

原子力の最近の動向と日立の役割

Current Status of Nuclear Power and Hitachi's Role

是井良朗* Korei Yoshiaki

エネルギーの安定供給は、今や世界各国共通の重要な政治問題である。特に、エネルギー供給のほとんどを輸入している我が国にとって、原子力は石油に代替するエネルギー供給源として早急に開発を推進しなければならない。10年余りにわたる軽水炉の建設運転経験から見ても、原子力を開発し定着させるためには膨大な費用と労力・時間が必要なことが認識され、国、設置者である電力会社、メーカーが緊密な協力体制の下に開発を進めようとしている。このような情勢下で、発電用としての軽水炉の建設、将来を目指した新型炉や増殖炉の開発など、原子力の広い分野に参与している日立製作所の主要な役割について述べるとともに、活動状況の概要を紹介する。

1 緒言

我が国はエネルギー供給源の90%を輸入しており、なかでも、輸入石油の依存度は73%(昭和50年実績)にも達している。石油危機から早くも4年の日時を経過したが、エネルギー問題は、今や我が国だけにとどまらず世界的な政治問題であり、各国ともその供給安定を求めて苦悩している。原子力発電は発電コストに占める燃料費のウェイトが小さく、ウランは輸送貯蔵が容易であるため、国産エネルギーに準じた供給の安定性をもって考えると考えられ、石油に代わって将来の供給力の大宗を占めるものとして、我が国では積極的に開発推進することが肝要である。軽水炉の建設、開発炉の推進を中心として、原子力の最近の動向を述べ、日立製作所の活動状況と役割について概要を述べる。

2 軽水炉の最近の動向

商業用発電に限って言えば、我が国の原子力発電は、当分軽水炉を中心として開発されることになっている。軽水炉は、日本原子力発電株式会社敦賀発電所1号機が運転に入って以来8年を経過したが、昭和53年末には、運転中のものが合計出力1,300万kWを超え、米国に次ぐ世界第2位の原子力発電国となる。最近の2~3年は、初期の輸入プラントを中心にマイナートラブルが相次いで起こり稼働率の低下をきたしたが、電力会社及びメーカーが一体となって現象を究明し、対策を実施中であり、逐次改善される見込である。また、これまでの運転経験を踏まえて、軽水炉の改良標準化が進められ、我が国情に適した信頼性の高い軽水炉が確立される過程にある。

2.1 BWRの運転経験と建設実績

日立製作所は、早くから原子力発電の重要性に着目し、米国GE社より技術導入した沸騰水型原子力発電設備(以下、BWRと略す)を基本として、開発と実用化に努力してきた。

すなわち、BWRの建設経験を積むため、初期の輸入プラントでは、GE社の下請けとして、システム設計への参加、機器の製作、据付及び試運転を通して技術を蓄積した。

それらの先行炉の実績を踏まえて、日立製作所が初めて主契約者となった中国電力株式会社納め島根原子力発電所1号機では、原子炉まわり及び補機の系統の見なおし、機器の材料の見なおしなどを行なって改善に努めた。新たに採用され

た主なものは、主蒸気隔離弁や逃し弁の国産化、汙過式脱塩装置の採用、給水系への酸素注入の採用、圧力容器のセーフエンドに低炭素ステンレス鋼SUS304Lの採用などで、当時としては一見小さな改善ではあったが、稼働率の向上に益する所は大きく、その後のプラントでもこの設計思想を踏襲している。また、運転管理面では、オフライン計算機による予測解析コードを開発し、炉心運転計画の解析を行ない、燃料負荷に余裕をもたせながら運転が実施され、顧客の優れた運転技術に支えられて、稼働率も70%を超える優れた運転実績を示すことができ、燃料破損も皆無で今日に至っている。

こうした経験を加えて、現在東京電力株式会社福島第一発電所4号機(784MW)、中部電力株式会社浜岡発電所2号機(840MW)及び日本原子力発電株式会社東海発電所2号機(1,100MW)の建設に従事しており、いずれも昭和53年中に運転開始の予定である。

2.2 改良及び開発研究

我が国のBWR発電所の運転実績が蓄積されるにつれて、多くの問題点が明確となり、それらを解決し、更に信頼性の高いプラントへの改良のために多くの開発研究が行なわれている。

日立製作所での開発研究の主な項目について、表1に示す。これらの研究成果の一つが希ガス活性炭吸着装置で、オフガス系に設置し、チャコール(活性炭)による希ガスのホールドアップを行ない、放出放射能減少を目的としたものである。

このシステムは、日本原子力発電株式会社敦賀発電所、東京電力株式会社福島第一発電所1号機及び2号機にそれぞれ採用追設され、現在まで良好な運転性能を示している。その後の日立製作所が参画したBWR発電所には、すべて採用されている。表1に示した研究項目の主なものについては、この特集号で以下、稿を改めて紹介する。

2.3 軽水炉の改良標準化

これまでの軽水炉の建設運転経験の蓄積に基づく自主技術により、改良標準化を推進して安全性、信頼性をいっそう向上させ、原子力発電に対するパブリック・アクセプタンスを得るとともに、稼働率の向上を図り、我が国の国情に適した軽水炉技術の定着を図ることへの要望が高まり、昭和50年6

* 日立製作所電力事業本部

表1 日立製作所における研究項目の例 日立製作所は、原子力の広範囲な分野にわたって研究開発を続けており、軽水炉関係の主要項目を示す。一部は既に実機に採用され、良好な成果を得ている。

日立改良開発項目	
炉心・燃料	水分管理強化
	被覆管などの改良
	炉心性能予測計算システム
	濃縮分布改良炉心
安全・耐震	出力上昇法(運転指針)
	スプレイ冷却モデル
原子炉格納容器	地震時制御棒挿入特性確認
耐力腐食割れ	作業性、耐震性向上の改良
低放射能システム	材料、溶接法の改善
	給水2段階過脱塩方式
	酸素注入による腐食抑制
放出放射能減少	低コバルト材の採用
	希ガス活性炭吸着装置
	高湿度ヨウ素除去用銀吸着材
	洗濯水回収再利用システム
稼働率向上	廃棄物の濃縮ペレット化
	機器システム信頼性向上
	インサービス・インスペクション
	定期点検期間短縮
被曝低減	機器システム信頼性評価法
	自動化装置
	日立改良炉心により燃料入替え(シャッフリング)不要
	温水式燃料シッピング検査法
	自動燃料交換装置
	制御棒駆動装置自動交換装置

月通商産業省に原子力発電機器標準化調査委員会及び原子力発電設備改良標準化調査委員会が設置され、同51年4月に中間報告により軽水型原子力発電設備、機器の改良・標準化を図るに当たっての大綱方針が示された。その方針に基づき、現在日立製作所も具体的な検討を積極的に進めている。

BWRでは、作業員の被曝低減、保守点検の的確化に関する

各種改良策を考慮したMARK-I改良型、MARK-II改良型原子炉格納容器のフィージビリティ調査を行ない、昭和52年4月に報告書が出された。日立製作所で検討した例を図1及び図2に、また、検討に当たって考慮された改良項目を表2に示す。このような改良を進めることにより、作業員の放射線に対する被曝低減と機器の信頼性向上とが図られ、プラント稼働率の向上が期待できる。

このような機器の改良を踏まえて、国、設置者としての電力会社及びメーカーがそれぞれの役割を明確化し、標準化推進に当たっており、日立製作所としても、我が国に適した信頼性の高い標準プラントの確立及びそのための研究開発、関連する安全研究や安全解析手法の確立、並びに許可・認可申請資料の標準化へ最大の協力を尽したいと考えている。

2.4 軽水炉の実証試験と大規模共同研究

軽水炉の定着を推進するため、信頼性の確認及び軽水炉の改良を目標に、国の指導による大型実証試験研究や、電力会社がメーカーの自主技術確立をバックアップして大規模な共同研究が推進されていることは、最近の原子力の動向として注目すべきことで、日立製作所でも積極的にこれらの研究に参画している。

国の指導する大型実証試験は、現在の技術の実プラント条件での信頼性及び安全性を確認するために行なうもので、原子力工学試験センターが管理推進している。現在、日立製作所が参加して促進中の主要テーマとして、大型耐震実験、ステンレス鋼の応力腐食割れ(SCC)対策実証試験、再循環系大型ポンプの実証試験などがあり、これらの実験設備の計画、建設などに協力している。

電力会社のバックアップで実施中の共同研究は、現在のBWR改良が主目的であるが、将来のBWRに採用するための機器やシステムの研究も含まれている。日立製作所が現在参加している主要項目は、BWR関係の燃料改善研究、安全性研究、機器改良研究、廃棄物処理関係研究などであるが、

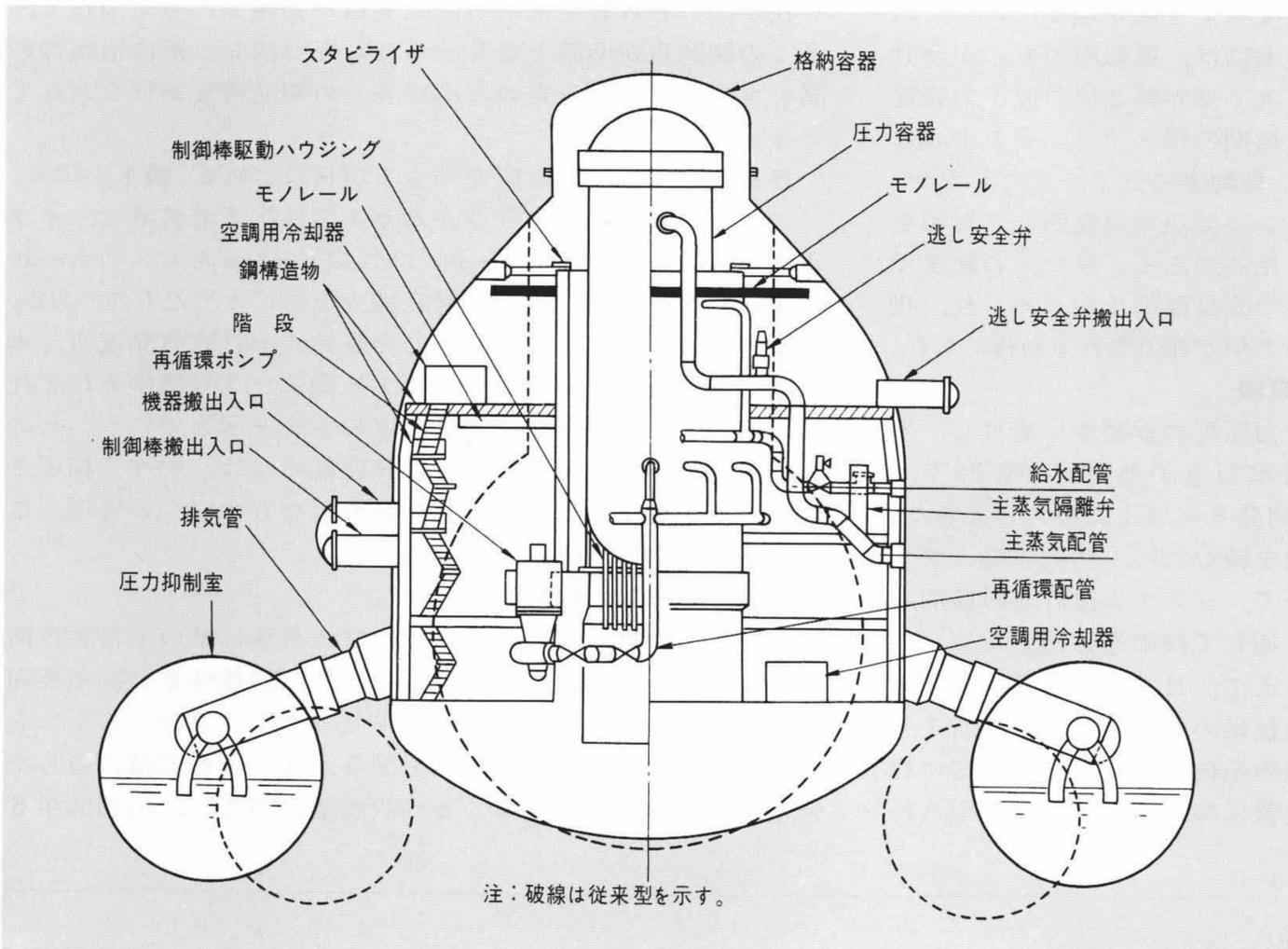


図1 改良型格納容器(MARK-Iの例) MARK-I型格納容器概略配置を示す。従来の格納容器に比べて内部の空間を増し、保守点検のための作業性を改善した。

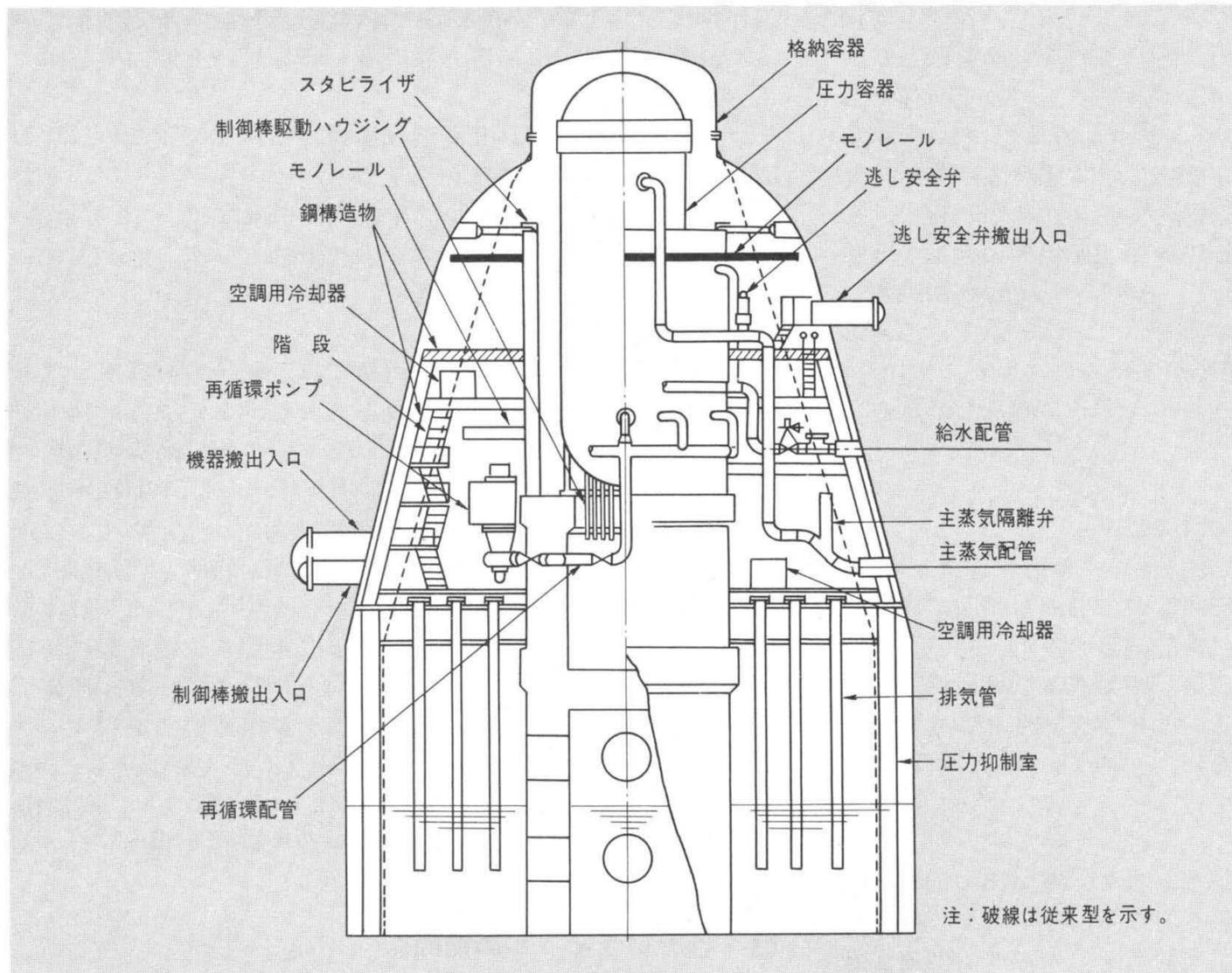


図2 改良型格納容器(MARK-IIの例) MARK-II型格納容器内概略配置を示す。内部の空間を増し、保守点検のための作業性を改善した。基本的な配置は、MARK-I改良型と類似の標準設計となっている。

PWR(加圧水型原子炉)関係電力会社とも放射能廃棄物固化処理の共同研究を実施している。

こうした国、電力会社、メーカーの協力によって資金、設備、人材の有効活用が推進され、メーカー単独では実施が困難な大規模実証試験や大型開発が可能となったことは、自主技術確立のため画期的なことで、関係機関の支援にこたえるため、メーカーとして最大の努力を尽したいと願っている。

大規模共同研究に関連して、国際的な共同開発の動向につ

き言及しておきたい。軽水炉の開発と実用化の歴史を顧みると、安全対策に最重点がおかれ、安全審査、品質管理や検査は年を追って強化され、非常に嚴重なものとなっており、他の産業機械にその例を見ないといっても過言ではない。更に、信頼性や効率の向上と将来の経済性の高い原子力プラントを目指して、開発への努力が続けられている。新製品の信頼性を実証し、規制当局の審査に合格し、パブリック・アクセプタンスを獲得するには、非常に広範なサーベイ試験、及び大規模の実物試験測定や実規模モデルによる試験が必要とされる場合が多くなった。こうした開発のためのソフトエンジニアリングの負担が膨大なものであることも、一般に漸く認識されはじめた。また、類似の大規模な安全研究が異なった場所で異なった機関によって実施される場合、成果の整合性が重要視されるようになってきた。こうして、新製品の開発に膨大な費用、労力及び時間を要することに対する共通の認識が高まり、国際的な協力関係を結んでできるだけむだを省いて研究開発を分担し、成果を分かちあうことの必要性が痛感される時代となってきた。BWRでは、従来から関係の深かったGE社-東京芝浦電気株式会社-日立製作所の3社が中心となって協力し、現在直面する問題の解決、更には次世代の理想的な軽水炉の開発のための構想作りに着手しようとしている。政治・経済だけでなく、原子力のような先端技術の分野でも国際化の時代となり、各自の優れた技術をもちよって効果的な開発を進めようとしており、自主技術が重視されるゆえんである。

表2 格納容器の形状及び内部配置の改善 格納容器内空間を増し、作業性の改善を図るため検討した項目を示す。

項目	項番	内容
作業スペースの確保	1	原子炉冷却材再循環ポンプの点検作業性を向上させるスペースの確保
	2	制御棒駆動機構の交換作業を容易にするためベデスタル内部のスペース拡大
	3	主蒸気隔離弁周辺の作業スペースの改善
	4	空調機器の配置の合理化
	5	主蒸気配管と給水配管の格納容器ペネトレーション位置、ヘッド位置を離し、主要弁類機器の作業スペースの確保
作業性の改善	6	逃し安全弁搬出入用の専用ハッチの新設
	7	主要機器の搬出入の作業性を向上させるモノレールやジグクレーンの増強
	8	タラップに代わる階段の設置及び通路の確保を図る内部レイアウトの改善
安全性の強化	9	RPV(Reactor Pressure Vessel)ノズルのシールドプラグ、配管保温材の着脱及びISI(In-service Inspection)自動化を規定したスペースの確保
	10	格納容器シェル内側に支持構造物の設置

3 開発炉の最近の動向

現在、商業ベースで建設されている軽水炉は、核分裂性物質として天然ウラン中の0.7%のウラン-235しか利用できない。そこで、残りの99.3%のウラン-238が中性子を吸収して

できる核分裂性物質プルトニウム-239を利用し、ウラン資源の有効活用を図るために、動力炉・核燃料開発事業団(以下、動燃事業団と略す)をナショナルプロジェクトの推進母体として、高速増殖炉(FBR:特にナトリウム冷却型)及び新型転換炉(ATR:重水減速、軽水冷却型)の開発が進行中である。このほかに、炉心出口1,000°C程度の高温ガス冷却材を、化学プロセス(例えば、直接還元製鉄用還元ガスの製造や石炭ガス化)の熱源として利用する、いわゆる多目的利用高温ガス炉(HTGR)の開発も、日本原子力研究所(以下、原研と略す)を中心に基礎的な研究開発が進められている。

日立製作所は、これらの計画のそれぞれに参加し、次のような活動を行なっている。

3.1 新型転換炉(ATR)

(1) 原型炉「ふげん」(電気出力165MWe)

「ふげん」では、日立製作所を主務会社(技術取りまとめ)とした原子力関連5社が、昭和53年3月臨界を目指し、現在5社連合試験本部を中心に、総合機能試験を進めている。日立製作所は、原子炉本体、関連設備、電気計測制御設備など、その主要部分を担当している。引き続き実施される起動試験については、動燃事業団を中心に、システム機器、炉心などのワーキンググループが検討を行なっている。

(2) 原型炉以降

「ふげん」に続くATRの実証炉として、電気出力600MWe級が計画されている。昭和52年3月から53年1月まで概念設計STEP-3が、日立製作所を主契約者とした原子力関連4社協力のもとに、主として経済性の向上を目標に実施され、更に、引き続きSTEP-4が計画されている。

3.2 高速増殖炉(FBR)

我が国の高速増殖炉開発は、昭和52年4月に臨界に達した実験炉「常陽」(熱出力100MW)から、原型炉「もんじゅ」(電気出力300MWe)の建設へと引き継がれ、1990年代半ばに実用化実現を目指している。

(1) 研究開発と機器開発

日立製作所は、昭和31年に他社に先がけて液体金属の研究に着手し、以来20年間、ナトリウム高速増殖炉のシステムや機器の研究開発を続けてきた。昭和42年、動燃事業団発足後は、ナトリウム技術を中心とした機器開発を目標に、大洗工学センターの諸実験設備や開発試験機器を次々に受注し、製作実績を積み重ねてきた。最近の受注機器では、「もんじゅ」モックアップ・ナトリウムポンプなどがある。

(2) 実験炉「常陽」

実験炉「常陽」では、日立製作所は原子炉容器、一次冷却系統配管弁類(二式)、中間熱交換器(1基)、主循環ナトリウムポンプ(2台)などの主要機器、プロセス制御計測装置、主計算機(HITAC 500)などを受注し、昭和51年3月にこれらを納入した。現在、動燃事業団により、臨界後の各種性能試験が総合的に実施されており、昭和53年3月から出力上昇が開始される予定になっている。「常陽」の出力運転により、高速炉の開発は更に一步前進することになる。

(3) 原型炉「もんじゅ」及びそれ以降の開発

高速原型炉「もんじゅ」以降の高速炉開発計画については、動燃事業団及び東京電力株式会社を中心に技術的検討が進められており、また、開発の在り方についても、科学技術庁を中心に検討が重ねられている。後者に関しては、昭和52年9月に「高速炉開発の実施方策に関する研究会」報告書が出され、開発計画に対する方針が提案されている。

日立製作所は、他のメーカー3社と協力して、「もんじゅ」

製作準備設計(1)に、「もんじゅ」に続いて建設が予定されている実証炉についても、概念設計及び予備設計を協力実施中である。

また、我が国のFBR開発技術力の結集を図るため、昭和52年8月、日立製作所ほか原子力メーカー4グループが協力して、FBRエンジニアリング事務所を発足させ、「もんじゅ」及び実証炉のエンジニアリングの技術的取りまとめを実施しており、その成果が注目されている。

3.3 高温ガス炉(HTGR)

我が国の長期的エネルギー供給では、原子力の利用は電力の発生だけでなく、諸工業プロセスの熱源として直接利用することも必要であると考えられる。このため、高温ガス炉の多目的利用(プロセス熱利用)を取り上げ、炉心出口Heガス温度1,000°Cを目標とした実験炉の建設計画が、原研を中心に進行中である。日立製作所も、当初よりこの計画に協力参加し、炉容器、中間熱交換器、炉内構造などを中心とした設計作業に順次従事し、また、最近では高温二重配管試験装置の製作を受注して、He技術のいっそうの向上に努めている。原研では、また原子炉建設の前段階として大型構造機器試験ループ“HENDEL”の建設計画が進行中であり、日立製作所もこの設計作業に参加してきた。“HENDEL”の建設により、高温Heの取扱い技術と大型構造機器の開発が飛躍的に進むものと期待されている。

4 核燃料サイクルの諸問題

最近、世界各国のエネルギー政策の厳しさを反映して、核燃料サイクルの重要性が一段と高まってきている。昭和52年10月に報告された、原子力委員会、核燃料サイクル問題懇談会報告書では、原子力平和利用と核不拡散を両立させる国際動向に対処しながら、我が国の核燃料サイクルを確立していくためには、

- (1) 国がウランの安定供給確保の国際合意作りに努め、動燃事業団の海外調査探鉱を強化する。
- (2) 国はウラン濃縮国産技術を確立して、実用化計画を作り、民間は遠心機の製造体制を整える。
- (3) 国が再処理技術を確立、混合抽出法などの研究開発や法整備を進め、民間は第2工場の建設に核燃料パーク構想を考える。

などの諸施策が必要であると結論している。

核燃料サイクルは、ウランの精錬から、濃縮、転換、加工、輸送、貯蔵、再処理、プルトニウム利用及び放射性廃棄物処理処分に至る広範な技術分野があり、日立製作所の原子力技術と他の分野の技術を応用して参画できるものが少なくない。遠心分離法によるウラン濃縮プラントの建設、燃料加工、使用済み燃料の貯蔵、放射性廃棄物などの分野を中心に、斯界の要望に対して積極的に応じ、我が国での核燃料サイクルの完結に微力を尽したいと考えている。

5 結 言

以上、原子力の最近の動向について、軽水炉及び開発炉に関する日立製作所の活動を中心に概説した。原子力といっても、軽水炉、新型炉、高速増殖炉から核融合炉へと、永い発展の過程を予想し、それぞれの開発段階に応じて研究開発を進めている。発電に限って言えば、我が国では、ここ当分は軽水炉を主力として開発することになっているが、これまでの運転実績に基づき、よりいっそうの技術開発を推進し、自主技術による改良と標準化を実現したいと念願している。