

第 4 回 原 産 年 次 大 会
予 稿 集

1 9 7 1 年

期 間 昭和46年3月15日～17日

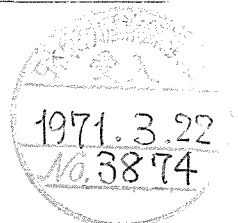
場 所 日本都市センター

日本原子力産業会議



第4回原産年次大会総括プログラム

	午 前	午 後
3/15 (月)	<p>開会総会 (9.30~12.00)</p> <p>9.30 開会挨拶</p> <p>9.35 準備委員長挨拶</p> <p>9.45 原産報告</p> <p>10.15 原子力委員長所感</p> <p>10.30 創立15周年記念講演</p> <p>11.15 特別講演</p>	<p>午さん会 (12.15~2.00)</p> <p><赤坂プリンスホテル グリーンホール></p> <p>1.30 特別講演</p> <hr/> <p>シンポジウム (2.10~5.00)</p> <p>「原子力産業長期ビジョンの展開」</p> <p>2.10 発表と意見交換</p>
3/16 (火)	<p>パネル討論会 (9.00~12.00)</p> <p>「原子力発電所と環境問題」</p> <p>9.00 講演(原子力環境問題に対する内外の動向)</p> <p>9.45 意見発表と討論</p>	<p>講演 (1.00~4.45)</p> <p>1.00 原子力エネルギーの製鉄プロセスへの利用</p> <p>1.30 アイソトープ・放射線産業利用の将来</p> <p>2.00 海運の将来と原子力船</p> <p>2.45 日本における動力炉開発</p> <p>3.15 イギリスにおける重水・黒鉛減速炉の最近の進歩</p> <p>4.00 フランスにおける動力炉開発計画</p> <hr/> <p>レセプション (5.00~6.30)</p> <p><日本都市センター本館地下食堂></p>
3/17 (水)	<p>国際シンポジウムー1 (9.00~12.10)</p> <p>「原子力発電所に関する経験」</p> <p>9.00 発表と意見交換</p>	<p>国際シンポジウムー2 (1.00~5.30)</p> <p>「ウラン濃縮問題」</p> <p>1.00 発表と意見交換</p>



第4回原産年次大会プログラム

第1日 3月15日(月) 午前

開会総会(9.30~12.00)<2時間30分>

<開会式>

議長 稲山嘉寛氏(新日本製鉄社長)

開会挨拶 日本原子力産業会議会長 安川 第五郎 氏

準備委員長挨拶 第4回原産年次大会準備委員長・東京芝浦電気社長 土光 敏夫 氏

原産報告 日本原子力産業会議代表常任理事 橋本 清之助 氏

所感 原子力委員会委員長 西田 信一 氏

<原産創立15周年記念講演>

議長 牧田與一郎氏(三菱重工業社長)

講演 「原子力事始め」 (10.30~11.15)

茅 誠司氏(東京大学名誉教授)

<特別講演>

議長 加藤乙三郎氏(中部電力社長)

講演 「アメリカにおけるウラン濃縮」 (11.15~12.00)

S.R.サピアリー氏(アメリカ原子力委員会オークリッジ運営事務所長)

午さん会 赤坂プリンスホテル(1階)グリーンホール (12.15~14.00)

午さん会における特別講演 (13.30~14.00)

「最近の金融経済情勢について」

佐々木 直氏(日本銀行総裁)

第1日 3月15日(月) 午後

シンポジウム(14.10～17.00)＜2時間50分＞

テーマ 「原子力産業長期ビジョンの展開」

議長 吉村清三氏(関西電力社長)

発表者

田中直治郎氏(東京電力常務取締役)

吉山博吉氏(日立製作所副社長)

コメンテーター (五十音順)

出光計助氏(石油連盟会長・出光興産社長)

稲葉秀三氏(国民経済研究協会会長)

北川一栄氏(原子力委員会委員)

前田正男氏(衆議院議員)

第2日 3月16日(火) 午前

パネル討論会(9.00~12.00)<3時間>

テーマ 「原子力発電所と環境問題」

議長 平田敬一郎氏(国土総合開発審議会会長)

パネル・メンバー (五十音順)

池尻文二氏(全国漁業協同組合連合会常務理事)

小林健三郎氏(東京電力取締役)

左合正雄氏(東京都立大学教授)

下邨昭三氏(科学技術庁原子力局原子炉規制課長)

竹内俊吉氏(青森県知事)

武田康氏(通商産業省公益事業局原子力発電課長)

春野鶴子氏(主婦連合会副会長)

御園生圭輔氏(放射線医学総合研究所長)

森有義氏(農政評論家)

吉田正勝氏(九州電力常務取締役)

◇ 講演(9.00~9.30)<30分>

「原子力環境問題に対する内外の動向」

御園生圭輔氏

◇ 意見発表と討論(9.40~12.00)

第2日 3月16日(火) 午後

講演(13.00~16.45)<3時間45分>

議長 平塚正俊氏(住友原子力工業社長)

1. 原子力エネルギーの製鉄プロセスへの利用 (13.00~13.30)

藤木俊三氏(日本鉄鋼協会原子力部会長・新日本製鉄副社長)

2. アイソトープ・放射線産業利用の将来 (13.30~14.00)

加藤正夫氏(東京大学教授)

3. 海運の将来と原子力船 (14.00~14.30)

福田久雄氏(大阪商船三井船舶社長・日本船主協会会長)

— 休憩<15分> —

議長 大堀 弘氏(電源開発総裁)

4. 日本における動力炉開発 (14.45~15.15)

清成 迪氏(動力炉・核燃料開発事業団副理事長)

議長 前田七之進氏(富士電機製造社長)

5. イギリスにおける重水・黒鉛減速炉の最近の進歩 (15.15~16.00)

R.V.ムーア氏(イギリス原子力公社原子炉開発担当理事)

議長 金井久兵衛氏(北陸電力社長)

6. フランスにおける動力炉開発計画 (16.00~16.45)

M.A.ペッカー氏(フランス原子力庁産業計画担当理事)

レセプション 日本都市センター本館地下食堂 (17.00~18.30)

第3日 3月17日(水) 午前

国際シンポジウム-1(9.00~12.10)<3時間10分>

テーマ 「原子力発電所に関する経験」

議長 河内 武雄 氏(中部電力副社長)

発表者 (発言順)

L. F. C. ライクリー 氏(エバスコ・サービス社副社長<アメリカ>)

H. フレーバー 氏(クラフトベルク・ユニオン社取締役<西ドイツ>)

吉岡 俊男 氏(日本原子力発電常務取締役)

伊藤 俊夫 氏(関西電力専務取締役)

コメンテーター

金岩 芳郎 氏(東京芝浦電気取締役)

第3日 3月17日(水) 午後

国際シンポジウム-2 (13.00~17.30) <4時間30分>

テーマ 「ウラン濃縮問題」

議長 松根宗一氏(日本原子力産業会議副会長)

発表者 (発言順)

S.R.サピアリー氏(アメリカ原子力委員会オークリッジ運営事務所長)

D.G.エイブリー氏(イギリス原子力公社生産グループ計画管理部長)

M.A.ペッカー氏(フランス原子力庁産業計画担当理事)

一本松珠璣氏(日本原子力発電会長)

コメンテーター (発言順)

M.ボガート氏(ウルトラ・セントリフュージ・ネーデルランド社理事長
<オランダ>)

P.ユリネック・フィンク氏(ウラニット社常務理事<西ドイツ>)

山田太三郎氏(原子力委員会委員)

村田浩氏(日本原子力研究所副理事長)

今井美材氏(動力炉・核燃料開発事業団副理事長)

第4回原産年次大会予稿集目次

〔開会総会〕

原産報告	1
日本原子力産業会議	橋本清之助

〔特別講演〕

アメリカにおけるウラン濃縮	3
アメリカ原子力委員会	S. R. サピアリー

〔シンポジウム—原子力産業長期ビジョンの展開—〕

2,000年にいたる原子力構想	7
東京電力	榎田中直治郎
原子力供給産業の展望	13
日立製作所	吉山博吉

〔パネル討論会—原子力発電所と環境問題—〕

原子力環境問題に対する内外の動向	17
放射線医学総合研究所	御園生圭輔

〔講演〕

原子力エネルギーの製鉄プロセスへの利用	21
日本鉄鋼協会原子力部会長	藤木俊二
アイソトープ・放射線産業利用の将来	25
東京大学生産技術研究所	加藤正夫
海運の将来と原子力船	27
大阪商船三井船舶	福田久雄
日本における動力炉開発	29
動力炉・核燃料開発事業団	清成迪
イギリスにおける重水・黒鉛減速炉の最近の進歩	35
イギリス原子力公社	R. V. ムーアー

フランスにおける動力炉開発計画	39
フランス原子力庁	M. A. ペッカー
〔国際シンポジウム1—原子力発電所に関する経験—〕	
軽水型原子力発電所の建設と運転経験	43
エバスコ・サービス社	L. F. C. ライクリー
西ドイツにおける立地問題と軽水炉の運転経験	47
クラフトベルク・ユニオンA G	H. フレバー
敦賀発電所の建設運転経験	53
日本原子力発電(株)	吉岡俊男
美浜発電所1号機に関する経験	69
関西電力(株)	伊藤俊夫
〔国際シンポジウム2—ウラン濃縮問題—〕	
ウラン濃縮	71
アメリカ原子力委員会	S. R. サピアリー
イギリスのウラン濃縮計画	75
イギリス原子力公社	D. G. エイブリー
将来のウラン濃縮に対するフランスの役割	79
フランス原子力庁	M. A. ペッカー
日本におけるウラン濃縮問題	85
日本原子力発電(株)	一本松珠璣

3月15日 (月)

9:30a.m.~12:00

開 会 総 会

原 産 報 告

日本原子力産業会議

代表常任理事 橋 本 清之助

本年3月、日本原子力産業会議は創立15周年を迎えた。

原子力開発、とくにその平和利用という巨大なそして困難なプロジェクトを遂行するためには、国の施策に呼応する民間の開発努力の集中が不可欠であるとの認識にもとづいて、産業界の総意により原子力産業会議が設立されたのは、わが国原子力開発の草創期ともいうべき、昭和31年の3月であった。

当時、わが国のエネルギー総需要は、6,000万Kℓ（石油換算）内外であったが、今日のそれは、2億5,000万Kℓを超えている。みるべきエネルギー資源をもたないわが国は、この激増する龐大なエネルギー需要のほとんどを石油の輸入に依存してきたが、こうした需給関係がまさに累卵の危きにあることは、最近の石油情勢によっても端的に示されている。一国の死活を制するエネルギー供給を国外に求めることの危険性は、つとに叫ばれており、そのことが原子力開発の重要な背景をなしていることは周知のとおりであるが、とくに今日、世界をゆるがす石油戦争をまのあたりにして、原子力に対する期待はより切実、より具体的なものとなってきた。原子力産業会議がこのほど策定した長期計画によれば、わが国の原子力発電設備は昭和55年2,700万KW、65年1億1,000万KW、75年には2億2,000万KWに達する。因みに、2億2,000万KWの原子力設備の発電量は約4億Kℓの石油相当と試算されるが、これは大雑把にいつて昭和49年～50年頃の総エネルギー需要に匹敵する大きさである。また、昭和75年における原子力発電容量は、全発電設備の50%を占めるとも予測されるが、これは化石燃料に比して高いスペシフィック・エネルギーをもつ核燃料の特性に加えて、環境に及ぼす影響が少ないことなど、原子力発電のもつ総合的な利点を示すものといえよう。

しかしながら、わが国の原子力発電は現在ようやくその緒についたところであり、エネルギー需給上の要請に応じて、上述のごとき大規模かつ急速な発電計画を遂行するためには、きわめて多くの課題と取り組まなければならない。

すなわち、世界的に偏在しているウラン資源の確保、需要関係が逼迫しつつある濃縮ウランの安定供給をはじめとする核燃料サイクル上の問題。熾烈化する国際競争場裡にあって、ソフ

トウェア、ハードウェア両面にわたる自主技術の開発と量産体制の確立が急がれる供給産業上の問題。狭隘な国土と深刻化する一般公害問題の中であって、原子力関係施設のサイトを確保して行かなければならない立地上の問題など解決すべき課題はきわめて多い。

とくに原子力発電計画の量的拡大にともなって、ウラン資源ならびに濃縮ウランの需要は今後飛躍的に増大するが、これらの供給を海外に依存しているわが国としては、新たな考え方にもとづく国際協力、国際協調などを通じて、その供給の安定化に努めるとともに、これらの国産的要素を高めて行くことが強く要求されている。こうした問題に直面している原子力産業の実情は、原子力産業会議の実態調査に詳しい。継続的に行なっているこの調査の結果によれば、鉱工業における原子力関係収支は44年度にいたってはじめて売上高が支出高をわずかに上まわり原子力供給産業の夜明けを思わせるが、ここに至るまでに鉱工業は400億円の研究開発費を含む1,600億円の累積支出を重ねてきたことを勘案すれば、原子力産業活動の基盤は未だ軟弱というべきであろう。

しかし原子力産業の実態の如何や課題の有無にかかわらず、原子力開発は今や国民的要請であり国家的急務である。われわれは、官、学をはじめとする各界と幅広く相携えて、この原子力開発という巨大にして困難なプロジェクトを完遂しなければならない。満15才を迎えた原子力産業会議は、今、こうした決意を新たにしているのである。

URANIUM ENRICHMENT IN THE UNITED STATES

S. R. Sapirie
Manager, Oak Ridge Operations
U. S. Atomic Energy Commission

For over 25 years the United States Atomic Energy Commission has had favorable experience with the gaseous diffusion process for enrichment of uranium isotopes.

The enrichment is achieved in three gaseous diffusion plants which have a combined production output of approximately 17,000 metric tons of separative work per year while consuming about 6100 megawatts of electric power at full power capacity.

Although the three gaseous diffusion plants are currently operating at roughly one-third of their capacity, projected separative work requirements of the U.S. and these countries depending on these plants dictate that the operating capacity of the present enrichment facilities be increased steadily during this decade. Furthermore, significant blocks of new separative capacity must be added in the early 1980's.

Separative work output can be increased by four methods:

1. Increased electric power usage in existing equipment.
2. Improvement of existing equipment to incorporate advancements in technology which improve power utilization efficiency.
3. Uprate the improved equipment where possible to permit the efficient utilization of more power, and
4. Construction of new stages at existing or new sites.

In addition, an increase in the tails concentration which is now being considered could utilize the separative work to support more nuclear power capacity.

Planning and implementation of programs involving these capacity expansion methods are receiving careful consideration, with the prospect of supporting a nuclear power growth to about 250,000 MWe by the end of 1980.

Basic policy of the United States Government for 15 years has been to provide assurance of long term availability of enrichment, at non-discriminatory prices and conditions, to its customers in the United States and abroad. Under the USAEC's toll enrichment program which began January 1, 1969, a customer provides uranium feed material to the USAEC, pays an enriching charge, and receives enriched uranium in return.

Contracts which have been negotiated under these principles have included rights of termination to the customer without comparable rights to the USAEC as a supplier. This was reasonable and possible because of the unusual situation that existing enriching capacity was greatly in excess of nuclear power requirements. As the supply and requirement situation comes into closer balance -- a normal situation in other industries -- one can anticipate that advanced commitments for supply of enriching services, whether from the United States or abroad, will have to be reciprocal to justify the new capital investment required to increase capacity to meet them.

Since USAEC contracts represent firm commitments to supply enriching services, they are based upon existing or authorized plant capacity. Extensive planning is therefore necessary to assure that capacity will satisfy demand. This necessitates close cooperation among customers and countries availing themselves of United States enriching services for mutual definition of requirements to support orderly development of nuclear power around the world.

アメリカにおけるウラン濃縮

アメリカ原子力委員会
オークリッジ運営事務所
所長 S. R. サピアリー

アメリカ原子力委員会は、この25年の間ガス拡散方式によるウラン濃縮で、非常に良好な成果を収めてきた。

アメリカにおいては、ウランの濃縮は年間合計約1万7千メトリックトンの分離作業能力を擁する3つの濃縮工場で行なわれており、この3工場が全出力で運転して使用する電力は610万KWに達する。

これら3つのガス拡散濃縮工場は、現在のところ、定格作業能力の3分の1程度で運転されているが、アメリカ、および、これら3工場に濃縮サービスの供給を依存している国々の所要分離作業量の見通しでは、この10年の間にこれら3工場の分離作業能力は着実に増大することを示唆している。

さらに、1980年代の初期には、相当大規模な容量を追加しなければならないと想定される。

分離作業能力の増大は、下記の4つの方法によって達成される。

すなわち、

- (1) 現有設備において、電力の使用を増大する。
- (2) 電力利用効率を改善する技術を組み込むことによって、現有設備を改良する。
- (3) より多くの電力を効率的に使用させ、改良された設備の出力を上昇させる。
- (4) 現在の地点もしくは新規地点に新工場を建設する。

さらに、現在検討中であるが、廃棄濃度を上げれば、分離作業量が少なくて済み、より多くの原子力発電の発展に寄与することも考えられる。

これらの出力増大方法を含む諸計画の立案および履行に対しては、1980年末までに原子力発電設備容量が2億5千万KW程度に達するという見通しと相俟って、慎重な考慮が払われつつある。

アメリカ合衆国政府は15年間、その基本政策として、国内外の顧客に対して無差別的な価格と条件で、長期にわたるウラン濃縮サービスの提供を保証してきた。

1969年1月1日に発足したUSAECのウラン濃縮サービス計画により、顧客はAECにウランのフィードマテリアルを持ち込み、濃縮料金を支払うことによってAECから濃縮ウランの提供を受けている。

こうした原則の下に取決められた契約には顧客側には契約の終了という権利が含まれているが、供給者としてのAECにはこれに相当する権利がない。

このことは、現有設備の分離作業量が、原子力発電所が必要とする分離作業量を、はるかにしのいでいたというまれな状態のために、妥当であり、かつ可能であったのである。供給量と需要量が均衡状態——他の産業では、通常の状態なのであるが——に接近するにしたがって、国内外からの濃縮サービスに対する先行的なコミットメントが、需要を賄うために投下される設備能力の増大化費用を妥当なものにするか否かを予測可能にするのである。

USAECが締結する契約は、一定の濃縮サービス供給量のコミットメントを表示するものであるが、契約は、現有設備容量、もしくは認可された作業容量をベースとしている。したがって、需要を満たす供給能力を確保するためには広範な計画をたてる必要があるのである。このためには、アメリカの濃縮サービスを利用する顧客や国々が、密接に協力しあって所要量の相互調整を行ない、全世界における原子力発電の秩序ある発展をはかって行かなければならないのである。

3月15日(月)

2:10p.m~5:00p.m

シ ン ポ ジ ウ ム

原子力産業長期ビジョンの展開

議 長

吉 村 清 三 氏 関西電力㈱社長

発 表 者

田 中 直 治 郎 氏 東京電力㈱常務取締役

吉 山 博 吉 氏 ㈱日立製作所副社長

コ メ ン テ ー タ ー

出 光 計 助 氏 石油連盟会長・出光興産㈱社長

稲 葉 秀 三 氏 国民経済研究協会会長

北 川 一 栄 氏 原子力委員会委員

前 田 正 男 氏 衆議院議員

(五十音順)

2000年にいたる原子力構想

東京電力(株)

常務取締役 田中直治郎

わが国の原子力平和利用開発は、すでに15年の歩みをしるした。その間に、原子力発電を中心として原子力利用の各分野での開発が進み、今後のわが国経済社会の発展に重要な役割をもつことが予想されるにいたった。

これらを背景として、日本原子力産業会議では、昭和45年1月「原子力産業長期計画委員会」を設け、2000年にいたる原子力構想を策定したので、そのうちまず原子力発電が如何に展開し、そのためには如何なる課題を解決する必要があるかを述べることにする。

今回は、新時代に即した新たな観点から経済社会の展望を行ない、さらに電力需要を想定し、その上に立って原子力発電の検討を行なった。すなわち、30年に亘る超長期構想のなかで、至近年次については具体的に、将来年次については展望的に取扱った。

さて、ごく最近の世界的傾向として産業・経済重視のゆき過ぎが見直され、人間の福祉を優先して、自然の保護や生活環境の改善に重点をおくこととなり、公害防除などについて厳しく規制されるにいたった。

加うるに、石油輸出国機構(OPEC)と国際石油資本との間の石油価格の交渉の結果、大幅な値上げで妥結を見るにいたった。これは石油の大消費国であるわが国として最大の関心事である。わが国の石油価格への影響を極力抑える必要があるが、その度合いの如何によつては、わが国のエネルギー問題はもとより、電力生産に多大の影響を及ぼすこととなろう。

しかしながら、本来わが国は国民1人当りの所得水準も低いので、生産を高め、国民生活の向上をはかる必要がある。したがって、電力生産も高い水準を保持することとなり、電源の開発を推進する必要があるが、ごく最近の諸情勢を勘案すると、原子力発電の比重が本構想のそれよりさらに高くなることも考えられる。

次に、本構想の概要を述べる。

まず、経済成長は第1表に示すように各10年間に於いて9～10%から5%程度と想定した。

また、エネルギー需要の弾性値は、経済社会の高度化に伴う産業構造の変化から、次第に低下していくであろうが、それでも規模としては第1図のように大きくなることが予想される。

このうち電力需要は第2表に示す如くなり、これを国民1人当りで見ると、昭和44年度の2,700KWhから昭和55年度で7,000~7,600KWhとなり、現在のアメリカの水準に達する。

これに対する発電設備は第3表の如くであり、昭和44年度末の5,000万KW（自家用を除く）に対し、昭和65年に6倍、昭和75年9倍に達する。

水、火、原子力の組合せについては、総合経済性を検討のうえ、第3表の如く定めた。この原子力発電設備によるKWhを石油換算すると、昭和65年約2億Kℓ、昭和75年約4億Kℓとなり、これは石油の量を大幅に核燃料におきかえたことになる。

第5表の炉型別組合せにより、核燃料サイクルの諸量を計算すると第6表の如くなる。

天然ウラン（ U_3O_8 ）はケースIの場合、昭和65年で年間約2万ショート・トン、累積所要量約20万ショート・トン、昭和75年で年間約2万ショート・トン累積所要量約42万ショート・トンとなり、現在の世界の埋蔵量に比較すると膨大な数量となる。

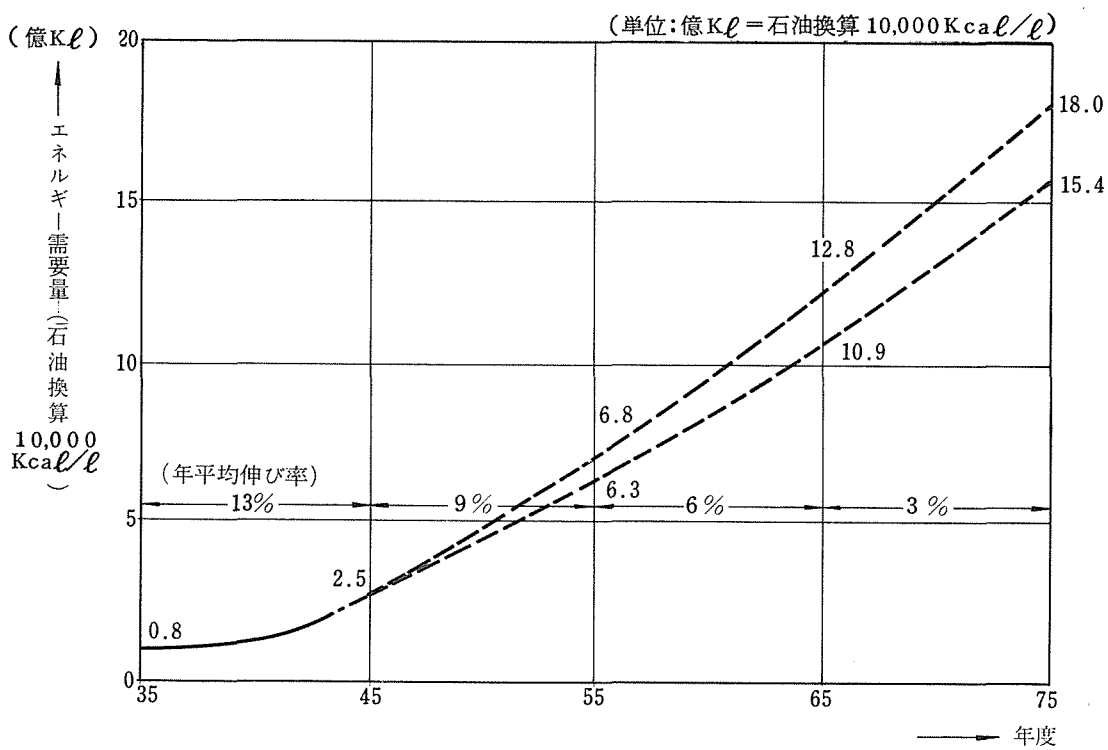
本構想による原子力開発について、将来解決しなければならない主要課題を列挙すれば次の如くである。

- (1) 核燃料確保の諸方策
- (2) 濃縮技術の開発
- (3) 新型炉の開発
- (4) 使用済燃料等の処理処分
- (5) 安全および環境保全対策の推進による立地の確保

第 1 表 経済成長率と GNP の 規 模

昭和	45~55年度	55~65年度	65~75年度
経済成長率	9~10%	7~8%	5%
昭和	55年度	65年度	75年度
GNP	142~154 兆円	280~340 兆円	450~540 兆円

第 1 図 エネルギー需要量の予測



第 2 表 電力需要想定

昭和		55年度	65年度	75年度
		総需要(億KWH)	8,100 ~8,800	14,700 ~17,300
自発・共火(億KWH)		1,700 ~1,800	3,000 ~3,500	3,900 ~4,600
九 電 力 会 社 需 要	販売電力量 (億KWH)	6,400 ~7,000	11,700 ~13,800	18,100 ~21,400
	送電ロス率 (%)	6.9	6.9	6.9
	送電端電力量 (億KWH)	6,700 ~7,500	12,600 ~14,800	19,500 ~23,000
	最大電力(万kW)	12,600 ~13,700	22,800 ~26,900	35,300 ~41,700
	年負荷率(%)	63	63	63

第 3 表 発電設備規模(年度末)

(単位:万KW)

		昭和55年	昭和65年	昭和75年
合計		16,900	28,600	44,000
内 訳	水力	3,300(20)	5,700(20)	8,600(20)
	火力	10,900(64)	11,900(41)	13,400(30)
	原子力	2,700(16)	11,000(39)	22,000(50)

(注) ()内は構成比率 %

第 4 表 年間発電々力量 (送電端)

(単位:億KWH)

		昭和55年	昭和65年	昭和75年
合計需要		(170) 7,220	(440) 13,720	(860) 21,260
内訳	水力	930	1,230	1,630
	火力	4,580	5,330	5,320
	原子力	1,880	7,600	15,170

(注) 需要欄の()内数字は揚水消費電力量で外数である。

第 5 表 炉型別設備

昭和(年度末)	55		65			75		
原子力設備	2,700 ^{万kW}		11,000 ^{万kW}			22,000 ^{万kW}		
炉型別設備	LWR	LWR	ATR	FBR	LWR	ATR	FBR	
ケース I	2,700	9,900	0	1,100	12,500	0	9,500	
ケース II - a		9,200	700		11,400	1,100		
II - b		7,800	2,100		9,300	3,200		
II - c		6,300	3,600		7,200	5,300		

LWR … 軽水炉 ATR … 新型転換炉 FBR … 高速増殖炉

第 6 表 核燃料サイクル諸量

		昭和年度	ケ ー ス I	ケ ー ス II		
				(a)ATR10%	(b)ATR30%	(c)ATR50%
U ₃ O ₈ 所要量 (1,000STU ₃ O ₈)	年間	55	9	9	9	8
		65	21	20	18	16
		75	20	19	17	15
	累積	55	48	47	46	45
		65	200	200	180	170
		75	420	400	370	340
濃縮所要量 (1,000MTSWU)	年間	55	5	4	4	4
		65	14	13	10	8
		75	15	14	11	9
	累積	55	26	25	24	23
		65	120	110	99	87
		75	280	260	220	180
成型加工 所要量 (100MTU)	年間	55	12	13	13	14
		65	32	34	40	45
		75	33	36	43	49
	累積	55	69	70	70	71
		65	300	310	350	380
		75	640	690	790	880
再処理量 (100MTU)	年間	55	5	5	5	5
		65	20	23	28	33
		75	35	38	45	51
	累積	55	18	18	18	18
		65	150	160	180	210
		75	450	490	580	660

原子力供給産業の展望

(株) 日立製作所

副社長 吉山博吉

わが国における原子力発電もようやく本格化し、今後は増勢の一途をたどることとなるだろうが、加うるに公害問題および石油輸出国機構の価格政策等を考えると、原子力エネルギーに対する期待はさらに増大することは明らかであり、原子力供給産業界の責務はまことに重大である。

< 原子力供給産業の現状 >

将来にわたり常に安定した供給能力を確保し、わが国の原子力発電計画を円滑に推進するための長期対策を検討するにあたり現状を的確に把握する必要がある。

この観点よりまず「国産化の現状」と「現有の生産能力」(第1表)等についての調査よりはじめることとした。

供給産業界においては先進諸国からの技術導入と輸入プラントの建設に参画し、実用炉の国産化に努力を傾注した結果、現在では総合計画をはじめプラント設計全般にわたり、国内メーカーが中心となって実施するにいたっている。また発電所構成機器の大部分を製作するまでにいたったが、なお一部主要機器および特殊品はいまだ輸入に依存している。これらは主に下記の範疇に属するものである。

- (1) 安全性、信頼性に関し、実証性確認が強く要求されるもの。
- (2) 一般市場性に乏しいうえに、厳格な規格が要請され自社による開発に採算性が望みがないもの。

核燃料については、わずかに成型加工について工業規模の操業の緒についたところであるが、取替燃料のみならず初装荷燃料の受注も実現している。

< 原子力供給産業の生産能力の見通し >

電力需要の想定にもとづいた発電計画の見通しを基礎にし年間着工量ベースでの需要を予測したうえ、これに対応して供給産業側が備えるべき生産能力を第2表の如く想定した。

これを現有能力と比較すると昭和75年度において、原子炉設備にあつては約4倍、タービン・発電機については約3倍程度ではあるが、一方建設中のプラント規模という点からみれば、原子力発電所のみについても、かりに工期を4～5年とすれば、昭和55年度時点では約

2.700～3.100万KW 昭和65年度では4.400～5.500万KW 昭和75年時点には5.900～7.400万KW と云う膨大な量になる。

核燃料の所要量は導入される炉型のパターンにより異なるため、上下限であるケースⅠとケースⅡ(C)につき検討した結果は第3表の如くである。

<技術開発の展望>

技術革新のテンポの早いこの分野において、昭和75年までの技術開発を予測することはなほだ困難であるため、在来炉、将来炉および核燃料に関する、技術的あるいは実用化に際しての問題点につき検討した。

いずれの炉型を開発するにせよ、燃料の実用化はもとより再処理を含めた核燃料サイクルの確立が必要であり、解決しなければならぬ問題は山積している。

<輸出の見通しと方策>

現在でも圧力容器、格納容器、タービン・発電機等につき国際分業のかたちで逐次輸出実績をあげている。先進諸国に対しては当面上記の如き、機器単体での輸出を伸ばすほか、プラントの共同受注の方式による進出に努力することとし、開発途上国に対しては、国際分業方式に加えて、プラント輸出についても是非実現をはかりたい。

<むすび>

今回の検討を通じ、開発体制にせよ、生産体制にせよ原子炉設備関係が先行しているかに見受けられた。もちろん原子炉もゆるがせにはできぬが、これに併行して燃料サイクルの確立が必要であり、この関係の研究開発、あるいは施設の拡充に拍車をかける必要がある。

第 1 表 現 有 生 産 能 力

項 目		生 産 能 力	備 考
原 子 炉 設 備		5 0 0 万 K W	昭和 4 6 ~ 4 7 年受注し、昭和 5 2 年に完成可能量
タービン・発電機		1 2 0 0 万 K W	火力機も含め昭和 4 9 年における出荷予想量
燃 料	再 転 換	4 8 0 トン UO_2 / 年	昭和 4 6 年より
	成 型 加 工	3 9 0 トン U / 年	昭和 4 6 年より (但し、内 8 0 トン / 年は昭和 4 7 年より)

第 2 表 原 子 炉 設 備 お よ び タ ー ビ ン ・ 発 電 機 関 係 の 必 要 生 産 能 力

機 器 名	昭 和 年 度	予想国内需要 (事業用のみ)	必 要 な 生 産 能 力	生 産 余 力
原 子 炉 設 備	5 5	8 5 0 (万 K W)	1 0 0 0 (万 K W)	2 0 %
	6 5	1 1 0 0	1 4 0 0	輸出等も考慮
	7 5	1 6 0 0	2 1 0 0	し 3 0 %
タービン・発電機 (火力用を含む)	5 5	1 2 0 0	1 7 0 0	火力機における自家発, 共火, 輸出等を考慮し 4 0 %
	6 5	1 6 0 0	2 2 0 0	
	7 5	2 5 0 0	3 5 0 0	

(注) 上記の需要は着工ベースによる。原子力は 5 年先、火力は 3 年先の運開量を着工量とした。

第 3 表 核 燃 料 関 係 必 要 生 産 能 力

昭 和 年 度	再 転 換 能 力 (トン UO_2 / 年)		成 型 加 工 (トン U / 年)				再 処 理 所 要 量 (トン U / 年)	
	ケース I	ケース II (C)	需 要		必 要 生 産 能 力		ケース I	ケース II (C)
			ケース I	ケース II (C)	ケース I	ケース II (C)		
5 5	2 1 0 0	1 7 0 0	1 2 0 0	1 4 0 0	1 8 0 0	2 1 0 0	5 0 0	5 0 0
6 5	5 4 0 0	3 2 0 0	3 4 0 0 (100)	4 7 0 0 (100)	5 1 0 0 (150)	7 1 0 0 (150)	2 1 0 0 (40)	3 3 0 0 (40)
7 5	5 7 0 0	3 3 0 0	4 7 0 0 (700)	6 3 0 0 (700)	7 1 0 0 (1,100)	9 5 0 0 (1,100)	4 0 0 0 (450)	5 6 0 0 (450)

- (注) 1. 成型加工については、月別需要の変動がはなはだしいため生産余力を 50 % ととした。
 2. 成型加工の需要、再処理所要量には、FBR 用ブランケット燃料が加算されている。
 3. () 内は、FBR 炉心用燃料 (トン Pu-U / 年) で外数である。
 4. ケース I は (LWR + FBR), ケース II (C) は (LWR + ATR 50% + FBR) の場合である。

第 4 表 世界の原子力発電所開発需要見通し(年度別)

(単位: 万KW)

国名	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	① '81~'85	合計
アメリカ	610	560	940	1,120	1,640	1,330	1,400	1,640	1,760	1,900	2,100	12,700	27,700
カナダ	20	80	100	50			80	140	80	130	120	1,000	1,800
合計	630	640	1,040	1,170	1,640	1,330	1,480	1,780	1,840	2,030	2,220	13,700	29,500
フランス	150	50	60				150	80	180	90	160	1,580	2,500
西ドイツ	80	10	130	30	340	520	320	270	300	250	250	2,000	4,500
イギリス	530	20	240	130	120	130	250	300	300	300	300	1,980	4,600
その他	220	50	110	160	180	550	140	350	480	370	1,170	4,870	8,650
合計(ヨーロッパOECD)	980	130	540	320	640	1,200	860	1,000	1,260	1,010	1,880	10,430	20,250
※OECD 非加盟合計	60	10	20	80	130	290	320	110	490	260	520	3,240	5,530
日本	80		50	125	215	345	360	330	330	395	420	3,290	5,940
総計	1,750	780	1,650	1,695	2,625	3,165	3,020	3,220	3,920	3,695	5,040	30,660	61,220

(注) 1. '81~'85年の数字は'85以前に比べやや信頼性に欠ける。

2. ※印はアルゼンチン、オーストラリア、ブラジル、インド、イスラエル、大韓民国、メキシコ、ニュージーランド、パキスタン、フィリピン、南アフリカ共和国、台湾、タイの合計。

3. 資料: URANIUM Resources, Production and Demand Sep. 1970 (ENEA・IAEA共同報告)

3月16日 (火)

9:00a.m.~12:00

パネ ル 討 論 会

原 子 力 発 電 所 と 環 境 問 題

議 長

平 田 敬 一 郎 氏 国 土 総 合 開 発 審 議 会 会 長

パネ ル ・ メンバ ー

(五 十 音 順)

池 尻 文 二 氏	全 国 漁 業 協 同 組 合 連 合 会 常 務 理 事
小 林 健 三 郎 氏	東 京 電 力 ㈱ 取 締 役
左 合 正 雄 氏	東 京 都 立 大 学 教 授
下 邨 昭 三 氏	科 学 技 術 庁 原 子 力 局 原 子 炉 規 制 課 長
竹 内 俊 吉 氏	青 森 県 知 事
武 田 康 氏	通 商 産 業 省 公 益 事 業 局 原 子 力 発 電 課 長
春 野 鶴 子 氏	主 婦 連 合 会 副 会 長
御 園 生 圭 輔 氏	放 射 線 医 学 総 合 研 究 所 長
森 有 義 氏	農 政 評 論 家
吉 田 正 勝 氏	九 州 電 力 ㈱ 常 務 取 締 役

原子力環境問題に対する内外の動向

放射線医学総合研究所

所長 御園生 圭 輔

I エネルギー源としての原子力発電

35億の世界人口は21世紀に入ると2倍になるという。人口の増加はエネルギーの需要増を意味する。21世紀に入るや世界の原子力発電施設は4,300GWに達し、全発電量の60%を占めるという。わが国の人口も2000年には1億3千万人を越え、1990年ですでに電力需要は280GW、うち原子力発電120GWに達し、サイトしても30地点が必要とされている。

II 放射線防護の基準

多くの国がICRP勧告に基いて、その国固有の放射線防護のための基準を定めている。

英国では規制の基本となる考え方は、「放射性廃棄物の管理に関する白書1959」に示されている次の3項目である。

- (1) 経費のいかににかかわらず、公衆のうちだれ1人としてICRPの公衆の構成員に対する勧告値をこえないことを保証する（身体的影響にもとづく制限）
- (2) 経費のいかににかかわらず、国民全人口が平均被曝線量として1人30年1ラドをこえないことを保証する。（遺伝的影響にもとづく制限）
- (3) 上記は絶対こえられないレベルであって、現実に可能な限り実際の線量はそれよりはるかに低く保つようにする。

米国では一般集団に対する放射線防護指針の中で、一般集団中の個人の全身に対する年間放射線被曝（自然バックグラウンドおよび医療行為によるものを除く）は、0.5レムをこえるべきではない。平均集団グループの年間全身被曝に対しては0.17レムを使用することを勧告する、としている。

わが国では許容週線量、許容濃度、許容表面濃度が、昭和35年9月30日科学技術庁告示21「原子炉の設置、運転等に関する規則等の規定に基づき許容週線量、許容濃度及び許容表面濃度を定める件」で規定されている。

Ⅲ 原子力施設に対する公衆の反応

原子力施設に対する公衆の反応は国によって一様ではない。ここでは米国の例を示す。

米国では一昨年以來、環境破壊防止論争の波が高まってきているようであるが、原子力の問題は放射能という新しい要素をもっており環境論争の中心となっているようである。

論点は大別して3つとなる。第1は熱影響の問題、第2はAECのもつ権限に関するもの、第3は現行の放射線被曝基準の引き下げを要するかの問題である。第3の問題はGofman、Tamplyn 両博士により提案されたもので、被曝基準を現行の年0.17レムから1/10に引き下げよというものである。

根拠とされた点は放射線による悪性腫瘍誘発の事実であり、もし原子力発電が計画通り進行し、現行の被曝基準だけの線量を受けつづけるとすれば、全米で1万6千人以上の癌による死者が追加されるであろうと主張している。これに対しては学者側の反論があり、AECは両氏の提案は被曝基準の修正に対する状態をつくらないとしている。

Ⅳ 米国における環境問題に対する対策

AECは昨年現行の基準内で、放射性物質の放出に関する規則の改訂を提案した。その中で、「設置申請者は被曝と放射性物質の放出を出来るだけ低く（as low as practicable）保つよう、あらゆる合理的努力をすること」を要求している。

NASのFRCに対するAdvisory Committeeは現行の放射線防護指針の総括的レビューを開始した。

電力会社、原子炉メーカーの側でも放射性物質の放出量を引き下げる努力を行なっている。48時間off-gas貯蔵装置の設置もその一つのあらわれである。

off-gasの長寿命核種を分離する方法、液体廃棄物をリサイクルして放出をほとんどなくす技術の開発なども進められ、ほぼ成功したといわれている。

Ⅴ わが国における今後の問題

米国の環境論争を他山の石として検討しておかねばならぬことがいくつかあるであろう。

1. 放射性廃棄物の規制について
2. 環境の管理モニタリングについて
3. 環境安全のPRについて

4. 施設者側の努力すべきことについて
5. 固体廃棄物の処理について
6. 将来の安全研究のすすめ方について、等。

3月16日 (火)

1:00P.m.~4:45P.m.

講

演

原子力エネルギーの製鉄プロセスへの利用

日本鉄鋼協会 原子力部会長
新日本製鉄(株)副社長
藤 木 俊 三

1. 製鉄業における原子力エネルギー利用の意義

近年におけるわが国鉄鋼業の発展は、世界史上類例を見ぬもので、1960年の粗鋼生産2,200万tに対して1970年(歴年)の9,300万tの実績が端的にこれを物語る。製鉄に不可欠の主原料、エネルギー資源を国内にほとんど持たぬわが国のこのような異例の発展要因は、巨大規模の高炉、LD転炉に初まる臨海一貫製鉄所の相次ぐ建設稼働と、大型船による主原料、エネルギー源の効率的な海外よりの入手にあった。産業界の生産規模の著しい拡大から最近エネルギー問題が急速に全産業界に共通な深刻な問題をクローズアップしつつある。1970年代はこのエネルギー問題を中心に激動の10年間として展開することとなる。エネルギーに関する量、コスト、質、更に抜本的なエネルギー転換の問題など、エネルギー革命の進展に対して安易な常套的対応策によって糊塗することは許されまい。このエネルギー動乱期のさ中に、原子力エネルギーの実用化が開花期を迎えつつあることは誠に力強い。鉄鋼業は周知のごとく、最大のエネルギー消費産業であり、主要エネルギーとして原料炭、重油、電力に及ぶ。圧倒的な主力エネルギーの地位にある原料炭は、現在その85%を、又その中の強粘結炭は完全に全量を海外に依存しており、今後量的ならびにコスト面で有利安定した入手は極めて困難とされる実情にある。重油の将来も楽観しがたく、又天然ガスの入手も海外諸国に比べて極めて不利な条件下にある。原子力発電は早くも将来の発電の主導的役割を約束せられているが、原子力エネルギーを、電力より、より効率的な熱エネルギーの形で直接プロセスヒートに利用する技術的可能性は最近に至り遂次強まりつつある。これは高温ガス冷却炉の急速な技術進歩に負う所が大きい。原子力エネルギーを熱及び電力両面よりの利用によって、鉄鋼業の当面するエネルギー問題に抜本的な打開の方途を期待したい。海外諸国に比べエネルギー面において格段の不利な条件下にあるわが国においてこそ、原子力製鉄の技術開発にチャレンジすべき必然性が最も強かるべきことを銘記したい。

2. 製鉄プロセスへの導入と技術的困難性

製鉄プロセスへ原子力エネルギー利用の局面はいくつか考えうるが、最も標準的とすべきは、原料炭の依存から脱却した直接製鉄により得られた還元鉄を、電炉製鋼により溶製する一連の方式とされる。即ち原子力エネルギーは直接製鉄部門における還元ガスの製造と与熱用に顕熱として用いられ、電炉には原子力発電による電力が供給せられる。直接製鉄も電炉製鋼技術もそれ自体新奇な技術というに当らぬが、原子力製鉄プロセスを構成するサブシステムとしてそれぞれ広汎多岐にわたる技術開発上の問題を包蔵しており、これらの問題は国内外において開発解決の先例を見ぬものが多い。又原子力エネルギーの単価面の有利性は十分予測せられるというものの、一連の新システムの生産コストが現行高炉—LD製鋼方式に十分拮抗するものでなければならず、又単位設備の生産能力規模にあっても近代的量産体制を構成しうるものでなければならない。以下に各サブシステムの技術問題項目を抄出する。

- 高温ガス冷却炉 — 鉄側における還元ガス所要温度 850°C 以上に対応し原子炉出口ヘリウムガス温度 $1,000^{\circ}\text{C}$ (以上) を満足する高温ガス炉の技術開発
- 熱交換器 — 耐高温金属材料の開発、熱交換器型式と適切な設計構造に関する開発、 H_2 透過対策
- 鉍石還元炉 — 還元炉形式の選択、還元技術の開発と設備大型化の研究
- 還元ガス — 天然ガスの改質が最もかんたんであるが、わが国情から原油、重油の熱分解による有利な還元ガス製造技術の開発
- 電炉製鋼 — 還元鉄を能率よく大量に使用しうる電炉技術と設備面の開発
- その他 — 原子炉、製鉄工程直結に伴う安全問題、Heサイクル中における熱エネルギーの最も効率的な利用システムの総合的研究など

3. 鉄鋼協会原子力部会の検討経過

昭和43年9月、鉄鋼協会に原子力部会が設置せられ、現在次の組織で活発に共同研究活動を展開中である。

- システム小委 — 部会運営のシステムの企画調整
- 第1小委 — 原子力発電による電力の利用
- 第2小委 — 原子力熱エネルギーの製鉄への利用
- 第3小委 — 製鉄用原子炉の検討

第4小委 — 熱交換器の検討

第5小委 — 還元ガスの製造の検討

シャフト炉小委 — 通産補助金によるシャフト実験炉（鉍石還元）による共同研究の実験
担当

尚、昭和46年度の共同実験（通産補助金実験）として、原子力製鉄開発のキーポイントを
なす、熱交換器開発に関する実験と、重油を原料とする還元ガス製造の開発実験を共同研究と
して開始すべく準備中である。

4. 結 語

- ① 激動する今後のエネルギー問題に対処し大局的見地から原子力製鉄技術開発に取りくむべきであるが、問題の広汎にわたり困難性の多いテーマであることから、開発体制は最も能率的効果的な形で運営せられねばならぬことを強調したい。
- ② 鉄鋼業界としては原研5万kWの高温ガス実験炉の実現をつよく要望したい。この実験へのステップと緊密な連繫をとりつつ、製鉄サイドのサブシステムの開発を推進し、実験炉実現にあわせて、接点部分としてキーポイントをなす熱交換器システムの現実化の目途をつけることに期待したい。
- ③ 原子力製鉄の現実化への道は平坦でなく、開発には幾多の困難と曲折が予想せられ、又多額の開発費を要する性格のものであることを考え、関係方面との密接な連繫と、ご協力を切望するものである。

アイソトープ・放射線産業利用の将来

東京大学生産技術研究所

教授 加藤 正 夫

原子力の平和利用ということは新しい動力源の開発ということとアイソトープ・放射線の利用による自然科学の基礎研究および新技術の開発ということである。この両者が車の両輪となって原子力時代が進展し、人類の福祉増進に貢献するものといわなければならない。

前者は急速に増大していく動力の需用を充足するということができわめてわかりやすいのであるが、後者の場合アイソトープ・放射線をどのように利用してどのような利益があるのかということが一般にはわかりにくい。しかしながら、アイソトープ・放射線利用は一般概念による工業の広い分野だけにとどまらず、地下資源・水資源・海洋資源の開発および宇宙開発にまで広げられ、さらに生態学・環境工学の研究開発には必要欠くべからざる手段となっている。またその応用技術は今日著しく進歩し、その応用による技術的・経済的効果はきわめて大きいものである。

日本の経済規模がいまや非常に大きいという背景を考えるならば、アイソトープ・放射線利用を強力に進めることにより原子動力の利用に劣らない大きな利益が必らず得られるはずである。一方原子動力の開発とアイソトープ・放射線利用開発とは密接不可分の関係にある — たとえば、動力炉を同時にアイソトープの製造に利用することや、使用済み燃料から核分裂アイソトープおよび超ウラン元素を回収すること、など。まして廃棄物の処理の問題を考えるならば、これを有効に利用するという積極的考え方を基本的にもったうえて原子力開発利用の将来展望を行わなければならない。

従来わが国においては、アイソトープ・放射線利用に対して国家も産業界もその推進に十分な措置を講じてきたとはいえない。むしろその認識を著しく欠いていたものといわねばならない。いまやこのような姿勢を改め新しい大構想を策定して積極的にこの問題に取り組むことを強く要望するものである。

アイソトープ・放射線利用は上記の多くの分野に浸透してより大きな経済的効果を挙げることを目標として強力に開発利用を推進すべきものであるが、その性質上二三の分野に偏することなく総合的に行われなければならない。また取扱う範囲が非常に広汎でかつ複雑多岐に相互に

関連し合っているので、関係各分野ならびに関係各機関の十分な協力が必要である。

その遂行には、研究者・技術者の層を厚くすることが必要欠くべからざる要件である。教育・訓練によって多くの人材を養成し同時に研究自体の層も厚くするよう各種の措置を講じなければならない。さらに一般的には、宣伝・啓蒙・指導も必要な活動である。

人材養成の点に関しては、大学における教育を拡げることが基本的に重要なことであり、目下日本学術会議・原子力特別委員会において講座の新增設ならびに教育・訓練施設の設置に関する具体案を検討しており近く政府に勧告する予定である。

アイソトープ・放射線の工業利用に関して推進すべき項目は、昭和42年に策定された“原子力開発利用長期計画”に述べられているとおりであり、その内容は4年後の今日も全く改訂を要しない。その10項目余りのうち、とくに今日強く推進すべきものは、核分裂生成物の積極利用および環境汚染の調査・防止への応用である。これらはまた新しい原子力産業を生み出すことに連なるものである。

海 運 の 将 来 と 原 子 力 船

大阪商船三井船舶 ㈱

取締役社長 福 田 久 雄

商船としての原子力船の実用化が叫ばれはじめてから既に久しい。現在、世界に現存する原子力商船としては、ソ連のレーニン号、米国のサバンナ号、西独のオット・ハーン号、及びわが国の“むつ”の4隻に過ぎず、しかもこれらは何れも実験船として建造されたものであり、実用商船として使用する原子力商船或いは船用原子炉は未だ開発されていない。実用原子力船については、各国とも未だ研究途上にあるというべきであろう。

発電その他の分野での原子力平和利用については、現在相当の段階まで実用化が進んでいるにも拘らず、船用推進機関への原子力の適用においてのみ殆ど見るべき進展がないということは、経済性という枠内で、軽量、小型、かつ安全性の高い船用原子炉を開発することが如何に困難であるかを物語っていると共に、従来ユーザーたる海運界において在来機関に代わるべきものとしての船用原子炉に対する必要性ないし緊急性が殆ど無かったからであるとも解される。とは言っても、これまで本問題に対し、関係者において何らの努力も払われなかったということではない。欧米各国と同様、わが国でもつとに貨客船、或いは在来1万トン型貨物船、タンカー等への原子力の適用の可能性につき種々検討が行われて来たし“むつ”の建造実現もその一つの証左といえる。

しかし、原子力商船実用化の可能性を俄かに現実のものとして高めたのは、最近の海運におけるコンテナリゼーションの進展である。コンテナ化は、単に船舶、荷役機械等関連輸送機器の技術革新に止まらず、海上輸送という従来の領域を超え、更に他国内の陸上輸送の両端にまで及び所謂“ドア・ツー・ドア”の海陸一貫輸送を達成するという点において、輸送システムそのものゝ改変であり、特に輸送革新と称せられるものであるが、これを海上輸送区間のみ限定して考えれば、在来定期船の高度の専用船化と目される。従って、専用船としてのコンテナ船に対しては、他の専用船におけると同様、キャリアーの輸送コスト軽減という見地から大型化の傾向が今後ますます促進されると同時に、これに加えて、対象貨物が高額の一般雑貨であることより、資本回転率の向上、流通コストの軽減という主として荷主サイドの事情から、取扱商品輸送の迅速化、即ち本船の高速化がいやが上にも要請されることになるものと思われる

るのである。何れにしても、コンテナ船に対するこのような高速化、大型化の要請が高まる程、在来機関では達成不可能な分野が増大し、そのような困難を解決するものとして船用原子炉の適性が急激に増大し、そこに原子力商船実用化の可能性が生ずることは必然であろう。

一方、翻って最近の海運の情勢をみるに、世界経済の拡大に伴う貿易物資の荷動きは増大の一途を辿り、わが国の経済成長に不可欠な重要物資の安定かつ経済的な輸送を担当するものとしての海運の重要性もますます倍加しつつある。従って、従来同様、海運に課せられた任務を円滑に遂行するため、船腹の量的拡充をはじめ、質的競争力強化の見地から本船の専用船化、大型化、自動化、更にはコンテナリゼーションのような輸送技術革新に至る様々な努力が今後も凡ゆる分野に亘って要請されることは申すまでもない。ともあれ、コンテナリゼーションという最近の海運における最も大きな情勢変化を、海運業の将来に対する長期展望という観点から前述のように認識するとすれば、“むつ”に次ぐ原子力第二船以降の研究開発実用化について、その具体的な計画化と、それを推進すべき機構組織の整備等が何よりも急がれ、かつまた現在進展しつつある船用原子炉に関する日独共同研究開発の話合とその成果に多大の期待が寄せられるということも容易に了解されるであろう。

以上が原子力商船に関する、私の基本的な認識であるが、このような考え方に立って、本問題に対する日頃の所懐の一端を述べて、大方の御参考に供したい。

日本における動力炉開発

動力炉・核燃料開発事業団

副理事長 清 成 迪

動燃事業団は、現在高速実験炉「常陽」、高速増殖炉原型炉「もんじゅ」および新型転換炉原型炉「ふげん」の3つのプロジェクトを主要な柱として、新型動力炉の開発を進めている。これらの現状を概括的に報告する。

1. 高速実験炉「常陽」

第1期熱出力50MW、混合酸化物燃料ナトリウム冷却ループ型の高速実験炉「常陽」について、動燃事業団は原研で行なわれた概念設計を引き継ぎ、さらにメーカーとの共同作業により詳細設計を進め、原子炉設置許可申請を行ない、昨年2月政府許可を得た。同年3月から、大洗工学センター内において掘さく工事を開始するとともに、同年3月機器の発注を行ない、45年末にマット打ち等の基礎工事を終了した。現在格納容器の製作および現地据付を行っており、炉心本体、構成機器等についても製作を開始している。引き続き、建屋の建設、原子炉設備の据付け等を進め、48年度末頃に臨界に至らせる予定である。

2. 高速増殖炉原型炉「もんじゅ」

ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料の300MWe程度のループ型ナトリウム冷却型高速増殖炉原型炉「もんじゅ」については、44年度にかけて原型炉1次設計および「もんじゅ」1次設計を行なって、炉心およびプラントの主要パラメーターの検討評価を行なっている。

さらにプラント各系統および主要機器等について詳細な設計の検討を行ない、プラント全体の主要設計仕様を決めた。今後さらに所要の設計研究および設計コードの開発等を進め、原子力委員会の評価検討を経て49年度はじめに着工、53年度半ばに臨界に至らせる予定である。

3. 新型転換炉原型炉「ふげん」

165MWe重水減速沸騰軽水冷却型原型炉「ふげん」は、昨年3月原子炉設置許可申請を

行ない、同年11月に設置許可を受けた。現在原電敦賀発電所構内の建設予定地の整地工事を進めており、本年6月より基礎掘さくを開始する予定である。また現在主要機器の契約交渉を行なっており、昭和49年度末頃に臨界に至らせることを目標に、設計製作、建設を進める計画である。

4. 研究開発施設

上記新型動力炉の開発に必要な各種の研究開発は、原研、メーカー等に委託して実施しているほか、動燃事業団は、大洗工学センターおよび東海事業所において必要な研究開発施設の建設、整備を行なっている。大洗工学センターの現状を別表に示した。すなわち、「常陽」および「ふげん」のための施設は、45年度までにほぼ整い、このうちかなりのものは、44年度末から運転にはいった。また、「もんじゅ」関係についても、45年度から一部運転を開始したものもある。東海事業所においては、プルトニウム燃料関係の施設等を建設して、「ふげん」「常陽」および「もんじゅ」の燃料材料の開発および製造加工の体制の整備を進めている。

5. むすび

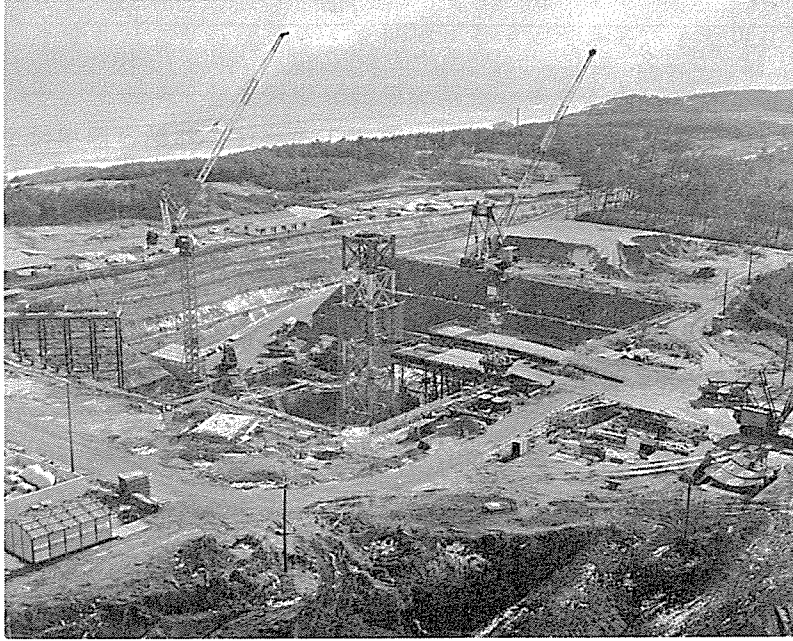
上述の通り、「常陽」、「ふげん」の建設工事、大洗工学センターの主要施設の稼働開始をむかえ、新型動力炉の開発は、本来の意味での開発と建設の段階にはいつたといえる。

一方、海外先進諸国における新型動力炉開発に目を転ずると、高速増殖炉の分野では、イギリス、フランス、ソ連では原型炉の完成が間近く、また西ドイツおよびアメリカでも近々着工の予定であり、実用炉は1980年代には、いずれも運転を開始すると発表されている。重水減速沸騰軽水冷却型新型転換炉関係では、カナダで原型炉が最近計画通り試運転にはいり、スコットランドでもSGHWRの実用炉の建設が具体化する動きがある。いずれにしても、海外の新型動力炉の開発は積極的に進められている。

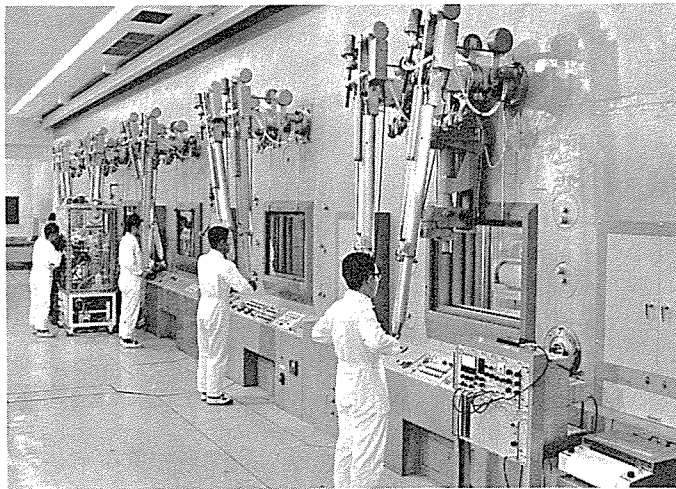
最近におけるエネルギーをめぐる世界情勢からも、わが国にとって、新型動力炉開発の必要性は一段と高まったかのように思われる。関係各機関のご理解とご協力を切に希望する次第である。

大洗工学センター主要研究開発施設

区分	施設名	現 状
高 速 増 殖 炉	高速実験炉「常陽」	基礎工事終了、格納容器据付中
	ナトリウム機器構造試験施設	建屋、試験容器完成、機器製作中
	ナトリウム流動伝熱試験施設	冷却系機器特性試験終了、燃料集合体流動試験のための改造工事実施中
	小型蒸気発生器試験施設	完 成
	50MW 蒸気発生器試験施設	建屋、本体詳細設計完了(46年度着工)
	高速炉安全性第1試験施設	大リークNa-水反応試験実施中
	高速炉安全性第2試験施設	Na 過渡沸騰試験装置完成
	ナトリウム技術開発施設	小リークNa-水反応試験装置等工事中 低純度材料試験ループ、技術開発ループ、 放射化材料試験ループ稼働中、中純度 材料試験ループ工事中
	照射燃料試験施設(AGF)	内装機器調整試運転中
	照射材料試験施設(MMF)	基 礎 工 事 中
新 型 転 換 炉	重水臨界実験施設(DCA)	稼働中
	重水工学実験施設	大型熱ループ(HTL),コンポーネント テスト・ループ(CTL) 稼働中
	重水炉安全性実験施設	試験装置増設中
燃料集合体検査施設(FMF)	建屋および内装機器詳細設計中	



「常陽」の建設現場
46年1月6日現在



照射燃料試験施設内部



「ふげん」建設現場

LATEST DEVELOPMENTS IN GRAPHITE MODERATED AND D₂O

MODERATED REACTORS

R.V. Moore, G.C., C.B.E.
Member for Reactor Development, UKAEA

Against the background of the large U.K. programme of nuclear power stations already on power and under construction, the Paper deals with the progress being made in continuing thermal reactor development in the U.K. In particular, it describes the development and commercial evolution of the high temperature gas-cooled reactor (HTR) and the steam generating heavy water reactor (SGHWR).

The concept of the HTR particle fuel is explained and its development, together with other materials, as a joint European venture in the 'Dragon' reactor is outlined. This is followed by a description of the general form which the commercial version of the HTR is likely to take when it is presented to the U.K. Generating Board in a month or so's time.

The Paper then describes the main features of, and the experience with, the 100 MW(e) Winfrith SGHWR, which has been operating very successfully in the U.K. over the past three years. Commercial designs have, and are being, tendered both in the U.K. and elsewhere and the general form of the commercial plants offered is described.

黒鉛および重水減速炉における最近の進展

イギリス原子力公社原子炉開発担当理事

R. V. ムーア

本論文では、すでに運開あるいは現在建設中の原子力発電所の大規模な計画を背景として、イギリスにおける熱中性子炉の開発の進展を紹介する。とくに、ここでは高温ガス炉と蒸気発生重水炉（SGHWR）の開発および実用炉を中心に述べる。

HTR の粒子燃料の概念について説明し、また、ドラゴン炉による欧州共同事業として、燃料およびその他の材料の開発の概要を述べる。さらに、ここ 1、2 カ月のうちに英国発電庁に提出されるはずの HTR 実用炉の要目についてふれる。

次いで電気出力 10 万 KW のウインフリス SGHWR の主な特徴と経験について述べる。同炉は過去 3 年間イギリスで非常に順調に運転されてきたものである。

商業用 SGHWR の設計は、イギリス、その他でこれまで、また現在も応札している。ここでは SGHWR の商業用プラントの一般要目を述べる。

NUCLEAR POWER PROGRAM IN FRANCE

M. A. Pecqueur
Director, Delegate to the Mission of
Nuclear Industrial Applications
Commissariat à l'Energie Atomique

Studies undertaken make it clear that french needs of energy during the next fifteen years will give a strongly increasing importance to liquid fuels, the greater part of which will be imported. In order to smooth both charges and risks which are bound to follow such an evolution, it appears that an important reactor program is one of the few and probably one of the best possibilities offered.

The main outlooks of our VIth plan (1970-1975) nuclear policy are detailed hereafter.

Predictions concerning the economical evolution of equipment prices and raw energy in France show that light water/enriched uranium reactors will soon appear competitive compared to fuel power plants.

Thus, our quantitative program which may reach 5000 or even 8000 MWe and seven or eight power plant decisions involves within the next five years is based on this type of reactor. It relies on American licences, but having undertaken both PWR (Chooz, Tihange and now Fessenheim) and BWR (Kaiseraugst), France has already good know in this field.

Relying on achievements obtained in the naval propulsion program, the C.E.A. is even able to furnish original techniques, for instance, in dealing with various composants.

This program must be completed by R & D activities aiming at new techniques which, in time, might advantageously replace light water reactors.

Privileged interest is also given to breeders. With Rapsodie and more recent Fortissimo, the C.E.A. is able to reach project stage definition of an original solution. In particular, large irradiation experience concerning fuel materials and components has already been obtained. Constructing Phenix gives adapted scale information concerning technological problems. Last, foreseen construction of a full scale breeder in 1974 should enable to prove competitiveness of this type of reactor before the end of the seventys.

In spite of the attractive economical features offered by breeders it would probably be a mistake to overlook other solutions. But studies are expensive and choices to be made are most difficult. Thus, keeping such considerations in mind, it seems preferable to progress with care, face heavy expenditures in common, and call for existing capabilities.

Let us recall that French C.E.A. and private industry have a detailed project concerning a 600 MW heavy water reactor (EL.600) which is now waiting for a possible industrial realisation.

High temperature type reactors may also prove to be successful in the future. Technical and economical studies are carried on and could be applied both to a multinational study program and to the realisation of a power size prototype reactor. France could thus make benefit of her experience in the graphite/CO₂ field.

Thus, to conclude :

An important "quantitative program", close survey and continuous efforts on R & D dealing with new fields, a very strong effort on industrial type breeders, continual attention given to foreign activities and achievements, a positive attitude towards international cooperation, such are the headlines of coherent actions which aim both at making benefit from our past experience and, most of all, preserving our country's future needs in energy.

フランスにおける動力炉開発計画

フランス原子力庁

産業計画担当理事 M. A. ペッカー

今後15年間のフランスのエネルギー需要は輸入に頼るところの大きい石油の重要性をますます確固たるものにすることがこれまでの調査で明らかになっている。

これに伴う費用とリスクを軽減するためには、動力炉開発計画は現状で選択しうる数少ない、かつ、最も可能性の高いものの一つである。

以下、フランスの第6次計画における原子力の政策(1970～1975)について主なものを次に述べる。

フランスにおける機器の経済性向上と、一次エネルギーの経済的推移を予測してみると、濃縮ウランを使用する軽水炉が火力発電とまもなく競合するようになるものと思われる。

今後5か年間にフランスで建設される動力炉は、500万KWないし800万KW、基数にして7～8基という大規模な計画であり、これらは軽水炉をベースにしている。この軽水炉は米国のライセンスによるものであるが、フランスはPWR(シューズ、ティアンジュ、フェッセンハイム)とBWR(カイゼルアウグスト)の両方を手がけており、すでに、この分野における十分な知識を有している。

CEA(フランス原子力庁)は海軍用船舶推進計画によって得られた成果にもとづき、例えば、各種コンポーネントの製作などでフランス独自の技術を用いて製作ができる。

この計画は、やがて漸進的に軽水炉に取って代る新しい技術をめざした研究開発によって達成されるものでなければならない。

高速増殖炉開発計画には、特に優先権が与えられている。ラブソデイと最近のフォルティンモ計画を通じて、CEAは、これまでの研究成果を総合する段階に到達している。

特に、燃料とコンポーネントに関する大規模な照射経験はすでに得られている。

フェニックスの建設により、スケール・アップ上の技術的な問題に関する情報が得られる。

1974年に着工予定の商業規模の高速増殖炉は、1970年代の終りまでに、この型の炉の競合性が実証できるであろう。

高速増殖炉がもたらす魅力的な経済的特徴にもかかわらず他の解決策を捜すことは、多分誤りであろう。

しかし、研究には多額の費用を必要とし、選択を行なうことは非常に困難である。

これらのことに留意しながら、多額の費用に直面しつつも、現存する能力を動員して、慎重に開発を進めることが望ましいと思われる。

フランスのCEAと民間企業は、600MWe重水炉(EL. 600)の詳細な計画を有しており、いまや、工業面での実用化を待っていることを思い起してもらいたい。

高温ガス炉も、将来順調に実証されよう。技術的、経済的な面での研究が遂行されており、多国間の研究計画や動力炉の原型炉建設に応用することも考えられる。

フランスはこのように、黒鉛減速炭酸ガス冷却炉の分野における経験から恩恵を得ることができる。

結論として、重要な量的把握計画、新しい分野に関する綿密な調査と絶えざる研究開発への努力、商業用高速増殖炉の開発に対する多大な努力の傾注、諸外国の原子力における活動や成果に対する絶えざる関心、国際協力に対する積極的な態度、これらはわれわれの過去の経験を生かし、将来のわが国のエネルギー需要を確保することを目的とする首尾一貫した活動目標である。

3月17日 (水)

9:00a.m. ~ 0:10P.m.

国際シンポジウム - 1

原子力発電所に関する経験

議長

河内武雄氏 中部電力㈱副社長

発表者

(発言順)

L.F.C.ライクリー氏 エバスコ・サービス社副社長

H.フレージャー氏 クラフトベルク・ユニオン取締役

吉岡俊男氏 日本原子力発電㈱常務取締役

伊藤俊夫氏 関西電力㈱専務取締役

コメンテーター

金岩芳郎氏 東京芝浦電気㈱取締役

CONSTRUCTION AND OPERATING EXPERIENCE OF
LIGHT WATER NUCLEAR POWER PLANTS

Leonard F. C. Reichle
Vice President
Ebasco Services Incorporated

A large number of BWR and PWR nuclear power plants with USA-manufactured Nuclear Steam Supply Systems are committed, under construction and in operation in several major areas of the World. The identity, and competitive characteristics of these plants, their economic justification, and their environmental impact are discussed.

Unique design requirements have been established for BWR and PWR plants, and these unique design requirements have resulted in special requirements and techniques for installation and construction.

The operating experience behind light water nuclear power plants with USA-manufactured Nuclear Steam Supply Systems is now based on many reactor years of operation. The amount of energy produced is substantial. Despite being "first of a kind" units, these plants have had an outstanding availability record. Many outages have occurred, but these outages have provided learning experience and the basis for the greater reliability of future plants. Specific problems and what we have learned are discussed in the paper.

軽水型原子力発電所の建設と運転経験

エバスコ・サービス社

副社長 L. F. C. ライクリー

アメリカ製原子力蒸気供給システムを備えた多数のBWR, PWR型原子力発電所が、世界のいくつかの主要地域で建設され、また運転が行なわれている。これら発電所の独自性と競争性、またその経済的妥当性および周辺環境への影響について論じる。

BWR および PWR 型発電所についてはユニークな設計上の要求事項が組込まれており、これにより据付や、建設のための特殊な要項、技術が必要となっている。

アメリカ製原子力蒸気供給システムを備えた軽水型原子力発電所の運転経験は、今や多年の実績をふまえたものとなっている。その生産エネルギーは大量である。「この種のものでは最初の」発電所であるにも拘らず、これら発電所は利用率で目覚ましい記録を有している。数多くの休止が生じたが、これが貴重な経験となり後続発電所の信頼性が向上する基となっている。個々の問題点や習得事項については本論文の中で述べる。

SITING PROBLEMS AND OPERATIONAL EXPERIENCE OF
LIGHT WATER REACTORS PLANTS IN GERMANY

Hans Frewer
Mitglied des Vorstandes
Der Kraftwerk Union Aktiengesellschaft

The development of the industrial, energy and population structures of Japan proceeds in a remarkable analogy to that of the Federal Republic of Germany; it is characterized by a further concentration of the centres of population and an increasing urbanization of the population. These facts render the site selection for power stations more difficult with respect to their impact on the environment and thereby force power station engineering to apply particularly stringent measures to protect the environment.

On the basis of estimated emission values, evidence is furnished that fossil-fired power stations participate in air pollution in substance only by the discharge of sulphur dioxide and dust. Whereas the processes for the desulphurization of fuels or flue gases are not ready for economic use, satisfactory success has been achieved in reducing the dust emissions.

In contrast to conventional plants, nuclear power stations involve only a hazard due to radioactive nuclides. The discharges having arisen so far in the Federal Republic of Germany with the nuclear power stations in operation are explained and their significance considered. In this context it becomes apparent that nuclear power stations for centres of population reduce the emission effects essentially in comparison with fossil-fired power stations. Special problems arise if nuclear power stations for process heat supply to large chemical plants must be built in densely populated areas. Special technical safeguards are explained by the example of the project prepared for Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG at Ludwigshafen.

Besides the environmental problems mentioned, additional conditions imposed on construction in seismic areas (Rhine plain, ground acceleration 150 cm/sec^2) must be expected.

Different from that in Japan is the cooling-water problem in Germany. The major part of the nuclear power stations in the Federal Republic of Germany will, for the time being, still be installed on rivers. In the foreseeable future, however, a switch must be made to recirculation cooling and air condenser operation, since coastal sites are available to a far smaller extent than in Japan.

Essential safety considerations for the design of the pressurized and boiling water reactors of the German type are explained by means of examples of salient components and systems (such as the reactor building concept, structural design and arrangement of the primary system components and systems, off-gas system, and others).

Differing impositions by authorities in Germany and in the US - extended MCA concept, increased redundancy - lead to different consequences for the plant design.

The operating experience of the demonstration power plants of Guandremmingen and Obrigheim show that availabilities are attained that are comparable with those of fossil-fired power stations. The load-change behaviour of these plants indicates their flexibility in interconnected system operation compared to fossil-fired plants. Faults or leakage having occurred so far could be eliminated in a comparatively short time; this did not give rise to any fundamental problems.

After the three demonstration power stations have a perfect operation-experience, two 600 MW(e) nuclear power stations (Stade and Würgassen) will be commissioned early 1972. Further projects of up to 1200 MW(e) are under construction which will accumulate nuclear

power plant capacity in Germany to 6000 MW(e) till the mid-seventies. In the Federal Republic of Germany, it must be expected that approx. 3000 MW(e) of nuclear power station capacity will be constructed annually, so that by the end of the seventies this will result in a capacity increase of approx. 25.000 MW(e). This additionally constructed capacity will be made available nearly exclusively by power stations with light-water reactors. Long-term development efforts are concentrated on high-temperature reactors and sodium-cooled fast breeders.

西ドイツにおける立地問題と軽水炉の運転経験

クラフトベルク・ユニオン AG,
取締役 H. フレーバー

日本の産業構造、エネルギー構成、および人口構造の推移は西ドイツのそれに著しく類似している。それは、中心部への人口の集中化および都市化現象の増大という特徴をもっている。これらの事実は、環境問題と関連して、発電所の用地選定をますます困難にしている。

またこのため、発電所技術には、環境保全のための非常に厳しい基準が適用されている。

放出値からいえば、化石燃料の発電所は、亜硫酸ガスと粉塵を排出して実質的に、大気汚染に
関与していることは明らかである。

燃料や煙道ガスの脱硫技術は経済性の面でまだ十分ではなく、排出粉塵を減少させることにし
か成功していない。

在来の火力発電プラントと対照的に、原子力発電所に介在する危険性は放射性核種によるもの
のみといえる。西ドイツにおける運転中の原子力発電所からの放射性廃棄物の放出問題について
説明をし、その重要性について検討する。人口の中心部にある原子力発電所は火力発電所よりも
本質的に排出による影響が少ないことは明らかである。大規模な化学プラントにプロセス蒸気を
供給するため、人口稠密地域に原子力発電所を建設するかどうかという問題がある。

ルートウィッヒスハーフェンにおける BASF 社（バーディッシェ・アニリン・ウント・ゾー
ダ・ファブリーク AG.）の計画を例にとって特別な技術の安全対策について説明する。

環境問題の他に、地震地帯（ライン地溝帯、地表加速度 $150 \frac{cm}{sec^2}$ ）に発電所を建設する場
合の条件についても述べる。

西ドイツが日本と違うところは、冷却水の問題である。西ドイツの原子力発電所の大部分は、
当分の間、河川沿いに建設されるであろう。

しかし、利用可能な海岸沿いの地点が、日本に比べてはるかに少ないので、近い将来、再循環冷
却とか空気冷却式コンデンサーによる運転方式への転換をはからなければならない。

西ドイツ型の加圧水型原子炉および沸騰水型原子炉の設計上の安全性に対する基本的な考え方
については、独創的なコンポーネントやシステム（例えば、原子炉建屋の概念、1次系コンポー
ネントやシステムの構造設計および配置、オフ・ガスシステム、その他）を例にとって説明する。

西ドイツとアメリカ政府の規制の違い―― MCA (最大仮想事故)概念の拡大、重複度の増加――から、プラントの設計上、異った結論がでてくる。

グントレミンゲンとオブリッヒハイムの両実証発電所の運転経験により、原子力発電所の利用率は火力発電所の利用率と比肩し得ることが示された。

また、これらの原子力発電プラントの負荷追従特性は、電力系統上、火力発電プラントと連繋して、フレキシビリティに富んでいることを示している。

今日までに発生した故障や漏洩は、比較的短時間で復旧することができ、これにより、根本的な問題が生ずるようなことはなかった。

3つの実証発電所に続いて、60万KWの二つの原子力発電所(シュターデ、ヴェルガッセン)が1972年に商業運転に入ることになっている。さらに、120万KWにのぼる原子力発電プラントが建設中であり、1970年代中頃までに、西ドイツの原子力発電設備は、合計600万KWになるであろう。西ドイツでは、毎年約300万KWの原子力発電所が建設されることになろう。したがって、1970年代の終わりまでには、約2500万KWの発電設備に増加することとなろう。そしてそのほとんど全てに軽水炉が採用されることになろう。

長期的な開発努力は、高温ガス炉とナトリウム冷却高速増殖炉に集中されている。

敦賀発電所の建設運転経験

日本原子力発電(株)

常務取締役 吉岡 俊 男

1. はしがき

原電敦賀発電所はわが国最初の商業用軽水型原子力発電所であり、最大出力当初設計 322,000KW、単一サイクル沸騰水型原子炉を用い、アメリカGE社の受注による、1966年4月官庁の許可を得て建設工事に着手、1970年3月完成、工事期間約47月、その後現在迄順調に運転を継続している。この間1970年10月より約45日定期検査を実施、12月より357,000KWの増出力を行なった。本稿は敦賀発電所の建設・運転中に得た諸経験について記述する。

2. 発電所の概要

発電所施設の配置 : 図1.参照

発電所の断面 : 図2.参照

設計の特徴 1965年発注当時における実証技術を出来るだけ採用することとし、敦賀発電所に先行して建設されていたアメリカのオイスタ・クリークおよびナイン・マイルポイント両発電所を雛形とした。特にアメリカ原子力委員会が両発電所に適用した安全基準は建設開始後においてもすべてとり入れる外、環境問題に関しては、わが国の特殊事情とサイト条件を考慮し、契約当初から特別の考慮を払った。

主要な安全設計の採用例は次の通りである。

(1) 契約当初から採用した特別の安全設計

(イ) 耐震設計: 重要な建物は岩盤に直接支持した剛構造体基盤に0.25gの地震波を加えた動的解析により地震応力算出

(ロ) 一般安全設計: ドライウエル内不活性ガス系、緊急炉心冷却系の多重化、原子炉建屋の耐圧気密性、主制御室の事故時換気系等

(ハ) 環境対策: オフガス貯留タンク(24時間余)2基、高煙突(140m)設置、排液エバポレータ2基と固化装置の設置

(2) 建設中に追加採用したもの: 早期に採用を決定し工期遅延を防ぐ。HPCIS, 所内電

源系の二重化，ドライウエル，フラッディング設備，工学的安全設備の独立分離，オン・ライン・コンピュータ等

3. 建設工事

(1) 工事担当者 主受注者： GEおよびGETSCO

アーキテクトエンジニア： EBASCO，主下請業者： 日立，東芝（石川島播磨），竹中，直営工事： 熊谷，前田

(2) 建設工程 予定および実績： 図3参照

予定表の起動試験期間3ヶ月は短すぎ，6ヶ月を要するものと考えられたので，途中で燃料装荷を3ヶ月早めた目標工程を作り，建設工事の促進に努力したが，後述の諸問題のため目的を達せず，燃料装荷は当初予定の1969年9月となった。

営業運転開始は1970年3月で工期は約47ヶ月，世界に誇る成果を挙げた。

(3) 建設工事中の諸問題 (イ) 設計変更： 原子炉建物基盤構造の増強（約2ヶ月），圧力容器の一部構造変更（約3ヶ月） 安全設計の追加（2，(2)参照），(ロ) ストライキ： タービン発電機工場（約3ヶ月），アメリカ東海岸港湾スト（約2ヶ月），主要ポンプ弁類等，(ハ) 人員不足： 建屋詳細設計，配管配線図，機器計器類の製作遅延，(ニ)品質管理不良： 弁類，管類，計測器具等の手直し，(ホ)USコードと日本規格の相違，(ヘ)日米間の連絡の不円滑，

(4) 工期回復の方策 (イ)日米担当者間の協力： 日本下請業者による建屋設計，配線図等の作成協力，施設者建設，運転要員による据付，試験の協力，施設者コンサルタントによる助言，施設者の在来駐在事務所による情報連絡，受注者，発注者，下請業者間の情報連絡の緊密化と速応態勢，(ロ)日本下請関係者の努力と優秀性： 人員増強，交代制の採用，技術員および工員の優秀性，現場米国技術員への応援，国産代替品による補完

4. 起動試験

(1) 試験項目と工程： 試験は(イ)燃料装荷と零出力試験，(ロ)核加熱試験，(ハ)出力上昇試験，(ニ)保証試験，4カテゴリに大別される。夫々の試験項目は表1に示す。

図4は試験工程の実績を示す。1969年9月20日燃料装荷から1970年3月14日の保証試験終了まで176日，このうち実際試験に要した日数は107日，残りは後述の諸種の困難に費された。

1969年11月16日，出力10%で初発電，引続き25%，50%75%，100%

の各出力段階で各種試験，この中，負荷の大幅変動又は遮断を伴うトリップ試験次の通り再循環ポンプ・トリップ試験（4回），主蒸気隔離弁閉鎖試験（1ケずつ4回，全部閉鎖3回），タービン・トリップ試験（3回），負荷遮断試験（5回），外部電源喪失試験（2回）

- (2) 試験中の諸問題： (イ)仮設ボイラー容量不足，タービン起動試験が一部核加熱試験段階に喰い込む（約2週間），(ロ)格納容器漏洩試験：非活性ガス系の大型バタフライ弁の洩れによる調整と再試験（約1週間），(ハ)制御棒駆動系のフィルター取替：フィルター目づまりのため50%出力時スクラム・タイム制限値に達し，粗いメッシュのフィルターに全数取替（約3週間），(ニ)中性子遮へい材の取替：75%出力時遮へい材パーマリ焼損，コンクリート・プラグに取替（約1週間），(ホ)復水脱塩器内ストレーナ修理：100%出力時，ストレーナ，取付ボルト撓み，レシンがリークした，一次系内ダスト過大による（約1週間），(ヘ)格納容器内温度上昇：75%出力時より局部的温度過上昇，圧力容器，配管の保温追加，グラウンド等よりの蒸気もれ修理，冷却風，水量の調整，(ト)タービン高圧段バスケット・ホイールの均圧孔：100%出力時，スラスト，ベアリング，メタル温度過上昇，東芝にて均圧孔作業（約3週間），(チ)タービン空気抽出器からの排ガス処理：排ガス量の過大是正と，加圧貯留系よりの漏洩防止，(リ)計測制御系：給水流量調整機構，タービン圧力制御機構，オンラインコンピュータ，諸計測機構の調整，(ル)諸機械関係：ポンプ弁類のグラウンド洩れ，弁シート，フランジ部の洩れ，ストレーナ，フィルタのつまり等

5. 営業運転

- (1) 運転実績 1970年3月14日100時間保証試験，8時間の通産省負荷試験を終え，営業運転に入る。上記試験の結果熱効率が設計値を上廻ったので電気出力増加，331,000KW出力の認可を得て，この出力で10月の定検迄87～99.6%の利用率で運転継続契約当時2年以内に約10%の出力増加を計画していたが起動試験および半年間の営業運転の経験から早期増出力の見込みがついたので，後述の定検後直ちに増出力試験を開始，12月15日，357,000KWの許可を得，現在に至る。

表2に現在迄の発電実績を示す。10，11月の定期検査およびそれに引つづくストレッチ試験期間を除き，設備利用率極めて好成績を示す。

- (2) 主要停止： 計画停止3回，11日間，トリップ停止3回，出力半減1回，(イ)3月末，給水調整弁不調，炉水位上昇，トリップ，(ロ)4月末から5月初め5日間計画停止，残工事の完了，ドライウエル内点検，グラウンド等からの小リーク修理，(ハ)6月末4日間計画停止，

夏ピークに備えての各部点検，タービンバランス調整，制御棒駆動機構の一部取替等，
(ニ)8月上旬，復水電導度上昇のため半減出力で片側ホットウエル隔離，チューブ1本盲栓
($\frac{1}{2}$ 日)，(ホ)11月下旬若狭幹線落雷のため2回線トリップ原子炉スクラム美浜発電所よ
り受電出力回復，(ヘ)1月上旬 復水ポンプ修理後復中，給水ポンプトリップ，原子炉ス
クラム($\frac{1}{2}$ 日)，(ト)1月下旬 ドライウエル床ドレン増加，2日間計画停止，循環水ポン
プのグラウンド，リーク修理

- (3) 増出力の根拠 (イ)CHF 関連の変更 (Jonson Levy→Hench Levy)，(ロ)MCHFR 制
限值 120%出力で1.5以上から100%出力で1.9以上に変更(実測値2.81)，
(ハ)最高熱流束の制限値100%出力で123W/cm²(実測値99W/cm²)

6. 定期検査

最初の軽水炉であり，運転に万全を期すためと増出力運転の準備を行うため，営業運転開
始より6ヶ月余の10月1日より定検に入り45日で終了した。

- (1) 検査事項： 主な検査事項は，(イ)原子炉一次系の検査，(ロ)格納容器，主蒸気隔離弁の点
検手入れと漏洩試験，(ハ)燃料のシッピング検査，(ニ)制御棒駆動機構の点検手入れ，(ホ)蒸気
タービン開放検査，(ヘ)発電機点検手入れ(回転子一部補修)
- (2) 改良工事： 主な工事は，(イ)オフガス系漏洩防止(グラウンドパッキン型の弁をベローシ
ール型に取替，フランジ継手の溶接化，ヘリウム・リークテストを行い極力漏洩防止)，
(ロ)LPRM取替(冷却法を改善)，(ハ)TIP(つなぎ最減少，ルート変更等によりスム
ーズな操作可能とする)，(ニ)湿分分離器(グリッドを除却し，隔離板に変更)，(ホ)非活性ガ
ス系のバタフライ弁の改造取替(リーク防止用)，(ト)計測器類，弁類の改造，新設(リー
ク防止と遠方制御方式の採用等)

7. 環境管理

できるかぎり周辺環境の放射線レベルを下げ，公衆の不安をなくすることを目標とする。

- (1) 排気管理： 煙突出口(標高140m)の一日平均許可放出限度，50mCi/sec
($E_r = 0.17 \text{ MeV}$) ガス貯留タンク(14m³at 15kg/cm²)2ケを設備し，1ケでオ
フガス24時間貯留可能，これにより放出キューリーで約 $\frac{1}{10} E_r$ で約 $\frac{1}{4}$ に落すことが
出来る。これを交互に用い風向が人家のない方向のとき主として放出し，環境放射線レベル

を常に低く保つ。将来の原子力発電開発の進展に備え、チャ・コール・ベッド (Xe 20日間のホールドアップ能力) の開発を進めている。

排気実績	平均放出率	注
1969年 10月～12月	1.3×10^{-2} mC/Sec	試験運転
1970 1～3	4.8×10^{-1} "	3.14 営業運転
" 4～6	1.0 "	
" 7～9	4.4 "	
" 10～12	3.3 "	45日間定検停止

- (2) 排液管理 放水口における許可放出限度，米国NAS-NRC-985の基準および飲料水限度以下。機器ドレンはフィルタ処理後補給水に再使用，レジン再生排液，床ドレン（特に低レベルのものを除く）は蒸発缶（2基）により処理，洗濯排液一部低レベルの床ドレンはフィルタ処理，放射能検出後コンデンサー冷却水と共に放水。

蒸発缶の濃縮液，フィルタスラッジ，使用済レジン等は一時タンクに貯留後，ドラム缶に固化（ドラム缶の処分方法未定，それ迄一時サイト内貯蔵）

排液実績	放射能濃度	注
1969年 10月～12月	2.5×10^{-9} μ c/cc	試験運転中
1970 1～3	2.1×10^{-8} "	3.14 営業運転
" 4～6	4.2×10^{-9} "	
" 7～9	3.6×10^{-9} "	
" 10～12	4.7×10^{-9} "	45日間定検停止

- (3) 周辺監視 (イ)監視組織：福井県関係機関と協力，定期的に（年4回以上）環境の放射線量および放射能を測定，結果を福井県原子力環境安全管理協議会より公表，(ロ)モニタ項目：空間r積算線量（約10ヶ所）空間線量率（約10ヶ所）浮遊塵放射能（3ヶ所），海水放射能（2ヶ所）陸水放射能（2ヶ所）植物の放射能（玄米，白米，大根，松等），海産物の放射能（あじ，なまこ，さざえ，むらさきいがい，ほんだわら等），土壌，海底土の放射能，以上必要に応じ核種分析を行なう。(ハ)モニタ結果：運転開始以来放射線，放射能とも天然バックグラウンドに比し有意な変化は認められない。尚最近水産庁，厚生省関係機関が県機関の協力を得て「放射性元素の移行蓄積の指標物に関する研究」「特定微量指標核種の簡易迅速研究法に関する試験研究」の一環として，敦賀湾内海産物および海底

土について放射線核種分析調査を行なったがその中、むらさきいがい等に極微量のCo60を検出したと報告しているが、これはこれのみから全蛋白質を摂取するとして許容量の1/1000以下であり環境安全上問題ないことが確認された。

- (4) 復水器冷却水： 浦底湾奥中央の取水口から8mの深層取水をし、西寄りの放水口から表層放水を行なう。これにより取水中に温排水の混入を防ぎ又夏季には自然表層水より4℃前後低温取水ができる。排水による海水の温度上昇の範囲は表面水で浦底湾口附近(1000m前後)、水深3m以下では湾中央附近(300m前後)に過ぎない。又浦底湾内の海水置換により近海型プランクトンの増加が目立つと報告されている。

8. むすび

軽水炉は米国で開発され、世界中最も広く建設され、実証済の原子炉ということが出来る。しかしこれを立派に完成運営するための方策について敦賀発電所の建設運転の経験から得た主な印象を記せば次の通りである。

- (1) 実証炉ではあるが、まだ運転の経験も少なく十分に完成された技術とは言い難く、建設又は運転中に予期しない困難に遭うことがある。これを速かに克服し、工期の遅延・運転の信頼性を上げるためには先づ施設者側で事前に十分に実情を調査し、技術員を訓練し、施設者側の手でその困難に対処する心構えが必要である。
- (2) 機器配管等における故障により、工期の遅延、運転の信頼性を低下せしめている事例が多い。これを避けるため機器等の品質管理はメーカーのみに任せず、施設者自らの責任で事に当り、メーカーの督励と監視の外、下請製造業者の選定を特に厳重にする必要がある。
- (3) 建設工事着工後の設計変更は、工期の遅延と工事費増加の要因となるので、着手前に十分の調査検討を加えて万全を期し、特に新開発技術の採用に当っては十分の開発研究を行わせると共に相当の弾力性を持った設計としておくことが必要である。
- (4) 建設の円滑な遂行には関係業者間の協力が必要であり、情勢の変化に応じて速かに事を処理するための連絡協力態勢を整えると共に、発註者側に強力な判断調整能力を備えておく必要がある。
- (5) 原子力発電に特有な放射線下の作業は困難が多く、円滑な保守運転を阻害する要因となるので、予め対象施設への接近方法(遮へい、隔離等)、作業方法(遠方操作等)および放射線管理方法(モニター、除染方法)等の対策を講じておくと共に、作業員(特に監督

責任者)の放射線訓練を十分ほどこしておくこと。

(6) 環境対策は住民に不安を与えないよう十二分に慎重に行ない、できるだけ放射線レベルを下げるための施設を予め講じておくこと。

(7) 原子力発電所建設運転担当者間で常に情報を交換し、相互の経験を活用し、予期し得ない困難に予め対処し得る方途を講じておくこと。

図1. 敦賀発電所配置図

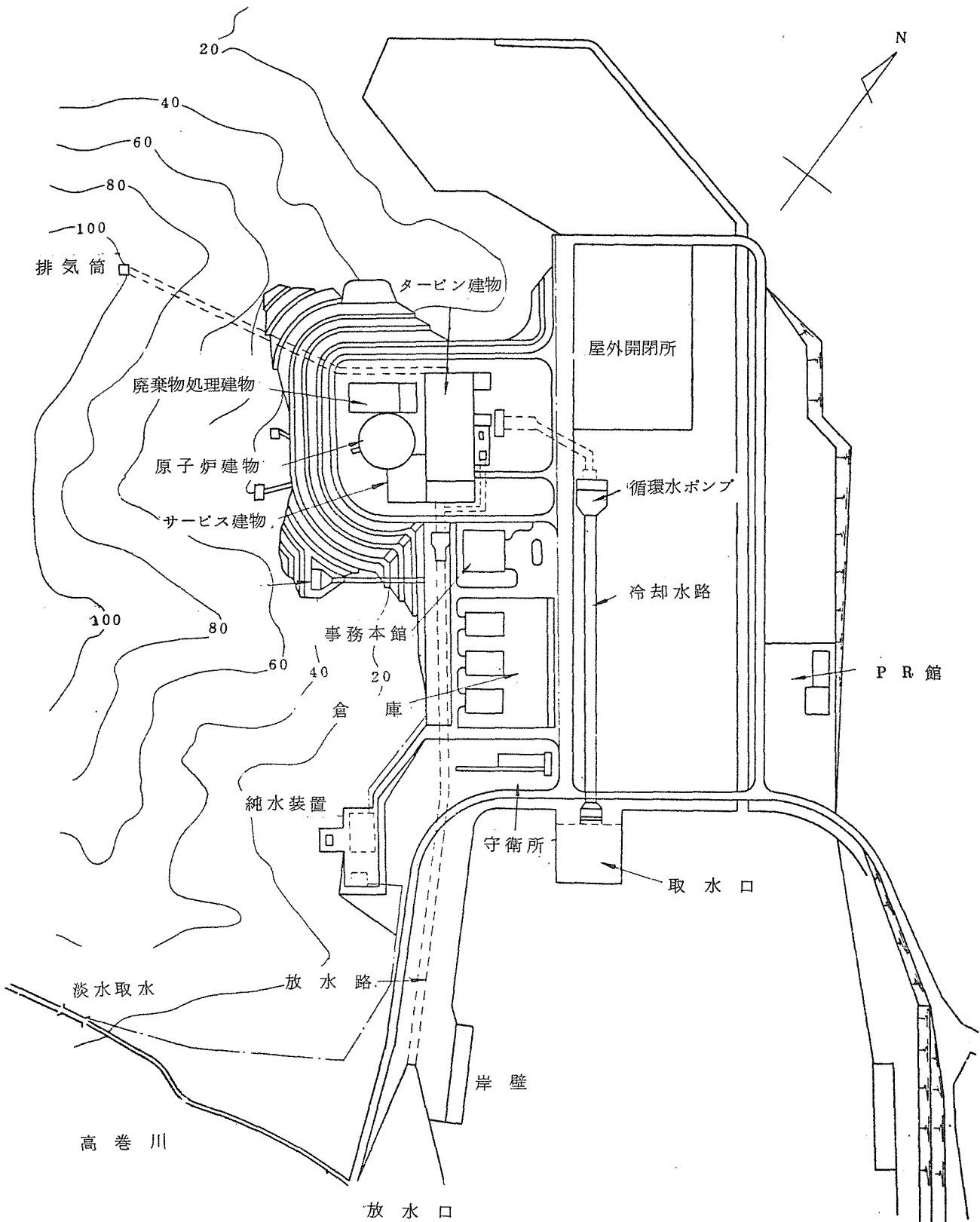


図 2. 発電所断面図

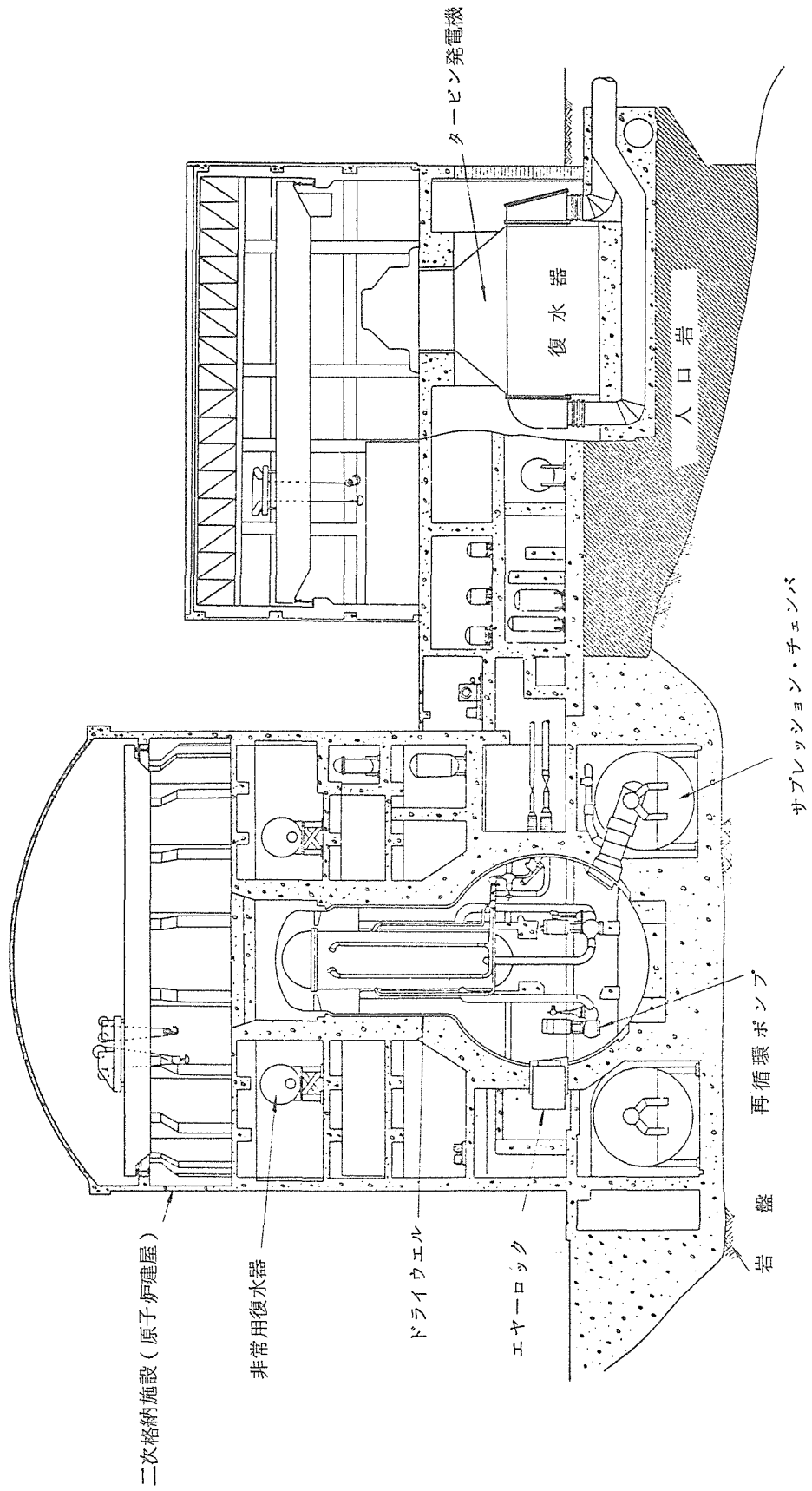


表 1. 敦賀発電所起動試験項目

起動試験項目	燃料装荷試験	核加熱試験	出力上昇試験					保証試験
			10%	25%	50%	75%	100%	
1. 化学および放射化学測定	○	○	○	○	○	○	○	○
2. 制御棒駆動系試験	○	○			○	○	○	
3. 燃料装荷試験	○							
4. 停止余裕測定試験	○							
5. 放射線レベルの測定	○	○		○	○		○	○
6. 制御棒引抜順序試験	○	○						
7. 中性子源領域計装 (SRM) 較正試験	○	○						
8. 中間領域計装 (IRM) 較正試験	○	○						
9. プロセス計算機	○	○	○				○	
10. 原子炉圧力容器温度測定試験		○						
11. 熱膨脹測定試験		○						
12. 主蒸気隔離弁 (1個ずつ) 性能試験 (全部)				○	○	○	○	○
13. 非常用復水器性能試験			○					
14. 再循環ポンプ (1台) トリップ試験 (3台)					○	○	○	
15. 再循環流量制御試験			○		○	○	○	
16. タービントリップ試験					○	○	○	
17. 負荷しゃ断試験			○	○	○	○	○	
18. 圧力調整器 (MPR) 性能試験 (EPR)			○	○	○	○	○	
19. タービンバイパス弁トリップ試験				○	○	○	○	
20. 給水系変動試験 (ポンプトリップ) (水位設定変更) (高圧給水加熱器トリップ)				○	○	○	○	
21. 制御棒に対する中性子束応答試験			○	○	○	○	○	
22. 主蒸気逃し弁性能試験				○				
23. 局部出力領域計装 (LPRM) 較正試験			○	○	○		○	
24. 平均出力領域計装 (APRM) 較正試験			○	○	○	○	○	
25. 炉心性能評価			○	○	○	○	○	○
26. 制御棒の出力に対する較正試験				○	○		○	
27. 軸方向出力分布測定試験				○	○	○	○	○
28. 制御棒パターン変更試験							○	
29. 負荷試験								○
30. 最小臨界測定	○							
31. 制御棒値測定試験	○							
32. 反応度の温度係数測定試験		○						
33. 外部電源喪失試験			○				○	

注

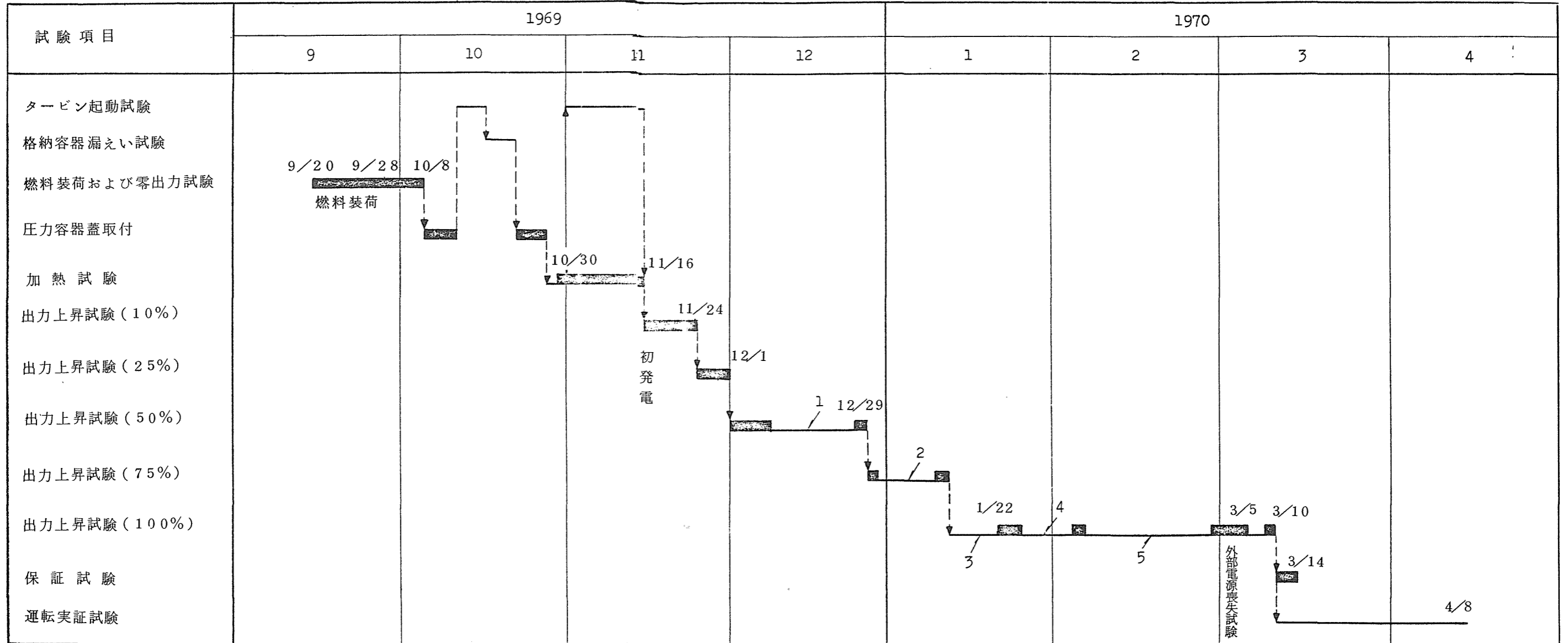
1)	着 工	1 9 6 6.	4. 2 2 (政府許可)
2)	契約調印	"	5. 1 4
3)	格納容器据付開始	1 9 6 7.	2. 2 5
4)	格納容器本体据付	"	6.
5)	格納容器耐压試験	"	1 0. 3
6)	压力容器据付	1 9 6 8. 1	1. 1 2
7)	格納容器補助系据付	1 9 6 9.	2.
8)	原子炉系水圧試験	"	3.
9)	水圧試験	"	3.
10)	2 7 5 KV受電	"	5.
11)	燃料輸送	1 9 6 9.	4. ~ 5
12)	燃料検査	"	7 ~ 8
13)	燃料装荷	1 9 7 0.	9. 2 0 ~ 2 8
14)	臨 界	"	1 0. 3
15)	漏えい率試験	"	1 0.
16)	耐压試験 (压力容器)	"	1 0.
17)	炉加熱試験	"	1 0. 3 0 ~ 1 1. 1 6
18)	初発電	"	1 1. 1 6
19)	1 0 0 %出力試験開始	1 9 7 0.	1. 2 2
20)	引取り	"	3. 1 4

表 2

年 月	最大電力 (MW)	発 電 量 (MWH)	運 転 時 間 (H r)	設 備 利 用 率 (%)	備 考
45年3月	331	136,952	418	※ 96.8	3月14日から営業 運転
4	331	230,428	701	96.7	
5	331	214,216	653	87.0	
6	331	206,681	631	86.7	
7	331	244,664	744	99.4	
8	331	245,219	744	99.6	
9	331 (357)	237,812	720	99.7	試験的に短時間357MW 発電
10	0	0	0	0	定検検査
11	331 (357)	95,756	334	40.2	45日 ストレッチ試験
12	331 (357)	184,849	527	72.0	12月15日スプレッ チ検査完了357MW認可
46年1月	357	244,041	689	91.9	

※ 営業運転開始後18日間を対象とした。

図4. 起動試験実績工程



注

- 1) CRDフィルター取替
- 2) 配管フランジガスケット取替
- 3) 中性子線遮へい取替
- 4) 復水脱塩器修理
- 5) 高圧タービン均圧孔追加

美浜発電所 1 号機に関する経験

関 西 電 力 ㈱

専務取締役 伊 藤 俊 夫

日本原子力発電会社の東海、敦賀両発電所の建設・運転に引き続き、現在電力会社では東京電力福島、関西電力美浜の各 1 号機の 2 基計 80 万 kW の原子力発電所が運転に入り、さらに 9 基計 580 万 kW が建設中であり、わが国でも本格的な原子力発電実用化の時代を迎えるに至った。

電力会社としての原子力発電の嚆矢となるものは東京電力の福島発電所、関西電力の美浜発電所であるが、私はこのうち関西電力として初めての経験であり、また日本では初めて PWR 型を採用した美浜発電所 1 号機の建設と運転の経験について述べ、次に相次いで建設ないし建設計画の進められている同社の後続原子力発電所に関する現状についても若干触れることとしたい。

美浜発電所建設の準備着手は昭和 37 年頃にさかのぼるが、昭和 38 年には福井県ならびに地元美浜町のご協力により用地が確保され、昭和 41 年春には炉型、メーカーを決定、その後政府の安全審査を経て同年 12 月着工した。昨昭和 45 年 11 月に営業運転開始に至ったが、着工から運転開始までの期間は約 48 ヶ月であって、これは諸外国での建設実績などと比較しても、極めて短期間で順調に完成したプラントということができよう。

機器設備の性能確認のために、建設の段階に応じて原子炉格納容器の耐圧試験、冷態および温態機能試験、臨界試験、出力上昇試験などの諸試験が行なわれた。

これらの途次、45 年 8 月には初送電に成功したが、この電力は折しも大阪で開催中の万国博会場への送電系統に入れられ、「万国博へ原子の灯を」というもうひとつの念願が実現した。

美浜 1 号機 34 万 kW は完成以来順調な運転を続け、本年 1 月末現在で約 7.7 億 kWh の発電を行っており、営業運転開始以降の利用率は約 92% に達している。

運転に際しては、特に環境に対する影響防止に留意しており、放射能については念のため福井県当局と共同モニターを実施している。

美浜 1 号機の建設、運転経験は極めて貴重なものであり、一言にしていえば、原子力発電という新技術を習得し、今後の大量開発に備える礎が築かれたということであった。

また一般大衆の原子炉の安全性に対する認識も、さらに今後の安全運転の実績によって一層確固なものとなることが期待される。

関西電力では美浜1号機に隣接して2号機（50万kW、昭和47年運開予定）を建設中であり、次に高浜地点では1、2号機（ともに82.6万kW）を建設中である。また大飯地点にも2ユニット（各117.5万kW）の同時建設を計画し現在設置許可申請中である。

いずれもPWR型であるが、ユニット出力は順次増加しており、特に大飯の原子炉では格納容器にアイス・コンデンサを使用するなど最新技術の採用が考慮されている。これらの相次ぐ建設計画は、年間10数%といった電力需要の急増に対処するためのもので、さらに後続の原子力発電所の計画も鋭意推進せねばならないと考えている。

しかし我々の今迄の経験からみて、原子力発電所建設上の最大の問題は立地の確立にある。美浜、高浜、大飯の各地点はともに福井県下にあり、これは県当局および地元のご理解とご協力とによったものであるが、電力系統の面からは電源が1ヶ所に集中することには問題があり、今後は他の地方にも建設地を求める必要があるので、用地取得に当たっての地元のご協力が切望されるものである。

3月17日 (水)

1:00 p.m~5:30p.m

国際シンポジウムー2

ウ ラ ン 濃 縮 問 題

議 長

松 根 宗 一 氏

日本原子力産業会議副会長

発 表 者

(発 言 順)

S. R. サ ピ ア リ ー 氏

アメリカ原子力委員会オークリッジ運営事務所長

D. G. エ イ ブ リ ー 氏

イギリス原子力公社生産グループ計画管理部長

M. A. ペ ッ カ ー 氏

フランス原子力庁産業計画担当理事

一 本 松 珠 璣 氏

日本原子力発電協会会長

コ メ ン テ ー タ ー

(発 言 順)

M. ボ ガ ー ト 氏

ウルトラセントリフュージ・ネザーランド社理事長

P. ユリネック・フィンク氏

ウラニット社常務理事

山 田 太 三 郎 氏

原子力委員会委員

村 田 浩 氏

日本原子力研究所 副理事長

今 井 美 材 氏

動力炉・核燃料開発事業団副理事長

URANIUM ENRICHMENT

S. R. Sapirie
Manager, Oak Ridge Operations
U. S. Atomic Energy Commission

The uranium enrichment program in the United States utilizes the gaseous diffusion process in three major plants with a total capital investment of about \$2.3 billion. At the present time, operation of these plants is only a little over one-third of full capacity.

The projected growth in use of nuclear power requires planning for additional enriching capacity for use in the future. Substantial progress has been made in plans for increasing the level of operating the existing plants and in improving and uprating these plants with use of advanced technology resulting from a strong research and development program. Longer range planning is also being directed toward plans for construction of new diffusion cascades either as additions to the present plants or at new sites. The planning is complicated by uncertainty regarding the amount and schedule of need and by the fact that providing additional capacity requires major policy and fiscal decisions several years in advance of need.

Anticipating a question, an explanation is being provided as to why the current United States operating program and plans for near term expansion of capacity are based solely on use of the gaseous diffusion process. The United States has had more than a quarter of a century of highly successful experience utilizing the gaseous diffusion process. Highly productive research and development programs have been supported for many years. This has permitted substantial increase in both separative capacity and efficiency of the gaseous diffusion process. The plants have been highly automated so as to reduce substantially the number of operating employees required.

Research and development work has been directed in recent years also to the gas centrifuge process. However, the laboratory results obtained must be confirmed and the cost, reliability and life of many components determined before meaningful evaluations can be accomplished.

Most of this analysis is related primarily to United States enrichment operations. Consequently, other conclusions may be reached regarding new uranium enrichment capacity for installation in other countries.

ウ ラ ン 濃 縮

アメリカ原子力委員会
オークリッジ運営事務所
所 長 S. R. サピアリー

アメリカ合衆国におけるウラン濃縮計画はガス拡散方式によって3か所のプラントで行なわれており、その総投資額は約23億ドルである。現在のところ、これらプラントの運転は全能力の3分の1をやや上まわる程度である。

原子力発電の成長見通しからして、将来濃縮能力を追加することが必要である。現存プラントの操業レベルの引上げやプラントの改良、増強計画が強力な研究・開発によって得た新技術を利用して大きく進展している。また、より長期的には、現存プラントに増設もしくは新規地点に建設の何れかの形で拡散カスケードを新設する計画もある。この計画は、濃縮需要の量とスケジュールが不確定であること、ならびに容量の増加に当っては需要に数年先立って大きな政策的、財政的決定を必要とする点で複雑なものになっている。

アメリカの現行濃縮計画、および近い将来の増容量計画が、ガス拡散法のみによっていることに関して質疑が予想されるので、説明を用意している。アメリカは、4分の1世紀以上にわたりガス拡散法を利用して成果をあげている。非常に有意義な研究、開発が多年にわたり行なわれている。その結果、ガス拡散法の分離能力、分離効率は共に大幅な向上を示している。プラントは高度に自動化されており、所要運転要員数は著しく削減されている。

研究・開発は、近年、ガス遠心分離法についても行なわれている。しかし、そこで得られた研究成果を検証し、コスト、信頼性、機器の寿命についての確認を行なわねばならない。納得のゆく評価が下せるのはその後になるろう。

以上は、主としてアメリカの濃縮事業についてのものである。したがって、他の諸国で濃縮設備を建設する場合には、ちがった結論に達することもあり得よう。

THE UNITED KINGDOM APPROACH TO URANIUM ENRICHMENT

D. G. Avery
Assessment & Planning Director
U.K.A.E.A., Production Group

The nuclear power programme in the U.K. is forecast to increase on a timescale similar to that of forecasts of growth in Japan, although possibly to a somewhat smaller total. The required increase in the associated fuel services is therefore also comparable and in particular the U.K., like Japan, faces the problem of increased demands for enriched uranium.

The U.K.A.E.A. is currently operating a diffusion plant sufficient to meet the needs of the A.G.R. power stations to be installed in the next few years and this paper briefly reviews the history of this plant. For the future, however, a choice had to be made between further reliance on this established technology and dependence upon recent developments in the newer gas centrifuge technology. It was also felt that any further substantial investment in enrichment capacity would have to be on a commercial basis, offering the prospect of reasonable profit levels within the expected world price structure.

This paper discusses the several factors which have led the U.K., in this context, to choose the gas centrifuge as the preferred route for further expansion. Whilst the prospect of further substantial technological advances in this process played a large part in the decision, it was also strongly influenced by economic factors, in particular the likely cost of electric power to drive enrichment plants, and the ability to match reasonably closely the actual as distinct from the expected increases in demand.

The paper concludes with a description of the collaborative arrangements now being concluded with companies in Germany and Holland to form a joint European venture to exploit the centrifuge process.

イギリスのウラン濃縮計画

イギリス原子力公社生産グループ
計画管理部
部長 D. G. エイブリー

イギリスの原子力発電容量は、総体的には幾分小さいが、日本の成長見通しに似たタイム・スケジュールで増大するものと想定されている。

したがってこれに伴う燃料サービス面の所要量の増大も比較可能であり、またとくにイギリスは日本と同様に増大する濃縮ウラン需要の問題に直面している。

イギリス原子力公社が現在運転している拡散工場は次の数年間に設置される AGR 型原子力発電所の所要量を賄うのには十分である。本ペーパーではイギリスの拡散工場の歴史について記述した。しかしながら、将来はこの確立された技術に頼るか、新しい遠心分離技術の最近の開発に依存するかの選択がなされなければならないであろう。また、濃縮施設に対して今後投じられる巨額な資金は全て今後の世界的な価格構成の中で妥当な利潤を見込んだ商業ベースで行なわれなければならないであろう。

本ペーパーはこのような観点から、イギリスが濃縮能力拡張策としてガス遠心分離法を選択したいくつかの要因について述べる。イギリスが遠心分離法による濃縮工場設置に踏切った大きな理由は、この方法にはさらに大きな技術改良が加えられる見通しがあることである。さらには経済的理由も大きく影響している。それは、とくに分離機の駆動電力のコストが妥当であること、および需要の上昇とは別に現実の需要に合理的に合致する能力があることである。

本ペーパーでは最後に、西ドイツ、オランダの企業と遠心分離法によるウラン濃縮共同開発事業を行なうために現在意見の一致をみている協力協定について記述する。

FRENCH POSSIBLE CONTRIBUTION TO
THE FUTURE OF ENRICHMENT OF URANIUM
IN THE WORLD

M. A. Pecqueur
Director, Delegate to the Mission of
Nuclear Industrial Applications
Commissariat à l'Energie Atomique

General situation

As by now American plants can meet Western demand, the increase in requirements in the United States, in Europe, in Japan as well as in the rest of the world foreshadows that they will be able to carry it on only until about 1976 without CIP/CUP and until about 1978 with CIP/CUP. Beyond these dates, American Production units could not meet the demand without undergoing an economic penalization which would proceed either from the constituting of stocks or from the increase in the percentage of waste, as many shifts which could hardly postpone the saturation of the plants beyond one year.

Thus, in a long-term outlook, the rapid growth of the market foreshadows that several large-sized plants will have to be built between 1975 and 1985. An essential question is to know when the first of these plants will be located.

Any solution which would not ensure a sufficient diversification of the supplying sources, and would increase the present situation, would heavily interfere with the world-wide development of nuclear power and energy.

That is why it seems realist to expect in the relatively near future the setting up of a plant located in Western Europe followed by other units, one of which should ensure the supplying of the Pacific area.

The importance of these projects both from the financial and market points of view makes it necessary to resort to a multinational structure.

Technical and economic situation

Several separation processes may be considered but their stages of advancement are noticeably different.

Gaseous diffusion is the only process which gave rise to industrial realizations in several countries.

The ultra-centrifuge separation has been the matter of deep studies from which a long-term interest is appearing. But industrial experimentation will start only in 1972 and it is to be feared that this process might not have reached the sufficient maturity to be able to rise in due time to the level of industrial realizations.

Among these processes, gaseous diffusion is generally used as the economic reference. It is, however, reproached to this process its large specific energy consumption and a lack of flexibility at the starting up. As a matter of fact, the specific consumption can be considered as a handicap in countries where energy is expensive. Actually, a deep economic study applied to the French context allows to think that rather low prices for kWh could be expected owing to the fact that such plants are able to efface themselves. As for the starting up, a careful study of starting up conditions for a plant of 6 millions UTS has shown that it would be possible to follow the requirements of the market without an excessive economic penalization.

French position

Taking into account the outstanding factors of the general situation, namely the requirements of the market and the unbalanced

repartition of the Western sector's means of production ;

Moreover, taking into account the technical and economic situation, in particular of the stages of advancement of the present process and of the constant improvements brought to the economic file of gaseous diffusion,

The efforts consented by France are aiming at the disposal of a complete, homogeneous file, by 1973, for a large plant of gaseous diffusion allowing to proceed rapidly to a possible realization.

As attested by the never stopped working of Pierrelatte since 1964, the technical foundations of this solution are widely established. The demonstrations of the pilot plants operating are carried on, and the economic confirmations of the project get more precise.

With a farther outlook, a program upon ultra-centrifuge separation is also being carried on.

Thus, it may be expected that French techniques will constitute an additional alternative to allow the launching of separation units, the building of which is necessary in the world in the next ten years.

将来のウラン濃縮に対するフランスの役割

フランス原子力庁
産業計画担当
理事 M . A . ペッカー

一般的状況

現在はアメリカが西側諸国の濃縮需要を賄っているが、アメリカ、ヨーロッパ、日本その他地域で需要が増大しているため、アメリカのプラントの濃縮能力だけではCIP/CUPを実施しなかった場合には1976年頃まで、実施した場合には1978年頃までには手一杯となる。それ以降については、アメリカの生産能力は経済的なペナルティを負わない限り世界の需要に応ずることができなくなろう。この経済的ペナルティは濃縮ウランをあらかじめ生産してストックしておくか、廃棄濃度を上昇させるかのどちらかであり、こうした方法によってもプラントの飽和状態に達する時期を一年以上延期することはほとんど不可能である。

このように長期的に見ると、市場は急速に拡大しており、いくつかの大容量濃縮プラントを1975年～1985年の間に建設しなければならないことが予測される。ここで一番問題となるのが、その最初のプラントをいつ設置するかである。

供給源の十分な多様化が図られなかったり、現在の状況を増長させたりすれば、世界中で原子力発電並びにエネルギーの開発に重大な支障をきたすこととなろう。

以上のことから比較的近い将来西ヨーロッパに一つのプラントを設置し、その後別のプラントを設置するのが現実的であろう。そのうちの一つのプラントは太平洋地域の供給を確保すべきである。

これらの計画の重要性を資金ならびに市場の両方の立場からみると、プラント建設は多数国間で行なうことが必要となる。

技術的、経済的状況

ウランの濃縮には数種の分離方法が考えられるが、それらの進歩の度合は著しく異なる。

ガス拡散法はいくつかの国で工業化の実現をみた唯一の濃縮法である。

超遠心分離法については、長期的な関心事であることから十分な研究の対象とされてきた。しかし、工業化試験は1972年に始まるが、その後産業として成立つほど十分な水準に達す

ることができるか懸念されている。

これら濃縮方法の中で、ガス拡散法は一般に経済性をもつものとして採用されている。しかしながら、この方法の欠点とするところは比エネルギー消費量が大きいこと、スタートアップに弾力性がないということである。実際のところ電力コストが高い国ではこの電力消費量が多いことはハンデとなろう。現実にはフランスにおいては、プラント自体の償却効果により、電力費はむしろ低廉になるとも考えられている。スタート・アップについては、600万SWUのプラントのスタート・アップの状況を十分検討したところでは、過度な経済的ペナルティを課さなくても需要に応じうる事が分っている。

フランスの立場

一般的な状況の中でのきわだった要因、とくに需要の伸びと、西側の生産手段の不均衡な片寄りを考慮して；

さらには、技術的、経済的情勢のうちとくに、ガス拡散法の現在の技術進歩とその経済性にみられる不断の改良段階とを考慮して；

フランスがこれまで集中してきた努力により、早急に実現可能な大容量ガス拡散工場についての完全なかつ総合的な研究結果を1973年までにまとめることができよう。

1964年以来休むことなく続けられているピエルラットでの研究の結果、これらの問題を解決する技術的基礎は広く確立されている。パイロット・プラント運転は実証されたものとなっており、また同プロジェクトによる経済性の検討はより正確なものとなっている。

長期的展望をもって、超遠心分離計画についても研究が行なわれている。

このようにフランスの技術は、次の10年間で世界が必要とする濃縮工場建設には、さらにもどのような選択をしなければならないかを確立するものと期待される。

日本におけるウラン濃縮問題

日本原子力発電 ㈱

会長 一本松 珠 璣

原子力発電が強力な産業として成立するためにはOverall Fuel Cycleの確立がなくてはならない。

我が国に於けるウラン濃縮問題は、この中の最重要問題である。

日本原子力産業会議に於ては、1969年7月より約1年半に渉り、各界専門家を網羅して慎重審議した結果、以下述べるような意見書を取まとめ、昨年11月関係政府機関、国会等に具申した。

この意見書はまず総論として、わが国がエネルギー政策上、原子力発電の急速な推進を必要とする所以を強調し、このためには近い将来核燃料である濃縮ウランの一部自給能力を作り出すことが急務であると考えた。目標としては技術開発、大規模試験、パイロット・プラント建設運転等を経て、実用規模工場の建設運転を完成せねばならぬ。このため従来よりも強力に官民協力して努力を集中すべきであるとしている。具体的な方法は以下の如くである。

1. 目 標

「1985年以前に年産5000トンSWU級の容量の濃縮工場の運転に入ること。」
濃縮ウラン需要は1985年には、原子力発電所が電気出力6000万K.W.にも達するので、年間1万トンSWU程度と予想せられる。これを全部米国に依存することは、米国の供給能力の予測、我が国エネルギー政策との考慮などからして問題であり、早急に自給能力を養成することが必要である。

2. 建設に到るタイミング

「商業規模の濃縮工場の建設に着手するのはおそくとも1980年であり、そのためそれまでに、プラント設計、建設運転に必要な技術を国内で確立せねばならぬ。」

「上記の目的のために適正規模のパイロットプラントを建設し、運転の実績を積上げておく必要がある。」

3. 技術開発の具体的推進

従来我が国の計画には、遠心分離、ガス拡散の両技術に対し、国家資金により、動燃、原研を中心として、研究開発を行っていたが、この努力を一層強化促進し、両方式について可能な限り大型のカスケードを作り、実際に近い方法でコンポーネントの実証試験を行う。この結果により1975年頃にどちらか一つの方式にしぼって、パイロット・プラントの建設に着手することを目標とする。1980年の実用プラントはこのパイロット・プラントの技術と経験に基いて考えることになる。

4. このような道程に於て、国際協力による技術導入が重要な役割を占める可能性も考えられるので、その具体的方法についても別途検討をしておく必要がある。特に濃縮技術は各国とも国家ベースで考えており、わが国でも国家の責任において技術情報を保護するためのシステムを更に整備することも検討しなければならない。

5. ウラン濃縮事業をどのような体制で進めるべきかという点は、投下資本の大きさ、濃縮事業の複雑性と重要性などからして大きな問題である。1975年までの技術開発期間における国家予算による努力と、関連企業の技術習得のため援助方策を固めた上で、それ以後の段階の具体策を、徐々に決定してゆくべきである。

以上の原子力産業会議の意見は、原子力関係メーカー、電力事業者等の専門家による討論の総合結果である。この中で遠心分離、ガス拡散二方法のうち、何れか一つに決定する時期を1975年としているが、これが適当なタイミングであるかどうかには問題があろう。このことは現在進められている研究開発の進行状況と、目標とするプラントの完成予定時期の双方を合せて、有機的な判断をするべき問題である。

技術面で両方式とも今日まで、かなりの所まで基礎実験を積み、成果を得ているが、これをエンジニアリング テストの段階まで引上げるには、問題の性質上、かなりの規模の生産体制を段々に固めるなどの、準備段階が必要であり、産業界の関連企業、研究機関、担当官庁などの協力体制が確立せられることが、極めて重要である。

又国際間の技術移動をスムーズに行う点についても、多数国間の協力をはじめ、色々の形式が考えられる。いづれにしても技術の取得を最適な方法で行い、国際協力の実をあげるためには、我が国としては現在に於ける最善をつくして自主技術の開発にまず努力することが必要な前提である。

原子力委員会においても、ウラン濃縮懇談会を設けて方針決定を急いでいる。この会議には、

上に述べた原子力産業会議の意見は十分説明してあるので、原子力委員会に於ても、慎重に審議がなされて、我が国の原子力発電にとって重大な問題であるウラン濃縮に関して、明確な政策が決定されることになるものと思っている。