XIII. 船用炉開発計画

日本原子力船
開発事業団

井上啓次郎

Program for Developing Marine Reactors

Keijiro INOUE

The progress of marine reactor development is reviewed from the technical point of view, and the main features of recently developed marine reactors are outlined.

The program for developing the first nuclear ship in Japan is described, and the specifications are given of the reactor whose preliminary design has been prepared by the Japan Nuclear Ship Development Agency. It has been decided that the reactor to be installed should be the indirect cycle light water type. The basic policy is to assure safety in operation, and due consideration for incorporating domestic technology in design and construction.

まえがき

レーニン号(1959年12月竣工), サバンナ号(1962年5月竣工)は平和利用の原子力船として世界的に注目されたところであるが, 原子力商船の経済性としてはまだ確かな見通しが得られていない。しかし各国とも近い将来の原子力船時代を期待して, 経済性が高く安全性がより大きい船用炉の開発に努力している。すなわち, サバンナ号, レーニン号に搭載されている原子

炉は加圧水型であるが, 最近提案されている船用炉では, 建造費と燃料費の低減をねらった技術的進歩が見られ, 新型として改良加圧水型, 空気冷却型およびスペクトル制御型が登場している。

改良加圧水型としてはアメリカのCNSG, UNIMODが代表的であり, 熱交換器の内装, 加圧器の省略, ウェット・コンテナの採用により原子力プラントが軽量・小型化されている。

空気冷却型としては, アメリカの航空機用原子炉開発計画(ANP)を船用炉に切り替えられた軽水減速・空気冷却の630 Aが軽量・小型の船用炉として提示されている。

スペクトル制御型としては, イギリスで重点的に開発しているVULCAINがクローズアップされている。

これらの新しい船用炉はそれぞれ特徴をもち, 原子力商船に適応するといわれているが, いずれも実際の試験をされていないので, 真のブループン・タイプとはいえない。しかし西ドイツのGKSSにおいては, 原子力鉱石船(15,000 t., 10,000~11,000 HP)に搭載する原子炉として, CNSG-Iの改造型を採用することをきめ, 国内メーカーによって設計が進められている。

1. 原子力第1船開発基本計画

アメリカ

項目	船用炉	サバンナ号 PWR	CNSG-II	UNIMOD	VULCAIN	630 A
設計会社		アメリカ B&W	アメリカ B&W	アメリカ CE	イギリス S, A-B, V	イギリス G. E.
炉型式		加圧水型	改良加圧水型 (一体型)	改良加圧水型 (一体型)	スペクトル 制御型	空気冷却型
熱出力 MWt. (主機出力 HP)		69 (22,000)	60 (20,000)	80 (30,000)	—	67.4 (27,300)
減速材 冷却材		軽水 "	軽水 "	軽水 "	軽水 + 重水 "	軽水 空気
燃料; 被覆材		UO ₂ ; SS	UO ₂ ; Zirc.	UO ₂ ; SS	UO ₂ ; SS	UO ₂ ; 80Ni-20Cr
濃縮度		2 領域 (4.2%, 4.6%)	4 領域 (平均約 3%)	2 領域 (低濃縮)	6%	93.2%
1次系	圧力(kg/cm ²) 温度(°C)	123 268	84 284	140~170 飽和温度	140 —	空気 27.4 649
蒸気系	圧力(kg/cm ²) 温度(°C)	33 238	28 278	42.2 315~344	46.7 260	59.7 510
機器配置	蒸気発生器	別置	内装	内装	内装	内装
	加圧方式	加圧器別置	H ₂ 加圧	自己加圧	自己加圧	—
	コンテナ	ドライ型	ウェット型	ウェット型	—	ドライ型
原子炉系重量		69 MWt. で 2450 t.	60 MWt. で 510 t.	80 MWt. で 430 t.	—	67.4 MWt. で 408 t.

わが国においては、早くから原子力船の調査研究が進められて多くの成果が収められてきたが、船用炉の製作を含め原子力船の開発を強力に推進するため、昭和38年度から日本原子力船開発事業団(以下原船団と略称)が設立され、原子力第1船の設計、建造をすることになった。

原船団の行なう原子力船の開発業務は、内閣総理大臣および運輸大臣が原子力委員会の決定を尊重して定める開発基本計画に従うことになっている。

原子力第1船開発基本計画に示された基本方針はつぎのとおりである。

- (1) 原子力基本法の精神が充分に生かされるようつとめること。
- (2) 資金および人材の面において、関係試験研究機関および産業界の協力を求め、計画の円滑な推進を図るとともに、広くわが国の原子力船に関する技術の向上を図ること。
- (3) 原子力第1船の設計および建造は、搭載する原子炉を含めて可能なかぎり国内技術によって行なうこと。
- (4) 原子力第1船の安全性の確保については、慎重に検討し、万全を期すること。
- (5) 関係試験研究機関と密接な連繫を保ち、研究開発を効率的に推進すること。

また、事業の大綱はつぎのように示されている。

- (1) 原子力第1船の総トン数約6,000 t., 主機出力約10,000 HP程度とし、海洋観測および乗組員の養成に利用できるものとする。
- (2) 搭載する原子炉の型式は軽水冷却型とし、特に船用炉としての適応性に重点をおいて慎重に検討の上決定するものとする。
- (3) 本計画は昭和38年度より開始し、昭和46年度末までに終了するものとする。
- (4) 原子炉が臨界に達するまでに約5年、その後慣熟運転約2年および実験航海2年を見込むものとする。
- (5) 原子力第1船の乗組員の養成訓練については、日本原子力研究所、放射線医学総合研究所における基礎課程の講習、建造過程における工場実習およびできれば外国原子力船による乗船実習等の訓練を行なう。養成訓練は計画の3年度から始めて試運転前に完了するものとする。
- (6) 原子炉施設に付帯する燃料交換用の設備および機器等については、各種の方式について技術および経済上の見地から最適の方式を検討し、計画期間中に整備するものとする。
- (7) 原子力第1船は実験航海終了後、適当な機関

に譲渡し、原船団は解散するものとする。

2. 原子力第1船の基本設計

原船団においては、原子力第1船開発基本計画に基づいて原子力第1船の基本設計要目を決定し、主務大臣および原子力委員会の了承をえて、基本設計が国内メーカーの協力により進められている。

原子力第1船に搭載する原子炉については、海外調査および文献調査により慎重に検討した結果、開発基本計画に示された軽水冷却型を基として「間接サイクル軽水型」とし、つぎに示すような主要目で日本原子力船研究協会の原子力海洋観測兼補給船をモデルタイプとして基本設計作業が行なわれている。

- (1) 原子炉の熱出力、基数：原子炉は熱出力を一応35 MW、基数を1基とし、設計が終わった段階で熱出力を確定する。
- (2) 減速材、冷却材：減速材、冷却材は軽水。
- (3) 燃料：燃料は低濃縮ウランとし、酸化ウランペレット、ステンレス鋼被覆とする。また炉心は2領域とし、濃縮度および装荷量は炉心計算の後確定する。燃料交換期間を約2年、負荷率60%とし、シャフリングを行なわない。
- (4) 制御方式：制御方式はロッドアブソープ方式とする。
- (5) サイクル方式：間接サイクルとする。
- (6) 1次冷却材循環方式：1次冷却系は強制循環とし、循環ポンプは2基とする。なお、安全対策として緊急冷却方式、崩壊熱除去方式を強化するよう設計する。
- (7) 炉心内ボイド：炉心内で一部沸騰を許すものとし、その程度については計算の後確定する。
- (8) 圧力温度条件：1次系は圧力約105 kg/cm²g、温度278°C(2次系は圧力40 kg/cm²g、温度251°C)と概定して基本設計を進める。
なおこれと併行して、1次系および2次系のパラメトリック計算を行ない、最適の圧力温度条件を検討する。
- (9) 主蒸気発生器：主蒸気発生器は立円筒型2基として基本設計を進める。これと併行的に内装貫流式について検討する。
- (10) 加圧器：加圧器は原子炉圧力容器の外に設ける。なお、併行的に自己加圧式について検討する。
- (11) 格納容器：格納容器はドライ型とする。これと併行して格納容器の機能を充分發揮させるため、技術的検討を行なう。

- (12) 燃料交換方式：第1船の燃料交換設備は自船に搭載しない。なお、サービス方式については、別途概念設計を進め、環境条件を勘案して検討する。

あ と が き

わが国の船用炉開発は、前述のとおり原子力第1船として具体化しつつあるが、これは安全性を第1とし、国内技術による設計、建造が重視されているので、将来に備えるためには経済性の高い船用炉を開発する必

要性が強調されている。

これからの原子力商船の船用炉としての必須要件は軽量・小型で、安全性が大きく、かつ燃料コストの低いことである。したがって、世界第1の造船量を誇るわが国としては、原子力船の実用時代に適応するための原子力第1船の設計、建造に併行して、新しい船用炉の系統的な開発を国際協力を考慮しつつ積極的に推進することが強く要請される。

(1964年 5月7日 受理)

XIV. 商用原子力発電開発の将来計画

Programs of Commercial Nuclear Power Development

The nuclear power development programs of four electric power companies in Japan are described: The Japan Atomic Power Co., the Kansai Electric Power Co., the Chubu Electric Power Co. and the Tokyo Electric Power Co.

I. 原電第2発電所建設計画

日本原子力発電 吉岡俊男

1. 第2発電所開発の意義

わが国における原子力発電の開発は、1961年2月原子力委員会の決定した「原子力開発利用長期計画」に示されているように、技術的、経済的見通しに基づき、その開発段階を1970年までの前期10年間と、1971年から1980年までの後期10年間の2段階に分け、前期は来たるべき本格的開発に備えて、開発体制の整備、技術者の養成など足場を固める準備的な開発段階として、約100万kW程度の開発を行なうことが期待されている。また第2号炉としては、低濃縮ウランを燃料とする軽水型が、海外において実用規模の発電炉として完成して運転に入りつつあり、経済性的見通しも確実さを加えていること、および将来性的見通しなどからも適当であろうとされている。

当社はこの「長期計画」の指向するところに従い、また初期段階における原子力発電の企業化を促進し、将来における原子力発電実用化の準備を行なうという当社設立の主旨に鑑み、第2期計画としてアメリカ型軽水炉の導入、建設を決定し、1961年春からその建設準備調査を開始した。

当社は現在、第1期事業として天然ウランガス冷却炉をイギリスより導入し、東海発電所を建設中であるが、この建設は開発途上にある技術の導入、さらにわ

が国最初の原子力発電所の建設ということで、幾多の貴重な経験を得ることができ、またこれを契機として、わが国における原子力発電開発体制の促進、諸問題の解決に貢献し、わが国における原子力発電の企業化の促進に役立ってきたものと信じている。

しかしながら、原子力発電というような新しい分野の企業化に当っては、技術上、経済上あるいは開発体制上にまだまだ未解決の問題が多く、さらに炉型式、燃料、導入先が異なる場合には、また新たな問題も生じてくる。そしてこれらの問題の解決は決して一朝一夕に成るものではなく、実際にプラントを建設することによって順次解決されてゆくものであろう。

したがって、第2発電所開発の意義としては、これら未解決もしくは不確定な問題を順次解明、解決し、引き続いて行なわれる電力会社の準備段階における開発に対し、原子力発電企業化の道をできるだけ開拓し、さらには将来の本格的開発に備えての国内技術水準の向上に役立つことにあるものと考える。

2. 計画の概要

第2発電所の計画概要はおよそつぎのとおりである。

- (1) 原子炉型式：濃縮ウラン軽水型
(PWRまたはBWR)
- (2) 容量規模：約30万kW
- (3) 建設予定地：福井県敦賀市
(蒲底・立石・色浜地区)