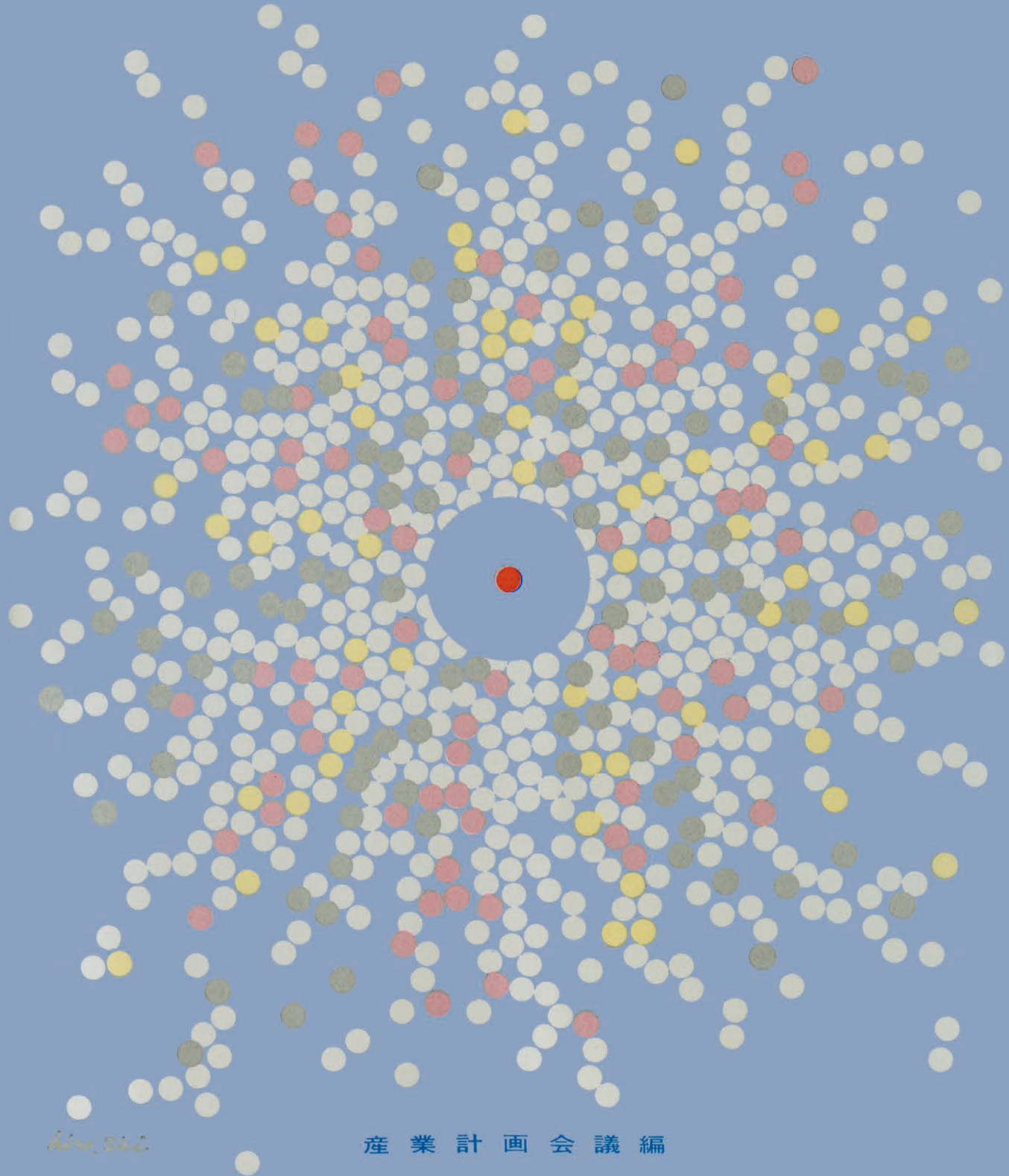


原子力政策に提言

産業計画会議第14次レコメンデーション



産業計画会議とは

産業計画会議は、昭和31年3月、松永安左エ門を中心に各界の学識経験者によって、民間の研究機関として設立された。

戦後数回にわたって、政府が発表してきた経済計画は、きわめて精細な数字を列挙しているが、いずれも計画が実績を下回り、ために計画としての意義を失い、国民の経済活動を刺激し誘引する力を欠いていた。このような計画に対して、産業計画会議は、民間人の自由な創意と工夫を生かし、わが国産業経済の動向とその拡大の規模について調査、研究を進め、国民経済全般の理想的形態を把握すること、および産業の長期見透しを確立すること、をその目的としている。

創設以来、14次にわたる勧告を公表している。その内容は、日本経済たてなおしのための勧告—エネルギー・税制・道路について—を第1次として、以後、北海道開発、高速自動車道路、国鉄の根本的整備、水利用の高度化、あやまれるエネルギー政策、東京湾の埋立、利根川利水計画、償却制度、専売制度の廃止、海運政策の提案、東京湾横断堤建設、新東京国際空港建設、原子力発電政策等と、広範多岐にわたっている。今後も日本の産業拡大、経済の成長、国民生活の向上のため実行すべき具体的政策を積極的に提唱していく方針である。

産業計画会議委員

委員長 松永安左エ門

委員

青木均一	青木楠男	青山秀三郎	鮎川義介	赤羽善治	安芸皎一
安藤豊禄	浅輪三郎	有沢広巳	芦原義重	荒川昌二	荒川康夫
足立正	池田亀三郎	池田勇人	石坂泰三	石破二郎	石山四郎
一井保造	伊藤保次郎	伊藤剛	伊原隆	稲葉秀三	井上五郎
内田俊一	内海清温	内ヶ崎賛五郎	大幡久一	大屋敦	大島恵一
大山松次郎	小野田清	小汀利得	小川栄一	奥村勝蔵	岡松成太郎
茅誠司	賀屋興宣	川北禎一	梶井剛	金井久兵衛	木内信胤
気賀健三	木川田一隆	木村弥蔵	北沢直吉	倉田主税	久留島秀三郎
紅林茂夫	小林中	後藤清太郎	迫静二	桜内乾雄	桜田武
嵯峨根遼吉	佐藤喜一郎	清水金次郎	島秀雄	白洲次郎	島田兵蔵
鈴木貞一	菅礼之助	菅谷重二	関四郎	十河信二	高橋亀吉
高橋三郎	高井亮太郎	竹俣高敏	武吉道一	多田耕象	千葉三郎
辻鈔吉	寺田義則	東畑精一	永田龍之助	永野重雄	永山時雄
中山伊知郎	中山素平	中川哲郎	中川以良	新関八州太郎	原邦道
橋本元三郎	萩原俊一	萩原吉太郎	平田敬一郎	平石栄一郎	平井弥之助
福田勝治	福田節雄	藤波収	藤井崇治	堀裕	堀新
堀義路	堀江薫雄	松隈秀雄	松永安左エ門	松根宗一	万仲余所治
前田清	三宅晴輝	宮川三郎	宮尾葆	水田三喜男	森川覚三
安川第五郎	山際正道	山田勝則	山本善次	山本重男	横山武一
横山通夫	吉田確太	蛭山政道	脇村義太郎	綿野儕三	渡辺一郎

専任委員 堀 義路

常任委員

青木均一	荒川昌二	安藤豊禄	一井保造	伊藤保次郎	伊原隆
小川栄一	賀屋興宣	茅誠司	木内信胤	気賀健三	北沢直吉
久留島秀三郎	紅林茂夫	小林中	桜田武	佐藤喜一郎	島秀雄
菅谷重二	鈴木貞一	関四郎	永野重雄	中山素平	萩原吉太郎
平田敬一郎	堀江薫雄	松根宗一	脇村義太郎	綿野儕三	

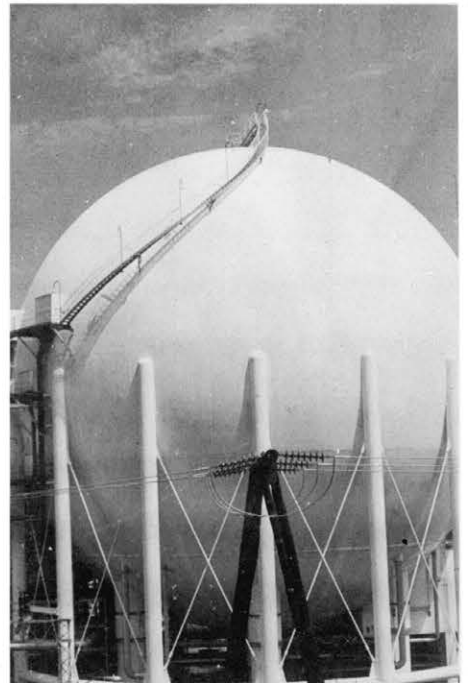
事務局長 前田 清

(五十音順・昭和40年4月1日現在)

原子力発電政策の 確立を要望する

産業計画会議第14次レコメンデーション

原子力政策に提言



ヤンキー原子力発電所（16万KW, PWR）



はじめに

物質の究極は、原子から成り立っているということを、遠く二千数百年前、ギリシャの哲人達が仮説として説いている。その原子が近代科学の洗礼を受けて現実に存在することがわかり、さらに原子の中心核は、分裂するときに巨大なエネルギーを発生することが発見された。不幸、その最初の顕示は広島、長崎の原爆であった。しかしその後二十年、原子力の平和利用への世界各国の努力は、ようやく実を結び、最近では原子力エネルギーは、経済的にも石炭、石油にとって代ることが明らかとなり、わが国でも漸く本格的な原子力発電の時代を迎えようとしている。

しかし、長い眼でみれば、人類の原子力の平和利用はまだその緒についたばかりである。原子エネルギーの利用度も、いまだ出し得るエネルギーの百分の一以下である。この利用度をさらに現在の十倍、百倍にまで高めるには、増殖炉の開発を目標とする今後の努力にまつばかりである。

今や、世界をあげて原子力の開発に研鑽を重ねている。わが国も、この人類の大目的のために、大いに協力し、努力をつくさねばならない。

松本浩一

産業計画会議委員長

目 次

第 1 部 原子力発電の現状と問題点	5
1. 原子力発電は実用化の段階に入った.....	5
2. 各国は着実に研究開発を進めている.....	7
3. わが国も原子力発電政策を確立すべきである.....	8
第 2 部 原子力発電政策に関する勧告	11
1. 原子力委員会の強化と施策の改善.....	11
2. 実用炉導入のための方策.....	12
3. 研究開発における国内体制の整備と国際協力の推進.....	14
付属資料	17
付 録	73

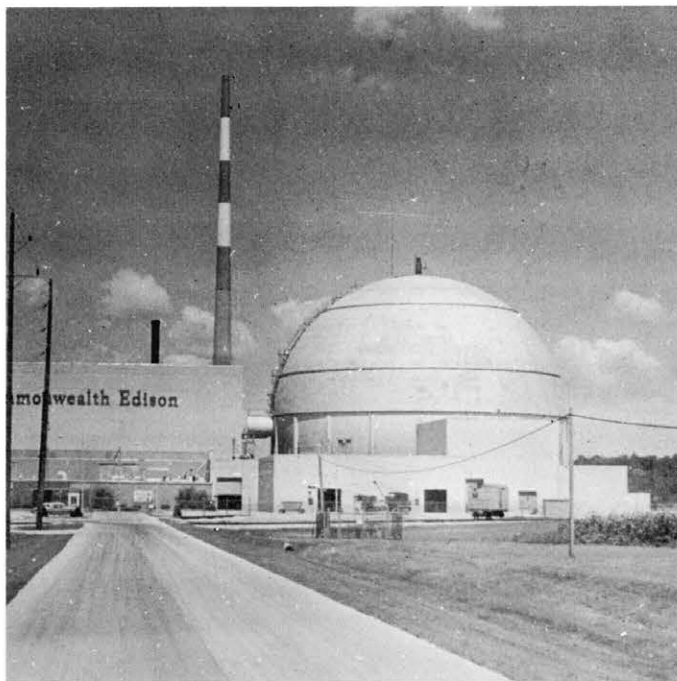
原子力発電政策の確立を要望する

第1部 原子力発電の現状と 問題点

1 原子力発電は実用化の段階に入った

従来、研究開発の段階に止まっていた原子力発電は、最近、急速にその経済性を高め、世界的に実用化の段階に移ってきた。

これは、原子力の先進諸国における開発努



ドレスデン原子力発電所（20万KW、BWR）



カナダのチヨーク河畔にある原子力研究所

力が実を結んできたためである。特にアメリカで開発をされてきた軽水炉の発電コストが、従来の石炭・石油による火力発電コストを下廻ることが明らかとなったからである。(註1)

このような情勢を反映してわが国においても軽水炉を中心とした原子力発電がここ数年のうちに実用的な発電の一端を担うことが明らかとなり、さらに長期的には、原子力が発電エネルギーの基本となることが予想されるに至った。

註1 たとえば、アメリカにおいては、この型の原子炉による発電コストは、現在すでにキロワット時当りほぼ6～7ミル(2円16銭～2円52銭)であり、最近の最も著しい例としては、ジャージーセントラル社の1967年運転開始予定の沸騰水型軽水炉(最大出力62万KW)は3.75～4.25ミル(1円36銭～1円53銭)の発電コストが公表されている。

以上の例にもみられるように、原子力発電のコストは近くKWh当り4ミル台になることはほぼ確実である。

これに対して、在来の火力発電では、最新鋭のもでもその発電コストは6ミル台であり、現在の重油価格の動向からみてもこれが、在来火力のコスト低下の限度であると考えられる。この点からも大容量火力の分野では、原子力が将来の本命となることは確実である。(付属資料第2章参照)

2 各国は着実に研究開発を進めている

このように原子力発電の実用化が進められている一方、各国は長期的な観点から将来の時期をねらった原子炉の研究開発を着実に進めている。

わが国が原子力研究所における研究炉や原子力発電会社の東海炉の建設に追われていた間に、各国は軽水炉などの実証炉の次の時期に有望である炉型(註2)、あるいはさらに将来の本命である増殖炉の開発を進め着々と成果をあげている。

原子炉の開発は多額の研究費と多くの専門分野に亘る多数の研究員を必要とする。事実開発計画の進展とともに、研究開発費も多額にのぼり、いずれもわが国の数倍ないし十数

倍に及んでいる（註3）。それでも一国で経費および人員のすべてをまかなうことは不可能なため、長期的なプロジェクトとして国際協力による開発が進められている。アメリカをはじめイギリス、フランス、カナダ、西ドイツなどの諸国は、相互の双務的な協力、たとえば、EEC加盟6カ国によるユーラトム（EURATOM）や、OECDのヨーロッパ原子力機構（ENEA）を通じての共同プロジェクトによる国際協力が進められている。この場合、各国は研究費の分担、研究員の派遣を行ない、それぞれプロジェクトの一部を重点的に受持つとか、あるいは共同研究所の設立などの形をとっている。

註2 実証炉の技術を基礎として、そのアドバンスド・タイプと考えられる高級熱中性子炉が世界的に開発されている。

そのなかで、たとえばシード・ブランケット炉、高温ガス炉、重水減速炉などが有望と見なされている。

註3 1962年におけるわが国の原子力予算は91億円であったが、これに対して、アメリカは9,150億円、イギリスは1,082億円、フランスは1,918億円、西ドイツは301億円といずれもわが国を大巾に上廻っている。（ただし、アメリカとフランスは軍事利用を含む）（付属資料、付録参照。）

3 わが国も原子力発電政策を確立すべきである

各国とも原子力に関しては確固たる基本政策をもち、その政策に従って行動している。しかるにわが国では、従来原子力についてはっきりした方針がなく、原子力委員会もその時々の内外の情勢におされてむしろ混迷状態をつづけてきたといえる。

たとえば、東海炉の導入においては、政治的配慮のため経済性が無視され（註4）、一方、国内産業の基盤強化や実用炉導入のための環境整備が遅れてしまっている。

研究開発については、原子力研究所に年間50～60億円が費やされ次々と研究炉が建設されたが、単に建設することにのみ追われてし

まって、その間動力炉開発についてはなんら見るべき成果が上っていない。現在、船用炉の開発のため原研の4号炉が建設され、また、動力炉燃料の国産化をめざす材料試験炉の建設が進められているが、これらは具体的な開発計画の要請にもとづくものではないために、設備をつくるだけのものに終るおそれがある。

国際協力についても研究開発に関する基本的な方針がなく、その時々的情勢や相手のよびかけで協力を行ってきたため、具体的な共同プロジェクトというものはない。また、国際原子力機関（IAEA）中心を唱えながらも、これに対するなんら積極的な政策がないため、實際上わが国は国際間で軽視されている状態である。

内外の情勢はこのような状態をこれ以上続けることを許さなくなっている。いまこそ長期的な原子力発電政策を確立して、はっきりとした方向づけをしなくてはならない時であり、この意味において原子力委員会の責務は重大である。（註4）

註4 昭和31年12月産業計画会議資料第40号

「原子力導入とその問題点」において、当時とるべき原子力政策として、われわれは次のように述べている。

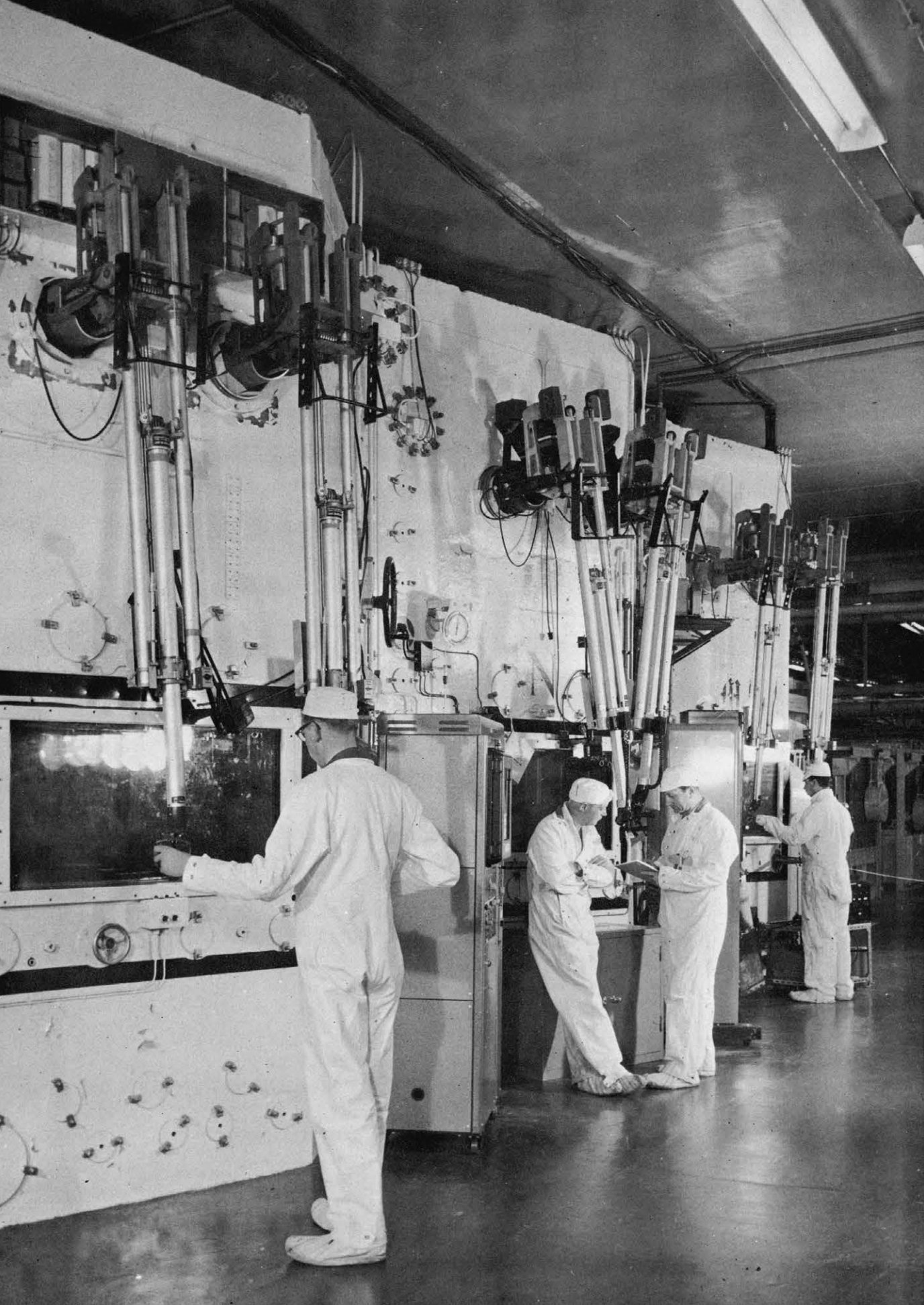
(1) 短期的問題と長期的問題との区別

単に長期的に原子力が必要であるからといって、短期的な必要がないにもかかわらず、現在すぐに商業用発電炉を採算上の不利を容認して導入するならば、短期的には勿論長期的な観点から見ても大きな誤りをおかすことになる。

(2) 経済的な問題と技術的な問題との区別

経済的な原子力発電の問題と、技術的な原子力技術導入の要請とを混同して考えることは、問題を見誤る危険性がある。

もしこの両者をからませて技術的な要請を経済的問題として取扱う場合には、他に有利なエネルギー源、あるいは原子力発電方式がありながら、わが国はかえって高価な電力を使用せざるを得ないようになる危険性があり、日本経済に歪みをもたらす原因となる。



第2部 原子力発電政策に関する 勧告

1 原子力委員会の強化と施策の改善

今日原子力は単なる科学技術の問題ではなく、経済政策としても総合エネルギー政策の将来の中心であり、さらに原子力の平和利用の問題、国際性、安全問題などを考え合わせれば、ますます各省にひろくまたがる国家的問題である。

原子力委員会は、その設置法をみても、本来このような国家的問題に対する政策の策定を十分行ないうる権限と責任をもっている。しかるに、現在までの実情をみると、科学技術庁の1局に附属するような運営を行なっているに過ぎない。このことが、今日のわが国の原子力政策に混迷をもたらしている根源である。速やかにその本来の使命に立ちかえり、内閣府に属する権威ある機関として、独立の事務局をもち、国家的見地から原子力政策を策定し、その政策は閣議決定として推進されるべきである。この場合原子力委員長は、長期に亘って専任できることが望ましく、現行

のような閣僚の兼任の形は適当ではない。その政策の実施にあたっては、当然のことながら担当各省が十分なる連繫の下に、その責任において行なうべきである。

2 実用炉導入のための方策

原子力発電が実用化の段階に入った今日、実用炉の導入はその炉の経済性によって決定すべきである。この実用炉の導入は、民間の自主的な判断と責任で行ない、政府の任務はそのための環境と条件の整備に重点を置くことが望ましい。そのためわれわれは以下の諸点を要望する。

(1) 燃料政策

当面わが国に導入を予想される軽水炉は燃料として低濃縮ウランを使用する。この場合、低濃縮ウランはアメリカが唯一の供給者であり、それにのみ依存しなければならないことを安定性の点から危惧する向きがある。しかし、われわれの見解によれば、低濃縮ウランの価格はほぼ経済ベースのものと考えられるので、当面その供給をアメリカに頼るにしても必要があれば低濃縮ウランならば国産化することも可能である。したがって、低濃縮ウランに対する供給の安定性を問題にする必要はない。

アメリカでは1973年に核燃料を完全に民有化する方針を決定し、これに伴いアメリカの大メーカーは総合核燃料供給会社を設立し、民間ベースで核燃料の供給を行なおうとしている。わが国における将来の燃料供給の姿として、外国核燃料会社への依存、および日本政府による国有の継続も考えられるが、われわれとしては、わが国の原子力発電の健全なる発展のためにはアメリカの民有化の時期に合わせて、わが国も民間による総合核燃料供給機関によって、燃料供給が行なわれるのが

望ましいものとする。

政府はそのためにわが国でも原子力研究所および原子燃料公社を中心としてウラン濃縮、燃料の成型加工および照射試験、プルトニウム燃料の利用、再処理などの研究開発を推進する必要がある。また暫定的に燃料の賃貸、プルトニウム買上を行なう場合にも将来の民有化への円滑な移行を配慮して対処すべきである。

(2) 国内の原子力産業の基盤強化

国内の原子力産業の基盤の強化のためには、実用炉の技術の確立と企業の育成強化をはかるべきである。しかし、実用炉の中心となる軽水炉はアメリカにおいて開発され、商業的に確立されてきているので、わが国における実用炉の技術も当然民間ベースによるこれとの技術協力によって進められると予想される。

ただ、必要ならば、政府としては日本の地域的条件に原子力発電を適応させるための新しい技術および初期の不確定要素による経済的危険負担(註5)に限定して、国内産業に対する援助を行なうべきである。しかしこの援助はあくまで初期に限るものでなければならない。

註5 この対象となるものとしては、耐震設計、その他日本の特殊条件による安全設計、および第1回目の国産実用炉の建設(日本メーカーが主契約者となるもの)、国産燃料の第1回使用等が考えられる。

(3) 安全性に対する研究と施策

今後原子力発電が本格的に行なわれることを考えると、わが国の環境における安全性の基準を明確にする必要がある。そのためには原子力研究所を中心として安全性に対する工学的研究を本格的に行なうべきであろう。

また、この安全性研究は国際協力のもとに進めることが望ましく、その際わが国の特殊事情として地震、気象条件、人口過密等を重要な課題として織り込むべきである。

なお、原子力発電の大規模な開発のためには以上の研究と併行して、廃棄物の処理と永久廃棄の方法についても研究を行なう必要がある。その際、大規模な海洋調査およびこれにもとづく永久廃棄の方法を研究確立することに重点をおくべきである。

一方、安全審査のより能率的な運営をはかるため、原子力規制法等の関連法規の改正をはかることが望ましい。

さらに国民に原子力の安全性を認識させるためのキャンペーンを学界・民間との協力により積極的に推進する必要がある。

3 研究開発における国内体制の整備と国際協力の推進

原子力発電が将来の発電エネルギーの中心となり、この技術開発の進展は国民経済全体に重要な影響をもつことは明らかである。

このような観点から各国は原子力開発に多額の国費を投入している。わが国も今後10年間に少なくとも約5,000億円程度の国家の研究開発費を投入する必要がある。これはほぼ現在の西独なみの水準である。

研究開発に関しては、将来に対する長期的に明確な目標をたて(イ)開発プロジェクトと、(ロ)基礎および応用研究、をわけて推進すべきである。

しかも開発は国際協力の形でわが国がその1部を分担するというのではなくては、はげしい国際競争に耐え得ないであろう。

(1) 動力炉開発機構

今後の動力炉開発としては実証炉の改良もあるが、プロジェクトとして研究開発を進めるべきものは高級熱中性子炉と高速炉が考えられ、最終目標は増殖炉開発である。このためには、動力炉開発プロジェクトの遂行を主目的とする開発機構を、原子力研究所とは別

に新たに設立すべきである。この場合、この成果が円滑に民間産業での実用化に移り得るよう国家資金と民間資金との共同によって強力に開発を推進する必要がある。

なお、増殖炉開発には、最低10年程度を必要とするので、まず、十分な準備期間と相当の費用をかけて必要な研究調査を行ない、総合的な開発計画を立案する必要がある。実際の開発は、その後、この計画にもとづいて国際協力と強力な研究分担組織の下に進められるべきである。

なお、動力炉開発の面では、日本原子力研究所は、開発機構と協力して動力炉開発のための応用研究に重点を置くべきである。

したがって、現在の原子力研究所はその方向に沿って運営されることが望ましい。

(2) 大 学

大学は原子力開発において、原子力全般に関する基礎研究の遂行および優れた人材の養成確保という責任をもっている。しかし従来大学は原子力委員会の計画外に置かれていたため（註6）、現状はこのような要請からは著しくたち遅れている。それゆえ、原子力委員会は国家的見地から大学における基礎研究も原子力開発の一環として組み入れ、必要な予算的措置を講ずべきである。

註6 日本学術会議の申入れにより、原子力委員会設置法において、大学における原子力研究は、原子力委員会の所管事項外に置かれている。

(3) 国際協力

原子力開発には国際協力が不可欠である。わが国における開発プロジェクトの実施に当たっても双方の利害の一致する相手国を見出して、これとの協力を図ることが必要である。

その場合、相手国の技術を導入する代りにわが国の技術を対等な立場で提供する双務的

な協力が必要であり，そのためには，

- ① 研究分担金の支出
- ② 研究チームの長期海外派遣
- ③ 外国研究者のわが国プロジェクトへの受入れ
- ④ 特許，その他の成果の分配

などの具体的な取決めによって行なうべきである。

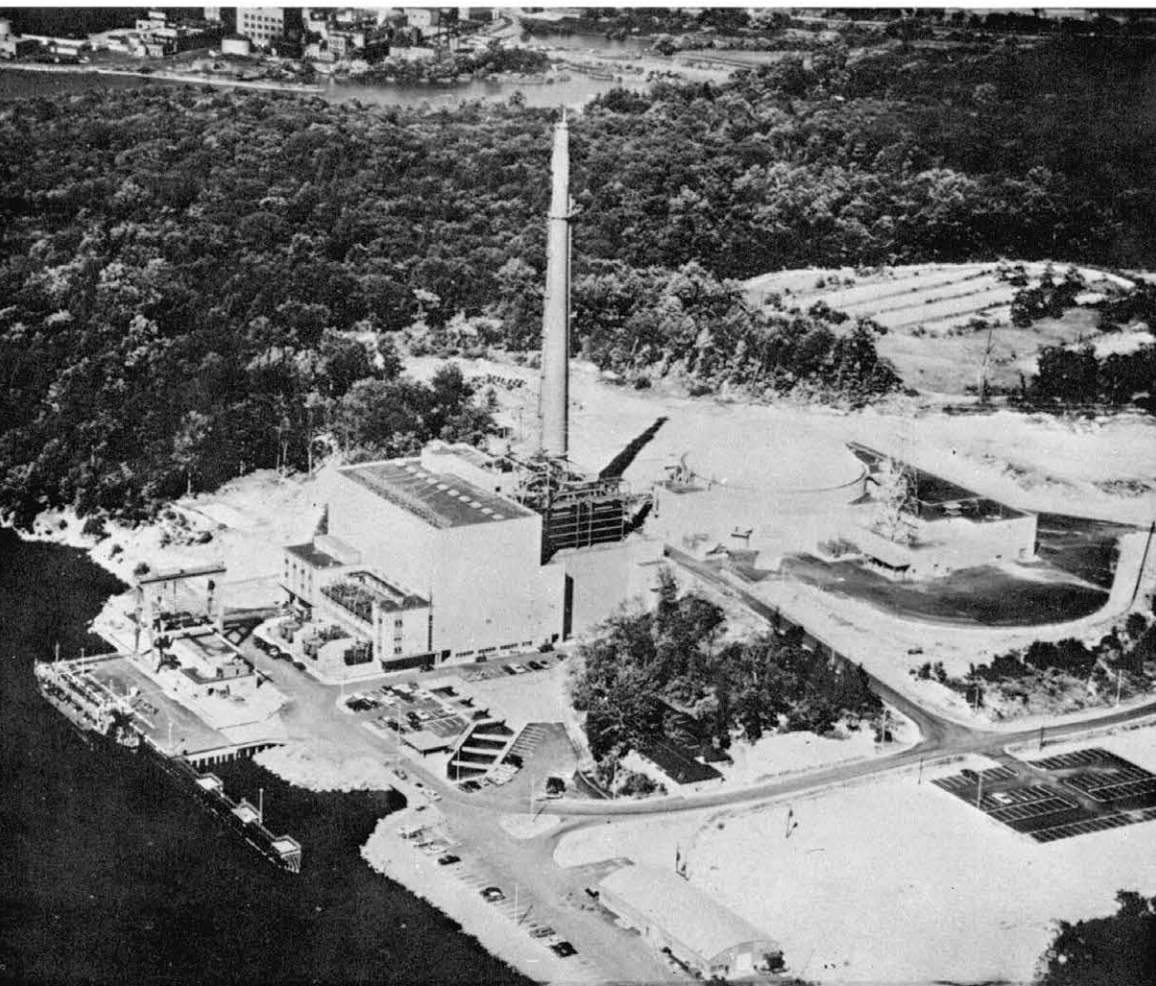
以上要するに，われわれは，原子力発電に関しては，アメリカにおいて開発されつつあった軽水炉がすでに実用化の段階に入ったことを認識する。したがって，実用炉としての軽水炉の導入と，さらに進んで増殖炉の開発という2つの課題に対して，今こそ，わが国も国家的な観点に立った原子力発電政策を確立し，将来への明確な方向づけを行なうべきときであると考えます。

そのためには，まず第1に，原子力委員会は内閣に直属する権威ある機関として，長期的観点からする政策策定の機能を十分に果たすべきである。

その際，われわれは原子力発電政策に関して以下の諸点を緊急なものとして要望する。

- ① 実用炉の導入は民間ベースにおいて大胆に行なうべきである。なお，将来の燃料供給はわが国も民間の総合核燃料供給会社によって行なわれることが望ましい。
- ② 研究開発に関しては，開発プロジェクトと基礎応用研究を分離し，前者は新たに動力炉開発機構を設立し，後者は原子力研究所および大学においてそれぞれ緊密な国際協力の下に強力に推進すべきである。
- ③ 政府は，実用炉の導入においては，主に環境と条件の整備に重点を置き，また，研究開発においては，研究開発費を今後10年間に約5,000億円程度に増額すべきである。

附属資料



インデアナポイントの原子力発電所 (27.5万KW)

目 次

1	わが国の原子力開発の経過と問題点	21
1-1	原子力開発の発足.....	21
1-2	原子力研究所，原子燃料公社および大学における研究開発.....	24
1-3	原子力発電会社の設立.....	26
1-4	産業界における国産化体制.....	27
1-5	原子力開発長期計画の構想と問題点.....	27
2	原子力発電の経済性	30
2-1	原子力発電コスト.....	30
2-2	発電コスト低下のための技術的諸問題.....	39
2-3	大型化と立地条件.....	40
3	原子力発電導入の見通しと核燃料問題	43
3-1	将来の電力需要の見通し.....	43
3-2	原子力発電導入の見通し.....	43
3-3	核燃料資源.....	48
3-4	濃縮ウラン.....	53
3-5	日本における核燃料問題.....	56
3-6	高級熱中性子炉および高速炉.....	59
3-7	エネルギーの安定供給に対する原子力発電の貢献.....	62
4	実用炉の建設方針	63
4-1	原子力発電の意義.....	63
4-2	基本的な考え方.....	63
4-3	燃 料 政 策.....	64

4-4	国内産業の基盤強化	64
4-5	安全性および永久廃棄に対する施策	65
4-6	安全保障	65
5	動力炉開発方針	66
5-1	原子力開発の意義	66
5-2	国際協力	68
5-3	開発対象炉型の選定	69
5-4	開発体制	70
6	国際協力	71
6-1	国際協力の動向	71
6-2	諸外国での国際協力	71
6-3	日本の現状と問題	72
付 録		
1	発電用炉型式	75
1-1	軽水炉およびそのadvanced型	75
1-2	ガス冷却炉およびそのadvanced型	76
1-3	重水炉	78
1-4	高速炉	79
2	各国の原子力開発の現状	81
2-1	開発の現状	81
2-2	原子力予算	89
2-3	各国の開発機構	91
2-4	国際機構	96

1 わが国の原子力開発の経過と問題点

1-1 原子力開発の発足

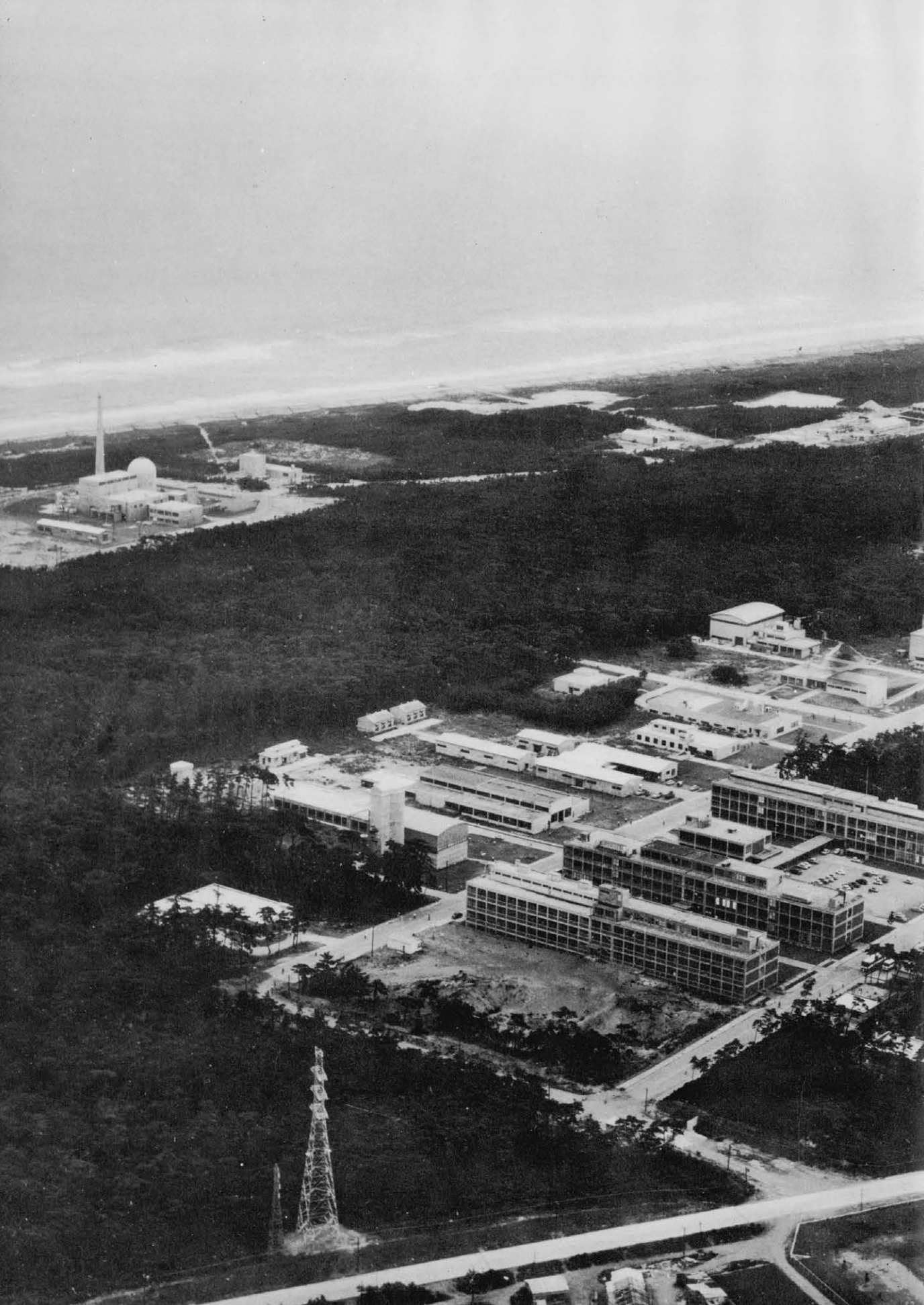
わが国における原子力開発は、原子力委員会(初代委員長正力松太郎国務相)が発足した昭和31年1月に着手されたとみてよい。これに先立って昭和29年3月、国会議員提出による約2億円の原子炉建設予算が突如上程承認された。翌昭和30年8月ジュネーブで開催された国連主催の第1回原子力平和利用国際会議に代表団が参加し、11月には財団法人日本原子力研究所の設立(以下原研)、さらに日米原子力研究双務協定の調印等があった、12月には原子力3法^{*}が制定されるにいたった。

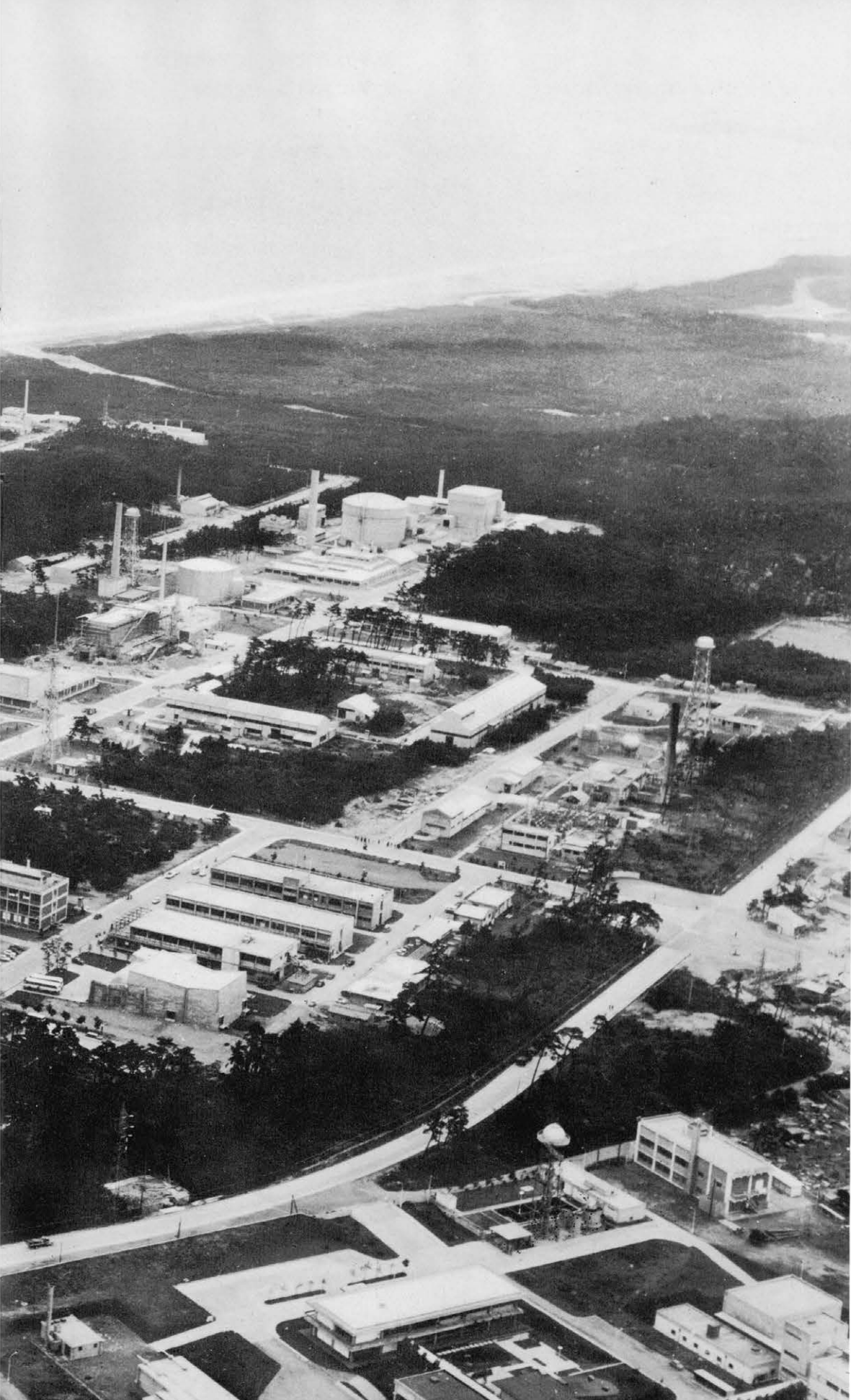
これにもとづいて翌昭和31年1月1日原子力委員会が設置され、ここにわが国の原子力平和利用開発は実質的に発足することになった。この年は、原研が東海村にきまり、原子燃料公社が設立され、原子力行行政機構として総理府に原子力局^{**}が設置された。また、産業界でもこの情勢に応じて争って原子力に進出し、日本原子力産業会議が結成されるなど、いわゆる原子力ブームが始まった年であった。

とくに注目すべきことは、この昭和31年5月イギリスの原子力発電生みの親といわれるクリストファー・ヒントン卿(当時英国原子力公社工業化グループの長)がイギリス炉の売込みのため来日し、彼の原子力発電への執念の披瀝が正力原子力委員長を中心とするわが国の一部関係者の関心を呼び起したことで、彼の説得により半年後に訪英原子力調査団を派遣するまでにいたった。結果的にはこのことが、のちの日本原子力発電株式会社の設立と、同社によるイギリス型発電炉の導入に結びつき、その後の日本の原子力開発に大きな影響を与えるようになっただけに、これは看過しえない出来事であった。^{***}

* 「原子力基本法」、「原子力委員会設置法」、「総理府設置法の一部改正法」をいう。これら三法は昭和30年12月中旬に国会を通過、31年1月1日から実施され、わが国の原子力開発体制整備の契機となったものである。

** 同年5月、総理府の外局として科学技術庁が発足し、





日本原子力研
究所の全景
(原研提供)

原子力局もその内局となった。

*** 昭和31年12月産業計画会議資料第40号「原子力導入とその問題点」において、当時とるべき原子力政策として、われわれはすでに次のように述べていた。

「政策の決定に当って注意すべき点として特に次の二点を考慮すべきであろう。」

(1) 短期的な問題と長期的な問題との区別

以上述べてきたことからわかるように原子力の導入に当っては十分な計画性が必要である。その場合に短期的な将来の問題と長期的な将来の問題とを混同することは大きな誤りをおかす危険がある。

たとえば、わが国のエネルギー事情を考える時に長期的な将来に於てわが国のエネルギーが原子力に依存しなければならないことは明らかであるが、既に指摘したように、わが国がもつエネルギー上の歪みを是正すれば短期的には必ずしも原子力による以外に解決がないほどひっ迫しているとは考えられない。原子力技術の進歩変革は目覚ましいものであるから、この状態においても単に長期的な将来に原子力が必要であるからといって、短期的な必要がないにも拘らず現在、商業用発電炉を幾分の採算上の不利を容認して導入するならば短期的には勿論長期的な観点から見ても大きな誤りをおかすことになる。

(2) 経済的な問題と技術的な問題との区別

経済的な原子力発電の問題と、技術的な原子力技術導入の要請とを混同して考えることは、問題を見誤る危険性がある。

たとえば、商業用発電炉の輸入に当って、これを経済問題として考えるならば、その発電コストの採算が他のエネルギー源による最新の方式、たとえば新鋭火力発電と同一基準において競争出来るかによって決定すべきである。この場合同一基準というのは稼働率、出力等は勿論の事、完成時における技術的進歩をも考慮に入れる必要がある。一方、技術導入の手段として考える時には、経済採算よりも、技術的要求を満たすに足る炉の規模及び炉の将来性を考慮すべきである。若しこの両者をからませて、技術的な要請を経済問題として取扱う場合には、他に有利なエネルギー源、或は原子力発電方式がありながら、わが国はかえって高価な電力を使用せざるを得ないようになる危険性があり、日本経済に歪みをもたらす原因となる。

最後に結論をいえば、わが国原子力導入に当っては、十分な計画を立てながら、その上で最も経済上有利な形で原子力産業を打樹るべきである。わが国の現状におけるそのための方策としては計画を立てるためにも、又それを実行するためにも、技術水準の向上に重点を置くべきであり、海外からの原子炉輸入に当ってもその立場を見失ってはならない。

1-2 原子力研究所、原子燃料公社および大学における研究開発

日本原子力研究所は昭和31年6月に財団法人から特殊法人（初代理事長安川第五郎）になった。原研が特殊法人になったのは、主として国の資金によるとしても、民間会社のような自由な運営ができるようにし、その使命を円滑に果すようにすることができるためであった。

原研はわが国における原子力平和利用開発を最も効率的に実施する総合センターとして、東海村に敷地を決め、ここにいくつかの研究用原子炉を含む総合研究施設を建設することとなった。原子炉はアメリカから熱出力50KWtの湯沸かし型（JRR-1）、および10MWtのCP-5型炉（JRR-2）を購入し、さらに10MWtの重水型の研究炉（国産1号炉JRR-3）を国産によって建設するという方針がきめられた。その後電気出力12.5MWの動力試験炉（JPDR）と原子力船のための遮蔽研究用スイミングプール型研究炉（JRR-4）の建設がさらに追加された。

このような5つの原子炉と共に、原子力研究の基礎および応用の幅広い分野にわたって必要な各種の研究施設が次々に建設された。

このほか、昭和39年3月第1期建設を完了して正式に開所した高崎の放射線化学研究所は放射線利用についても工業化にいたるまでの基礎研究や中間試験に重要な役割を果しうる施設を有し、この分野で産業界の与望を担っているものである。さらに大洗にラジオアイソトープセンターが建設されようとしている。

これらのため、昭和39年度までに約400億円の国家資金と若干の民間出資金（約17億円）が支出され、その結果、原研は現在では完備した最新の施設を有し、人員1,800名を擁する世界一の研究所の体裁を整えるにいたった。

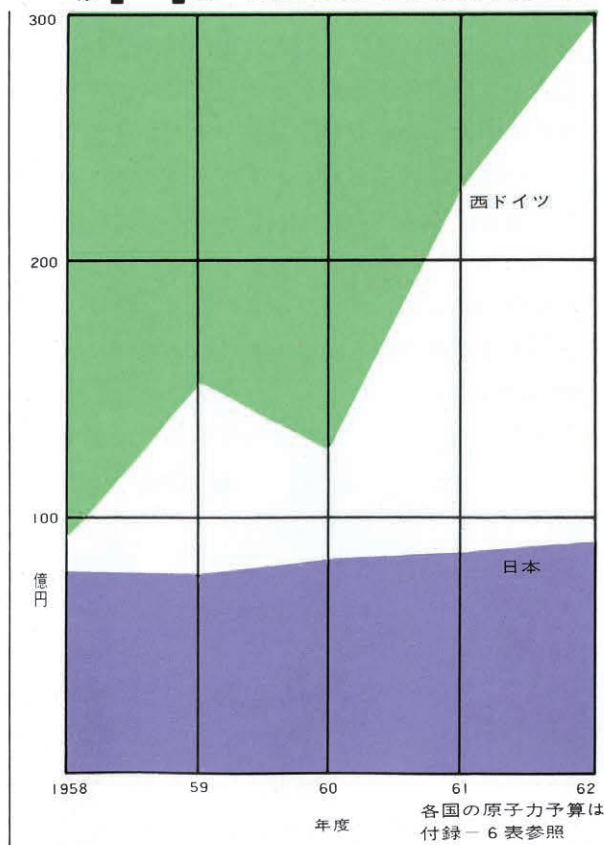
しかし原研は多くの施設と仕事をかかえながら予算、人員の増加がすくなく、所員の努力にもかかわらず建設した施設さえ十分活用しえない状態にある。これは本質的に日本の予算制度の欠陥に基づいていると考えられる。すなわち、はなばなし新規建設事業には予算がつくが、それを運転利

用する地味な研究開発には予算がつきにくく、またその運営が自主的に行えないという日本の官庁研究所特有の欠陥によるものであって、原研を特殊法人にした趣旨は没却されているといえよう。

動力炉開発の面では、わが国独自のアイデアによるという平均質炉が初の動力炉開発プロジェクトとして昭和34年末着手され、技術的には一応の進展を見せながら、開発方針の変更によって中止されるなど、動力炉の開発には未だ十分な成果がえられていない。現在動力炉燃料国産化のため材料試験炉（J M T R）の建設、国産動力炉（重水炉）の開発、さらに高速増殖炉の開発といった、原子力平和利用の中核をなす動力炉の開発計画が進められているが、事実は原子力予算がすくないので、40年度の子算要求をみても材料試験炉を建設するためには国産動力炉、高速増殖炉を実質上延期せざるをえないような事態にあることは問題である。

日本と同じ頃原子力開発に乗り出した西ドイツをみても（第1—1図参照）、日本の原子力予算が

第1—1図 日本と西ドイツの原子力予算



100億円程度でふみとどまっている間にドイツの予算は着実に増加し、すでに日本の約3倍に達している。

さらに、動力炉開発を効果的に行なうためには、単に予算措置のみでなく、開発の基本方針を明確にし、数年間は方針を変えずに邁進することが必要であるが、この点について原子力委員会に一貫した方針がなかったことも、日本の動力炉開発が遅れた大きな原因であろう。しかし最近になって原子力委員会は動力炉開発懇談会を設置し、基本方針を再検討しようとしていることは喜ばしいことである。

原子燃料公社は、昭和31年に設立され、核燃料物資の探鉱、開発および核燃料物質の製錬を中心に業務を進めてきた。

探鉱に関しては、人形峠鉱山における探鉱精錬の工業化試験による一貫製錬の技術の確立を進め東海製錬所における湿式製錬の工業化試験を行なっている。また核燃料の加工に関する検査技術の開発と研究を進めている。再処理に関しては、使用済燃料の有効利用をはかるための再処理工場建設を準備している。なお、再処理の初期の研究については、原研と共同で行なっている。

再処理の産物の一つであるプルトニウムの研究開発には、炉物理、炉工学的な面のほか、燃料工学においても基礎的な研究と加工技術の開発、照射試験等を含む広い工学的なものもあるので、原研と共同研究の体制をとりつつある。

アメリカでは1973年核燃料を完全に民有化する方針を決定し、これに伴いアメリカの大メーカーは総合核燃料供給会社を設立し、民間ベースで核燃料の供給を行なおうとしている。このような新しい事態に対応して、燃料公社のあり方についてもやがて再検討がせまられるであろう。

一方、わが国の原子力計画は学界との関係においては、きわめて不幸な変則的な形で出発した。当時、学界の一部は原子力の軍事利用に対する不安からわが国の原子力計画の発足に対して強い反対を示した。この主張は学会会議の多数意見を占めるにいたり、大学の研究、教育に対する原子力委員会の関与を拒否したのである。

このような情勢および一般世論が未だ原子核と原子力との区別を明確に認識していなかったために、大学、とくに国立大学における原子力研究とその設備は核物理、核化学等の基礎科学に重点が置かれ、工学的な研究は遅れた。

一方、原子力委員会と科学技術庁も大学に対しては関与しないという態度をとってきた。この結果、原研を中心とするわが国の原子力研究開発計画に対しては、大学は個人的な協力は別として、組織としての協力は全く見られなかった。

その後、原子力研究の進展と各大学における原子力工学科の整備、原研共同利用委員会の発足、学術会議原子力委員会の改組、および京都大学原子炉実験所の発足など、学界側の原子力計画への積極的な参加、および原研との協力の気運が高まってきた。

しかし、文部省と科学技術庁の所管の違いから依然として原子力委員会と学界の研究・教育とは無関係に近い状態にある。諸外国においては、大学との密接な協力によって原子力計画を発足させ、また、現在ますますそれを密接にしようとしている。これとくらべると、わが国における両者の関係はきわめて変則的といわざるをえない。

原子力委員会は国家的な見地から、大学をも含めた総合的な研究・開発計画および人材養成の計画を推進すべきであろう。

1-3 原子力発電会社の設立

原子力発電の分野をみると、昭和31年5月、イギリスA.E.A.のヒントン卿の話に動かされた正力原子力委員長は「イギリス型ガス冷却炉はすでに経済性のある商業炉である」という見解のもとづきイギリス型炉の導入を強力に推進した。

しかし、これに対しては専門家から多くの反対意見が表明されていた。すなわちアメリカ型軽水炉はまだ実規模にいたってはいなかったが、すでにその優位性は十分に予想されていた。しかも、イギリス型炉の経済性の計算には多くの疑問がもたれていた。未だこのような不明確な段階で300億円の実用炉（165MW）を導入することがわが国の将来の原子力計画に対して、果してよいかどうかというものであった。

しかし、原子力委員会は政治的配慮および英国に対する気兼ねから、あえてその導入を決定したのである。このような経過のもとづいて、イギリス型炉の導入のため昭和32年11月には日本原子力発電会社（以下原電）が設立された。

この設立にいたる過程でもさまざまな論議が展開されたが、その中心となった論点は、開発初期における原子力発電の企業形態の問題、すなわち、公営論と民営論の対立であった。公営論の主張は経済性があると称しながら実はこの段階では原子力発電の経済性は未だしで、そのため初期投下資本の大きい原子力発電は資金コストの高いわが国では、民営ベースの下で考えにくいので、初期段階では公的機関において実施すべきであるとするものであった。

一方、民営論は原子力発電は将来商業ベースで行なうるので、従来の電気事業の企業形態の枠で民営により実施すべきであるとするものであった。結局両者の妥協によって、早急に先進国で開発された実用炉の導入、建設、運転のための機関として原電が設立されることとなった。

原電は初期原子力発電の実施のための公的性格をもった民営会社で、政府は電源開発会社を通じて資本金の20%を出資することとなり、残り80%は九電力および他の民間会社が出資し、役員人事については政府の承認を要し、また必要と認められれば規則が加えられうることになっている。

このように、原子力委員会は原電によるイギリス型炉の導入を決定しながら、他方、アメリカにたいする配慮から原研に実験規模のアメリカ型軽水炉の設置を決定した。

こうして、原子力開発に着手した年の翌年には、国として原子力発電計画が急速に進んでいるようにみえたが、実は原子力委員会が独自の技術的な検討のもとづく自主的な判断ではなく、いわばそのときの情勢に左右されて無計画な決定を行っていたのである。

たとえば、原子力委員会策定になる初期の長期計画ではイギリス型のマグノックス炉を継続的に建設するようにいいながら、建設がはじまった昭和36年頃にはいつのまにか軽水炉を建設すること

に話が変り、マグノックス炉を引きつづき建設することは考えられていないようである。

原電東海炉は今日では動力試験炉といわれているが、もし、これを試験炉的なものと見るならば日本の原子力開発のための最大の開発資金(約400億円)をこの東海炉に注ぎこんだことが、まず日本の開発の方向の第一歩をいろいろの面で誤り、その後の原子力行政混乱の基になったといえよう。
*昭和32年12月18日、「発電用原子炉開発のための長期計画」

1-4 産業界における国産化体制

この原電の設立と相前後して、産業界における動力炉国産化への努力がはじまった。歴史始まって以来といわれる高度の経済成長を享受していた当時の製造業界は、原子力開発の将来にきわめて大きな期待をいだき、競って原子力開発に乗出した。しかしこの開発のために必要とする準備資金の量の大きさと関連産業分野の巾広さから、互いにつながりをもつ資本系列、営業系列の諸会社が結び、三菱原子力工業(三菱系)、日本原子力事業(三井系)、東京原子力産業(日立中心)、第一原子力産業(富士、古河中心)、住友原子力工業(住友系)のいわゆる原子力産業5グループを結成し、グループ内での業務調整と提携、他グループとの競争が始められることとなった。このうち、三菱、三井、住友はそれぞれ原子力専門の別会社を設立することによって、対外的窓口を明確にしている。

これら原子力産業グループはこれまで、原研その他の機関における施設建設、機器製作といった業務を引受け一方、将来の実用炉建設に備えてこれまで関係のあった海外先進国の技術提携先と原子力面でも技術契約を結ぶなど、目下基礎固めの段階にある。これらのために必要とする資金と要員は大きなものであって、いわば高額の授業料を支払って経験を集積する段階である。今日まで8年間にわが国の鉦工業が原子力開発のために投じた支出額は600億円を超えるものと推測されるが、(昭和37、38年度推定を含む)、一方これに対して売上額は支出のほぼ60%程度を占めるにすぎない。また、国の原子力予算額と対比してみると第1-2図のように、昭和34年に民間支出額が政

府予算を上廻り、その後もこの傾向は持続している。

このような努力にもかかわらず、民間会社が苦境にあり、原研などの動力炉開発が十分な効果をあげていないのは、原子力委員会にはっきりとした、かつ一貫した政策がなかったことがあげられよう。

日本の原子力開発予算はここ数年100億円どまりであるが、開発の効果を上げ、民間会社を育成するためにはこれを数倍に増し、同時に強力な政策を打出すしかないと思われる。

一面、日本では実用炉の建設において現在まで東海炉1基しか建設されていないのに5原子力グループが競争しているが、イギリスでは500万KWのマグノックス炉の建設を行ないながらも5グループから3グループに合併統合した例があることを民間会社は他山の石として考えるべきであろう。

1-5 原子力開発長期計画の構想と問題点

さて、今日原子力界において将来の開発の目安とされているものは、昭和35年9月日本原子力産業会議が策定した「原子力産業開発長期構想」であり、かつこれと内容においてほぼ同一の原子力委員会策定による昭和36年2月の「原子力開発利用長期計画」である。

この長期計画は、原子力利用の中核を占める動力利用(原子力発電、原子力船)をはじめとして、このための機器、燃料、材料の開発、ならびにラジオアイソトープと放射線の利用開発、およびこれらのための基礎面の研究開発について、昭和55年までの20年間の長期開発構想を示したものである。

主たる分野である原子力発電についてその概要をのべると、次の通りである。

「原子力発電による発電原価は、現在までの海外における研究資料、運転経験等を参考とし、これにわが国の特殊事情として金利の高いこと等を考慮して行なわれた試算によっても、1970年前後には重油専焼火力発電による発電原価に匹敵する1KWH当りほぼ2円40銭ないし3円程度になるものと思われる。……後期10年間に於いて新たに設置される原子力発電施設は同期間に増設され

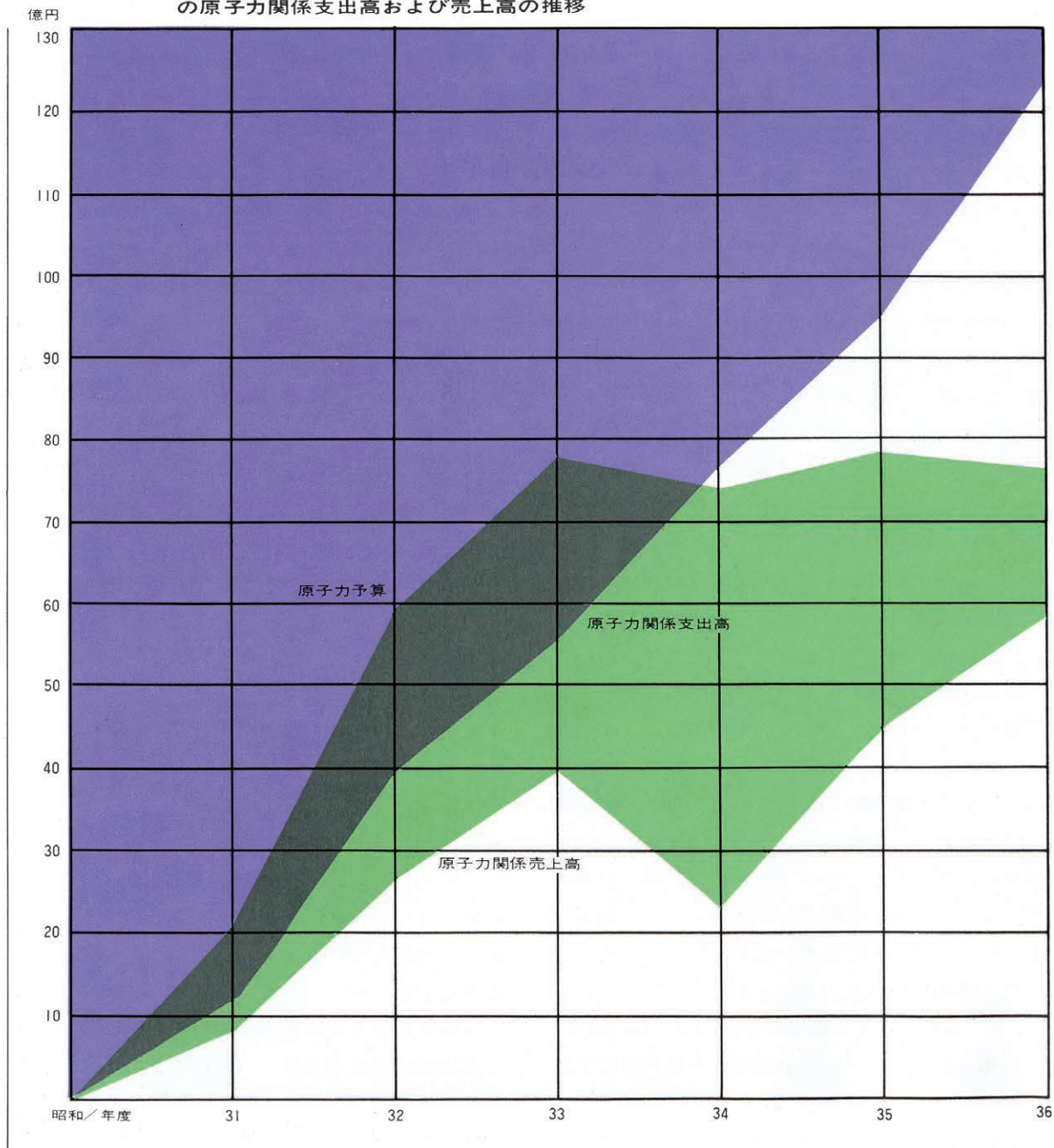
る火力発電施設の約30%以内程度と考えるのが適切であり、したがってその規模は電気出力約600万KWないし850万KW程度と思われる。」

しかしこれは放置しておいたのでは実現は困難であり、それまでに国内産業界の受入体制準備と、実規模原子力発電所の運転経験、製作経験を習得することが是非必要である。そのため、昭和45年

までの前期10年間に、経済性においては若干の犠牲はあっても、合計100万KW程度の実規模発電所を建設して、その後の大規模開発に備えるべきであるとしている。

この長期計画の線にそって、現在実施中もしくは計画中の原子力発電所は次表の通りである。

第1-2図 31~36年度における原子力予算と民間企業(鉱工業のみ)の原子力関係支出高および売上高の推移



このような原子力発電計画の実施に対し、各電気事業者の態勢は、総合エネルギー政策的見地からくる将来の原子力発電への要請のための準備、原子力発電の技術進歩による経済性と安全性のいちじるしい向上の見通し、電力需要伸び率の正常化と資金事情の好転等の諸事情によって、このことをきわめて積極化してきた。

ここにあって、最も問題となることは、わが国の原子力発電の将来の位置づけ、およびこれら実用炉建設にたいする総合的かつ具体的政策がたてられていないことである。

最近、昭和38年12月の通産省産業構造調査会総合エネルギー部会の報告書や昭和39年2月同産業合理化審議会原子力産業部会の答申における長期

計画、前期100万KW建設促進のための具体策の提案等によって、原子力発電計画の政策的強化が漸次進展の気配をみせているが、最も基本となる国として総合の方針およびそれに基く政府の政策と民間の役割にたいしては、なんら明確な決定がなされていない。

原子力は単なる科学技術の問題ではなく、このように将来のエネルギー問題としての経済政策の中心であり、また原子力船など発電以外の分野への応用、更に安全性、国際協力などを考えれば、ここに原子力委員会としては一日も早く科学技術庁レベルでなく、全国的見地からする具体的な原子力政策の策定と実施が必要である。

第 1 — 1 表 九電力および原電の原子力発電所建設見通し

会 社	昭 和	～ 45 年 度	46 ～ 50 年 度	51 ～ 55 年 度
東 京 電 力		1号炉 35万KW 45年 (福島県大熊)	2号炉 50万KW級47年 3号炉 " 49年	(推 定) 50万KW級 2～3基
中 部 電 力		1号炉 25万KW 45年 (三重県芦浜)	2号炉 50万KW 49年	(推 定) 50万KW級 1～2基
関 西 電 力		1号炉 30万KW 45年 (福井県丹生)	2号炉 30万KW 47年 3号炉 50万KW 50年	(推 定) 50万KW級 1～2基
北 海 道 電 力			1号炉 20～30万級50年	(推 定) 1基
東 北 電 力				1基35万KW 50年着工
北 陸 電 力				(推 定) 1基
中 国 電 力				1基以上
四 国 電 力			1号炉 35万KW 50年	(推 定) 1基
九 州 電 力			1号炉 35万KW 49年	(推 定) 1基
原 電		1号炉16.6万KW 40年 2号炉25～30万級 44年		

(註) 1. 表中の年次は運開年を示す。

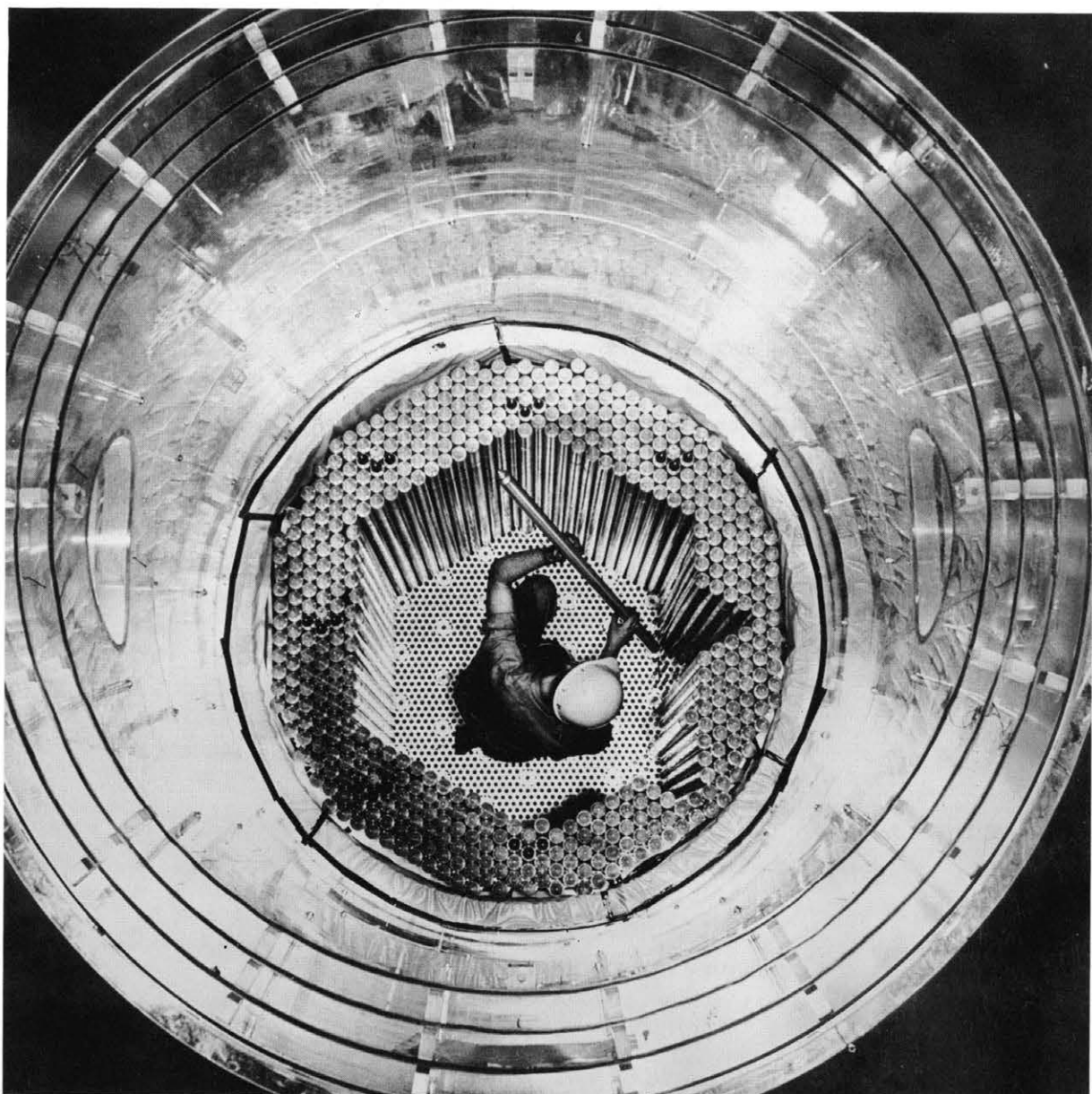
2. 資料はすべて日本原子力産業会議が調査し、51年度以降について推定を加えたものである。

2 原子力発電の経済性

2-1 原子力発電コスト

最近原子力発電コスト、大容量化、規格化、高燃焼度の達成などの技術の進歩とともに急速に下りつつある。原子炉の種類を技術の開発段階によって分類し、実証炉 (Proven type)、高級熱中性子炉 (advanced convertor thermal reactor)、

高速炉 (fast reactor) と分けている。実証炉とは技術がほぼ実用に近い線まで実証されているということの意味している。現在世界的に実証炉と認められているものはアメリカで開発されてきた軽水炉 (加圧水炉, Pressurized Water Reactor, PWRと沸騰水炉, Boiling Water Reator, BW



高温ガス冷却炉の炉心部

第2-1表 運転中あるいは完工に近い主要原子力発電所の建設費と発電原価

型 式 名 称			国 名	運 転 開 始	電 気 出 力 (MW)	建 設 費 (\$/KW)	発 電 原 価 (円/KWh)
軽 水 炉	加 圧 水 型	ヤ ン キ ー	ア メ リ カ	1960	136	380~470	4.68
		イ ン デ ィ ア ン ポ イ ン ト	"	1962	255	350	4.75
		セ ル ニ ー	イ タ リ ア	1963	176	320	
	沸 騰 水 型	ド レ ス デ ン	ア メ リ カ	1960	180	280	2.70
		フ ン ボ ル ト ・ ベ イ	"	1962	485	400	
		セ ン	イ タ リ ア	1963	150	420	
ガ ス 冷 却 炉	バ ー ク レ ー ブ ラ ッ ド ウ ェ ル ハ ン タ ー ス ト ン ヒ ン ク レ ー ポ イ ン ト ト ロ ス フ ィ ニ イ ド	イ ギ リ ス	1961	137×2	470	4.20	
		"	1961	150×2	460	4.20	
		"	1963	150×2	380	2.70	
		"	1963	250×2	380	3.13	
		"	1964	250×2	360	2.75~2.95	
	E D F 1	フ ラ ン ス	1963	68			
	E D F 2	"	1964	198			

第2-2表 建設中あるいは計画中の原子力発電所の建設費と発電原価

型 式	名 称	国 名	運 転 開 始 予 定	電 気 出 力 (MW)	建 設 費 (\$/KW)	発 電 原 価 (円/KWh)
加 圧 水 型	ペ ン ド ル ト ン	ア メ リ カ	1965	355	208	2.47
	ハ ダ ム ・ ネ ッ ク	"	1967	500	170	2.09
	ロ ス ア ン ゼ ル ス	"	1967	465	175	1.80
沸 騰 水 型	ボ デ ガ ・ ベ イ	ア メ リ カ	1966	313	187	2.05
	タ ラ ブ ー ル	イ ン ド	1966	190×2	265	
	ナ イン ・ マ ノ ル ポ イ ン ト	ア メ リ カ	1968	500	180	2.40
	オ イ ス タ ー ・ ク リ ー ク	"	1967	515	132	1.53
ガ ス 冷 却 型	ダ ン ジ ネ ス	イ ギ リ ス	1965	275×2	300	2.52
	サ イ ズ ウ ェ ル	"	1966	290×2	290	2.52
	オ ー ル ド ベ リ ー	"	1966	280×2	300	2.52
	ウ イ ル フ ア	"	1968	590×2	250	2.14~2.18
	E D F 3	フ ラ ン ス	1966	480	243	2.16
	E D F 4	"	1968	480	230	2.09
重 水 炉	ダ グ ラ ス ポ イ ン ト	カ ナ ダ	1965	200	372	

R)とイギリスおよびフランスで開発されてきたマグノックス炉(黒鉛減速炭酸ガス冷却型, 原電の東海炉と同型式)の2つである。また, 最近はカナダ型重水炉も実証炉と認められるようになってきた。

第2-1表は現在運転中あるいは完成に近づきつつある上記炉型式の主な原子力発電所の建設費と発電コストである。

これによれば, 軽水炉では建設費はKW当り10~14万円(280~400\$), 発電コストはKWh当り2.7~4.7円, マグノックス炉でそれぞれ13~16万円(360~450\$), 2.7~4.2円である。これらは新鋭火力に比較してかなり割高である。

しかし, 建設中あるいは最近発表された計画中の原子力発電所では第2-2表のように軽水炉でKW当り建設費は6~7.4万円(170~208\$), 発電コストは1.8~2.4円(5.0~6.7ミル), マグノックス炉で8.3~11万円(230~300\$), 発電コストは2.1~2.5円(5.8~7.0ミル)である。現在1発電所として軽水炉では500~750MW, マグノックス炉では500MWが標準と考えられているが, このようなものでは, 発電コストは外国においては軽水炉で2円(L.F80%), マグノックス炉で2円20銭(L.F75%)程度とみられている。

殊に最近アメリカ東海岸ジャージーセントラル社が設置予定のオイスタークリーク沸騰水炉(最大620~保証最小515MWe)では建設費KW当り5.1~6.0万円(141~168\$)発電コストで1.36~1.53円/KWh*(3.79~4.25ミル/KWhL.F88%)という数字が発表された。この数字は1昨年のインドのトラプールで建設の決定した同炉型のものにくらべ約半分の建設費であり, あまりにも安くアメリカ議会で問題になったほどであるが, オイスタークリークの立地条件では成立つものようであり, いずれにせよ原子力発電が在来火力と競争可能になりつつあることは確かであろう。

アメリカGE社は昨年9月原子力発電所のカタログ価格表(第2-3表参照)を発表したが, これによればオイスタークリークよりも幾分高め(約12%高)であるが, このカタログ価格は天井価格であると発表している。これによると固定費12%,

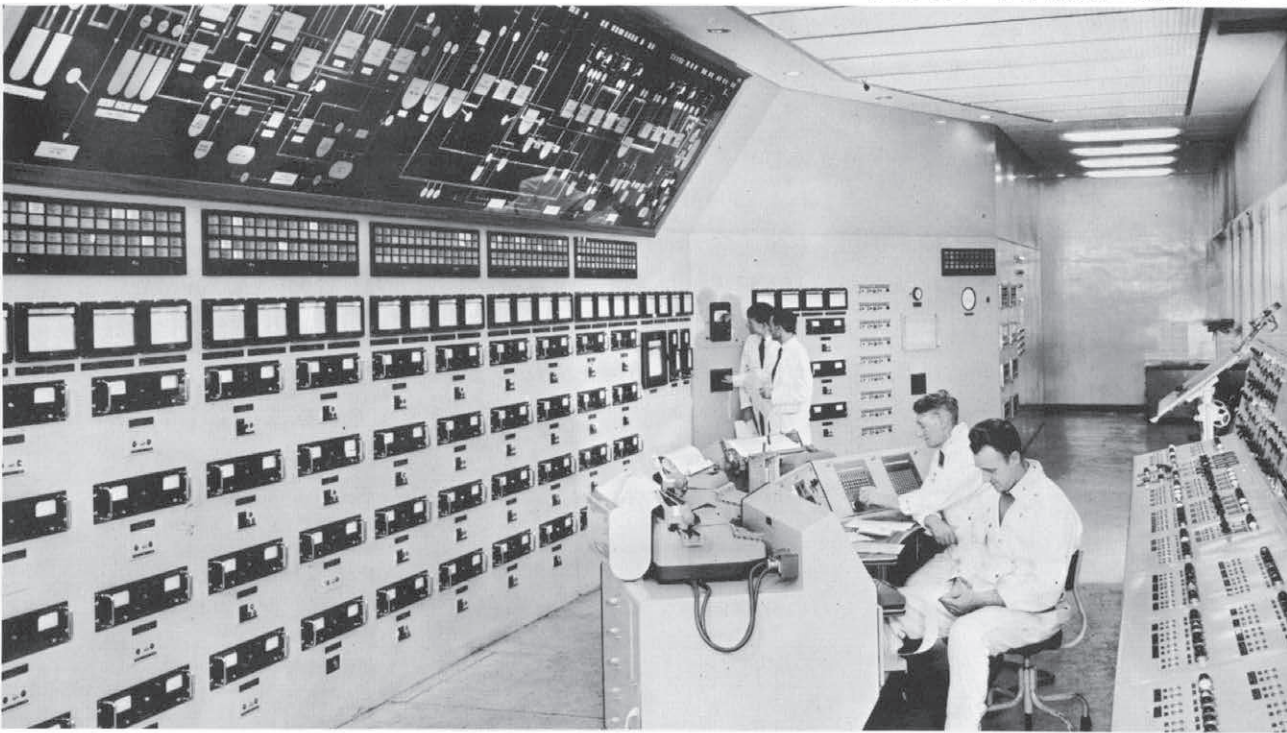
負荷率80%で電気出力1,000MWの場合発電コスト3.8ミルとなる。(第2-4表)

従来アメリカでは当面原子力はエネルギーコストの高い地域(35¢/10⁶Btu, 即ち50銭/10³kcal換算表参照)での火力発電所に代替することを目標としていたが, これは前記2円/KWh程度で十分満たしうる。オイスタークリークの発電コストなら26¢/10⁶Btu(37銭/10³kcal)の地域でも競争力をもっている。

日本で原子力発電所を建設するときには耐震構造およびその他の安全対策を充実するため金を食うこと, 技術導入にともなう費用などのため初期の

第2-3表 単一サイクル沸騰水型炉(非再熱型)の価格(GE社発表)

保証正味 電気出力 (MWe)	原子力発電所 価格(GE社 供給分) (千ドル)	原子炉 表記価格 (千ドル)	燃料加工 表記価格 (ドル/ ポンド)
50	15,000	6,000	66.00
75	19,300	7,470	60.40
100	23,100	8,720	56.80
125	26,500	9,840	54.40
150	29,700	10,900	52.90
200	35,400	12,700	50.80
250	40,800	14,300	49.70
300	45,600	15,800	48.90
350	50,000	17,200	48.30
400	54,400	18,400	47.80
450	58,500	19,600	47.50
500	62,500	20,800	47.20
550	66,500	21,900	47.00
600	70,200	23,000	46.80
650	74,500	24,100	46.60
700	78,800	25,300	46.40
750	83,000	26,400	46.30
800	87,100	27,500	46.20
850	91,200	28,600	46.20
900	95,200	29,800	46.20
950	99,100	30,800	46.20
1,000	103,000	31,800	46.20



段階では建設費がアメリカにくらべ2～3割上るものと考えられる。また燃料加工費についても初期には同様であろう。資本費も高い。また環境整備が十分でなければ燃料サイクル費の上昇をみることになる。したがって初期の段階では日本における原子力発電コストはアメリカにくらべ同じ

容量でも3割位の上昇はさげられないであろう。しかしながら一方日本では原子力発電の競争相手は重油火力であり、重油価格は現在60銭/10³kcal程度で、これは石油事情からみて、そう大巾に安くなるものではないと思われる（後述）。したがって日本はアメリカという高燃料地域に相当すると

第2—4表 1975年における沸騰水型炉の予想発電コスト（非再熱型）（39年9月GE発表）

正味発電容量MWe	50	150	300	450	600	750	1,000
建設費（ドル/KW）	300	198	152	130	117	110	103
購入者負担費用 （15%）（ドル/KW）	45	30	23	20	18	17	15
総建設費（ドル/KW）	345	228	175	150	135	127	118
発電コスト （ミル/KWh）							
資本費★	5.90	3.92	3.00	2.56	2.30	2.18	2.03
燃料費	2.60	1.77	1.59	1.54	1.51	1.50	1.49
運転保守	1.57	0.75	0.48	0.38	0.31	0.27	0.22
保険料	0.30	0.18	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06
計	10.37	6.62	5.20	4.58	4.20	4.02	3.80

★固定費率 12%，L F 80%，燃料の inventory charge は含んでいない。

考えてよい。

日本の重油火力発電のコストは第2-5表のように2.5~2.7円/KWh程度であるが、これに対し日本で初期に建設される300MW級軽水炉でLF80%として2円90銭程度と考えられ、500MW級で2円50銭位になるものと予想される。今日の情勢からみると原電1号炉（東海炉165MW）は発電コストが5円/KWh以上と予想されるが、これは別として2号炉からは環境整備が間に合えば殆んど経済ベースになるであろう。

このような軽水炉のコスト低下に対し、マグノックス炉や重水炉においてもコスト低下の努力が

行なわれている。第3回ジュネーブ会議の報告によるとフランスにおいてはEDF4（480MW）では建設費230\$/KW（初期装荷燃料約17\$を含まず）であるが、同出力でこれに環状燃料を採用すれば建設費は200\$/KW程度、発電コストは20円/KWh（5.5ミル）になるとしている。さらに大容量化して出力を1,000~1,200MWにして、フランスが報告している通りの合理化が行なえとすれば建設費170\$/KW、発電コストは従って1.7円/KWh（4.7ミル）程度に下ると計算される。

（第2-5表参照）

カナダ型重水炉ではカナダの計算によれば500

第2-5表 重油専焼火力の発電原価

項目	発電所名 単 位	尾 鷲 (1.T)			堺 港 (1.T)			岩 国 (1.T)			横 須 賀 (3.4T)		
		1.B			1.B			1.B			3.4B		
最大出力	KW	375,000			250,000			220,000			700,000		
建設費	百万円	19,550			13,332			10,270			29,159		
利用率	%	70			70			70			70		
年間発生電力量	千KWh	2,299,500			1,533,000			1,349,000			4,292,000		
燃料発熱量	kcal/ℓ	9,884			9,880			9,850			9,900		
発電所熱効率	%	38.3			37.7			39.5			38.2		
燃料価格	円/kℓ	5,000	6,000	7,000	5,000	6,000	7,000	5,000	6,000	7,000	5,000	6,000	7,000
燃料消費率	ℓ/KWh	0.227			0.231			0.230			0.227		
年間燃料消費量	kℓ	522,000			354,000			310,800			974,000		
発電原価	資本費	1.060			1.13			0.971			0.97		
	直接費	0.207			0.16			0.137			0.13		
	関連費	0.107			0.05			0.051			0.05		
	燃料費	1.14	1.36	1.59	1.16	1.39	1.62	1.16	1.38	1.61	1.14	1.36	1.59
	合計	2.51	2.73	2.96	2.50	2.73	2.96	2.32	2.54	2.77	2.29	2.51	2.74
	(発電端)												
運開予定年月日		39.8 新設			39.12 新設			41.4 新設			39.4 増設 39.7 増設		

MW級で建設費233 \$/KW (重水30 \$/KW及び初期装荷燃料6.3 \$/KWを含む), 発電コスト3.54 ミル/KWh, 750MW級になれば建設費200 \$/KW (重水29 \$ 及び初期装荷燃料 6 \$ を含む), 発電コスト3.60ミル/KWhと発表している。

さらに, 高級熱中性子炉では高温ガス炉は1,000 MWで建設費4.2万円/KW (115 \$/KW), 発電コスト1円08銭/KWh (3ミル/KWh, 金利8%, 資本費10.5%, LF90%) まで下るといわれている。

アメリカ(軽水炉), フランス(マグノックス炉), カナダ(重水炉) の計算ではそれぞれ国情によって計算根拠(稼働率, 金利, 償却など)に幾分のちがいががあるので, この数字をそのまま比較する

ことはできない。今試みに実証炉で予想される技術開発が行われ, 大型化された場合について資本費合計10%, 初期装荷燃料に対する金利6%とし, 燃料費および運転費については一応各国の数値通りとして計算すると第2-6表の下のように, いずれも4ミル/KWh前後になり大差ないといえよう。現状では, これらの実証炉についても, 技術の実証の程度に差があり, この数値を同日に比較することはできないと思われる。先ず軽水炉が在来火力と競争可能な線までコストを下げ, しかも商業炉として実用される段階に先着したことは認めるべきであろう。また, 日本のように比較的金利が高く, 資金調達が困難な国では発電コストが同じ位であれば軽水炉のように建設費の安い炉型

第2-6表 実証炉の発電コスト比較表

	軽水炉	マグノックス炉	重水炉
出力	620MW	1,000	
建設費	110\$/KW	170	194 (重水29を含む)
初期装荷燃料	26 (U ₃ O ₈ 6 \$ / 1b) 燃料運転資本	17 (U ₃ O ₈ 5 \$ / 1b)	6 (U ₃ O ₈ 5 \$ / 1b)
発電コスト (ミル/KWh)	(初期LF 88%) 30年償却 収益率6.4%)		
資本費	{ 発電所など 1.55 燃料運転資本0.14	2.55 (合計11% 7000hr 25年償却金利7%)	1.96 (合計6.88% LF 80% 金利5.5%30年償却)
燃料サイクル費	1.62	1.51 (3500MWD/T, eff30% inventory 15%)	0.57
運転費	0.48	0.61	0.53
合計	3.79	4.67	3.06
註	オイスタークリークの最大出力の場合	EDF 4に annuiarfuel を使用し, 出力を増加した	CANDU型の大型化 AECL発表
	資本費を統一計算したときのコスト		
発電コストミル/KWh			
資本費 発電所その他 (合計10%)	1.57	2.43	2.57
初期装荷燃料(6%)	0.22	0.15	0.05
燃料費	1.62	1.28	0.57
運転費	0.48	0.61	0.53
合計	3.89	4.47	3.72

(註) 以上三つの炉が一応実証炉に含まれるが, しかし, 技術の実証の程度にはそれぞれ差がある。

は有利であるといえよう。

発電コストの不確定さ

現在原子力発電コストの計算は必ずしもすべてが純経済ベースで行われているわけではない。カナダ型重水炉のように天然ウラン使い捨て (once through) 方式の場合だけは純経済ベースといえる。つまり、現在天然ウランは自由価格で取引されており 5 \$/lb あるいはそれ以下で購入することができること、使用済み燃料中に Pu が含まれているが、当面使用済燃料は無価値なものとして貯蔵しておくことができること、また技術的にもジルカロイ被覆であるから特別の困難なく長期間保存できるので当面再処理を必要とせず発電コストに燃料サイクルから起る不確定性はない。

マグノックス炉の場合は被覆材のマグノックスの性質からどうしても長期の貯蔵には不適で、そのため再処理を必要とすると考えられるが、再処理費と Pu 価格の関係だけが問題で低濃縮ウラン系よりは不確定性がすくないといえよう。

これに対し軽水炉のような低濃縮ウラン系ではコストを算定するとき幾つかの前提条件に基づいている。現在の軽水炉の設計および燃焼度では、4～2%の低濃縮ウランを使用し、使用済燃料の中には Pu と 2.0～0.9% 程度の稀釈ウランが残っており、Pu と稀釈ウランはいずれも相当な価値を持っているから、再処理してこれを回収せざるをえない。したがって濃縮ウランの価格、使用済燃料の再処理料金、Pu 価格および稀釈ウランの再使用の方法などが発電コストにある程度影響を与える。これらについては一応の計算にはアメリカ AEC できめた価格や料金を使用して発電コストの計算をしているがそれぞれ多くの不確定な問題をかかえている。さらに低濃縮ウランは現在民有が認められておらずアメリカの原子力発電所ではアメリカ AEC から使用者に賃貸されているが、この賃貸料が年 4.75% であるためこれが実質上相当な援助となっている。

特に濃縮ウランの価格は政策的な価格であり、これに基づいた発電コストは信頼しうるものではないという意見があるがこれは誤りのようである。アメリカの濃縮ウラン価格 (第 2-7 表、第 2-

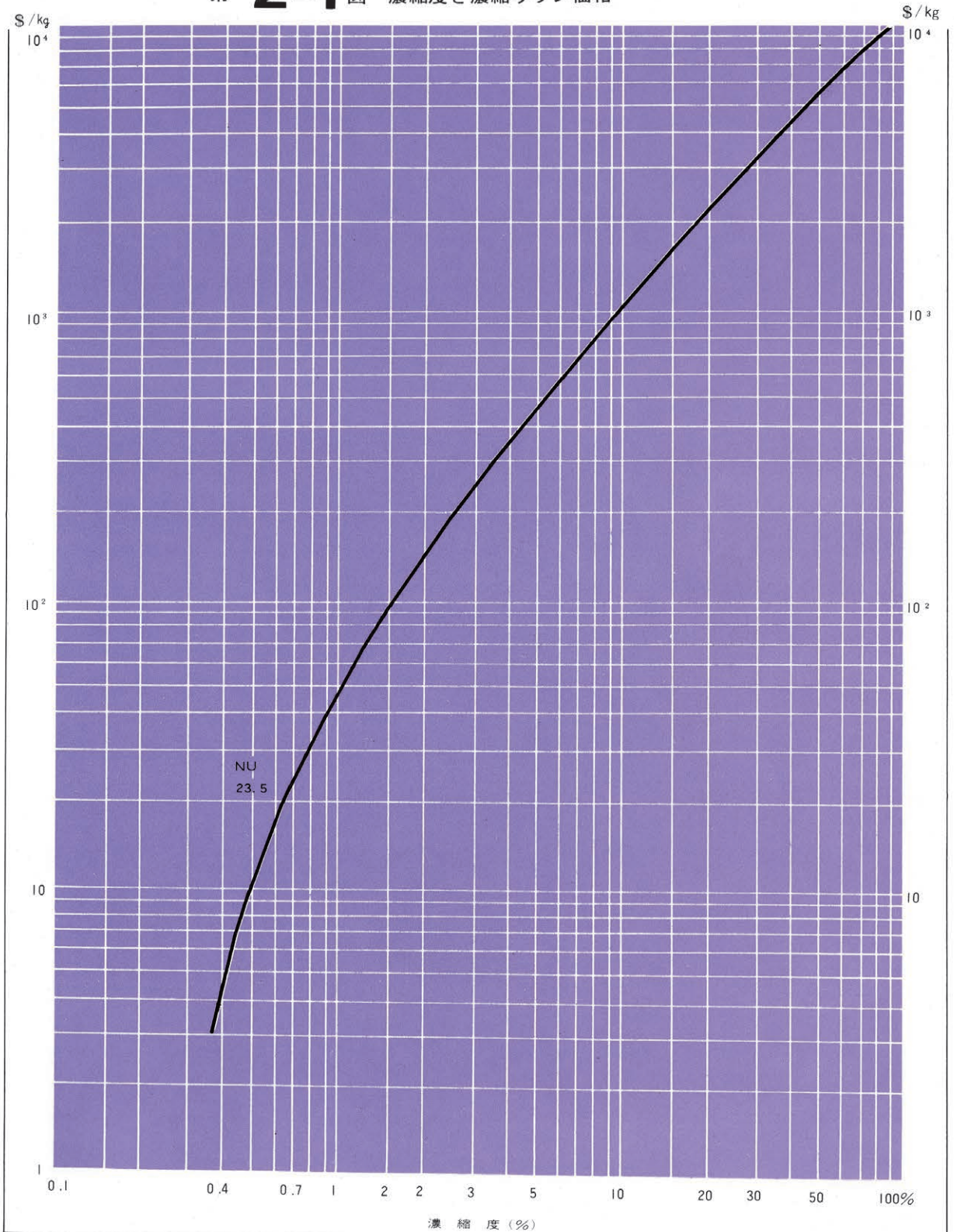
1 図参照) を検討してみると、原料価格は U_3O_8 ボンド 8 \$ が基礎になっており、濃縮費は第 2-8 表のように推定されている。これによって生産される濃縮ウランは 90% 濃縮のもので 78 t (U^{235} で 70 t)、ただし 1.5% の低濃縮ウランなら同じ設備で U^{235} にして約 3 倍程度生産しうるといわれている。

第 2-8 表からみると先ず 4.1 ミル/KWh という安い電力を濃縮ウランの製造に使っていることが目につき、これが濃縮ウランは安い電力の缶詰であって経済性のあるものでないといわれていた

第 2-7 表 アメリカ A. E. C. 濃縮ウランの価格 (UF。)

U-235 の重量比	価 格 (\$/kg)	U-235 の重量比	価 格 (\$/kg)
0.0075	\$ 26.50	0.045	\$ 422.40
0.0080	30.50	0.050	479.40
0.0085	34.70	0.055	536.80
0.0090	38.90	0.060	594.50
0.0095	43.30	0.07	710.50
0.010	47.70	0.08	827.00
0.011	56.80	0.09	944.00
0.012	66.10	0.10	1,062.00
0.013	75.70	0.12	1,298.00
0.014	85.40	0.14	1,535.50
0.015	95.30	0.16	1,774.00
0.016	105.30	0.18	2,013.00
0.017	115.50	0.20	2,252.00
0.018	125.70	0.25	2,853.00
0.019	136.10	0.30	3,456.00
0.020	146.50	0.35	4,060.00
0.022	167.60	0.40	4,666.00
0.024	189.00	0.50	5,882.00
0.026	210.60	0.60	7,103.00
0.028	232.40	0.70	8,329.00
0.030	254.30	0.80	9,562.00
0.032	276.40	0.85	10,183.00
0.034	298.60	0.90	10,808.00
0.036	320.90	0.92	11,061.00
0.038	343.30	0.93	11,188.00
0.040	365.80	0.94	11,315.00

第 2-1 図 濃縮度と濃縮ウラン価格



最大の理由であるが、現在では軽水炉自身で4ミル程度で発電できるようになり、将来は3ミル台も予想されるようになったのであるから、この点では経済ベースになるものといえよう。資本費が10%であり、この点はこのような化学プラントで民間ベースで考えるなら幾分安過ぎると思われるが、政府資金でやり、また濃縮プラントの特殊性から、そう短期の償却を考えねばならないことはないから一応経済ベースといえよう。現在の濃縮ウラン価格がこの濃縮費から推算したものとよく合うことを考えると、アメリカの濃縮ウラン価格

第2-8表 アメリカにおける濃縮ウランの年間費用

	項 目	年間費用 ($\times 10^3$ \$)
建設費	2.3×10^9 \$、 年間10%の資本費	230
電力費	5×10^{10} KWh 4.1 mills/KWh	205
従業員費用	10,000人 \times 7,000 \$	70
保守維持費	建設費の2%	46
	小 計	551
AEC諸経費		83
	合 計	634

(註) 原子力工業 1961年1月号参照

は民間ベースでの純経済ベースのものとはいえないにしても、一応経済ベースに乗ったものであることがわかる。

Pu 価格についてはアメリカでは平和利用としてはPug当り10\$ (ただし分裂性のプルトニウムについて) で買上げられており、日本でも同じベースで買上げの準備が進められている。しかし当分Puを熱中性子炉に使わざるを得ないとすれば、この価格は高過ぎるという見方が多く、8~6\$/gに見る見解が多いようである。

再処理費はこれを安くするかどうかは規模の問題および技術開発にかかっているといいようであろう。したがって原子力発電の規模が大きくな

って処理量が増加し技術が進歩すれば余り大きな問題にならないであろう。

しかしこのような不確定性は発電コストにして0.5ミル/KWh程度のことであるし、軽水炉で予想されている高燃焼度が達成されるなら使用済燃料の濃縮度は天然ウランに近づくとと思われるので、使用済燃料の価値は下っていき、高燃焼度とあいまって軽水炉の発電コストの不確定性はすくなくなるであろう。

現在アメリカでは、特殊核物質(濃縮ウラン-235、プルトニウムウラン-233)はすべて政府所有になっており、動力炉に必要な燃料は政府から年4.75%の賃貸料で借用しうるし、動力炉で生産されたPuやウラン233および稀釈ウランは無条件で政府が買上げている。これは実質上原子力発電が経済ベースに乗るとともに、石炭産業からこのようなことは原子力に対するいき過ぎた補助政策であって公正な競争を害するものであるという非難が起るようになった。一方政府も原子力発電の規模の拡大とともに国有化政策は財政上の大きな負担になることが予想されるようになったので、特殊核物質の民有化に踏み切ることになった。

1964年8月核燃料民有化法案が米議会を通過し、

- 1) 1969年1月1日よりウランの賃貸濃縮を開始
- 2) 1971年1月1日、原子炉運転者に対する燃料賃貸終了、Pu買戻し打切(U-233の買戻しは継続)
- 3) 1973年6月30日、核燃料の完全民有化を行うことが決定した。すでに再処理は民営が許され、残る問題は濃縮プラントだけになった。

民有化によって燃料サイクル費が幾分上がることが予想されているにもかかわらず、民間原子力産業がこれに賛成しているのは、濃縮ウランを含め、軽水炉に対する自信を示しているものと推察してよいであろう。民間産業は再処理プラントさらには濃縮プラントまでもみずから行なうといっている。賃貸濃縮によれば現在濃縮ウラン価格のベースになっている U_3O_8 ポンド8\$より安い天然ウラン(たとえば U_3O_8 ポンド5\$)をみずから調達すれば、現在の濃縮ウラン価格より幾分安い

ものを入手することができるし、またウラン濃縮の技術自身の進歩も予想されるので濃縮ウラン価格の低下も予想される。

日本でも原子力発電コスト（特に軽水炉の）を明確にするためには濃縮ウランの賃貸料、再処理施設の建設ならびに再処理費の決定、Pu買上げ価格の決定などいわゆる環境整備といわれるものを充実しなければならない。現在の日米原子力協定ではアメリカから購入した濃縮ウランの所有権は政府が所有しなければならないことになっており、使用者には日本政府から賃貸されるが、この場合の濃縮ウランの価格はアメリカAECの価格と同じであり、賃貸料は年6.5%である。Pu買上げ価格は1g3,600円（10\$）とすることが原子力委員会で定められたが、政府として決定にいたっていない。当面原子力発電を育成するためにはこのような点について政府の援助を必要とするものと考えられ環境整備を急ぐべきであるが、アメリカの行き方を見ると、原子力発電と在来火力を公正に競争させるためにも、低濃縮ウラン炉と天然ウラン炉を経済ベースで競争させるためにもアメリカと同じ時期にアメリカ同様核燃料の民有および、再処理施設、濃縮施設の民営を基本方針とすべきであろう。

* 電力中央研究所，電気事業研究委員会資料室「オイスタークリーク原子力発電所の経済評価に関する報告書」参照 建設費141\$/KW（168）の内訳は発電設備110\$（132）送電設備4\$（5）燃料を除く

運転資本1\$（1）燃料運転資本26\$（30）である。

** 科学技術庁原子力局，通産省公益事業局「原子力発電コストに関する調査」

2-2 発電コスト低下のための技術的諸問題

発電コストを下げるための目標は資本費の切下げと燃料費の切下げの2つであるが、そのための技術目標は高温化（高い熱効率）、出力密度の向上、燃料寿命の延長、機器の規格化、大容量化などである。大容量化のためには大型压力容器をはじめ大型機器の製作などが必要である。この関係を図式的に示すと下の図のようになる。

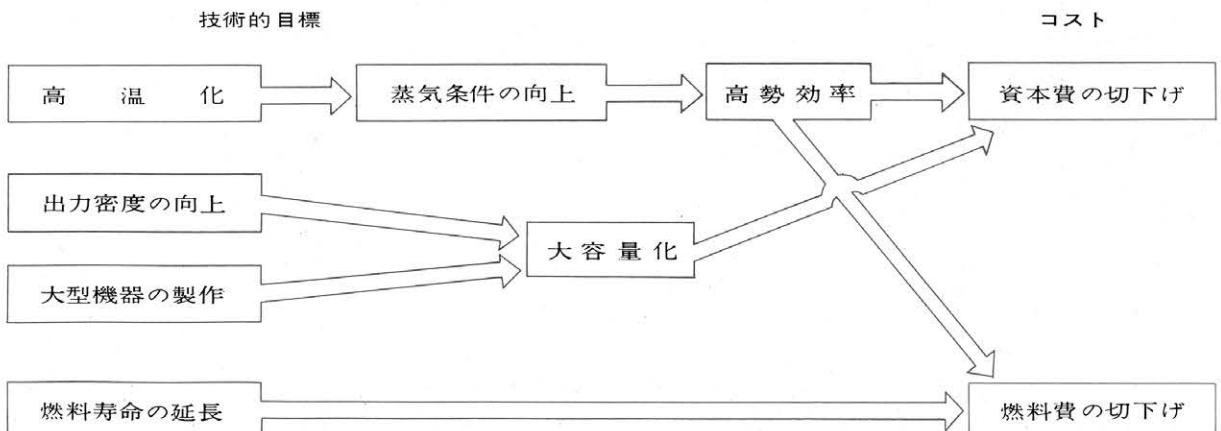
実用炉のコスト切下げは現在大容量化と規格化および燃料寿命の延長（高燃焼度の達成）の方向で進められているとよい。

軽水炉の場合、現在商業用発電炉として建設あるいは計画中のものは炉心平均の熱出力密度が35（BWR）～60（PWR）MWt/m³程度であるがこれを将来50(B)～90(P)MWt/m³にしようとしている。

35～60MW/m³という出力密度自身非常に大きな値であるが、それをさらに2倍にすれば同一の压力容器で2倍の出力を出すことができる。御制系や補助系（一次冷却系を含まず）など原子炉の建設費の相当大きな要素はこれにより殆んど増加しない。出力密度を上げることは大容量化の一つの方法であるが、これによれば原子炉の建設費は余り増加しないので、出力密度を増すことはコスト引下げに非常に大きな力をもっている。

大容量化に必要な技術は大型压力容器をつくる

第2—2図 技術的問題と発電コスト低下の関係



ことが中心である。ポンプその他の機器の大容量のものの製作にも問題はあがるが、一番の問題は圧力容器である。加圧水炉に例をとると150気圧(2,000Psia)で750 MWコンソリデーテッド・エチソン社、レーベンスウッド計画(熱出力 2,300 MW)のとき圧力容器の内径は4.2 m (170inch)で、これが現在の技術でできる最大の圧力容器であり、したがって出力ということになるが、これは現場溶接をやらないという原則にもとづくものであり、マグノックス炉のように現場溶接をやることにより、また低合金鋼のかわりにHY-80や高Ni-Cr MO鋼などの新しい材料の使用、球形容器の採用、貫通部をへらすこと、コードの改善などによりさらに大型のものを製作することができ、出力密度の上昇も考え合わせれば現状では実際的に容量の上限はないと考えてよいであろう。

マグノックス炉は元来出力密度が低いため(0.7~1.0MWt/m³)炉心が大型になり、大型の圧力容器を必要とし、現場溶接が採用されてきた。しかし最近では鋼製容器の代りにフランスで開発されたプレストレスドコンクリート容器(PCV)が採用されるようになった。これによれば相当大型の圧力容器の建設が可能で、マグノックス炉でも1基1,000 MW程度のもものは造りうる。またブロー、熱交換器などを圧力容器の中に収容して(インテグラルタイプ)プラントをコンパクトにし、安全性を増す設計が行なわれるようになり、資本費の引下げに貢献している。また環状燃料を採用して出力密度を約2倍にすることも計画されており、このような改良が進めばマグノックス炉も大容量化あるいは資本費の引下げを相当行なうことができよう。

燃料寿命の延長は核的な問題よりむしろ、燃料要素がどの位の燃焼に耐えるかの方が現実的に大きな要素になっている。したがって燃料要素の製造経験と実際にこれを炉内で燃焼させた経験の蓄積によって次第に向上していくといった性質のものであるが、原研のJPDR(沸騰水炉)の場合、9,000MWD/Tであったのが、最近のものでは、20,000MWD/T以上になっており、最近では沸騰水炉で30,000MWD 加圧水炉では40,000MWD/

Tが目標とされている。普通軽水炉の燃料サイクル費のうち燃料加工費は30~40%であるから少々濃縮度が上っても、そのため燃焼度が上れば結局燃料サイクル費は切下げられることになる。

沸騰水炉では、現状では飽和水蒸気を発生しているが、これを炉心内で過熱し、過熱水蒸気をうる炉型式の開発が進められている。加圧水炉では沸騰させることはできないので一気に超臨界圧にすることが研究されている。このような場合、開発上の要点は被覆材にある。マグノックス炉の場合は、部分的改善により出口温度がすこしずつ上っているが、(345°C→410°C)これはあまりたいしたものでなく、出口ガス温度を上げるためには、AGR(Advanced Gas-Cooled Reactor) 出口温度約500~600°C)あるいはHTGCR(High Temperature Gas-Cooled Reactor, 出口温度750~850°C)といったものが開発されつつある。しかし、軽水炉にしても、ガス炉にしても、これらのものは部分的な改良というよりむしろ新しい炉型式の開発と考えられており、これらの炉型はいまだ開発段階で実証炉とは認められていない。

以上のような技術的改善以外に規格化によって直接に原子炉の建設費や燃料加工費を引下げる努力も行なわれている。加圧水炉の建設費が最近急速な低下を示したのは機器の規格化、ことに蒸気発生装置の規格化によるところが非常に大きい。また、沸騰水炉では規格出力のプライス・リスト(第2-3表参照)を発表するようになった。このことは原子力発生が学問から技術の段階に入ってきたことを示すもので、軽水炉が実用的になりつつある一つの証拠とみることができよう。

2-3 大型化と立地条件

石油火力にしても原子力発電にしてもコスト低下のためには大型化が必須であるが、ここで発電所の大型化という要素が原子力発電と石油火力のどちらに有利に作用するかを検討してみよう。発電所の大型化の問題は技術的可能性(製作、建設上の制限)と系統容量からくる制限(いかえれば需要の方からくる制限)および立地条件に分けられる。技術的可能性については先にのべた。

系統容量については普通最大の単位発電機容量

は系統容量の7~10%であるといわれている。東京電力の全容量は6,500 MWであるから10%とすれば、単位容量は650 MWとなる。将来これはさらに大きくなるものであり、現在でも2~3の電力会社の連繋運転を考えるなら1,000 MW程度のものであっても不思議ではない。したがって日本のように大きな送電網をもっている国では一応系統容量からくる単位容量の制限はないと考えてよい。

次に立地条件についてみると、容量を規制するものに冷却水、安全性あるいは公害問題、土地問題がある。日本では大容量火力は海岸に立地し、冷却水に海水を利用するものとすれば冷却水の量については問題なく原子力も石油火力も同じ条件と考えてよい。

安全性については、原子力発電所においては安全性の確保のための規制がきびしく技術的に安全性を確保するための二重三重の**backup system**を持っている上、人口密集地から必要な距離だけはなすことを要求されている。したがって大容量の電力を需要中心地まで送電する距離が延びることが予想され、この点原子力は不利のようにみえる。しかし一方石油火力も大容量化するにつれて公害問題が生ずるようになってきた。石油火力の場合特に問題になるのは重油に含まれている硫黄分から発生する亜硫酸ガスによる大気汚染である。

1,000 MWの重油火力で硫黄分2%の重油を焚くとすれば年間約35万t*の硫黄をたくことになる。現在でも35万KW級重油火力では亜硫酸ガスによる公害が問題になりつつあり、立地の選定にも影響をおよぼしている。まして将来1発電所1,000~3,000 MWのものが要求される時代に重油火力はもはや現在のような人口密集地につくることはおそらく不可能であろう。

これをさけるためには硫黄分のすくない原油を輸入するか、脱硫するかであるが、日本の輸入原油の80%を占める中東原油は高サルファ原油で、世界の石油生産の現状からは輸入先を大量に振替えることはむずかしい。脱硫はそれだけコスト高となる。重油火力が他のエネルギー源による発電より圧倒的に安ければ脱硫ということも考えられ

るが、競争相手の原子力発電のコストが安くなってくれば、コスト高になる方法はとりにくい。

原子力発電所の運転にともなってアルゴン41のような気体放射性物質が放出されるが、アルゴン41は半減期が1.8時間とみじかく亜硫酸ガスのように次第に蓄積していくものではない。これは設計によって生成量をへらすこともできるし、また、放出をコントロールすることもできるので、これによる制限は亜硫酸ガスによる制限より少ないと思われる。

原子力発電設備は非常に安全性の確保に注意が払われており、想定されるあらゆる事故に対して二重三重に**backup**装置をもっていることは前述した通りである。したがって設備そのものは在来の化学工場や火力発電所にくらべ遙かに安全に留意されており、原子力発電所は新潟における昭和石油の火災のようなことは起らないといえる。ただいまだ十分な運転経験がないため安全装置の効果が確認されていないし、また、一般大衆を納得させるまでにいたっていない。このため現在では立地基準をもうけ人口密集地から離すようにしているが、将来運転経験をつみ安全性が確認されれば本質的には重油火力より人口密集地から離さなければいけない理由はない。

安全性と発電コストは物の表裏であって独立の要素ではない。安全性を上げようと思えば、建設費、したがって発電コストは上るし、発電コストを下げようすれば安全性をへらすようなことにもなる。原子炉装置の安全審査に対し大衆の関心は電力会社が発電コストを下げるために必要な安全性を犠牲にしないかどうかということである。このことについては原電東海炉が必ずしもいい先例を示さなかったが、実際は事故が起きたときたとえ外部に被害がおよばなくてもまず損をするのは電力会社であるから、純経済ベースでものを考えればむしろ安全性は十分な方がよいので、実際的には安全性とコストが矛盾することはないと考えてよいであろう。現在の原子力発電所は既存の化学工場にくらべ遙かに厳重な安全装置がほどこされており、現在および将来の発電コストはこのような安全装置を施すことを前提として計算され

ている。安全装置のコストに対する影響を減らす方法としては安全装置を減らすことでなく、容量を増大させることにより、単位出力当りの安全装置の負担を減らすことにある。

新潟地震の例をみても石油タンクのような大きな施設は地震のような災害に対して完全な保護装置をほどこすことがむずかしいことを示している。例えば1,000 MWの発電所で2カ月分の燃料を貯蔵するとすればタンク容量は約25万ℓを必要とする。これに対し、軽水炉では炉心に約200t(20m³)の酸化ウランをもっているだけで、炉心外の子備燃料はたいしたものではなくこれは本質的に燃えない状態で保存できる。原子炉は炉心が小さく、燃焼もこれを制御棒を下すという操作だけで1,000 MWもの出力をコントロールできるということは十分な安全装置を施すことができる可能性を意味している。

土地については、大容量火力の場合は年内200万ℓの重油を必要とし、これだけの重油を供給するためには大型タンカーの着く港をもつ土地、あるいは10万bbl/日級の石油精製工場に隣接してパイプラインで重油の供給を受けられる土地を必要とし、日本ではこのような立地条件のよい土地は次第にへりつつあり、またあったとしても高価になりつつある。これに対し1,000 MWの原子力発電所では燃料そのものは非常に軽く、年間の取替燃料重量は軽水炉の場合約50tでよい。使用済燃料をコンテナに入れ、コンテナ重量が燃料重

量の50倍として2,500tである。これは重油の輸送量の200万tにくらべると桁ちがいで、港を必要とせず土地の選定は楽になる。

以上のような考察より、今後原子力発電所の運転経験をつみ、安全性が確認されてくれば、原子力発電所の方が石油火力より立地条件の選定が自由になり、したがって大容量化のためには原子力のほうが有利になるということができる。

付表 換 算 表

¢ / 10 ⁶ Btu	銭 / 10 ⁶ kcal	¢ / 10 ⁶ Btu	銭 / 10 ⁶ kcal
50	71.5	48.8	70
40	57.2	45.4	65
35	50.0	41.9	60
30	42.9	38.4	55
25	35.8	35.0	50
20	28.6	31.4	45
15	21.4	7.0	10
10	14.3		

$$¢ = 360 \text{ 銭}$$

$$10^6 \text{ Btu} = 252 \times 10^6 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ Btu} = 0.252 \text{ kcal}$$

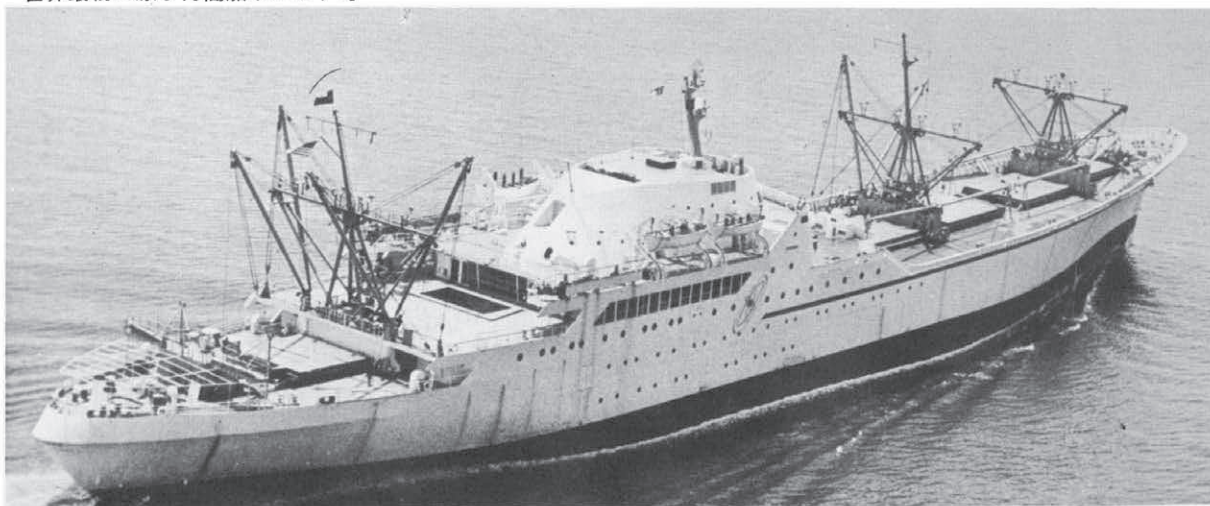
$$¢ / 10^6 \text{ Btu} = \frac{360}{252} \times 10^6 \text{ kcal}$$

$$= 1.43 \text{ 銭} / 10^6 \text{ kcal}$$

* 設備1KW当り年間重油消費量 (1KW×8,760h×860kcal/KWh×80%)÷(10,000kcal×40%) = 1.5Kℓ

硫黄分1.5kl/KW×1,000MW×2% = 30,000t

世界最初の原子力商船サバナ号



3 原子力発電導入の見通しと核燃料問題

ないものであり、これらの長期予想は大局的な見通しをたてるための資料としか考えられないが、その範囲では十分意味をもっているものである。

これによれば日本が経済発展をつづけるためには今後も相当大量のエネルギー源を必要とし、しかもその大部分を2,000年頃には輸入にまたなければならぬことがわかる。日本におけるウランの探鉱は原子燃料公社で鋭意進められているが、後述のようにその成果は余り期待できず、日本の地質学的特質から見て石油と同じように消費の大部分を輸入にまたなければならぬと予想されている。

しかし、ここで注意せねばならないのは、他のエネルギーと区別される原子力エネルギーの特質である。すなわち、原子力発電によって副産されるPuの軍事利用に対する安全保障および査察の問題である。

第3回ジュネーブ会議で、アメリカのスミス教授が強調したように、副産Puが軍事的に利用されないという保障がなくては、将来の健全なる原子力発電の発展は望みえない。また、このためには、国家主権を越える国際的な安全保障機構が確立されねばならない。現にわが国は国際原子機関による査察を受入れた最初の国である。

このことは、将来の原子力を中心とするエネルギー政策が国際的視野における平和的協力を基礎とするものでなければならぬことを物語っている。査察の問題と需給の問題は一応別のことと考えられるが現在エネルギー政策において主張されているような偏狭な国家主義的立場からする供給の安定性の主張は、将来のエネルギー需給体系において予想される原子力の主要な役割からみても妥当性を欠くものといえよう。

3-2 原子力発電導入の見通し

将来の長期的な電力需要に対して原子力がどれだけ導入されるであろうか。

現在日本で運転中の動力炉は日本原子力研究所の動力試験炉（Japan power Demonstration Reactor 略称JPDR、沸騰水炉12.5MW）1基で、昭和40年初めには日本原子力発電会社の東海炉、（マグノックス炉165MW）が運転に入ると思わ

3-1 将来の電力需要の見通し

わが国の将来の電力需要見通しは次表のようになる。

第3-1表 将来のわが国電力需要の見通し

1963	160 × 10 ⁶ MWh
65	177 "
70	238 "
75	315 "
80	397 "
85	489 "
90	593 "
95	709 "
2000	850 "

さらに熱エネルギーと電気エネルギーの割合については原子力発電により相当電力料金が下がったときの他の熱エネルギー需要と電力需要との代替、原子力発電のコスト低下に伴う石油価格（原油あるいは重油）値下げの可能性などの不確定な要素をはらんでいるため、ある程度の誤差はさげられ

れる。その後は原電の2号炉(軽水炉300MW級)、引き続き関西電力、東京電力、中部電力の各1基(軽水炉300MW級)の建設が予定されており、今後4~5年のうちに全部で電気出力1,500MW程度が運転あるいは建設中になることは確実とみられる。これは原子力委員会決定になる原子力開発利用長期計画の線にそっているものである。

ここ数年間は原子力発電導入のための環境整備も十分でなく、またメーカーの方も技術導入に忙しく、大規模な建設に応ずる準備は不十分といえよう。したがって実用のための準備期間ともいえる。コスト的にもJPDRは文字通り試験炉であり、東海炉は建設に当り経済ベースをとんでいたが、そのコストは5円/KWh以上と予想されるにいたり実際は動力試験炉的なものである。原電2号炉は新鋭火力に近い線が予想されるが、それを下廻るかどうかが疑問である。電力会社の3炉はおそらく経済ベースに乗ることと思われるが、いずれにしても、これらの炉はこれによって運転経験を得、安全性を立証し、経済性を確める意味が強く、こんご4~5年は準備期間であり、おそらくこれ以上の基数の建設は望みえないであろう。

しかし原子力発電では容量の増大にともなうコスト低下がいちじるしく、最近世界で建設計画中のものは500MWあるいはそれ以上になりつつある。

第3-3図のBWRの例(GE社発表)をみても300MWと500MWではkw当り建設費で約1万円の差がある。原電2号炉は仕方がないとしても、その後のものとしては経済性を高めるために300MW級よりも500MW級を建設すべきであろう。もし電力会社が500MW級を建設すれば、前期10年で2,000MW程度建設されることになるだろう。

しかしこれら数基の実用炉によって安全性、経済性が立証されれば、その後は前章にのべたような理由によって、原子力発電所は急速に建設されていくことと思われ、10年後に新しく建設される大容量火力はすべて原子力発電になるものと考えてよいであろう。

原子力発電所を大規模に建設しようとするとき、建設資金調達の問題が起るであろう。最も建設費

の安い軽水炉の場合でも石油火力より20%程度割高になると思われ、それだけ多くの建設資金を調達しなければならぬが、現在電力会社の経営は好転しつつあり、10年後を考えればその調達は可能であろう。

原子力の平和利用には大型陸上原子力発電以外に特殊用発電所、船舶推進用、海水より浄水の製造、蒸気発生用、化学工業への熱その他のエネルギーの供給、さらには原子爆弾を土木工事などに利用する爆弾の平和利用まで考えられている。船舶用原子炉の開発は相当進んでおり、経済性を云々しなければ原子力潜水艦にみられるようにこれが実用に供せられることはすでに証明されている。潜水艦以外ではアメリカのサバンナ号、ソ連のレーニン号がすでに就航しており、タンカーや大型船舶に原子力推進が利用されるのは時間の問題とみられている。

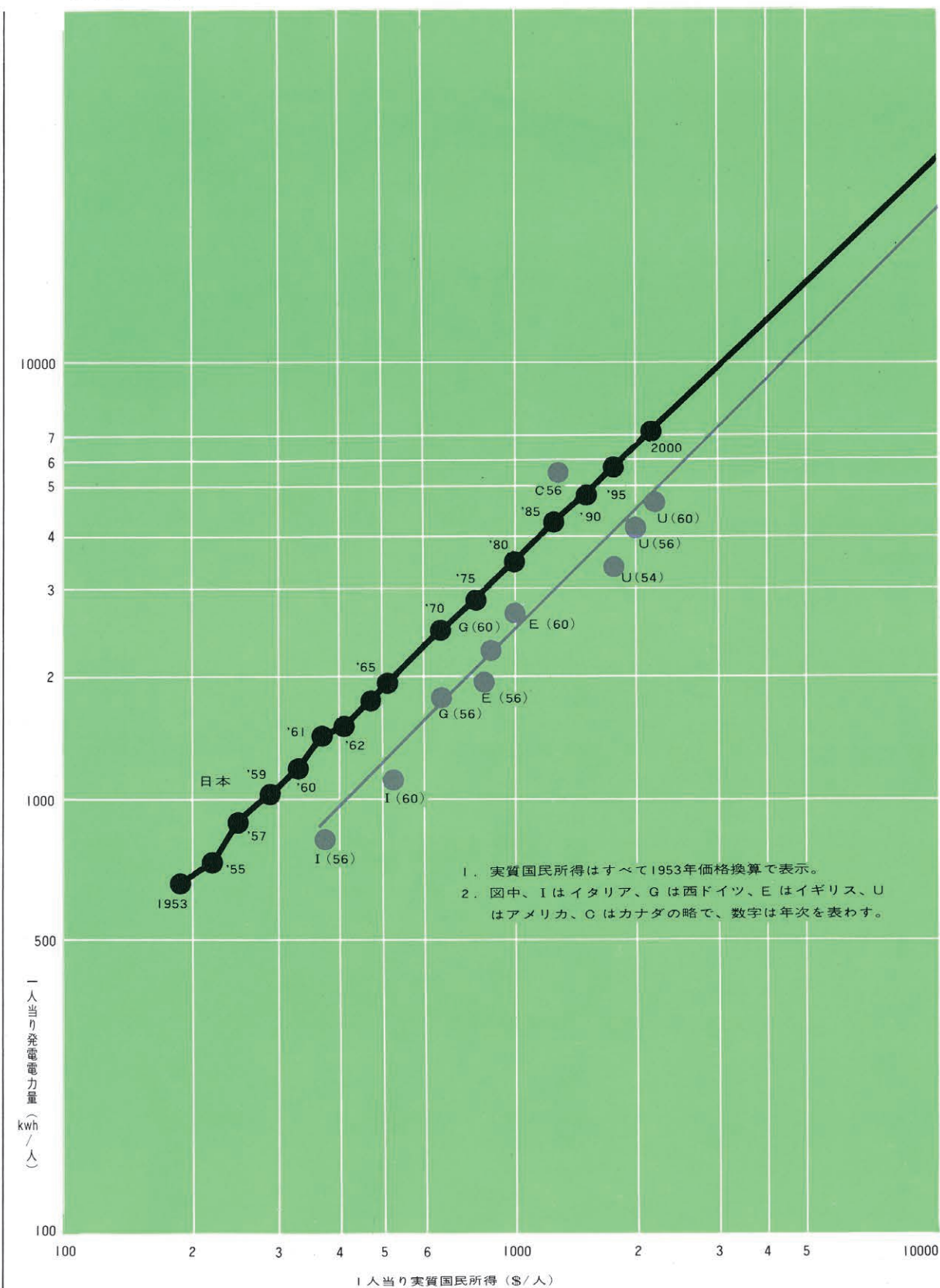
しかしこれらのものは、エネルギー総需要に対するウエイトもそれ程多くなく、不確定要素も多いのでここでは論じないことにし、原子力発電だけにしぼることにする。

大規模な発電、この場合事業用火力に限って考えた場合将来の原子力発電の開発速度に最大の影響を与える可能性のあるものは重油あるいは原油価格の動向である。もし原子力発電のコストが重油火力のコストと同じかあるいは下廻ったとき、まず第一に考えられることはそれに見合うだけ重油の価格を下げて原子力と競争するかどうかである。

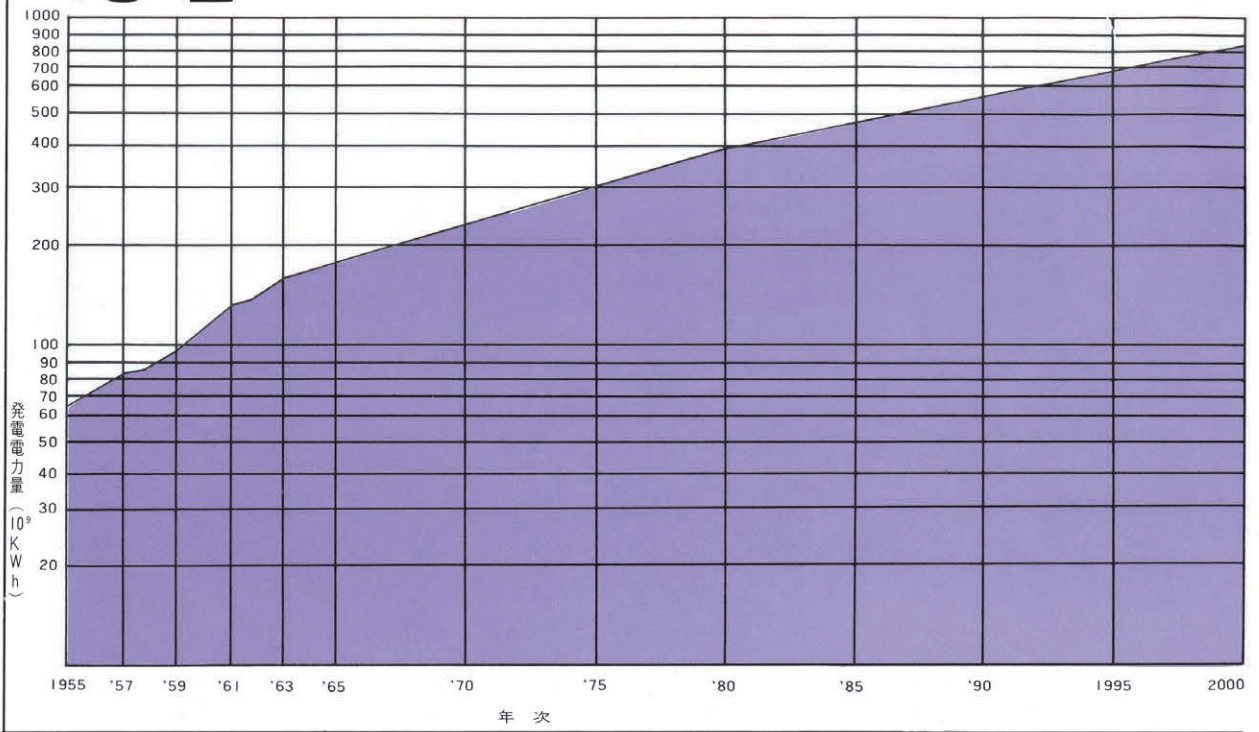
しかし、このように原子力が発電用エネルギー源の主力を占めることを考えても、エネルギー総需要の伸びが大きいため、石油需要は益々伸びることが予想され、むしろ原子力は石油資源の欠乏を補う補完的なものであると考えられる。また技術的には精製方式により重油得率は60~20%の間に調整可能である。現在日本では重油得率が比較的多く60%程度であり、電力用はそのうち27%、すなわち原油量の16%程度が電力用にまわっている。

将来の需要想定でもし火力発電がすべて原子力に代ったとしても石油需要は自動車用や熱エネル

第3—1図 日本と主要国の実質国民所得と発電電力量



第3—2 図 わが国の発電電力量の見通し

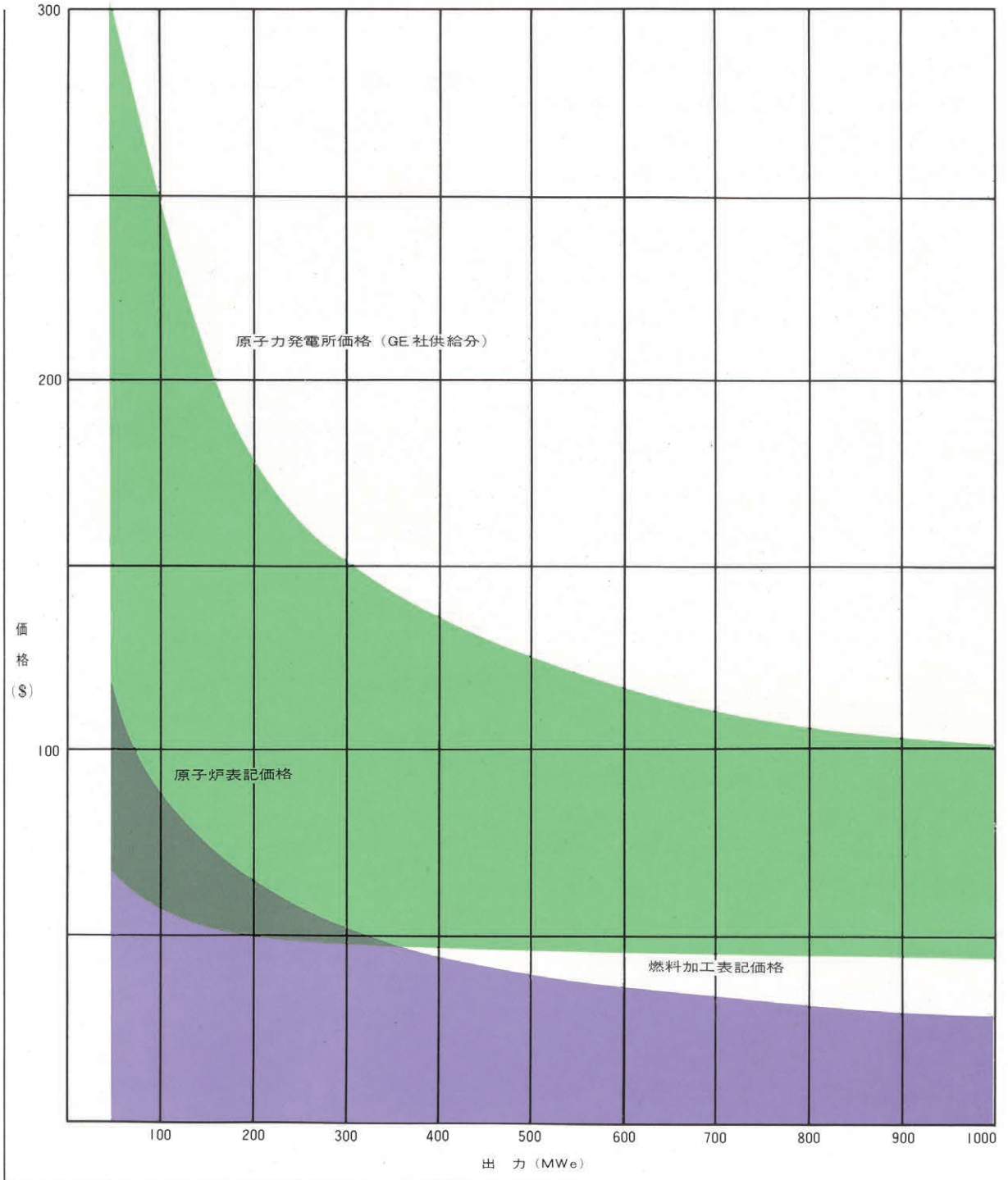


第3—2 表 将来わが国実質国民所得と発電電力量

項目 単 位	実質国民所得 (1953年 価格換算)	人 口	1人当り実質国 民所得(1953年 価格換算)	1人当り 発 電 量	発 電 電 力 量
年次	(10 ⁶ \$)	(10 ⁶ 人)	(\$ /人)	(K Wh)	(10 ⁶ MWh)
1960	31556	93.4	338	1239	115.5
'62	40825	95.2	429	1479	140.4
'63	45764	96.2	476	1666	160.2
'65	51421	98.4	523	1800	177
'70	68813	103.3	666	2300	238
'75	92087	108.6	848	2900	315
'80	123233	113.3	1088	3500	397
'85	149932	116.5	1287	4200	489
'90	182415	118.6	1538	5000	593
'95	221936	120.2	1846	5900	709
2000	270019	121.4	2224	7000	850

(註) 1. 実質国民所得はすべて1953年価格換算で表示しており、増加率は80年までは年率6%、80年以後は年率4%
 2. 将来人口は厚生省人口問題研究所昭和39年6月1日推計による。

第3—3 図 単一サイクルBWR型の価格（非再熱型）（GE社発表）



ギー源あるいは石油化学原料として、益々増加することが予想される。また現在の重油の電力用需要がなくなったとしても、他の重油需要に変化がないものとすれば、重油得率を44%に下げればよいことになり、かならずしも重油の値下げをしてまで原子力と争う必要はない。重油得率だけからいけばまだまだ余裕があり、何らかの理由で電力用以外の重油需要が少し位なくなっても、精製方式の変化で応じられる範囲にあると考えてよい。

現在の原油の日本着価格は4,790円程度で、その価格構成は生産費10%産油国および採掘会社の利益55%輸送費32%位であるから、もしローヤリティと利益を零にすれば原油価格は約2,000円位と計算される。

しかし第3-4図のように石油価格と石油火力発電コストの線Aをみると、もし石油価格を2,000円としても4ミル/kwhにはならず、4,400円で6ミル/kwhである。これに対し原子力発電では今後10年後には4ミル/kwhが実現する見通しであり、3ミル台も現われる可能性がある。したがって、ある程度の値下げは考えられるにしても石油が無茶な値下げをして火力発電で原子力とあらそう必要はないし、そのようなことは石油事業にとって得なことでないから無益な争いは起らないと考えてよいであろう。

しかしながら石油精製はこのような得率の変化のため体質改善を迫られると思われるので、今から十分対策を検討しておく必要がある。

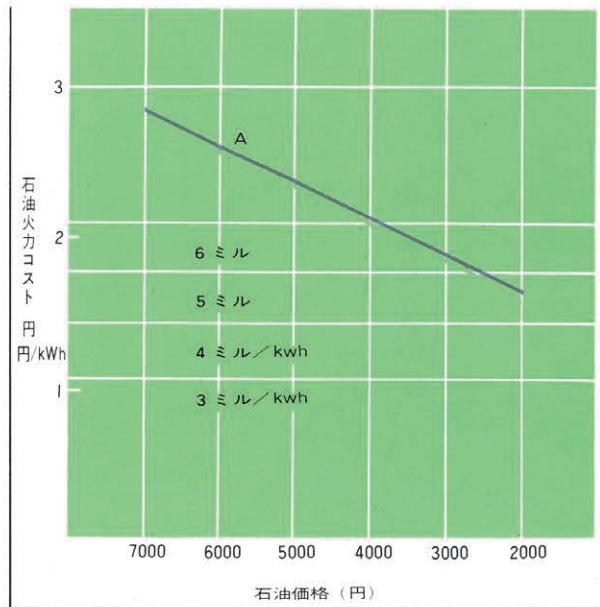
このような考え方で重油価格が今後余り変化しないとすれば、10年後に建設される大容量火力はすべて原子力発電にかかわることになり、石炭、石油の火力は山元あるいは小規模な火力などの特殊設備として残ることになる。このような想定のもとで原子力発電の入り方は第3-3表および第3-5図のようになる。

3-3 核燃料資源

核分裂反応による原子エネルギー資源はウランとトリウムである。しかし天然のまま燃料となるのは天然ウランの中に僅か0.7%含まれているウラン同位元素235だけで、残りの99.3%を占めるウラン238*とトリウムの全部であるトリウム

232は、そのままでは核分裂しない。つまり原子力を発生しないのである。しかしうまくことに原子炉の中でウラン235が燃えるとき、燃えながら同時にウラン238やトリウム232を核分裂反応を起こす物質、すなわちプルトニウム239やウラン233に変えることができる。ウラン235の原子1個が燃えたときプルトニウム239やウラン233ができる個数を転換比といっている。もし転換比が1より大きくなれば何回かくり返し使用しているうち

第3-4図 石油価格と石油火力発電コスト



(註) 石油火力は横須賀700MWの例

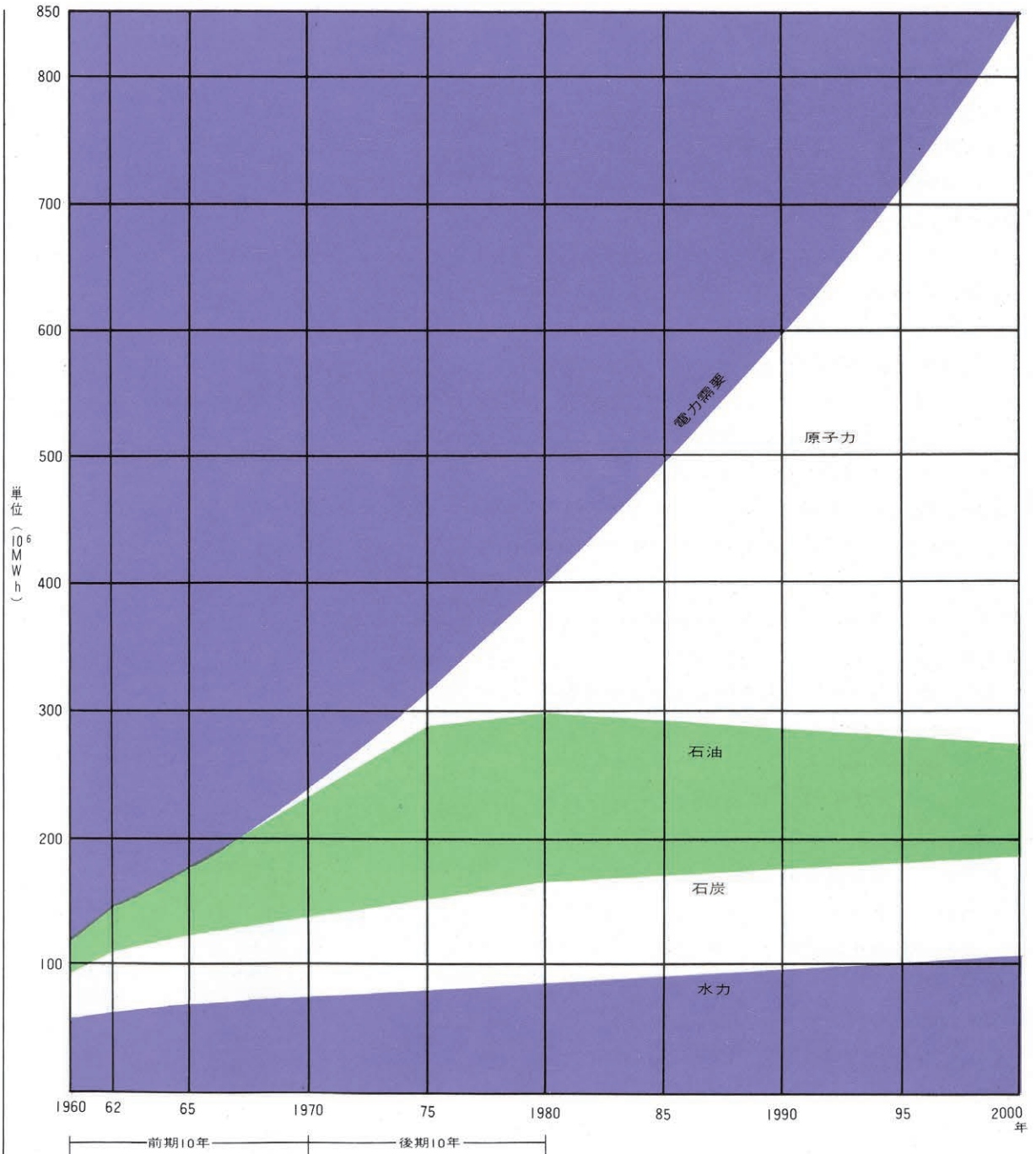
第3-3表 将来の電力需要と原子力発電導入の見通し (10⁶MWh)

	電力需要	水力	石炭火力	石油火力	原子力
1960年	116	58	37	21	—
62	140	62	44	34	—
65	177	70	50	56	1
70	238	75	60	94	9
75	315	80	70	130	35
80	397	85	80	134	98
85	489	90	80	120	199
90	593	95	80	110	308
95	709	100	80	100	429
2000	850	105	80	90	575

に結局ウラン・トリウムを完全に燃焼させることができる。この現象を増殖といい、これを起せる原子炉を増殖炉とっている。

軽水炉では転換比は平均0.5~0.6程度である。これが1より小さくても、もし1に近い数字(0.9~0.95)であればウラン235の価値を数倍~10数

第3—5 図 将来の電力需要と原子力発電導入の見通し



倍にしうる。つまりウランの2～7%程度を燃やすことは可能である。勿論このためには燃料を反覆使用しなければならず、そのたびに燃料の成型加工、再処理を必要とし、その損失をある程度見込まねばならない。

このように核燃料では自ら燃えながら、また新しい燃料をつくり出すということが、石油石炭などにくらべ問題を複雑にし、理解を阻んでいるが、この点が原子燃料の特徴であり化石燃料とちがうところである。

たとえば、1kgのウラン235が核分裂をしたときの発生エネルギーは分裂エネルギーを200Mevとすると950MWD(約MwDyg)になる。カロリーに換算すると大体 2×10^{10} Kcalであるから1ℓ当り10,000Kcalの石油に換算すると2,000ℓ(6.700Kcalの石炭で3,000t)に相当する。

1kgUの分裂→950MWD→ 2×10^{10} Kcal →石油2,000ℓ

もし増殖により、ウランが全部燃やせたときは1tのウランは200万ℓの石油に匹敵することになる。

しかし、現在の技術では天然ウラン1tからとり出せるエネルギーは大体マグノックス炉で3,000～4,000MWD/T、軽水炉で5,000～6,000MWD/T(天然ウラン換算)、重水炉で9,000～10,000MWD/Tで、プルトリウム再使用(1回)まで計算すると、この値より20～50%程度増加することになる。

現在の世界のウラン確定埋蔵量は第3-4表のように約60万t程度(但し安いウラン)である。これが全部燃やせれば石油の約1兆ℓに相当し、これは石油の確定埋蔵量520億ℓ推定埋蔵量2,500億ℓにくらべ非常に大きな数字であることがわかる。しかし現在実証炉といわれるものでは、上述のとおり全エネルギーの0.3～1.0%程度を利用しているに過ぎないので、現在予想される世界の原子力発電開発のテンポでいけばこの埋蔵量は、1970年代の終り頃に使いはたすことになる。このような点から最近資源論的に高速炉の開発が特に強調されるようになってきているが、このように単純に考えてよいであろうか。

ウラン資源の歴史を振り返ってみると、20年前、軍事利用が始まったころに知られているウラン資源は非常に少なく、強力な探鉱が行われた。その結果約100万t程度のウラン資源が発見された。これに反し原子力発電の開発は思ったほど早く進まず、いわゆるスローダウン時代の時代になったので、ウラン資源は需要を満して余りがあるようになり、新規の探鉱活動は中止され、生産は年々減少した。この状態を反映してアメリカAECのウラン鉱(U_3O_8)買上げ価格も初期の13\$/lbから順次低下し現在は8\$/lbになっている。この

第3-4表 ウラン資源(U_3O_8 short ton)

	1964年始 の埋蔵量	1970年までの 政府契約による 推定生産量	1971年始 の埋蔵量
アメリカ	160,000	64,000	96,000
カナダ	207,000	19,000	188,000
南アフリカ	147,000	13,000	134,000
その他諸国	75,000	19,000	56,000
世界合計	589,000	115,000	474,000

第3-5表 西欧諸国のトリウム資源

	鉱量 (ショートトン)	平均品位(%)
インド	500,000	8.5
カナダ	210,000	0.05
ブラジル	200,000	6.0
アメリカ	50,000	4.5～6.0
オーストラリア	50,000	
南アフリカ	15,000	6.0
エジプト	10,000	
ローデシア	10,000	

(単位) ショートトン ThO_2 換算値
(資料) ジュネーブ会議資料

第3—6表 各国ウラン生産実績

	アメリカ	カナダ	南アフリカ	オーストラリア	フランス	その他	計
1956	6,000	2,280	4,365	300	122	1,000	14,067
57	8,500	6,600	5,709	400	384	1,000	22,593
58	12,500	13,500	6,258	450	636	1,000	34,344
59	15,160	15,497	6,400	1,000	941	1,000	39,998
60	16,570	12,517	6,437	△ 1,000	1,266	1,000	38,790
61	17,760	9,641	△ 4,797	△ 1,000	1,528	1,000	35,726
62	17,010	8,431	△ 4,382	△ 800	1,995	1,000	33,618

△予想 原子力発電資料写 通産省公益事業局監修

8 \$/1b はアメリカ AEC の1973年までの長期契約価格であるが、現在自由市場では U_3O_8 ポンド 5 \$ が相場であり、ひどいものは 3 \$ 台のものまで存在している。しかし昨年あたりから原子力発電が石油火力と競争可能になることが明かとなり、急速な開発が予想されるようになったので、既知の埋蔵量 (60万 t) では1970年代の終りに不足するようになるといわれるようになったのである。

現在のウラン埋蔵量は僅か数年の探鉱の結果であり石油石炭の例をみても探鉱活動を再開継続すればウランの埋蔵量は益々増加することが予想されるので、そう急速に安いウラン資源が枯渇することはないであろう。先ずなすべきことは探鉱である。

次に60万 t という資源は U_3O_8 10 \$/1b までで探掘可能な量であって、第3—7表、第3—6図はアメリカの例であるがこれを見てももうすこし高くてもよければ、ウラン資源は飛躍的に増大する。この傾向は世界的にも同じであるといわれている。もし高級熱中性子や高速炉が実現したときは現在の実証炉に比べ核燃料を有効に利用するので核燃料自身の探掘費は燃料サイクル費のごく一部にすぎなくなるので、もっと高価なウラン資源を採掘利用できることになり、またこの可能性も十分あるのである。

高級熱中性子炉の中で中性子経済のよいもの、すなわち重水炉や高温ガス炉では Th を利用することにより転換比を 0.9 あるいはそれ以上にすることができ、増殖炉にすることも計画されている。

もし転換比 0.9 程度のものでは天然ウランに換算して 50,000 MWD/T 位の燃焼度をとることが出来る。これは軽水炉の天然ウラン換算燃焼度 5,000 ~ 6,000 MWD/T より 1 桁高い数字である。この程度まで燃やすと、第3—7表のように核燃料だけの発電コストにおよぼす影響は U_3O_8 100 \$/1b として 0.54 ミル/KWh, 50 \$/1b として、0.27 ミル/KWh となる。

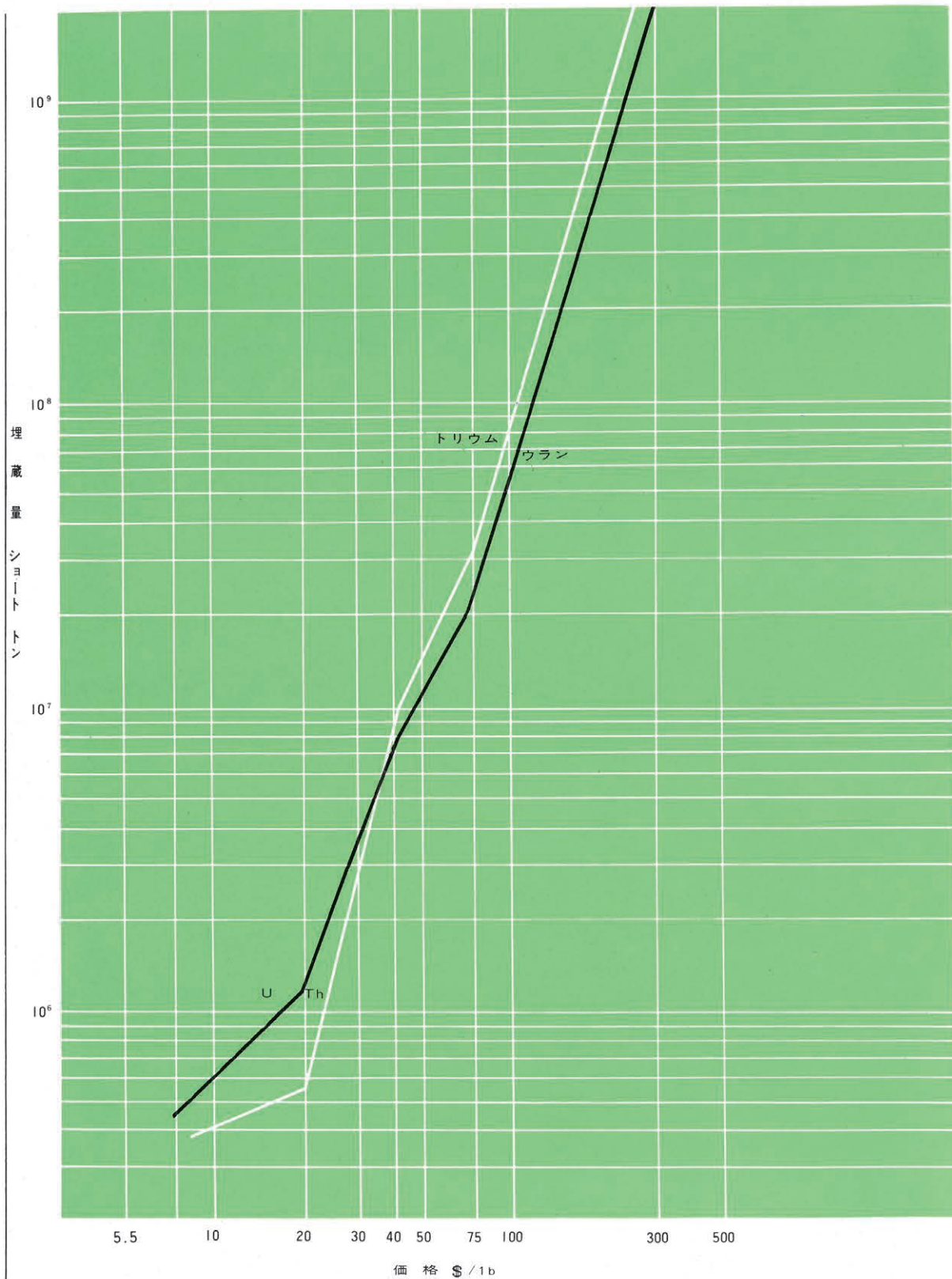
増殖炉になれば燃料価格の影響は無視してもよい程度となる。したがって高転換比の高級熱中性

第3—7表 アメリカの核燃料資源

生産コストの範囲 (\$/1b)	確定埋蔵量 (shortton)	推定埋蔵量 (shortton)
ウラン (U_3O_8)		
5 ~ 10	$5 \sim 10 \times 10^4$	$3 \sim 3.5 \times 10^5$
10 ~ 30	4.0×10^5	7.0×10^5
30 ~ 50	5×10^6	8×10^6
50 ~ 100	6×10^6	1.5×10^7
100 ~ 500	5×10^8	2×10^9
トリウム (ThO_2)		
5 ~ 10	1.0×10^5	4×10^5
10 ~ 30	1.0×10^5	2×10^5
30 ~ 50	3.0×10^6	7.0×10^7
50 ~ 100	8.0×10^6	2.5×10^7
100 ~ 500	1.0×10^9	3.0×10^9

ジュネーブ会議レポート

第 3—6 図 アメリカにおける核燃料資源の生産費と埋蔵量



子炉では50\$/1b程度のウラン資源は利用可能であるし、建設費の安い炉型であれば100\$/1b程度のウラン資源でも利用する可能性がある。もちろん増殖炉であれば100\$/1b以上のものでも利用可能となる。ウラン価格が上がった場合いくら燃焼度を上げてても装荷燃料に対するインベントリー費が大きくなるので比出力が低い原子炉では高いウランは使用できなくなるが、ある程度以上の比出力をもつものでは上のように考えてよいであろう。

このように高いウランが利用可能になれば第3-7表、第3-6図に見るように利用可能なウラン資源は50\$で2桁、100\$以上なら4桁増えることになり、更に単位ウラン当りの発生電力量がそれぞれ1桁および2桁増加するから、高転換比の高級熱中性子炉なら現在の10\$/1bまでのウランを利用する場合にくらべ利用可能エネルギーは3桁、増殖炉なら6桁増加することになり、われわれは半永久的に発電用エネルギー源に不足しないことになる。

またトリウムは世界的にウランの3倍位埋蔵されているといわれるから、これの利用が可能になれば資源的には心配は全くなくなるといいよい。

探鉱が十分に行われれば安いウラン（10\$/1b以下のもの）もさらに多く発見される可能性はあり、1970年代の終りに安いウラン資源が枯渇するということはないと思われるが、現在のように5\$/1bのウランがそういつまでもつづくとも考えられていないので、原子力発電所の耐用年数が20

～30であることを考えると、ウラン燃料価格については長期の見通しを必要とするであろう。

いずれにしても原子力が膨大なエネルギーを保証するためには高転換比の炉（0.9以上）、理想的には増殖炉を必要とするもので、そうでなければ核燃料の供給するエネルギーは、石油、石炭とほぼ同じ桁のものと考えてよい。

日本の天然ウラン埋蔵量は原子燃料公社で鋭意探鉱が進められているが、現在わかっている埋蔵量は第3-9表の通りである。今後探鉱を進めても日本の地質学的特徴からみて、おそらく他の地下資源と同じようにそれ程沢山あるとは考えられない。原子力発電を今後大規模に開発していくとき、大部分のウラン精鉱は外国に依存することになろう。トリウム資源については未調査であるが同じように大きな期待はもてないであろう。このようにみると原子力において日本が核燃料資源を海外に依存しなければならないという点では石油と全く同様な立場にある。

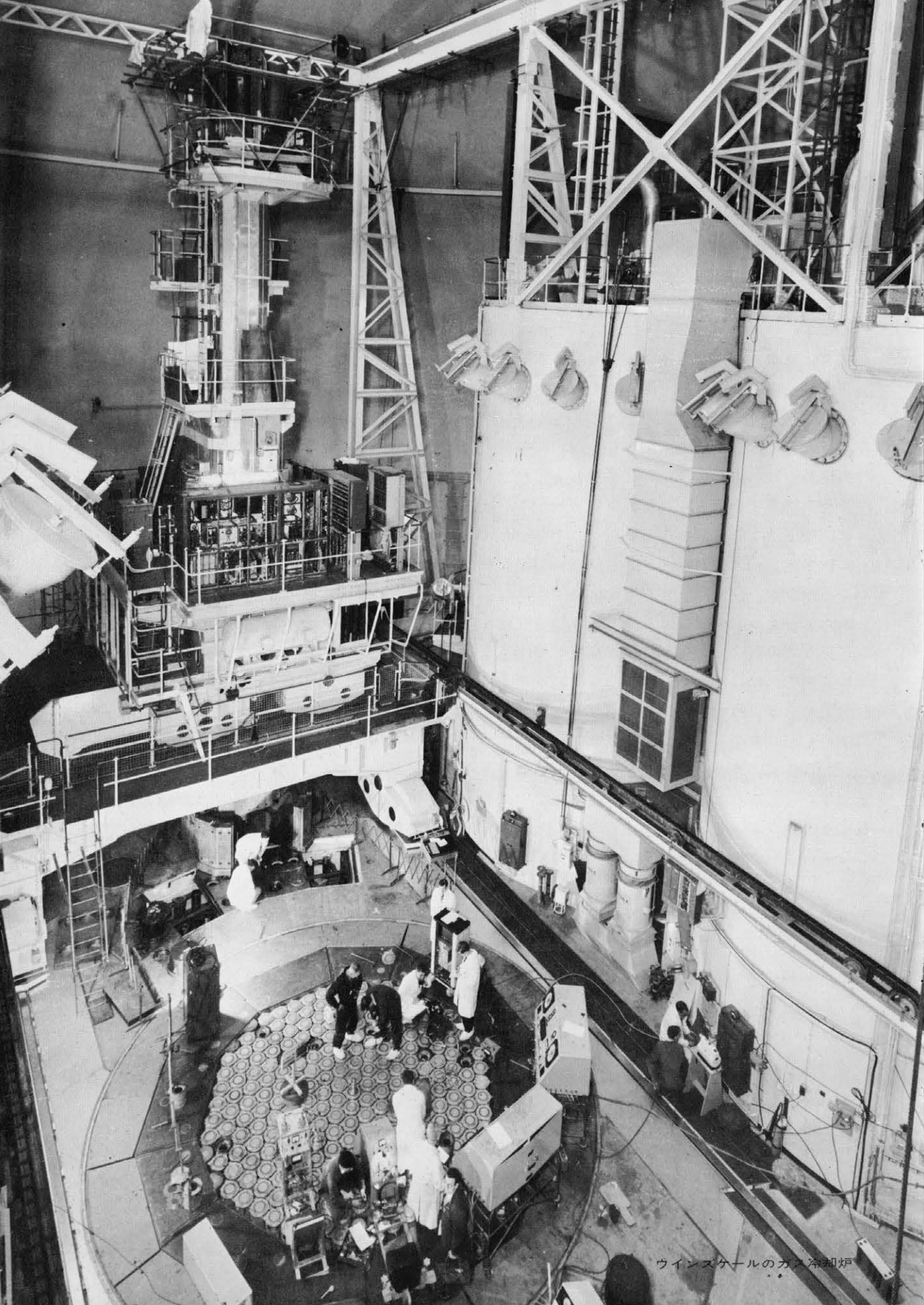
* 厳密には他の同位元素もほんの僅か含まれているが常識的には上のように考えて間違いない。

3-4 濃縮ウラン

濃縮ウランというのは濃縮工程により、天然ウラン中のウラン235の濃度（0.71%）を上げ、必要な濃縮度（軽水炉の場合は2～4%）まで上げたものである。濃縮工場では製品としての濃縮ウランと副産物の劣化ウラン（劣力U²³⁵含有率は

第3-8表 ウラン価格の発電コストに及ぼす影響

U ₃ O ₈ の価格 \$/lb	U の 価格 \$/kg	KWh 当 り に 対 す る コ ス ト			
		5,000MWD/T eff 30% (軽水炉)	10,000MWD/T eff 30% (重水炉)	50,000MWD/T eff 40% (高級熱中性子炉)	900,000MWD/T eff 40% (増殖炉)
5	13	0.36	0.18	0.027	0.0015
10	26	0.72	0.36	0.054	0.003
20	52	(1.44)	0.72	0.108	0.006
50	130		(1.8)	0.27	0.015
100	260			0.54	0.03
500	1,300			(2.7)	0.15



ウインズケールのガス冷却炉

第 3—9 表 わが国のウラン埋蔵量

区別		確 定	推 定	予 算	計
人形峠 鉱山	鉱 量 t	662,000	760,000	427,000	1,849,000
	品位 U_3O_8 %	0.062	0.064	0.042	0.053
	含有量 t	411	484	178	1,073
東郷 鉱山	鉱 量 t	94,000	105,000	810,000	1,009,000
	品位 U_3O_8 %	0.096	0.060	0.082	0.081
	含有量 t	90	63	666	819
小国 鉱山	鉱 量 t		80,000	110,000	190,000
	品位 U_3O_8 %		0.030	0.030	0.030
	含有量 t		24	33	57
計	鉱 量 t	756,000	945,000	1,347,000	3,048,000
	品位 U_3O_8 %	0.066	0.060	0.065	0.064
	含有量 t	501	871	877	1,940

(資料) 原子燃料公社資料 (註) 本表は0.01%以上のウランを含む鉱石を対象として計算されたものである。

0.253%、これがアメリカ A E C の現在の条件における最適値) が生産される。これは石炭を選炭して高品位炭と低質炭に分けるようなものである。違うところは劣化ウランは熱中性子炉ではも早燃焼させることができないが高速増殖炉ではやはり全部燃やすことが可能であることである。

アメリカの濃縮ウラン年間生産費用は第 2—7 表のように推定されており、この表からみると政府資金であるための資本費が10%と民間資本より幾分安いことと、4.1ミルという安い電力を使用していることはあるが一応経済ベースに基づいていることがわかる。またこれらの数字から2~3%濃縮ウランを使う軽水炉について計算してみると、濃縮ウランを使用するために軽水炉の資本費に加算されるべき資本負担増は濃縮工場およびこれに附属する火力建設費を加え約20\$ / KWであり、濃縮ウランを生産するための使用電力量は発生電力量の7.5~5%程度であり、燃焼度が上るとともに減少する傾向にある。したがって軽水炉が他の炉型よりこの差以上に資本費が安くなり、また軽水炉自身で4ミル程度の電力を発生できるようになれば全経済的にみても利益であるということになる。

濃縮ウランを製造するのに4ミル/KWhの電力

を使い、濃縮ウランを使用した原子炉で6ミル/KWhの電力を発生するのでは、濃縮ウランは特殊な立地条件(特に電力の安い所)で生産された「安い電力の缶詰」ということになり、それを輸入して発電することは経済的な利益を受ける代りに供給の安定性の心配をしなければならないようになり、経済性と安定性のいずれをとるかという判断は非常にむずかしくなる。しかし自ら4ミル/KWhの電力を発生することができれば必要ならば自ら造ればよいのであって、特殊な立地条件に依存するものでなくなり当面濃縮ウランを輸入するとしても、準備さえあれば日本で生産する体制をとればよいことになる。

今迄は軽水炉用の低濃縮ウランについて述べてきたが、濃縮プラントは高級熱中性子炉のスタートのための高濃縮ウランの供給源と考えることもできるし、また、ウラン—プルトニウム系で熱中性子炉から高速炉へうつるとき熱中性炉で生産されたPuを貯蔵しておいて高速炉の初期装荷燃料として使用するという考えに対し、Puも出来るだけ利用しておいて、もし高速炉のスタートに不足する場合は濃縮ウランをバッファとして利用することも考えられる。

濃縮ウランにたいしては、アメリカ政府の国有

第3-10 表 核燃料必要量

年	原子力発電量 (10 ⁶ MWh)	重水炉の場合の天然ウラン 所要量累計 (t)	軽水炉の場合の換算天然ウラン 所要量累計 (t)
1965	1	40	170
70	9	654	2,010
75	35	3,050	8,630
80	98	9,760	26,180
85	199	23,450	59,130
90	308	45,060	106,390
95	429	74,720	167,040
2000	575	114,470	247,440

(註) 軽水炉の場合、使用済燃料中の低濃縮ウランはブレンドなどの方法により再使用することとした。

であったために、その経済性および供給の安定性にたいして疑問が持たれていた。しかし1964年8月ジュネーブ会議の時期にアメリカ政府は、核燃料の民有化を決定して1973年6月30日以降は完全な民有を認め、またそれ以前の1969年1月からは委託濃縮を認めるという新しい政策を発表した。

この意図は、原子力発電の経済性の確立に伴って核燃料（特に濃縮ウラン）をも完全な経済ベースの商品としての形をとらせようとしたことである。ジュネーブ会議においても論ぜられたように、この決定によって政治的配慮からする濃縮か天然かという論議は、一応終止符を打たれて、濃縮ウラン問題は完全に経済的配慮によってのみ決定しうる状態となった。

3-5 日本における核燃料問題

3-2のような原子力発電の需要に応ずるために必要な核燃料の必要量を試算してみると第3-10表のようになる。

重水炉の場合はCANDU型の数値により、軽水炉の場合は一応BWRの例をとって計算した。これは燃焼用および初期装荷燃料の両方を含んでいる。数値のとり方で幾分の差はでるが大局的判断にはこれで十分であろう。

この計算でいくと天然ウラン所要量は燃焼度10,000MWD/Tの重水炉なら2,000年まで約11万t、燃焼度22,000MWD/T（天然ウラン換算約6,000MWD/T）の軽水炉ならその約2倍になる。この計算はいずれもPuの再使用を考慮に入っていないが、もしPuを1回同型炉の熱中性炉に再使用すれば天然ウラン換算燃焼度は重水炉では約50%、軽水炉では約20%程度増加し、天然ウラン所要量はそれぞれ約30%、15%減ることになる。世界の安いウランの確定埋蔵量は約60万tであるから、もしこの10%を日本が利用可能と考えると重水炉なら1990～1995年、軽水炉なら、1985～1990年までもつことになる。しかしこのような計算やものの考え方は今後の原子力問題を考えるときに余り意味のないものであろう。先に述べたように、われわれは今後世界の中で生きなければならないのであるし、また原子力あるいは核燃料問題はその性格からみて石油以上に世界的な視野で考えねばならないのである。幸か不幸か日本は国産核燃料資源に余り期待できそうになく、日本だけで考えても意味のないことである。

ジュネーブ会議の報告をみるとアメリカAECでは現在わかっている60万tの埋蔵量で1975～1980

年まではいけるとしている。しかしその後はどうなるであろうか。現在世界的にウランは過剰生産気味でありウラン精鉱の価格は下りつづけている。

したがって世界的には探鉱活動は余り熱心に行われているとはいえない。ウラン埋蔵量は石油、石炭と同じように調査をすれば益々増加するであろう。したがって現在の60万tを判断の基準にすることは意味のないことと思われる。

原子力発電所の耐用年数を20～30年とすると、もし1980年までしか安いウラン (U_3O_8 , 10\$/1b以下) がないとすれば、日本およびアメリカなどでこれから建設されようとしている軽水炉はその寿命の後半でウラン価格の値上りに見舞われることになり、これは燃焼度を高くできない軽水炉にとっては重大な事態となる。しかしアメリカAECもそう見ていないようであるし、そう性急にウラン資源の枯渇を考える必要もないと思われる。もし60万tという数字にこだわって考えるなら軽水炉を導入すること自体が問題で慎重な検討を要する。

前に述べたように高転換比の高級熱中性子炉が実用化されれば資源量で2桁、トン当りの発生電力量で1桁上るから、ウラン資源から経済的に利用可能な電力量は3桁増えることになり、もし増殖炉が実用化されれば6桁増えることになって、高級熱中性子炉なら半永久的、増殖炉なら殆んど永久的に発電用エネルギー源を保証されることになる。高級熱中性子炉は1970年頃その技術が実証されるようになることが相当確実と思われるし、高速炉は、1990年頃実証されるようになると予想されている。

これに対し現在問題になっている天然ウランか低濃縮ウランか、Puを再使用するかしらないかということは資源の有利用としては大体2倍程度の差である。

高級熱中性子炉や高速炉の中から今すぐでないにしても開発が進めば軽水炉に匹敵するコストに下るものが出てくる可能性は十分であり、それら技術が実証される時期と資源の可能性からの判断、およびウラン燃料の値上りは漸進的に進むものであることを考え合すと、資源の見地から特にどの

炉型でなければならないという理由はなく、経済性のすぐれたものが順次実用化されていくであろう。

ただこのような事実から確実にいえることは一つは今すぐ探鉱活動が世界的に再開されるべきであるということと、高級熱中性子炉や高速炉の研究開発を進めるべきであるということである。(またイギリスの最近の学会で海水からウランが U_3O_8 , 20\$/1bで採れるということが発表されたが、これがもし可能なら核燃料の将来の見通しに対して大きな変化を与えるので、このようなことについて調査研究する必要もあろう。)

資源は生きものである。資源を固定的に考え、誤れる国産資源論にこだわったエネルギー政策が如何に日本の石炭鉱業を誤り、意図とは逆に石炭鉱業を今日の苦境におとし入れたかを知るべきであろう。

ただし、軽水炉で開発を進めていくと、1980年頃には低濃縮ウランの所要量が増大し、もしアメリカが濃縮プラントの増設をしないならばこれをアメリカの濃縮プラントに頼ることはできないということが考えられる。この場合低濃縮ウランを日本が自らつくることを考えるべきである。

先に述べたように濃縮ウランは今日では経済ベースで考えてよい時代になっている。軽水炉の導入に当っては当然濃縮ウランの価格問題まで含めての経済性が吟味されているべきであり、その結果導入を決めたのであれば日本で濃縮ウランを製造することが当然考えられるべきである。

ウランを濃縮して使うというようなことは手間のかかることであり資源の浪費であるという見方があるが、自然がつくってくれたものが人間の利用に必ずしも最適とは限らないというより最適でない場合が多い。したがって濃縮ウランについてもすべて経済性で判断すべきであって、むしろ迂回生産によって結局コストの安い電力を発生することができるならば産業構造の近代化の道であるということになる。

このように考えると高級熱中性子炉や増殖炉が実用化されるまでに日本経済が原子力発電のためにどういう経済機構を持つべきかについては、次

の3つが考えられる。

(1) 濃縮ウラン+軽水炉→

天然ウラン+濃縮工場+軽水炉

(2) 濃縮ウラン+軽水炉+重水炉

(3) 天然ウラン+重水炉

(1)は、はじめアメリカから輸入した濃縮ウランを使って軽水炉を開発していくが、将来必要があれば自ら濃縮工場をもって濃縮ウランを自給しようとするもの。

(2)は、いわゆるカスケード論と称するもので、軽水炉の使用済燃料を再処理して回収した微濃縮燃料（濃縮度1~1.5%）を重水炉に使用して輸入した濃縮ウランを有効に利用しようとするもので、こうすれば同量の濃縮ウランから約2~3倍のエネルギーを取出しうるとするもの。

(3)は、軽水炉をやめてしまって輸入した天然ウランと重水炉で発電しようとするものである。このうち(2)、(3)のケースは短期的な資源論あるいはセキュリティ（security 低濃縮ウランの供給安定性）の面から世上多くの議論が行われているものである。日本が濃縮工場を持たないと考えると原子力政策を論ずるとき security ということが入ってくるが、濃縮工場を自ら持つことを考えれば、security という条件は考える必要がなくなる。したがって日本で濃縮工場を持つことまでも含めて考え、すべては経済性で判断してよいことになり、資源論あるいは濃縮ウランの供給の安定の問題性だけからは天然ウランあるいは微濃縮ウランを使う原子炉が必要だという論拠はでてこない。

しかしながら重水炉の価値は天然ウランが使えとか使えないということではなく、もっと本質的に高級熱中性子炉としての意義から検討されるべきである。

今まで日本が濃縮プラントを持つことはできないと一般に考えられていたがこれは誤りである。前述のようにアメリカの濃縮ウランの価格は純経済ベースといえないまでも濃縮ウランの技術自身にも相当進歩が予想されているし、日本が濃縮工場を持つことは十分可能である。また規模の点からいっても、日本が数千万kwの原子力発電設備を必要とするときには、日本経済はこれを建設維持

する力を十分持っているはずである。

もちろん濃縮工場を持つためには相当な研究開発が必要である。ウラン濃縮の技術自身も進歩の可能性をもっているし、濃縮ウランの価格も今後さらに安くならないとはいえないのであるから、燃料政策の一方法として濃縮工場を持つ可能性を検討し、必要な研究開発を行なうようにすべきであろう。

以上のように核燃料問題を考える場合、資源の量そのものより燃やし方の方が重大な要素であることがわかる。極端ないい方をすれば石油ならばマッチ1本で火をつけそのエネルギーを発生させることができるが、原子力では如何に多くのウランがあっても燃やす技術がなければそのエネルギーを利用しえない。もちろん石炭ならば選炭するとか、コークスを製造したりガス化したりして利用するし、石油ならば原油を精製してガソリン、灯油、軽油、重油などにわけてそれぞれ有効利用しているのであるが、原子力の場合はそのエネルギーを有効に利用できるかどうかはすべて技術にかかっているといつてよい。したがって日本の核燃料問題を考えるとき核燃料資源問題としてとらえるよりも核燃料技術の問題としてとらえられねばならない。この点はエネルギー問題として原子力問題を考えるときには、石油、石炭を考えたときのようにすぐ国産か輸入かと考えるような観念を払拭しなければならないことを示している。

このような広い意味で核燃料を燃やす技術というものを考えると、燃料要素の成型加工、再処理はもとより、ウラン濃縮さらには動力炉技術全般にまでもおよぶものであるが、特に燃料要素の加工あるいはそれに関連する問題については十分考えておかねばならない。

核燃料資源あるいは高級熱中性子炉や高速炉のような長期的燃料問題は別に述べることとして、もっと短期的にみると実用炉の導入に伴ってこの燃料国産化をどのような方法で行うかについて考えねばならない。例えば実用炉を導入したとき現状では当分炉および初期装荷燃料の主契約者は外国の経験あるメーカーとなることは明らかで、日本のメーカーはその下請という形式になろう。こ

れに対し日本のメーカーは取替燃料の国産化を望んでおり、その準備をととのえている。これに対し電力業界は使用する燃料が100%実証されたものでありギャランティーがついたものを要望している。日本のメーカーが実用炉のフルサイズの燃料要素を試作し高燃焼の使用実績をつくることは事実上不可能であるし、またやったとしても非常な時間と金を必要とする。したがって両者の希望の間にはギャップがあり、ほっておけば何時までたっても燃料の国産化ができないことになる。東海炉の燃料要素を10年間イギリスから購入する契約が成立したのはこのような事情を端的に示す好例といえよう。実際は日本のメーカーが技術導入と、dead copy によって燃料を製造し、外国の親メーカーがギャランティすることにより国産化が進むことが考えられる。初期においてはこのような事態も止むをえないが、いつまでもこのような事態で推移すると、炉はもちろん継続的に必要とする燃料までもほんとうの国産化はできなくなる。

殊に軽水炉を導入したときは使用済燃料を再処理して稀釈ウランとPuが回収されるが、この再処理の方法を考える必要がある。現在はPuの国家買上げだけが問題になっているが、これは濃縮ウラン（稀釈ウランを含む）ははじめから国有になっており民間会社としてはなんらの負担にならないからである。しかし国家的に見た場合はPuとほぼ同等あるいはそれ以上の価値をもっている稀釈ウランおよびPuの有効利用を考えねばならない。アメリカでは核燃料特殊核物質の民有化法案の決定とともにGE、WHなどの大メーカーは総合核燃料供給会社として立とうという傾向がある。この場合彼らは濃縮ウランなどの燃料を供給すると同時に使用済燃料をすべて引き取って、大きな世界市場の中で各種燃料の需給を調節しようとするであろう。

燃料そのものの需給とそれを再処理したり成型加工したり、あるいは、なんらかの方法で再濃縮したりすることは一応別のこととして切り離して考えるが、實際上電力会社が日本のメーカーの燃料製造技術を十分信頼しない場合は核燃料の需給について外国大メーカーの影響を受けること

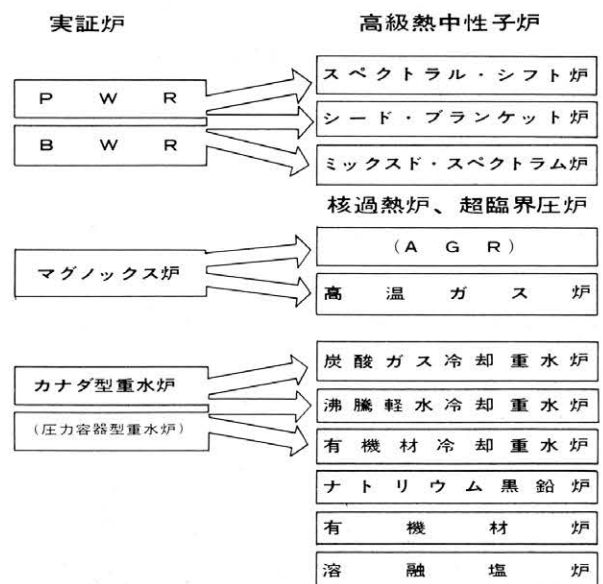
が多くなるし、使用済燃料の再使用について十分な手を打たなければ燃料国産化の技術が育つのは非常に遅れることになる。

したがって核燃料問題は単に資源の量の問題でなくむしろ、これを成型加工し、再処理、濃縮する技術に依存することがはるかに大きいので、国はこれらの技術を急速に育てるような方策をとらねばならない。

3-6 高級熱中性子炉および高速炉

以上のように安いウラン資源が新しく発見される可能性はあるし、そうなれば実証炉といわれる軽水炉やマグノックス炉が先発の強みもあって相当長期間にわたって実用炉として利用される可能性はある。しかし現在のような U_3O_8 5 \$/1 b というような安い資源がそう豊富に存在するとも思われないので、われわれはいずれもっと高いウラン資源を利用しなければならなくなるであろう。そのとき高級熱中性子炉や高速炉が効果を発揮することになる。

実証炉、高級熱中性子炉、高速炉という名称は技術的な炉の性質を示すものでなく、動力炉開発の歴史の流れのなかで技術進歩の段階をあらわすものとしてとらえねばならない。高級熱中性子炉は広く解釈すれば現在実証炉と考えられている軽水炉(PWR, BWR)、ガス炉(マグノックス炉)およびカナダ型重水炉を除いた熱中性子炉と考えてよいであろう。したがってそのなかには実証炉



の改良型から増殖炉に近いものまでいろいろの炉型が含まれている。

具体的に炉型をあげると前図のようなものがある。

これら的高级熱中性子炉は大きく分けると実証型にくらべ直接経済性の向上

(高温→high efficiency
or high power density) を

狙うものと核燃料の有効利用 (neutron economy → high burnup or thermal breeder) を狙うものと、その両方を同時に狙うものがあり、またその程度の差もいろいろとある。

最近増殖炉の名前は高速炉にうばわれているが、高級熱中性子炉の中には熱中性子増殖炉になる可能性をもっているものである。最近の高級熱中性子炉の開発テーマには Th の利用 (シード・ブランケット炉, 重水炉, 高温ガス炉) が多くとり上げられており、またそれによって増殖炉に近づくこと、あるいは増殖炉にすることを目指している。この場合かならずしも増殖炉にならなくても、それに近づけばそれ相当な意味を持ちうるものであり、まして U の約 3 倍ある Th の利用に関しては高級熱中性子炉は有用である。熱中性子炉の場合高速炉とことなり、先ず動力炉として完成し、その技術の上に着実に順次増殖炉の方へ近づいていくことができるという利点がある。

動力炉開発の基本的方向を大きく分けると、経済性の向上と資源論(核燃料の有効利用, Th 利用) および security (天然ウランか、濃縮ウランか、Pu の貯蔵と利用) がある。

実用化に結びつくのは経済性であって単なる資源論や security ではない。殊に日本のように平和利用だけを目的とし、自由経済政策をとり、かつ政府の力の弱い国では経済性以外のもので実用化に結びつけることは困難である。補助政策は長続きするものではないし、それによって経済性や安全性の劣った炉を長期にわたり援助できるものではない。このような手段は経済に歪みを起すだけで、自由経済本来の姿でない。

しかし、資源論的な考え方も経済性とかならずしも矛盾するものではない。核燃料の有効利用もそれによって燃料費の切下げを通じて結局発電コ

ストの切下げを狙っているのである。このような要素は核燃料の価格が高くなるに従って有利にきいてくるものである。安いウランを食いつぶしてウラン価格が次第に高くなる時期や程度については人によって見方に違いはあるが、本質的に原子力発電のようなものでは燃料価格の長期の見通しを必要とするもので、すこし長期的に考えれば資源論も経済性と一致するものである。つまり資源論は長期的経済性ということができよう。

先に述べたように高級熱中性子炉の中には直接高温・高熱効率あるいは高出力密度などをねらうことにより実証型を上廻る経済性の向上を狙っているものもあり(核過熱炉, AGR), 主として資源的な意味で開発されているものもあり(重水炉, シード・ブランケット炉), その両者を狙っているもの(高温ガス炉)もある。

資源的な意味で長期的な見通しの下での経済性を狙っているものは、核燃料の値上りに対しては特に有利であるが、かならずしもいたずらにその時期をまっているのではなく、技術の進歩によって(研究開発を必要とするが)現在のウラン価格(世界的に U_3O_8 約 5 \$/1b) でも実証炉より安い発電コストを実現しようとしている。

高速炉は開発に対する一段の困難さと、資源論的な利点から高級熱中性子とは別の取扱を受けている。高速炉は炉型が分類されていないが、これは開発がおくれているため炉型が未分化であるに過ぎないと思われる。以前は高速炉の冷却材としてはナトリウムだけであったが、最近では安全性などの面からヘリウムや水蒸気が考慮されており、燃料としてはメタル、オキサイド、カーバイトなどがあり、炉物理的な設計方針としてもいろいろの概念のものがでてくるようになり、これらの組合せで増殖率、建設費、発電コスト、開発の容易さなどでそれぞれ特色を発揮する炉型が生れてくるであろう。高速炉は核燃料の値上りに対しては最も有効であるが、反面建設費が高くなる可能性がある。しかし、高速炉としてもいたずらにウラン価格の値上りをまっているものでなく、現在のウラン価格でも実証炉より発電コストを安くすることを狙っている。ジュネーブ会議では 4 ミル/

KWhという数字が発表されるが、これを実証炉や、高級熱中性子炉と同じような確実性をもって信ずることはできないにしても、開発が進めば相当安くなる可能性をもっているものと考えられる。

核燃料の価格が次第に上っていくとき、実証炉の次に経済性にのりようになり実用化されてくるのは高級熱中性子炉であり、高速炉はその次であろう。これは技術進歩の段階からみてもそうである。

高級熱中性子炉のなかで中性子経済のよいもの、すなわち重水炉や高温ガス炉のようなものではThを利用することにより増殖炉にもついていくことができるし、事実これを狙った研究開発が進められている。本質的に熱中性子炉は転換比が高速炉にくらべて少なく、熱中性子動力炉は転換比0.9からやっと増殖炉になる程度と考えられる。しかし転換比0.9程度のもので天然ウランに換算して50,000MWD/T位の燃焼度をとることが可能で（これは軽水炉における天然ウラン換算燃焼度5,000~6,000MWD/Tにくらべ1桁高い数字である）。ここまでもやせば核燃料だけのKWh当り発電コストにおよぼす影響はウラン価格が260\$/kg (U_3O_8 100\$/lb)として0.54ミル/KWh130\$/kg (U_3O_8 50\$/lb)として0.27ミル/KWh(現在の軽水炉で13\$/kgのUをつかって5,000MWD/Tをもやすと、0.36ミル/KWhとなる)となり、この程度なら耐えうる価格であり、これによって利用可能な燃料の量を大巾に増すことができる。したがってかならずしも増殖炉にならなくても十分資源的、かつ経済的な効果をもたらすことになる。

徹底した考え方としてはカナダのように高速炉は当分いらぬ。したがって開発はそう急ぐことはないという考え方もある。イギリスの学会で発表されたように海水から U_3O_8 を20\$/lbで取出せるならこの考えはさらに強められる。

したがって高速炉の実用化もすべて安い資源の量と技術進歩のタイミングの問題にかかっているので単なる資源論だけでは実用化は困難である。

トリウムは天然にウラン235のような親物質をもたないため、その利用はウランの利用にくらべ遅れているが、その潜在的な資源はウランの約3

倍あるといわれており、われわれはこれを利用することにより核燃料資源を数倍に増大させることができる。また最近大型高速炉の安全性を確保するためには高速炉にトリウムを利用することが必須と考えられるようになっており、そうなれば高速炉から熱中性子増殖炉の一番良い燃料であるウラン233が自ら生産されることになる。

このような理由および高速増殖炉も大型動力炉として設計する場合には安全性確保などのためすくなくとも初期の段階では増殖率をそれ程大きくとれないと思われており、初期装荷燃料の供給問題もあり、原子力利用の将来の型はウラン—プルトニウム系の高速増殖炉とトリウム—ウラン233系の熱中性子増殖炉が車の両輪のように並存することになる。Puの利用にしたがって高速炉の開発はPu Pressureのため政策的に強調されているが、本来の資源の有効利用という観点からは、Thの利用はPuの利用以上に強調されねばならないことである。

このような見地から最近軽水炉、重水炉、高温ガス炉などの熱中性子炉でトリウムの利用が試みられているが、トリウムの有効利用と低コストを同時に満足するのは高温ガス炉が最適と考えられる。高温ガス炉は熱中性子炉中性子経済が一番よく、高温がえられ（直接発電に利用の可能性を持っている）コストが安くなる可能性をもっている。したがってまず低コストの動力炉として開発し、それから炉心構造を余り変えることなく増殖炉の方へ進むことができる。

また重水炉も長期的にはThの利用から増殖炉へ進むべきであろうが、当分はPuの生産、あるいは高速炉とのPuのdual利用でその効果を発揮するであろう。

advanced型の軽水炉は軽水炉である以上本来それほど中性子経済がよくなると思われぬが、軽水炉の豊富な経験に基づいて出発できることと軽水という使い慣れた冷却材の有利性をもっている。したがって将来長期に亘って実用化されるものがその中からあらわれるのではないかと考えられる。

このような見地から日本としてはadvanced型の軽水炉、重水炉、高温ガス炉、高速炉の研究開発

を進めるべきであろう。

3-7 エネルギーの安定供給に対する 原子力発電の貢献

一般に原子力発電がエネルギーの安定供給と低コストの両方を満たすホープであるといわれている。低コストについては先に説明した通りであるが、安定供給の方はかならずしも事情は簡単でない。核燃料がその重量のわりに膨大なエネルギーを出すことから、このような印象を漠然と受けるのであり、またそのように宣伝されているが経済計画の上からこのような漠然とした考え方では不十分である。

ウラン、トリウムの核燃料資源も日本の地質学的特徴からみれば石油などと同じようにそれほど多量に埋蔵されているとは予想されていない。日本が将来大規模に原子力発電を行なうとすれば大部分を輸入ウラン精鉱あるいはトリウム鉱に依存せざるをえないであろう。単なる国産資源的な意味では原子力が日本のエネルギーの供給安定性に貢献するとはいえない。

核燃料資料はカナダ、アメリカ、ソ連、南アフリカ、オーストラリア、インド、ブラジル、西欧などの諸国に広く分布している。石油の産出がアメリカ、ソ連を除き、中近東、ベネズエラ、サハラなど比較的政情不安定な後進国に集中しているのに反し、核燃料は先進国や比較的安定した国に広く産出することは、日本が核燃料を輸入するにしても石油より安定して輸入できるという感を持ちうる。

またエネルギー源の種類を増やすことにより、石油、核燃料をふくめて供給地域をそれだけ分散できるとか、石油輸出国（OPEC）の一方的な石油価格つり上げ傾向を押えうるとかいう効果を期待できる。したがってこういう意味では原子力の利用が安定供給に貢献するといえるし、その効果は非常に大きいと思われる。もし供給の安定性に価格までも含めて考えるのなら原子力発電が4ミル/KWhという安い電力を供給する可能性をもっていることこそ最大の安定性と考えるべきであろう。

次に発電用原子炉では炉型にもよるが、原子炉を運転するための初期装荷燃料として2～5年の

燃焼に相当する核燃料を必要とする。これは建設に当って資本負担を大きくするのでこの点からは欠点といえるが、需要あるいは供給の不安定ということに対しては有利な点となる。原子炉は炉内に初期装荷燃料および炉外に幾分の取替燃料をもっているもので、数ヵ月あるいは1年程度であればある程度の需要の増加および燃料供給の遅れに対しても殆んど支障なく運転できる。このため石炭、石油火力の場合のように季節的変動、異常湯水、地域的動乱などのようにちょっとした需給の不安定によって貯炭、貯油の不足や過剰貯炭になやまされるようなことはなくなる。つまり季節的な需給不安定には十分に適応できるのでこの意味の安定性を持っている。

もし高級熱中性子炉や高速炉の実現により普通の岩や海水中のウラン、トリウムでも経済的に利用できるようになれば、われわれは永久的にエネルギー源すくなくとも発電用エネルギー源の欠乏に悩まされることはなくなる。しかし国産資源論にとらわれて何も高い国産ウランを使うということではなく、むしろ世界的な観点からこのように考えるべきであろう。

原子力発電は以上のような意味で、エネルギーの供給安定性に対して大きな貢献をなしうるのであるが、特に認識されなければならないのは技術開発の必要性である。3.5で述べたように長期的にまた世界的に高転換比の熱中性子炉や増殖炉によって発電用エネルギー問題を半永久的に解決するのも、短期的に、また、日本の事情として燃料の成型加工などを行なって供給の安定性を確保するのもすべては技術にかかっているのである。

4 実用炉の建設方針

4-1 原子力発電の意義

前述のように、原子力発電のコストの低下にともなってその経済性に対する見通しがはっきりし、在来火力発電と競争しうる段階に到達することが明らかとなった。

このことは、すでにわが国のエネルギーの重要な基本として原子力発電を考えなくてはならないことを意味している。原子力発電をエネルギーの観点からみると、そこに在来火力と幾つかの異なる点があることに注意しなくてはならない。

まず第一の点は、原子力発電によって世界の電力コストがいよいよ平均化されることである。すなわち原子力発電においては燃料の輸送費が殆んど無視しうるので、金利等の条件は異なるにしてもコストが世界各地で余り変わらないことになる。このことは他産業の立地に対しても大きな影響をもつことになる。

原子力の場合は石油火力にくらべて外貨を節約しうるといわれているが、これは原子炉の建設、燃料の成型加工を日本でを行うことを前提にした議論でこれも技術にかかっているといてよい。もしそうでなければ石油の輸入より悪い事態になる可能性さえあるといえる。

第二の点は、原子力においては物量的な問題より技術的な水準の重要性が大きいということである。すなわち、ウランを燃やすということは原子炉がなくては不可能であり、原子炉および燃料加工などの高度の技術があってはじめて可能である。そのため、原子力においては高い技術水準がなくてはこれを有効に利用することができない。それゆえ、エネルギー政策としての原子力発電においては、石炭、石油などと異り技術的な観点が重要であって資源的な点は副次的に考えるべきである。

いいかえると、単にウラン資源を確保するとい

うことは意味が少なく、濃縮精錬、加工、炉による燃焼、再処理などの技術および全体としての体系をどのようにするかということがはるかに重要である。

4-2 基本的な考え方

実用炉の建設に当っては、まず将来における原子力発電の役割を明確に認識する必要がある。すでにしばしば述べてきたように、原子力発電のコストが在来火力と十分競争しうることはもはや疑問の余地がない。したがって近い将来において先ず新設の大容量火力はすべて原子力によってまかなわれることになり、原子力は電力供給の中心となる。

すなわち、実用炉の建設はエネルギー政策の中心であり、国の全体的な経済政策の主要な一環として考えられなくてはならない。そのため、実用炉建設の基本的な判断は経済性におかれるべきである。

特にわが国の電力企業が民営の形態をとる以上、原子力発電においても商業ベースによる経済性の追求を第一義的な判断の基礎とすべきことはいうまでもないことである。後述の燃料民有とも相俟って、経済性が原子力産業はもちろん、資源の最適配分からする全経済の健全な発展のためにも最も重要な点である。

実用炉の建設を論ずるにあたって、一部では国のセキュリティのための安定供給あるいは外貨節約的な見地からする原子力の役割を強調している。しかしそのような見地は経済政策の立案に当っては本来副次的な問題であって、かえってそのために将来のあり方に経済上の歪みをもたらすおそれがある。まず、原則的には経済の見地からする消費者の自由選択と代替エネルギーおよび各種炉型

間の自由競争原理がつかぬかなくてはならない。

この場合、そのための政府の役割と民間の活動との関係が明確にされる必要がある。実用炉の建設が経済ベースで行われることを考えると政府の役割は次の三点にある。

- (1) 建設のために必要な環境と条件の整備
- (2) 初期段階における国内産業の技術的および経済的基盤の強化
- (3) 安全保障の確立

環境と条件の整備としては、「燃料政策の確立」「安全性に対する施策」「廃棄物の処理と永久廃棄の方策」の実施がその重点である。

国内産業の技術的および経済的基盤の強化としては、経済ベースで建設される炉に関してその初期段階において初期危険負担、いわゆる“First of the kind”に対する補助を政府が行うのが適当である。これはあくまで初期の危険負担に限られるべきであって、継続的なものであってはならない。

また重要な問題としては安全保障の問題がある。国際的な安全保障のための査察制度が確立しなくては原子力発電の健全な発展はみられないといわれているが、この問題は過去に例のない問題である。政府は査察制度の原子力発電に対する影響を具体的に検討して、受動的ではなく積極的にわが国としての案の実現を計るべきである。

4-3 燃料政策

経済性および技術の確実性の優位から考えて軽水炉が相当将来にわたって実用炉の中心をなすことが考えられる。この発電原価としては第2章に詳述したように現在すでに1円50銭/KWhの数字が提示されている。しかし、他種の炉型を含めて、これらの発電原価を評価する場合に、現在最も不確定な点は燃料価格——燃料の賃貸料、プルトニウムの買上価格、再処理料金、ウラン濃縮費など——である。これはいずれも濃縮ウランに関してアメリカ政府がその価格を決定していたので、経済外的な要因で左右される可能性があると考えられていた。

しかし、昭和39年8月にアメリカ政府が核燃料の民有化を決定し昭和48年以降実施されることになったので様相は一変するにいたり、濃縮ウラン

燃料の価格も入手も完全に経済ベースになることが予想されるにいたった。その結果、天然ウランも濃縮ウランも本質的にはその価格以外には全く区別がなくなった。在来一般には、政府の燃料賃貸、プルトニウム買上、の価格の決定によって核燃料価格を安定化しそれによって増殖炉開発までの原子力発電の原価を決めていこうと考えられていた。しかし、アメリカの燃料民有化の決定は必然的にわが国においても同時期（1973年）までには、濃縮・再処理を含めての燃料の民有化の検討を迫られる状態となり、政府による価格決定は無意味となる可能性がある。

すでにアメリカのゼネラル・エレクトリック、ウエスチングハウス等は燃料所有および燃料加工から再処理までを行う総合核燃料会社（integral supplier）によって発電炉に対する燃料供給を保障しようといういわゆる“Package System”の構想を打出している。これによれば、発電会社はきわめて安定した価格で燃料を入手しうることになる。

しかし、一方当然わが国においてもこれと同様な民間ベースによる燃料総合会社の設立が考えられる。この場合は、使用済燃料の輸送距離が短縮されるので輸送費上の利点がある。将来わが国は技術的發展によって発電コストの低下をもたらすことができる。したがって、わが国の電力会社としてはこの点に関する将来の見通しを立てることが望ましい。

政府としては、将来わが国においても燃料は商業ベースに移すことを前提として、燃料政策をはっきりさせる必要がある。その重点は、濃縮および再処理技術の開発、その時期までのプルトニウムの買上におくべきである。

4-4 国内産業の基盤強化

実用炉の建設が目前に迫り、発電の中心的役割を原子力が占めることになると、これに関して国内産業の技術的および経済的基盤の強化育成が問題となる。

実用炉の中心となる軽水炉はアメリカによって開発され、その技術も商業的に確立されてきていることを考えると、わが国における実用炉の技術

も当然これとの技術協力の形をとることになる。政府の政策としても、基本的に民間ベースによる技術協力によって国内技術の確立を図るべきである。

必要ならば政府としては日本の地域的条件に原子力発電を適応させるための新しい技術、および初期の不確定要素による経済的危険負担に限定して国内産業に対する援助を行なうべきである。

この対象となるものとしては、耐震設計、日本の条件による安全設計、日本のメーカーがメインコントラクターになったはじめての原子炉および国産燃料の第1回使用等が考えられる。

4-5 安全性および永久廃棄に対する施策

住民に対する発電炉の安全の確保は政府の最も重要な役割である。

一方、原子力発電の経済評価からみれば安全に対する要求がはっきりしてはじめて正当な評価ができることになる。そのため、安全に対する要求とその経済評価が定量的に行われなくてはならない。現在はいかならずしもこの点がはっきりしていない。政府としては、次の点に重点をおくことが望まれる。

- (1) 安全審査のより能率的な運営をはかるため、原子炉規制法等関連法規の改正をはかり、なるべく早く安全基準の確立につとめるべきである。
- (2) 安全性の研究を飛躍的に強化し、国際協力のもとにこれをすすめるべきである。その際にわが国の特殊事情として地震、気象条件、人口過密等を重要な課題としておりこむべきである。
- (3) 国民に原子力の安全性を認識させるためのキャンペーンを学界、民間との協力により進める。

原子炉の安全と同時に原子力にもなう重要な問題として放射性廃棄物の処理がある。放射性廃棄物の量は種々の条件によって異なるが、ある試算によれば、約100万KWhの発電量になったときの放射性廃棄物の量は約80万キュリーと推定されている。この量は当初はそれほど大きい量ではないのでこれを貯蔵する等の方法によって処理し得るが、将来、原子力発電量が増大するに伴ない、当然、永久廃棄の方法を考えなければならない。この場合わが国は当然海洋に対する廃棄を考える

ことになる。

永久廃棄の場合には放射性物質の放射能が減衰してしまうまで拡散しないようにこれを固体状態で固定すること(たとえ拡散しても影響の少ない地理的環境に廃棄する必要がある)と、そのため、永久廃棄の処理方法の研究と廃棄のための大規模な地勢、海洋調査を行うことに重点がおかるべきである。

この点に関しても国際的な協力が必要となる。

4-6 安全保障

実用炉の建設に関しても最も大きな国際的問題は、プルトニウムの生産による原爆製造に関する安全保障(Safe guard)と査察である。

原子力発電にともなう必然的な副産物としてプルトニウムが生産され、これによって原子爆弾が容易に作られることは原子力発電における重要な問題を提起している。このため、国際的な協力によって原子炉の査察を行ない、プルトニウムの軍事利用に対する安全保障を行うことが進められている。この安全保障なくしては健全な原子力発電の発展は望めないと考えられている。

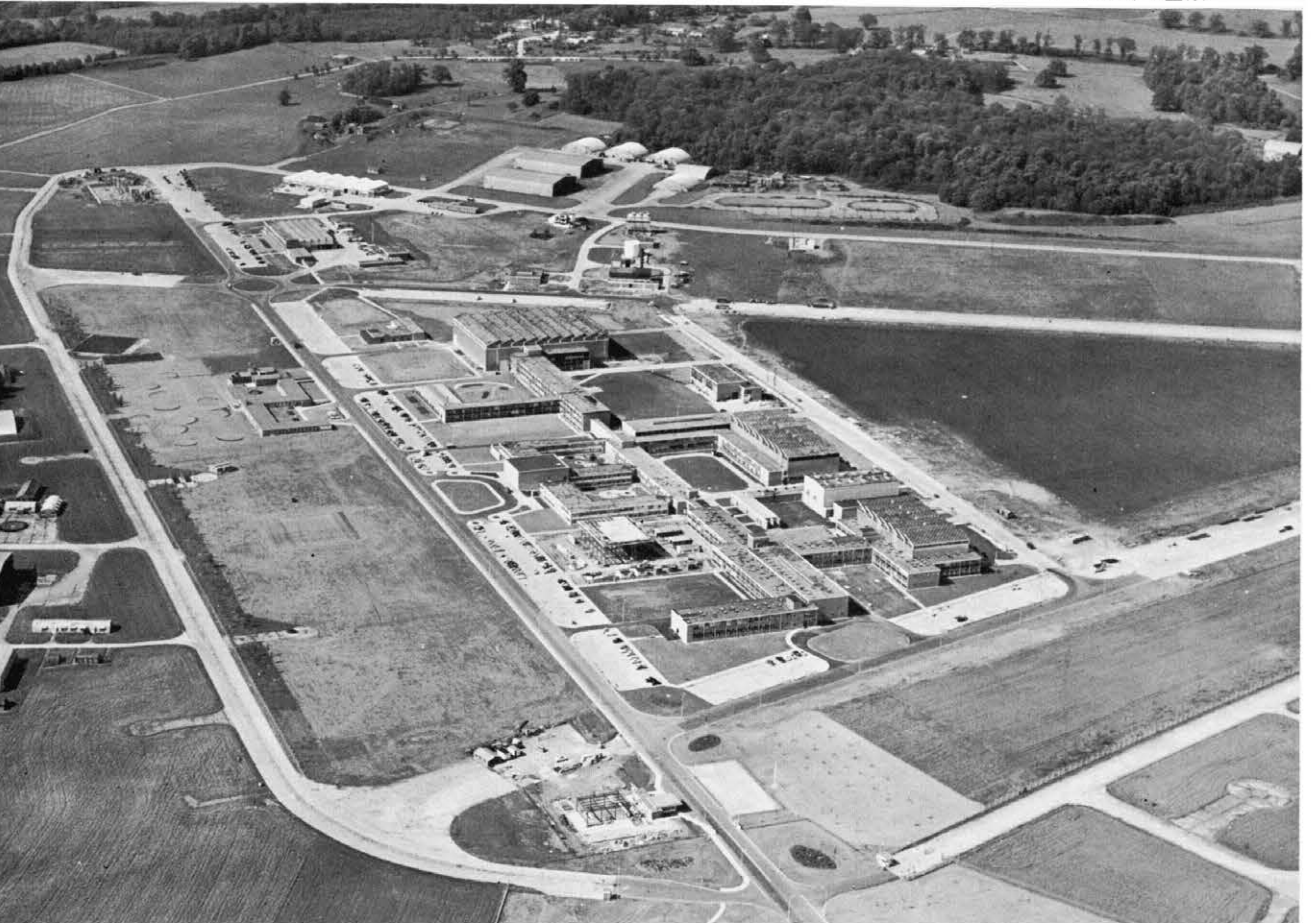
わが国は国際原子力機関による査察を世界で第一に受入れた国として、この方向に対して積極的に協力する態度をとっているが、これは単に国際機関中心主義という外交方針にもとづくもので、現在の査察方式には全く受身でその経済的および国際的影響についての十分な検討が行なわれていない。またエネルギー政策の立案に当たってもこの問題についての配慮は全く見られないといつてよい。

実用炉の建設を進めるに当たっては、同時に国際査察の具体的な姿を今から考える必要がある。一方では国のセキュリティのために原子力が必要であるとする論があるが、国際査察を考えるならば、原子力の場合には国際協力が前提であって単に一国のセキュリティという考えは、その前には影がうすくならざるをえない。

わが国としては、むしろ技術的、経済的に原子力発電に対してマイナスを与えない査察方式を積極的に検討し、他国に対してもこれが受け入れられるように積極的な政策をとるべきである。

5 動力炉開発方針

カルハム研究所の全景



5-1 原子力開発の意義

各国の原子力開発を見ると、いずれも国として強力な方針が打出されている。米、ソ、英、仏の原子力先進諸国では原子力開発は軍事利用をもってはじまっているのでいうまでもないことであるが、西ドイツなどの平和利用だけを目的としている国においても国としての政策がきわめてはっきりしている。

すなわち経済的な原子力発電を目的としている場合にしても

(1) 国内的には原子力開発プロジェクトを中心とする国としての科学技術開発体制の確立と、これを通じて科学技術政策の推進を計っている。

(2) 対外的には国際原子力機関および双務協定を通じて後進国に対する技術援助と、先進国同士の技術協力を進めている。この点においては各国は原子力を国際外交におけるきわめて有効な手段として積極的に利用している。

(3) 原子力発電は将来の発電の主力を占めると考えられているが、この動力炉を開発して、動力炉の輸出を貿易における重要な手段とし、同時に国際地位の優位を保とうとしている。

これに反してわが国では今日まで原子力政策は明らかでなく、特に動力炉の開発方針については無いに等しいといっても過言ではない。

この結果、国内的には当初原子力開発に夢と情

熱をもって、これに参加した人びとも目標と情熱を失い、またメーカーは困難におちいつている。

一方国際的には諸外国からの期待にもかかわらず、日本が常に消極的な態度をつづけてきたため外国の軽視を買っている。これは第3回ジュネーブ会議に出席した日本代表のすべてが感じさせられたことである。

この原因は、本質的には日本が原子力のような組織的かつ大規模な開発を行った経験を持たないことであろう。日本はテレビ、カメラなど、小物の製造では世界の一流国として認められているが重電機などの大型プラントの製造では未だアメリカや西欧諸国とくらべ相当なひらきがあることは否めないところである。

この根本的理由は日本産業が技術導入という方向で先進国のあとを追って発展してきたことにある。

この方法は急速に、しかも経済的に産業を伸すために決して悪い方法ではないが、これでは世界をリードすることはできないのである。小物の研究開発には予算的にもすくなくいいし、動員する技術者の数もすくなく専門分野も狭く、小規模な開発体制でよい。日本でも最近研究開発の重要性が強調せられ、小規模な開発には成果をおさめるようになってきた。このようなことがテレビ、カメラなどでは世界を制覇するようになりえた一つの理由であろう。これに対し大型プラントの研究開発には多額の資金と多岐に亘る専門分野の多くの技術者の協力、これを動かす能率的な組織の運営を必要とする。

日本は未だこのような大規模な研究開発の経験がなく、大学、メーカーにおいてもこれに適するような人材を養成することが余り考えられていない。ましてこれを運営する能力のある人は非常にすくない。

このような大規模開発にあたるものとしては軍艦の開発があげられよう。軍事利用のためにはいやでも自力でやらなければならないが、また、多額の金が投入されやすい事情にある。かつて軍艦の建造のため開発された技術が今日日本の造船を世界一にしていると考えてよいであろう。

これに反し、重電機では一応世界一流と称しながらも、大容量機の1号機はかならずアメリカのものを輸入し、2号機からは真似をして作るということは技術に対する真の自信がないといわれても仕方がないであろう。これはやはり自ら開発したものでないからであろう。

しかし、何も軍事利用をやれというわけではない。

以上のようなことから科学技術一般について、あるいは原子力について軍事利用をしなければ研究開発は行われぬという論があるが、原子力の軍事利用（つまり原爆）のためには桁違いの金を必要とし、日本経済にとって有利なことではない。問題は研究開発ということの本質を考えて、もっと効果的に金を出すことで、それでも軍事利用よりは遙かにすくない金で十分な効果をあげることができよう。

原子力の開発にはやり方にもよるが熱中性子炉の開発に150～200億円、高速炉の開発には約1,000億円を必要とし、人の面でも1つのプロジェクトに、物理、化学、金属、機械、電機など技術のあらゆる専門分野の人を100～300人直接に必要とする。このような開発は困難なことであるが、そのような試みを行わなければ原子力発電でも、現在の重電機の場合と同じ事態をつづけることになる。

原子力は約10年後にはエネルギー政策にも重大な影響を与えると思われる、また世界的にみても日本が一流国の地位を保つためには原子力の開発ならびに人材の養成に今日適切な方策を講じておくことは国の急務である。原子力でこのような大規模開発を試みて新しいタイプの総合技術者の育成をはかり、開発体制の運営になれることは、単に原子力のみでなく、今後起るべき新しい技術開発のためにも有用で、これは日本が真の意味で一流工業国となるゆえんである。

日本の原子力開発が混迷をつづけているのはこのような原子力開発の目的、方法について十分認識しないで、単にバスに乗り遅れないというような感じで、安易な態度で開発に乗り出したことであろう。特に根本的原因は第1に最高政策を決定

すべき責任者である原子力委員会の委員が国際的規模における原子力開発の意義を理解せず、また技術的にも原子力の本質を十分に把握しないため国の政策を決定する能力がなく、場当りの態度をとっているためである。

原子力の分野においては昭和31年日本で原子力研究が開始されたとき、上は原子力委員や原研理事から原研やメーカーの大学新卒の研究員に至るまで、それぞれの専門分野の経歴の差はあっても原子力については同じスタートをし、外国の跡を学び始めたといつてよい。その後8年間たった現在では、原子力について最も技術的に充実した実力のあるのは中堅技術者（30～40歳代）であり、彼らは炉の建設の経験を持ち、また、海外留学や研究開発を自ら行なって相当の実績を持っている。

しかし原子力委員などの政策決定の責にある人々はこの間の原子力の進展についていくことができず、中堅科学技術者との間に技術的判断の上で大きな断層ができつつあるといえる。

原子力におけるこのような低迷状態を今日脱しなければ、原子力研究所などに投ぜられた約500億円の国家資金と、600億円を超えると推定される民間投資をしてきた努力、および多くの有為の人材を失うことになる。

5-2 国際協力

動力炉の開発は現在では国際協力の下に行われるようになってきている。原子力の開発は原爆の製造からはじまっているため動力炉の開発も初期においては秘密のベールの中で行われていたが、第1回ジュネーブ会議以後、平和利用ことに動力炉の開発は国際協力の下に行われるようになった。国際協力の具体的な方法については次章で述べるが国際協力という新しい考え方、方法は原子力の開発を行う場合どうしても考慮に入れなければならないので簡単に触れることにする。

動力炉の開発にはもし基礎研究から実験炉の建設まで一貫して独自に開発しようとするると熱中性子炉で150～200億円を必要とし、また多方面の専門技術者200～300人を数年間動員しなければならぬ。まして高速炉ならば1000億円近い金を必要とする。このような大規模開発は1国では負担が

大き過ぎ、国際協力によって開発効果を挙げようとしているのである。アメリカはその経済力にまかせてほとんどすべての炉型の開発を手がけてきたが、結局アメリカの国力を以ってしても全炉型をやることには困難を感じ国際協力を行なっているのである。

国際協力の基本的要因は以上のように開発資金や人員の有効利用というところにあると考えられるが、今日ではそれのみでなくもっと別の要素が加わっている感がある。

それは後進国に対する援助や先進国同士の協力などを通じて世界の平和や経済水準の向上などを狙っているものであり、原子力開発がいろいろな意味で世界政治の道具に使われているのである。これはライセンス・アグリーメントのように金での技術導入とも異なり、五分五分でなくても対等の立場で **give and take** の原則に立っているのである。

日本でも国産動力炉計画なるものが考えられているが、これがもし戦争中の純国産機のようなセンスのものであるなら、今日ではナンセンスである。

研究開発とは、本来技術導入と異なり、確実な実用化を前提として着手されるものではない。それ故、研究開発の最初の段階からすべての材料、コンポーネントの国産などを考える必要はない。

日本の工業力を背景にして考えれば全面的な国産化は実用化の見込がついたときはじめても遅くない。はじめから純国産というようなことを考えるのはインフェリオリティ・コンプレクスにとらわれているのではなかろうか。

日本が今から動力炉の開発に乗り出しても、すでに原子力先進諸国と10年程度のひらきがあること、予想される開発資金の量などから考えても、むしろ日本が国際協力という世界的ムードを有効に利用することこそ、早く先進諸国に追いつく道であろう。

日本が極東に位置しているための地理的不利、言語の不便などが国際協力を困難にしていることは事実であるが、いつまでもこれにこだわって、国産という古い思想にとらわれているならば、世

界の進歩に遅れるばかりであろう。

5-3 開発対象炉型の選定

開発する炉型の選定に当って、一番むずかしいのは実用化と開発との関係である。原子炉の開発が大規模なプロジェクト研究である以上、基礎研究のように実用化と全くはなれ学問的興味を中心とすることは許されない。

しかしながら逆に実用化の可能性を余り重くみると開発に着手できなくなる。

単なる資源論やセキュリティ論だけでは実用化はされない。殊に日本のように原子力平和利用だけを目的とし、自由経済政策をとっている国では経済性以外のもので実用化に結びつけることは困難である。補助政策などは長続きするものでないし、それによって経済性の劣った炉を長期に亘り援助できるものでもない。このような手段は経済に歪みを起すだけで、自由経済本来の姿でない。

実用化されるためには経済性に優れていることが必要であるが、動力炉のある炉型式の開発には着手からほんとうの実用化まで15~20年を要する。これは今日実証炉(Proven type)と称せられるものの開発の歴史を見れば明らかである。今後開発されるべき高級熱中性子炉や高速炉は実証炉の技術の上に立っていくものであるから幾分実用化の期間を短縮できるかも知れないが、やはりこの程度の時間を必要としよう。一方発電コストの一応の予想をつけるためには原型炉程度の規模のものを建設あるいは運転するところまでいかねばならない。この際原型炉の容量としては実用炉の大型化とともに益々大きなものが要請されるようになり、今後はイギリスのSGHWRやカナダのCANDUのように100~200MWのものが必要となり、これ自体に巨額の金を必要とするようになる。したがって開発対象炉型の選定に当って、経験のある人には技術的可能性からある程度の判断はできるが、あまり厳格にコストの問題をとり上げると議論に時間をつぶすだけになる。

逆に外国で原型炉程度のものが建設されて一応のコスト予想のつくようになったものでは研究開発としては出遅れとなる。現在多くの炉型が諸外国で開発されているが、結果の予想がつくような

ら皆同じものを行っているはずである。

開発という以上、ある程度リスクは覚悟しなければならぬのであって、当り籤しか引かないということでは思い切って研究開発に着手できない。

以上は一般論であるが、具体的に考えると、実証炉のうち軽水炉の改良はアメリカにおいてすでにジェネラル・エレクトリック社、やウェスティング・ハウス社などの民間メーカーに主導権がうつっており、また、これらの技術のうえにadvanced軽水炉(核過熱炉、シード・ブランケット炉、スペクトラルシフト炉)の開発が進められている。マグノックス炉(フランス、イギリス)重水炉(カナダ)の場合では政府と民間メーカーとの関係や開発の程度に幾分の差があるので、改良についてはまだ政府の力が相当強い。高級熱中性子炉は、1970~75年頃には実証される段階にあり、その改良型はまだまだ考えられるにしても今日有望と思われる炉型式の基本概念はすでに西欧、アメリカなどで開発中である。高速炉は今日では炉型が1本で高速炉といわれているが、冷却材や燃料の種類を選定、炉の設計の基本概念など今後いろいろのものがでてくる可能性をもっている。

国産動力炉計画における原子力委員会の考え方のように実用化される炉型で日本の独創力を大いに発揮できるようなものをえらぶということは今日の動力炉の世界では余り可能性のないものであろう。一見筋を通す議論のために時間を空費するのが日本人の悪い癖である。簡単に思いつかれるような改良あるいは進歩で、世界で余り研究開発されていないというものは、よく検討してみると、材料の問題、コンポーネントの製造などでどこかに非常に困難なことをかかえており、開発の見通し、あるいは実用化の見通しはつかないものが多い。

一面、現在では商業用発電炉の開発は相当すすみ、すくなくとも熱中性子炉の範囲では見通しがつくようになってきている。将来生き残ると思われる炉型がしばられてきているのは事実で、advanced軽水炉、advanced重水炉、高温ガス炉、高速炉の中で幾つかが生き残ることになる。

この4炉型は技術の開発段階もちがい燃料形態にもちがいがあるという中でどれが将来とも最もすぐれているかというような議論を同日に論ずるのは余り意味のないことであり、日本としては開発資金の量、人材、国際協力の条件、原研などの既存施設の活用などを考え合せ、国際協力の下にできるだけ資金の節約をはかると同時に、世界の開発のタイミングに遅れないようにしながら以上の4炉型の開発を行うべきであろう。

これら4炉型の中でも、どういふものを日本が開発するかはやはり世界の中で考えねばならない。

西ドイツは国の方針としてカードの数はすくなくなったからすべてのカードを引いて置く。ただし国際協力の下にできるだけカードを安く引くと考えて核過熱炉、ペップルベッド型高温ガス炉、重水減速炉、高速炉の開発にすでに着手しており、これは合理的態度であると思われる。以って範とすべきであろう。

5-4 開発体制

原子力開発のためには動力炉の開発以外に再処理、廃棄物処理、ウラン濃縮などの開発が必要である。また動力炉の開発のためには直接動力炉の開発以外に炉心熱除去、安全性、材料、燃料、コンポーネントの研究開発など基礎および応用の研究を必要とする。

原子力発電が将来の発電エネルギーの基本となり、その技術開発の進展いかんは国民経済に重大な影響をもつことは確実である。この観点から各国とも原子力開発には多額の国費を投入している。

わが国も今後10年間に少なくとも西独なみの、5000億円程度の国家の研究開発費を投入する必要がある。

研究開発に関しては、将来に対する長期的に明確な目標をたて、(イ) 開発プロジェクト、(ロ) 基礎および応用研究をわけて推進すべきである。

しかも開発は国際協力の形でわが国がその一部を分担するというのではなくては、はげしい国際競争に耐え得ないであろう。

今後の動力炉開発としては実証炉の改良もあるが、プロジェクトとして研究開発を進めるべきものは高級熱中性子炉と高速炉が考えられ、最終目

標は増殖炉開発である。このためには、動力炉開発プロジェクトの遂行を主目的とする開発機構を原子力研究所とは別に新たに設立すべきであろう。この場合、この成果が円滑に民間産業での実用化に移り得るよう国家資金と民間資金との共同によって強力に開発を推進する必要がある。

動力炉開発機構は開発プロジェクトを総括・推進することを目的とするものであって、プロジェクトの内容となる個々の研究は原子力研究所や民間会社等との共同研究ないし委託研究などの形で行なわれることになるであろう。

この開発機構による動力炉開発費は、今後10年間に2,000億円、動力炉の開発に直接たずさわる人員は1,000人程度は必要である。

とくに、増殖炉の開発は、多額の費用と相当の期間を要し、先進諸国ではすでにならかなり研究が進められている。したがって、わが国の場合はまず十分な準備期間を置いて必要な研究調査を行なって、総合的な開発計画を立案する必要がある。

実際の開発はその後、それにもとづいて、国際協力と強力な研究分担組織の下に進められなくてはならない。

日本人は大規模な開発に慣れないため余りにも安易にプロジェクトを作ったり、変更したりするが、これでは大きな組織を運営し、成果をおさめることはできない。

次に国際協力も必要であるが、国内協力についても一考を要する。外国の例をみても政府研究所(AECやAEAの研究など)とメーカー、大学が緊密な連絡をとって開発を行なっているが、日本では原子力開発をはじめた時の歴史的な事情やその後の原子力委員会の無方針のためこの点が十分でない。

原研や燃料公社と、メーカーおよび大学がその機能に応じて開発を分担することが必要である。

6 国際協力

6-1 国際協力の動向

原子力開発においては、その当初から国際協力が大きな役割りを果たしてきた。すなわち第1回ジュネーブ会議、あるいはその後の国際原子力機関の設立による協力等である。これは原子力が原爆と結びついているために、高度の政治的利害を含んでいるからである。しかし一方、この開発が多額の資金とマンパワーおよび平均した高度な水準の技術が要求されるために、一国では十分な開発が行えないという実際的な理由にもよる。

そのため、当初は幾分政治的配慮によって発足した国際協力が、最近明確な目的をもつ実際的な協力の形となってきている。特に注意すべきことは、以前はユーラトム、ENE Aのように多国間のグループが共同プロジェクトを持つという形であったが、最近はむしろ共通の目的を持つ二国間の具体的プロジェクトによる協力の方向に進んでいるということである。わが国においては、地理的および技術的理由から、このような積極的な国際協力は行われていなかった。国際的な関係は、単に外国の設備技術を買うという状態にあった。その結果、欧米諸国間の技術的協力が進むにつれて、われわれのみがその協力体制の外にとり残されるという状態になってきている。

わが国の原子力開発にあたっては、先ず技術的国際協力を前提として進めるべきである。

6-2 諸外国での国際協力

現在各国で行われている国際協力の形をみると、次の様である。

○ 多国間協力

同一地域に存在する国家間でマンパワー、資金のプールを行い、各国の資源的、技術的特徴を生かして動力炉およびその関連計画の推進を行ない一国では不可能なことを地域的に解決しようとしている。

たとえばEEC加盟の六カ国が原子力の分野で設立した共同体ユーラトム（EURATOM）があり、イスプラ研究所で重水減速有機材冷却炉（ORGEL）の開発を行なっている。

またOECDの原子力分野での共同体としてはENE Aがあり、ノールウェーHaldenのBWR炉の運転、高温ガス冷却炉（Dragonプロジェクト）の開発建設を行なっている。また、ENE Aの下部組織として共同の再処理を目的としたEUROCHEMICがあり、ベルギーのモルに再処理施設の建設を行なっている。

上記のようにEURATOM、ENE Aともに技術的水準の高くしかも平均した国々間での協力を基礎としているが、みのがしてならないのは原子力の分野で協力が行なわれ、共同体の設立にいたる前に、すでに別の経済分野で協力母体がECS C、OECDのように存在していたという歴史的背景である。すなわち、原子力の分野での共同体は全く新しく成立したわけではなく、それ以前に存在した協力母体を原子力の分野に延長したものである。

○ 国際的共同体と特定国家間の協力

前述したEURATOM、ENE Aのような国際的共同体に、ある特定国家が協力を行なう例としてEURATOM——アメリカ間の協力があげられる。その目的とするところは国際的共同体（この場合はEURATOM）が直面する資金面をらくにし国際共同体による炉の開発建設を推進すると同時にそこでえられた結果、経験を融資した国（即ちアメリカ）の炉の開発に役立たせ、相互に利益をうけようとすることであり、お互いの利益の一致が重要な点となる。

現在のところアメリカ——EURATOM間の協定により、(1)発電炉建設に対する融資と、(2)発電炉の開発研究に対する融資の二つが決定し、炉の建設関係ではフランス——ベルギーの協同によるSENA計画、SENの燃料、KBRに対する融資が決定し、また開発研究関係ではモンテカティニー、フィアット、シーメンス、クルップ等が融資をうけ炉の開発に関する研究を行なっている。

○ 特定の二国間同士の協力

お互いに共通の目的をもち、両国間の一般的技术水準がそう異ならない場合は、それぞれ得意の技術を国際協力によりくみ合せ協力プロジェクトをつくるのが可能である。

この例としてはイギリスとベルギーの間で計画中の原子力船VULCAINの建設があげられ、これはイギリスの造船技術とベルギーのモルのBR-3によるPWRの開発とその船舶用炉への転用の技術をくみ合わせたものである。

また西ドイツのアメリカ高速増殖炉計画に対する参加は、最近の特筆すべき例である。これは、カールスルーエ研究所が同研究所における高速炉プロジェクトを中止して、アメリカGEとSAEAによるSEFOR計画の高速炉実験プロジェクトに、炉建設資金の約半分500万ドル（18億円）をうけ持ち、人員を提供して参加するものである。これに対してアメリカAECは、研究開発の費用を出すことになっている。

6-3 日本の現状と問題

動力炉の建設開発をふくめて日本の原子力計画をながめると、真の意味での国際協力というものは現在まで存在しなかったといっても過言ではない。動力炉の建設はすべてイギリス、アメリカで開発された型の炉を購入したものであり、日本のメーカーは技術導入によりその建設の一環をになっているにすぎない。

一、二の狭い分野でウラン燃料体の開発研究など日・米の共同プロジェクトが存在するが、これは共同プロジェクトというよりはお互いにえられた結果の公開討論という程度である。

このような日本の現状は主としてその社会的環境と日本のおかれた地理的位置によることに起因している。

技術後進国より構成されているアジアに位置してヨーロッパ、アメリカなどの技術先進国より遠くはなれていることは技術先進国との協力を困難にしている。しかしながら、具体的な目的がはっきりして、明確な技術的あるいは資金的必要性があれば、これらの条件を克服して国際協力を進めることは、それほど困難ではないはずである。

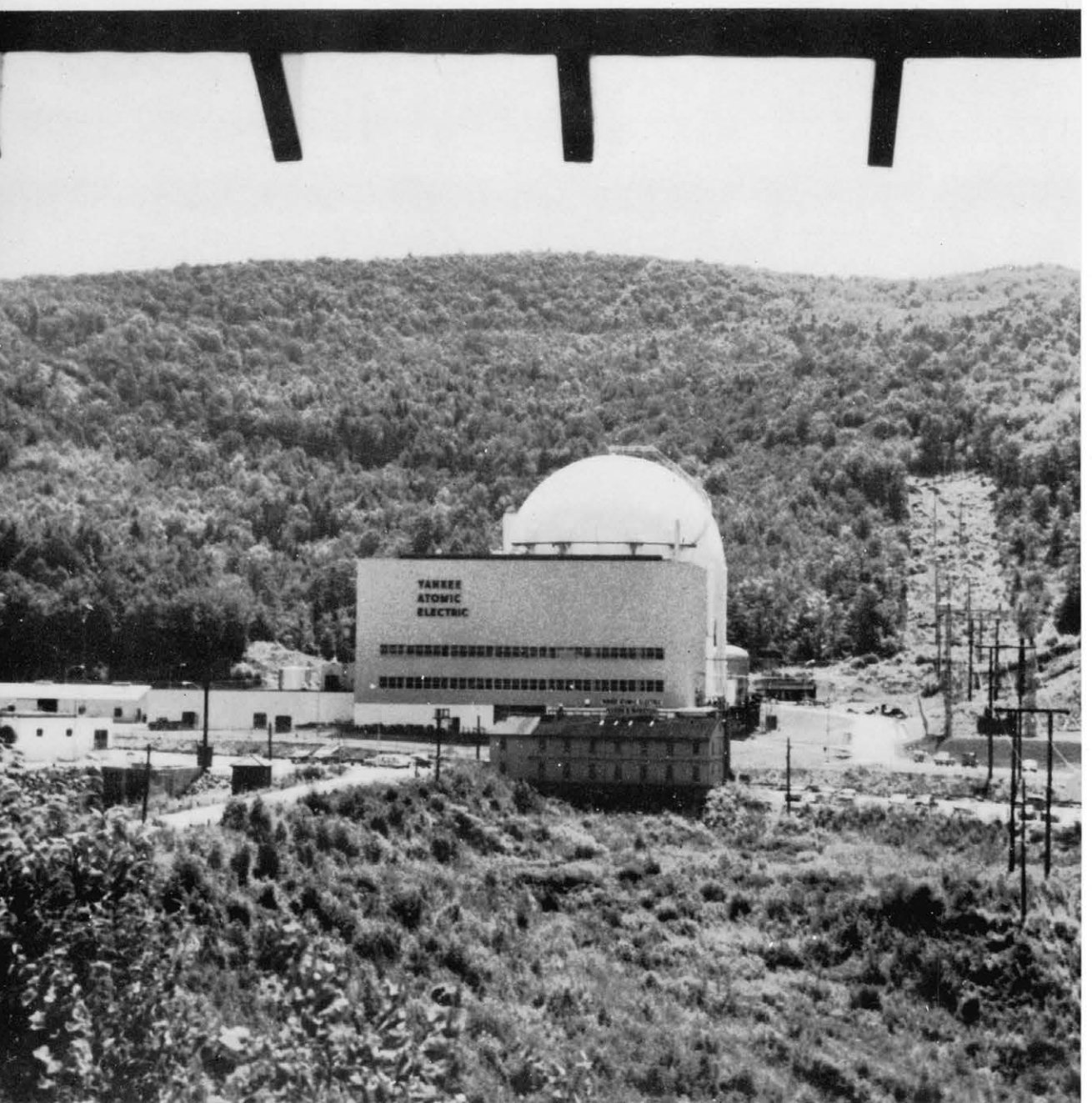
わが国の技術的および工業的水準に対する評価は先進諸国の中でも極めて高く、一応アメリカ、ソ連、イギリス、フランスの原子力先発グループを除いたヨーロッパ先進国と同等に評価されている。特に近年のわが国の発展やOECD加盟など

に影響されて、フランスをはじめ欧米諸国と日本との具体的な協力計画を持ちうる可能性が大きい。国際協力を必要とする問題は数多く存在するが、一番重要なことはまず日本に具体的なプロジェクトがあり、それに対して双方の利害が一致する相手国を見出すことである。ただこの場合、わが国としての研究をうけ持つ主体がはっきりしていなければならない。いいかえると、わが国における原子力の開発研究をうけ持つ機関が、相手国と共同プロジェクトを具体的に検討し、その一部分を分担するという形になるので、その体制が確立されていなくてはならない。また技術協力においては相手国の技術を導入する代りに、わが国の技術を対等な立場で提供する双務的な協力が必要である。そのためには、

1. 研究分担金の支出
 2. 研究チームの長期海外派遣
 3. 外国研究者のわが国プロジェクトへの受入れ
 4. 特許、その他の成果の分配
- 等の具体的な取り決めを行うべきである。

付 録

最初に国際査察を受けたヤンキー原子力発電所



付録 1 発電用炉型式

現在実証炉(proven type)と一般に認められているのはアメリカで開発されてきた軽水炉(加圧水炉, PWRと沸騰水炉, BWR)とイギリスおよびフランスで開発されてきたマグノックス炉(黒鉛減速炭酸ガス冷却, マグノックス被覆)である。カナダで開発されてきた重水炉(重水減速加圧重水冷却炉)も実証炉と認められつつある。高級熱中性子炉(advanced thermal reactor)で今後実用化される見込の多いものとしては軽水炉のadvanced型である核過熱炉やシード・ブランケット炉やスペクトラルシフト炉など, ガス冷却としてはマグノックス炉のadvanced型であるAGR(advanced gas-cooled reactor)および高温ガス炉(high temperature gas-cooled reactor)と, カナダ型重

水炉のadvanced型といえる重水減速で冷却機に沸騰軽水, 炭酸ガスおよび有機材を使用した炉型がある。以上のような熱中性子炉の他に長期目標として高速増殖炉がある。原子力の初期には減速材と冷却材の組合せで多くの炉型が考えられ, 開発されたが, 船舶用や宇宙用などの特殊用途を除いた大型陸上発電用の炉型としては, 現在, 以上の4系統にしばられてしまった感がある。将来生き残るのはこれらの中からであるであろう。

1-1 軽水炉およびそのadvanced型

軽水炉の燃料は低濃縮ウランであり, 原子力開発の初期には低濃縮ウランを持っていたのはアメリカだけであったから, アメリカAECによって

キャッペンハウストの濃縮工場



開発されてきた。その後は主として加圧水炉はW. H社で、沸騰水炉は G. E社によって開発完成されてきたものである。低濃縮ウラン以外には人類が最も使いなれた材料（初期には水とステンレス、ジルカロイはその後開発されたものである）を使用しているのが最大の特徴である。

軽水炉は軽水（普通の水のこと、重水に対し軽水とよんでいる）で減速および冷却を行なうもので、人類は大容量機器としては水の取扱いに一番なれており、この点が軽水炉となるための最も有利な点である。ただし軽水は比較的中性子の吸収が多いため2～4%程度の低濃縮ウランを使わざるをえず、天然ウランではこの型の原子炉を動かすことは不可能である。燃料要素は二酸化ウラン(UO₂)をステンレス鋼あるいはジルカロイで被覆した燃料棒を数十本アセンブリしたものである。炉心はわかりやすくいえば燃料要素を水の中にどぶ漬したもので、炉心構造は原子炉の中で最も簡単なものの一つである。ジルカロイは原子炉用に開発された新しい材料であるが、アメリカなどの努力により今日では300℃程度の水冷却用には信頼して使用できるところまで開発されてきた。大型発電所では将来ジルカロイが使用されることになろう。水の大きな熱輸送能力により出力密度を大きくすることができ（現在35(B)～60(P)MWt/m³ 将来50～90MWt/m³）、大容量発電所を建設するのに便利であり、また建設費を下げるができる。軽水炉の建設費は現在考えられるあらゆる原子炉の中で将来とも最も低いものの一つであろう。

沸騰軽水型は炉心で沸騰を起させ飽和蒸気を直接タービンに使用することができるので熱交換器をはぶくことができる。加圧水型は炉心の冷却を加圧水（100～150気圧、260°～290℃）で行なうので蒸気発生器を必要とするが、出力密度を上げることができるなどの利点がある。軽水炉の改良にはいろいろのものがあるが、高出力密度にして大容量化による資本費の切下げと高燃焼度による燃料費の切下げおよび機器の規格化にしばられているとよい。

軽水炉は水の性質と現在ではジルカロイが約300℃以上の水に耐え得ないので、300℃以上の蒸気

をうることができない。したがって蒸気条件が悪く熱効率も大型にしても30%止まりとみられ、今日の新鋭火力のタービンを使用することができない。これを改善するためには、BWRでは発生した蒸気を炉心内で更に過熱し過熱蒸気をうる（核過熱）とか、PWRの場合は沸騰させることはできないので一挙に超臨界圧まで上昇させることなどが計画され開発されつつある。超臨界圧軽水炉は軽水炉の最終炉型ともいえるであろう。このような進歩のための最大の問題は、これに耐える優秀な燃料被覆材をうることである。しかし原子炉では水の中に水の分解による酸素が含まれるため、腐蝕が大きく新鋭火力蒸気の温度圧力条件で長時間の使用に耐え、かつ中性子吸収のすくない被覆材をうることは相当困難な仕事のようにみえる。

軽水炉のadvanced型としてはこのように蒸気条件を改善し、熱効率を上昇させる方向と今一つの方向がある。この方向にはスペクトラルシフト炉(Spectral Shift Controlled Reactor, SSCR)や(Moderator Shim Control Reactor, MSC)がある。前者は冷却材兼減速材としてはじめに重水を用い、燃焼とともに軽水を混ぜて中性子スペクトルを変化させ、それによって反応度を維持して、制御棒の数をすくなくし、かつ高燃焼度を達成しようとするものである。後者は水の中に中性子吸収材を溶かして、その効果を更に増そうとするものであり、これにより制御棒の数を減らしたり、出力密度を上げようとするものである。これらは軽水炉と重水炉の中間といえるものであるが、技術的な発展の系譜からいえばPWRのadvanced型とみるべきものであろう。

シード・ブランケット炉は親物質としてナトリウムを使用し、軽水炉で増殖炉に近い線を狙っているもので、アメリカで高級熱中性子炉中有望なものの一つとして強力に開発が進められている。

1-2 ガス冷却炉およびそのadvanced型

ガス冷却炉の系譜はマグノックス炉、AGR、高温ガス炉とつながっている。マグノックス炉は黒鉛減速炭酸ガス冷却、天然金属ウラン燃料マグノックス被覆である。この炉型はイギリスとフラ

ンスで開発されてきたものである。両国はいずれも開発初期には濃縮ウランを持っていなかったもので、天然ウランで出発せざるをえず、これによって生産されるプルトニウムによって原爆を製造するのが目的であった。天然ウランおよびできるだけ入手しやすい材料を使って原子炉をつくるとすれば、このような型にならざるをえず、またこの炉型は良質のプルトニウムを生産するのによい性質を備えている。したがってこの炉型ははじめプルトニウム生産用、次いで発電との二重目的、その後発電用単目的に開発されてきたので、アメリカ型軽水炉がはじめから商業用発電炉を目標にしてきた（潜水艦用を除く）のと趣きを異にしている。

アメリカの濃縮ウラン型に対して、イギリス、フランスで天然ウランを使用する実用炉として原子力開発の一番はじめに実用化された炉型式でイギリスでは第1期原子力発電計画として9発電所5,000kw 建設計画を遂行した。フランスもG2, 3, EDF1, 2, 3, 4, 合計約1,300Mwを運転あるいは建設中である。

減速材に炭酸ガスを使用するため水炉より高温がえられるが、燃料として金属ウランを使用するので、金属ウランの変体点が660°Cであるため燃料の中心温度をこれ以上に上げることができない。したがって冷却材の炉心出口温度を約410°C以上に上げることは無理である。また中実燃料では出力密度は約1 MWt/m³ でありであるので、炉心が大きくなるのは止むをえない。

しかし多くの実用炉を建設した技術の蓄積の上になつて改良が考えられている。板状燃料（イギリス）や中空燃料* さらに進んで環状燃料（フランス）** を使用して出力密度や比出力を約2倍に上げること、圧力容器としてプレストレスコンクリートを使用して大容量化をはかり、あるいはインテグラルタイプ（熱交換器サーキュレーターなどを全部圧力容器の中に入れプラントをコンパクトにし、また安全性を増したもの）にして資本費の低下をはかることが計画されている。イギリスは次期の原子発電計画にマグノックス型を採用することは消極的でAGRあるいはBWRのい

れかを採用するようであるが、フランスはこのような超マグノックス炉は軽水炉とも競争可能として自信を示している。

AGR (advanced gas-cooled reactor) は文字通りマグノックス型のadvanced型と考えられるものである。金属ウランの代りにUO₂を用い、燃料要素はクラスターである。これにより出口温度を550°C~650°C程度まで上昇させ、熱効率を35~40%位に引き上げることが計画されている。冷却材はイギリスでは炭酸ガス(Windscale AGR 電気出力27Mw)、アメリカではヘリウム(EGCR 電気出力26Mw)を使用している。イギリスのAGRは開発の初期にはベリリウム被覆を使う計画で天然ウランを使用する予定であったが、ベリリウム被覆の開発に失敗してステンレス鋼被覆濃縮ウラン系にすることになった。

AGRはカナダ型重水炉につづき実用に近づいているものとみられており、イギリスは商業用AGR(500Mw×2)で出口温度627°C, 熱効率40%を実現し、発電コストはkwh当り0.5ペンス(2円/kwh)になるといっている。以前はイギリスの開発方針からいけば次期の5カ年5,000Mwの開発計画はAGR型になると予想されていたが、軽水炉の急速なコスト低下傾向をみてAGRとBWRを比較検討している段階である。

ガス冷却炉でさらに高温をえようとすると結局金属被覆材で適当なものがえられず、いわゆる黒鉛被覆黒鉛分散型燃料の原子炉が開発されるようになった。これが高温ガス炉(High Temperature gas-cooled Reactor) である。広い意味で使用されるときはAGR型のものも含んでいるが、本来の意味では黒鉛被覆燃料を使ったものを高温ガス炉といっている。冷却材は黒鉛の質量移行をさけるためヘリウムを使わざるをえず、技術的には黒鉛被覆燃料の開発およびヘリウムのリーク防止が問題となる。その代り圧力容器などの構造材料としてはステンレス鋼を使う必要はなく普通の低合金鋼で十分である。炉心は燃料と黒鉛だけで構成されることになり、原子炉の建設に特殊な材料を必要とせず、炉心構造は簡単である。現在の発電炉の設計では温度は750~850°C, 熱効率40~45%

を目標にしているが、黒鉛の耐熱性が大きいので(2,500℃位まで強度が落ちない)、本質的には出口温度を1,500℃位まで上げうる。したがって現在でもガスタービンの使用が可能であるし、将来直接発電(MHD)が可能で唯一の炉型である。炉心に黒鉛と燃料以外の余分な中性子吸収材を持たず(ヘリウムは核的には問題にならないほど中性子吸収がすくない)、中性子経済は熱中性子炉中もっともよく $U^{233}-Th$ 系で大型動力炉として転換比0.90以上を実現することができ、将来熱中性子増殖炉となる可能性をもっている。したがってガス冷却熱中性子炉の最終炉型ともいえる。

現在アメリカではGeneral Atomic社によりHTGR(ビーチボトム, 40Mw)が、ドイツではAVR(ペップルベッド型, 15Mwe)が建設中であり、イギリスではOECDのDragon計画として熱出力20Mwの実験炉が昨秋臨界になった。GA社が行なった電気出力1,000Mwの概念設計では発電コスト3~40ミルと軽水炉に匹敵する価を示している。

*, ** 中空燃料は中空ペレットに被覆したもので冷却は棒の外面だけ、環状燃料は内外両面に被覆して、両面から冷却する型式のもの

1-3 重水炉

重水炉は冷却材および冷却方式により炉型が分れる。一番初期に開発されたのは重水減速重水冷却型でカナダによって開発されてきた圧力管型と北欧で開発されてきた圧力容器型がある。圧力管型の場合は冷却材として軽水、炭酸ガス、有機材などを自由に使用しうるのでこれらのadvanced型がイギリス(沸騰軽水冷却)フランス、ドイツ(炭酸ガス冷却)カナダ、ユーラトム(有機材冷却)で開発されつつある。

カナダ型重水炉(圧力管型重水減速加重重水冷却炉)はほぼ実証炉と考えられているもので、中性子経済がよく、天然ウランで9000~10000MWD/T位の燃焼度がえられる。圧力および被覆材にはジルカロイを用い、材料的にも特に問題はない。ただ減速材および冷却材に重水を用いることと圧力管型であるので、軽水炉より相当建設費がかさむことなどのためどうしても資本費の大きくなる

ことはさげられない。カナダのように資本費率の低いところでは(カナダでは原子力発電コストの計算に資本費率として約7%を使用している)軽水炉に匹敵するとしているが、金利の高い日本では不利はまぬがれない。その代り天然ウランを使用して相当な高燃焼をやっているので、燃料コストは軽水炉より安い。カナダではこの改良型として沸騰重水冷却炉を開発している。しかし重水冷却のときはどうしても重水のリークはある程度さげられず、これに伴いトリチウムハザードの問題が生ずるので沸騰冷却にしても直接サイクルにはできず、熱交換器を必要とするのでそれほど資本費を下げる効果は期待できない。

圧力容器型の加重軽水冷却炉は構造上加圧軽水冷却炉(PWR)とほとんど同じで炉心構造では格子間隔が広がっているだけと考えてよい。したがって、もし日本がRWRの技術を習得しておれば比較的簡単に建設しうるのであろう。

重水による資本費負担を軽減し、トリチウムハザードをなくして、その上温度を上げるというような目的を達成するため、冷却材として重水の代りに沸騰軽水、炭酸ガス、有機材を用いる炉型を開発中である。沸騰軽水によれば出力密度が高く直接サイクルで熱交換器を必要としないので、重水炉中資本費を一番すくなくできるという効果はあるが、設計によってはボイド係数が正になるという核設計上の問題がある。炭酸ガス冷却では550℃~600℃程度の高温がえられるが、天然ウランを使用するためにはベリリウムなどの新しい被覆材の開発を必要とする。有機材冷却では比較的低压(20気圧位)で、ある程度の高い温度(400℃)がえられ天然ウランを使用する可能性もあるが、そのためには有機材の分解重合の防止や有機材に耐える構造材、被覆材を開発しなければならない。このように一長一短はあるが重水炉の中性子経済のいいという特長と資本費の減少や高温高熱効率をむすびつけようとして、カナダ、ヨーロッパ諸国で現在非常な努力がはらわれている。

重水炉の第1の特長は軽水炉が濃縮ウランを使うことに対して、天然ウランを使用して相当な高燃焼度がえられることにあり、すくなくとも初期

の重水炉の開発目標はいずれも天然ウランの使用にあった。

しかし最近の傾向はいざというときには天然ウランの使用を考慮する一面、コスト切下げのためには重水炉でも微濃縮ウランを使用する方がよいということが明らかになってきたので、微濃縮ウラン、プルトニウム濃縮ウランを使用してコスト切下げをはかることが計画されるようになりつつある。

1-4 高速炉

高速炉は高速中性子による反応を利用するもので転換比が大きく確実に増殖炉となる可能性をもっている。熱中性子炉のように減速材を必要とせず、むしろ炉心に減速物質の入ることは増殖比を下げるので好ましくない。このようなことから冷却材には普通ナトリウムが選ばれている（蒸気冷却あるいはヘリウム冷却も計画されている）。ナトリウムを冷却材にすることにより相当な高温（650℃程度）をうる可能性があり、またこの程度の温度なら沸騰現象を起さないで出力密度を高くとれる。したがって高速炉は増殖と高出力密度というすぐれた特徴をかね備えているが、反面ナトリウムのような液体金属の取扱いは経験がすくなく、実用のためにはいろいろの困難が予想されること、および大型化したときのプラスの温度係数あるいは安全性という核的な問題などがあり、その開発の困難性は熱中性子炉の開発にくらべ数倍すると考えられる。

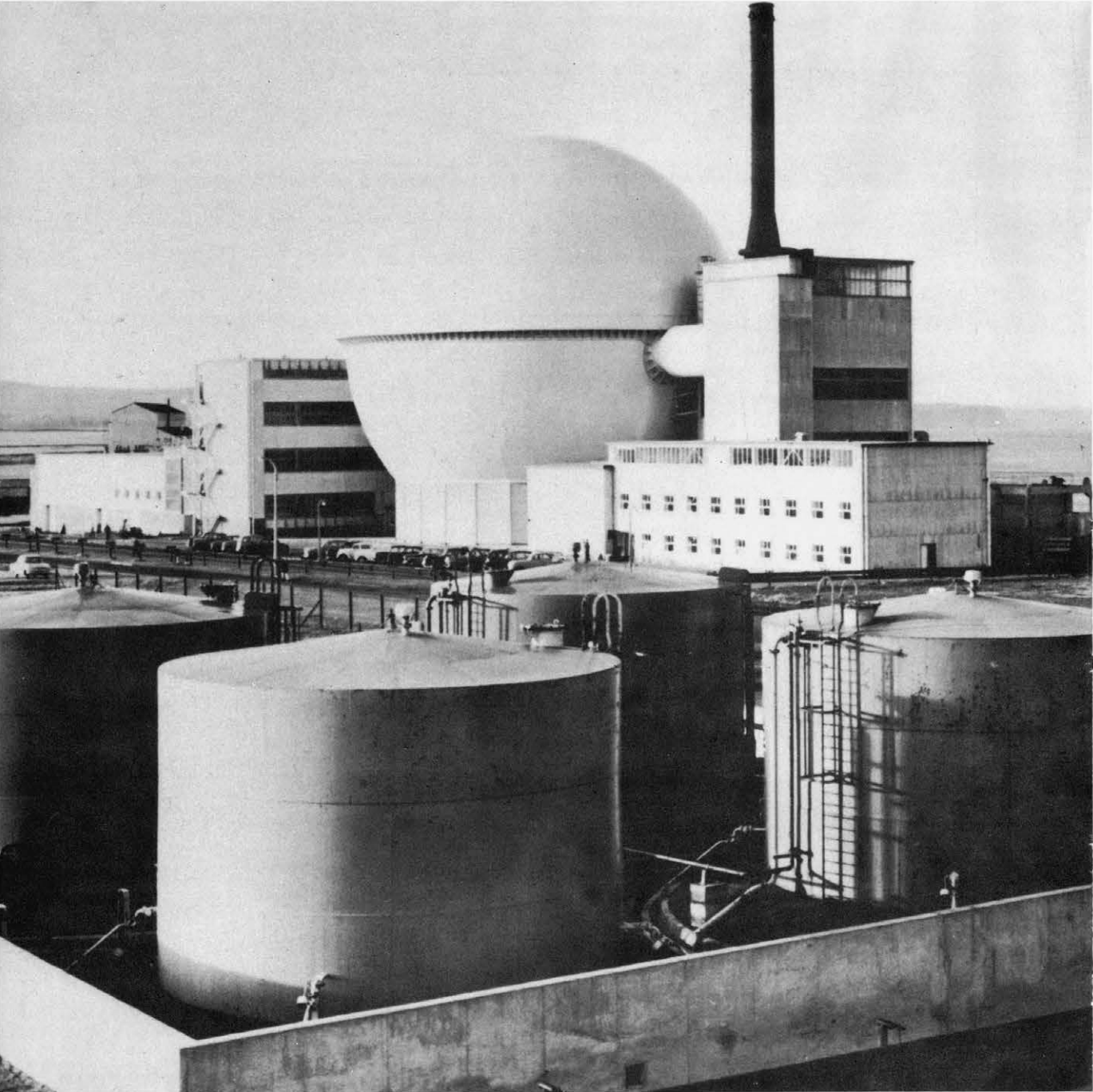
今回のジュネーブ会議ではkwh当り4ミル程度の子想が発表されてはいるが、高速炉の開発は熱中性子炉にくらべて遅れており、まだコストの子想には不確定なところが多く、むしろ資源的見地、および熱中性子炉で生産されるプルトニウムの圧力のためその開発は世界的に——特にアメリカ、イギリス、ソ連、フランスなどで——強力に進められている。増殖のためには燃料をくり返し使用しなければならず、燃料サイクルコストには核燃料価格よりも再処理費、再加工費の影響が大きくなるので、高速増殖炉技術の完成と経済性の達成のためには炉のみならず再処理、再加工の研究開

発を本質的に必要とする。

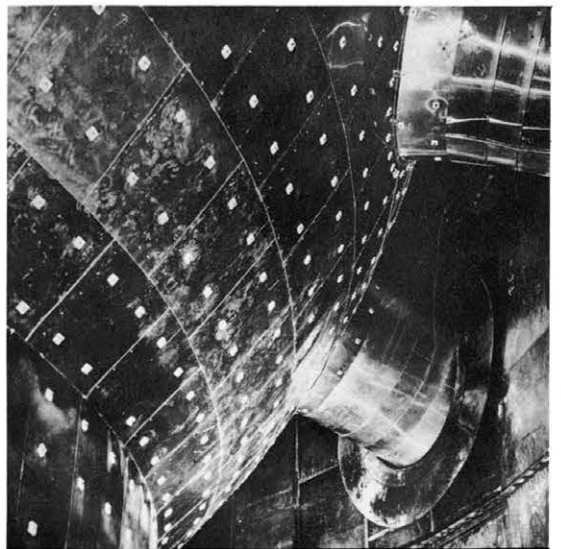
プルトニウムは高速炉の燃料としてはウラン235、233よりすぐれている。一方マグノックス炉、軽水炉、重水炉などの熱中性子炉では燃焼にともなってプルトニウムが生産されるが、現在ではカナダ型重水炉以外では生産されたプルトニウムをg当り10\$程度で買上げてもらえることを前提にして発電コストの計算がなされている。したがって今後軽水炉などが大規模に開発されていくと多額のプルトニウムが蓄積されることになり、その経済的圧力のため両方の意味から高速炉の開発が急がれているのである。

高速炉では減速材による分類はないが、燃料の性質によってその性質に相当の差がある。増殖比は金属燃料なら1.5~1.6、酸化物燃料なら1.1~1.3、カーバイト燃料なら1.3~1.4程度を実現する可能性があり、増殖比の点からは金属燃料が一番よいが、高燃焼度をうる目的には好ましくない。また大容量化のため炉心を大型化すると増殖比が下り、安全性にも問題を生ずる。このように増殖比と動力炉としてのよさは、設計上矛盾する条件で増殖比と発電コストをどのように調和させるかが今後の問題である。

アメリカではEBR-II（電気出力16.5MW 1962年4月臨界）、エンリコフェルミ発電所（電気出力60MW 1963年8月臨界）が運転中であり、またSEFOR（50MWt）FARET（50MWt）を計画中で、これらの技術をもとにして1980年代の終りには実用的な大型高速炉を建設する計画をもっている。イギリスはドーンレイ高速炉（電気出力12MW、1959年11月臨界）を運転中でありフランスではラブソディ（20MWt、1965年予定）の建設を進めている。ソ連はBR-5（5MWt）を運転中であるが、一挙にBN-350（350MWe）を建設する計画を発表している。



ドンレーの実験炉



原子炉の
炉心部

付録 2 各国原子力開発の現状

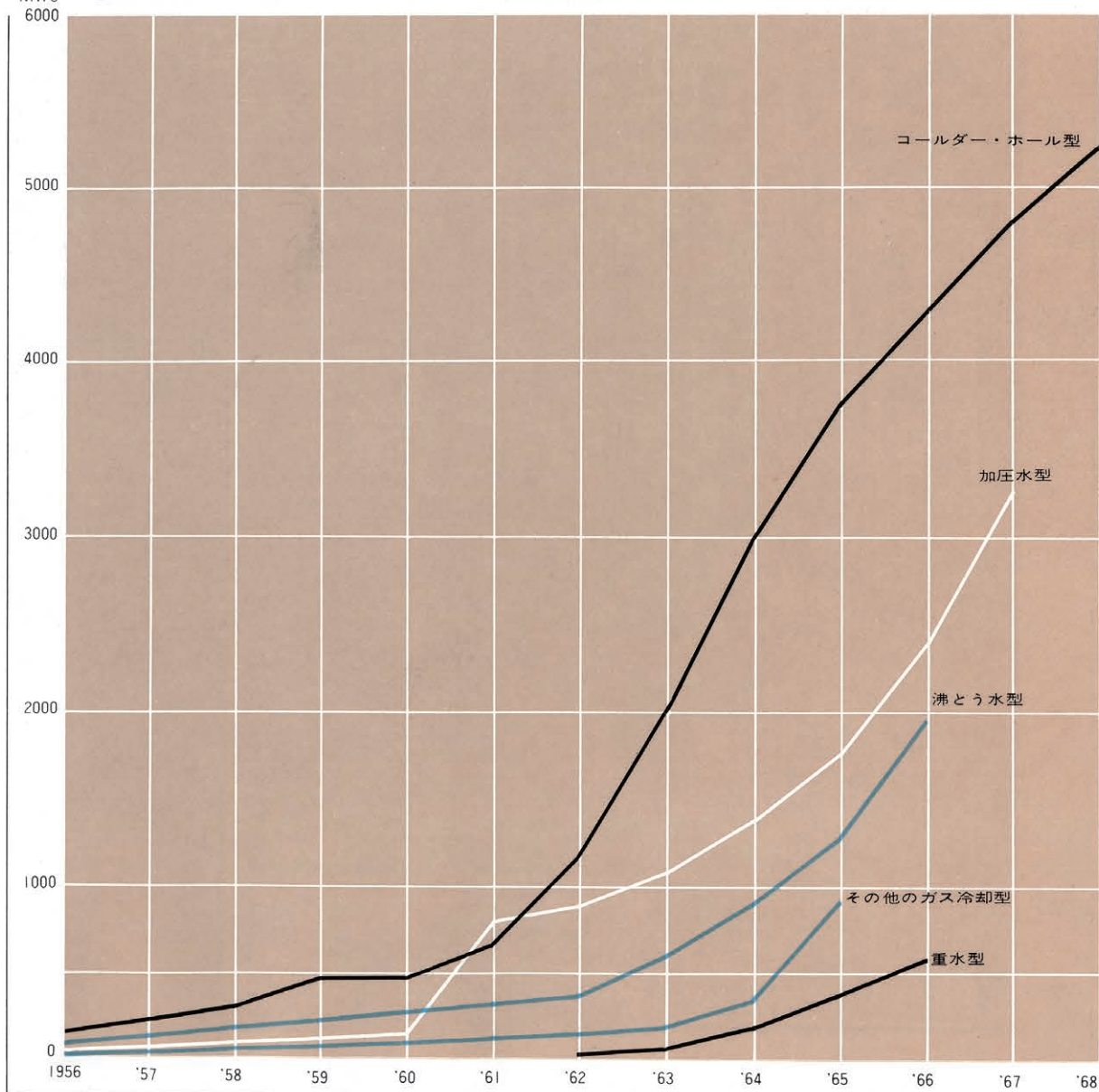
2-1 開発の現状

付-1 表 主要国の原子力発電設備容量の年次別推移

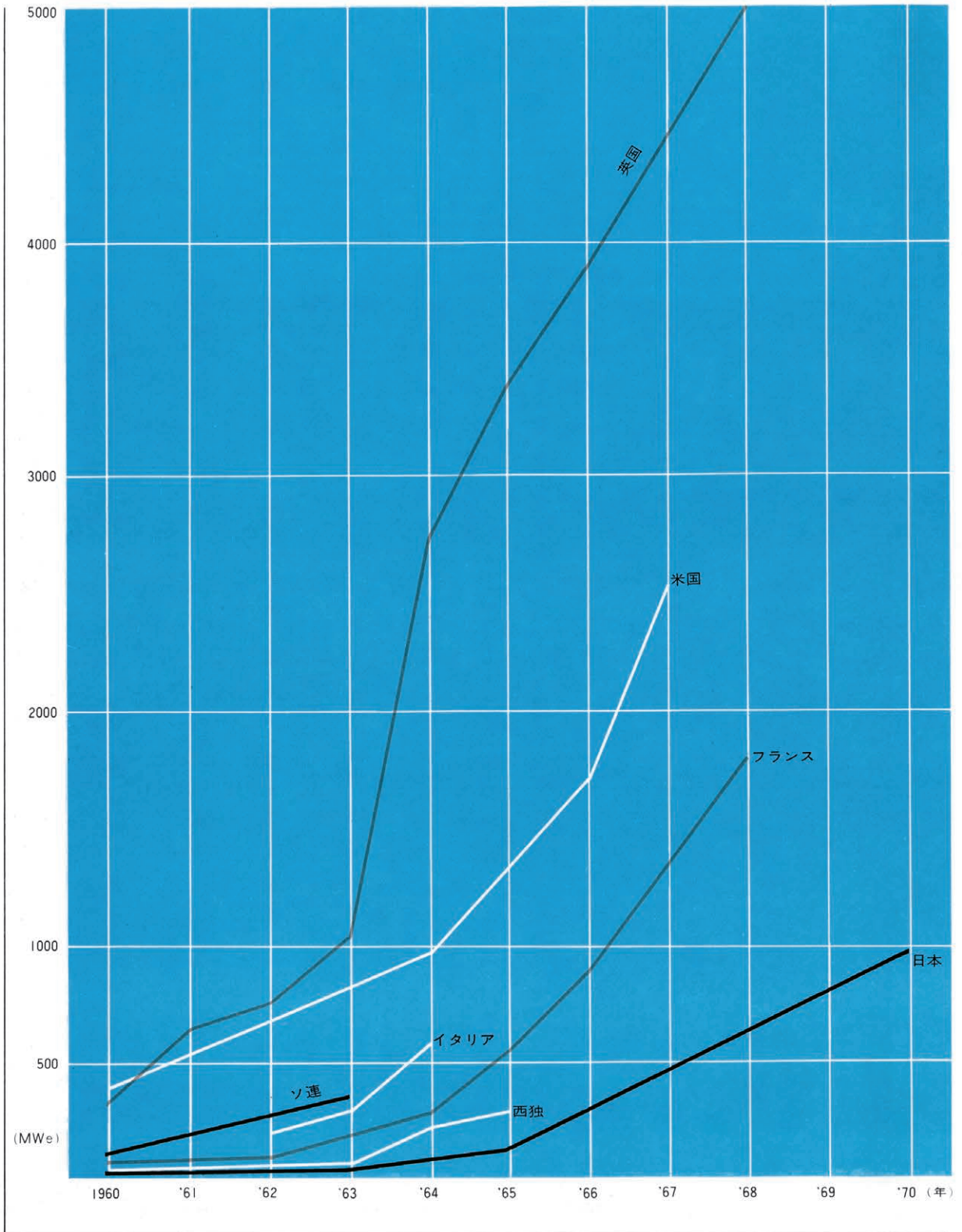
(単位: MWe)

	~'60	'61	'62	'63	'64	'65	'66	'67	'68
米 国	420		696	805	954		1,642	2,569	
英 国	360	648	786	1,096	2,806	3,386	3,946	4,446	4,946
ソ 連	112								
フ ラ ン ス	61		129	418	327	702	1,023		
イ タ リ ア			200	350	590				
日 本				12.5		178			

付1 図 世界の原子力発電容量の炉型別年次推移



付 2 図 主要国の原子力発電年次別推移



付-2 表 世界の原子炉基数一覧表

国名	研究炉		動力炉		その他		計
	運転中	建設中および計画	運転中	建設中および計画	運転中	建設中および計画	
アメリカ	106	21	8	8	34	12	189
イギリス	16	1	13	13	2	2	47
フランス	10	3	1	5	3	2	24
カナダ	7	1		1	1		10
ソ連	7	1	3	12	4		27
イタリア	9		2	1		2	14
西ドイツ	11	2		2	1	1	17
東ドイツ	2			1			3
日本	8	2		2	1	1	14
インド	3			3			6
スウェーデン	3	1	1	1	1	1	8
アルゼンチン	1						1
オーストラリア	1						1
オーストリア	3						3
ベルギー	3	1			1		5
ブラジル	2	1					3
ブルガリア	1						1
中華民国	1						1
中共	3						3
コンゴ	1						1
チェコスロバキア	1			1			2
デンマーク	3					1	4
フィンランド	1					1	2
ギリシア	1						1
ハンガリア	1						1
インドネシア		2					2
イラン		1					1
イスラエル	1						1
韓国	1						1
北朝鮮	1						1
メキシコ		1					1
オランダ	3	2		1			6
ノルウェー	2	1			1		4
パキスタン	1						1
フィリピン	1						1
ポーランド	1						1
ポルトガル	1						1
ルーマニア	1						1
スペイン	3					1	4
スイス	4				1		5
タイ	1						1
トルコ	1						1
南ア連邦		1					1
アラブ連合	1						1
ヴェネズエラ	1						1
ベトナム		1					1
ユーゴスラビア	1	1					2

(注) 研究炉………教育および訓練用原子炉を含む 動力炉………40Mwe以上の発電用原子炉 その他………Pu生産炉、熱利用炉および40Mwe以下の発電炉、動力試験炉等 (各国原子力機関の年報およびNucleonice(1963.8)等による)

付-3 表 世界の主要動力炉要目一覽表

原子炉名 (括弧内は基數)	設置場所(国名)	臨界年月	(☆) 炉型式	電氣出力 (Mwe)	燃料		料		冷却方式	(※) 所有者
					装荷量 (kg U)	濃縮度(%)	燃	形		
Shipping Port	Shiping Port Pa USA	'57	PWR	60	12,800	93(Seed)	二酸化ウラン、ペレット	ジルカロイ	H ₂ O	USAEC/DL
Dresden	Morris III. USA	'59.10	BWR	200	51,500	1.5	"	"	H ₂ O二重サイクル	CEC
Yankee	Rowe. Mass. USA	'60.8	PWR	160	20,800	3.4	"	ステンレス	H ₂ O	YAEC
Indian Point	Buchanan. N. Y. USA	'62.1	PWR	151	1,180	93(Seed)	二酸化ウラン、 二酸化トリウムペレット	"	H ₂ O	Con. Edison
Hallam NPF	Hallam. Nebraska USA	'62.1	SGR	75	27,600	3.6	ウラン-モリブデン合金	"	Na	USAEC/CPD
Bik Rock Point	Charlevoix Mich. USA	'62.9	BWR	50	7,700	3.2	二酸化ウラン、ペレット	"	H ₂ O直接サイクル	CPC
Humboldt Bay	Eureka. Cal. USA	'63.2	BWR	48.5	13,800	2.6	"	"	H ₂ O直接サイクル	PG & E
HTGR	Peach Bottom Pa USA	('64.6)	GCR	40	213	93(Seed)	炭化ウラン-炭化トリ ウム-炭素	黒鉛	He	HTRDA/PE
Enrico Fermi	Monroe. Mich. USA	'63.8	高速増殖型	60	2,000	25.6	ウラン-モリブデン合金	ジルコニウム	Na	PRDC
Pathfinder	Sioux Falls S. D. USA	('63)	BWR	58.5	6,600	天然U-24	二酸化ウラン、ペレット	ジルカロイS	H ₂ O二重サイクル	NSP
La Crosse	Wisconsin USA	('64)	BWR	50	8,600	3.4	"	ステンレス	H ₂ O二重サイクル	USAEC/DPC
Bodega Bay	Bodega Bay. Cal. USA	('66)	BWR	313	67,000	2.7	"	"	H ₂ O直接サイクル	PG & E
South Cal. Edison	South. Cal. USA	('66)	PWR	375	58,000	3.6	"	ジルカロイ or ステンレス	H ₂ O	SCE
Connecticut Yankee	Haddam Neck Conn. USA	('67)	PWR	465	70,100	3.2 3.6 4.0	?	?	H ₂ O	CYAP
Malibu(LADWP)	Los Angels. Cal. USA	('67)	PWR	462	63,600	3.8	二酸化ウラン、ペレット	ステンレス	H ₂ O	LADWP
Calder Hall (4)	Cumberland, England	A'56.5 B'56.12 C'58.3 D'58.12	CH	45×4	127,000×4	天然U	金屬ウラン、ロッド	マグノックス	CO ₂	UKAEA
Chapelcross (4)	Dumfriesshire, Scotland	A'58.11 B'59.6 C'59.9 D'59.12	"	"	"	"	"	"	"	"
Berkeley (2)	Gloucestershire, England	A'61.8 B'62.3	"	137.5×2	231,000×2	"	"	"	"	CEGB
Bradwell	Essex, England	A'61.8 B'63	"	150×2	239,000×2	"	"	"	"	"
Hunterston (2)	Ayrshire, Scotland	A'63.9 B ('64.2)	"	160×2	251,000×2	"	"	"	"	SSEB
Hinkley Point (2)	Somerset, England	A ('64)	"	250×2	276,000×2	"	"	"	"	CEGB
Trawsfynydd (2)	Merionethshire, N. Wales	('64)	"	"	294,000×2	"	"	"	"	"

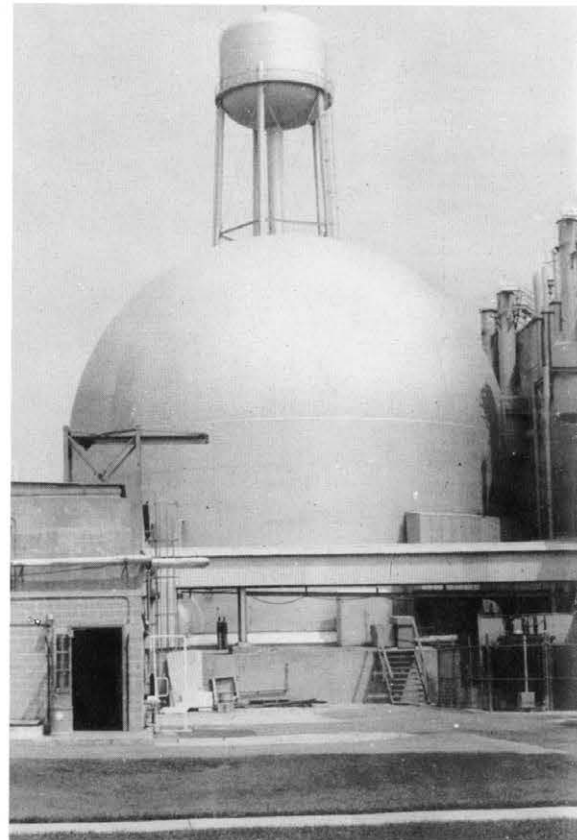
Dungness (2)	Kent, England	'64	CH	275 × 2	304,000 × 2	天然U	金属ウラン, ロッド	マグノックス	CO ₂	CEGB
Sizewell (2)	Suffolk, England	'65	"	290 × 2	321,000 × 2	"	"	"	"	"
Oldbury (2)	Glos, England	'66	"	280 × 2	293,000 × 2	"	"	"	"	"
Wylfa Head (2)	Wales	A('67) B('68)	"	500 × 2	595,000 × 0	"	"	"	"	"
EDF-1	Chinon, France	'64	GCR	68	140,000	天然U	ウラン-モリブデン合金 チューブ	マグネシウム- ジルコニウム合金	CO ₂	EDF
EDF-2	Chinon, France	'64	"	198	250,000	"	"	"	"	"
EDF-3	Chinon, France	'65	"	375	409,000	"	"	"	"	"
EDF-4(2)	St. Laurent des Eaux, France	'68	"	470 × 2	410,000 × 2	"	金属ウラン	"	"	"
SENA	Chooz, France	'62.9	PWR	242	39,300	3.3	二酸化ウラン, ベレット	ステンレス	H ₂ O	SENA
EL-4	Brittany, France	'66	HW	78.5	10,200~ 16,700	1.25~ 天然U	"	ステンレス, ペリリウム	CO ₂	CEA
CANDU	Ont, Canada	'65	HW	220	41,600	天然U	二酸化ウラン, ベレット	ジルカロイ	D ₂ O	AECL & OH
Sideria (6)	Troitsk USSR	A'58~'59	PWR	100 × 6	182,000 × 6	天然U	金属ウラン, ロッド	アルミニウム	H ₂ O	USSR
Novovoronezh (3)	Novovoronezh USSR	A'63 B.C('65)	"	A210 B360	36,000 × 2	1.5~2.5	二酸化ウラン, ベレット	ジルコニウム	"	"
Kurchatov (4)	Beloyatsk USSR	A'63 B(?)	BWR	A100 B200	90,000 × 6	1.5~1.3	二酸化ウラン, チューブ 金属ウラン, チューブ	ステンレス	H ₂ O直接サイクル	"
Ulyanovsk	Volga Ulyanovsk USSR	'61	"	50	26,000	1.5	二酸化ウラン, ベレット	ジルカロイ	"	"
Central Station	Ulyanovsk USSR	?	Na冷却型	50	?	3.6	?	ステンレス	Na	"
Latina	Foce Verde Italy	'62.12	CH	200	212,000	天然U	金属ウラン, ロッド	マグノックス	CO ₂	SIMEA
SENN	Garigliano, Italy	'63.6	BWR	50	46,400	2.02	二酸化ウラン, ベレット	ジルカロイ	H ₂ O二重サイクル	SENN
SELNI	Trino Vercellese Italy	'64.2	PWR	240	39,300	3.25	"	ステンレス	H ₂ O	SELNI
KRB	Gundremmingen, W. Germany	'65	BWR	250	50,931	2.6	二酸化ウラン, ベレット	ステンレス	H ₂ O二重サイクル	KRB
MZFR	Karlsruhe, W. Germany	'66	多目的型	50(200th)	14,278	天然U	二酸化ウラン	ジルカロイ	D ₂ O	GFK
Rheinsberg	Rheinsberg, E. Germany	'60	PWR	70	?	1.5	二酸化ウラン, ベレット	ニオブ-ジル コニウム合金	H ₂ O	USSR
東海発電炉	東海村	'65.4	CH	157	186,000	天然U	金属ウラン, チューブ	マグノックス	CO ₂	原電
Tarapur (2)	North of Bombay, India	'66	BWR	190 × 2	?	2.6	二酸化ウラン	?	H ₂ O二重サイクル	原子力委員会
AKV.	Simpevarp, Sweden	'63.7	PWR	53	11,325	2.8	二酸化ウラン, ベレット	ステンレス	H ₂ O	AKV
R4/Fve	Marviken, Sweden	'67	"	206	22,500	1.2	"	ジルカロイ	D ₂ O	SSPB/ABA
HWGCR(ks-150)	Bohunice Czech	'65	GCR	150	?	天然U	金属ウラン, ロッド	ペリリウム, マグ ネシウム合金	CO ₂	CSR

☆CH=コールドター・ホール型 GCR=その他のガス冷却型 PWR=加圧水型 BWR=沸とう水型 HW=重水型 SGR=ナトリウム冷却黒鉛型

(※)

SIMEA = Societa Italiana Meridionale Per l'Energia atomica	K R B = Kernkraftwerk RWE-Bayernwerk	PG & E = Pacific Gas & Electric Co.
SENN = Societa Elettro-nucleare Nazionale	G F K = Gesellschaft zur Forderung der Kernphysika-Lischen Forschung	HTRDA = High Temp. Reactor Dev. Assoc
SELNI = Societa Elettro-nucleare Italiana	E D F = Electricité de France	P E = Philadelphia Electric Co.
CEGB = Central Electricity Generating Board	SENA = Soeiété d'Energie Nacléaire Franco-Belge des Ardennes	PRDC = Power Reactor Development Co.
SSED = South of Scotland Electricity Board	D L = Duquesne Light Co.	N S S = Northern States Power Co.
A K V = A. B. Atomkraftverk	C E C = Commonwealth Edison Co.	D P C = Dairyland Power Cooperative
SSPB = Swedish State Power Board	YAEC = Yankee Atomic Electric Co.	S C E = Southern California Edison Co.
A B A = A. B. Atomenergi	CPPD = Consumers Public Power Dis, of Neb	CYAP = Conn. Yankee Atomic Power Co.
C S R = Czechoslovak Republic	C P S = Consumers' Power Co.	LADWP = Los Angeles Dept. of Weter & Power
		O H = Ontario Hydro Electric Commission

エンリコ・フェルミ増殖型原子力発電所 (7万KW)



付-4表 日本の研究用原子炉一覽表

名 称	所 在 地	臨 界	型 式	熱出力	最 高 熱 中 性 子 束 (n/am^2) (sec)	最 高 速 中 性 子 束 (n/am^2) (sec)	燃 料		減 速 材	冷 却 材	反 射 材	設 計 者 建 設 者	所 有 者 / 運 營 者	備 考
							濃縮度・材料・形状	濃縮度・材料・形状						
日 本														
JRR-2	東海村	1960/10/1	(CP-5型)	10MW	1.8×10^{14}	3.7×10^{14}	90%U-A1板	重水	重水	重水	米AMF/ 米AMF	原研/原研	原研/原研	研, 材, RI
JRR-3	"	1962/9/12	天然U重水	"	2×10^{13}	10^{13}	天然U丸棒	"	"	黒鉛	"	"	"	RI, 研
JRR-1	"	1957/8/27	ウォーターボイラ (L-54型)	50KW	1.3×10^{12}	"	20%UO ₂ SO ₄ 水溶液	軽水	軽水	"	米AI/米AI	"	"	研, 教
JRR-4	"	(1964)	プー ル	3 MW	1.7×10^{13}	5×10^{13}	90%-UA1板	"	"	"	原研/日立	"	"	遮蔽
立教大学炉	横須賀市	1961/12/8	トリガ II	100KW	1.6×10^{12}	"	20%U-ZrH丸棒	ZrH	"	"	米GA/米GA	立大/立大	立大/立大	研, 教
関西研究炉	熊取町	1964/6/25	プー ル	1 MW	$7 \times 10^{12}av$	$10^{12}av$	90%U-A1板	軽水	"	"	米IC/日立	京大/京大, 阪大	"	"
日立炉	川崎市	1961/12/25	"	100KW	$2.7 \times 10^{12}av$	"	10%UO ₂ ペレット	"	"	黒鉛 軽水	日立/日立	日立/日立	日立/日立	" RI
東芝炉	"	1962/3/13	"	"	4×10^{11}	6.8×10^{11}	20%U-A1板	"	"	黒鉛	東芝, NAIG /東芝	東芝/東芝	東芝/東芝	研, 教
近畿大学炉	布施市	1961/11/9	U T R	0.1W	$10^6 av$	"	90%U-A1板	"	"	"	米ARSS/ 米ARSS	近大/近大	近大/近大	研, 教
武蔵工大炉	川崎市	1963/1/30	トリガ II	100KW	$1.6 \times 10^{12}av$	"	20%U-ZrH丸棒	ZrH	"	"	米GA/米GA	武蔵大/武蔵大	武蔵大/武蔵大	"

(資料) 日本原子力産業会議編「原子力年鑑」(1964年版)より作成

付一5表 各国の原子力関係主要研究所

国名	研究所名	所在地	運転契約者	研究内容	予 算 (億 円)		総人員	
					年 度 予 算 (年度)	投 下 資 金		
米	Argonne	Lemont, Ill.	Univ of Chicago	核物理, 原子炉(BW型)の開発放射線生物学	190.2	('62)	589.5	3,579
"	Brookhaven	Upton Long Island. N. Y.	Associated Universities	核工学, 放射線生物学, 放射線医学	122.5	('62)	441.7	1,835
"	Oak Ridge	Oak Ridge. Tenn.	Union Carbide Corp	各種原子炉の開発, 化学分離技術, 放射線防護	251.4	('62)	660.2	5,023
英	Harwell	Harwell. Berkshire	—	基礎研究, 炉工学, 核融合 (研究グループ本部)				
"	Amersham	Amersham. Buckinghamshire	—	放射線化学, RI関係 (放射線化学センター)				
カナダ	Chalk River	Chalk River Ontario	—	核物理を含む総合研究				2,242
仏	Saclay	Git sur Yvette Seine et Oise	—	燃料, 減速材, アイソトープ, 高レベル放射能の研究				4,697
独	Karlsruhe	Karlsruhe	—	核物理, 原子炉開発, RI, 放射線医学, (ユーラトム共同研究センター)	16.2		108.0	800
伊	Ispra	Varesse Milano	—	原子力全般				(研究員) 1,250
ベルギー	Mol	Mol Donk	—	原子力全般	21.6		144.1	1,060
日	日本原子力研究所	茨城県東海村	—	原子力に関する基礎研究, 原子炉の開発, 放射線の利用	56.4	('63)	339.9	1,604
"	原子燃料公社	"	—	核燃料の基礎的研究および応用研究, 核燃料の生産, 核燃料の検査	15.5	('63)	81.6	581
"	放射線医学総合研究所	千葉県千葉市	—	放射線による人体の障害, その予防, 治療	5.3	('63)	36.3	391

(註) ア メ リ カ : AEC '62年報 (但し人員 : 原子力研究管理専門視察団報告)

イ ギ リ ス : AEA '62~'63年報

カ ナ ダ : AECL '62~'63年報

フ ラ ン ス : CEA '62年報 (人員はFrance-Atome, 2Mars '62)

イ タ リ ー : 欧州原子力開発調査団報告書 (人員は'62年末)

ドイツ, ベルギー : 原子力調査季報 No. 3

2-2 原子力予算

付一 6 表 各国の原子力予算総括表

(単位：億円)

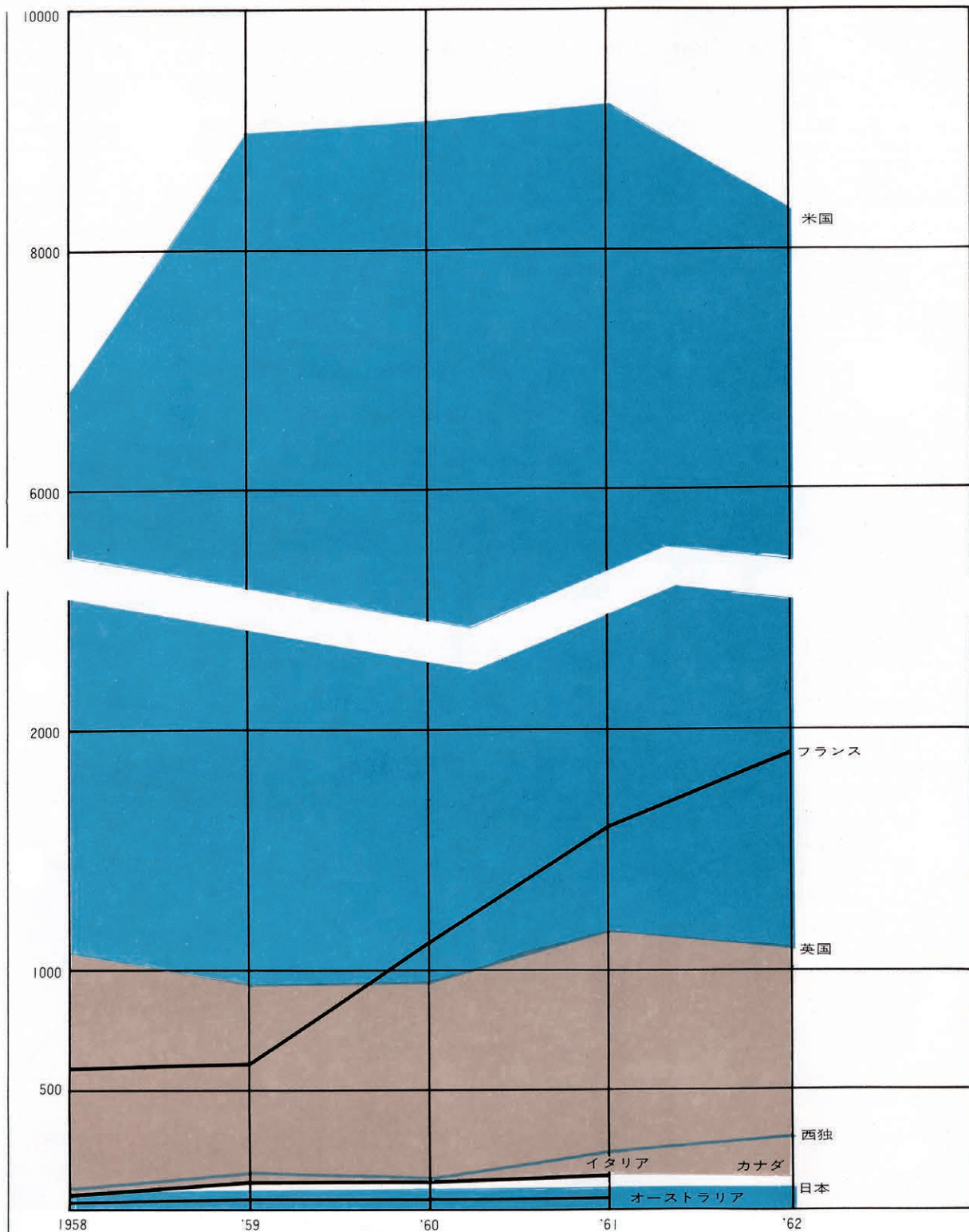
国名	年度					備考
	1958	1959	1960	1961	1962	
米 国	8,402	9,487	9,539	9,600	9,150	原子力委員会(AEC)予算 出所：AEC年報
英 国	1,066	932	941	1,154	1,082	原子力公社(AEA)予算 出所：AEA年報
フ ラ ン ス	592	618	1,108	1,597	1,918	原子力庁(CEA)予算 出所：CEA年報
カ ナ ダ	94	111	138	122	119	原子力公社(AECL)予算 出所：AECL年報
西 ド イ ツ	92	156	129	231	301	連邦政府予算 出所：原子力省，大蔵省資料
イ タ リ ア	75	116	116	145	—	原子力委員会予算 出所：Rapporto di Attivitaおよび原子力 委員会設置法による。
日 本	79	78	82	85	91	
オーストラリア	35	41	42	43	—	原子力委員会(AAEC)予算 出所：AAEC年報

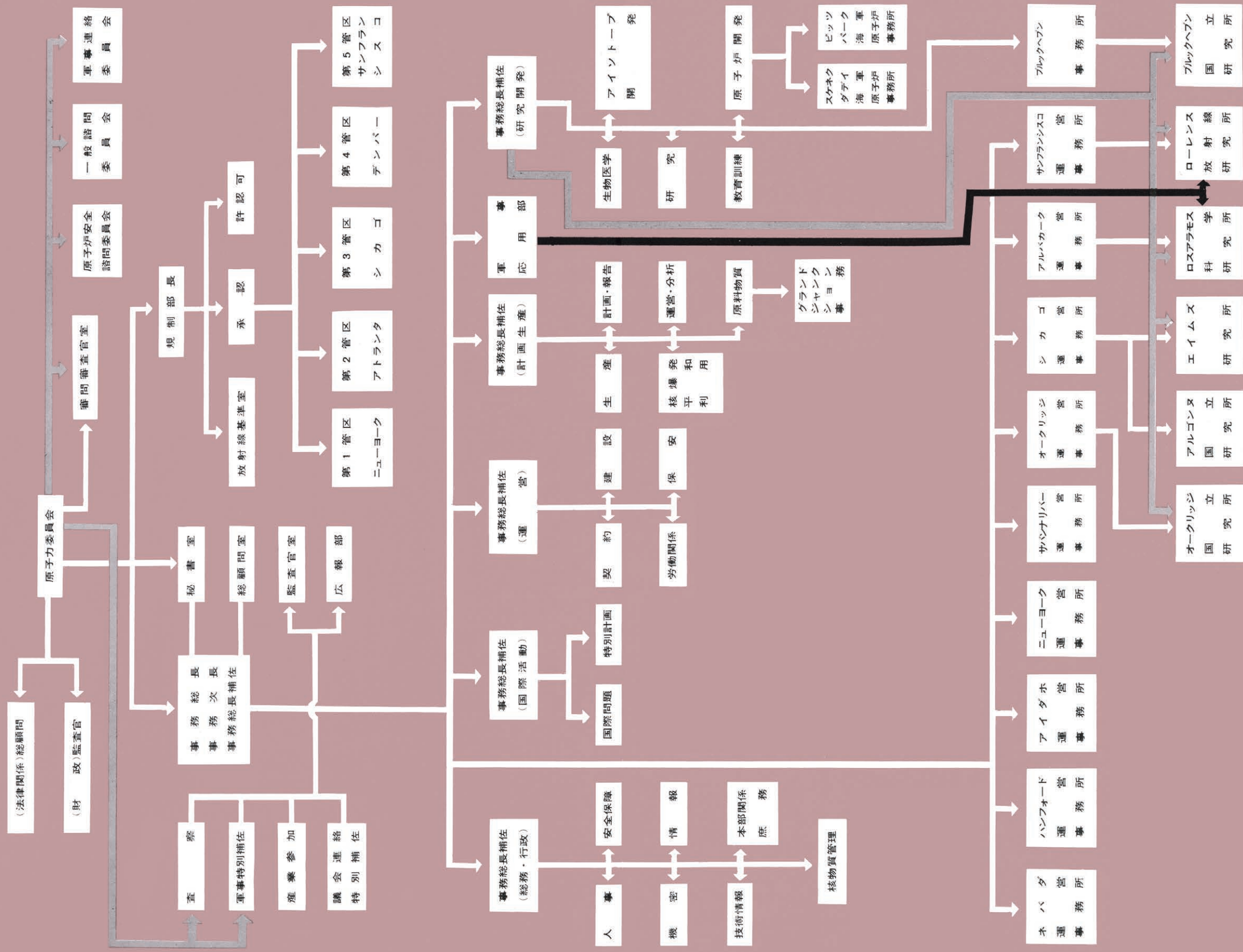
- 註) 1. 米国およびフランスは軍事利用を含む。
 2. 西ドイツの1960年度予算は、会計年度が1961年度から暦年制になったので、1960年4月から12月までの9カ月間の支出額である。
 3. 日本については、文部省(国立学校、大学付属研究所)予算を含む。



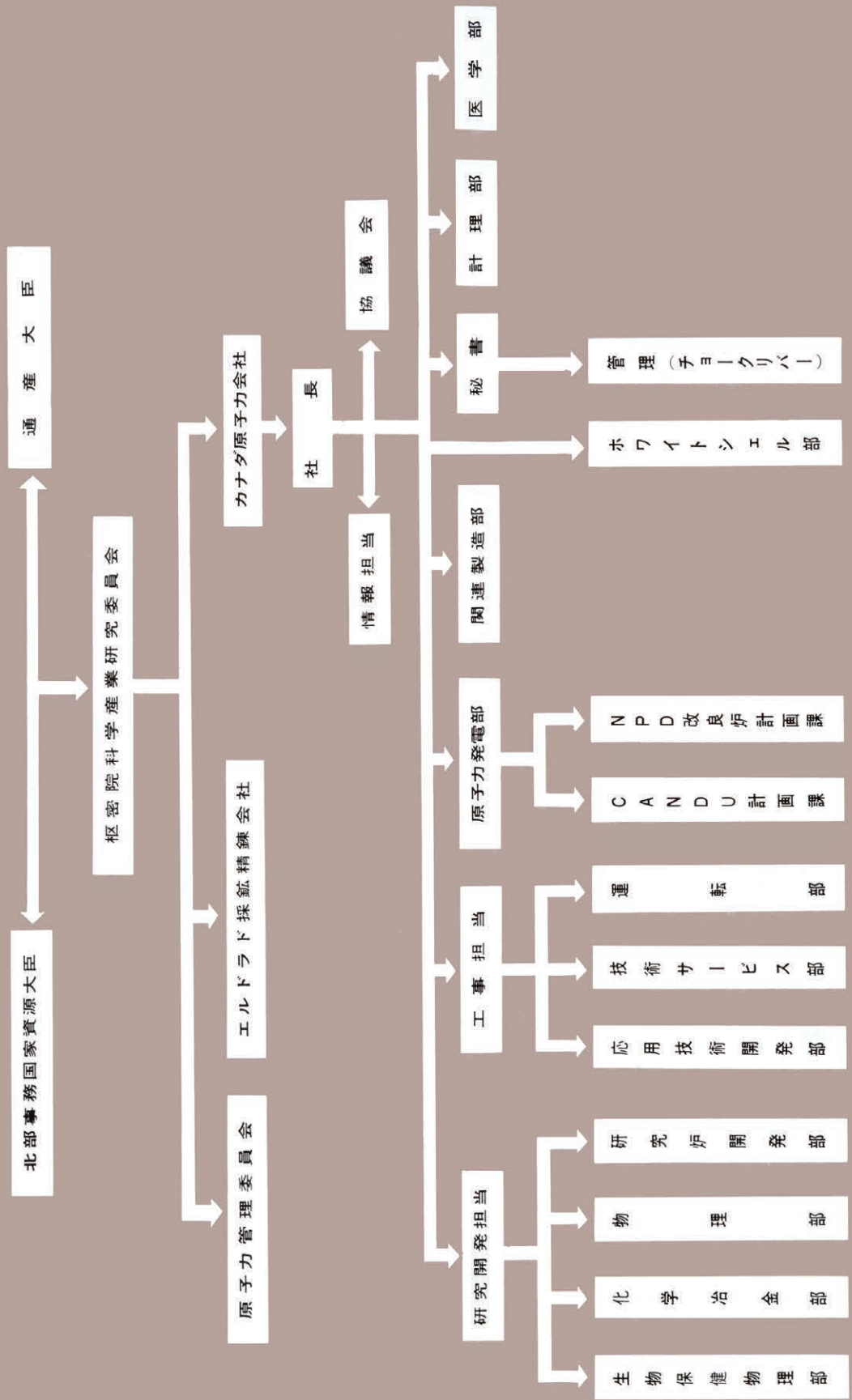
AVR発電試験炉(1.5万KW、高温ガス炉)

付 3 図

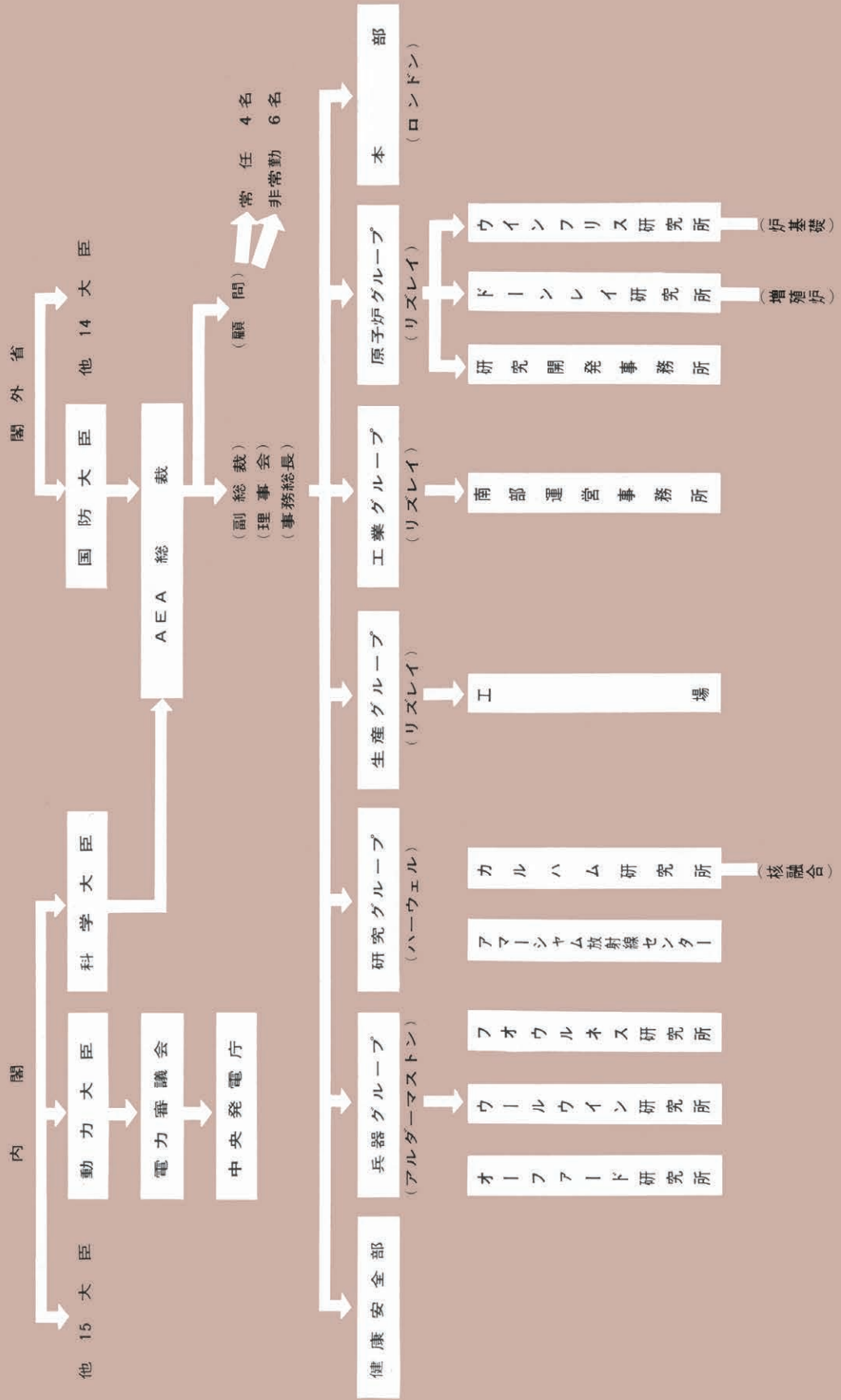




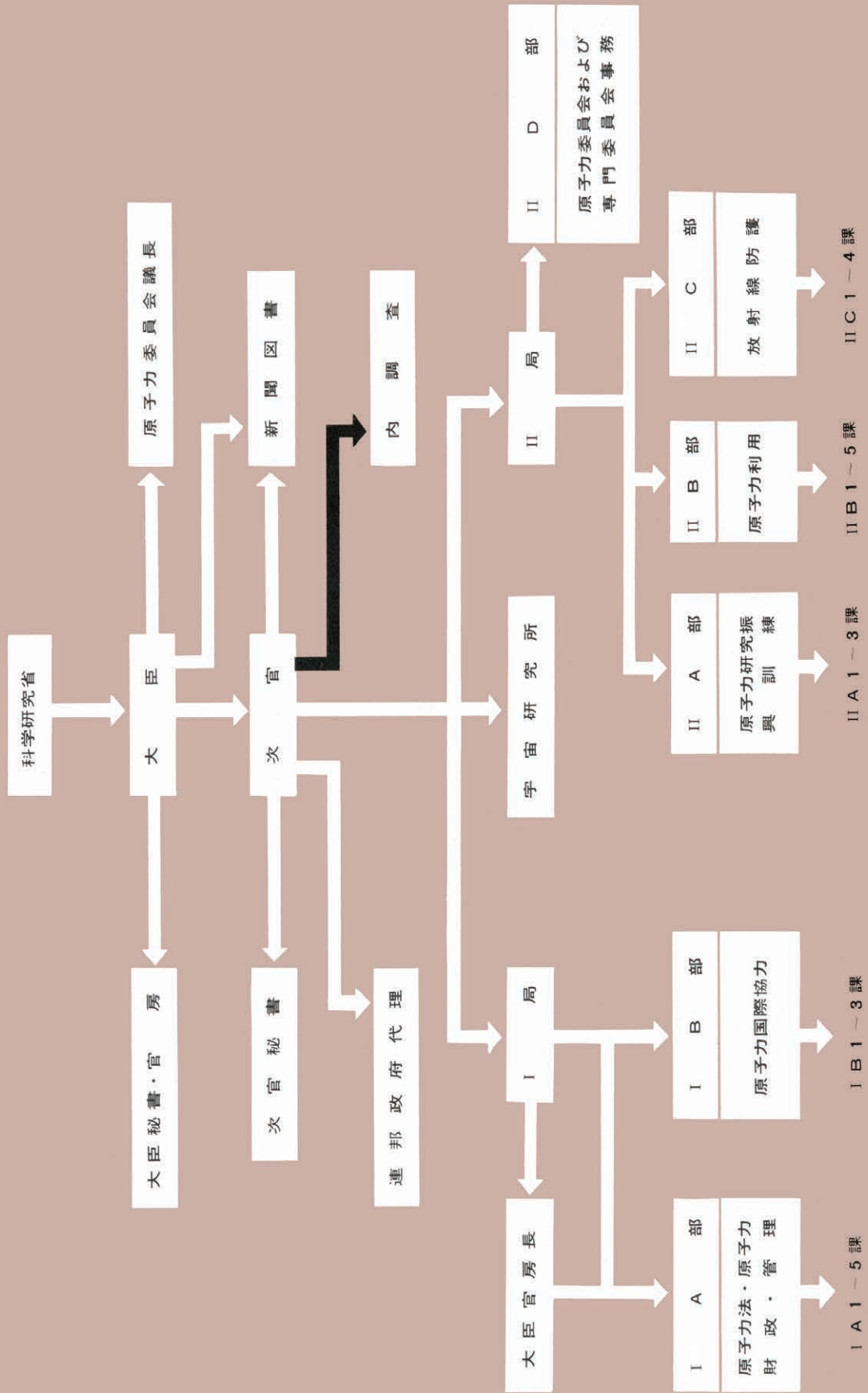
付 5 図 カナダの原子力行政および開発機関



付 6 図 イギリスにおける原子力行政および開発機関



付 7 図 西ドイツの原子力管理組織



付一 表 原子力に関する国際機構

機 構	発 足	加 盟 国	事 業
国際原子力機関 (I A E A) 欧州原子力機関 (E N E A)	1957年7月 1958年2月	世界の主要国87カ国が加盟 オーストリア、ベルギー、オランダ、ルクセンブルグ、デンマーク、フランス、ギリシャ、ポルトガル、トルコ、アイルランド、アイスランド、イタリヤ、ノルウェー、スウェーデン、スイス、イギリス、西独、スペイン以上18カ国、アメリカ、カナダ、準加盟	1. 共同事業 (1) ユーロケミック (照射済燃料の再処理) (2) ハルデン計画 (沸騰水型重水炉の研究) (3) ドラゴン計画 (高温ガス冷却炉の研究) (4) 原子力船推進 2. 科学協力 (1) 欧米原子炉物理委員会 (2) 欧米原子核データ委員会 (3) 教育訓練活動 3. 規制と管理 (1) 放射線防護基準の設定 (2) 環境放射能の監視と警報組織
欧州原子力共同体 (E U R A T O M)	1958年1月	フランス、西独、イタリヤ、ベルギー、ルクセンブルグ、オランダの6カ国	1. 第2次研究開発5カ年計画(63年～67年)4億2,500万ドル(1,530億円)承認される。 2. オージェル計画(天然ウラン・重水減速・有機材冷却炉の開発)のECED臨界集合体の業務イスタプラ研究所で進行中。 3. 高速炉についてフランスのCFRと共同でRAPSOIDE計画を進めている。ユーラトムの分担は3,500万ドル(126億円)である。

<p>欧州共同原子核研究所 (CERN)</p>	<p>1953年7月</p>	<p>フランス、西独、イタリア、ユーゴ、デンマーク、ベルギー、ギリシャ、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、スイス、イギリス、オーストリア以上13カ国</p>	<p>原子核の基礎研究の分野において欧州諸国の研究成果を集めるための共同研究体 世界最大のプロトンシンクロトロンを持ち、核融合研究も行なっている。</p>
<p>国連原子放射線影響科学委員会 (UNSCEAR)</p>	<p>1959年3月</p>	<p>アルゼンチン、オーストラリア、ベルギー、ブラジル、カナダ、チェコスロバキア、エジプト、フランス、インド、日本、メキシコ、スウェーデン、ソ連、イギリス、アメリカ、以上15カ国</p>	<p>原子放射線の人体とその環境におよぼす影響に関する資料を収集調整し、かつ普及することを目的とする。 委員会は科学者代表1名と適当数の代表代理と顧問により構成され、1958年7月に国連へ報告書を提出した。</p>
<p>放射能資料センター (WDC)</p>	<p>1957年7月</p>	<p>日本、スウェーデン、ソ連、米国に設置されている。</p>	<p>各国の放射能資料の収集、整理</p>
<p>国際放射線防護委員会 (ICRP)</p>	<p>1928年に設立された「国際X線およびラジウム防護委員会」が1950年に現在の名称となった。</p>	<p>主委員会(13名以内)と専門委員会I～V ICRPの委員は国籍の如何を問わず、放射線医学、放射線防護、物理学、生物学、遺伝学、生物化学および生物物理学の領域における著名な業績にもとづいて選出される。</p>	<p>放射線防護の基本的原則の勧告とその再検討それぞれの国の必要に最も適した詳細な技術的規則、勧告および実施規則を採用する権利と責任は、各国に委ねられている。</p>
<p>米州原子力委員会 (IANEC)</p>	<p>1959年4月</p>	<p>米州機構(OAS)諸国</p>	<p>研究訓練共同計画の発展、科学技術情報の交換、諸議会の開催、公衆健康保障措置の勧告、加盟国の原子力開発計画に資するために必要に応じて官民研究所の提攜を要求すること、行政規則制定の援助</p>

あとがき

原子力発電が将来、発電エネルギーの中心になることは、早くからたくさんの人たちによって予想されていた。最も楽観的ないわゆるケネディ報告(1962年)予想でものを在来火力と競争できるようになるのは、1970年代ということであった。しかし、最近の原子力発電技術の発展は真に急速であって、この予想は今では大巾に縮められ、軽水炉による発電はもうすでに世界的には実用化の段階に入りはじめた。

産業計画会議は創立以来、一貫してエネルギー問題について研究をつづけ、これに関するレコメンデーションも昭和31年の第1次と昭和33年の第6次がある。これらはいずれも石炭から石油へのエネルギー革命を主題としたものであった。それから数年を経ずして原子力を主題とした今回の第14次レコメンデーションを発表することになった。石炭から石油への第1次のエネルギー革命につづいて、発電の分野における石油から原子力への第2次エネルギー革命に早くもわが国は直面するに至ったのである。かつて石炭から石油への転換において、わが国が嘗めた失敗を原子力への移行においても繰り返さぬよう、長期的な観点からの正しい原子力発電政策が一日も早く確立されることを望んでやまない。われわれのレコメンデーションがそのための一助ともなれば、まことにさいわいである。

なお、本書に挿入されている写真は、日本原子力研究所、原子力産業会議、アメリカ大使館から提供を受けたもので、その御厚意にここに謝意を表したい。

堀 義 路

原子力政策に提言

定価 500円

編者 産業計画会議

発行所 株式会社経済往来社

東京都千代田区大手町1-4

東京都中央区京橋3-11

電話 (201) 6601-9 (代表)

電話 (561) 4647・5048・6386

昭和40年6月1日発行

印刷 大日本印刷株式会社

産業計画会議レコメンデーション

- 第1次 日本経済たてなおしのための勧告
エネルギー、税制、道路について
(産業計画会議同・非売品)
- 第2次 北海道の開発はどうあるべきか
(ダイヤモンド社刊・70円)
- 第3次 東京―神戸間・高速自動車道路に
ついての勧告
(経済社刊・70円)
- 第4次 国鉄は根本的整備が必要である
(経済社刊・100円)
- 第5次 水問題の危機はさまっている
水利用の高度化を勧告する
(経済社刊・150円)
- 第6次 あやまれるエネルギー政策
(東洋経済新報社刊・180円)
- 第7次 東京湾2億坪埋立についての勧告
(ダイヤモンド社刊・180円)
- 第8次 東京の水は利根川から
8億トンを貯水する沼田ダムを建設せよ
(ダイヤモンド社刊・150円)
- 第9次 減価償却制度は
いかに改善すべきか
(東洋経済新報社刊・180円)
- 第10次 専売制度の廃止を勧告する
(ダイヤモンド社刊・200円)
- 第11次 海運を全減から救え
海運対策の提案
(経済社刊・100円)
- 第12次 東京湾に横断堤を
(経済社刊・200円)
- 第13次 産業計画会議の提案する
新東京国際空港
(経済社刊・250円)
- 第14次 原子力政策に提言
(経済社刊・500円)

