

高速増殖炉用蒸気発生器の開発

Development of Steam Generator in Liquid Metal Fast Breeder Reactor

Development of Liquid-Metal Fast Breeder Reactor (LMFBR) is being carried on in industrial countries of the world. Many research and development programs associated with LMFBR have been conducted by the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC) in Japan, too.

Steam Generator is a key component in LMFBR plant and it has many problems to be solved in engineering and design.

Hitachi, Ltd. has done its research and development programs on steam generators taking part in the PNC steam generator projects. One (1) MW steam generator for the PNC was designed and fabricated by Hitachi, Ltd. and it was installed at Oarai Engineering Center of the PNC in August, 1971. Since then, steady state and transient operation tests have been conducted by March, 1972. Many valuable data obtained have since been under analysis at the PNC.

The paper describes features of sodium-heated steam generators, development programs in Hitachi, Ltd. and the design, fabrication and operation of the 1 MW steam generator for the PNC.

河原誠二* Seiji Kawahara
 杉山 千** Sen Sugiyama
 米納 惇** Atsushi Komeno
 河原 愈** Masaru Kawara

1 緒 言

ナショナルプロジェクトの重要な一つとして、動力炉・核燃料開発事業団（以下、動燃事業団と略す）により液体金属ナトリウム冷却高速増殖炉（Liquid Metal Fast Breeder Reactor 以下、FBRと略す）の開発が強力に推進されている。日立製作所においてもこれに積極的に参加し、各種の研究開発を進めている。

液体金属ナトリウムは、その核的および熱的性質がFBR用として最も好適なものの一つとして選ばれたものであるが、反面において熱的および物性的な性質から、プラントの設計および運転に対し、従来の軽水冷却炉とは違ったいくつかの考慮を必要とする。プラント機器についてみると、蒸気発生器が最も特徴的なものといえよう。蒸気発生器は、炉心から一次および二次ナトリウム冷却系により伝達されてきた熱により、高温高压の蒸気を発生させタービン系に伝えるものであり、後述のように多くの特異性をもち、原子炉プラントの性能、安全性および信頼性に大きな影響をもつもので、FBR開発の一つのかぎとまでいわれている。

ここではナトリウム加熱蒸気発生器について、日立製作所においてこれまで進めてきた研究開発の内容および昭和46年動燃事業団に納入した1 MW蒸気発生器の設計、製作および運転経過について述べる。

2 高速増殖炉用蒸気発生器の特異性

要求される蒸気条件のみについていえば、従来の新営火力プラントのボイラあるいは熱交換器と大きく異なるところはないが、ナトリウム-水の熱交換器であることから、その設計・製作・検査には次のような特異性をもっている。

(1) 伝 熱

金属ナトリウムは熱伝導率が大きく、粘性が小さいため、プラントル数が小さくなり、大きな熱伝達率を実現できるとともに特異な伝熱特性を有している。

(2) 熱負荷率

加熱側の熱伝達率が大きいいため従来の火力ボイラよりも単位伝熱面積あたりの熱負荷を大きく、全体をコンパクトな構造にまとめることができる。その反面、熱的条件が過酷となる。

(3) 熱 衝 撃

加熱媒体の熱伝達率が大きく、しかもその顕熱によって熱を移送するため、炉のスクラム、一次、二次系の循環ポンプや給水ポンプの故障などによるプラント運転上の過渡条件が、蒸気発生器に大きな温度変化を与え、構造設計上耐熱衝撃性が重要な要素となる。

(4) 材 料

高温の金属ナトリウム中に浸せきされるため構造材料の選定にあたっては、質量移行（温度および材料の組合せによりナトリウムを媒体とし脱炭および浸炭が起こる現象）および高温クリープ（耐用年数30年、プラント稼働率80%、使用時間210,000時間）による機械的強度の変化を考慮する一方、伝熱管においてClイオンによる応力腐食割れには十分な配慮が必要である。

(5) 安 全

ナトリウムと水の反応は、たとえ小規模のものでも大事故に発展する可能性をもつので、絶対にこれが発生しないよう製作および据付け全般にわたって、十分な品質管理が要求される。たとえば、管と管板の溶接は従来の差込形では、すきま腐食を生じ、高压水のナトリウム側への漏えいの危険性があるため、突合せ溶接とし、全数放射線検査を行なう方式

* 日立製作所日立研究所 ** 日立製作所日立工場

が採用されねばならない。また、万一ナトリウム-水反応事故が生じて、破損の伝播(でんぱ)や拡大防止対策を施しておかねばならない。

(6) コスト

初期の蒸気発生器は、ナトリウム-水反応事故防止のために二重伝熱管構造の保守的な設計が採用されていたが、これでは熱効率が低く製造技術に難点があり、ひいては製造コストも著しく高くなる。このため各国とも一重伝熱管方式の蒸気発生器を開発中であり、これによりコストはかなり低減される見込みであるが、それでも1,000MWe・FBRの総建設費に対し、蒸気発生器は約16%程度、また原子炉および冷却系(建屋と土地、蒸気タービン発電機系を除いたもの)の約42%に相当し、非常に大きな割合を占めるものと試算されている。⁽¹⁾

3 高速増殖炉用蒸気発生器の開発経過

蒸気発生器は伝熱管の形状によって直管形、U字管形、サーペンタイン形、ヘリカルコイル形、バイヨネット形、ホッケースティック形などに大別され、また機構上からユニット形とモジュラー形に分類される。これらの形式にはそれぞれ一長

一短があり、その選択は、非常にむずかしい問題である。諸外国の例を見ても、表1に示すように種々のものが開発されている。

動燃事業団では原型炉「もんじゅ」にはユニット形のうち、蒸発部と過熱部を貫流形としたヘリカルコイル形を採用することとし、バックアップとしてモジュラー形でホッケースティック形も設計している。それに関連して、管と管板の溶接試験、管材料の腐食試験および炭素移行試験、主要構造の熱衝撃試験、大リークおよび小リークナトリウム-水反応試験などの開発試験、また総合的な試験として、表2のようなスケジュールで1 MWおよび50 MW蒸気発生器の試験が進行中であり、その成果を「もんじゅ」蒸気発生器に反映させようとしている。

一方、日立製作所においても、早くから広範囲にわたる開発試験研究を行ってきた。大形プラントとしての経済性の検討結果から当面の目標は、ユニット形ヘリカルコイル状の蒸気発生器とした。おもな開発内容は次のとおりである。

- (1) 伝熱・流動
 - (a) 電気加熱による水側伝熱試験

表1 最近の蒸気発生器の形成 ナトリウム加熱蒸気発生器は、世界各国において開発が進められているが、形式の選定がむずかしく、種々の形式が開発されている。

Table 1 Types of Steam Generators in the World

国名	プラント名	形式	伝熱管形状	容量 (MWt/1ループ)	ループ数	1ループあたりの組合せ ⁽¹⁾
イギリス	P F R	ユニット	U字管	200	3	EV+SH+RH
フランス	Phenix	モジュラー	ヘアーピン	180	3	4EV+4SH+4RH
西ドイツ	Hengelo	モジュラー	直管	50	1	EV+SH+RH
	S N R	モジュラー	直管	250	3	4EV+4SH+2RH
アメリカ	A I 社	モジュラー	ホッケースティック	416	3	10EV+4SH+4RH
	B & W 社	ユニット	ヘリカルコイル	28.8	1	(EV+SH)
	"	"	ヘリカルコイル	688	3	(EV+SH)+RH
	C E 社	"	バイヨネット	820	"	(EV+SH)
	G E 社	ユニット	バイヨネット(EV) ヘリカルコイル(SH)	315	"	EV+SH
W H 社	モジュラー	J字形	833	3	2EV+SH+RH	
ソ連	B O R ⁽²⁾	ユニット	直管(EV) U字管(SH)	30	1	EV+SH
	"	"	サーペンタイン	30	1	EV+SH
	BN-350	ユニット	バイヨネット(EV) U字管(SH)	167	6	2EV+SH
日本	I M W	ユニット	ヘリカルコイル	1.2	1	(EV+SH)
	50 M W	"	ヘリカルコイル	50	1	EV+SH
	"	ユニット	ヘリカルコイル	238	3	EV+SH+RH
	「もんじゅ」	モジュラー	ホッケースティック	238	3	4EV+2SH+2RH

注:(1) EV, SH, RHはそれぞれ蒸発器, 過熱器, 再熱器を表わし, (EV+SH)は蒸発器と過熱器が一体形であることを示す。

(2) 2ループ中1ループは自然循環形, 他の1ループは貫流形である。

表2 動燃事業団の蒸気発生器開発計画 動燃事業団では、蒸気発生器の開発のために1 MWおよび50 MW蒸気発生器により試験を行ない、その結果を「もんじゅ」蒸気発生器に反映させようとしている。

Table 2 Development Schedule of Steam Generators in PNC

種別	昭和(年)	46	47	48	49	50	51	52
1 MW 蒸気発生器	据付・試運転	試験		試験				
			解体・復元					
50 MW 蒸気発生器		設計・製作・据付			試運転			
					試験			
原型炉「もんじゅ」		二次設計	三次設計	安全審査				
						設計・製作・据付		

- (b) ナトリウム加熱500kW小形蒸気発生器 (図1は、本試験施設の外觀である。) による伝熱試験
- (c) 実物大ヘリカルコイル内の水・蒸気流動試験
- (d) 伝熱・流動計算コード (SG-DESIGN) の開発
- (2) 流動安定性
 - (a) 流動安定性判別解析コード (NYKI) の開発
- (3) 動特性
 - (a) 動特性解析コード (SG-DYNIC) の開発
 - (b) ナトリウム加熱小形蒸気発生器による動特性試験
- (4) 安全
 - (a) 小リークナトリウム-水反応試験
 - (b) ナトリウム-水反応事故解析コード (SOREL) の開発
 - (c) 二次ナトリウム系内圧力波伝播解析コードの開発
 - (d) 模擬管板に対するナトリウム熱衝撃試験と熱応力解析コードの開発
- (5) 材料
 - (a) 各種材料のナトリウム中炭素移行および腐食試験
 - (b) 各種材料のクリープ試験
 - (c) 新材料 (安定化剤添加フェライト鋼) の開発
- (6) 製作・検査
 - (a) 管-管板内面溶接法の開発
 - (b) 伝熱管コイリング法の開発
 - (c) 管-管板内面溶接部の非破壊検査法の開発
- (7) 計測
 - (a) 水漏えい検出システムおよび検出器の開発

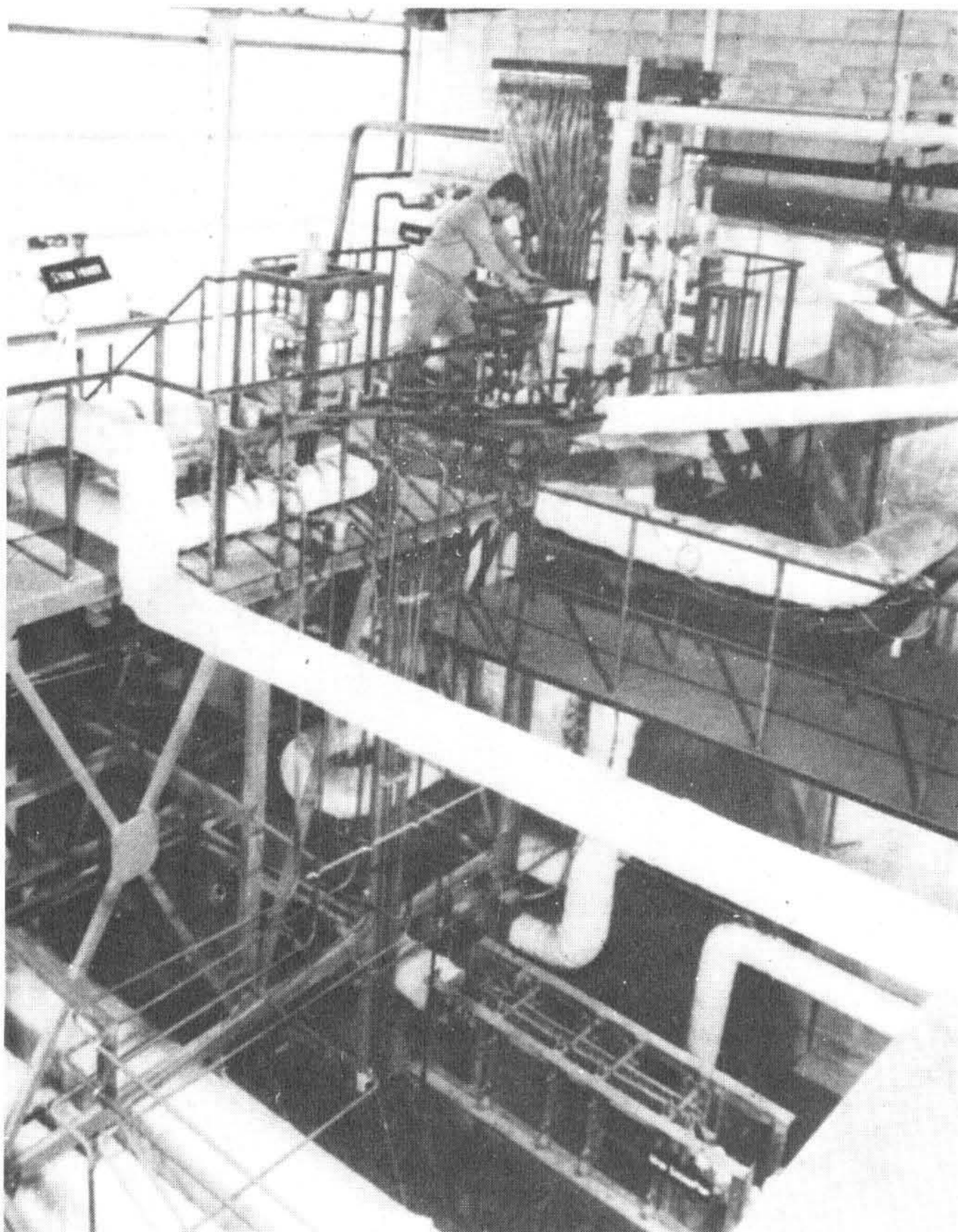


図1 500kWナトリウム加熱蒸気発生器試験施設 日立製作所では、500kWナトリウム加熱蒸気発生器試験施設により、伝熱・流動に関する基礎的なデータを得るために、静的および動的試験を行なっている。

Fig. 1 General View of the 500kW Sodium-Heated Steam Generator Test Facility

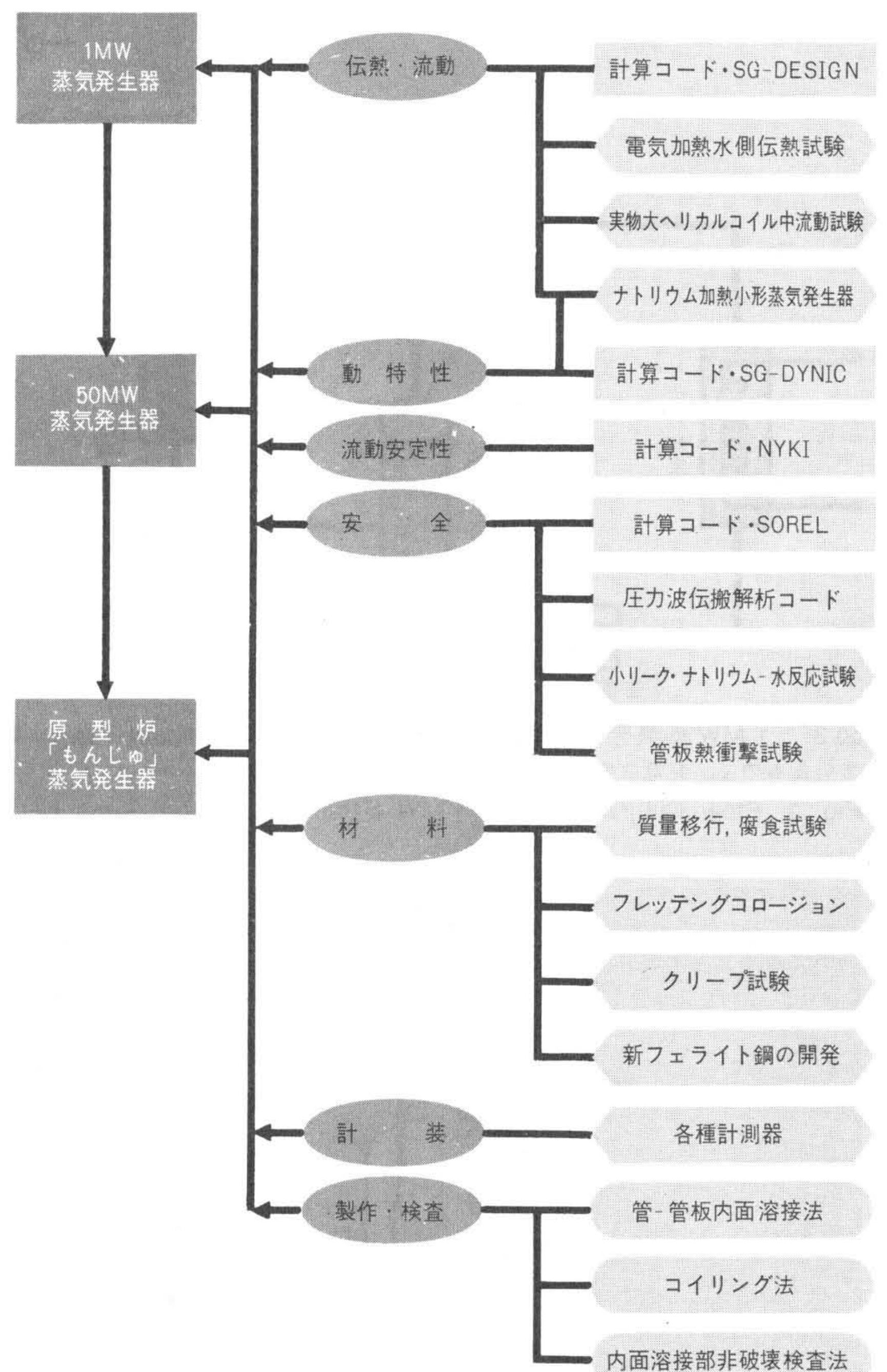


図2 ナトリウム加熱蒸気発生器開発項目の関連性 ナトリウム加熱蒸気発生器は、従来の火カプラント用ボイラと比較して広範囲の新技术が要求され、日立製作所は早くから総合的な研究開発を進めている。

Fig. 2 Relationship of Development Item for Sodium-Heated Steam Generator

(b) 各種計測器 (圧力計、液面計) の開発

図2はこれらの開発の関連性を示すものである。これらの開発試験は、日立製作所日立工場、同日立研究所、同原子力研究所および同関連工場の協力により進められている。

4 1 MW蒸気発生器

昭和46年日立製作所は、動燃事業団から1MW蒸気発生器試験施設の試験部である蒸気発生器本体一式を受注し、納入した。本蒸気発生器は、わが国における大がかりな蒸気発生器開発プロジェクトの最初のステップとなったものであり、伝熱流動、材料および構造上の基礎的問題点を解明するために、総合的な試験を行なうことを目的としたものである。

本試験施設の中心となっている蒸気発生器は、「もんじゅ」用候補の一つと考えられているヘリカルコイル貫流形である。図3は本試験施設の主系統図であり、図4はその構造図、図5は外観写真である。本蒸気発生器の設計、製作、および運転経過は次のとおりである。

4.1 計画主要目

表3は本蒸気発生器の計画主要目を示すものである。

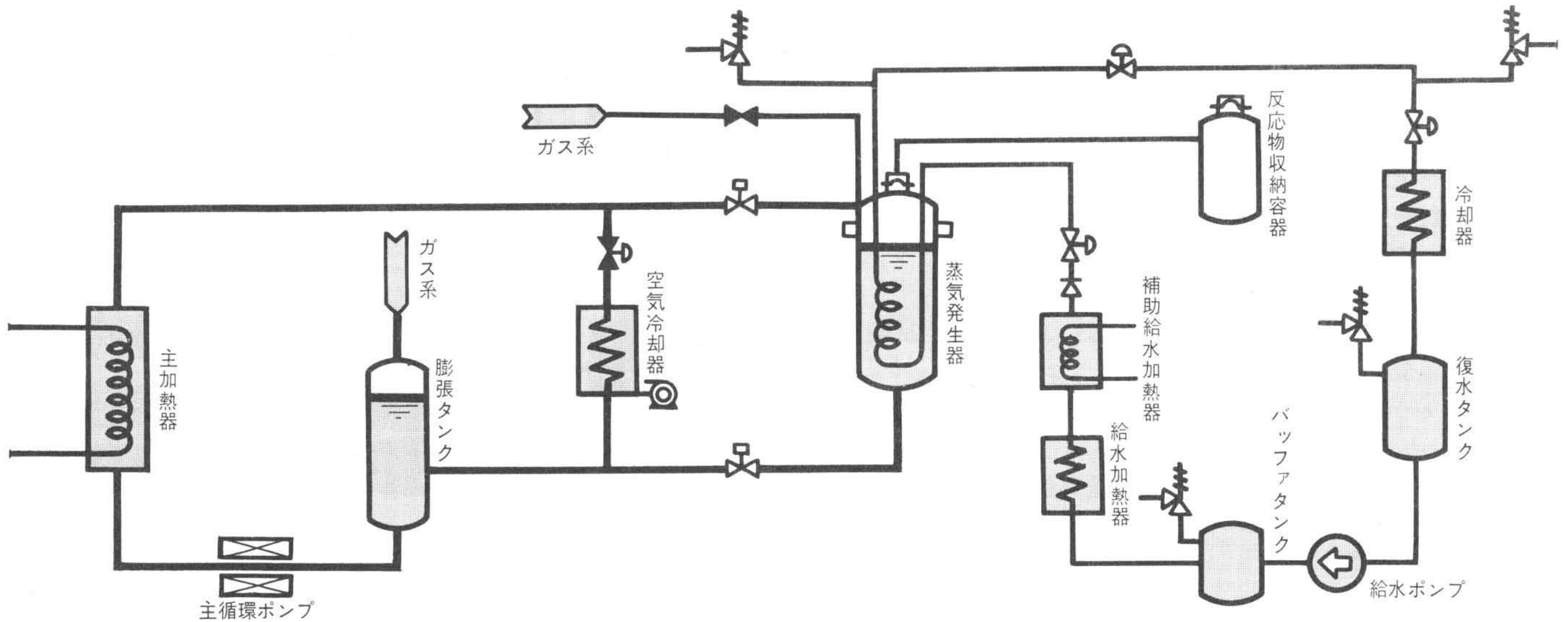


図3 1 MW 蒸気発生器試験施設主系統図 本試験施設は動燃事業団大洗工学センタに設置されているもので、発電プラントの二次系統を模擬したナトリウムおよび水-蒸気系より構成されている。

Fig. 3 Flow Diagram of the 1 MW Steam Generator Test Facility

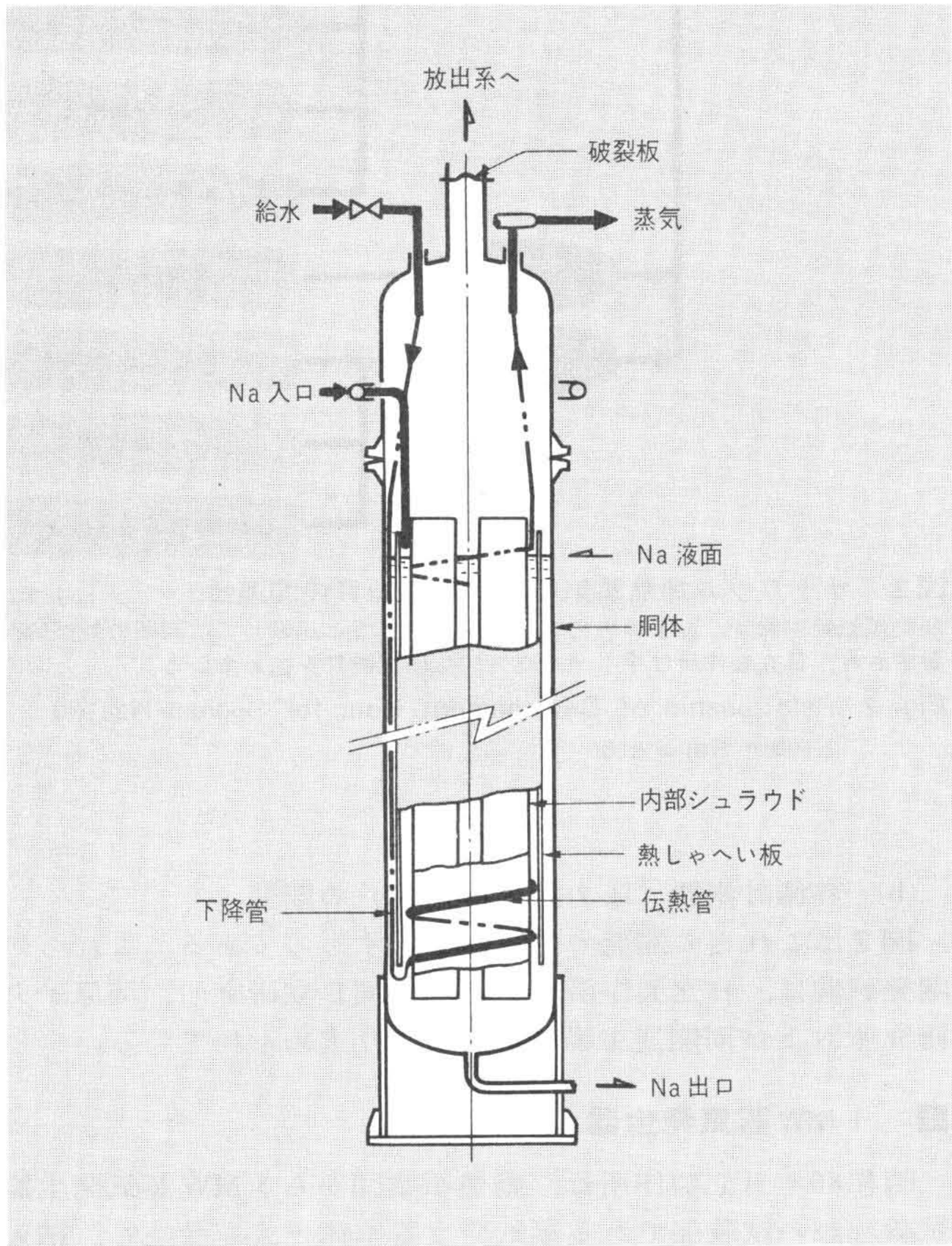


図4 1 MW 蒸気発生器の構造 本蒸気発生器は大形プラントの経済性から将来有望視されているユニット形、ヘリカルコイル形で、他の形式に比較してコンパクトにまとめられている。

Fig. 4 1 MW Steam Generator

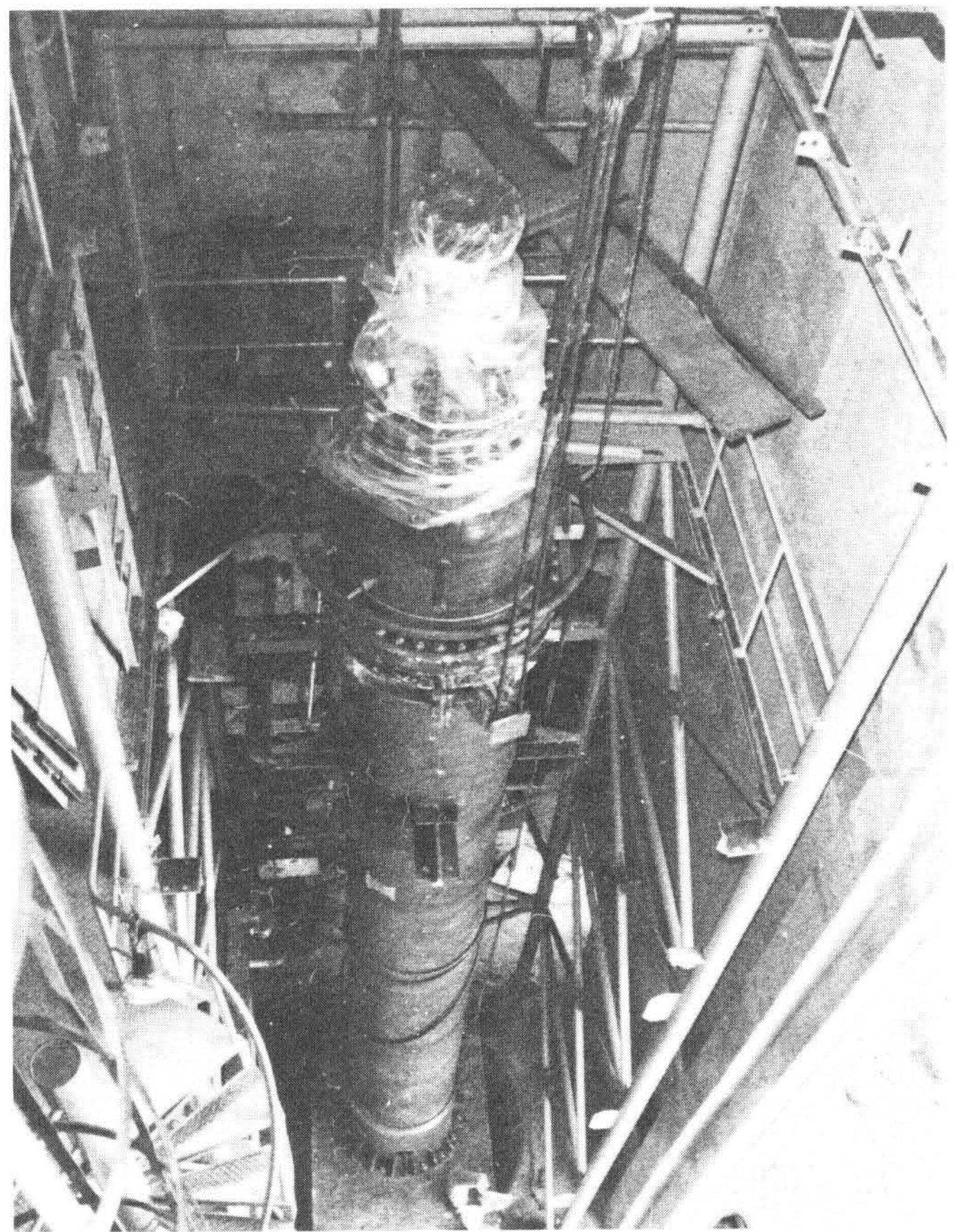


図5 1 MW 蒸気発生器の外観 蒸気発生器室に据え付けられた蒸気発生器本体は、直径約1m、高さ約12mの縦置円筒形であり、胴体および伝熱管は2¼Cr-1Mo鋼によって作られている。

Fig. 5 General View of the 1 MW Steam Generator

4.2 設計

4.2.1 伝熱・流動設計

伝熱計算における胴側および伝熱管側の熱伝達率は、動燃事業団の仕様書に定められた式によって行なわれている。

なおナトリウムおよび水-蒸気の物性値は文献⁽³⁾⁻⁽⁶⁾によって

いる。

伝熱・流動計算は、日立製作所が開発した計算コードSG-DESIGN によって行なわれた。なおこのコードは、伝熱・流動に関する従来の理論式および実験式に対して、日立製作所における種々の実験結果により補正され、より適切な計算

表3 1 MW 蒸気発生器の概略仕様 伝熱管は熱交換上2本でよいが、「もんじゅ」蒸気発生器のナトリウム側の流動特性を模擬するために8本のダミー管が設置されている。

Table 3 Specification of the 1 MW Steam Generator

仕様	形式	ヘリカルコイル貫流一体形
伝熱面積 (m ²)		6.85
伝熱量 (MW)		1.2
ナトリウム入口温度 (°C)		540
ナトリウム出口温度 (°C)		350
ナトリウム流量 (kg/h)		1.79×10 ⁴
給水温度 (°C)		240
蒸気温度 (°C)		513
蒸気圧力 (kg/cm ² g)		173
給水流量 (kg/h)		1.88×10 ³
設計圧力 (kg/cm ² g)	管側	191
	胴側	185
設計温度 (°C)	管側	540
	胴側	550
材質	伝熱管 胴体	STBA24および改良材 2¼Cr-1Mo (ASTM規格 SA387Gr.D)
伝熱管 (mm)	外径	25.4
	厚さ	4.2 (一部 5.0)
	総数	10本 (内通水管2本)

コードへと改良されたものである。

4.2.2 安全上の考慮

ナトリウム加熱蒸気発生器は、水のナトリウム側への漏えいによって、大規模なナトリウム-水反応事故が生ずる可能性があるため、安全性確保については十分配慮される必要がある。たとえ水の漏えいが生じた場合にも、安全保護設備によりナトリウム-水反応の早期発見および次の大規模なナトリウム-水反応事故への拡大を極力避けることができ、また仮想的な規模の事故に対しても反応エネルギーを安全に解放できなければならない。上記の観点から、1 MW 蒸気発生器においては下記のような設備が設けられている。

すなわち、(1)水漏えい検出器としては、カバーガス中水素濃度監視のために、ガスクロマトグラフによりカバーガスの連続サンプリングをし、分析を行なっている。

また、(2)小規模な事故に対しては、カバーガス中に設置されたNaK (ナトリウム-カリウム合金) 封入式圧力計により、カバーガス圧力を監視する一方、圧力が上昇した場合には、2 kg/cm²gに設定された電動逃し弁が、さらに(3)大規模な反応事故の場合には、3 kg/cm²gに設定された口径250mmの破裂板が作動して圧力解放を行なうとともに、管路によってナトリウム、水素ガス、あるいは酸化ナトリウムなどの反応生成物より成る混合流体を収納容器に導くよう構成されている。

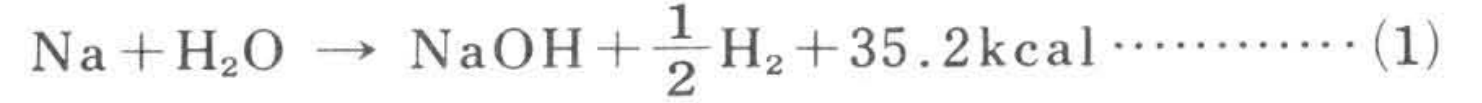
反応生成物収納容器に導入された流体は、まず反転流によりその大部分が液体とガスに分離され、その後さらに分離器において遠心力の効果によりほぼ完全に (設計目標分離効率：粒径10μ以上95%) 分離され、反応ガスのみ大気へ放出される。

放出系配管内は、通常運転時酸素濃度を2%以下に押えた窒素ガスが充てんされており、たとえナトリウム-水反応事故が発生し水素ガスと接触しても管路内にて副次的な事故が生じないように考慮されている。

また蒸気発生器本体は、ナトリウム-水反応事故に対して次のような仮定により解析が行なわれ、初期瞬時のパルス圧力

およびその後の準静圧に対し、機器が十分健全であることを確認している。

- (1) 伝熱管1本の最下端部瞬時破断を想定する。
- (2) 水および蒸気は、破断部の両端から二相臨界流となって流出する。反応部圧力の影響は考えない。
- (3) ナトリウムは、伝熱管管束部または内部シュラウド内をピストン状に流出し、水素ガスとの混合はないものとする。
- (4) ナトリウムと水は、下記反応式により瞬時に反応する。



- (5) ナトリウムの放出率は、70%とする。

このような仮定により放出系の設計を行ない、その妥当性についてはINTERATOMの実験結果⁽⁷⁾と比較を行ない、安全側であることを確認している。

4.2.3 構造

本蒸気発生器は、図3に示すように立て形シェルアンドチューブの熱交換器であり、加熱媒体のナトリウムはシェル側、水-蒸気はチューブ側を流れる構造となっている。次に本体を構成する主要部分の内容を示す。

(1) 胴体

胴体は上部胴体と下部胴体から成っている。

上部胴体にはナトリウム入口、給水入口、蒸気出口、放出系の各ノズルおよび各種計装用ノズルなどが取り付けられている。加熱媒体である高温ナトリウムは、ナトリウム入口ノズルからリングヘッドに入り、ここで4本のディストリビュータにより等分に分配され、胴体内のシェル側に導かれる。一方、給水はヘッドから2本の伝熱管に分岐して、胴体内で加熱媒体である高温ナトリウムと熱交換し、高温、高圧の過熱蒸気となって蒸気出口リングヘッドにて集合され、蒸気系へ排出される。また胴体内に組み込まれる伝熱管群、内部シュラウドおよび熱遮蔽(しゃへい)板などはすべて上部胴体側部からのサポートフレームにより支持され、必要により上部胴体と同時に引き抜き可能であり、点検・補修が容易な構造となっている。

下部胴体は、おもに伝熱管群およびナトリウムを収納する部分であり、下部鏡板にはナトリウム出口ノズルが取り付けられている。上端部フランジは、上部胴体とボルト締めされ、接合部のシールのためのシール溶接が行なわれている。本体は、本胴体下部でスカート構造により支持されている。なお下部胴体には、SUS27のシェル保護ライナが取り付けられている。本保護ライナは、胴体が反応生成物のジェットによって損耗し、破損するのを防止するためのものである。胴体の材質は低合金耐熱鋼 2¼Cr-1Mo鋼 (ASTM規格 SA387Gr.D) である。

(2) 伝熱管群

伝熱管群は、2本の通水管および8本のダミー管より成り、それぞれは直管の下降部、ヘリカルコイル状の上昇部および直管の上昇部(蒸気出口管部)より構成されている。

下降部は、上部胴体の給水ヘッドから分岐して、上部胴体鏡板を貫通し、ほとんどまっすぐに熱遮蔽板の外周部を通り下端まで延びる部分で、最下端でUターンし、ヘリカルコイルの上昇部に接続される給水導入管である。

ヘリカルコイルの上昇部は、内部シュラウド外周に沿い規則的なピッチによりヘリカルコイル状に巻かれた部分であり、熱交換のほとんどがこの部分で行なわれる。

直管の上昇部は、ヘリカルコイル終端部から蒸気出口リングヘッドまでを結ぶ管である。

伝熱管の材料には、経済性およびClイオンによる応力腐食

割れ防止の面から低合金鋼管 STBA24 (2¼Cr-1Mo鋼) が用いられており、ナトリウムを媒体とする合金元素の質量移行のデータを得るため、数種類の鋼種がダミー管として使用されている。なおダミー管には、運転中不活性ガスのアルゴンが封入されるよう配管がなされている。

(3) 内部シュラウド

内部シュラウドは、下部胴体の中心部にあり、円筒形状を有し、ヘリカルコイル伝熱管は本シュラウドにねじ止めされている。なお内部には、ナトリウム-水反応事故発生時の圧力解放流路が形成されている。

(4) 熱遮蔽板

熱遮蔽板は、伝熱管群の外側に取り付けられている上下解放の円筒胴で、円周方向4個所で内部シュラウドに接続されている。本熱遮蔽板は、伝熱管群領域を流下する高温ナトリウムが下降管領域に流れ出ないための隔壁であり、さらに伝熱群の高温領域から下降部の低温領域への伝熱を遮蔽する機能を持っている。外面には、下降管のサポートが取り付けられており、下降管の振動を防止している。

(5) 計装品

本蒸気発生器には、伝熱特性の解析および安全運転上次のような計装品が設置されている。

熱電対温度計 61本 誘導式液面計 2本
接点式液面計 5本 NaK封入式圧力計 2台
カバーガス中水素濃度検出器 1台
放出系酸素濃度検出器 1台

4.3 製作・検査

蒸気発生器の製作にあたっては、ナトリウム-水反応事故およびナトリウムの外部漏えい事故を極力防止するため、材料の受入れから据付け完了まで十分な品質管理を行った。

製作過程において、次の点に注意を払った。

- (1) 伝熱管には長尺管を用い、入念な品質管理および検査を行ったものを使用する。
- (2) 伝熱管は冷間によって成形し、加工度をできるだけ小さくする。また加工後各段階で検査を入念に行なう。
- (3) 材料、溶接作業などに十分な品質管理を行なうとともに、組立段階において清浄度を保つ。
- (4) 伝熱管は組立て完了時、内部をクエン酸で洗浄し、洗浄後、完全乾燥および窒素ガス封入による外気しゃ断を行なう。
- (5) シェル側は、複雑な内部構造物に洗浄液が残留し、ナトリウム注入後、この残留洗浄液とナトリウムとが反応することおよび反応してできた反応生成物により構造材腐食の可能性があるので、洗浄は空気ブローおよびアセトンによる脱脂クリーニングにとどめる。また組立て完了後は窒素ガスを封入する。

4.3.2 検査

品質の確認は、次のような検査により行なった。

- (1) 材料検査
 - (a) 板材料

適用規格による強度試験、成分分析試験、外観および寸法検査、内部欠陥検出検査
 - (b) 伝熱管材料

適用規格による強度試験、成分分析試験、外観および寸法検査、内部欠陥検出検査、耐圧試験、液体浸透探傷検査
- (2) 工場内検査
 - (a) 溶接部試験

溶接施工法試験、溶接士技量試験、溶接開先寸法検査、

放射線検査(突合せ溶接部)、液体浸透探傷検査、磁粉探傷検査(すみ肉溶接部または放射線検査が不可能な部分)

(b) 耐圧試験

伝熱管：材料入荷時、成形加工後および製品完成時
胴体：製品完成時

(c) 漏えい試験

伝熱管および胴体溶接部：ヘリウムガス漏えい試験

(d) 寸法および外観検査

(3) 現地試験

現地溶接部に対し、前記工場内検査の(a)~(d)を行なった。

4.4 試験

本蒸気発生器は昭和46年8月、72時間の連続試運転を終了して動燃事業団に引き渡された。そのうち、昭和47年3月末日までに約3,500時間運転され、各種条件における静特性および動特性試験が行なわれた。この期間中にとられた数多くのデータについては動燃事業団において目下解析されており、日立製作所もその解析に参加している。

4.5 解体および検査

約3,500時間の運転により、各種試験を無事完了した本蒸気発生器は、材料評価のために昭和47年4月より解体された。他のナトリウム機器に比べて、複雑な構造をしているため、残留ナトリウムによる伝熱管群の引き抜きおよび解体作業の困難性が予想されたが、残留ナトリウムは内部シュラウド上部の水平部分および放出系ノズル壁の一部を除いてはほとんどなかった。また残留ナトリウムが少量であったため、大形ナトリウム機器であるにもかかわらず、洗浄作業中なんら危険な状態もなく、順調に作業を終了した。そのうち、本体は日立製作所において解体され、伝熱管、熱遮蔽板および保護ライナの材料について、高温ナトリウム中での質量移行、腐食および材料の劣化状況を評価するために、成分分析試験、機械的強度試験(常温引張、高温引張、かたさ、曲げ、衝撃および高温クリープ)および腐食試験が行なわれる予定である。

また、本蒸気発生器は、伝熱管を全数交換し、性能評価用の計装品を追加し、昭和48年1月から運転が再開されている。

5 結 言

高速増殖炉用の蒸気発生器につき、その特徴を簡単に述べ、これらに関連する日立製作所社内の開発状況を紹介した。

次に動燃事業団の蒸気発生器開発の第一段階として重視されている1MW蒸気発生器について、設計、製作など納入経過と運転状況の概要を述べた。この1MW蒸気発生器は、各種試験を無事終了し、現在その性能評価が行なわれている。

これらの成果は、続いて動燃事業団より受注した50MW蒸気発生器の設計、製作および高速増殖原型炉「もんじゅ」用蒸気発生器の設計に大きく寄与するものである。今日までの経験と実績に加えて、さらに積極的に研究開発を進めて行く計画である。

終わりに本蒸気発生器の開発にあたり、終始ご指導とご援助をいただいた動燃事業団の関係各位に深く謝意を表す。

参考文献

- (1) General Electric Co.: LMFBR Design Study, GEAP-4418 (1964-1)
- (2) 三木：原子力工業 16, 6 (昭45-9)
- (3) G. H. Golden, J. V. Fokar: ANL-7323 (1967)
- (4) 西川, 宮部：九大工学集報, 40, 607 (昭42)
- (5) 西川, 宮部：九大工学集報, 40, 614 (昭42)
- (6) 日本機械学会編：蒸気表および線図
- (7) K. Dumm et al.: ANL-7520 (1968)