基礎研究、実験炉の段階から、原子炉メーカーの炉型別分業体制をはっきりとらせて、それを政府が援助するというやり方をとっている。このような方法が、原子炉メーカーに開発の意欲をつよめさせ、電力会社が、その開発した炉を比較的容易に受け入れることを可能にしたものであろう。西ドイツにおいて、政府、原子力産業、電力会社が原子炉の開発に関して、うまく協調している点につよい印象をうけたが、その理由の一つは政府の開発政策にあると考えたのである。

同時に民間産業界においても、開発の炉型別分業の考え方を受け入れて、その研究開発に意欲を燃やすとともに、外国から導入した技術も、そのコピーが目的でなく、自己の技術開発のチェック材料とし、また新しい技術を開発する基礎とするためであるといった技術開発の自主的な態度が貫かれていることが目立つ。

第2に、わが国の原子力産業を発展させるに当って、市場規模と研究開発の先進性という観点から、原子力産業における競争秩序をいかに考えるべきか、という問題がある。アメリカのような大きな市場規模と先進的な巨大企業をもっている国においては競争促進政策がとられ、市場規模が小さいヨーロッパ諸国においては、炉型別の分業体制がとられている。現在予想されている市場規模と、開発の立ちおくれからみてわが国では、ヨーロッパ諸国の政策、そのなかでも、とくに西ドイツのいき方を参考にすべきだと考えられる。ヨーロッパ諸国では、伝統的に分業体制の理念が産業界に行きわたっているが、原子力産業のように国際化の必至な産業においては、当然各国の間に輸出競争が展開されるので、分業体制の競争抑制によっておこりべき弊害よりは、開発の効率化という効果の方がより多く発揮されるように考えられる。一方核燃料の供給体制については、アメリカおよび西ドイツにおけるように、炉メーカー以外に独立の燃料メーカーが存在し、その発展によって適当な競争状態が形成される方が好ましいと考えられていることを注目すべきである。

第3には、ヨーロッパ諸国において、原子力産業にとっては、輸出市場の開拓なしにその発展はありえないという考え方が官民に浸透していることである。アメリカは炉そのものの輸出よりは技術供与によつて、利益をあげようとしているが、イギリス、西ドイツ、フランスは、輸出市場の開拓に真剣である。イギリスはそのためにA E Aと原子力産業を含め、開発体制の再編成に乗り出した。効率的な開発体制をつくり上げることによつて、これまでの輸出市場開拓の失敗をとりもどそうと躍起になっているのである。西ドイツでも、軽水炉の輸出はもちろんのことであるが、加圧重水炉の開発に当っては、天然ウラン産出国向けの輸出に適するという点を考慮にいたし、第1号としてアルゼンチン向け輸出に成功した。わが国の原子炉開発の現状からいって、すぐに輸出市場開拓を目標にかかげることはいささか飛躍しすぎるにしても、わが国の工業力を考えた場合、将来における輸出市場開拓は念頭におくべき事柄であると思われる。

第4には、ウラン濃縮能力の問題がある。衆知のように、アメリカ以外の国々で濃縮工場を新設するとすれば、各国単独ではなくE E Cないしそれにイギリスを加えた範囲と対象とする大規模な能力でなければ、経済性が問題にならないことは明かなことである。この問題と関連して西ドイツのSiemensにおいて、つぎのような見解が示されたことをお伝えすべきだと思う。アメリカの濃縮能力100%依存すること自体が問題であり、また原子力発電の原価計算がアメリカの濃縮価格に依存するので不安定な基礎に立っているし、さらに国際収支上不利でもある。したがってアメリカの濃縮能力への依存度をできるだけ引下げる必要がある。この点から天然ウランを燃料とする加圧重水炉の開発を急いだし、また新型転換炉、高速増殖炉の研究開発を強めなければならないということであつた。

Key Note—A

通商産業省大臣官房

総合エネルギー政策課長 大 永 勇 作

1. はしがき

国産化問題は、原子力開発を円滑に遂行し、原子力産業の確立と基盤の強化、および産業活動の活発化のための最も重要な事項として、政府としても、原子力産業の揺籃期から真剣にこれに取り組んできています。

しかしながら、原子力は高度で複雑、かつ、進歩の著しい技術であり、企業は高額の研究投資を強いられ、生産のためには高額の研究投資を必要とし、また、未知の分野が多いため、経験が重んじられますので、国産化は後述するように容易ではありません。

2. 総合エネルギー調査会原子力部会国産化推進小委員会の検討

原子力産業は世界的にみても若い産業であります。わが国では特に原子力技術そのものが遅れて出発しており、欧米のように軍需を背景に発達した場合と異つて、企業はその基盤が弱く、研究投資の急激な増加が困難で、需要の見通しもごく最近まではつけにくい状況下にありました。このまま推移すると国際的な下請けに終始し、原子力の利点である発電コストの低下、燃料供給の安定、外貨の節約等の実現も危ぶまれる状態が心配されます。

昭和41年末に総合エネルギー調査会原子力部会に国産化推進小委員会が設けられ、民間の学識経験者によつて、特に実証炉を対象に原子力発電プラントの国産化推進のための基本的態度とその助成策が検討されましたが、その時の議論では、国産化を原子力発電プラント全体の国産化と構成機器単体の国産に分けて検討し、おおよそ次のような基本的態度、助成策が出されました。すなわち、基本的態度としては、

- (a) 単体機器や材料の国産化を進めて設備全体の国産化比率を高めることはもちろん必要であるが、当面、一部の単体機器の輸入されることがあつても、国内メーカーがプラント全体を責任をもつてまとめあげる力をもつことに国産化の重点が置かれるべきであること。
- (b) 具体的には導入計画がある原子力プラントでは、1号機について国内メーカーが技術導入契約に基づきライセンサーの下請けとして、一部機器を自ら製作および建設の機会を得、2号機以降は、国内メーカーが主契約者としてその建設を担当できることを目標とすること。

また、助成策については、ユーザーおよびメーカーに対し、税制金融上の優遇措置および関税制度、プラントに係る建設許可制度等の適切な運用に関する意見が出され、昭和42年2月の総合エネルギー調査会の答申にもこの内容が盛り込まれています。

### 3. 通産省の施策

この答申を受けて、通産省は現在までに、

- (1) 原子力発電所の国産機器に対する融資制度ならびにこれに加えて国産1号機について特別償却制度および固定資産税の1部免除制度
- (2) 原子炉製造設備について、企業合理化機械等特別償却制度および固定資産税の一部免除制度
- (3) 核燃料加工設備について、新技術企業化のための開銀融資

などの制度の新設あるいは分野の拡大をはかつてきております。また、44年度からは企業減税の難しい時勢にありながら、原子力の重要性が認められて、原子力発電工事償却準備金および特別償却制度が新設されて、原子力発電所の機器の国産部分について1/3、輸入部分について1/9の特別償却と、このための費用を建設時に積み立てることが認められました。さらにメーカーに対しては機器の実証化試験設備、および製造設備に対する長期低利の融資を認められることとなりました。

### 4. 国産化の現状

ご承知のとおり、現在運転中あるいは建設中の6原子力プラントのうち、関電2号機の主契約者が国内メーカーであります。また、機器の国産の面からみると、機器代のうち国産部分の比率は、東海発電所35%から敦賀発電所55%、福島1号機57%、美浜1号機57%、福島2号機51%、美浜2号機75%と漸次上昇してきております。これをみると、関係者の努力の結果も現れていますが、主契約者が国内メーカーであるのは1プラントよりなく、また、国産化率が逆にさがっているものもあり、答申に照らして必ずしも十分ではありません。

また、西ドイツの例などと比べると、まったく不満足であるといわざるを得ません。

すなわち、グンドレミンゲン発電所は、GEとAEG(アイ・エ・ゲ)共同により建設されましたが、それ以後の実証炉とみられる20~30万KW級のリンゲン、オブリツヒハイム両発電所は、AEGおよびシーメンスがプライムコントラクターとなつているほか、国産化率も80%以上となつています。実用炉とみられる60万KW級のビルガツセンおよびスターデ両発電所は100%に近く国産化されるとのことで、相当原価も安く見積られており、外国への売り込みも強力に行なわれています。

一方、最近のわが国では、原子炉等の輸入品は価格上昇みであつて、大きく輸入に依存することは今後のエネルギー価格の引下げに支障をきたすおそれがあるほか、わが国の原子力産業は、単に国内需要に応ずるばかりでなく、将来は輸出産業として成長しなければならぬ環境にあり、この面からも国産化の立ち遅れが心配されます。

この立ち遅れを克服し、今後一層国産化を推進するためには、メーカーによる基礎技術の蓄積、経験不足を補うための耐久性試験、すなわち、実証化のための試験の充実などの地道な努力のほか、国産化へ踏み切る関係者の決断が必要であると考えます。この意味において、関係者の協力をお願いする次第ですが、とくに、ユーザーに対しては国産品および国内メーカーの実力が、初期段階では信頼性、製造、経験、実証などの面で多少劣るかも知れませんが、長期的にみると国産化が価格の低廉および工期の短縮に結びつくことを考慮して十分な理解をもつことを、また、メーカーに対しては、わが国の企業が、在来火力機器については欧米にそん色ない能力を有し、企業規模も比肩できる状況にあるので、これらを基礎に一層にふん起をし、今後の輸入または技術導入は、自己の技術を単に確めるために利用するくらいの気構えで対処することを希望します。

#### 5. 研究開発助成

ところで、私はこれまで主として実証済みの原子力プラントおよび機器を中心に述べてきましたが、将来の機器についても言及してみたいと思います。

新しい技術については、科学技術庁を中心に研究開発の助成を通じて、将来の国産化を念頭において育成を行なつてきています。原子力平和利用補助金および委託費の制度は、わが国の技術水準を向上させるための制度であり、直接、単位機国産化に結びつきます。

また、新型動力炉開発等の国のプロジェクトは、単に自主技術の開発ばかりでなく、プラントの国産化にも結びつきますので、通産省としても産業界と共に、これらのプロジェクトの完成に努力していきたいと思ひます。なお、44年度から、新型動力炉開発を円滑に進めるため、民間からの動力炉・核燃料開発事業団への出措金の損金算入が認められることになりました。

Key Note—B

動力炉・核燃料開発事業団

計画管理部長 倉本昌昭

1. 原子力の開発は、先進諸国を含め、国家資金によつて国家的機関により研究・開発が進められた。したがつて各国ともいわゆる自主開発的基盤に立っている。
2. 日本、ドイツ、イタリー等、米、英、ソ、仏等より約10年遅れて、原子力開発にとり組んだ国々は、若干行き方が異なつており、当面の原子力発電所の建設は、先進国の技術を導入することとしているが、新型転換炉、高速増殖炉等、将来炉の開発は、自主的に行なうこととし、これに相当額の国家資金を投入している。
3. 原子力産業における国産化には、次の両面がある。
  - (1) 導入技術による国産化
  - (2) 自主開発による国産技術の確立
4. 前者の開発環境としては、急速なる原子力発電の需要増加があり、後者の開発環境としては、ナショナル・プロジェクトとしての動力炉開発がある。
5. 動力炉の如く、その開発に1,000億円近い経費を要するものの開発は、一民間企業において行なうことは不可能であるので、国家規模での開発が必要である。
6. また、国家規模で行なう開発においても、わが国の如く、五つの原子力メーカー・グループの存在するところにおいて、複数のプロジェクトを実施することも非常に大変であるので、一つのプロジェクトをこれらのグループの共同の体制で開発せざるを得ない。
7. 原子力の分野において、特に原子炉の建設は、未だ散発的であるので、五つのグループが共存するためには、その共同開発方式をとる以外になく、国産1号炉(JRR-3)をはじめ、JRR-4、JMTR等はこの形式をとつてきた。
8. 新型転換炉および高速増殖炉の開発においても、やはり五つのグループは、将来に備えて一枚加わつていないと気がすまないのか同じような方式が討議されている。
9. このような大規模のプロジェクトの開発については、経験の浅いわが国において、これを今後、実験炉→原型炉→実証炉→実用炉と開発して行くとき、どのような過程を経て、産業界が実用炉の設計、建設、開発技術を確立することになるのか。
10. 実験炉から原研炉までの開発は、動燃事業団を中心に進めていくが、この原型炉から実用

炉への開発において、政府と民間は、どのような役割をもつていくのか。すべて民間において実施できるのか。この段階における国産化への開発環境は如何なるものであつて、どのように充実すべきなのか。

11. この点については、わが国はほとんど未経験といつてよいのではないか、この点については各国ともいろいろと苦労している。英国においては、最近 A E A で開発に参加していたスタッフを産業グループに移行させようとして苦労しているし、フランスは、高速炉については未だ C E A が中心ではあるが、そのグループには、E D F およびメーカーのスタッフが多岐参加している。ドイツでは、むしろメーカーが中心で、政府がこれを後押ししている。

産業形態において日本が一番似ているアメリカにおいては、若干段階的において欧州や日本と異なつている。そして日本はこの何れでもなく、その両方をあわせ持つ状態にあつて動力炉の開発を行ない、産業界は新しい動力炉の開発に対してどうすべきか迷つている。

12. この迷いは、現在着手したばかりの二つの新型動力炉のプロジェクトが、もう少し進行しないと消えないであろうし、その進捗状況によつては、あるいはもつと深いものとなるかもしれない。

13. プロジェクトが非常に順調に進めば、自信が出て来るであろうし、順調に進めるためには、ある程度の自信と信念が必要だと思われる。要するに、この初めてのケースを如何に成功させるかということが、自主技術への開発への道を開くことになるのではないか。

Key Note-C

中部電力株式会社

取締役 柴田 二三男

1. 原子力発電の将来と国産化の必要性

わが国の原子力発電は長期計画において、昭和60年度までに3,000~4,000万KWが建設され、全発電設備の25~30%に相当するものとみなされ、将来原子力発電が電源の中核となるであろうことは明らかであります。

現在建設中の敦賀、美浜、福島原子力発電を初めとして着工の間際のものも相次ぎ、開発の現況は活発であります。米、英は原子力発電の先進国である上に、最近の加速的進展は目を見張るものがあります。一方、国内においては戦後急速な産業の発展を遂げ、今日、わが国の経済力は世界第3位といわれています。このように、国内外の経済環境の変化に対応する原子力発電の開発テンポは加速の方向で再検討の必要も考えられ、そのためには先進国よりの原子力機器の輸入ないしは技術導入は、今後も継続しなければならないと思います。しかしながら、将来、産業の中核である原子力産業を自力をもつて充実発展させることの重要性はもちろんのこと、その技術は最先端的技術であつて、国の技術水準の指標と目され、国際経済における優位を保持するに重要な役割を演ずるものであることを思うとき、自主技術の開発と機器の国産を強力に推進して、わが国の経済技術の自立態勢の確立を図ることの重要なことは、論を俟たないところでしよう。

さらに自主技術の開発および外国技術の導入を土台とする機器国産化をして、外国依存から脱皮することにより期待されることは、

- a) 原子力産業自体の発達をきたすばかりでなく、これを中心として、将来、産業構造の変化を招来して関連産業の発達と技術レベルの躍進に役立つ。
- b) 国の安全保証の大きな役割を果たす。
- c) 発電の中核としての原子力発電の安定供給の確保となる。
- d) 十数年後においては兆余の外資損失の救済となる。

等であります。わが国の国産化能力の進展テンポには問題となるところではありますが、将来国産が機器製作の大宗とならねばならないことは疑う余地はないでしょう。

## 2. 国産の現状とわが国の国産化能力

- a) わが国の主要重電メーカーは、戦後著しい電源開発に伴い、急激に大型高性能化する火力発電機の国産化に輝かしい成果をおさめました。その世界のトップクラスにまで成長した発電機器製作の技術的能力は極めて大きいものであり、原子力発電の場合にも十分期待されるのであります。現に、建設中の原子力発電所用の圧力容器、タービン等立派に製作され、輸出用としても原子力用大型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り、技術的能力は逐次実証されつつあります。
- b) 現在建設中の原電敦賀1号、関電美浜1号、東電福島1・2号は、主契約者たる外国メーカーの下請として、特に東電福島2号においては、一部国内メーカー直接受注として機器の国産化率はいずれも50%以上となつています。関電美浜2号は、すでに主契約者が国内メーカーとなつており、国産率は約75%となつています。炉心部、制御装置、その他特殊補機を除いては、ハードウェアについては大方の技術を会得したものと見ていいでしょう。
- c) わが国の主要メーカーは、すでに外国有力メーカーとの間に技術提携を完了しており、原子力発電プラントに関するシステム・エンジニアリング、すなわち、プラントおよび機器の性能的設計および運転方法等についての技術資料の入手はもちろん、日進月歩の将来の新技术資料も入手し得る体制が整つており、加えるに、提携先との密接な技術交流により国産への準備は大方できたと見るのが妥当でありましょう。
- d) 国内メーカーが主契約者となつた場合の大きな問題は次の諸点であろうと思います。
- 1) 設計のみは提携会社にさせるか、または国内メーカー自から設計を行ない、チェック・アンド・レビニュー方式で行くか。
  - 2) 製作、建設に当つて、品質管理および工事監督指導等をどの程度まで提携会社の技術陣に担当させるか。
  - 3) 輸入部品を如何に選定するか。
  - 4) 提携会社のバックアップ的保証をどの程度にするか。

## 3. 国産化の具体的推進

国産化を推進するためには、いうまでもなくメーカー自身の自主的努力によらねばならないが、電気事業者が進んで協力する積極的態度をとることも、もちろん大切であります。しかし、電気事業は国の基幹産業であり、電力の安定供給は、至上使命であります。国産化を急ぐあまり技術的信頼性安定性を欠き経済的不利を招くことになつては、ゆゆしき問題であり、一般消費者に対して迷惑をおよぼす結果となり、国民経済的に大きなマイナスになるこ

とは申すまでもありません。電気事業者はつとめて国産に協力するべきであります。メーカーの自主的努力、すなわち、基本的には外国技術の早期吸収と下請製作建設を通じた経験の蓄積と試作研究には、格段の努力が望まれるのであります。この場合電気事業者としては、でき得るかぎり下請による国産部品を多くして、いわゆる、国産化率を高める配慮が肝腎となるでしょう。

次に主契約者が国内メーカーとなる場合は完全に近い国産の場合次のことが希望されます。

- a) 原子力プラントに関するシステム・エンジニアリング等の基本設計と、原子炉系の製作設計に関して、輸入と同種同型のものについても最初の国産機器は外国提携業者にまかせて、その責任をとらせることが当面必要と思われれます。国産第2号以下は国内メーカー自ら設計し、チェック・アンド・レビュー方式でいいかと思われれます。
  - b) 工場における製作、現場における建設に当つては、細部の工作設計、もしくは、ノー・ハウ等の技術契約以上のこまかい現場技術について、格別の注意を注いでもらいたいと思われれます。先進国については、十分な研究と豊富な経験に基づいて学ぶべきところが多いと思われれます。提携先との密接な連絡によつて十分な習得が望まれれます。このため工場現場においていわゆるクオリティ・コントロールのため、外国の技術員の指導を受けることが当分の間必要かと思われれます。
4. 国産化推進に当つて問題になるのは、スケールアップとマスプロの関係であります。今後さらに増大する原子力発電に経済的メリットをもつて追随するためには、新技術を伴つた大容量比はさげられないであります。このためには、先進国の機器を輸入してスケールアップ第1号とすることは将来とも続くものと見なければなりません。一方、外国技術を土台とした国産機の多量生産の有利性については論ずる余地がないと思われれますが、この場合、わが国のような市場規模の小さい国では、多量生産といつても台数はわずかなものとなります。

スケールアップのテンポと国産規模との調整の上につた、最大経済点を見出した上で、電源開発計画を進める必要が痛感されれます。最後に政府の助成の問題ですが、現にメーカー、ユーザーに対して長期低利の開銀資金の融資、あるいは、税制上の優遇措置がとられておりますが、英、米、特に日本と同じような立場でありながら多大な国家援助のもとに、国産が強力に進められていると思われるドイツの実情を思い合せると、わが国においても、なお一層の政府助成の強化を期待する次第であります。

Key Note-D

富士電機製造株式会社

原子力部長 高市利夫

このパネルにおける私の分担は、政策面よりの意見ということになっておりますので、一応まとめて見ました。私がこの面の専門という訳ではありませんので、あとの討論では、私の発表にこだわらず皆様から活発な御批判や御意見を承りたいと存じます。

原子力先進国、特に、米、英、仏、あるいはソ連で、その国で自主的に開発した炉型に対しては国産化という問題はなくて当然、機器の調達やら建設およびプラントの性能保証すべて始めから計画済みであります。したがってわが国でも、一昨年より動燃事業団でやっております新型転換炉や高速増殖炉の自主開発が成功して、その炉を建設するという場合には、この問題はないのでありますが、米英で開発された炉型を導入ベースで設置する場合には、いろいろと難しい問題をはらむのであります。

基本的には、技術的あるいは企業的に、構成機器の大部分をわが国において供給できるようにするという狭義の国産化に限りましても、いろいろと検討し、準備しなければならぬのであります。メーカーがプラントをお納めするには、完成したプラントの性能を保証しなければなりません。外国で開発された大型プラントの性能を完全に保証できるまでに勉強することは、なかなか容易なことではありません。まして、われわれの最終目標である輸出までを考えますと、以下に述べる項目以外に多くの問題が考えられます。ここでは一応国内に建設する導入炉に関して、すみやかに国産化を実現するための方策を提案してみます。

基本的に、

1. 当分の間、メーカーやユーザーは導入炉の勉強や建設に多くの人員と資金を要するので、新しい型の将来炉の開発は、国が主体となつて行なり。
2. わが国の原子力開発計画はかなり明確なので、メーカーとしては人員や資金の準備、生産設備計画および技術取得などが計画的に行なえてまことに幸せであります。これをさらに一歩進めて、電力界とメーカーとが、なお一層緊密な連携のもとに計画的な開発を進め、ユーザーは早目に導入炉型を定め、メーカーに十分準備をする期間を与えて頂きたい。

具体的には、

3. 導入1号炉については、ドイツで行なわれているように、その原子力部門についてはその

リスクを国が負い、その経験や実績から、2号基以降はメーカーがユーザーに対し full guarantee する。

4. 導入炉に対する技術的検討は、メーカーが行なうことを原則としますが、その検討項目が普偏性をもつものについては、国の委託研究費、顧客の委託費によつて行なう。

5. 外国の延べ払いに対抗できるだけの資金融通措置は国が行なう。

時間の関係で大きな問題をいささか抽象的にのべました。

御討論の種になれば幸いです。

Key Note - E

— 開発環境と技術陣容の強化 —

株式会社日立製作所

原子力部長 森 島 国 男

原子力発電所の国産化の問題と開発環境の充実というテーマの中で、技術陣容の拡充ということを考えてみた。

一地点の発電所の建設のために必要と思われる技術的種目を主としてメーカー側の仕事について整理してみると第1表の如くなる。

一方先般の原子力学会シンポジウムにおける発表によると、世界および日本における原子力発電の開発予想は第2表の如くであり、そのユニットサイズにもよるが、もし現在のように4～5年を要するとすると同時建設中の地点数は著しい数になる。

したがって近々30年の間に円滑なる所要の開発を行なうためには、質および数で技術陣容の直接強化が最も重要な問題であるが、その他にも種々の対策が必要となるであろう。これらについて検討してみたい。

第1表

	プラント全般のもの	構成機器直接のもの
設計段階	計画管理機能 プラント全体計画	機器設計
製作段階		機器製作
建設段階	建設管理組織 建設設計の工事管理	機器据付工事
試験段階	系統別機能試験 臨海および出力上昇試験	機器毎の検査 および試験

第2表

国名	種別	年		
		1970	1980	2000
米 国	原子力(kw/Y)	$5 \times 10^6$	$2 \times 10^7$	$1 \sim 1.5 \times 10^8$
	全発電( " )	$2 \times 10^7$	$4 \times 10^7$	$1.5 \sim 2 \times 10^8$
日 本	原子力(kw/Y)	$5 \times 10^5$	$2 \sim 2.5 \times 10^6$	$1.5 \sim 2.5 \times 10^7$
	全発電( " )	$5 \times 10^6$	$1 \sim 1.2 \times 10^7$	$3 \sim 5 \times 10^7$

Key Note-F

三菱原子力工業株式会社

取締役 横須賀 正 寿

ここではメーカーの立場から見た技術的面についてのべる。

国産化という場合、差当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、試運転し、性能を保証して顧客に引渡すことと考える。

そのためにはまづメーカーにその技術能力があるかどうかの問題である。原子力は核分裂という新しい原理に基づく技術であるから、従来の技術の拡張、延長、あるいは応用のみでは不可能な分野が多く、細々とした国内での研究開発や小型研究炉での経験のみでは不十分であるので、技術導入ということになるが、国の方針もいわゆる在来炉については技術導入ベースということになり、メーカーはこの線に沿つて、それぞれ外国メーカーと技術提携して技術習得につとめるとともに、日本独特の条件、例えば耐震、安全等については関係各方面と協力して研究開発につとめて来ている。

技術能力を論ずる場合、まづオーに設計能力が問題となる。この方面が一番未経験、新技術のものが多い分野である。その為に技術提携の範囲も従来多かつた図面、工作法といった機器製作の面のみでなく、System Engineeringと呼ばれることが多いが、炉心はもとよりいわゆる Fuel Managementも含めてプラント全体の設計法、Back Data、計算Code 類を含む広範囲な包括契約となつている。その技術の消化の一方法として、提携先に Trainee を出したり、さらに現在建設中のプラントの設計を担当させてもらつたりの積極的万策を講じて、実際の経験をつみ重ねつつあつて、われわれとしては少なくともあるモデル・プラントについて、それを国産化して行く設計能力はすでにそなわつていると自信をもつている。

機器の製作能力については、従来の技術が一番よく活用される分野であつて、すでに多くの部品を下請として製作した、あるいは製作中の経験からいつて、もちろん設備の増強やものによつては試作、試験の段階を必要とするが、十分その能力はあるものと自信をもつている。燃料は放射性物質の取扱いという従来の技術範囲外の面はあるが、すでに技術的には解決して、製造設備の段階に至つており、目下燃料工場を建設中である。

最後に工程管理、機能試験、燃料装荷、臨界、出力上昇試験までをふくむ総合とりまとめ能力とでもいふべきものがある。この種の能力は技術というよりはむしろ経験が一番ものをいう分野である。原子力発電所は何といつても大きな仕事である上に、特に燃料装荷以降は新規の

技術的分野を含むので、従来の火力や化学プラントの経験だけでは不十分であるが、現在多くの実際の建設工事の一端をにないつゝ経験を積重ねつつあるので、この面も心配はないものと思つている。

以上要するに国産化の技術能力についてはわれわれメーカーは十分に自信がある。ただしまだ完全な実績がないことも確である。この実績がないということで信用されず、したがって実績をつくるチャンスが与えられないという悪循環がわれわれの悩みである。

次に技術基準、規格の問題がある。信頼性のある原子力発電所の建設によい基準、規格の必要なことは勿論であるが、これ等が技術進歩を阻害するものであつてはならない。事前にあらかじめ作られた規則類は、実際に当つては実情に合わぬ点が出て来ることは当然で、また現在は草創期であるから、それらの矛盾を解決する為に、それぞれの分野で努力し経験を積んで行くのもある程度は諒解できるが、それ等の経験が反映し、かつ技術の進歩を適時にとり入れて、基準規格の改正が敏速に行なわれ得ることが望まれる。経験をつむに当たつて、各種の手續や検査等も簡素化できるものは出来るだけ簡素化し、近い将来に予測される大量の工事消化に適應したものになることを期待したい。近年この方面への具体的現れもみられるが、一層の前進を望むものである。

3月5日(水)  
13:00~16:30  
B 会 場

一 般 講 演 一 2

# 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

日本原子力船開発事業団は、設立以来オ1船の基本設計を進め、昭和40年3月競争入札を行なったが、種々の理由から入札は不調に終った。その後オ1船の船価低減のため不確定要素の究明、輸入炉搭載船との比較検討、オ1船開発基本計画の改訂による設計変更等を行ない、一万メーカーと折衝を続けて昭和42年11月、船体の建造について石川島播磨重工業(株)と、原子炉の製造について三菱原子力工業(株)とそれぞれ契約を結んだ。

現在船体は、石川島播磨の東京オ2工場で、原子炉は、主に三菱の神戸造船所で製作を進めている。船体は、昨年11月同工場船台で起工を行ない、1月末現在オ1船の船こく重量の約半分にあたる1,500トンの搭載を終っている。

こんどの建造スケジュールは、次のとおり。

昭和44年6月	船体進水
45年5月	船体引渡
45年6月	原子炉ぎ装開始(定係港)
47年1月	原子炉引渡
47年3月	性能確認

オ1船の建造は、契約から完成までに約4カ年余を要するが、この建造期間は、米国のサバナ、西ドイツのオット・ハーンに比較して約1カ年から1カ年半短い。

オ1船の建造上の特色は、次のとおり。

- (1) 建造契約は、船炉分離の方式をとり、事業団自らがオ1船を取りまとめる。
- (2) 原子炉を含めて可能なかぎり、国内技術による。機器関係で外国から購入するのは、制御棒駆動装置、主給水ポンプ、湿分分離器、原子炉格納容器貫通金物のみで、これらはオ1船建造契約価格の4%に過ぎない。
- (3) 特に安全性の確保に留意する。搭載する原子炉の安全設計は、陸上原子力発電所と同じで、船体の安全設計は次のとおり。
  - (i) 2区画可浸性の採用により、浸水時も十分な浮力と復原性をもたせる。
  - (ii) 原子炉格納容器の周囲を、特別の構造を設けて防護する。

(iii) 実験員を含め乗組員の放射線被ばく線量が規定値以下になるように遮蔽する。

(iv) 発電設備の多重化と分散配置をはかり、電源を確保する。

(v) 原子炉事故時の推進性能を確保するため、補助ボイラを備えている。

以上のとおり事業団は、才1船の建造を進めているが、これに平行して次の業務も行なっている。

(1) 建造に伴う研究開発：臨界実験、炉心構造模型実験、遮蔽実験、原子炉室内機器配置実験等を行ない、これらは昭和42年度でそのほとんどを終了し、その結果は才1船設計に反映させている。

(2) 定係港の建設：青森県むつ市の下北ふ頭に約80,000平方メートルの用地を購入し、原子力船の燃料交換、廃棄物処理等を行なう定係港を建設している。才1船原子炉の搭載を定係港で行なうため、これに必要な施設を昭和45年5月までに完成し、全施設は昭和46年12月に完成する予定である。

(3) 乗組員の養成訓練：才1船の船員を養成訓練するため現在船員予定者15名を採用して、順次日本原子力研究所のJPDR、アイソトープ研修所に派遣して研修を受けさせている。

# 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

## 1. 原子力船の将来

原子力船は油だき機関を持つた在来船と異なり、低馬力でも機関部の重量が大きい、高馬力でも保有燃料が極めて少量ですむため、①速力の早いもの、②航続距離の長いものが最も原子力船として適したものであつて、試算によれば、原子炉の価格が在来機関の約2倍であつて長い航続距離を持つコンテナ船に例をとつて見ると、コンテナ1,000個積みの場合には約30.5ノット、2,000個積みでは約29ノット、3,000個積みでは約27.5ノット（いずれも約10万馬力）を境にして、それ以上の速力の場合は原子力船が有利となつている。

世界経済の拡大に伴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、外航船舶は大型化、高速化の傾向をつよくし、現に米国のシーランド社は最高33ノット、12万馬力のコンテナ船の建造を決定し、またタンカーについてもすでに37万トン型の発注を見、ちかくこれが50万トンまたはそれ以上のものの建造も真剣に検討されている。他方、世界における原子力船は就航中のものに、米国のサバナ号、ソ連のレーニン号、西独のオットハーン号と建造中のものに日本の原子力才1船があるだけであるが、米国のAEILは105,000馬力の原子力商船3隻の建造を計画しており、ソ連もまたレーニン号につづく2隻の砕氷船や、6万トン型タンカーの建造を計画するなど、諸外国における原子力商船の建造気運はにわかに高まつてきていることを見ても、予想以上に近い将来に原子力船の実用化が見られるものと思われる。

## 2. 原子力才2船以降の問題

原子力商船が実用化するためには経済性の高いことが先決となるが、このほか放射能に対する安全性、原子力船の運航ならびに保守体制、港湾設備、海上ならびに港湾労働体制、乗組員の訓練、原子力損害賠償関係法制、原子力損害保険ならびに原子力船々船保険、原子力船の運航に関する国際条約など検討を要する問題点が多い。これらの問題点の中、経済性の点を除いては才1船の建造、運航の実績により解決、または解決の目途のつくものや、将来、原子力船の数が多くなれば必然的に解決をせまられるものが大部分を占めている。しかし、原子力才1船は経済性を二義的に扱つたいわば実験船的性格が強いので、結局、才2船以降の問題は経済性にしほられると見て差し支えない。

この経済性を左右する最も大きな点は、原子炉の価格を如何に下げるかにあつて、その成否がまた実用的原子力船の実現の極め手となるものといえる。このことは昭和42年4月改訂された「原子力開発利用長期計画」の中にもうたわれており、日本原子力産業会議においてもまた、昨年原子力船懇談会を設置して才2船以降の実用原子力船実現のため検討を行なつたが、それによれば前記コンテナ船の試算を行なつた結果でも①船用炉の仕様はCNSG III型、またはUNIMOD型程度とし、②製造コスト、建造期間は在来機関の2倍程度以下、③燃料費は2ミル程度、④運転操作は容易で船員費、保守修繕費(含燃料交換費)や安全性について在来船と同じようであれば、将来わが国においても原子力船の実用化は十分はかれるとの見通しが得られた。

### 3. 日本原子力産業会議としての要望

今後約10年先には原子力商船が出現するものとしても、船用炉の開発には長い期間と巨額の経費を必要とする上、船用炉の海外からの技術導入は軍事機密の関係で困難であるので、海外の現状などにかんがみ、国のプロジェクトとして既存の政府関係機関を中心に進め、その大部分の資金を国が負担すべきであると考えてるので、遅くも昭和45年度以降、原子力特定総合研究の対象とし、研究開発諸機関の総合的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認め、昨年8月日本原子力産業会議は、政府の要路、関係当局に対して次のような要望を行なつた。

- (1) 原子力委員会に原子力船に関する専門部会の設置
- (2) 船用炉開発体制の確立
- (3) 船用炉研究開発計画の具体化
- (4) 昭和44年度予算に対する措置の要請
- (5) 其の他の問題点の解決

# 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

わが国の鉄鋼業は、近年著しい発展をとげ、生産量においては米・ソに次ぐ世界第3位の地位を占めるようになってきた。それに伴って、新技術の開発、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要望されており、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る。

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ると、鉄鋼業は化学工業について第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る。しかし欧米諸国と比較すると量、質ともに未だしといつた状態である。

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は、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」を設置し、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ので、その概要を紹介する。

鉄鋼製造はコークス、製鉄、製鋼、圧延、表面処理などの各種の工程からなるので、アイソトープ・放射線の利用も多岐にわたるが、これを大別すると次のようになる。

- (1) アイソトープを装備した放射線応用計測器利用
- (2) 生産工程解析および研究におけるトレーサー利用
- (3) 非破壊検査におけるラジオグラフィ利用

鉄鋼各社別の放射線応用計測器の設置状況は第1表に示すように、厚さ計、中性子水分計、レベル計等各種のものが使用されており、その全利用台数は334台にも達し、過去数年の設置台数の増加は第1図に示すように特にめざましい。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る。しかもこれらが工程の自動化に結びつく利点を有しており、コンピューターコントロールの発達とともに今後さらに利用増大が期待される。

鉄鋼におけるトレーサー利用は、高炉、転炉、造塊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効果的に解決されつゝあるが、全般的にみると、利用しうる分野が非常に多くしかもその効果も顕著であると考えられる。

にもかかわらず、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反省する必要がある。

この原因については、才1に、わが国が原爆被災国であるため、国民全般が放射線というと、恐怖感が先だちできる限り放射線を利用しようとしないう傾向を有することである。このため国民の偏見を取除き、正しい放射線の知識を全国的に普及徹底させることが必要である。才2に、非密封アイソトープの使用に際しては、法的設備が必要であり、才1種放射線取扱主任者の選任が必要であり、さらに法手続が煩雑であることなどが、アイソトープの利用促進を阻害しているものと思われる。これらについては法的の緩和措置が必要である。

ラジオグラフィー利用は、一般的には利用は僅少であるが、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、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、X線、ベータトロン等が使用されている。

海外における利用状況は、短期間のため十分調査することができなかつたが、全般的にはまだ相当の格差があるものと推定される。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いるので、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。

鉄鋼業において、アイソトープ・放射線の利用を阻害していると考えられる問題点を抽出し、その対策について種々検討を行なつた。その結果、政府および関係機関に対する要望は次のように要約される。

#### (1) 海外における利用実態調査

大企業での利用は欧米に劣らないが、全般的には低調である。このため調査団の派遣と欧米諸国の利用実態調査が必要である。

#### (2) 諸法規の簡素化

アイソトープ・放射線の規制は、電離放射線障害防止規則に一本化し、許可申請・届出業務の簡素化・迅速化を図り、放射線取扱主任者制度も実情に則したものの改善が必要である。さらに非密封アイソトープの使用については、使用施設の許可は総量による許可とし、事業所内での一時使用は届出使用とすること。アイソトープ装備機器の認定制度を実施し、総量に関係なく届出使用とすること、密封度の確実な線源は才2種取扱主任者の取扱い数量制限を除くこと、また届出一時使用の制限数量の拡大が必要である。

#### (3) 技術者および一般に対する啓蒙普及

義務教育の段階から教育課程に系統的に組み入れること。地方都市でも放射線に関する講習会を開催し正しい知識の普及をはかること。放射線利用研究会を定期的に開催し、技術者の相互研修、技術向上を図るとともに、R I 研修所、放医研などの受入れ体制を拡充強化して専門

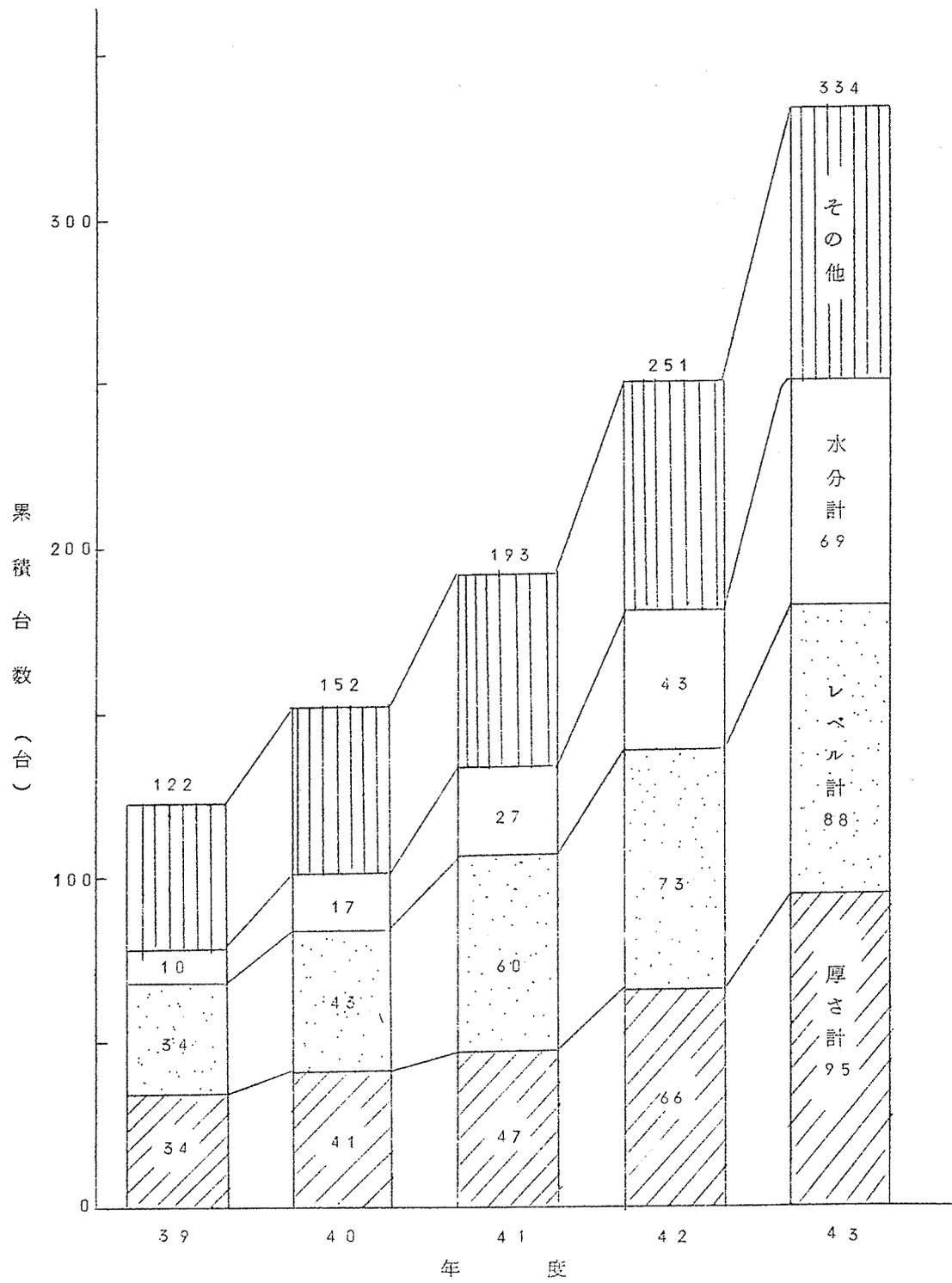
技術者の養成を図ることが必要である。

(4) アイソトープおよび装備機器について

標識化合物の注文生産体制の確立を図り、小型原子炉の地方分散配置、京大原子炉の公開を図ること。また放射線応用機器の開発、線源処理、放射線利用技術開発にあたっては国家の援助、協力が必要である。

(5) アイソトープ・放射線利用の技術開発

鉄鋼業を対象とし、原産、鉄鋼協会、学振などに研究会を設置し利用促進を図る。また原子力発電などにのみ偏することなく、アイソトープ・放射線利用の技術開発促進について、国家は有効な振興助成策を樹立することが必要である。



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														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
放射線計		<sup>60</sup> Co 5~10Ci	<sup>60</sup> Co 60mCi~1Ci	<sup>60</sup> Co 0.5~2Ci		1~10Ci	<sup>60</sup> Co <sup>137</sup> Cs 100mCi 1Ci	<sup>60</sup> Co 5Ci				<sup>60</sup> Co 5Ci	<sup>60</sup> Co 5Ci						
β線厚さ計			<sup>90</sup> Sr 20mCi		<sup>90</sup> Sr 50mCi		<sup>90</sup> Sr <sup>137</sup> Cs 20~500mCi	<sup>90</sup> Sr <sup>147</sup> Pm 10~100mCi									<sup>90</sup> Sr 20~50mCi	<sup>90</sup> Sr 10mCi	その他
γ線厚さ計			<sup>137</sup> Cs <sup>241</sup> Am 10Ci 0.5Ci		<sup>137</sup> Cs <sup>241</sup> Am 10~20Ci 0.5Ci		<sup>137</sup> Cs <sup>241</sup> Am 10Ci 0.5Ci	<sup>137</sup> Cs 10~20Ci		<sup>241</sup> Am 300mCi								<sup>241</sup> Am 0.5Ci	
水分計			Am-Be 50~500mCi		Ra-Be Am-Be 5mCi 50~500mCi		Ra-B Am-Be Ra-Be Am-Be 10mCi 500mCi	Ra-B Am-Be Ra-Be Am-Be 5mCi 100~500mCi										Am-Be 30mCi	Am-Be Ra-Be
レベル計			<sup>60</sup> Co <sup>137</sup> Cs 10~50mCi		<sup>60</sup> Co 6~1000mCi		<sup>60</sup> Co 20~300mCi	<sup>60</sup> Co 300~600mCi										<sup>60</sup> Co 10mCi	<sup>60</sup> Co <sup>137</sup> Cs
密度計					<sup>60</sup> Co <sup>137</sup> Cs 2Ci 50mCi		<sup>60</sup> Co 100~300mCi	<sup>137</sup> Cs 5Ci										1	<sup>60</sup> Co <sup>137</sup> Cs
インテグレーション					<sup>60</sup> Co 150~600mCi		<sup>60</sup> Co 150mCi	<sup>60</sup> Co 150mCi										1	<sup>60</sup> Co
膜厚計							<sup>241</sup> Am <sup>85</sup> Kr 0.3Ci 0.1~2Ci	<sup>241</sup> Am <sup>85</sup> Kr 0.1~2Ci											<sup>85</sup> Kr <sup>204</sup> Tl 0.3~30mCi

会社名 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
ガスフロー 容量計					<sup>90</sup> Sr 20mCi 1														<sup>90</sup> Sr 1
真空度計		<sup>226</sup> Ra 0.4mCi 4	<sup>226</sup> Ra 0.4mCi 1				<sup>226</sup> Ra 0.1~0.4 2		<sup>226</sup> Ra 0.4mCi 1		<sup>226</sup> Ra 0.4mCi 1					<sup>226</sup> Ra 0.4mCi 2			<sup>226</sup> Ra 11
中性子発生	3						2												5
放射線発生装置		ベータロン 15MeV 1台 X線発生装置 100~500kV 13台			ガンダ グラフ 1	ベータロン 15MeV 4	X線発生装置 200kVP 1							X線発生装置 200kVP 1				X線発生装置 125kVP 1	23
その他								メスバウ ー装置 1 高炉装入 深度計 1 <sup>60</sup> Co 0.300mCi											1

合計 334

第2表 非密封線源利用状況（昭和43年10月現在）

単位：mCi

会社名 核種	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> C	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		10,020	50		200	10,420
<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	C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> Eu								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	20
<sup>134</sup> Cs								50				51
<sup>137</sup> Cs								50			10	60
<sup>140</sup> Ba		12				10		520				542
<sup>140</sup> La						20		1,300	10,000			11,320
<sup>140</sup> Ba - <sup>140</sup> La			30						100			130

核種	会社名										合計											
	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社	Q社												
<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	6,000	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>187m</sup> W		10							255													265
<sup>86</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													1
<sup>77</sup> As									1													1
<sup>153</sup> Sm																						61.5
<sup>177</sup> Lu										10		0.5	50									2
<sup>202</sup> Pb													2,000									2,000
<sup>22</sup> Na													2,000									2,000
																				50		50
																				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	—	0	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
チエコ (1966)	105	30	115	15	265
日 本 (1966)	404	169	383	73	1,029
(1968)	647	177	498	208	1,530

# 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

部 長 藤 井 正 一

わが国でアイソトープ・放射線の利用が開発されてから、すでに15年以上を経過し、各方面で広く用いられて産業の振興と国民福祉の向上に大きく貢献している。しかしながら、土木・建設業におけるアイソトープ・放射線の利用状態を見るのに、当初は、広く利用されることが期待されたにもかかわらず、実際には予想したほどの効果があがっていないように思われる。

今回、アイソトープ・放射線の土木・建設分野での使用状況を、水分計・密度計などの放射線機器を使用する場合、アイソトープを線源としたラジオグラフィイーなどの密封線源の利用、およびアイソトープをトレーサーとして利用する場合に大別して調査した。その結果によると、前二者の線源利用は、かなり行なわれているけれども、土木・建設業者自身が自ら使用している例は非常に少なくトレーサー利用に関しては、いろいろの実験的試みが、官公庁を中心として行なわれてきたが、土木・建設業関係の業界で自発的に実施されたことは皆無であることがわかった。

このような状態は、主として土木・建設業界の特殊性にあると考えられる。すなわち、(1) アイソトープや放射線の使用の方法はすでにわかつており、特に独自の研究開発は必要でなく、業者は単に測定結果だけを知ればよいことが多いこと。(2) 現場で急を要する測定が多く、ルーチンに仕事があるとは限らない。(3) 現場での利用には公衆の反対があり使いにくい。(4) 利用によつて得られる結果は、工事の発注者には大いに役立つが、施工者側にはあまり役立たない(場合によつては邪魔になる)ことが多いなどである。

そこで、この有効な方法を、さらに進展させるための問題点としてはつぎの諸点があげられよう。

- (1) 利用技術の普及と利用効果のPR：工事の施工者に対するPRも必要であるが、むしろ工事発注者へのPRの必要性が痛感される。
- (2) 測定方法の規格化
- (3) 測定器の改良：土木・建設においては、現場使用が多いのであるから、測定器類も頑丈で野外使用に適したものであることが必要であるが、この点についてのメーカーの配慮が不十分である。
- (4) 法規の改正：とくに野外使用についての規定の改正が望まれる。

(5) アイソトープセンターの確立：前述した土木・建設業の特殊性の一つとして、アイソトープ・放射線の利用は、なるべくその道の専門家に委嘱して行なうほうが有利であり、少なくともその指導を受ける必要がある。この意味から、アイソトープ・センターのような機関を確立して、利用方法の開発を行なうとともに、問題が生じたごとに適宜な方法によつて測定を実施することを引き受けるようになることが必要である。

(6) 技術者の養成

## アイソトープ・放射線機器工業の現状

日本原子力研究所

理事 山崎 文 男

わが国アイソトープ・放射線の利用が開始されてより、15年以上を経過し、各方面で広く用いられている。アイソトープ・放射線の利用促進については基礎科学の研究分野をはじめ医学、農学、工業等の広汎な分野にわたって行なわれている。しかし、欧米先進諸国に比較すると未だ遅れているのが現状である。

このような現状を勘案し、日本原子力産業会議においては、業種による懇談会を設置し、特に機器メーカーを中心とした「アイソトープ・放射線機器工業懇談会」を昨年5月設置し、アイソトープ・放射線機器に関してその経済的・技術的問題点を抽出しあらゆる角度から討議し、その利用促進上の具体策を検討してきた。

その結果を、ここに報告する。

上記、懇談会は、計測部会（検出器、放射線分析用機器、核医学機器、放射線モニタ、放射線工業計器、放射線測定用器具及補助材料）ならびに、線源部会（放射線化学用線源、食品照射用線源、医療用具等滅菌線源、放射線治療用線源、ラジオグラフィ用線減、その他の線源）、に分けてそれぞれの項目の現状を分析し、問題点の抽出を行なった。その結果、機器のメーカーとして、積極的な方策を講ずる必要のある要望事項として以下の諸点が抽出された。

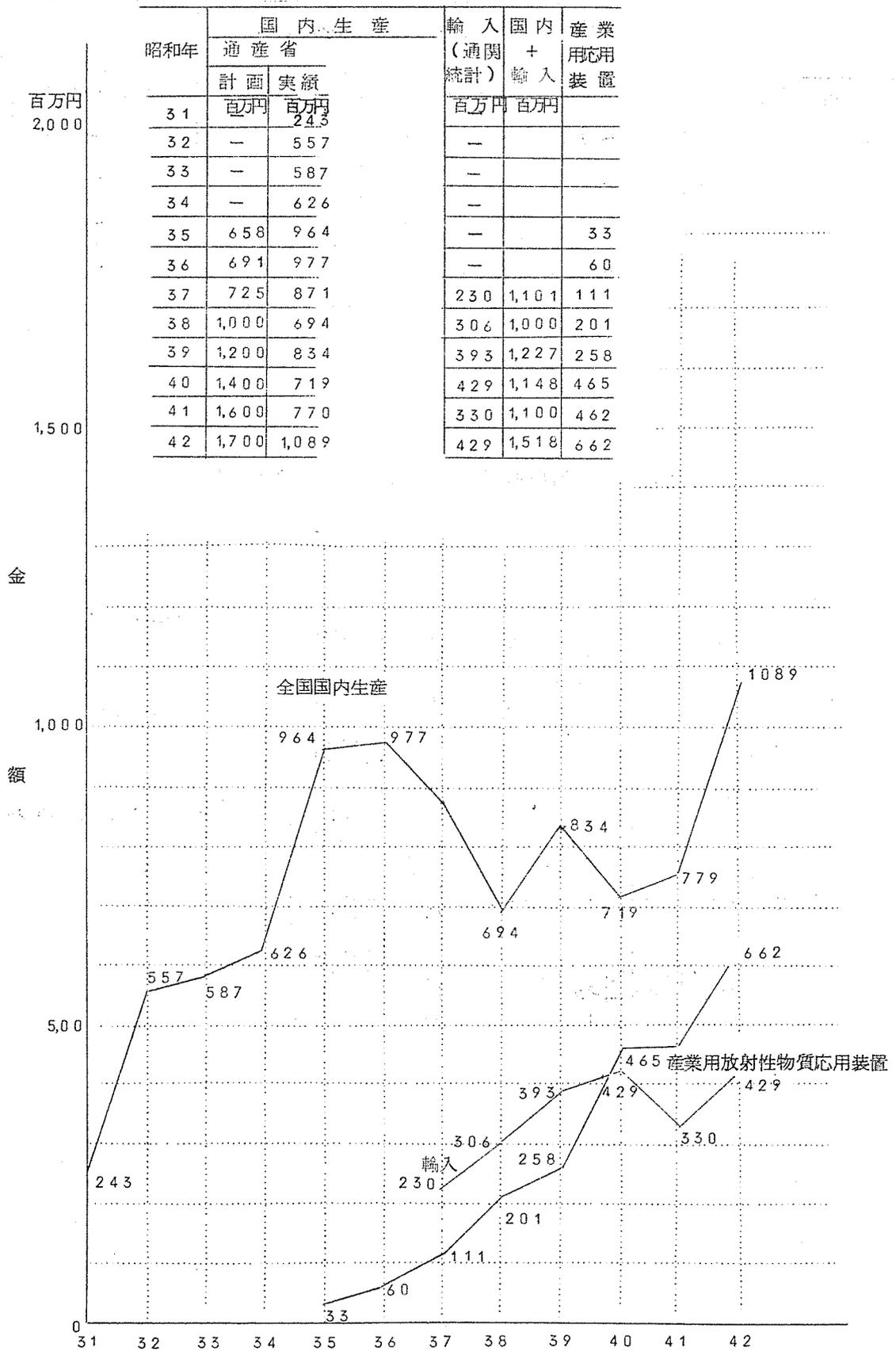
- (1) アイソトープ・放射線利用に関連する問題（例えば；アイソトープの国産化大量核分裂生成物の利用など）を具体的に審議、検討し、将来に対する指導方針を確立するために、原子力委員会に下部組織を作つて体制強化を図られたい。特に最近では総合的に検討すべき問題（例えば；食品照射など）も増しつつあるので、通産、文部、厚生、農林、各省ともに緊密な連絡をとり、さらに体制の強化を図られたい。
- (2) アイソトープ・放射線機器の技術開発、利用促進、企業化について、国家的補助政策（例えば；政府の補助金、委託金、新技術開発事業団の委託金など）を従来より強化するとともに、基礎的研究（例えば；医用サイクロトン、医用あるいは化学用原子炉などの設置による各分野での研究）を国家機関で十分なる予算のもとに実施を図られたい。

アイソトープ・放射線機器の国産品使用の促進と税制の優遇措置、輸入品の課税、免税基準の明確化を図るとともに輸出奨励のための国家的優遇措置を図られたい。

- (3) アイソトープ・放射線に関する法的規制については制定当時より10年以上を経過しており、もう一度全般的に再検討を行なう必要がある。

- (i) 放射線障害防止法における手続の簡略化と迅速化により、アイントープ・放射線利用の推進を図られたい。(例えば、将来は標準機種の様式承認制度の採用を図る。)
- (ii) 安全性の高い遮蔽容器の技術基準を確立して、標準化を図り、安全性と互換性を高めると同時に届出制による法規を改正し、さらにオペレータの訓練機関を作りその修了により使用資格がえられるように図られたい。
- (4) アイントープ・放射線利用の推進のため、技術者の養成訓練を一層充実し、学校教育において、アイントープ・放射線についての総合的技術の習得を行なわせ取扱技術者の育成を図られたい。
- (5) 機器メーカーは官民協力して各機器の標準化、規格化を推進し、価格の低減を図ると共にアイントープ・放射線利用施設等の設備基準の確立を図られたい。

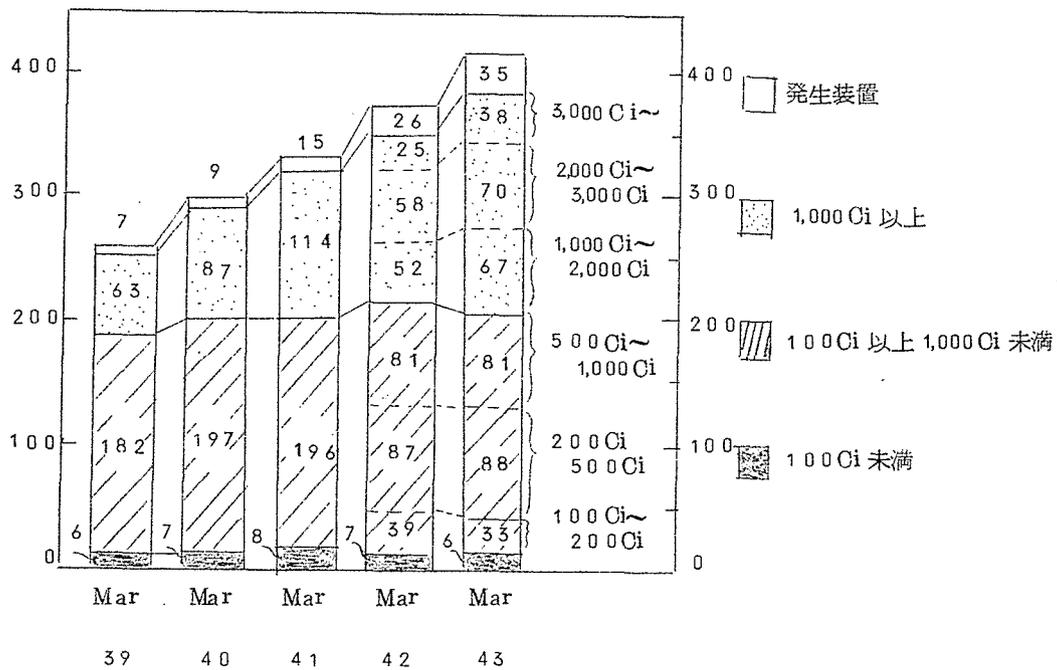
第1図 放射線測定器統計（通産省機械統計）



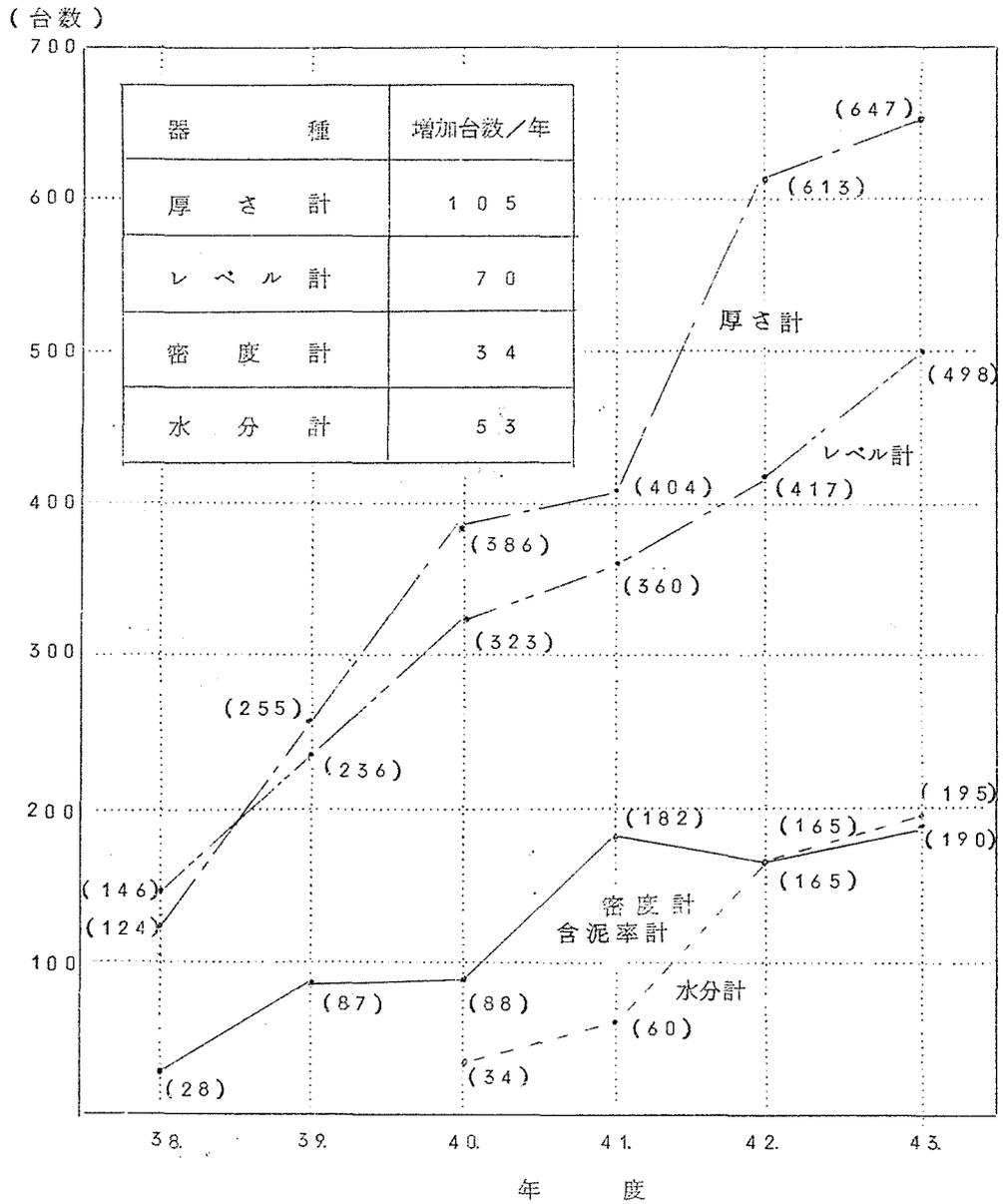
第1表 アイソトープ利用による全世界の節約高(100万ドル)  
(昭和36年~38年)

	24カ国 (1961~63)	米国(1963)	ソビエト(1961)	総計
応用計器	2.67 ~ 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
テレビサー	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

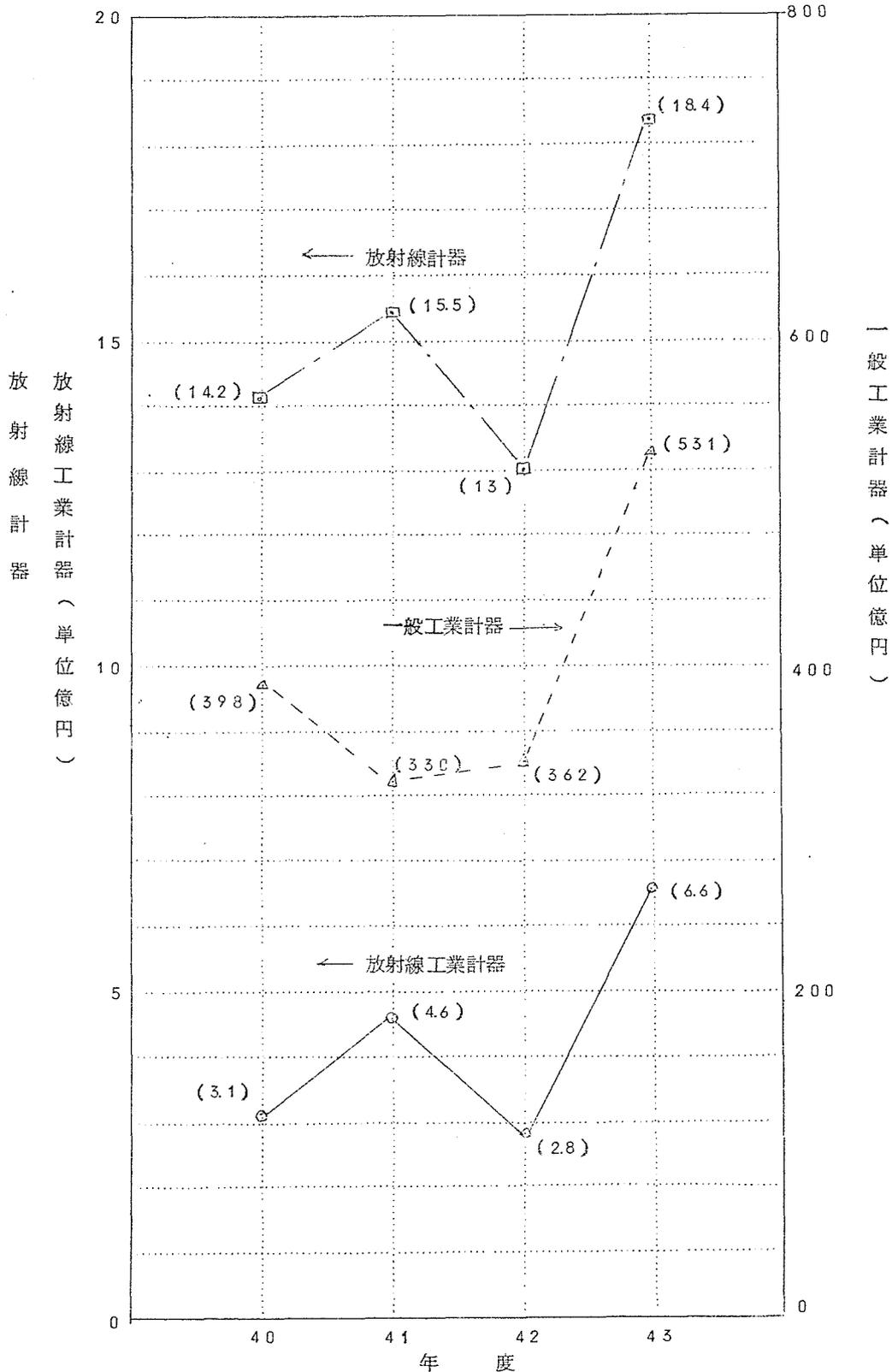


第3図 放射線工業計器々種別使用台数の年度推移



- 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)

# 原子炉の鉄鋼業への利用

東京大学工学部

教授 松下 幸雄

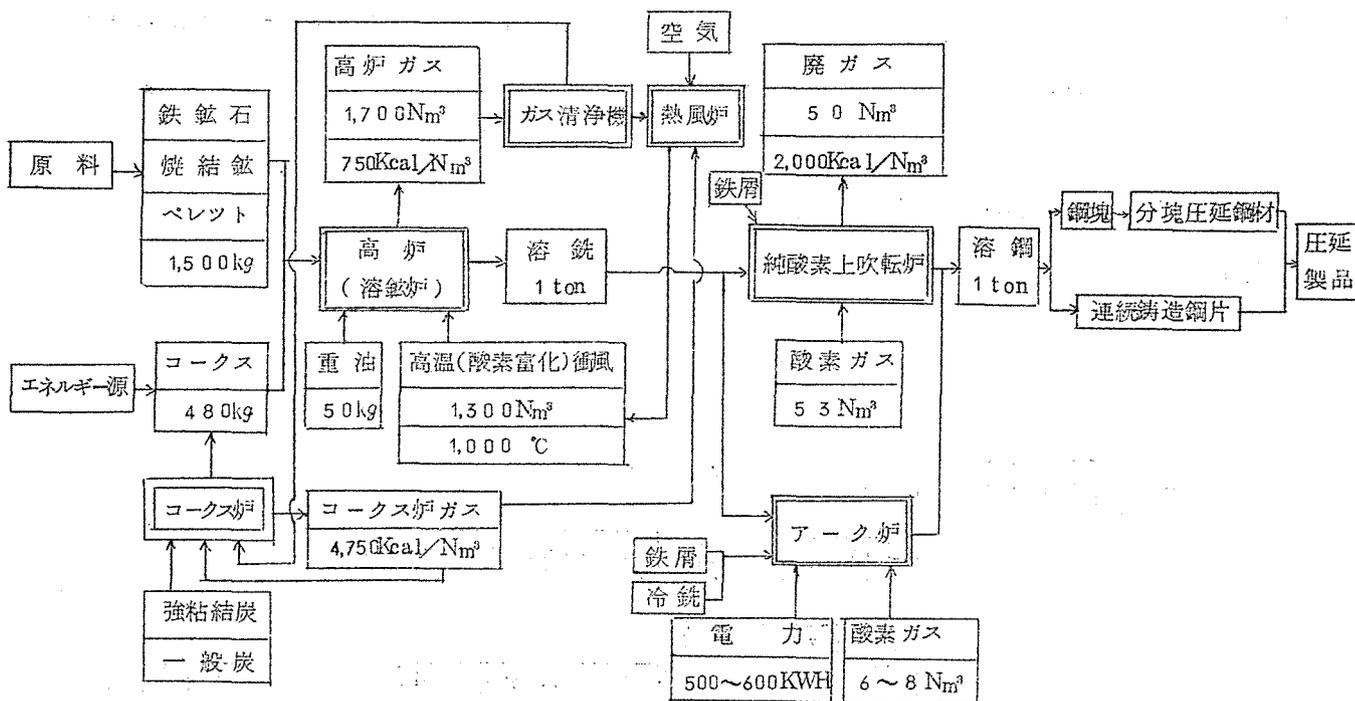
## 1. 緒言

わが国は世界屈指の鉄鋼生産国であるが、鉄鉱石および製鉄用強粘結炭の海外依存度がきわめて高く、経済的にも技術的にも楽観できない問題点が指摘されている。ここでは、製鉄用エネルギーとしての原子力の位置づけを技術的に考えてみたい。

## 2. 現行製鉄体系とその問題点

現在の基本体系は模式的に図1の如くである。

図1 現行製鉄体系の基本図



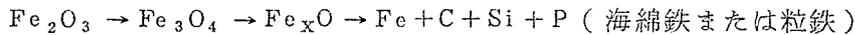
高炉の生産性は、炉内容積に比例するのは当然であるが、重要な比例因子として「燃料の燃焼能力」(kg/day/m<sup>3</sup>) ÷ 「燃料比」(kg/ton 銑鉄)を考えねばならぬ。ここで、燃料とは(コークス+重油)である。燃料の燃焼能力は高温衝風の酸素富化や送風圧の上昇によつて増加する。燃料比の低減については以下に述べる。

高炉の炉内反応は原理的に次の如くである。

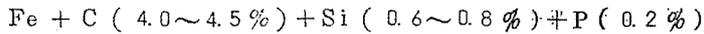
(1) 羽口前コークスの燃焼 ( 2,000℃ )



(2) 上昇COによる間接還元その他の化学反応 ( 500~1,200℃ )



(3) 銑鉄の生成 ( 1,500℃ )



すなわち、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、焼結銑およびペレット配合率の増加、その他によつて低減する。

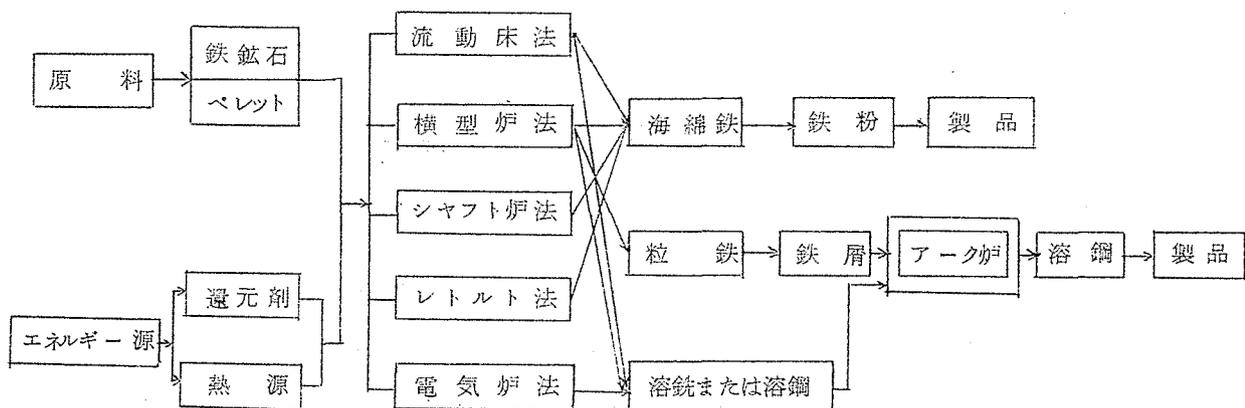
将来の大規模一貫製鉄所においてエネルギーバランスの見通しは極めて重要なことであるが、高炉について能率向上の限界を克服するには、鉄銑石(焼結銑およびペレットを含む)の予備還元、コークス製造および熱風炉操業などに従来の1次エネルギーまたは副生エネルギーに代わる原子力エネルギーの利用が検討されるべきであろう。

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



すなわち、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<sub>2</sub>+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。

# 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

原子炉利用の第一目標はいうまでもなく、安い電力を得ることにあるが、近時その経済性、安全性が向上されるにしたがつて、原子炉で発生する熱を、電力以外にも利用して、総合的な効果をはかる、多目的原子炉の開発が計画されてきた。

海水脱塩は、二重目的原子炉の代表例として早くから検討されていた。特に米国におけるボルサ島の海水脱塩二重目的原子炉発電計画は、軽水型原子炉で、180万KWの発電と日産57万トンの淡水を海水から製造する規模で検討され、1968年秋に建設着工の予定であつたが、諸種の理由で未だ着手されず再検討中である。ソ連においては、カスピ海の沿岸で海水脱塩と、高速炉による発電と組合せた二重目的炉が建設中である。計画電力出力は15万～20万KWで、淡水は日産最大25万トンの規模である。この他、イスラエル、インド、メキシコ、シンガポール等の諸国において計画はあるが、未だ具体化されたものはない。

海水淡水化以外の、化学工業における原子炉の利用は、熱源としての応用がかなり早い時期に、実現する傾向にある。特に米国のミシガン州においては、コンシューマーズ電力会社が、ダウ・ケミカルとタイアップして、電力会社が139万KWを発電して、この地域の一般的な電力需要とダウ・ケミカルの使用にあて、さらに毎時、約2,000トンの蒸気をダウに供給するといひ、電力と蒸気の大重目的原子炉を着工した。ここに注目すべきことは、ダウとコンシューマーズとの間の契約はもはや開発的段階ではなく、純然たる商業ベースで行なわれたことである。この他、ヨーロッパにおいてはドイツでも、この種の二重目的炉が、計画検討されている。

上記と同じように熱源として利用する二重目的原子炉に、高温ガス炉がある。この炉はわが国では、過去において開発研究の対象外に置かれたが、英、独、米等における発展によつて、ふたたび注目されるようになってきた。すなわち米国における高温ガス炉の開発の成功は、この炉による安い電力が期待されるのみならず、高温ガスの利用、すなわちMHD発電、製鉄、化学工業における諸種の応用、なかんづく、高温ガス化学反応への応用等が可能になるので、非常に将来性のある炉ではないかと思われる。

次に多重目的原子炉を対象とする工業形態を考えてみる。原子炉に期待される安いエネルギー・コストは、上記の二重目的原子炉の形態とは異なつた新しい産業コンビナートの成立を可

能ならしめた。例えば米国では、原子炉から得られる安い電力で、肥料、化学薬品、農薬等を生産し、同時に得られる脱塩水で、不毛の砂漠をかんがいで農場とするような、農工複合体の概念設計が行なわれている。

わが国においては多重目的原子炉に関する計画は、まだないようである。しかし、従来提案されている海水脱塩と、海水中に含まれている塩類の獲得等を結合した海水総合利用は、製品の需要と、電力の需要が適当にバランスするならば、当然多目的原子炉の対象となるものである。ここに、わが国が工業塩を全部輸入している状況にかんがみ、上記の海水総合利用案より、技術的に前進した案を考えてみたいと思う。

3月6日(木)  
9:30~16:10  
A 会 場

# 海 外 招 待 講 演

# 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. ガス冷却炉はこれまで20年間、イギリスにおける原子力発電開発の主流をなしている。第1世代の発電所「GCR Mk I」は、マグノックスとよばれるマグネシウム合金で被ふくした、金属天然ウラン燃料をもちいた最初のコールドホール型の概念をもとにしている。この原子炉はコールドホール型またはマグノックス型として知られている。
2. 第2世代のガス冷却炉（GCR Mk II）は現在建設中である。これらは濃縮酸化ウランを用い、薄肉のステンレスで被ふくした燃料に基づいている。燃料要素は、主として燃料テストベッドとして建設された、イギリス北部、ウインズケールにある改良ガス冷却炉（AGR）で開発されたものである。この世代の原子炉はAGRとして知られており、ウインズケールの実験炉につづくものである。
3. 第3世代のガス冷却炉（GCR Mk III）は現在設計が進められている。この炉には、いわゆる粒子被覆とよばれる新しい燃料概念が用いられよう。炉は高温で運転されるのでしばしば高温炉（HTR）とよばれている。これら三つの世代の原子炉は、イギリスでは全部同一系の炉としてみなされている。事実、この系統の特徴は1世代から次の世代の炉へと容易にたどることができる。
4. ガス冷却炉の運転経験は10年以上に及び、30基におよぶ炉で経験がたまっている。このうち、25基がイギリス国内で稼働している。講演ではこれまでの経験をまとめ、そしてとくに、新しい炉の設計に具体的にとりいれられているそれらの経験からえたものについて述べる。
5. 講演では、東海発電所を初期のガス冷却炉の例にとつて、ガス冷却炉型の主要な設計上の特徴と改良点をさぐる。その特徴を東海炉よりは後期の設計で、現在スコットランドで建設中のハンターストンB発電所と比較する。炉の信頼性、耐用年数ののびをはじめとする性能の見通しがいつそう明らかにされる。
6. これまでにえられた設計、建設、運転の経験をもとにして、次に、第3世代のガス冷却炉の予想される特質について概要を述べる。講演は、これまでの経験により実証されたプラントの特徴をできるかぎり念頭において、ガス冷却炉の性能と信頼性を改善するため、新しい燃料の技術がどのようにして開発されるかを示す。同時に、現在検討中の長期の開発のいくつかの領域についてもふれる。

7. 結論として、日本において東海炉の建設と運転開始に困難なことがあつたけれども、この経験はガス冷却炉特有のものではないことを述べる。現に、世界のほかの地点では非常に良好な経験がえられている。東海発電所がこれと反対の経験をしたことは、炉型が何であれ、初期の原子力発電所にはより特有のものであるかも知れない。
8. 世界におけるガス冷却炉の経験は、現在および将来の可能性を考慮する時、日本の産業界に、東海発電所のにがい経験を、将来計画をたてるための基盤と考え、将来ともこの重要な炉型の開発をひきつづき行なうよう示唆していると思われる。

## GAS-COOLED REACTORS

R. V. Moore  
Managing Director, Reactor Group,  
U.K. Atomic Energy Authority

1. Gas-cooled reactors have been the main line of development for nuclear power production in the U.K. for the past 20 years. The first generation plants - G.C.R. Mk.I - were based on the original Calder Hall concept using natural uranium fuel, metallic form, clad in a magnesium alloy can called 'magnox'. The reactors are known as the Calder type or magnox type.
2. The second generation of gas-cooled reactors - G.C.R. Mk.II - are now under construction. They are based on enriched uranium oxide fuel, clad in thin stainless steel. The fuel elements have been developed in the Advanced Gas-cooled Reactor - the A.G.R. - built at Windscale in the north of England, mainly as a fuel test bed. This generation of reactors are known as A.G.R's, after the experimental reactor at Windscale.
3. The third generation of gas-cooled reactors - G.C.R. Mk.III - are now in an advanced stage of design. These reactors will be based on a new fuel concept, the so-called coated particle fuels. Since they operate at high temperature, these reactors are sometimes known as High Temperature Reactors or H.T.R's. These three generations of reactors are regarded in the United Kingdom as all of one family; indeed the characteristics of the family are easily traceable from one generation of plants to the next.
4. The operating experience with gas-cooled reactors now goes back more than 10 years, and is being accumulated with some 30 reactors, of

which 25 are in daily operation in the United Kingdom. The paper summarises this experience and emphasises certain lessons learned which are being incorporated in the design of new reactors.

5. The paper traces certain important design features and improvements of the gas-cooled reactor family using the Tokai Mura station as an example of an early type. It compares its features with one of the later designs now under construction - the Hunterston 'B' station in Scotland. The expected performance, including reliability and long life, is more open.

6. On the basis of this accumulated design, construction and operating experience, the paper next outlines the probable characteristics of the third generation of gas-cooled reactors. The paper indicates how the new fuel technology will be exploited to improve the performance and reliability of gas-cooled reactors, retaining as much as possible of the plant features which have been proved by experience. The paper also indicates some areas of longer term development which are now being studied.

7. The paper concludes that although in Japan difficulties have been encountered with the construction and start-up of the Tokai Mura power station, nevertheless this experience is not typical of gas-cooled reactors. Indeed very favourable experience has been gained elsewhere in the world. The adverse experience with Tokai Mura may be more typical of early nuclear plants whatever the type of reactor.

8. World experience with the gas-cooled reactor, when considered with its current and future potentialities, suggests that Japanese industry might consider the continued exploitation of this important class of nuclear power station in the future, regarding the hard experience gained with the Tokai Mura plant as the foundation from which to build a programme.

## 西ドイツにおける高温ガス冷却炉の開発

ブラウン・ボベリー／クルツプ原子力会社

常務取締役 H.W. ミューラー

高温ガス冷却炉の意義は初めは軽水炉と高速増殖炉の中間の世代で、そのつなぎの役目をするものと認識されていたが、現在数々の確たる開発段階をふまえて、高温ガス炉のポテンシャルは再評価されつつある。すなわち、

- 被覆された燃料粒子が非常に良好な核分裂生成物保持能力を示した。
- 冷却用ガスとしてのヘリウム、構造材としての黒鉛の技術が運転中の高温ガス炉で実証された。
- コンクリート圧力容器が成功裡に開発され、この原子炉固有の安全特性との良い連繫が生まれた。

高温ガス炉の経済的評価における決定的要因は次の通りである。

- 高い燃焼度 —— したがって燃料の有効利用がなされる。
- 少量の燃料インベントリーで高比出力が得られる。
- 高い冷却ガス温度に起因する高い効率。

ドイツ連邦共和国において、ブラウン・ボベリー／クルツプ社 (BBK) は1956年以來主に球状燃料要素を用いた高温ガス炉の開発と設計を手がけてきた。1961年にBBK社はユーリツヒで15 MWeのAVR実験炉の建設に着手した。同炉は1967年12月に送電を始めたが、現在に至るまで支障なく運転が行なわれている。燃焼度12アトムパーセント (fima) のきに達しても、なお、AVR燃料は優れた核分裂生成物保持能力を示した。

この概念をさらに開発するため、ユーラトム、ユーリツヒ原子力研究センター、およびBBK社は一つの会社を設立した。この会社の主な業務は、来年早々建設が開始される予定の電気出力30万KWの原型炉の設計であつた。

電気出力60万～100万KWのトリウム燃料高温ガス炉の経済性に関しては、資本費はおよそKWあたり130ドルとなる。トリウム・ウランおよび低濃縮ウランのいずれの燃料サイクルについても研究が行なわれてきた。効率が高いため、60万～100万KW高温ガス炉の初装荷燃料インベントリー費はKWあたり15ドル台であろう。大規模な再処理能力が得られれば、KWhあたり1ミルの燃料サイクル・コストも達成されよう。

現在運転中の原子炉から得られた有望な結果に勇気づけられたが、高温ガス炉の炉心設計

は、まだ十分に開発されてはいないし、もつと高いガス温度を期待し得ることがすぐに判明した。この点に基づいて、ドイツの開発計画はヘリウム・タービンに結合する単サイクル高温ガス炉の商業運転を目ざしている。この原子力発電所はより高い熱力学的な効率と資本費の低減をもたらすにちがいない。

最後に発電以外の目的に対する高温ガス炉の熱利用の概要について述べる。大型熱伝導装置の設計など基本的問題は解決されねばならないが、最も経済的な利用は、製鉄プロセスに高温ガス炉を組合わせる——例えば鉄製錬と発電プラントの組み合わせ——ことによつてえられよう。さらに、ドイツは、原子力によるプロセスヒートを石炭のガス化に応用する研究を始めた。

## The High Temperature Reactor

### - its Potential and Status of Development in Germany -

H. W. Müller  
Managing Director, Brown Boveri/  
Krupp Reaktorbau GmbH

Whereas initially the significance of the High Temperature Reactor (HTGR) was recognized as part of an intermediate reactor generation between Light Water Reactors and Fast Breeders, at present the potential of HTGR's is being reevaluated as a result of a number of decisive development stages:

- coated fuel particles show very good fission product retention properties
- the technology of both helium as coolant gas and graphite as structural material has been proven in operating HTGR's
- the successful development of concrete pressure vessels provides a favourable combination with the good inherent nuclear safety characteristics of this reactor type.

In the economic assessment of High Temperature Reactors the decisive factors are:

- high fuel burn-up, thus good utilization of fuel
- high specific power requiring small fuel inventory
- high coolant gas temperature resulting in high efficiencies.

In the Federal Republic of Germany since 1956 Brown Boveri/Krupp Reaktorbau GmbH (BBK) have been mainly working on the development and design of the High Temperature Reactor with spherical fuel elements.

In 1961 BBK started with the construction of the 15 MWe AVR experimental

power station in Jülich which for the first time delivered electric power to the grid in December 1967. Up to now its performance has been very satisfactory. With 1/3 of the specified burn-up of 12% fima reached, the AVR fuel still shows excellent fission product retaining properties.

For further development of this concept EURATOM, The Nuclear Research Center Jülich, and BBK formed an association. Its essential task was the design of a 300 MWe prototype power plant, the construction of which is expected to start early next year.

An economic assessment of Thorium High Temperature Reactor power stations with 600 - 1000 MWe capacity leads to capital cost of roughly 130 \$/kWe. Fuel cycles based on both Th/U and low-enriched U have been studied. Due to the high rating, the initial charge of fuel inventory for 600 - 1000 MWe HTGR's will be on the order of 15 \$/kWe. In case large reprocessing capacities can be provided, fuel cycle cost as low as 1 mill/kWh will be achievable.

Encouraged by the promising results from operating reactors, it was soon realized that the core design of the High Temperature Reactor is not fully exploited and even higher gas temperatures can be expected. On the basis of this aspect, a German development program is directed towards the commercial operation of a single cycle HTGR plant coupled with helium turbines, which should both lead to higher thermodynamic efficiencies and further reduction of capital cost.

In conclusion an outlook is given on the application of HTGR heat for other purposes than electricity generation. Although basic problems, such as the design of large heat transfer units, must be overcome, most economic use could be made of their potential by integrating

HTGR's into the iron production process, e.g., into a combined iron smelting and electricity generating plant.

In addition, investigations were started in Germany to apply nuclear process heat for coal gasification.

## 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  
(ガルフ・オイル社副社長)

ガルフ・ゼネラル・アトミック社  
副社長 C.L.リツカード

高温ガス冷却炉 (HTGR) は、(1)効率的な過熱蒸気サイクルの要件をみたす高温、高圧蒸気を発生すること、(2)高い中性子経済、高転換比率、高燃焼度による核燃料の最大限の利用、(3)運転上の高い信頼度と安全性などにより、安い発電コストを達成するための一つの方法として開発が行なわれた。これらの諸目的は、その開発過程では基本的なものとされてきたのだが、今や HTGR は実用段階に入った発電炉系とみなすことができる。

ピーチ・ボトム HTGR 原子力発電所は 1967 年 6 月以来、ペンシルバニア州南東部において、フィラデルフィア電力会社の発電系統を通じて営業運転に入っている。ピーチ・ボトム炉は 1,000°F、1,450 psi という近代的な蒸気条件で発電している。またこの炉はピーク燃焼度 75,000 MWD/MT 用に設計された全黒鉛炉心の使用を実証するための最初の商業用発電炉である。これまでに 150 日間フルパワーで運転後、2 回ほどある期間運転を停止した。それはピーチ・ボトム炉が原型炉であり、この系統の炉についての情報を得るためにこの施設を最大限に利用するという方針であつたので、炉内および燃料の検査、そのための各種試験を行なう目的であつた。運転期間中は蒸気供給系の利用率が 85%、グロス熱効率は 37.1% であつた。HTGR の性能は炉物理、機器コンポーネント、冷却材中の不純物および放射能の管理、定常状態および過渡状態の運転条件に対する応答などにおいて優秀であつた。

コロラドのパブリック・サービス社のフォート・セント・ブレイン原子力発電所 (電気出力 33 万 kW) は現在工事が順調に進んでいる。この計画は、研究開発助成を含めて米国原子力委員会 (AEC) の発電実証炉計画 (Power Demonstration Reactor Program) の一環をなすものである。このコロラド HTGR は、一次冷却系ループの全コンポーネントをつむプレストレスト・コンクリート製の圧力容器の安全性と経済上の利点を採用した最初の HTGR となる。同炉は 1,000°F、2,400 psi の過熱蒸気、および 1,000°F の再熱蒸気を発生し、正味熱効率が約 40% になるだろう。発電所は 1968 年 9 月に着工し、工事は急速に進んでいる。現在までに、約 16,000 立方ヤードのコンクリート打設が終り、タービン台の工事も 85% 終了している。圧力容器 (PCR) 支持リング、内部壁、地表レベルまでの原子炉建屋の柱は完成間

近かである。400トンのPCRVRの基底部（底部貫通構造と炉心支持柱を含む）は組立てを終り、2月に据えつけられるばかりになつている。発電所の竣工は1971年の予定である。

電気出力60万から110万kW級のHTGRについても開発と設計研究が急速に進んでいる。これらの大容量のHTGR発電所は、ビーチ・ボトム原型炉で実証された同じ基礎原理をもち、また、コロラド発電所と同じ技術によつて製作される主要コンポーネントと各系統を採用する。

HTGRを開発することによる当然の付加的事項として、冷却材としてのヘリウム、HTGRのコンポーネント類を高速増殖炉用に利用することがあげられる。ガス冷却の高速炉（GCFR）概念に関する研究が1961年に開始されてから、その開発は年々着実に規模を拡大して行なわれてきている。設計研究ではGCFRは実用性があり性能上の利点もあるとしている。冷却材にガスを用いることは、単に液体金属冷却材がもつ実際の工学上および保守上の諸問題にわずらわされずにすむばかりでなく、優れた増殖性能につながる積極的な特徴をもっている。性能向上の要因は、高増殖比率、インベントリー増倍時間の短縮、炉心寿命中反応度を維持する性能があげられる。安全性を増大させる要因としては冷却材中に放射能がないこと、正のボイド係数を克服する措置が不必要なこと、冷却材完全喪失あるいは部分的なボイド発生がないことである。

保守および信頼度を向上させる要因には冷却材技術が開発されていること、炉心に水を注入することができること、冷却材の空気および系統材料との適合性などがある。

1968年6月、米国の37の電力会社（合計発電容量で6000万kWをこえる）との間に、2カ年間の協同計画がスタートした。この計画の目的は、GCFR計画の評価をし、1970年代半ばと予想される原型炉建設、さらに1980年代初めの大型商業用GCFRの建設および運転に資するための概念設計を行なうことである。

その他GCFRの開発計画として、1967年後期、スイスの連邦原子炉研究所との間に共同計画が発足し、現在、スイスのルーセンス炉をGCFR実験用に改造すること、およびGCFRでのガスタービンの直接サイクル利用の可能性についての調査がなされている。GCFR用の燃料開発はAECとの共同計画で行なわれている。

RECENT ADVANCES IN HIGH-TEMPERATURE, GAS-COOLED  
NUCLEAR POWER GENERATION

Frederic de Hoffmann,  
Vice President, Gulf Oil Corporation,  
President, Gulf General Atomic Incorporated;  
Corwin L. Rickard,  
Vice President, Gulf General Atomic Incorporated

The High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR) was undertaken as a means to achieve low electrical power generating costs through: (1) the production of high temperature, high pressure steam to meet the requirements of efficient superheat steam cycles, (2) maximum utilization of fissionable nuclear fuel by providing high neutron economy, high conversion ratio and high nuclear fuel burnup, and (3) a high degree of operational reliability and safety. These objectives have been fundamental in the development work of the HTGR, which can now be classed as having reached the stage of the practical operating power reactor system.

The Peach Bottom HTGR Atomic Power Station has been in commercial operation on the system of the Philadelphia Electric Company in southeastern Pennsylvania since June 1967. Peach Bottom produces commercial electric power at modern steam conditions of 1000<sup>0</sup>F temperature and 1450 psi pressure. It was also the first commercial plant to demonstrate the use of an all-graphite core which is designed for a peak fuel burnup of 75,000 Mwd/MT of fuel. There have been two extended shutdown periods following each 150 equivalent full power days to make a thorough inspection of reactor internals and fuel and to make various tests since the Peach Bottom reactor is a prototype and we wanted to make maximum use of the facility for gaining information about the system. During the operation period, the nuclear steam supply system had an availability of 85% and a gross thermal efficiency of 37.1%. The performance of the

HTGR system has been excellent from the standpoint of reactor physics, equipment components, control of coolant impurities and radioactivity, and response to both steady state and transient operating conditions.

The 330 Mw(e) HTGR Fort St. Vrain Nuclear Station of the Public Service Company of Colorado, is now well along in the construction stage. This project, including certain supporting research and development work, is part of the USAEC's Power Demonstration Reactor Program. The Colorado HTGR will be the first HTGR to employ the safety and economic advantages of a prestressed concrete reactor pressure vessel to contain all components of the primary coolant loop. It will produce 2400 psi, 1000<sup>o</sup>F superheated steam, plus 1000<sup>o</sup>F reheated steam, and will have a net overall efficiency of about 40%. Construction work began in September 1968 for the Colorado plant and since has progressed rapidly. To date, approximately 16,000 cubic yards of concrete have been poured. Construction of the turbine pedestal is 85% complete. The PCRV support ring and all interior walls and columns up to ground level for the reactor building are nearing completion. The 400 ton PCRV bottom head liner, including bottom head penetrations and core floor support columns, has been assembled and is ready for installation in February. Construction completion for the Fort St. Vrain station is scheduled for 1971.

Development and design work is also proceeding rapidly for HTGR's in the 600-1100 Mw(e) range. These larger HTGR plants utilize the same fundamental principles demonstrated in the Peach Bottom prototype, plus major components and systems based on the same technology being employed in the Colorado plant.

A natural adjunct to the development of the HTGR system is the utilization of helium as coolant and HTGR components in a fast breeder reactor. Work on the Gas-Cooled Fast Reactor (GCFR) concept began in 1961

and since then, its development has been pursued on a steadily increasing scale. The design work has indicated that the GCFR has both practical and performance advantages. The use of gas cooling not only provides escape from the practical engineering and maintenance problems associated with liquid metal cooling, but also has positive features leading to excellent breeder performance. Factors enhancing performance are high breeding ratio, low inventory doubling times, and ability to sustain reactivity throughout core life. Factors enhancing safety are absence of coolant activity, absence of the need for positive void coefficient override, and impossibility of complete loss of coolant or local void formation.

Factors enhancing maintainability and reliability include developed coolant technology, ability to water flood the core, compatibility of coolant with air and system materials.

A two-year cooperative program with 37 U. S. utilities representing over 60,000,000 kw of generating capacity was initiated in June 1968. The objective of this program is to evaluate the GCFR program and perform the conceptual design work necessary to accelerate the eventual construction and operation of a GCFR prototype plant in the U. S. during the mid-1970's leading to a large commercial GCFR plant by the early 1980's.

In another complementary GCFR development program a joint program initiated in late 1967 with the Swiss Federal Institute for Reactor Research is investigating the possibility of converting the Lucens reactor in Switzerland into a gas-cooled fast-reactor experiment, as well as the direct cycle application of a gas turbine with the GCFR. GCFR fuel development is proceeding in a program with the USAEC.

## フランスにおける重水の生産

フランス原子力庁材料・燃料局長

局長 H. ピアティエ

原子炉の重水は MW あたり 0.7 トンのオーダーの量が必要である。経済的に魅力のある重水炉にするには、重水の価格がポンドあたり 18 ドル（米ドル換算）くらいで供給できなければならない。

フランス北部のマザンガルベにある  $\text{NH}_3\text{-H}_2$  交換法を採用した最初の重水プラントは順調に稼動し、過去 2 年間、重水の製造分野で新しい発展をとげた。このプラントはフランス原子力庁 (CEA) のためにソシエテ・シミック・デ・シャルボナージュ (石炭会社) が二つの建設会社 (コンパニユ・ド・コンストラクション・メカニクープロシデ・スルザー社およびエール・リキド社) の協力によつて建設したものである。これら二社は、重水の製造方法に関して CEA およびソシエテ・デ・シャルボナージュ社と共同研究を行なっている。

講演ではフランスの重水製造法の諸利点を説明し、その経済性について述べ、さらに、カナダで急速に開発されている  $\text{H}_2\text{S-H}_2\text{O}$  交換法との比較をしたい。また、それぞれの方法について個々の特徴を明らかにしてみようと思う。高度に工業化した地区や、農業用に多量の肥料を使用する地域においては、アンモニアの生産量は  $\text{NH}_3\text{-H}_2$  法による重水プラントを十分魅力ある方法で操業できるぐらいに大きい。

日産 1,000 トンのアンモニア工場からは副産物として年間 60 ないし 70 トンの重水ができる。イギリス、ドイツ、フランスにはアンモニア工場があるが、年度 100 ないし 150 トンの重水製造能力をもつた装置をとりつけることができよう。年間総生産量が数百トンの重水ならば、最新鋭の肥料工場を建設すれば間にあうであろうし、適度に進行する重水炉計画を支えることができよう。

マザンガルベのプラントについて簡単にふれたい。とくにそのプラントで使用されている高性能の接触交換装置について説明する。

また  $\text{NH}_3\text{-H}_2$  交換法でプラントを運転するためのフロー・シートについても発表する。最もよく知られているマザンガルベの "One Temperature 法" は最少規模の接触装置しか必要としない。"Two Temperature 法" は、とくに重水とアンモニア工場の結合に関して多くの点で容易であり、また電力コストの低減にもつながる。これら二つの方法のフロー・シートは、絶えず再評価がなされており、一方、補足的な工学上のデータはマザンガルベの工場から提供され、また、グルノーブルとマザンガルベでパイロット規模の実験を行なっている。

ここに発表する分析によると、急速な重水炉開発計画に要する大量の重水は、 $\text{H}_2\text{S}-\text{H}_2\text{O}$ 法による単一プラントでも、あるいは $\text{NH}_3-\text{H}_2$ 法をとり入れた数基の装置によつても競合しうる価格で製造できることを示す。さらに $\text{NH}_3-\text{H}_2$ 法は製造能力を将来の所要量に綿密にあわせられるため、高価な重水を貯蔵しなくてすむので重水炉計画を始めるのに有利である。

## HEAVY WATER PREPARATION

Henri Piatier  
Director of Nuclear Materials -  
French Atomic Energy Commission.

Heavy water is required for reactors in quantities of the order of 0.7 tons per MW of electrical power installed. To make heavy water reactors economically attractive. It should be available at a cost of about 18 U.S. Dollars per Pound.

A new development in heavy water preparation during the past two years has been the successful operation of the first plant using the  $\text{NH}_3\text{-H}_2$  exchange process to concentrate deuterium. Located in the north of France at Mazingarbe. This plant was built for the Commissariat a l'Energie Atomique by the Societe Chimique des Charbonnages (coal industry) with the help of two French constructors: compagnie de construction mecanique-procedes sulzer and air liquide. The latter have been associated with the societe Chimique des Charbonnages and the Commissariat a l'Energie Atomique in the process studies.

The author outlines the various advantages of the process, sketches its economy and compares it with the  $\text{H}_2\text{S-H}_2\text{O}$  exchange process, a very rapid development of which can be seen in Canada. An attempt is made to define the specific realm of each process. In highly industrialised areas and regions where agriculturè uses large amounts of fertilizers, the ammonia production is large enough to bring the  $\text{NH}_3\text{-H}_2$  Process to be operated in an attractive way.

A plant producing 1,000 tons of ammonia per day can offer from 60 to 70 tons of  $\text{D}_2\text{O}$  per year as a by-product. In Great-Britain, Germany,

France, ammonia plants exist, to which units producing 100 to 150 tons per year could be attached. A total production of several hundred tons per year of D<sub>2</sub>O could be obtained by equipping only the most modern fertilizer plants and would enable a moderately rapid program of heavy water reactors to be sustained.

The Mazingarbe plant is briefly described, especially the very efficient type of contacting equipment used.

The various flow sheets that can be used to put the NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub> exchange into operation are also presented. The "one temperature exchange" of Mazingarbe which is the most well known, requires the smallest number of contacts. The "two temperatures exchange" is simpler in many aspects, particularly with respect to the connection between the D<sub>2</sub>O and the NH<sub>3</sub> plants, it also leads to reduced energy costs. Both flow sheets are being continuously reassessed while complementary engineering data are supplied by the Mazingarbe plant and experimentation on pilot plant scale, in Mazingarbe and Grenoble.

The analysis which is presented shows that the large heavy water quantities which would be required by a rapid heavy water reactors development, can be produced at comparable costs, either by one single plant using the H<sub>2</sub>S-H<sub>2</sub>O process, or several units using the NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub> process. Moreover the latter is advantageous to initiate a heavy water reactors program because it allows the production capacity to be closely adapted to the successive requirements of the reactors, avoiding thus an expensive storage of heavy water.

# 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

高速増殖炉に対して多くの関心がよせられているが、これは世界の工業先進諸国がそろって積極的に開発を行なっているという事実をはつきりとものがたっている。これらの国々にはイギリス、フランス、西独（ベルギーならびにオランダとの共同開発）、日本、イタリア、ソ連、米国があげられる。米国の場合、ほかの国々と同じく、ナトリウム冷却増殖炉に中心がおかれている。米国をのぞく上記の諸国は、すでに原型炉建設へのりだしている。

米国の高速炉開発計画には原子力委員会（AEC）、メーカー、電力会社がそれぞれ関与している。AECは1969-71年の時期に原型炉ないしは実証炉の建設を開始するという産業界の要望をうけ入れた計画を考えている。この種の炉を最少3基、およそ2年の間隔をおいて建設することになる。1号炉の運開はおそらく1976年より早い時期にはむりであろう。米国には高速実験用の諸施設があるが、AECのEBR-II炉は現在運転中の主なものであり、設計熱出力43万KWのフェルミ炉も間もなく運転が再開されよう。SEFOR炉はこのほど低出力運転が認可された。AECの計画にある次の大型施設は、熱出力40万KWの高速中性子束試験施設（FFTF）である。

AEC計画は、産業界も独自に高速炉の重要な開発を行なうように働きかけたり、また、必要な場合、産業界がAECを通じて連邦政府の財政援助を要請できるようになつている。したがって、米国にはAECの計画とならんで民間の手による計画があるわけである。

産業界には五つの主な計画があり、それぞれの計画は主要メーカーが中心となつている。これらのうち四つの計画はナトリウム冷却炉で、残る一つはヘリウムガスを使用するものである。計画には電力会社がスポンサーになつている。

この講演では、これらの諸計画のレビューと、プラントの予想コスト、プルトニウムの長期的利用、高速炉の発電系統へのくみ入れ、高速炉開発の急務といった問題などにふれる。

## REVIEW AND ANALYSIS OF FAST BREEDER REACTOR DEVELOPMENT

S.L. Sibley  
President, Pacific Gas & Electric Co.

The widespread interest in the fast breeder reactor is strongly indicated by the fact that the world's leading industrial nations are all actively engaged in its development. These countries include the United Kingdom, France, Germany in association with Belgium and Holland, Japan, Italy, the Soviet Union, and the United States. In the United States, as elsewhere, most emphasis is on the sodium cooled breeder. All of the countries mentioned except the United States have made definite commitments for prototype plants.

The programs in the United States involve the U. S. Atomic Energy Commission (AEC), manufacturing companies, and electric utility companies. The AEC has conceived a program which anticipates proposals from industry on prototype or demonstration plants in the 1969-1971 period. A minimum of three such plants is anticipated at approximately two-year intervals. The first of these plants probably could not be in operation before 1976. The United States has a number of facilities for fast breeder experimentation. The AEC's EBR-II reactor is the principal operating fast reactor and the Fermi reactor with a design capability of 430 MWt is expected to be operating again soon. The SEFOR reactor has recently been licensed for low power operation. The next major facility in the AEC's program is the Fast Flux Test Facility (FFTF), a 400 MWt design.

The AEC's program encourages private industry to undertake significant breeder development work on its own and, where necessary, industry is to solicit financial support of the federal government

through the AEC. Consequently, we have not only the AEC program but industry programs as well.

There are five major industry programs, each centering about one of the major reactor manufacturers. Four of these deal with sodium fast reactors and the fifth uses helium gas. Each of these has a number of utility company sponsors.

The paper will include a review of these programs and a discussion of such matters as anticipated plant costs, the long range availability of plutonium, integration of fast breeders into power systems, and the urgency of breeder development.