

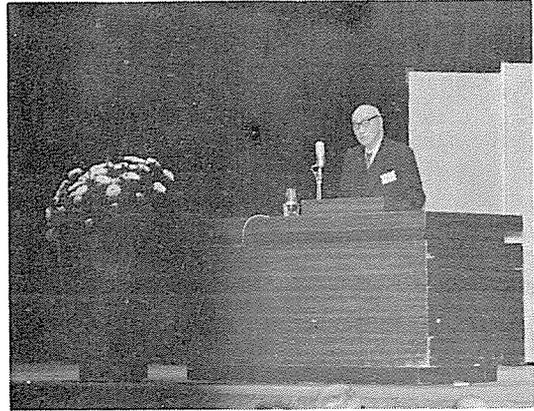
第2回原産年次大会概要報告

昭和44年4月

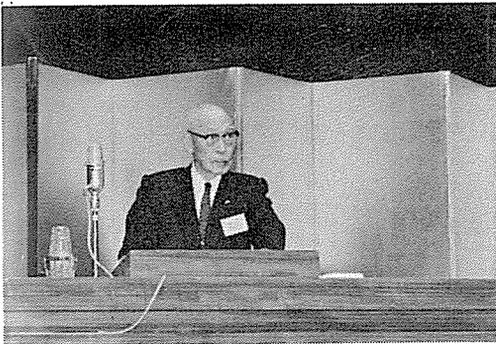


日本原子力産業会議

開 会 総 会



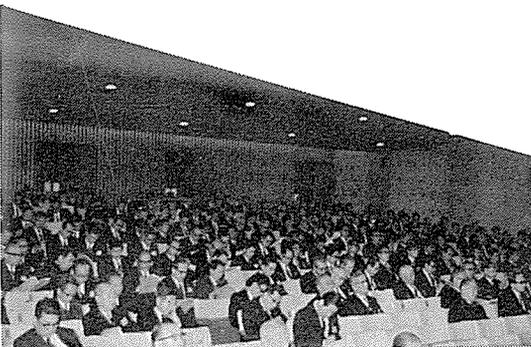
開会挨拶する菅会長



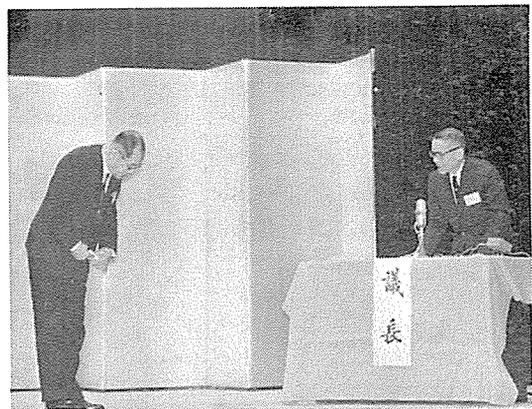
橋本代表常任理事の原産報告



開会総会で講演する山田原子力委員



会場をうづめる大会参加者



挨拶をかわす関大会準備委員長（左）と
横山開会総会議長

パネル討論会「ナショナルプロジェクト
と国内の協力」



午餐会で講演する大来日本経済研究
センター理事長



第2回原産羊次大会

主催 日本原子力産業協会



パネル討論会「国産化問題と開発環境の充実」



レセプション風景

特別講演



原子力開発に対する産業界の考え方を
のべる 土光東芝社長



国土開発と原子力立地をとりあげた
平田国土総合開発審議会長



放射線化学の発展と国際協力について
講演する 宗像原研理事長



アメリカ原子力産業の現状と将来を
語る F. コスタリオラ米原子力委員



R. V. ムーアー氏 (イギリス)

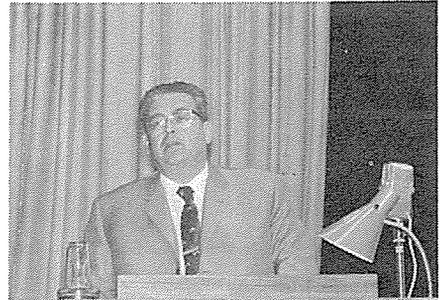
海外招待講演



H. W. ミューラー氏 (西ドイツ)



H. ピアティエ氏 (フランス)



フレデリック・ド・ホフマン氏 (アメリカ)



S. L. シブリー氏 (アメリカ)

1969. 5. 17
3851

目 次

開催の趣旨	1
開催までの経過	1
準備委員会委員名簿	2
大会成果の要約	3

第 1 日 3 月 4 日 (火)

開会総会

原子力産業の現状	橋本清之助氏	6
原子力開発と社会	山田太三郎氏	8

特別講演

1. 原子力開発に対する産業界の考え方	土光敏夫氏	13
2. 国土総合開発と原子力立地	平田敬一郎氏	15
3. 放射線化学の発展と国際協力	宗像英二氏	18
4. 米国における原子力供給産業の現状と将来	F. コスタリオリ氏	20

午餐会における特別講演

国際経済情勢について	大来佐武郎氏	26
------------	--------	----

パネル討論会 - 1

「ナショナル・プロジェクトと国内の協力」

(議長 清成 迪氏)	28
--------------	----

第 2 日 3 月 5 日 (水)

一般講演 - 1

1. 電力需給と原子力発電の見通し	山崎久一氏	34
2. 軽水型原子力発電所の建設状況		
敦賀原子力発電所	浅田忠一氏	36
美浜原子力発電所	岡野茂夫氏	37
福島原子力発電所	野村顕雄氏	39

3. 核燃料資源の確保について	三宅 申氏	41
4. 核燃料問題の現状	今井隆吉氏	43
パネル討論会 - 2		
「国産化問題と開発環境の充実」		47
(議長 村田 浩氏)		
一般講演 - 2		
<原子力船>		
1. 原子力第1船の建造	内古閑寅太郎氏	54
2. 原子力第2船以降の問題	黒川正典氏	56
<R I・放射線>		
3. R I・放射線の鉄鋼業への利用	芝崎邦夫氏	59
4. R I・放射線の土木建設業への利用の現状と問題点	藤井正一氏	62
5. R I・放射線機器工業の現状	山崎文男氏	64
<原子炉多目的利用>		
6. 原子炉の鉄鋼業への利用	松下幸雄氏	66
7. 原子炉の海水脱塩ならびに化学工業への利用	角田吉雄氏	67

第3日 3月6日(木)

海外招待講演

<ガス冷却炉>		
イントロダクション		
	松根宗一氏	71
1. イギリスにおける高温ガス冷却炉の開発	R. V. ムーアー氏	72
2. 西ドイツにおける高温ガス冷却炉の開発	H. W. ミューラー氏	74
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	フレデリック・ド・ホフマン氏	78
<重水>		
4. フランスにおける重水の生産	H. ピアティエ氏	81
<高速炉>		
5. 高速増殖炉開発の現状と分析	S. L. シブリー氏	84
閉会総会		90

第2回原産年次大会概要報告

開催の趣旨

本大会は、日本原子力産業会議の重要事業の一つとして、原子力産業全般の政策・経営問題を中心に意見発表と討論を行なって産業界の見解を広く内外に宣明し、関係者の意思疎通と開発意欲の昂揚を図るとともに、原子力開発に対する国民の理解を深めることを目的としている。

開催までの経過

第2回原産年次大会の開催にあたっては、その構想を具体化するため、昨年10月に産業界ならびに学識経験者からなる準備委員会を設置した。準備委員会では、第2回大会の開催方式、テーマ、内外の諸会議との関連など基本的な考え方を討議し、この年次大会が、将来、わが国全体の原子力大会ともいふべきものに発展することを期待して、その方向で構想を固め、内容の検討を重ねた。とくに、日本原子力学会が中心となり、関連学協会との共催のもとに本年2月開催された原子力総合シンポジウムとは、内容についての調整をはかり、あいおぎなって原子力開発に資することとした。

大会は3月4日(火)、5日(水)、6日(木)の3日間にわたり、東京都千代田区平河町の日本都市センターにおいて開催され、参加者総数は675名にのぼった。

才2回原産年次大会準備委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	関	義	長	三菱原子力工業株式会社社長		
委員	庄	村	義	雄	電気事業連合会副会長	
	田	中	直	治	郎	東京電力株式会社常務取締役
	加	藤	博	見	関西電力株式会社副社長	
	河	内	武	雄	中部電力株式会社副社長	
	吉	岡	俊	男	日本原子力発電株式会社常務取締役	
	大	堀	弘	電源開発株式会社副総裁		
	村	田	浩	日本原子力研究所副理事長		
	清	成	迪	動力炉・核燃料開発事業団副理事長		
	湯	川	正	夫	八幡製鉄株式会社副社長	
	吉	山	博	吉	株式会社日立製作所専務取締役	
	法	貴	四	郎	住友電気工業株式会社常務取締役	
	安	藤	良	夫	東京大学工学部教授	

オブザーバー

	田	中	好	雄	科学技術庁原子力局次長
	大	永	勇	作	通商産業省大臣官房総合エネルギー政策課長

大会成果の要約

第2回大会を省みて、いろいろな特徴を指摘することができる。

まず、今回の大会全体を通じて、原子力開発は、その実体において、着実に前進を続けていること、これに伴ってわが国の原子力産業界は、抽象的なものではなく、実際に仕事を進める上での具体的問題に逢着しており、したがって、強力な原子力産業の確立が今、是非とも必要であると感じられた。

すなわち冒頭の原産報告で、原産の橋本代表常任理事は「今を措いて、その時期はない」と強調し、製造工業代表土光東芝社長は、そういった認識に立っての産業界の心構えと、この意欲を無為に終らせないための、関係各界の協調の必要性を指摘した。

アメリカ原子力委員会のコストリオラ委員は、米国の原子力供給産業の現状と今後についてのべたが、その中で、原子力開発は国際性を抜いては考えられず、したがって国際協調が極めて重要だが、同時に「自由かつ公正な競争」の原理が尊ばれるべきだと強調した。これもわが産業界にとって、そのような国際競争に伍して行けるような真の実力が必要であることを痛感せしめたものである。

二つのパネル討論会があり、まず「ナショナル・プロジェクト」という形で、この問題が長期的観点からの自主技術の開発推進問題として取扱われ、ついで「国際化問題と開発環境」という中期・短期的観点から充実した討論が行われた。

中央電力協議会山崎氏から、電力10カ年計画と原子力発電の見通しについての説明があり、衰えを見せない電力需要の伸びと、ますます強まる原子力発電への期待とから、いよいよ国産化問題の重要性が痛感された。

原電、関電、東電の各講師から、現在進捗中の軽水型発電所の建設状況について報告された。これら5基の発電炉の経験は、後に続く諸計画にとって大きな参考になるものと思われた。

燃料問題については、ウラン資源の長期安定的確保、および目下世界中

の重要テーマとなっているウラン濃縮とその周辺の問題について、それぞれ専門家から報告がなされた。

原産の各種委員会，懇談会の中から，検討結果の集約されたもの7件（原子力第1船の建造，原子力第2船以降の問題，R I・放射線の鉄鋼業への利用，R I・放射線の土木建設業への利用の現状と問題点，R I・放射線機器工業の現状，原子炉の鉄鋼業への利用，原子炉の海水脱塩ならびに化学工業への利用）についてそれぞれ報告があった。発電のみならず，原子力船，R I・放射線，多目的利用原子炉，と幅広く多岐にわたる原子力産業の大きさを感じるとともに，これらの分野でも着手できるものを積極的に求めて，実用化に進むべきであることが痛感された。

原子力委員会山田委員から，「原子力開発と社会」と題する特別講演があったが，安全性に関する問題を中心に，政策的，社会的角度のみならず，技術的その他あらゆる分野での問題を，きわめて広汎にわたって言及された。

国土総合開発審議会平田会長は原子力立地問題は従来の産業では見ることのできないユニークなもので，産業と一般社会とが調和のとれた進み方を示す最初のものになれること，したがってその方向で一層の努力が必要なことを強調した。

放射線化学の分野での発展とその国際協力について宗像原研理事長は，この分野での重要な問題を明確にのべ，発電の分野の関係者からみても示唆に満ちた内容であった。

最終日は，海外からの5人の権威者による招待講演で，高温ガス冷却炉を中心に，イギリス，西ドイツ，アメリカのガス炉の開発について，AEAのムーア氏，BBC・クルップのミュラー氏，GGAのドホフマン氏から，それぞれの顕著な進歩ぶりが聞かれた。冒頭，松根副会長がイントロダクションでのべたように，ガス炉に対する関心を持ち続けることは必要であって，これら三カ国における精力的な開発に注目し，日本としてどうするか判断の時期を見誤ってはならないと感じられた。

重水の製造に関しフランスCEAのピアティエ氏は，他の国の方法と異

なり、アンモニア工場との組合せでできるフランス方式のプラントについて興味ある内容の講演を行なった。

高速炉開発に関しては、アメリカのエジソン電気協会を代表してPGE社シブレー氏が、開発の現状と分析についてのべた。アメリカでは、政府と民間の両建てで、層の厚いしかも有機的な計画が進められており、長い期間と多額の資金を要する高速炉の分野では、研究開発の段階から、国際間協力を含む多角的な協調が重要であると感じられた。

開 会 総 会

議長 横山通夫氏（中部電力株式会社社長）

はじめに、日本原子力産業会議菅禮之助会長が開会の挨拶を行ない、つづいて、第2回大会準備委員長関義長氏の準備経過報告ののち、科学技術庁長官・原子力委員長と通商産業大臣から祝辞がのべられた。

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

1. わが国の原子力開発は実用期に入り着実な前進を続けている。これを原子力発電でみると、現在、稼動中の1基のほかにも5基約240万KWが建設中であり、44年度には4基約250万KWが着工される予定となっている。年平均300万～400万KWの新規着工が普通に感じられるのはもうすぐ先のことである。

2. 3年前、原産の開発計画委員会吉村部会が、政府の総合エネルギー計画、改訂原子力長期計画にさきがけてこれを上廻る計画（60年度の原子力発電開発規模約4,300万KW）を発表したが、実際の開発担当者である産業界は3年前と変らぬ開発意欲を計画に示している。

3. この原動力として、開発着手以来10年余にわたりかん難、試練に耐え、大規模な研究開発投資を含めての能力培養と環境充実とに専心してきた関係産業界の努力の結果と、これにより海外先進国で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り入れ消化する素地を作ってきたことがあげられる。

4. 原産が実施している原子力産業実態調査に、この辺の事情が如実に現れている。今回の調査では、まず原子力発電所の本格的な建設を反映して、民間企業による全支出高は前年度の約2倍で350億円（うち電気事業

は前年度比3倍で約150億円)となり、大型化の様相を呈してきたことが第一にあげられる(同年度の政府原子力予算は約170億円で鈳工業の支出高とほぼ同程度)。

第二に上げられるのは、原子力が実用期に入ったこの段階でも、なお、鈳工業支出に占める研究支出のウエイトが高いことである(一般産業の平均1%に対し原子力30%)。

第三に、実用期の順調なすべり出しにより、将来の見通しに確度が得られ易くなったことが指摘できる。40年度までの調査では、将来見通しの予測数値は年によって大きくバラッキを示していたが、今回調査での今後5年間の予測数値は前年度(41年度)の予測ときわめて一致した成長曲線を示している。これは、原子力産業をとりまく諸情勢に安定度があくわわり、産業基盤も充実化の方向に向い、産業界に自信が生れた証左であるといえよう。

5. わが国の原子力開発上の問題点を考えるため、海外の主要な動きに眼を転じてみる。昨今やや沈静したとはいえ、1965年後半から米国で起った軽水型発電炉の爆発的発注(約30カ月間で60基、5,000万KW)は、米国において軽水炉が在来火力と完全に比肩しうる市場性を獲得し、その地位を確立したといえることができる。

6. ウラン濃縮の問題であるが、現在原子力発電用の濃縮ウランを大量に、経済的に供給できるのは米国だけである。しかし、米国の濃縮ウラン供給能力は、米内外の需要増大傾向から現有設備では1970年代に不足することは明白である。元来、エネルギー資源のような基幹的物質の供給元が1カ所しかないという状態は好ましいものではない。欧州では濃縮ウラン供給の全面的対米依存を避けるため、かつまた、ウラン濃縮事業に要する資金、技術の大きさから判断して各国共同で一つの濃縮施設を作らうという考え方があり、この問題はわが国にとって重大な関心事であるといえる。

7. 高速増殖炉を含めての新型炉の研究開発は、核燃料の一層の有効利用、全体の経済性の向上、自国の製造工業の能力開発等をねらいとして主

要先進国で行なわれている。わが国でもエネルギー供給の安全保障の手段としての見地から、動燃事業団が中核体としてこの路線に沿った開発を遂行しており、民間産業としても全面的に協力している。

8. 以上述べた如く、わが国の原子力産業は国内的、国際的背景の中で一つ一つ解決しなければならない問題を数多く抱えている。

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

開会総会招待講演

議長 駒井健一郎氏（株式会社日立製作所社長）

原子力開発と社会

原子力委員会委員長

委員 山田太三郎氏

1. 立地・安全問題

昨秋開催された世界フォーラム大会のパネルセッション「The Atom & The Public」でのスイス代表の発言によると、「原子力施設立地に対するスイスの公衆の受入れ方は良好であり、いまだかつてPRの専門家を必要としたことはない。これはスイス国民が権威に信頼をおく傾向をもち、また新技術を受入れるのに容易な国民性をもっているからであろう」とのことである。

しかし他国は必ずしもこうでなく、各国民性によってかなりの違いがあ

るようである。

最近、各国において火力の公害問題がクローズ・アップされ、亜硫酸ガスの規制の問題からサイトの獲得は難しいようである。

中央電力協議会発表の43年度電力長期計画をみると、原子力開発にかなりのウエイトの高まりがでてきているが、これは原子力の経済性を見通しに明るさを加えたこともさることながら、火力の公害防止対策によるコスト・アップも反映しているとみられる。しかし、日本の原子力立地はスイスのように容易に運べるものではない。総理府が昨年行なった「原子力平和利用に関する世論調査」でも、国民一般の原子力に対する理解は不十分で、これに加えて日本は漁業のウエイトが高いという立地上の問題点があり、苦心を要するところである。

フォーラム大会で米AECが発表した「Nuclear Industry — 1968年」では、「過去10年間原子力発電に関する事故はなかった。したがって、保険料は $\frac{2}{4}$ ～ $\frac{3}{4}$ 程度払戻しされる。これは原子力発電が安全である証左である」と述べられている。しかし、安全問題は実際的には事故が生じてなくとも、理論的にリスクとして存在する限り慎重を期す必要があるわけである。

わが国には原子炉安全専門審査会が設けられているが、これは中立性をまもることが標榜されており、public機構だがその審査結果は尊重され、変えられることはない。

安全審査について米国と日本の相違をみると、米国は1施設の審査に11～12カ月かかるが、日本は5～6カ月である。この期間的問題は資金的な面その他影響の大きい問題である。この差の理由として①米国のほうが申請数が多い。②メンバーが米国の15人に対して日本は30人などがあげられる。また、日本で建設する軽水炉は米国などから導入するものが多くデータ上の問題でスムーズに運べるということもある。このほか、米国では公聴会(1～2カ月)を必ずやるが、日本はケース・バイ・ケースでやる。

安全問題については、過去致命的な事故がなかったために、基本的な考

え方は各国でまちまちである。欧州ではサイトの広さのウェイトは小さく、デザイン、オペレーションに重点をおいている。そして確率の低いものは除外する方向をとっている。米国はこの逆で、「ありえないことはない」という厳しい条件の下 Maximum Credible Accident 以上に Design Base Accident 的な考え方をとっている。日本は米国に近い考え方をとっている。ソ連は確率の低いものを考えない程度は欧州以上である。コンテナもほとんど存在していない。

わが国の立地基準，機器基準，事故の考え方等については昨年設置した原子力委員会の動力炉安全基準専門部会で検討されつつある。

一方，米国における原子力発電所の爆発的発注は昨年に入ってやや沈静化した，この理由としてコストの上昇と安全許可が厳しくなったことがあげられる。AECは一昨年より非常冷却系の強化の方針を打出し，この結果としての Safety cost の追加がかなりの影響を及ぼしているのである。軽水炉の安全対策上の計上コストは20～25ドル/KW，火力は20ドル/KWであった。原子力は前述の非常冷却系の強化により25ドル以上になっているであろうが，火力も air pollution 等の対策支出が上廻っているのので似たような線になっていよう。

原子力と火力の関係を単なる経済性だけでなく，公害，港湾・輸送設備や外貨問題等を含めた社会コストの観点でみると，原子力有利の線が出されている。昨年のATOM誌11月号では，原子力と火力の単なる比較だけでなく，社会的にいろいろな面からとらえた secondary cost を定量化して出す手法がとられている。

2. 放射性廃棄物の処理，処分

再処理は核燃料の有効成分の再使用をねらいとするものであるが，燃料サイクルの本筋はPu依存にあると考えられ，この意味から燃料サイクルの本格的な出発点は再処理であるといえる。濃縮ウランはこの燃料サイクルの序曲を華やかにするだけである。

再処理はPuを含めた有効核分裂物質の回収以外に，放射性廃棄物の処理，処分の問題に大きな関係をもつ。

再処理工場建設問題は難航しているが、これは射爆場移転問題のほか、これまで低レベルの廃液の放出基準がなかったことも一因となっていよう。この意味で本年2月に出された「再処理施設等から生ずる放射性廃液の海域放出に係る障害防止に関する考え方」についての放射線審議会の答申は、低レベルの海域放出を可能にする指針として、この問題の見通しに明るさを与えたものであり、今後、これを行政化していく手続きが要求されるわけである。この答申は主として再処理施設についての検討にもとづいているが、その考え方は、基本的にはすべての原子力施設に適用されるものである。

従来、規制法およびICRPの勧告が規定する水中の許容濃度は飲料水に対するものであり、この基準は海水が飲料水でないこと、ま海中における海洋生物による濃縮という問題を考慮すれば、そのままこの濃度を海水に適用することは望ましくない。また、局地ごとの条件や習慣等の現実的な調査も必要である。放射線審議会ではfood chainを通じての基準（公衆の構成員に対する総量限度—500ミリレムの $\frac{1}{10}$ ）を示した。この行政化の問題が残されているわけである。

一方、再処理工場が大型化してくるとクリプトン等気体廃棄物の問題がクローズアップしてくる。米国等では気体は出すが液体は出さない、いわゆる海域放出をしないという考え方で乾式法の研究開発も行なわれている。この乾式法は、当然、経済性を考慮する必要があるが、高速炉の再処理につながるものであり注目に値する。

中・高レベル廃棄物の処置の検討も大事なことである。海洋投棄については国際的に非常に難しい。ソ連が絶対に反対している。米国も国内で処置できるためにあまり熱心でない。国際的基準ができない現況であるが、日本は何か具体的方途を定める必要がある。

高レベル廃棄物は有用な物質を多く含んでいる。RIの利用が大きくなってくると、それに活用される多くの室がここにかくされている。米国は高レベルの海洋投棄をやらない理由としてこのこともあげている。

要するに、放射性廃棄物の処理、処分の問題はさしせまった問題となっ

てきており、原子力委員会でおおいに取上げる必要がでてきている。近年この種の研究は干上っており、過去のものばかりしかない。放射線安全問題の一環として基礎研究から pilot stage まで進めていきたいと思っている。

特別講演

議長 藤波 収氏（電源開発株式会社総裁）

1. 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 土光敏夫氏

原子力発電の開発は、輸入エネルギー依存度の高いわが国にとって、将来の経済性や公害問題等との関連からみて、重要かつ緊急性をおびている。しかるに、わが国の原子力研究開発の現状は先進諸外国に比しかなりの遅れをみせている。

一昨年、動力炉・核燃料開発事業団が発足し、10年間に2,000億円を投入して独自のATR、FBRの開発に着手しているが、これはわが国にとって全たく画期的なことであり、いささか遅きに失した感はあるが、成功の暁には外国依存の状態を一気に挽回することも期待できる。このような大型プロジェクトは国民一体となって推進すべきである。

再処理も急を要する問題で、未解決のままに放置すれば燃料サイクル上その他の影響も大きく、また、現在予定されている0.7t/dの処理能力では50年頃に能力不足が懸念されるところである。

ウラン濃縮の問題も、核燃料長期政策上真剣に検討すべき時期にきている。ガス拡散法や遠心分離法の研究開発も行なわれているが、大局的にこの問題の見きわめをつけておかねば、安定、低廉、多様化のいわゆるエネルギー供給の三原則が確保されないことになる。

国民一般に対する啓蒙も緊急性をおびてきている。地震という特殊性もあるが、原子力立地の面で計画の齟齬を来している面があり、官民ともに絶対的な安全性の確保とPRに努力する必要がある。

多量の重油を使う運命にあるわが国にとって、原子力発電こそ公害問題を避ける最上の手段である。政府も民間も積極的に国民にしらせる態度が

必要である。

原子力発電技術は核物質，エレクトロニクス，炉物理，機械工学，機械工学，溶接工学等最高の技術の総合組合せにより成立つものであり，広範囲の高度な専門技術者も多数必要とし，その養成は重要な問題である。現在の関連技術者は8,500人で45年には1万5,000人が必要とされることである。現在，わが国の火力発電技術は斯界最高のレベルであり，また造船・船舶工業でも溶接関係の優秀な技術があり，これらの関連からわが国は原子力の必要技術層に対して高次の基盤をもっているため，原子力研究の実際の建設に当たってきわめて有利な条件になるといえる。

原子力発電所の建設に当たって安全性を第一に考える必要は論をまたない。したがって，メーカーとしては製作，検査に際して100%の万全を期す覚悟である。

日本の鉄鋼は世界に冠たる優秀なものであり，機械工学でも理論でもすぐれている。この意味からも，日本の炉製造の条件がそろっているといえる。

メーカーとしても，最初から相当の覚悟と計画をもって原子力開発に当たってきた。身分不相応の金も出し，技術者も養成してきた。特に圧力容量の製造設備については，世界最優秀の完備した技術を確立している。

原子力発電設備については，プラントといわず部品といわず，日本の特徴ある製品となる可能性があり，火力発電その他の設備以上に輸出産業として伸びる将来性をもっている。

経済性の面でも，原子力は遠からず火力を凌駕するであろうが，このコスト低減については，当然，メーカーも重大な使命をもつものであり，合理化等を通じて十分な努力を行なうが，安全性第一に重点をおく必要があり，このかねあいから慎重な態度を必要とするところである。

また，今後建設されるわが国の原子力発電設備は，50万—78万—100万KW級と種々予定されているが，上述の関連により，容量その他の面で規格を統一され，各種各様の製品が要求されないように希望する。

わが国の原子力発電開発は今後ますます本格化していくが，これを軌道

に乗せるため研究開発をもっと盛んに行ない、先進諸外国に対する技術の遅れを取りもどし、わが国固有の技術を確立する必要がある。このため、民間の努力も必要だが、政府の予算の出し方が小規模にすぎるきらいがある。各種のビッグ・サイエンスの中でも原子力開発は、当面、特に力を入れる必要があるものであり、これがすみやかな開発は国家的な急務といえる。



議長 安川第五郎氏（日本原子力発電株式会社社長）

2. 国土総合開発と原子力立地

国土総合開発審議会

会長 平田敬一郎氏

私が委員長をしていた原産の立地問題特別委員会の報告、および、現在私が会長をつとめている経済企画庁の国土総合開発審議会の審議内容から、2点にわたって述べる。

1. 原産の立地問題特別委員会は従来とは違った調査の仕方をやり、特色のある結果がでていると思う。

いまや原子力立地は幅広い分野、階層での検討が必要であり、狭い意味での原子力の範囲だけでは打開できなくなっている。

わが国の原子力発電の開発規模は60年度に3,000万～4,000万KWと見込まれているが、ここで特に注目したいことは、その頃の電源の新規開発分の6～7割を原子力が占めるようになるということである。このような原子力のウエイトの高まりは、その敷地の確保のために、他産業との共存共栄の問題、当該地域社会と融合する問題の解決の必要性を投げかける。立地問題特別委員会で検討した一般産業立地と異なる原子力立地の特長は、次のようなものである。

(1) 原子力施設の多くが後進的な地域に設置されることである。過疎地

帯に巨大な産業施設が進出するわけであり、それだけに地域社会に及ぼす影響は種々ある。道路の新設、地元雇用、税収の増加等を通じて近代化を促進する利点がある反面、そのショックを緩和するための行政上の配慮が必要となってくる。

(2) ほとんどが海岸立地であることである。温排水や放射能の関連で水産業との関係をどううまく解決するかが大きな問題である。報告書には水産食品の放射能基準を設定する問題等が提言されており、最近、放射線審議会がこの考え方の基本が示されたことは一つの前進といえる。また、こういった問題は、冷静な科学的態度をもって検討を進める必要がある。原産の立地問題特別委員会の検討にあたっては、水産業界からも参加を得たが、このこと自体相当な進歩で将来に十分な期待が寄せられる要素といえる。

(3) 国民の原子力に対する違和感の問題がある。原子力の問題は種々の要素がからみ合っており、十分に理解されることはなかなか困難だが、そうかといってわからないのはけしからんでは解決にならず、PR等を含む広範な努力が必要とされるわけである。モニタリング・システムに例をとっても、政府施設だけでは信用されない。地域社会にもこの種の施設を作らせ、ダブル・チェックさせるようにすれば、地域住民の疑惑感を払拭させるだけでも意味があると思う。

また、非常に具体的な問題として、水産業との共存共栄の問題がある。魚に害を与えないことだけではなく、温排水や放射能を魚族の培養に積極的に結びつける方策がとられ、すでに研究が進められている。政府も資金を積極的に出し、水産業と一体になって研究にあたれば、トラブル解決に役立つというものである。

なお、PRの問題に関連して政府の行政システムと地方の連絡が十分でないことがわかった。実際の運営をうまくやれば、いろんな誤解や特殊勢力の一方的な考え方の排除に役立つのである。情報不統一の面も改善されるわけである。

2. 次に国土総合開発の観点から原子力立地を考えてみたい。

最近、過密、過疎傾向が極度に現われてきている。従来は、この過密地域、過疎地域の検討は局地的に行なわれてきたが、これを総合的視野でとらえる考え方が現われてきた。例えば、今後20年間という幅をおき、どのような進歩、変化が起り、どのような姿が描き出されるかを審議会では検討している。

現在の技術革新の進み具合や、経済の成長ぶりからみて、交通の面でも画期的なことができそうである。全国的なネット・ワークを計画的に進め、細長い日本を有機的、効率的に結ぶ一つのシステムが考えられる。①空の施設、②高速道路、③高速鉄道、④海運の高速化などにより、また、これに通信とコンピューターを結びつけた情報ネット・ワークを縦横に張りめぐらすことにより、狭い日本をできるだけ広く活用するようにしていきたい。そして各地域の特性をいかして発展をはかっていくことが肝要である。

これらを実現していくために、巨大計画の実行が必要とされるが、これをカテゴリーに別けると次の通りになる。①ネット・ワークシステムの確立、②ネット・ワークシステムとの関連による工業、農業、観光についての大規模プロジェクトの実施、③人間性の維持、保存のためリクリエーション施設やニュー・タウン等をつくっていくこと。

一方、今後の工業は二つの面で発展していく。①コンビナート——巨大化する。②加工型産業——高度の知識・技術に結びついたもの。

これらは、既存の工業地帯では間に合わない。西の方に一つ、東から北に向って二つ、従来のもよりスケールの大きいものを建設しなければ、20年先に現在の4～5倍になる日本の工業生産力を入れる余地はない。

これに関連して原子力が大きなねらいの一つとして登場してくる。原子力も巨大性により経済性を取得する面をもっているだけに、この大規模工業化の関係とうまく結びつくのではないか。将来、1カ所に100万KW級が4～5基まとまった巨大原子力発電所が想定され、これを中心とした原子力コンビナートが発展していくことになる。50万KVの超々高压送電線も計画されているが、これが全国的にはりめぐらされるようになれば、

原子力立地も全国的な視野で展開できよう。電気事業界では、広域運営により適切な対処方策をとっておられるが、全国的見地から今後一層そのような考え方を進めていただければ、産業の合理的な配置や流通のシステムづくりに効果的であり、国土総合開発の見地からも望ましい結果となる。



議長 田代茂樹氏（東洋レーヨン株式会社社長）

3. 放射線化学の発展と国際協力

日本原子力研究所

理事長 宗像英二氏

1. わが国における放射線化学

約20年前イギリスのチャルズビーが放射線によるエチレンの架橋反応に成功して以来、わが国でも高分子化学者の間に放射線化学に対する関心が高まり、産業界、学界の協力を得て日本放射線高分子研究協会が生まれた。その東京研究所および大阪研究所で放射線化学の研究が推進されたが、後に研究・開発の規模の増大が望まれ原研に高崎研究所が設置された。放高協東京研、大阪研はその後発展的に解消して原研に併合された。わが国で放射線化学に従事する人には、諸外国にくらべ比較的多く、昭和40年11月には日本放射線化学会が発足した。

2. 研究・開発の現状

日本の放射線化学はその成立ちの関係で、高分子に関する研究が多く、その応用を目指しているのが現状である。2, 3の企業で放射線処理をほどこした製品を市販しているが、研究開発に手間どるものは、高崎研が中心になって推進している。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が高崎研で採り上げられているが、この中には研究が進展しマーケット・リサーチの段階に達しているものもある。高崎研独自のアイディアを進展させている研究に、気体のア

イソトープを使つての照射や原子炉に特殊なループを組んで放射線化学に用いる研究がある。今までの放射線化学の反応は、原料のもっているエネルギー水準が製品のもつエネルギー水準より高いわけだが、この逆の現象、製品を得るのにエネルギーを与える反応を原子炉の中で行わせるというのもおもしろいと思う。世界的にみてもめずらしい有望な研究が進行しつつあり、高分子から出発して多岐にわたりつつあるのがわが国放射線化学研究開発の現状といえよう。熱力学、電磁気学などエネルギー変換の様相を説明する学問があるが、これに匹敵する放射線感応学といったような学問を育てたい。

3. 日仏・日米研究協力の現状

日本の特色ある放射線化学の研究は、海外でも大きな関心事であり、研究の国際協力の形で表われた。原研とフランス原子力庁との間に日仏研究協力協定ができ、日仏両国で毎年交互に連絡会議を行なつてきている。今年第6回の会議をパリで予定している。日米研究協力については、一昨年両国の関係者双方約20名ずつが出席して、放射線化学に関するハワイ会議が開かれた。高崎研とブルックヘブン国立研究所(BNL)の間で、放射線化学に関する研究協力協定ができ、昨年BNLで第1回の研究検討会議が開かれ、今年高崎で第2回会議が行なわれる。

4. 国際協力の将来

日仏、日米の放射線化学研究に関する国際協力は、実用化に向つてますます緊密さを増してゆくと思われる。高崎研は今年から食品照射のセンターの役目を果たす使命を与えられた。日本でも今後この分野が発展しきかんになると思われるが、原研には東南アジアの人達が関心をもって打診にくる。10年後には東南アジア産の照射した野菜や果物の輸入が夢でなくなっているかもしれないと考える。海外の創造的な優れた研究成果に敬意を表するとともに、わが国の特色ある研究成果を敬意をもつて迎え入れられるべく努め、相互信頼にもとづく国際協力の実をあげるよう望んでいる。国際協力の意図するところは相互の競争、練磨の中に優れたものを受入れ、足りないものを補つて相互の進展に寄与せんと期待することにほかならないと信ずる。



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

アメリカ原子力委員会

委員 F. コスタリオラ氏

1. 現在の米国の原子力供給産業

現在の米国の原子力供給産業は4グループに分けることができる。原子力蒸気供給系、核燃料サイクル、タービン発電機と関連機器、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。4グループの1970年における年間販売高は、それぞれ3億ドルと予想されている。また、1980年までには10億ドルのオーダーになると見込まれる。

現在米国においては、原子力供給事業に参加している企業は多数あるが、一方、原子力部門を専業とする企業の数が少ないことも特徴としてあげられる。圧力容器と一次ポンプに3社、 U_3O_8 の UF_6 への転換に1社（間もなく3社になる）、ジルコニウム・チューブに4社、制御棒および制御棒駆動装置の製造に6社がある。原子力供給事業を経済的に経営するためには、一定の期間にある最小限の原子炉系やコンポーネントを販売しなければならないが、市場では、限られた数の原子力発電プラントの計画がオフターされるにすぎないから、供給者の数もまた限られる。これにより、世界的にみられる原子炉供給者の合併と結合傾向がもたらされるわけであるが、これはしばしば、政府の支持や指導の下に行なわれている。

小規模経営が可能であり現在もそうであるウラン鉱山やコンサルタント等の分野を除けば、原子力分野の米国企業の特徴は、原子力以外の分野において一定の取引を持っており、技術的、資金的ならびに規模のあらゆる意味ですぐれた会社であるということである。しかし、これらの特質はそ

れ自体成功を保証するものではない。このことはこのような特質を持っていながら、足場を得る真剣な努力をしても成功できず、原子力産業から撤退した会社を見ても、明らかである。

成功した会社の別の特色は、その事業分野がすでに成功を収めた在来分野と並行しているか、深い関係を持つということである。原子炉圧力容器タービン発電機、コンデンサーおよび水供給設備、バルブおよびポンプ、ならびに計装器類や制御装置等の製造に例をとればよくわかる。原子力産業における建設工学の分野や建設技術者等は、また、その大半が原子力以外の分野においてすでに名声を得た会社によって占められている。

これらの会社のもう一つの他の特色を述べれば、世界的規模での市場活動の方向へその経営を向けようとする強い傾向である。

2. 原子力供給産業の各施設の経済的規模

「規模の利益」は、化石燃料発電所と原子力発電所との経済競争において主要なファクターである。原子力供給産業も同様にこのような関係にしたがうものである。

現在の原子力界においては、小規模で経済的なガス拡散工場や再処理プラントを建設することは不可能であり、これは、現在の技術で小規模で経済的な原子力発電所を建設することが不可能であるのと同様なことである。

開発段階および実証段階を過ぎて、経済的に成長できる産業の建設と経営の時期にきた現在、限界規模にあるのではなく経済規模にあるプラントが建設されるということが重要である。米国内における現在の傾向は、かかる規模になるであろうということを示している。

さまざまなレベルの原子力発電の規模が、供給産業の他の分野は当然のこと、ガス拡散工場、再処理プラント、採鉱・製錬工場、成型加工工場、圧力容器製造工業、ターボ発電機製作工業などを経済的に支えるために必要であることは経験上知られていることである。供給産業の各分野を支えるために必要な原子力発電のレベルの相異は、各国の異なる環境、例えば、労賃や電力コスト等の変化によって、一層大きくなると思う。またさらに、いくつかの国では、なるべく早期に成熟産業にする見通しと、世界市場で

ある程度の優位を確保しようという希望を持って、発展中の供給産業へ強力な育成策を与えようとする傾向があるが、その大きな効果もこれに追加すべきである。供給産業におけるいくつかの分野の供給力は、それが他の領域で見いだす市場によって国内で支えられる。

3. 米国の原子力供給産業の将来

米国の原子力供給産業が将来、国内市場、供給産業を持つ外国の市場およびある特定の必要製品のための供給産業を持たない外国の市場において得る地位にも注意すべきである。

前にみたように、多額な世界規模での取引のどれだけの量が、企業であれ国であれ、各種の供給者に与えられるかを予想することは明らかに困難であるが、米国においては次の10年間で、米国の需要のためのあらゆる分野、資本設備、燃料サイクルに対する競争的な供給産業を正当化する十分に大きな国内軽水炉市場を持つであろう。

米国は進歩した技術的地位と原子力発電、設備、コンポーネントおよび燃料の国内需要に対する供給力を維持できると思う。

供給産業を持たない国の市場については、米国の製品が広範囲に使用されると思う。しかし、これらの地域では一定の貿易相手やまたすべての場合、国際収支や金融上のアベイラビリティと条件に大きく依存しそうである。これら個々の市場は米国市場の全体のうちの大きな割合を表わすものではない。したがって、本質的なものではないが、米国の原子力製造業者や供給業者にとっては重要であり、また彼らによって競争が行なわれよう。

別な見方をすれば、原子力材料や役務が必要な国は、国内に相当な供給源を持っていてもいなくても、むしろ恵まれた立場にあるようになる。多くの企業はもとより、彼らに役務をオファーする国が多数あるであろう。彼らの供給者選択は広範囲にわたって行なわれ、またその競争的条件を得る能力はすぐれているに違いない。

このようなアベイラビリティは、彼らが未成熟な産業を開発することや、それに伴う失敗を省くことになる。

このように、原子力の国際市場での米国供給産業の地位については、それがきわめて活発であり、それに対する激しい国際競争が生れるあらゆる指標がある。

4. 供給産業の資格——米国の考え方——

米国では他の国と市場の様相が非常に異なっているであろうが、米国で発展している競争的な供給産業の経済性にもとづいた観察を原子力に焦点をしぼって述べたい。

パイプ、圧力容器、バルブ、熱交換器、タービンなどにおいて在来分野の産業を持つ国は、その分野の能力を原子力分野へ拡張することにより国内や国際競争へ参加でき、現在そのようにしている。原子力に関連した産業のいくつかは、例えば、計装器類のように、資本集約的ではないし、商業的市場で地位を得るために大規模経営を必要としない。かゝる供給力は世界各地で成長するであろう。

しかし、原子力供給産業の主要な分野に関しては、これらの分野に従事しようとする企業や国は、明らかにコストや限界的ペースでの経営を計画する際の起り得る経済的ペナルティーを注意深く評価しようとするであろう。市場、コスト、国際収支問題、そして特に、大規模供給者による技術進歩の計画や評価に含まれる判断は、実際、最高度の経営的、政治的考慮を必要とする。

5. 供給産業保護主義における国

国際市場をめぐる供給国間の競争に関して、自由で公正な競争のいくつかの側面もコメントする価値がある。国際的販売についてみると、ある一国にとってのみの国際的条件には適用しない。第一は、供給産業に対する政府の直接の援助に関する事柄である。この援助は短期間においては適切であっても、強力な育成策は成熟産業にとっては不適當であることがわかる。直接補給金、購入保証など、国内他産業へは一般的には適用されない税的優遇措置、資本貸与、市場金利以下の低金利の貸付およびこれに類したものがそれである。

もし、これらの措置が産業確立の合理的な限界を越えて実施されれば、

原子力の経済性を損い、長期的にはユーザーの最高の利益とならない原子炉の選択という結果になるかもしれない。

政府による外国競争者の抑圧は自由で公正な競争に対して強い圧迫を加える。政府の機能となり得、また特色的に政府機能である国内産業と調和して働く、国際貿易に対する諸制限についてみると、関税、輸入数量、国境税、外国投資の禁止ならびに同様な制限的方法や、通常、非関税障壁として分類される国際貿易に対する他の障害等がある。このような制限が、間もなく国内で自立できる健全な産業育成の範囲内で採られる場合は反対するものはない。他方、その他の目的や早期の産業開発以外の目的のために設けられた制限は、当然、保護主義という回答をまねく結果となる。最近のニクソン大統領の声明では、「米国の利益と全世界の利益は、保護主義よりも自由貿易を行なうことにより充足される。また、それらが米国にしる外国にしる採られた場合、永久的となる数量制限やその他の方法へと動くこの傾向を悲観的に思う」との所信が述べられている。

関税の検討と引き下げに関するケネディー・ラウンドにおいて、米国は、原子力材料、設備、役務関係の関税を検討の対象とし、広範な関税引き下げの一般計画にしたがい50%の引き下げに同意した。われわれは現在これにしたがって進めている。

軽水炉とコンポーネントの潜在的な供給者のなかで、米国とスウェーデンのみがかかる政策を実施し、その結果、他の軽水炉供給国の関税よりも一般的に低いことに注目すべきである。

6. 安全と公衆の保健

産業界と政府が今後検討する重要な点、つまり安全と保健のための適切な規準と規制の設定と改善について述べたい。

多額な資金を確保する場合の困難さをはじめ、原子力発電所に必要なことからの複雑さを認識すべきである。このことは、コスト削減のためのあらゆる手段へ注意をひき、その結果、供給者間の競争に影響をおよぼす。安全性を維持しつつコスト削減を果すことは今後とも問題となる。

安全基準はあらゆる場所で同一ではないという事実によって、この複雑

さは一層よく示される。サイトの検討はごく個別的な事柄である。現在の人口密集地と将来の人口密集地への近さが主要な関心事である。たしかに、定義することが非常に難しいこの問題、すなわち、原子力技術の利益を得るために受け入れられるリスクの程度が第一義的である。これらの事柄においては意見と判断の実際の相違が非常に大きい。しかし、互いに競争している供給者は入札しなければならない。

どこであれ原子力発電所の一つの重大事故は世界中に激しい反響を起すことを、この非常に進歩した科学、技術の分野に従事している人々は熟知していることである。原子力機器のコスト削減の努力において、この種の過度なリスクを故意に減ずる企業も国もないと確信する。個々の適用の問題で十分な理解に達するため、供給者、顧客、および政府のそれぞれ独自の考え方の間に密接な関連性が必要であると、米国では理解されている。競争入札は意味あるものだが、これを比較し、評価しうる規準を設定する必要があり、そのための努力はきわめて望ましいことであるが、まだ、未解決な個所が多分にある。

私はこのことがらのもつ重要性を確信していると同様に、否定的なアプローチ、すなわち、安全性の考慮を経済目的のために制限するようなことを排除する努力が断然必要である。

安全性に関しては、外国供給者よりも各国とも国内供給者の申し出を容認するであろうから、特別な努力が必要とされるであろう。しかし、もし自由で公正な競争があるとするならば、われわれは、公正で適切な安全規準を国際的ペースでつくるために、体系的でかつ、オープンな手段を講ずる必要があるというものである。

午餐会における
特別講演

国際経済情勢について

日本経済研究センター

理事長 大来佐武郎氏

(1) 日本の経済成長、経済規模の拡大化現象は顕著なものがあり、GNPは1966年から200億ドルづつのび、本年度は1400億ドル、明年度は1660億ドルが予想される。1975年には、3000億ドルに達しよう。これまで生産、輸出第一主義の経済政策を持って来たので、いわゆる“GNPギャップ”が存在し、しかも“国際的という観点”がなかなかピンと来ないのが日本の現状の姿である。

従来、日本は世界の先進国に対し“受動的立場”にあったが、輸出競争力強化で現在では逆に日本が世界にインパクトを与えるという“能動的立場”に変わって来た。これからの日本は“調和のとれた経済発展”を指向する必要がある。

(2) GNPの高度成長に比例して輸入が増大し、とくに原材料資源（GNPの約10～11%）の輸入増加が著しく、このまま経済の拡大現象がつづけば世界の資源をカキ集めることが必要になる。今後は輸入を重視する長期観に基づく経済外交の必要がある。いずれにしても日本経済は世界中の資源の基盤に立っているため世界各国との友好関係が不可欠で、この意味から、アジア主義は今後意味を持たなくなるのではあるまいか。

(3) 日本経済の高度成長の結果、近年とみに“労働力不足”と“賃金高”の現象がクローズアップされて来た。この現象は、日本の産業構造に次のときインパクトを与えよう。すなわち、日本の伝統的産業といわれた“労働集約的産業”（雑貨、農林、水産ばかりでなく機械も）の国際競争力を弱め、その結果として、このような産業は他のアジア後進国へ移り、

現地の安価な労働力と結合した産業となろう。

(4) アメリカのアベグレン氏は「1975年にはアメリカと日本間の片道貿易は年間100億ドル(現在40億ドル)を越すであろう」と述べている。今後先進国との間の多角的な企業提携が進み、70年代の日本経済はますます国際化するだろう。いま日本は、シブシブ自由化しているが国際化時代に対応して特に輸入の自由化が必要となり、70年代には逆に日本が海外に向って積極的に自由化を求めることとなろう。さらに、これからの日本企業は、「日本の会社」という意識を持つことはやめて、代りに資本・経営・技術などの参加による海外への多角的進出を図り、国際提携ベースによる「国籍不明の会社」として発展し、その利益を日本に持ち帰るという型態をとることが必要だろう。また自給自足的経済でなく国際収支バランスを目標とした経済政策をとるべきであろう。

(5) 日本の技術輸出・入バランスは大幅に輸入超で10年前が100対1、現在が10対1くらいだ。欧州はこれが10対3から5くらいだ。今後は技術国際化が進み分業化の傾向が強まるが、一方的な技術輸入国となるよりも輸出国にする必要があり、アウタルキー的な立場でなく、技術的収支バランスを念頭に置く必要がある。

(6) 日本のエネルギー輸入依存度は現状でも高水準であるが、75年には80%、総エネルギーの10%が原子力となる85年には核エネルギーを輸入と仮定した場合90%に増加すると見込まれている。ただし核エネルギーを輸入と看さなければ85年の輸入依存度は80%に下る。従って、科学技術の進歩が日本の資源輸入依存度へ与える影響は大きい。

(7) いずれにしても、日本は従来もっていた被害者意識を捨て、主体的に国際経済に対処することが肝要である。また総合的な自由化政策を進める必要もあろう。これによって始めて国際的規模での経済の回転が可能となるからである。

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（東京工業大学教授）

酒 井 正 利氏（電源開発株式会社企画室長）

武 安 義 光氏（動力炉・核燃料開発事業団理事）

永 島 菊三郎氏（住友原子力工業株式会社常務取締役）

西 依 祥 一氏（電気事業連合会原子力部長）

森 川 辰 雄氏（東京芝浦電気株式会社原子力本部技師長）

ナショナル・プロジェクトとしての新型動力炉の開発は①未知の分野の研究開発で不確定要素がきわめて多い。②10年間におよそ2,000億円を要する巨大プロジェクトで、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、このようなプロジェクトはわが国ではおそらく最初である。

わが国がこれから取り組まねばならぬビッグ・サイエンス、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金石ともいえる。このプロジェクトを成功させるカギとしては、国内各層の協力が重要である。

このような意味から、パネル討論会「ナショナル・プロジェクトと国内の協力」を開催した。

討論にさきだって、各パネル・メンバーからキー・ノートの発表があっ

たが、その概要は次の通りであった。

○キー・ノートの概要

1. ナショナル・プロジェクト企画の経過

わが国の電力需要の大部分は、将来、原子力発電によってまかなわれることになるが、核燃料の安定供給、エネルギーの有効利用の点で、現在の軽水炉のみに依存することは得策でない。このため、高速増殖炉、新型転換炉など新しい発電炉の開発が必要であり、わが国も諸外国に遅れを取らないよう、昭和41年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、この開発を担当する機関として動燃事業団が設立された。動力炉開発についての国の方針は、「動燃事業団の動力炉開発事業に関する基本方針」において示されており、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。

2. 動燃事業団はこの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って業務を進めている。

大規模な研究開発自体の難しさのほか、事業団は法律によって設立され、さらに予算の大部分を政府資金によっていることなどのため、他の一般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、異なった畑で育った人々が集まっ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い、人事管理等々の事務的事項の処理をいかに適正に行なってい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いくための努力を払うべきものである。

3. ナショナル・プロジェクト達成の条件

ナショナル・プロジェクト達成の条件は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よい。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するにより、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、国際的視野に立って問題を解決する。③経済的に望ましく、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、事を処するという四つに分類される。

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、④の範ちゅうに属するというべきである。新型転換炉の場合、技術的要素が整っているので③に属するという意見もあるが、その国際競争性を考慮するならば、④といわざるを得ない。この場合、確実な将来の見通しがないから、国またはそれにかか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。したがって各協力グループの資金的、人員的、時間的限界を明らかにし、合理的、経済的限界を越えた、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。

4. 研究機関からの協力

プロジェクトの体制の中で原研の受け持つ役割は、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、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良く連絡を取りつつ、原研独自の業務として進めている。受託研究のほかにも、原研はJ M T Rをはじめとする大型原子炉の建設経験を持っており、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。

人員の確保については、大部分は新人にたよらざるを得ないが、新人の育成については原研も大いに協力し得る。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、これらの研究機関にいる研究者、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欲しい。

5. 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である高速増殖炉さらに軽水炉より燃料効率のよい高性能転換炉をナショナル・プロジェクトとして開発するのは当然であり、旺盛な電力需要の伸びに対処するためにも、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よせられる。電気事業者としては、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。

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っていただきたい。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で協力するつもりである。

6. ナショナル・プロジェクトが成功するためには、しっかりした計画とその管理が最も重要である。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って、プロジェクトに協力するのが妥当であると思う。メーカーは機器、装置等を受注してこれを設計、製作し、据付などを行なうほか、研究開発業務を受託してプロジェクトに協力できる。技術開発の面では、基礎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おり、わが国が技術開発の孤児とにならないよう積極的な技術情報交換を行なう必要がある。

プロジェクト遂行には必ず危険を伴うが、この危険をいかに国民（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。関係者を協調させてプロジェクトを推進するためには行政制度，産業構造，工業国としての歴史，市場，社会環境，教育など問題が多いが早急に解決する必要がある。技術者，研究者の数は，最近の急速な需要に対してまだ非常に不足であり，その技術能力も十分でない。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み合わ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。

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。また分担の範囲決定については関係者は良く打合せの必要がある。開発的なプロジェクトには，その進行の途上で，当初の計画どおり進めない場合が起こることがある。したがっ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。

7. ①ナショナル・プロジェクトは国民の利益となるものであるから，国が大部分資金を分担しなければならない。②原型炉から商業炉にいたるまでに，産業界として多くの研究開発費が必要である（技術水準のギャップを産業界が受け持つことになる）。③開発の進捗具合によっては資金を倍にすれば良いという単純なものではない場合があるので，プロジェクト実施にあたって極力，弾力性を持たせて欲しい。④開発した技術は民間にバックするような方向を考えて欲しい。

○討論のまとめ

1. ナショナル・プロジェクトが企画される条件はいくつかあげられるが，わが国の動力炉開発は「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は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」に相当する。このような場合は，協力者に損をさせないようにしなければならない。

2. このプロジェクトは，国にとって重要であり，また各界が利益を得るものであるから，国民の理解を得るための正しい熱心なPRも必要であ

る。

3. 原研の役割は動燃ができてから変わってきている。すなわち、開発研究と関連基礎研究を受け持つことになっているが、これはナショナル・プロジェクト推進の上でバック・パワーとなるらう。

4. 研究については大学、原研、メーカー等が一連の研究体制を持ち、基幹要員を中心とするグループによるプロジェクトの運営が考えられる。

5. ナショナル・プロジェクトは国家経済から考えても、産業界に利益をもたらすものでなければならぬ。このプロジェクトによってメーカーは実力を養い、メーカーの効果はメーカーに還元しなければならない。

6. 今や原子力のみならず、外国の技術導入の時代ではなく、自主開発すべき時代である。これには行政制度、産業構造、社会環境等の問題があり、困難性はあるが、政府、動燃において弾力的に実施して欲しい。

7. 全体的に少ない技術者、研究者を有効に利用するためには、計画管理が重要である。

8. 政府、動燃においてもいくつかの困難性に直面しているが、これを解決するよう努力している。

9. 新型炉の開発に関連して、わが国で開発したものをユーザーが採用するかどうかの発言もあったが、長期的かつ国民経済的観点に立って、結果的に安い電力を供給する方向から採用が考えられる。

10. 動力炉開発はわが国としても他に例を見ない大きなプロジェクトであるが、今後のプロジェクトのいいエキザンプルとしたい。

議長 加藤博見氏（関西電力株式会社副社長）

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 山崎久一氏

中央電力協議会では、このほだ43年度から52年度に至る10年間の電力長期計画をまとめた。

電力需要想定に当っては、その基となるGNPを48年度時点で4.9兆7,900億円、42年からの年平均増加率を8.0%とみ、鋳工業生産の48年度/42年度の増加率を9.6%とみた。

鋳工業の主要なものについての生産量は、48年度において石炭3,610万t、石油精製2億2,700万Kℓ、粗鋼9,970万t、アルミニウム90万t、その他なっており、これらの生産に見合う電力需要量は、42年から48年にいたる増加率の高いものとして、特掲産業では石油精製16.0%、アルミニウム12.8%、ソーダ10.2%、鉄鋼8.5%など、一般製造業では石油化学20.9%、食料品16.1%、機械12.7%などとなっている。

需要種別（電灯、業務用、小口、大口電力）を総合した需要端電力量の42～48年度の増加率は8.7%となっている。

年負荷率低下の傾向にあるため、ピーク需要は電力量よりその伸び率が高く、特に夏季ピークの伸びは近年顕著であるため、その伸びは10.1%となっている。

これらの需要を賄うための電源開発については、将来の需要形態への適合性を考え、原子力発電の促進される実情を考慮し、ピーク供給力用として、大容量揚水式水力開発を計画に相当量おりてみ、また、火力、原子力の大容量化の見通しが内外の情勢から明るくなっていることから、これを積極的にこれを取りいれている。火力では100万KW機が47年度、原子

力では100万KW級機が48年度に着工となっているが、この原子力開発促進傾向は、将来のエネルギー需給や経済性向上の面に加えて、最近火力の公害問題がきびしくなっていることもあり、さらに助長される。

供給予備力は現在7%を目標としているが、将来はサービス・レベルの向上、電源構成の変化などから若干数値が大きくなる傾向がある。

これに必要な10年間の電源開発構成は、水力1,000万KW、火力3,800万KW、原子力1,200万KWとなっている。それで開発量は、前期(43～48年度)水力15%、火力76%、原子力9%とであるが、後期(49～52年度)は水力20%、火力47%、原子力33%となる。

なお、この開発を実現するための工事着手は、10年間に水力1,200万KW、火力4,200万KW、原子力2,500万KWで、着工ベースの構成比率は前期においては水力16%、火力59%、原子力25%、後期では水力13%、火力47%、原子力40%となる。

将来の燃料消費の大勢をみると、52年度における火力用として、石炭を仮に2,000万tとすれば油は約6,000万Kℓとなる。

核燃料所要量は、 U_3O_8 で48年度2,460t、52年度4,260tとなり、累積では53年度までに約32,000stが必要となる。

原子力開発計画を前年度長期計画で対比すると、前年度の32地点で2,100万KWに対し、今年度は38地点で2,700万KWとなっている。

また、原子力の建設費単価については、前年度の推定では50万KWで6～7万円/KWと想定され、100万KW級で5～6.5万円/KWと見込まれていたが、その後の状況はこれよりやや高目となる傾向とみうけられる。しかし長期的にみれば、その経済性については十分な期待がもてると考える。

最後に、長期計画における工事資金の大勢をみると、10年通算では7兆5,700億円という膨大な資金を必要とし、その内訳は電源44%、送変配電等流通設備46%、改良費その他10%ということになる。



2. 軽水型原子力発電所の建設状況

敦賀原子力発電所

日本原子力発電株式会社技術本部

副本部長 浅田 忠一氏

最近の建設状況と建設過程中に問題になった点について簡単に述べる。

1. 機器の製作状況

- (1) 原子炉圧力容器は、バブ日立工場で作製され、Oyster Creek, Tarapur の建設経験から一部手直しを行なったため、予定工期より少し遅れ43年10月、製作を完了、各種の試験完了後、11月12日、現地据付工事を完了している。
- (2) タービン発電機はGEで作製されたが、GE工場や港湾荷役労働者のストライキのため到着が遅れている。
- (3) その他の機器については、国内で作製された主復水器、主変圧器、起動用変圧器はすでに据付を完了しており、制御盤、計測器の一部と燃料取替装置等がまだ米国で作製中であるのを除き、すべて現地への搬入は完了している。

2. 現地工事

- (1) 原子炉圧力容器の据付完了後、圧力容器内構造物の取り付けが開始され、2月中に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今年の初夏頃までに、燃料装荷は8月頃を目ざして努力している。
- (2) 復水器、復水脱塩装置、空気圧縮機などは工事を完了し、通水試験、調査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据付が開始されている。
- (3) 中央制御室、化学実験室、ロッカ室等を含むサービス・ビルについては建築工事は完了しており、各室内の装置等の搬入を待つだけである。
- (4) 復水器冷却水系は取水設備、循環ポンプ、各種弁類を含めて完成。

屋外開閉所，主変圧器，起動用変圧器等の工事はほぼ完了し，5月からの特別高圧での受電が予定されている。

(5) 廃棄物処理施設，スタック，トンネルは，最も遅い工程に組まれており，現在までの工事が進められている。

3. 工事中の技術的諸問題

現在までの工事中におこっ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ドライウエル外側，生体遮蔽壁の施工法に関する問題。

美浜原子力発電所

関西電力株式会社

原子力部長 岡野茂夫氏

1. 建設工事の現状

1号機は昭和41年12月に着工以来，2年3カ月におたり工事は順調にすすみ，格納容器，タービン室，特高開閉所，放水口，放水路等は完成し，現在，格納容器内部コンクリート，外部遮蔽コンクリート，ボイラー機械室，中央制御室，事務所，取水口などの諸工事とタービン発電機の据付工事を実施中である。今後機器据付工事の最盛期にはいることになる。2月末現在の総合進捗率は約51%である。

2号機は43年の5月に着工以来10カ月であるが，本年1月より格納容器の組立てを開始し，これと並行してタービン室の基礎工事を実施中であって，総合進捗率は約11%である。

次に1号機の建設工事について述べる。

(1) 原子炉関係：格納容器の外部遮蔽コンクリート壁は85%打設を終了し，格納容器の内部では，原子炉容器，蒸気発生器の遮蔽壁お

よびこれら機器の支持金物の取付を実施中で、4月以降、ボイラークレーンの据付を行ない、ひきつゞき原子炉容器、蒸気発生器の据付を行なう予定である。

- (2) タービン発電機関係：タービン室は現在仕上げ工事を実施中であり、機器の据付工事は昨年9月に脱気器の据付を完了し、11月より復水器の組立て、本年1月にポールアップ方式による発電機の吊上げ据付を行ない、2月からタービンの据付を実施している。
- (3) 特高開閉所関係：建屋は2月に完成し、今月初めより遮断器等の据付を実施中であり、8月には275KVの受電開始予定である。
- (4) 教育・訓練：原子力発電所の運転・保守要員の教育訓練のため、42年末、43年初めに技術者を6名ずつ、2グループにわけ、約11カ月間WH社に派遣し、現在現地において教育資料、運転要項等の規程の作成準備中である。3月より運転要員の机上教育を実施している。

2. 原子力発電所建設に対する所見

- (1) 着工前の地盤調査：原子炉の位置を決定するため6カ所、延2300mのボーリングを実施し、地下20mに約2m²の試掘横杭を延185m掘削し、岩質を直接調査している。
- (2) 安全審査：政府の安全審査に提出する資料の整備にかなりの期間を必要とする。
- (3) 品質管理：原子炉の諸設備の安全性の確保と、故障の際の補修の困難性から、機器の製作、保管、据付中の品質管理を徹底的に行なう必要がある。
- (4) 放射線遮蔽と耐震設計：原子炉容器遮蔽コンクリートは厚さ1.5m～2mボイラー補機室の外壁で1mある。鉄筋量は1m³当り200Kg～250Kgに達し、火力に比し約5倍である。機器、配管支持金物についても耐震設計が必要である。
- (5) 技術基準：米国にはASMEのCodeがあるが、日本の技術基準と若干相違している。輸入品について所要の資料を入手するのに苦労

する。専門の調査員を派遣している。

- (6) 溶接に関連する事項：諸設備は錆が発生すると放射能化される。これをさけるためステンレス・スチール製の機器配管を使用する。したがって火力に比し、数倍の溶接工の確保と十分な品質管理に留意する必要がある。

福島原子力発電所

東京電力株式会社

原子力部長 野村顕雄氏

福島県の太平洋岸の双葉町、大熊町にまたがる90万坪が当社のサイトである。太平洋の海側に北防波堤と南防波堤を作り、ここからコンデンサーの冷却水を取水し、また重量物の物揚場に使用するため工事を進めている。30m平均の高台を約10mまで20m分だけ掘削、整地し、北側から1号機、2号機を現在建設中である。取水設備は4基分を考慮している。超高压開閉所は10m～30mの高台にあり、とりあえず、275KVの受電を来年早々行なう予定である。

1. 1号機と2号機の仕様概要：1号機は41年12月にアメリカのGEと沸騰水型を契約し、ターン・キー方式である。出力は46万KW、蒸気流量は2,480t/h、初装荷ウラン量は78.2t、平均濃縮度は2.09%、平均燃焼度16,500MWD/t、炉心の平均出力密度は40.6KW/ℓ、燃料アセンブリは初装荷400本、圧力容器は通産省の技術基準による。高さ約20m、肉厚シエル部分で160mm、格納容器の高さ32m、サブプレッショ・チェンバーの下のリングの直径は30m、タービン35in、原子炉建屋の総容積、85,000m³、総重量66,000t、コンクリートのボリュームで58,600m³である。

これに対し2号機は、GEと日本のGETSCOとの間に個別に契約した。出力78万4,000KW、蒸気流量4,440t/h、初装荷ウラン量106.8t、平

均濃縮度 2.20 %，平均燃焼度 21,000 MWD/t，炉心の平均出力密度 51.2 KW/ℓ，燃料アセンブリは 548 本，圧力容器の内径が胴部で 5.5 m，高さは 2.2 m，肉厚 138mm，格納容器の高さ 3.3 m，サープレション・チェーンバーの下のリンクの直径は 3.3 m，原子炉建屋は 1.2 万 m³，総重量 10 万 t，コンクリート・ボリューム 9 万 m³，鉄筋 1 万 t である。

2. 建設状況：当社が別途直接に施工している防波堤について述べると，正面海岸は遠浅で沖合 800 m 位のところが 10 m の水深である。そこまで取水溝を伸ばしている。北防波堤は総長 765 m，南防波堤は 940 m，南北防波堤の間隔は 100 m，入口における流速は 4 基完成時において毎秒 17.8 cm である。物揚場は 3,000 t の船の着岸可能である。この防波堤を作るにあたり，その骨材については現地にて調達している。

1 号機は総合で 2 月末現在で 55 % の進捗率である。現在のところ工程どおり順調である。

工場製作関係では国内品としては圧力容器が一番問題である。炉心部分については東芝に下請している。給水加熱機，給水ポンプなどは日立に下請している。

輸入品については，タービンと発電機は本年の 10 月にアメリカの GE より出荷の予定である。2 号機については，圧力容器とドライウエルの板が石川島に入荷中である。

1 号機の認可申請は 13 回に分割の予定である。第 6 回目までの認可はすんでいる。2 号機は第 2 回目まで申請済みである。

3. 運転準備：1 号機は当初電気出力 40 万 KW であるが，このほど 46 万 KW に増大させることになった。これは，当初熱出力 138 万 KW を申請する計画のところ，当時詳細なデータが少なく，安全を期して 121.3 万 KW におさえていたが，最初，ドレスデンの 2，3 号機やミルストン炉で建設時よりも 15 % の熱出力上昇が認められるなどの例もみられ，またデータもはっきりしてきたので，出力上昇に踏切ったのである。

建設で一番苦勞したことは，ドライウエルの廻りに 50 mm のギャップをにおいてコンクリートを打ちあげてゆく仕事である。

燃料については、1号機はGEに全部依頼済みで、来年の3月より入荷予定である。2号機はGEと成型加工のみ契約し、ウラン精鉱、転換、濃縮については、別途手配する予定である。運転員の養成については、昨年5名、本年23名、GEに派遣し、これを基幹人員として運転に遺漏なきようにしたい。



議長 田中直治郎氏（東京電力株式会社常務取締役）

3. 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 申氏

1. 日本はその資源事情から、ほとんどすべての核燃料を海外に求める必要がある。将来における原子力発電所建設の進展により、長期ベースにもとづくウランの確保が重要である。

2. 電気事業は公益事業であり、かつウランの最大ユーザーである。しかしてウランの長期安定的確保は重要な問題となる。

核燃料サイクルの諸段階の完全国産化、核燃料供給産業の確立が望まれるが、しかし、早急に国内体制を確立することは無理であろう。

3. USAECの「Nuclear Industry-1968」によれば、1980年には自由諸国におけるウラン累積需要量は U_3O_8 で41～49万ショート・トンと見込まれている。少なくとも、今後20～30年間は毎年、常時ウラン需要は増大の一途をたどるのである。

他方、ウラン供給面については、1967年末発表のENEA・レポートによれば、自由諸国のウラン既知埋蔵量は、 U_3O_8 でポンド当り10ドル以下のもの83万ショート・トン、10～15ドルのもの78万ショート・トンである。

最近、アメリカ、カナダなどでは探鉱活動が活発化してきているが、ウ

ラン鉱業調査団レポート(1968年)によれば、1966年以降、第2次ウラン探鉱ブームの様相を呈してきたと報告されている。

4. 探鉱技術の進歩が考えられるため、長期的には悲観視すべき要因はないが、しかしウラン需給バランスの楽観視はできないのではないかと思う。

すなわち、現状自由諸国では総計約9000万KWにおよぶ原子力発電所建設計画を有していると云われているが、その大部分が本格的に稼働し始める1970年代の前半にはウラン需給は一時的に逼迫するのではないかと思われる。

なお、アメリカでのウラン政策転換決定(民有化)はウラン需給・価格に大きな影響を与えよう。

5. 最近、石油資本のウラン探鉱進出が顕著になってきた。1980年代には石油資本がウラン・マーケットを支配するのではないかという意見もある。ウラン資源はカナダ、アメリカ、南アフリカ、オーストラリアなどに偏在しているが、その探鉱活動は、将来は石油資本による寡占化の傾向をたどるものと思う。

6. 日本は長期契約およびスポット契約によるものを合計して、現在、17700ショート・トンの U_3O_8 を確保済であるが、日本における昭和53年までに要するウラン累積需要量は約32000ショート・トンと推定されており、まだ53%を確保したに止どまる。しかして、ウラン資源確保の第三方法として海外諸国との共同探鉱に積極的に乗出す必要がある。

7. 日本におけるウラン確保策としては次の三つの方法があるが、この組合せを弾力的に遂行して行くこととなる。

① 長期契約…安定供給という面ではプラスであるが、所要の時期一タイミングが重要となる。また、価格、エスカレーション条項が契約時にはポイントとなる。

② スポット契約…引渡量が均等化される長期契約の補完的役割をはたすが、価格は需給バランスにより変動し、高いものも安いものも買うというケースが生じよう。

③ 探鉱開発…探鉱活動には当然リスクを伴うが、上記の長期契約、

スポット契約と並行して取組む必要がある。探鉱開発を遂行することは長期、スポット契約を有利に導びく作用をもたらすであろう。したがって鉱業が積極的にこの分野に参加することを期待する。しかし海外探鉱にはその基本的性質上、当然リスクを伴うので、常に数地域で並行的に開発する必要がある。

探鉱方法には鉱業が自ら行なうケース、鉱業が電力と共同して行なうケース、鉱業が海外鉱業と共同して行なうケース、電力が海外鉱業と共同して行なうケース、鉱業と電力が共同して海外鉱業と共同して行なうケースなどが考えられる。日本はウラン資源が乏しいので、ウラン探鉱は海外で海外鉱業との共同により遂行されることとなる。ただし、上記の探鉱方法はケース・バイ・ケースで弾力的に選択実施されることとなる。

8 国内の核燃料体制整備の問題については、現段階では、結論を出せるまでに至っていない。

しかし、ウラン資源の重要性にかんがみ、国がまず民間活動を円滑、容易に行なわせるための環境整備と側面援助を積極的にはかる必要がある。かかる国の協力を受けつつ、民間が自主性を持ち、長期契約方式と探鉱開発方式を二本柱として推進していくことが肝要なのである。

4. 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 今井隆吉氏

1. A. D. リトル社の報告書（AECおよび法務省よりの委託作業）によれば、KW当り所要燃料費は、初装荷燃料30ドル、取替燃料6～7ドルである。また、1980年におけるアメリカの原子力産業の年間Valueは総計で約50億ドル（原子力蒸気発生器10億8,300万ドル、燃料サイクル18億5,000万ドル、タービン発電機8億4,000万ドル、その他12億2,700万ドル）と見込まれている。特に燃料サイクル費は全体の約40%

を占め最大の Value となっている。ちなみに、燃料サイクル費 18 億 5,000 万ドルの内訳は、精鉱 5 億 6,000 万ドル、転換 7,000 万ドル、濃縮 7 億 1,000 万ドル、成型加工 4 億 1,000 万ドル、再処理 1 億ドルとなっている。

2. 上記の数字を日本にあてはめてみると、日本における燃料サイクルの Value は年間 1,000 億円程度には簡単になる計算となる。10 年後には年間 2,000 億円程度になろう。したがって、将来日本においても核燃料産業はかなり大きな Value を持つこととなる。

3. アメリカでは核燃料の手当方法（融資による直接購入、リースなど）が問題となっている。

最近、初装荷燃料の資金調達のため NY 州債発行の話がでていますが、これには州債権に対する免税問題がからんでいるようだ。

4. 核燃料産業は独占的形態が強いが、核燃料サイクルについて投資、技術の関係でみた場合、寡占状態はやむを得ないという一つの結論がでる。英国では AEA の再編成がなされているが、核燃料部門は国が出資した公社に残すようであり、南アの産金事業（ウランの副産物）も民間企業がやっているわけでない、米国では大石油資本の進出という傾向もある。また、軽水炉心設計の技術は米の大メーカーが握っている。核データを炉心のビヘイビアに合せていく技術は、過去の業績の上に成立つものであり、これを GE, WH が独占しているのである。

5. 前述の通り、アメリカでは 1980 年頃には核燃料産業が大きく成長し、うち特に濃縮のウェイトが最大となる。この濃縮は完全に独占の形態となっている。現在、濃縮ウラン製造能力を有する国は 5 カ国があるが、濃縮をコマーシャルベースで供給できるのは USAEC のみである。現行の日米協定にもとづくウラン供給保証の問題では、濃縮施設が民営移管された場合、協定上の拘束力がなくなるという事態が心配される。もう一つ、懸念されることは、現有の AEC 施設では、1970 年代半ばに供給力が不足するという問題である。年間 17,500 トンの分離作業単位の施設を新設する場合、14.5 億ドルの資金がかかり、460 万 KW の電力が必要である。そ

して、L. F. 100%で4ミル/KWhの電力を使って、26ドル/Kgの濃縮料金を競争可能となる。このような大施設を民間企業で維持できるかどうか、JCAEで心配し、しばらくは公営で、例えば通信衛星におけるインテルサットのようなものでやり、外国からも資本参加を求めたらどうか、など提案がなされている。

6. 西ヨーロッパ諸国では、ウラン濃縮の能力をアメリカから独立して獲得することを長い間真剣に考えてきたが、最近、濃縮に関する二つのレポートが出された。一つはCommon Marketより、他はForatomからである。それによれば、ヨーロッパは1972～73年頃までに2500t(swu)/年の濃縮ウランを要する。ただし、アメリカに対抗しヨーロッパが独自で施設を持つとすれば、コスト問題は次の通りとなる。

④ ガス拡散法の場合は、1700万ドル/年程度の国の補助金を受けなければ生産コストはアメリカの26ドル/Kg(swu)に対抗できない。

⑤ 遠心分離法の場合は、1000億円程度の資本投下で27～28ドル/Kg(swu)で生産可能である。

⑥ ノズル法の場合は建設費が安いですが、他面、使用電力の関係で生産コストは50ドル/Kg(swu)と高い。

7. したがって、濃縮問題については保険的意味を含めてヨーロッパが共同して処する傾向が顕著となってきたのである。かかるヨーロッパの動向に照らして日本を考えて見る時、地理的にもうまい隣人がなく、また、50年頃まで可能性の研究をやるという現状のままでは、濃縮の面でも立ちおくれしてしまう恐れがある。原産のウラン濃縮問題検討会でもこの問題を検討しているが、一カ国のみ依存する体制の打開の検討は早急に行なう必要があると思う。

8. 濃縮ウランと使用済燃料中のプルトニウムは、単に資源的、経済的のみならず特にNP Tとの関連において国際政治の焦点となっている点にもわれわれは留意すべきである。濃縮工程も当然NP Tの査察の対象となるのである。

9. 以上要するに、将来大きなValueを代表する産業となる核燃料産業

の規模は、国際的スケールで検討する要があり、核燃料の国産化を考える場合、現在、所有してないものについて技術開発し、建設していく場合において、この独占形態の関連を十分考慮する必要がある。また、単に経済的側面のみならず、国際政治が具体的な影響を与える点などにも十分留意しなければならないのである。

国産化問題と開発環境の充実

議長 村田 浩氏（日本原子力研究所副理事長）

パネル・メンバー （五十音順）

大 永 勇 作 氏 （通商産業省大臣官房総合エネルギー政策課長）

倉 本 昌 昭 氏 （動力炉・核燃料開発事業団計画管理部長）

向 坂 正 男 氏 （日本エネルギー経済研究所長）

柴 田 二三男 氏 （中部電力株式会社取締役）

高 市 利 夫 氏 （富士電機製造株式会社原子力部長）

田 中 好 雄 氏 （科学技術庁原子力局次長）

森 島 国 男 氏 （株式会社日立製作所原子力部長）

横須賀 正 寿 氏 （三菱原子力工業株式会社取締役）

一般に国産化といわれるものの内容は、二つのカテゴリーにおいて考えられる。その一つは、いわゆる導入技術をベースとして、わが国の産業がこれを消化吸収することにより、自身の技術にして行くという国産技術を意味するもの、他の一つは、国内の自主的な研究開発をベースとして、そこから発展した原子力産業技術をつくりあげるといった意味のものである。

こうした国産化とこれにともなって必要とされる開発環境の整備、充実という問題は、これまでもいろいろ論議されてきた。しかし、従来、原子力技術の開発計画が必ずしも具体的でなかったのに比して、最近の情勢は、動力炉開発、原子力船開発などにみられるごとく、大きな開発計画が確立され、ナショナル・プロジェクトとして推進されつつある。こうした時期において、あらためて国産化問題を取りあげることは意義の深いものと思

われる。

以上の観点にたつて、パネル討論会「国産化問題と開発環境の充実」を開催した。はじめに、43年秋、通産省の委嘱をうけて派遣された原子力産業調査団の団長向坂正男氏から欧米諸国の原子力産業についての講演、ついで、各パネル・メンバーのキー・ノート発表と討論が行なわれたがその概要は次の通りであった。

パネル討論会における講演

欧米における原子力産業

日本エネルギー経済研究所

所長 向坂正男氏

昨年、通産省派遣の原子力産業調査団団長として欧米を調査した結果から、本日のテーマ「国産化問題と開発環境の充実」にしぼって報告する。

そこで本日の報告は、(1)軽水炉を中心とする実用炉の技術導入と国産化の問題、(2)原子力産業の市場規模と競争市場の問題について述べる。

(1) 西ドイツは米国から軽水炉の技術導入(WH社→ジーメンス社, GE社→AEG社)をして、これに技術改良を加えていったが、現在100%の機器の国産化能力をもち、発電コストの見積りも予想以上に安く出している。そして現在、60万KWのものを標準型として売込みを開始しており、1971～72年運開を目標に2地点で建設を進めている。この60万KWの建設費は4万5,000円/KW, 発電コストは1円89～90銭/KWhとなっている。

西ドイツでは軽水炉の技術導入に関して、「われわれ自身設計することに対してチェックするため導入した。いわゆる国産化と技術導入を同時にしてきた」といっている。技術改良も経済性よりは、運転の信頼性を高めることに主眼をおいている。AEGでは核過熱の研究も進め、原型炉の建設に着手している。ジーメンスは独自の設計で加圧重水炉を作り、34万KWユニットのアルゼンチン向け輸出契約に成功した。これは軽水炉より

建設費が1～2割高いが、将来競争できるものにしようとして政府が4～5%の低利輸出資金を与えている。この型は天然ウランを産出する後進国に輸出する型として開発されている。

政府の援助は①基礎研究、実験炉②原型炉、実証炉③実用化の3段階に区別して行なっている。①については建設費が在来火力より余計かかる部分の何割を負担するとか、特別償却その他税制上の優遇措置を講じている。②については、メーカーが電力に保証した運転状況より実際に悪かった場合、その9割まで政府が保証する。もうかるようになれば後で返済するという、いわゆる電力会社が引受けやすい方法をとっている。③については、直接的な政府の援助はないが軽水炉の信頼性、安全性を高めるための技術改良の研究に援助を行なっている。

以上みる如く西ドイツでは、政府、メーカー、電力の協力体制がうまくとれており、国産化問題は、日本より数年あるいはそれ以上先へ進んでいるといえる。

(2) 原子力産業の市場規模に関連した問題だが、炉型別に分業体制をとると、競争促進政策をとると、どちらが有効かという問題意識で調査した。

この点で、米国と欧州は対照的である。米国では、自由競争はあらゆる産業政策の基本的考え方であるが、原子力でもやはり競争促進政策をとっている。米国の原子力発電開発規模は1980年に1億5,000万KWに達すると推定され、これで行くと1970年代後半には80万～100万ユニットで20基/年の需要が見込まれ、1メーカーに4～5基/年の受注がある勘定となり、新規投資の誘因が多分に存在している。

欧州では分業体制で開発を急ぐ形がとられている。西ドイツの科学省にただしたところによると、AEG、ジーメンス以外に第3のメーカーを育成する点について、その意図も必要もないと述べている。

欧州での国内市場規模はあまり大きいものではない。60万KWユニットで4～6基/年程度、これも当面5年間では年2基程度である。また、米国に比して技術開発も遅れているが故に、分業体制を取り研究開発の援助

を与え、できれば他国に先がけて輸出市場に進出したい考えのようである。

次に国産化推進は何を根拠として行なわれる必要があるかについて、見解を述べさせていただく。推進の理由として次の4点があげられる。

すなわち、①外貨収支上の節約、②エネルギー供給の安全保障、③経済性、④強いてあげれば公害問題対策として急ぐ面である。

これらについて緩急のウェイトをつければ、当面は実用炉の経済性に重点をおくべきであると思う。その方法も①マス・プロダクション②スケール・アップ③技術改良の三つがあり、①と②は米国が、③は西ドイツがとっている方式である。日本の場合、どの方式を採用するか重要な問題である。60年頃の日本の国内市場規模は、新規需要400～500万KW/年程度であろうが、これを60万KW級で工場の操業が流れ易いようにするか、100万KW級で流れを悪いようにするか、企業の採算点から検討する必要がある。輸出の問題についても、完成品であるのか、重要な部品であるのか、十分に考えておかないと国内市場だけでは採算は難しいと思う。市場規模を考えながら、研究開発費をどのように回収していくか、企業体制は何が最適か、その考え方を聞きたい。

○キー・ノートの概要

向坂氏の講演に引き続き、パネル・メンバー6氏からKey Noteの発表がなされた。

横須賀氏はメーカーの立場からみた技術的面について述べ「日本のメーカーは国産化の技術能力については十分の自信をもっているが、まだ完全な実績がない。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」とうったえた。

森島氏はメーカーの技術能力について、man powerの面からとらえ「①新しい人的資源の開発のために、学校教育の充実のほかに運転要員の教育訓練が大事なこと、②ユーザーが火力で果した経験を吸収してsystem designに取り入れていきたい。③火力と原子力は経済性の面で競合してい

るが、その人的資源はごく一部を除いては同じものである。調和のある姿が望まれる。④技術進歩に伴いユニットの大容量化が進められようが、man power の節約のためにユニットの標準化が望まれる」と報告した。

高市氏は、政策面についてふれ、「在来型炉の開発は民間、新型炉の開発は国と責任分担を明確にしたらどうか、また、導入1号炉については西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号炉以降はメーカーがユーザーに対し full guarantee する」などを提案した。

柴田氏は「国産化の推進は、メーカー自身の自主的努力によらねばならないが、ユーザーが進んで協力する積極的態度をとることも大切である。そしてスケール・アップとマスプロの関係が問題になるが、わが国のような市場規模の小さい国では、スケール・アップのテンポと国産規模との調整の上になつた、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る」と述べた。

倉本氏は、national project に関連して「新型炉の実験炉から原型炉までの開発は、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っていくかについては明確なものがなく、産業界はどうすべきか迷っている状態である。要するに、この初のケースをいかに成功させるかということが、自主技術の開発への道を開くことになるのではないか」と述べた。

大永氏は「国産化を推進するためには、メーカーによる実証化のための試験の充実などの地道な努力のほか、ユーザーなど関係者は、長期的にみれば国産化が価格の低廉および工期の短縮に結びつくことに十分な理解をもち、国産化へ踏切る決断が要請されるところである」と述べた。

○議長が提起した問題

原子力発電プラントは①放射性物質を取扱うことからくる万一の被害の問題、②大施設でかつ複雑な技術を取扱うために建設工程が長期にわたり、トラブルなど起ると損害が大きいことなどの理由から、現段階では他の大

型産業機器に比してリスクが大きい。

国産化推進には、メーカー、ユーザーなど産業界の努力の必要はいうまでもないが、国の助成も重要な問題である。この助成について、現在よりもっと拡充の強化の要ありや否やの問題であるが、西ドイツの例は参考になるであろうか。日本に適用することが可能か否か。これをつめると、次の二つのカテゴリーに分けられる。

(1) 研究開発リスクを国が負担する

① 在来炉に対するもの——産業界の研究開発費の負担（勉強代）

② 新型炉に対する負担

(2) 資金面の問題（金融・税制措置）

① 国自身が出す研究開発費

② 建設費などの面での負担軽減

③ コスト・ギャランティー

など種々の形の助成策が考えられる。総合的、並行的に実施できるか否かは、わが国特有の産業構造や経済パターンと関連して考える必要がある。このほか、人員の養成・確保、技術基準の確立、立地の確保の問題の関連も十分検討の要がある。

○討論のまとめ

前述 6 氏の Key Note の報告を議長が resume し、討論の問題点をしぼってから、向坂氏、田中氏を加えた 8 氏で討論が行なわれ、これを議長が次のようにまとめた。

わが国における原子力発電開発は、今後ますます進展していくが、これに伴い国産化も一層推進されていくことは論をまたないことである。そこで当面焦点になるのは、低廉性の問題ということである。

この経済性をどのような手段で達成していくかということであるが、①マス・プロダクション②スケール・アップ③技術改良—標準化の三つの手段が考えられる。

米国はマス・プロダクションとスケール・アップ、西ドイツは技術改良

一標準化の路線をたどっている。

わが国の進むべき道は、このいずれでもなく、この両者をミックスした方式が考えられるところであろう。マス・プロダクションにもスケール・アップにも努力する。しかし、米国と市場規模や輸出の仕方なども違い面があり、技術改良もともに行なわねばならない。いわゆる、一種の混合経済的な形で国産化を達成していく。これは単体でなく一種のカクテルである。国内、海外からも美味をうたわれるようなカクテルにもっていくべきである。

わが国の驚異的な高度成長に対して、海外では日本人は economic animal だからだといっている。けっしていい意味でいっているのではないようだがそれでも結構だ。ともあれ、国全体が繁栄していく姿は望ましいことである。ただ望むらくは、単なる economic animal ではなく techno-economic animal でありたい。

「国産化問題と開発環境の充実」を検討するにあたって、各国のあり方は非常に参考になるが、結局、われわれは日本の環境の中でこれをすすめる必要があり、日本の産業の自主性が重んじられるわけである。国の助成は量的に多いことも必要であるが、質的な問題と特にそのタイミングが要請される場所である。

<原子力船>

議長 進藤孝二氏（大阪商船三井船舶株式会社社長）

1. 原子力第 1 船の建造

日本原子力船開発事業団

専務理事 内古閑寅太郎氏

1. 第 1 船の建造状況

船体については、43年11月工場船台で起工式を行ない、2月末現在約1,700トンの搭載を終っている。本船の船こく重量は約3,000トンであり、57%の搭載が終ったことになる。今後主蒸気タービン、補助ボイラー等を搭載して、44年6月、船体は進水する予定である。

本船の原子力炉格納容器は、内径、高さとも約10メートルの立円筒型で、高張力鋼を使用し、その重量は約300トンである。これは石川島播磨横浜第一工場で製作中であり、44年8月頃本船へ搭載する予定である。また原子炉格納容器内機器配置実験は、三菱原子力工業に委託して、静岡県三島に実尺の格納容器を製造して実施している。

その後、船体ぎ装、機関ぎ装、電気ぎ装を進めるとともに、2次遮蔽体を取付け、昭和45年5月に船体の引渡しを受ける予定である。引き渡しを受けた船体は、事業団の手で青森県むつ市の定係港へ回航するが、この際、補助ボイラーにより主蒸気タービンを駆動して行ない、曳船は使用しない。

原子炉関係機器は、昭和45年6月から定係港岸壁において船体に搭載することになっている。

昭和47年1月原子炉の引渡しを受けることになっている。

装荷燃料は、3.2%および4.4%濃縮の二酸化ウラン約2.8トンである。

昭和46年5月までは加工をおこない、47年2月から原子炉に装荷する。原子炉熱出力36MW、船速17ノットなどの性能確認を行ない、47年3月完成の予定である。

2. 第1船建造の特色

(1) 第1船の建造契約において、事業団は船炉分離の方式を採用し、船体、原子炉の引渡しを受け、事業団自らが第1船を取りまとめる。

(2) 第1船は、メーカーと建造契約を結んでから、完成まで約4カ年余を要する。これは、米国のサバンナ、西ドイツのオットー・ハーンの建造期間に比較すれば、約1カ年～1カ年半短縮した建造スケジュールである。

(3) 可能なかぎり国産技術によって製造し、機器関係で外国から購入するものは、制御棒駆動装置、主給水ポンプ、湿水分離器、原子炉格納容器貫通金物で、これらは第1船建造契約価格の4%にすぎない。

(4) 特に安全性の確保に留意した。塔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である。

① 船体を九つの隔壁により10区画に分け、隣接する2区画に浸水しても十分な浮力と復原性をもたせた。

またまた三つの防火隔壁で、四つの防火区画に分け、火災の場合、類焼を最小限度にとどめるようにした。

② 原子炉格納容器の両側部分は、それぞれ船の幅の20%にあたる空間を設け、多層の甲板で補強し、下部にあたる二重底は高さを増すとともに、桁板の数を増して補強した。衝突、座礁の損傷が原子炉格納容器に及ばない構造となっている。

③ 放射線管理については、船上に1年間とどまっても被ばく線量が0.5レム以下の安全区域を設け、1日8時間勤務する放射線関係乗組員の被ばく線量5レム以下であるよう原子炉の遮蔽を行なっている。

④ 発電設備の多重化と分離配置をはかり電源を確保する。

⑤ 原子炉事故時の推進性能を確保するため、補助ボイラーと600

トンの燃料タンクを備えている。

3. 第1船建造に係る業務

第1船の建造と平行して、次の業務を進めている。

① 第1船建造に伴う研究開発として：臨界実験，炉心構造模型実験，遮蔽実験などを行ったが，これらは昭和42年度でそのほとんどを終了して，その成果をすべて第1船の設計に反映させている。

② 定係港の建設：青森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，廃棄物処理などを行なう定係港を建設している。

第1船の原子炉ぎ装に必要な定係港施設は，昭和45年6月，第1船の回航までに完成する予定である。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：第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，アイントープの研修所に派遣して研究を受けさせている。

2. 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 黒川正典氏

1. 世界の外航船舶は大型化，高速化のみならず長距離輸送の傾向を強くしてきた。

原子力船は油だき機関の在来船と異なり，高出力となっても機関部重量は顕著に大きくならないし，保有燃料がきわめて少量ですむこと，航続距離が長くても保有燃料はほとんど変わらないこと等の特徴があるから，高速のもの，航続距離の長いものが最も原子力船として適したものといえる。

試算によれば，原子炉の価格が在来機関の約2倍で，長い航続距離を持つコンテナ船に例をとれば，コンテナ1,000個積みの場合には約3.05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っている。

2. 海運は国際的つながりが強く、ある国が経済ベースに乗る原子力船を建造、運航すると直ちに各国へ波及し、多くの原子力船を出現させる。世界の主要な海運国はそれぞれの国情に合った経済的原子力船の開発を進めているが、その重点は経済性の高い船用炉の研究、開発である。

各国の研究、開発方針は次の通りである。

① 船用炉を自国で開発し、それを搭載する第 1 船をすでに建造、運航しその経験をもとにして第 2 船の計画を進めている。（米国、ソ連）

② 船用炉の技術を外国におおいでも、まず原子力船を建造、運航しその経済により技術の向上をはかり、独自の技術を開発しようとする。（西独、イタリア、日本）

③ 船用炉を自国で開発し、十分自信のできた段階で原子力船を建造しようとする。（英国、ベルギー、オランダ、ノルウェー）

対象の船用炉の型式は、現在世界では、加圧水型原子炉である。

原子力船に適した船種としては、最近、高速コンテナ船と考える国が増えてきた。

わが国造船界、海運界、としてもごく近い将来、高速コンテナ船ができて、原子力コンテナ船が普及した場合に備えて、経済性の高い船用炉の開発を直ちに進める必要がある。

3. 問題点

わが国における原子力商船の実用化のうえで、次の問題点がある。

(1) 経済的問題点：経済的船用炉の開発が必要であるが、このため、対象船舶、炉の性能、条件の選定、スケジュール、研究開発体制、所要資金などが問題としてあげられる。

(2) 技術的問題点：建造、保守、燃料交換、安全対策、運航体制、港湾労働体制、乗組員訓練、港湾設備等が問題点である。

(3) 人為的問題点：原子力損害賠償関係法制、原子力損害保険、原子

力船船舶保険，原子力船運航のための国際条約など

以上の問題点のうち，経済的問題点を除いては第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，原子力船が多数建造され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。

わが国の原子力第1船は，経済性を二義的に考えたいわば実験船的性格が強いので，第2船以降の問題は経済性にしぼられる。

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おいて，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，第2船以降の実用原子力船実現のため検討を行なったが，それによれば前記コンテナ船の試算を行なった結果でも①船用炉の仕様はGNSGⅢ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。

4. 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うえ，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るので，遅くとも昭和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った。

- (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) その他の問題点の解決



<RI・放射線>

議長 土井正治氏(住友化学工業株式会社社長)

3. 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 芝崎邦夫氏

原産に設置された「アイソトープ・放射線利用に関する鉄鋼業懇談会」において鉄鋼業界の関係者と審議、検討し取りまとめた報告書にもとづき、アイソトープ・放射線利用の概況を紹介し、利用上の問題点とその対策としての要望を報告したい。

日本の鉄鋼業は近年著しい発展を遂げ、生産量においては米・ソにつぐ地位を占めるに至った。技術革新の課題として多くのテーマが考慮されている。また一方では、資本自由化に伴う設備の合理化、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いる。これらを解決する一手段としてアイソトープ・放射線の利用があり、年々増加の傾向にあるが、まだ利用分野が数多く存在すると考えられる。

鉄鋼業におけるアイソトープ・放射線の利用は、業種別では化学工業について二番目にあり比較的良好に利用されているが、欧米諸国にくらべると質・量ともいまだしの感がある。

鉄鋼製造におけるアイソトープ・放射線の利用は、大別して(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としての利用、(3)非破壊検査におけるラジオグラフィの利用に分かれる。

鉄鋼業における放射線機器は10数種、330台が設置利用されている。これを年度別にみると年々利用台数が増加しているが、最近3年間の伸びは特にめざましい。水分計、厚さ計、レベル計が全台数の80%を占める。中性子水分計は高炉用塊コークスおよび焼結混合原料の水分連続測定に66台がオン・ラインで設置されている。中性子水分計の利用は測定時間および要員の削減、連続自動測定を可能とし、高炉および焼結作業自動化の一助となっている。放射線厚さ計の利用は鋼板の厚さを測るのに、従来のフライング・マイクロメーターが板の端しか測定できない欠点を容易に解決するところとなり、現在84台設置されている。圧延設備へのAGC (Automatic Gauge Control)の導入などによって放射線厚さ計の必要性が高まり、今後ますます設置台数が増加すると期待される。 γ 線レベル計の利用も顕著である。レベル警報装置として、焼結および貯鉄槽全部にレベル計を設置した工場、溶鋼炉のレベル制御用に γ 線レベル計を設置した製鉄所などがある。一方、新しい放射線機器として作業安全面に重点をおいたインターロック装置、および警報装置が17台利用されている。また中性子による放射化分析が鋼中酸素分析計として5台設置されている。

次にトレーサー利用について述べると、鉄鋼業では高温の熔融状態にある品物を扱っているため、従来の手法では解明できなかった問題がアイソトープ利用により解決されるようになり各種の工程解析に有効に利用されている。鉄鋼業におけるトレーサー利用はその利用分野が数多く存在し、利用効果も著しいと考えられるにもかかわらず、現状ではトレーサー利用を実施している会社は少なく、しかも限られた工場においてのみ使用されている点を反省する必要がある。

ラジオグラフィ利用は鉄鋼一貫作業を行なっている製鉄所においては、ほとんど必要としないため全般的にはわずかであり、一部の鉄鋼関連部品の製造工場で利用している程度である。

海外におけるアイソトープ利用開発の特徴は、原子力の利用が国家的に強力に促進されているため、その一環として必然的にアイソトープの利用も盛んになるところにある。

アイソトープ・放射線利用上の問題点とその対策

(1) 法律関係について：関連法規の一本化，許可申請・届出業務の簡素化・迅速化，実状に則した放射線取扱主任者制度，規制数量の緩和などの改善が望まれる。

(2) 装備機器およびアイソトープの性能，価格等について：機器利用上の問題点として価格が比較的高いこと，構造的に弱いことなどが指摘されこれらの改善がメーカーに要望される。また標識化合物の注文生産体制の確立を図る必要がある。

(3) 技術開発：アイソトープ・放射線利用を促進するためには，測定器の改善，応用機器の開発，短寿命アイソトープの利用など幾つかの問題がある。これらを総合的に解決するには共同研究の組織が必要であり鉄鋼協会，原産，学振などに研究会を設置して利用促進を図る必要がある。

(4) 未利用企業のかかえる問題点：未利用企業がかなりあるが，機器導入による長短の比較が困難であること，放射線利用に対する認識不足などが原因していると考えられる。そこでこれら未利用企業に対する啓蒙活動，技術習得や研修の機会の増大が大切であり法手続の簡素化とあいまって必要である。

(5) 技術者および一般に対する教育啓蒙：義務教育の段階から教育課程に系統的に組み入れ，国民にアイソトープ・放射線に対する正しい認識を与えることが必要である。またアイソトープ研修所，放医研などの受入れ体制を拡充して技術者の養成を図るべきである。

以上の問題点および対策から，懇談会としては次の事項をそれぞれの当事者に要望したい。

(1)海外における利用実態調査，(2)諸法規の簡素化，(3)技術者および一般に対する啓蒙普及，(4)アイソトープおよび装備機器の開発促進，(5)アイソトープ・放射線利用の技術開発

4. アイソトープ・放射線の土木・建設業への利用の 現状と問題点

建設省建築研究所

第2研究部長 藤井正一氏

原産に設置された「アイソトープ・放射線利用に関する土木・建設業懇談会」でとりまとめた成果を報告する。

土木・建設業に対するアイソトープ・放射線の利用として、実際どんな使われ方をしているかをより正確に把握するために関連企業、研究機関を対象に、なぜ使うか、使って何のメリットがあったかなどについてのアンケート調査を実施した。土木・建設業に関連のあるアイソトープ・放射線利用は広範囲にわたるので調査の対象を(1)検査利用、(2)施工管理への利用、(3)調査のための利用、に区切った。この中には工場での部品検査のための利用や機械類は含んでいない。調査とりまとめにあたっては、密封線源の利用とトレーサー利用の二つに大別、前者はさらに水分計、密度計などの放射線機器とラジオグラフィーに区分して整理し、現状分析、問題点抽出による対策、要望事項の検討を行なった。

1. 線源利用

a) 放射線機器：土木・建設業界で使われている放射線計器は中性子水分計、ガンマ線密度計、含泥率計の3種類である。これら計器のわが国における全設置台数のうち、土木・建設業に占める台数、割合は中性子水分計25台(42%)、ガンマ線密度計19台(23%)、含泥率計5台(39%)である。これらがどういう目的に使用されるかについての結果では、土木管理への利用の多いのが目立ち、施工管理への利用も少しある。アンケートによれば中性子水分計、ガンマ線密度計を使っての検査、管理、調査は非常に有効な方法であることには異論がない。にもかかわらず使われない理由は何かと考えると、(1)施工業者はアイソトープ・放射線を利用する方法を知っているが面倒くさがって採用しない(工事発注者から利用の指定がないので必要を感じない)、(2)計器が野外用にできていないので

壊れやすい、(3)使用に際しては法規上の許可をとらねばならず煩わしい、の3点があげられる。機器利用の普及を図る一つの方法は施工業者に対してではなく、工事発注者に対して仕様書の施工検査基準に機器の使用を義務づけるようPRすることである。

b) ラジオグラフィー：土木・建設業界では頻繁にラジオグラフィーを行なう機会があるわけではないので、必要の都度、専門の業者に委託して、得られた試験結果を検討しているがこの方法は良策と考えられる。

2. トレーサー利用

トレーサー利用としては表流水、地下水、上下水道、衛生設備などの調査のための多数の利用例が報告されている。しかしながら、土木・建設業者によるものは皆無であり、これらはすべて官公庁によるものである。業者でもできることならやりたいが、非密封のアイソトープを使うとなると付近の住民に対する考慮が必要となることとか、テクニック、人の問題があって実施しにくいのが実状である。

以上の現状にもとづき、アイソトープ・放射線の利用普及をはかるための対策および要望として、次の点を指摘する。

1) PRは重要だが施工業者に対してではなく、工事発注者に対してのPRについて考え直す必要があること。一般住民へのPRをさらに推し進め、野外利用をより容易にするよう努める必要があること。

2) 前述の如く、仕様書に放射線機器の使用をおり込むようにするための前提として、測定方法の規格化(JIS化)が望まれる。

3) 測定器の改良が望まれ、特に現場用の頑丈な測定器の製作を機器メーカーに要望する。

4) アイソトープ・放射線を使いやすいものにするため、原産、放同協などで法規の改正に本腰で取組んでほしい。

5) 業界がアイソトープ・放射線利用に関してコンサルタント的な役割を果たす受入れ機関を必要とするので、アイソトープ・センターの確立、もしくは原研アイソトープ事業部の拡充が望まれる。

6) 基盤をひろげる意味で、若年層の技術者養成が望ましい。

5. 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 山崎文男氏

原産では「アイソトープ・放射線機器工業懇談会」というメーカー・サイドの会合を設け、アイソトープ・放射線機器工業が当面する経済的・技術的問題点を摘出し、利用促進のための方策を検討してきたので、その結果を報告する。懇談会は計測部会と線源部会にわかれて作業を進めた。

計測部会では計測器を(1)検出器部分、(2)放射線分析用機器、(3)核医学(もしくは放射線医学)機器、(4)放射線モニター(サーベイ・メーター)、(5)放射線工業用計器、(6)放射線測定用器具・補助材料、に分けて検討した。1934年ジョリオ・キュリーが放射性物質を発見して以来、米国を中心に放射線に関する研究が盛んになった。わが国では、戦後、昭和25年にアイソトープの利用が再開された。もともと測定技術と放射線機器は表裏一体の関係にあるが、当時2進法だけだった計数管もその後16進法、32進法のものが試作され、放射線利用技術の進歩に貢献した。その頃、すでに米国では放射線機器の進歩が著しかった。日本でも貧弱ながら業者が努力し戦後の立遅れ回復に全力を傾けた。昭和32年頃から、わが国の原子力研究体制が確立すると民間企業では試作から企業化への段階に移った。放射線機器の年度別の売上額の推移は年々上昇している。

線源部会は利用面を分けて、放射線化学用線源、食品照射用線源、医療用具滅菌線源、放射線治療用線源、ラジオグラフィ用線源、放射化分析線源について検討した。大容量線源としては、高崎研の放射線化学用の30万Ci線源、加速器がよく知られている。また食品照射用の線源も、中央に集っての共同利用の構想などが考えられている。わが国では昭和27年頃からマルチキュリー線源が普及しはじめ、全国的にゆきわたった。アイソトープの入手は核種、化学形、比放射能などの条件で決められるが、アイソトープの総量が新しい利用を開拓し、それと同時に計測器が進歩するという関係にある。車の両輪と同じことで、Co-60の大量の需要が比放射

能を高める結果ともなり、この意味ではCo-60の量が質を変えたともいえる。ラジオグラフィ用線源としてのIr-192の最近の伸長は著しいが、これは10Ci以内の線源として法的に第二種の放射線取扱資格者による使用が認められているところから、需要が多いと考えられる。燃料の再処理から得られるFission Productsのアイソトープ線源Sr-90, Cs-137, Kr-85などは、将来大量の利用が考えられる。放射線機器による経済効果については、1964年にIAEAが行なった調査ではソ連で1億8,000万ドル、アメリカで6,600万～1億ドルの節約が報告されており、アイソトープのもつポテンシャルはかなり大きいといえる。

特殊なものを除き、大体のものは国産できるのが、わが国の放射線機器工業の現状だが、全体に需要がそれほど多くなく、厚さ計の如くユーザーの注文に応じて作る場合には経費がかさみ、経営的にも苦しい。放射線機器の研究開発がこうした点で阻害されているとも考えられるので国家の援助が望まれる。

当懇談会がまとめた要望事項は次のとおりである。

- (1) アイソトープ・放射線利用を具体的に討議するため原子力委員会に下部組織を設けるとともに、関係各省間の連絡をとり体制強化を図ってほしい。
- (2) アイソトープ・放射線機器の技術開発、利用促進、企業化に十分な国家的補助政策を打出し、国産機器を進展させるため国家的優遇措置をはかってほしい。
- (3) 放射線障害防止法を全面的に再検討し、アイソトープ・放射線利用促進に寄与するよう配慮してほしい。
- (4) 取扱技術者の養成訓練を一層充実させてほしい。
- (5) 機器メーカーは機器の標準化、規格化を推進して価格の低減をはかるとともに利用施設の設備基準の確立をはかってほしい。



<原子炉多目的利用>

議長 湯川正夫氏（八幡製鉄株式会社副社長）

6. 原子炉の鉄鋼業への利用

東京大学工学部

教授 松下幸雄氏

わが国は、量、質において世界屈指の鉄鋼生産国であるが、鉄鉱石および固い鋼鉄を作るための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。この「原子炉の鉄鋼業への利用」では、エネルギー経済の面から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述べたものである。

現行の製鉄法は高炉を中心として体系づけられている。この高炉の生産性は、炉内容積に比例するが、エネルギーに関連する重要な因子として「燃料としてのコークス+重油の燃焼能力」(Kg/day/m^3)÷「燃料比」(Kg/ton 銑鉄)を考えなければならない。このうち燃料の燃焼能力の増加は、高温衝風の酸素富化や送風圧の上昇によって得られる。燃料比の低減はコークスの重油による一部置換、送風温度の上昇、焼結鉱およびペレット配合率の増加、灰分の低いコークスの利用によって可能である。

鋼1tを生産するのに5,000万K Cal(一次エネルギー換算でコークス60%、重油20%、電力20%)のエネルギーが必要であるといわれており、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きわめて重要なことである。高炉について能率向上の限界を克服するには鉄鋼石(焼結鉱およびペレットを含む)の予備還元、石炭をかんりゅうするためのコークスの製造および熱風操業などに従来的一次エネルギーまたは副生エネルギーにかわる原子力エネルギーの利用が検討されるべきである。

また、溶先の酸化脱炭を主目的とする工程では鋼種に応じて純酸素上吹

転炉（燃料は使わない）またアーク炉（電力）が主体である。これらは原理的に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。

高炉によらない製鉄法の場合、高炉法と本質的に異なる点は、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。還元剤としては一般炭のほか、各種混合比の $H_2 + CO$ などが使用され、熱源としては、天然ガス、重油および電気エネルギーが主体である。

一般的にいて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って、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源の供給または還元剤の加熱のための核熱エネルギーの直接利用という点で、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って、将来の鉄鋼製造法に变革をせまる事態も予想される。原子力と結合した製鉄をプロセスとして完成するのはそれほど容易ではないが、今後の研究課題となろう。

わが国では、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おり、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って、広義の製鉄技術の開発に努めねばならない。

7. 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 角田吉雄氏

原子炉の第1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って、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きた。とくに1964年4月、米国MWDが中心になって計画されたボルサ島（人工島）の海水脱塩二重目的原子炉計画は、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ったが、諸種の理由で未だ着手されていない。初期の計画では総建設費4億4,000万ドルで、電力コスト3 mill/Kwh、造水コスト22¢/1,000galと試算されていたが、労賃や材料費の高騰により総建設費7億6,000万ドルに上昇したため、規模を縮小して実施するよう再検討中である。

ソ連においては、カスピ海沿岸のシェブチェンコにおいて、海水脱塩と高速炉による発電と組み合わせた二重目的炉が建設中で、完成間近であるといわれている。この計画は電気出力15万～25万KWで、淡水は日産最大12万～25万トンの規模である。このほかイスラエル、インド、メキシコ（200万KW、10億ガロン/日）、シンガポールなどの諸国においても計画はあるが、いまだ具体化されたものはない。

海水淡水化以外の化学工業への原子炉の利用は、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。これまでもノルウェーのバルブ工場への供給や、スウェーデンの地域暖房への利用など1～2の例はあるが、とくに米国ミシガン州ミッドランドの計画が注目される。この計画は総経費2億6,000万ドルで、コンシューマーズ電力会社がダウ・ケミカル社とタイアップして139万KW（原子炉2基、1974年、1975年完成）を発電し、この地域の一般的な電力需要とダウ・ケミカル社が使用する約2,000トン/時の蒸気を供給するという電力と蒸気の二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、もはや開発段階ではなく、純然たる商業ベースで行なわれていることである。このほかヨーロッパでは、ドイツのバーディシェ・アニリン・ソーダ（BASF）が、84万KWの電力と2,000トン/時の蒸気の併産計画を検討している。このBASF社のエネルギー部長ウルク氏の講演によると、

電力コストを2円/kwhと押えた場合、重油火力では蒸気コストは700円/トン程度になるといわれるが、原子力では蒸気コストは250円/トン程度になっている。

原子炉の化学工業への利用の問題点としては、建設において原子炉は6～7年、化学工場は2～3年、オーバーホールにおいて原子炉は3～4週間、化学工場は2～3週間かかるとみられ、時間的な調整の面で検討しなければならない。

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におかれたが、英、独、米などにおける発展によって再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などが可能になるので、非常に将来性のある炉ではないかと思われる。

多重目的原子炉を対象とする工業形態を考えると、原子炉に期待される安いエネルギー・コストにより、二重目的原子炉の形態とは異なった新しい産業コンビナートの成立を可能ならしめた。たとえば米国では、原子炉から得られる安い電力で、肥料、化学薬品、農薬などを生産し、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、従来東工試で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などを結合した海水総合利用は、製品需要と、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。ここではわが国が工業塩を全部輸入している状況にかんがみ、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。すなわち、蒸発脱塩法にイオン交換または電気透析装置を付加することにより、かん水をリサイクルさせ、塩の濃度を順次上げていく方法である。この方法では、蒸発法で一番問題となるスケールの防止にも役立つわけである。経済性の点でも、試算によ

れば総建設費100億円程度で、電力コスト2円50銭/kwh、蒸気コスト450円/トン、水33円/トンの場合、工業塩3,000円/トン。電力コスト2円/kwh、蒸気コスト250円/トンと仮定すれば、水20円/トン、工業塩2,3000円/トン、工業塩を3,000円/トンに固定すれば水はただになる。

<ガス冷却炉>

イントロダクション

松根宗一氏（日本原子力産業会議副会長）

これから、ガス冷却炉の最近の開発状況を中心に、イギリス、ドイツ、アメリカ3カ国の権威者の方々から、お話を聞くわけであるが、その前に、イントロダクションとして、私が日頃感じている「ガス冷却方式の炉」についての所見の一端を申し上げてみたいと思う。

“水”というものが、熱伝達体としてすぐれた物質であることは、全く疑問の余地がないところである。このことは、近年の火力関係の機械の歴史をみても明らかである。

もつと端的に、軽水型原子炉の極く短い発展の歴史をみても、このことが言えるのである。アメリカ政府の注ぎ込んだ多額の資金、それに強力な民間産業の研究開発意欲があつたからであるが、軽水炉の技術的発展は非常に大きなものである。これは水というものが、原子炉の冷却材として、非常にすぐれているからであるといえよう。

軽水炉の改良の跡を眺めると、「炉心の核的な、或いは熱的な性能の面は、もう限度に近づいている。最適設計（オブチマイゼーション）の上限ではないか」と評する専門家も、一部にはいるようである。ともかく、この型式の炉の性能向上のカーブは、いつかは飽和点に達するだろうということ——これは、確かだろうと思う。

ガス、すなわち“気体”もまた、熱媒体として、極めて優れた性質を持っている。気体からは、非常に高い温度を得ることができる。この高温に到達できるという、特徴は、各種の工業的な利用面ですこぶる魅力的なことである。例えば、機械エネルギーに転換する際、その効率が高くなるとか、また、電力の生産以外の分野に用途が得られることなどである。

このようなことから、今回イギリス、西ドイツ、アメリカの3カ国のガス冷却炉関係の権威者から、それぞれの話を承るわけである。海外では、最近ガス冷却炉に対する関心は高まつており、すぐれた冷却材であるガスについて、常に関心を持ち続けることがわれわれとしても大切と思う。

1. 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. ムーア一氏

1. はじめに

ガス冷却炉は過去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きた。それらはGCR-マークI（マグネシウム合金被覆，天然ウラン金属燃料使用，マグノックス型），GCR-マークII（ステンレス被覆，濃縮ウラン酸化物燃料使用，AGR），GCR-マークIII（カーバイド被覆，ウラン酸化物燃料使用，高温炉）の三つに分けることができる。

2. ガス冷却炉の運転経験

最初のGCRはコールドホールで1956年10月運転を開始した。現在世界中で、30基以上の商業用GCRが運転しており、設備容量の合計は600万KWに達している。イギリスでは25基、450万KWが運転中で、この内大部分は80%以上の高い累積負荷率を示している。イギリスが建設したイタリアのラチナ発電所も良好に運転されており、累積負荷率85%程度に達している。GCR-マークIでの使用燃料は、過去6年間に60万本に達しているが、破損燃料はわずか11本であった。イギリスではAGRも含めさらに8基が建設中で2基が建設予定である。

初期には黒鉛の設計の問題，燃料取替装置の改良，ガス循環機器の振動等の問題はあったが，設計改良によって解決した。

3. GCR-マークI（東海発電所）

日本原子力発電㈱の東海発電所（電気出力16万KW，原子炉1基）はコールドホール改良型で，GCR-マークIに属する。原子炉の設計はこの時代に作られた他のGCR（パークレー，ブラッドウエルなど）と大体同じであるが，黒鉛減速材の耐震設計，燃料の設計（hollow rods）

に特徴がある。東海発電所の運転経験は、最近になるまで好ましい状況ではなかったが、これはGCR自体の問題ではなく、東海発電所特有の問題である。

4. PSコンクリート圧力容器の設計

GCR-マークIの実質的な改良は、オールドベリー発電所(60万KW, 原子炉2基)でなされた。すなわちPSコンクリート圧力容器の使用によりコンパクト化、高いガス圧での運転を可能ならしめ、安全性、経済性の面で著しい向上があった。PSコンクリートは、耐震性にもすぐれており、日本でも特別の興味が持たれている。

5. GCR-マークII(ハンターストンB発電所)

現在建設中のハンターストンB発電所(125万KW, 原子炉2基)はGCR-マークII(AGR)の典型である。PSコンクリート圧力容器を使用し、経済性も著しく向上している。すなわち、ステンレス被覆・微濃縮ウラン酸化物燃料により、平均熱放出率(12MW/TeU), 蒸気温度(65°C), 熱効率(4.2%)など著しい進歩があった。GCR-マークIIは石炭および重油火力より10%安く発電することが期待される。

6. 東海とハンターストンBの比較

GCR-マークIIは、Iにくらべて小型化されたにもかかわらず高出力運転が可能である。蒸気温度、圧力の増加により、新鋭タービン発電機が利用でき、PSコンクリートの使用により安全に対する高い信頼性の結果、敷地選定も容易である。このため、新しく着工されるヘイシャム発電所は人口中心近くに建設される。

東海とハンターストンBとのパラメーターの比較

	出力 MWE Net/炉	熱効率 %	平均比出力 MWE/TeU	ガス出口 温度 °C	冷却材圧力 Kg/cm ²
東海	159	27	0.85	386	15.4
ハンタース トンB	625	41.7	5.09	654	43.2

(敷地面積は大体同じであるのに対し出力は8倍である)

7. GCR-マークⅡの技術的開発

ダンジネスB, ヒンクレー・ポイントB, ハンターストンB, ハートルプールへと相当の設計の進歩があった。工場内で組立容易なポッド・ボイラーの開発により, 故障修理のための取りはずしを容易にしたことや, ガス・サーキュレーターの内蔵などがあげられる。これらはハートルプールで使用される。

8. GCR-マークⅢ(HTR)

GCR-マークⅢは高温炉または高温ガス炉と呼ばれ, ①冷却材を従来のCO₂からHeに変えたこと②燃料の改良により, 燃料表面温度を高くすることができたこと③高い冷却材圧力が得られること④燃料がコンパクトである⑤照射時間が長いことの特徴を持っている。GCR-マークⅢは低濃縮酸化ウラン-Puサイクルを使用するが, 好ましければU-Thサイクルもとれる。

9. 長期開発

長期的な開発の見通しとしては, ヘリウムがスタービンの利用を研究中である。これは資本費の低減に役立つであろう。GCR-マークⅢはガス冷却高速炉への可能性も秘めている。



議長 前田七之進氏 (富士電機製造株式会社社長)

2. 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/クルップ原子力会社

常務取締役 H. W. ミューラー氏

1. 高温ガス炉のポテンシャル

西ドイツの当面の電力需要の大半は, 軽水炉によってまかなわれていくであろう。しかし, 軽水炉は燃料サイクルコストの低減とプラント熱効率の向上に限界があり, 各工業国は将来, 軽水炉にとってかわる, あるいはそれを補足する改良型炉の設計を行ってきた。初期においては高温ガス炉

炉（HTGR）は軽水炉と高速炉の中間の世代の炉として重要視されたが、いまや軽水炉のみならず高速炉とも十分競争できる可能性がでてきた。

その主な理由は①燃料の燃焼度が高いこと②熱効率が42%以上であること③比出力が高いことによっている。他のガス炉との比較は次の通りである。

	平均燃焼度 MWD th/t fuel	出力密度 MWth/m ² core	比出力 MWe /t fuel
マグノックス	4,000	0.8	1
AGR	20,000	3	5
HTGR	100,000	8	70

すなわち、高い出力密度の結果、資本費が節約でき、高い比出力の結果初装荷燃料費が節減でき、高い燃焼度のため、燃料サイクル・コストが安く、ウラン鉱石価格に敏感でない。

2. HTGRの主な設計の特徴

①セラミック燃料と黒鉛構造材を使用②冷却材としてヘリウム・ガスを使用③冷却材温度は850℃以上で熱効率42%以上である④燃料としてはウラン、トリウム、プルトニウムの炭化物あるいは酸化物を使用⑤安全性の面ではセラミック燃料使用のため、溶融は起り得ないし、反応度に対して負の温度係数をもつ。これは他の炉にはみられない特徴であるため、燃料が固着したりつまったりすることがない⑦連続的な燃料の取り替えと循環が可能⑧燃料と減速材が均質的に配合されているため、温度勾配も、熱応力も小さく、したがって、燃料の温度によるひずみが少ない⑨燃料の取り扱いが容易⑩小さい燃料要素が多く集まって一つのユニットを構成しているので、冷却材中へ大量のF・Pが漏れることはありえない。

3. 西ドイツのHTGR技術の現状

1956年以來ブラウン・ボベリ／グループ原子力会社（BBK）は、ユー

リッヒ原子力研究センターの協力を得てHTGRの開発に努めている。

(1) AVR

1961年BBKはペブル・ベッド燃料のHTGRの可能性と安全性を実証し、建設・運転の経験を得るため、電気出力1万5,000KWの実験プラントの建設を開始した。1966年8月初期臨界に達し、1967年9月発電を開始した。1968年2月15日1万5,000KWの全出力、最高冷却材温度870℃を記録した。1968年10月から1969年2月までのプラント利用率は、90%以上ですでに40,000MWD/T（設計量の約 $\frac{1}{3}$ ）の燃焼度に達している。

(2) THTR

AVRの経験をもとに第2段階の開発がユーラトム、ユーリッヒ研究センター、BBKによって進められた。その基本的な目的は60万～120万KWに外挿が容易に可能な電気出力30万KWのプラントを設計することであった。これをもとに電気出力30万7,000KWのTHTR（トリウム高温ガス冷却炉）の建設を1968年末に開始する予定である。設計の基本はAVRの概念が採用されているが、次の点が異なっている。①PSコンクリート圧力容器を使用②六つの蒸気発生器があり取りはずし可能の設計がなされている③ペブル・ベッド炉心への停止棒の直接挿入

4. 燃料サイクル

HTGRではPu-239、Pu-241のほかU-233、U-235が分裂物質として使用可能である。増殖材料としての親物質はTh-232、U-238のどちらかである。原理的にはおのおの分裂物質とそれぞれの親物質を結合させることが可能である。しかし近い将来プルトニウム価格が高濃縮ウラン価格より高くなる可能性があり、THTRにプルトニウムを使用することは有利でない。したがってThサイクルと低濃縮ウランサイクルが注目される。これには①再処理をしない場合と②再処理をする場合の二つが考えられる。

5. 経済性

HTGRは比出力が高いため、60万～100万KWの発電所で初装荷燃

料インベントリー費は15ドル/KWe程度である。転換率が高いため、燃料サイクル・コストに対するウラン価格の影響が軽水炉よりも低い。ウラン価格が2倍になったと仮定しても、燃料サイクルコストは5%増加するだけである。資本費は60万KWでおよそ130ドル/KWe, 100万KWで110ドル/KWeぐらいである。

総発電コストは条件によって異なるが、西ドイツの電力会社の経理勘定方式で計算すると、大型のTHTRで高い稼働率が維持される場合1.6~1.8 Dpf/KWhのオーダーである。

6. 将来開発の見通し

高いガス温度の現実化によってクローズド・サイクル・ガスタービンの使用が可能となる。HeガスタービンをHTGRに結合する考えは以前からあったが、蒸気タービンの使用に比べて①循環機, 一次蒸気発生器, 復水器等が不用となる②熱効率が良いこと③ガスタービンの方が資本費が10~15%位安くなる可能性等の利点がある。

現在ではエネルギー生産のおよそ70%が熱に利用され、残りが発電に利用されている。2000年までにはこの割合はおよそ50%:50%になる。したがって原子力を発電以外に、直接熱利用として応用できるかどうかの問題がある。このためには高い冷却材ガス温度を有するHTGRは有利であり、現在の燃料技術の進歩からすると、1975年までに1,200°CのHeガス温度が期待できる。この応用として西ドイツでは製鉄への利用および石炭のガス化の研究が進められている。

※

議長 築地一雄氏 (中国電力株式会社副社長)

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

ガルフ・ゼネラル・アトムミック社

社長 フレデリック・ド・ホフマン氏

1. イントロダクション

GGA社がHTGRの開発に着手したのは、そのもつ①効率的な過熱および再熱蒸気サイクルの要求を満たすため高温高圧蒸気を発生させる②高い中性子経済、高い転換率、高い燃焼度による分裂性核燃料の最大限の利用③運転上の高い信頼度と安全性の三つの特徴が安価な発電を達成せしめるに違いないと判断したからである。これまでの開発の結果、今や、HTGRは実用段階に達している。

HTGRは、すでに運転に入っているビーチ・ボトム原子力発電所(電気出力4万KW)および建設中のフォート・セント・ブレイン原子力発電所(電気出力33万KW)があるほか、ビーチ・ボトムでの経験をもとに60~100万KW級の開発も進められている。さらに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に利用するための研究開発が積極的に行なわれている。

2. エコノミック・ガイドライン

原子力で安価な発電を行なうためには、資本費および燃料費が安価である必要がある。なかでも資本費の発電コストへの影響は大きい。したがってKW当たりの資本費を下げるためには、水よりも高温、高圧の達成が可能で熱伝達の良いヘリウム・ガスを冷却材として使用することにより、熱効率を上げること、蒸気発生器を小型化すること、および、プラント全体をコンパクト化する必要がある。

3. HTGRの燃料サイクル・コストの因子

燃料サイクル・コスト引き下げの方法はいくつかあるが、最も重要な因子は中性子経済と熱効率である。HTGRでは燃料サイクル・コスト引下げの因子となる次のことがらが達成可能である。

- a) 熱効率 (約 40%)
- b) 転換率 (軽水炉の 0.6 に対して 0.8 ~ 0.9)
- c) 燃焼度 (軽水炉の 30,000 MWD/T に対し 6 万 ~ 10 万 MWD/T)
- d) 分裂物質のインベントリー (100 万 KW の HTGR の場合 U-235 約 3 t を必要とするが、最新鋭 PWR においてもこれと同程度である。しかも軽水炉が限界にきているのに対して HTGR は、将来もっと燃料の中心温度を高くすることにより、インベントリーを小さくすることが可能である)
- e) ハンドリング・コスト (HTGR は現在でも、熱効率や燃焼度が高いことにより、軽水炉に比して KWh 当りのハンドリング・コストは小さいが、将来は燃料の大量生産によりさらに小さくなる)
- f) 核分裂物質の価値 (HTGR はいくつかの組合せの燃料サイクルによって運転することが可能である。現在では U-235-Th サイクルにより 100 万 KW 級の軽水炉とくらべて 0.2 ~ 0.4 ミル / KWh 以上燃料サイクル・コストが安い)

4. HTGR プラントについて

フィラデルフィア電力会社がペンシルバニア州南東部に建設した、ピーチ・ボトム原子力発電所は 1967 年 6 月以来営業運転に入っている。これまで全出力換算 150 日運転後、炉内および燃料検査、各種試験を行なうため、2 回ほどある期間停止した。蒸気条件 (1,000 °F, 1,450 Psi), 熱効率 37.1%, 蒸気供給系の利用率 85% で、1968 年 10 月までに 31 万 MWh を発電した。燃料は UC-ThC 系でパイロカーボン被覆 (設計燃焼度 75,000 MWD/T)。

原型炉としてのフォート・セント・ブレイン原子力発電所はパブリック・サービス電力会社によって建設が順調に進められている。この計画は、発電実証炉計画の一環をなすもので、AEC の研究開発の助成を受けている。1968 年 9 月着工以来、工事は急速に進んでいる。PS コンクリート圧力容器を使用することにより、安全性、経済性の向上をはかったほか、蒸気条件の向上により、40% の熱効率をねらっている。燃料はウラン・

トリウム混合炭化物をパイロカーボン、シリコンカーバイドで三重被覆、燃焼度10万MWD/T。1972年運開の予定である。

4. ガス冷却高速炉の開発について

ガス冷却高速炉(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料がもつ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。性能向上の要因としては、高増殖比率、インベントリー倍増時間の短縮、などがあげられる。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、正のボイド系数を克服する措置が必要でないこと、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げられる。

1968年6月、米国の37の電力会社との間に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の計画を評価し、1970年代半ばと予想される原型炉の建設、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。

<重 水>

議長 安西正夫氏（昭和電工株式会社社長）

4. フランスにおける重水の生産

フランス原子力庁材料・燃料局

局長 H. ビアティエ氏

1. 概 論

重水炉の利点は燃料サイクルのコストに著しく、フランスでは電気出力KW当り60ドルの節約となる。だが燃料サイクルのコストを低くするためには、少くとも重水価格は18ドル/lb以下にしなければならない。重水所要総量は重水炉をもつ工業国では年間数百トンとされている。カナダでは重水炉の需要に対する重水生産総量が年間約1,200トンであるといわれる。一方、フランス、イギリス、ドイツでは、向う4年間に設置される重水動力炉は原型炉だけなので、重水所要総量は数年間は年平均約300トンを越えないと見込まれる。アンモニア合成に用いる水素から重水を抽出するのは最も望ましい方法であるが、こうした状況はこの方法にとって魅力的である。初期の重水プラントはこの種のものだったが、過去18年主な重水プラントは H_2O-H_2S プロセスが採用されてきた。ここ数年フランスではアンモニアと水素間の同位体交換反応を用いたプラントを運転している。この実験施設は年産25トンという小規模のものだが順調に進展している。

2. NH_3-H_2 プロセス

NH_3-H_2 同位体交換法による重水プラントは、フランス北部マザンガルベにあり、フランス原子力庁のためにソシエテ・ジミク・デ・シャルボナー・ジュが二つの建設会社の協力を得て建設した。 NH_3-H_2 プロセスの利点は、アンモニアと水素の同位体交換反応が、重水素分離に対して最大の分離係数をもつところにある。合成ガスの水素と液体アンモニアとの間

の反応は、溶液中に触媒があるときにのみ生ずるが、ここでは触媒にカリウムアミドを使用している。また非常に性能の良い接触装置が使用されねばならない。

$\text{NH}_3\text{-H}_2$ 交換には2つの方式がある。

一つは単一温度方式と呼ばれるもので、一つの塔の中で合成ガスが還流アンモニアで洗浄され、反応を促進するものだが、この方式では交換装置は比較的小さく、したがってアンモニア・プラントでは密接して設置できる。

もう一つは二温度方式と呼ばれるもので、フローシートはNoria液が NH_3 中の KNH_2 溶液であること以外は、 $\text{H}_2\text{S-H}_2\text{O}$ プロセスと同じである。交換反応温度は一塔プロセスのときよりやや低くなり、ために材料に付随して接触効率、反応率などにやっかいな問題がでてくる。フランスが最初の重水プラントに単一温度方式を選んだ理由はここにある。

3. マザンガルベ・プラン

マザンガルベ・プラントでは、初めに合成ガスに含まれる酸素と水が浄化され、わずかに残った硫化物も、 T_4 塔で取除かれる。これは合成ガス(窒素と水素)が硫化物と反応しやすいために、あらかじめ浄化しておく必要があるための措置である。交換反応は数百気圧のもとにエジクターを使って行なわれる。クラッキングは60気圧で行なわれ、生じたガスを交換塔に送りこむ。このガスが濃縮重水素である。また、マザンガルベでは、初の試みが行なわれている。すなわち、仕上げ装置はアンモニアの蒸留塔をもち、ここで濃縮重水素アンモニアが解離され、でてきた重水素を燃焼して重水を得る。マザンガルベでは99.98%以上の濃縮度を得ている。

4. パイロット・プラント実験と今後の課題

低温での接触効率と新たな触媒について研究するため、二温度方式がCEAのグルノーブル研究所に設置されたパイロット装置で活発に研究されている。二温度方式はクラッキングを必要としないのでエネルギー消費が少ないのが利点だが、交換塔の数、形とも大きくなり、コストが高かつくのが欠点である。このため簡単で安価な機器の改良開発に努力がはらわれ

ている。

5. 経済性

目下、フランスでは二つのプラントを検討しているが、重水生産プラントの資本費は小規模なものでも、年産1トン当り100万フランを大巾に下回り、60～80万フラン程度となっている。アンモニア流体中の初期重水素が125ppm以上あるならば、日産1,000トンのアンモニア生産で副産物としての重水の生産量は~~は~~なくとも年間65トンに達する。フランスにはこの規模の肥料工場が五つあるが、もし全部の工場が装置を取付ければ、年間300～350トンの重水を生産することになるだろう。同一エネルギー・コストという条件のもとに、フランスでの $\text{NH}_3\text{-H}_2$ プロセスと $\text{H}_2\text{S-H}_2\text{O}$ プロセスを比較すると、 $\text{H}_2\text{S-H}_2\text{O}$ プラントの運転にキロ当り電気と蒸気に60～7.0フランかかるのに対し、単一温度方式の $\text{NH}_3\text{-H}_2$ プラントでは50フラン、二温度方式では25フランですむ。維持費は稼働部および触媒の消費量が多いため、 $\text{NH}_3\text{-H}_2$ プロセスの方が逆に高いが腐蝕の問題は起らない。

6. 結 論

重水生産技術の現状からすれば、 $\text{H}_2\text{S-H}_2\text{O}$ プロセスは十分研究されたフローシートが使えるといえる。にもかかわらず、カナダ・プラントは数多くの新しい概念を採り入れ、その改良に努めている。電気と蒸気生産施設における重水プラの集約化は、低コストエネルギーを可能ならしめる大きな進展が期待できる。

一方、 $\text{NH}_3\text{-H}_2$ プロセスは、マザンガルベ・プラントの順調な運転で技術的に立証されている。今後、触媒、接触技術などに改良が加えられよう。

数多くのアンモニア肥料工場を有する国において、重水生産設備を設置する場合には、大型の $\text{H}_2\text{S-H}_2\text{O}$ プラントを建設する前に、アンモニア-水素同位体交換反応装置によって有利にスタートできると考えることは当を得ているといえよう。

<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

パシフィック・ガス・アンド・エレクトリック社

社長 S. L. シブリー氏

日本、イギリス、フランス、西独（ベルギー、オランダ共同）、イタリア、ソ連、アメリカなどの国にて、高速増殖炉開発が遂行されているが、いずれも炉型は液体金属冷却型に集中している。

アメリカでは政府、メーカー、電力会社が協力しあって、計画を遂行しており、特に産業界はAECを通じて政府の財政援助を受けることができる体制となっている。現在、民間5大メーカーによる計画が進行しているが、GGAのみがHeガス冷却炉を、他はいずれも、Na冷却炉を手掛けており、かつ多数の電力会社を資金上のスポンサーとしている。

さらに、熱中性子増殖炉である溶融塩炉の開発計画も遂行されている。

1. 開発経験の歴史

(1) アメリカにおける高速炉開発の歴史は古く1940年代より「高速」と「熱」の中間エネルギーを持つ中性子を使用する炉研究を実施した結果、その可能性なしとの結論に達した。同年代末より1950年代初期における関心は、

① 熱出力 $\frac{1}{4}$ MW・水銀冷却炉（CLEMENTINE）

② 熱出力1MW・Na-K冷却増殖実験炉（EBR-I）

など高速中性子に向けられ、特に後者により①高速炉内での増殖と②液体金属冷却材の使用などの可能性が確認された。

熱中性子炉開発と平行してかかる作業は遂行されてきたが、その結果、高速炉の実現可能性が確認され、従来のもより大型の二つの高速増殖炉プロジェクトが実施された。すなわち、一つはEBR

— II (62.5 MWt, 20 MWe) という高中性子束による照射施設であり、1961年にNaなしで、1963年Naを入れてそれぞれ臨界に達した。他の一つは Enrico Fermi 炉 (最終的には 430 MWt, 150 MWe) で、Na 冷却高速増殖炉の運転可能性を実証するためのものであり、1963年に臨界に達した。その後、1966年10月サブ・アッセンブリー中の局部的燃料溶融事故により運転中止のやむなきに至ったが、本年未運転再開し照射用施設として使用される予定となっている。

AECは1962年以降、Na 冷却高速増殖炉に集中、かつ、開発テンポは加速度的に早くなってきた。すなわち①核燃料、②物理、③Na 技術などの大規模実験計画が遂行されてきた。AECは現在、1000 MWe プラント設計に注目している。これは、安全性の追求のため増殖を減じた原子炉設計につながり、また炉心はモジュラー型、円環型、パンケーキ型が採用されよう。

アメリカでは高速増殖炉開発のための三つの主要実験施設が、1960年代初期から中期にかけて実施に移された。いずれもNa 冷却材を使用する。

- ① ZPPR ……大型炉用炉心の物理試験用
- ② FFTF ……400 MWt 高中性子束試験施設であり、燃料と材料の極限試験用、未完成。
- ③ SEFOR ……国際共同計画の一環として操業されており、過渡現象を終らせるドブラー効果の実証用。

(2) 1960年代なかばにおける軽水炉の商業利用は、プルトニウム利用と炉心供給についての問題を提起したのである。その結果、高速増殖炉に対しコミットしなかった会社が計画や設計に取組み始めた。

5大原子炉メーカーは、かかる高速増殖炉開発計画を電力会社が支持することを求めはじめている。これらはたがいに競合する企画となっている。

(* 1社は約40の電力会社と、1社は20の電力会社と、1社は

30の電力会社と、1社は教社と、1社はガス冷却型について
40の電力会社とそれぞれ協力関係を有している)

多数の電力会社がこれらの計画の一つ以上をサポートしている。

- (3) アメリカではNa(またはNa-K)以外の冷却材使用については、あまり関心を持っていなかったが、しかし電力会社のなかには①液体金属炉の運転困難性、②Naボイド問題から生ずる増殖率の減少、③他のもっと好ましい冷却材の存在などの理由から、Naを嫌い、その結果ガス冷却および蒸気冷却の研究も開始された。ただし現在では、ガス冷却は継続されているが、蒸気冷却は中止されている。

① ガス冷却……ガス冷却の設計作業は電力会社の支持を受け、かつAECの資金援助を受けて、GGAで継続されている。

② 蒸気冷却……蒸気冷却の設計作業は昨年次の要因にもとづき中止された。

- (i) プルトニウムの捕獲対分裂比問題
- (ii) 被覆材の性能に関する可能性問題
- (iii) 経済性の悲観的見通し

2. 実証炉

- (1) メーカー、電力などの産業界は、高速増殖炉実証プラントについては共同責任を有すると認識している。共同作業努力の一つは既述の通り、液体金属増殖炉実証プラントの設計であり、この研究はGE, WH, AIの各社で実施されている。また、GGAは大容量のガス冷却炉の設計研究を遂行しており、つい最近①炉実験、②実証の概念の予備設計を行なった。

これらの計画には、電力会社が1,600万ドルの資金援助を行なっている。

① GE社

- 300 MWe 実証炉プラントの予備設計実施
- ESADAはGE設計をベースとして五つの領域……すなわち

④燃料要素の製作および燃料集合体⑤燃料取扱い装置⑥炉心冷却材計器⑦予備制御系⑧蒸気発生器…でハード・ウェアの開発作業を支持している。

○ ESADAは1970年代半ばにNY州に実証炉プラント建設決定のための判断情報の提供を期待されている。

⑨ WH社

○ 同社の実証炉プラント設計作業は、多数の電力会社で構成されたグループの支持を受けている。

○ その作業は200～400MWeプラント設計であり、④概念設計を開発し、⑤特定の重要な研究開発を決定し、⑥系の性能要素を設定し、⑦さらにコスト情報を得ることなどを目的とするもので、1970年頃までにプラントをコミットするところまで進められる予定である。

⑩ AI社

○ 多数の電力会社と共同して、350～500MWeの実証炉プラント開発計画を遂行中である。

⑪ GGA社

○ 電力グループの支持と援助を受けて、ガス冷却炉、高速増殖炉開発に従事してきたが、この開発努力は技術的・経済的可能性研究も含めて1,000MWeプラントの設計を発展させてきた。

(2) アメリカでは一基ないし二基のNa冷却型の実証炉プラントが、1970年頃までにコミットされよう。ただしコスト見積りは、設計研究作業が完了するまではavailableではない。この実証炉プラント計画に要する推定コストは、9,000万ドル以上となり、これらの資金は電力、メーカーのグループをスポンサーとしよう。

3. 分 析

(1) 既述の通り、アメリカでは民間産業がAECから莫大な経済的援助を受けて、Na冷却型高速増殖炉を主眼とした開発計画を進行している。

高速増殖炉の最終ユーザーである電力会社は、一般的に商業用として最も可能性ありとみなし、液体金属炉を主要開発対象とすべきであるとして、すでにこれに相当の投資をしているが、他方ガス冷却型のような他の方法にも関心を有している。ガス冷却炉の場合、確かに①冷却材に関連した腐蝕、②金属学的・化学的問題などがあるが、しかし、③オーバー・ホール、④修理などの問題は、比較的簡単に解決されると思われるし、また、⑤運転を中止せずに燃料取替が可能であり、⑥金属-水反応問題もほとんど生じないと考えられている。

(2) ガス冷却炉計画のハンディーキャップは比較的小く、開始されたことであるが、アメリカではPSコンクリート・プレッシャー・ベッセルの利用および大容量の炉が急速に開発されてきており注目を集めつつある。ガス概念の推進者は、①容易な技術および他のガス炉の経験の利用と、②初期の技術等を使用して、他の型の高速炉に追いつくことが可能であると考えている。もしガス炉推進者の考え方が間違っていないとすれば、ここ数年間のうちにNaとガスの両概念の間に健全なる競合的發展を見ることができるとし、また、電力会社サイドに立てばこれら異なったアプローチは好ましいのである。

(3) 実証炉開発の主目的は、①技術上、安全上、運転上の見地から全般的な可能性を実証すること、②商業用プラントの経済面を予測するための基礎データを提供することとにある。

アメリカではメーカーは、Na冷却型実証炉は高い増殖率を得ることを目的としていないが、他方電力会社は経済性を若干犠牲にしてもかなり高い増殖率を実証したいと希望している。

低い増殖率の炉概念の技術的可能性は問題ないとしても、これでは商業的に魅力ある高い増殖率の炉にいたらしめるためには、まだ多くの疑問点を残すことになる。

(4) 高速増殖炉の場合、熱効率は燃料費の重要な因子とはならないが、

しかしプラントの資本費をできるだけ小さくするために重要となる。すなわち、熱効率が40%以上(軽水炉の場合30%程度)になれば、配管系統、タービン、特にコンデンサーや冷却系統の小型・軽量化が図られ、したがって資本費を低減することが可能になるからである。

(5) 高速増殖炉のエネルギー・コストは、軽水炉に比し、第1号基は高いが以降急激にさがり、1980年代には軽水炉以下となり、それ以後今世紀中には漸次低下して行くと思われる。他方、軽水炉のエネルギー・コストは、1980年代中頃まではほんのわずかずつ低下して行き、その後10年間程度はほとんど一定となろう。

(6) EEIの予想によれば、もし高速増殖炉のコストが1980年頃までに軽水炉と同一になるならば、1995年までに現在価値で13億ドル程度の節約が可能となるが、また、もしかかる状態がさらに1985年頃まで5年間遅延し、軽水炉しか利用できないとすれば、1995年までの節約額はわずか2億ドルに減少すると見込んでいる。したがって、高速増殖炉の実用化を促進するために大いに努力をする必要がある。

かかる予想は、多くの複雑な因子と仮定ともとづいているが、一つの複雑な因子例として、今後数年間に高温ガス冷却炉のような新型の熱中性子炉の介入可能性があげられる。この種の炉の導入による節約額は、高い現在価値を持ち得るものの、増殖炉に対する平衡点をさらに将来に引き延ばす作用をもたらすこととなろう。したがって、実用増殖炉導入のタイミング予知はきわめてむずかしいのである。

4. 結 論

- (1) 高速増殖炉の十分な開発を促進するためには、高速中性子による燃料、材料の照射試験施設を持つことが基本的に必要である。
- (2) 高速増殖炉開発の誘因は①AECの長期的目標である天然資源の完全利用を可能にし、予見し得る将来のために適当なエネルギー資

源を確保すること、および④民間産業が第一の責任者なのであるが、低コストで電力を生産することにある。

(3) アメリカの電力会社は、1970年代中頃までに約65,000MWeの軽水型原子力発電所を持つことになり、これに対応して年間10トン程度のプルトニウムが生産されることになる。もし、高速増殖炉が発電コスト面で利点があると予想されるならば、電力会社は実用高速増殖炉が技術的に問題なければ、ただちに運転してみたいという強い誘因につながると思われる。

(4) 政府間、メーカー間、電力会社間での高速増殖炉開発に関して各国との緊密な協力を促進すべきである。

閉会総会

議長 松根宗一氏（日本原子力産業会議副会長）

閉会総会においては、まず、富士電機製造株式会社の和田相談役が、3日間にわたる大会をふりかえり、その印象と所感をまじえて大会の成果をとりまとめた。ついで、松根議長が閉会挨拶にたち、本大会が所期の目的を達し得たことは、大会準備委員、会議関係者、大会参加者各位の尽力と協力によるものであると述べ、満場の拍手とともに第2回原産年次大会の幕をとじた。