

### 6.1 主冷却系

1次および2次主冷却系はそれぞれ3ループで構成されている。1次主冷却系ナトリウムは原子炉出口ノズルを540°Cで流出し、図7に示すような中間熱交換器の胴側を通り390°Cで原子炉容器下部に設けられた3個のノズルから流入し3ループのナトリウムが混合される。総交換熱量は1ループ当り238MWtである。また1次主冷却系には図8に示すような堅型1段遠心式の自由液面をもつ機械式ポンプが各ループに1基設けられている。ポンプ事故時、停止時に他ループからの逆流を防ぐためにポンプ吐出側には逆止弁が設けられている。1次主冷却系機器、配管は内管破損時の安全性に対する考慮から、二重構造設計がなされると共に配管低部の破損時に炉内ナトリウムがサイホン効果により排出されるのを防ぐために原子炉容器入口配管最高部にサイホンブレイカが取り付けられている。液面制御に関しては炉容器は炉容器からのオーバーフローと炉容器へナトリウムを汲み上げる方法を採用している。また機械式ポンプは構造上、ナトリウムをオーバーフローさせる必要がありオーバーフローしたナトリウムはポンプオーバーフローコラムで巻き込みガスを除き、ポンプ吸込配管にもどす。

中間熱交換器については大口径配管で炉容器と接続されているためにナトリウムの流れによる抵抗分の液面変動に応じられるように設計されており液面制限は特に行なわれない。

2次主冷却系は、オーバーフロー型蒸発器、ガス圧液面制御型温熱器、再熱器（1ループ当り各1基）で構成されており、これらの機器を通じて原子炉で発生した熱エネルギーを水系に伝える系統である。2次主冷却系のナトリウムは、中間熱交換器上部中央ダウンカメラより320°Cで流入し、下部プレナムで反転して管側を上昇し、上部より515°Cで流出する。このナトリウムは流量配分に従って温熱器、再熱器に流入し、出口で合流した後、蒸発器を通り320°Cで中間熱交換器に戻る。

負荷変動による蒸気条件の変動をおさえる方法として機械式ポンプの回転数制御を行うと共

に再熱器出口に流量調整弁を設けて過熱器、再熱器への流量配分を変えている。なお主冷却系全体としては機器の据付位置等を考慮して電源喪失時にポンプおよび流体の慣性と密度差に基づく駆動力を利用して原子炉スクラム直後の崩壊熱を自然循環により除去出来るように設計されている。

### 6.2 補助冷却系

補助冷却系は独立2系統よりなり燃料交換時等の炉心冷却、主冷却事故時、電源喪失時等の緊急冷却のために使用する。補助冷却系運転時には1次系ナトリウムの熱を補助中間熱交換器により2次系ナトリウムに移し最終的には空気冷却器により除熱する。ナトリウムの循環は起動時間の短縮又は原子炉容器の液位を下げて運転する事を考慮して1次系、2次系共電磁ポンプを用いている。

また主冷却系運転時にも補助冷却系は緊急起動に備えて温度保持をしておくために1次系は高圧プレナム圧力によるナトリウムの少量逆流（定格の約5%を逆止弁小孔を通じて）をさせ、2次系は定格の20%正流運転をする。補助冷却系は1ループ当り緊急冷却時に40MW、燃料交換時に15MWの除熱を行なう。

### 6.3 補助ナトリウム系

補助ナトリウム系は1次補助ナトリウム（原子炉容器、1次主冷却系3ループ、1次補助冷却系2ループ用）および2次補助ナトリウム系（2次主冷却系3ループ、2次補助冷却系2ループ用）よりなり1次補助ナトリウム系は1次主冷却系の保守作業または炉内検査時に必要なナトリウムのドレンにそなえる6基のダンプタンクをもち、これは1次系で使用する全ナトリウムのドレンが可能な容量をもっている。その他にオーバーフロータンク1基があり、主冷却系停止（約200°C）から原子炉定格運転までのナトリウム膨張量を吸収できる。

ナトリウム純化系については独立に2ループを設け初期純化運転時には2ループ運転、その後は、1ループ運転を行ない、純化目標値としては10ppMmを考慮している。2次補助ナトリウム系については、2次主冷却系と2次補助冷却

系は完全に独立なのでそれぞれに付属させて補助ナトリウム系が設けられている。

主冷却系用には1ループ当りダンプタンク2基があり、これはオーバーフロータンクも兼用している。その他この系には1ループ当り独立2系統の純化系が設けられている。純化目標値は10ppmである。補助冷却系用としては1ループ当り、1基のダンプタンクと独立2系統の純化系がある。純化目標値は15ppmである。

#### 6.4 ガス系

アルゴンガス系としては閉回路を形成する1次アルゴンガス系と開回路の2次アルゴンガス系よりなる。1次アルゴンガス系はナトリウム自由表面の酸化防止、循環ポンプ軸封、ナトリウムの加圧移送のために使用するアルゴンガスを供給、排気する系統であり、初期アルゴンの置換のために真空系をも備えている。2次アルゴンガス系は主に蒸発器、循環ポンプ、ダンプタンクのカバーガス圧力を3000mmAqに保つと同時に過熱器、再熱器、のナトリウムの液面制御を行なうために設けられている。

窒素ガス系は主に原子炉建家内窒素雰囲気温度、圧力の調整、遮蔽コンクリートおよび機器の冷却を行なうと共に充填に先だて主1次冷却系、補助1次冷却系 機器、配管を予熱し、ナトリウムの凝固及び熱衝撃を防止する目的で設けられている。

#### 6.5 機器、配管配置

冷却系の機器レベルおよび配管配置を決定するに当っては下記の様な事項を考慮している。

- 1) 主冷却系は電源喪失時に自然循環により崩壊熱をとりうる。
- 2) 配管(特に1次系)には引廻しのスペースと同時に定常運転時及び熱衝撃条件に耐える様な経路設計をする。
- 3) 一般に一次系機器と二次系機器類との同室収納を避ける。
- 4) ポンプの有効NPSHおよびポンプヘッドの考慮。
- 5) 部屋割に当っての遮蔽壁厚さの考慮
- 6) 水系、ナトリウム系の隔離
- 7) 保守、点検の容易さ

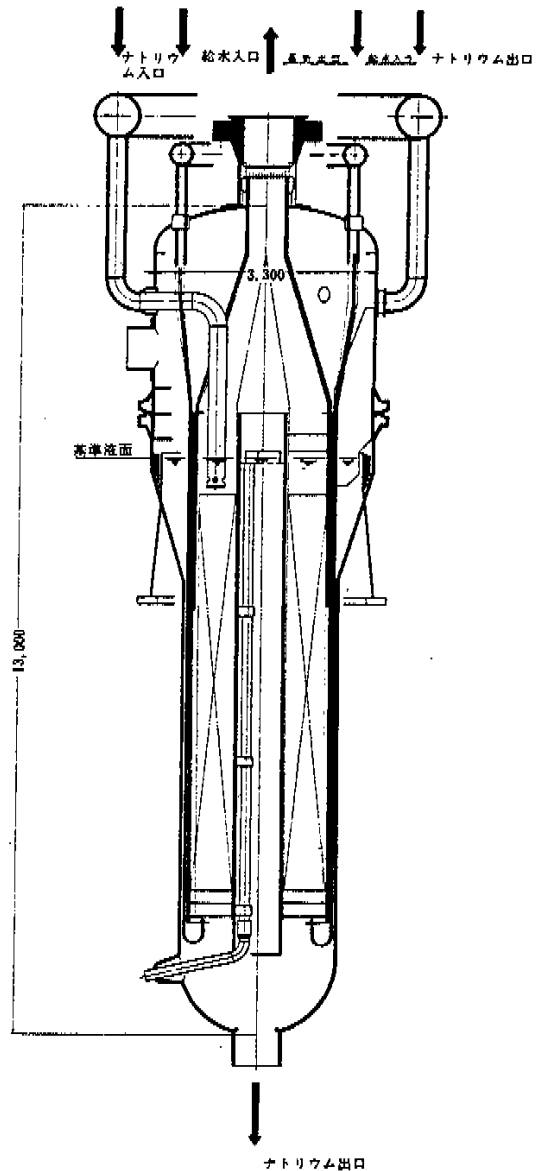


図9. もんじゅ2次設計蒸発器

- 8) 電磁流量計については前後直管部長さの考慮。
- 9) 機器配管系の圧損による相対レベルの考慮
- 10) 機器類の耐震クラスの種類に応じて収納されるべき建家の決定
- 11) ナトリウムの充填、ドレンに対する機器の高

き配管等の相互高さ関係および定み点等についての検討

## 7. 蒸気発生器系

蒸気発生器系は、ヘリカルコイル伝熱管をもつ蒸発器、過熱器および再熱器が分離されて置かれる分離型蒸気発生器で構成されている。各2次主ナトリウムループにそれぞれ分離型蒸気発生器一式が設置される。図9は蒸発器の概念図の一例である。これらの配置は図2に示すように、ナトリウムの流れに沿ってみれば、過熱器と再熱器が並列になり蒸発器は前二者のナトリウム出口側に直列に置かれている。この蒸気発生器では管板がカバーガス中に置かれていてナトリウムの自由液面が設けられている。したがってこの自由液面のレベルを制御する必要がある。今回の設計では過熱器と再熱器の液面をカバーガス圧力で制御して蒸発器についてはナトリウムのオーバーフローにより制御する方法が採用されている。過熱蒸気と再熱蒸気の温度は、過熱器と再熱器へのナトリウム流量の分配比を調節することによって制御される。

水あるいは蒸気のナトリウム中への漏洩が生じた場合の安全系としては、水-ナトリウム反応圧と反応生成物の放出系が設けられている。

この放出系は、小規模反応を放出する系統と大規模反応を放出する系統よりなっている。小規模反応放出系は主として、反応生成物である水素ガスを放出する系統である。

大規模反応放出系は、伝熱管4本が完全破断した場合を想定し、この時の圧力および反応生成物、同伴ナトリウムを放出、捕集し、気液分離装置を通し、水素を放出する系統となっている。

この系統は、不活性ガス雰囲気になっていて、蒸気発生器とは、破壊板により隔離されている。破壊板は、カバーガス中、に設置されている。

水あるいは蒸気の小漏洩の早期検出のために水素濃度検出系が設けられている。ナトリウム中水素の検出用としては、ニッケル膜拡散法、ガス中ではガスクロマトグラフ法の機器が設置されている。

## 8. タービン発電機系

発電機は従来火力発電に用いられているものと同様で、3相2極、3600rpm回転界磁型同期発電機である。出力は335,000KVAで、冷却方式は固定子を水冷却、回転子を水素ガス冷却で行なう。

タービンは、串形3ケーシング、4流排気再熱式復水タービンで、使用蒸気条件は主蒸気止め弁での主蒸気圧力が127 kg/cm<sup>2</sup>g、温度が483℃、再熱蒸気温度が483℃で定格出力時の排気真空度は722mmHgである。タービン段落数は16段で正味熱効率は41.68%である。

給水系には給水加熱器として低圧給水加熱器3段、脱気器1台、高圧給水加熱器2段がある。給水ポンプとしては、タービン駆動の主給水ポンプ2台と30%容量で電動機駆動の起動用給水ポンプ1台がある。蒸気系には定格の40%連続容量の蒸気バイパス系がある。

運転状態は基底負荷運転を原則としているが30%以上の負荷で自動制御運転を行なうことができ、定格負荷の±5%分のランプ変化、定格の±10%のステップ変化に追従できる。

所内電気系統は、6.6KV母線、440V母線、220V母線、交流無停電母線、直流母線で構成される。6.6KV母線は常用母線が3系統、非常用ディーゼル母線が2系統に分けられている。

## 9. 計測系

計表系については中性子計装、破損燃料位置検出系、破損燃料検出系、プロセス系装などを中心に、プラントの系統別に測定対象の検討を行ない、計表系としての設計が進められた。必要な測定点数は約3200点となっている。

中性子計装は、原子炉の燃料装荷監視系、起動領域系、中間領域、出力領域系で構成されており、原子炉の線源領域から出力領域に至る約12桁にわたる中性子束およびその変化率を計測する。その信号は監視、制御、安全保護系などに送られる。

破損燃料位置検出系は、各炉心燃料集合体出口で流出するナトリウムをサンプリングして、

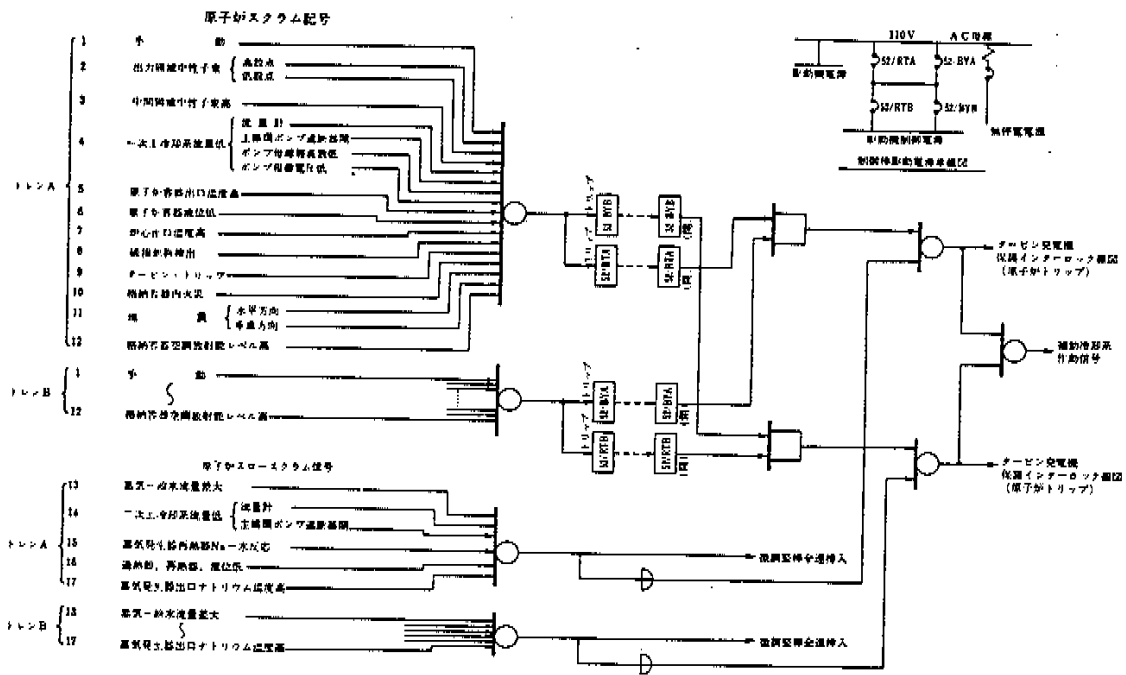


図10. 原子炉保護インターロック線図

燃料に破損がある場合にそのナトリウム中に混入する核分裂生成物、IあるいはBrからの遅発中性子の検出を行ない、破損燃料の位置を検出しようとするものである。この装置はナトリウムのサンプリング管を選択するセレクトバルブ、ナトリウムサンプリング用の電磁ポンプ、遅発中性子検出装置などで構成される。原子炉全体としての燃料の破損の有無を検出する破損燃料検出系にはプレンプテータ法のもの、バルクガンマ法のものなどが設置される。

原子炉計装には炉心ナトリウムの出口温度、炉容器内ナトリウムレベル、カバーガス圧、温度、制御棒位置などがある。原子炉出口ナトリウム温度は、各炉心燃料集合体の出口でC/A熱電対各2要素によって測定される。1次冷主冷却系では、原子炉出口のバルク温度の計測が各グループごとに行なわれ、原子炉容器入口温度も各グループで測定される。この他、中間熱交換器ナトリウム出口温度、主循環ポンプ出口圧力等が計測される。これらの計測信号は、プラントの運転制御、運転状態の記録、警報、プラント保護系などに用いられる。2次系、タービン系も

それぞれ必要に応じたプロセス計装が行なわれる。この他ナトリウム冷却の原子炉を用いるプラント特有の計装としては、スパークプラグ式と呼ばれる検出端をもつNa漏洩検出系があり、1次系には警報用として各グループに数点の検出装置が設置されている。

原子炉保護系は図10に示すような信号と検出ロジックにより構成されている。

### 10. 放射性廃棄物処理系

気体廃棄物の発生源としては原子炉カバーガス系からの排気、前項以外の一次系排気燃料交換機系機器からの排気および窒素ガス系の4つに大別される。

処理方法は図11に示すように一次アルゴンガス系、燃料取扱系排ガス及び窒素系排ガスの3系統に分けられており、崩壊タンクによる減衰と各種フィルターによる処理、特に活性炭フィルターを採用することにより放射性ハロゲンや希ガスのうち特にXe-133を一時貯留する方法をとっている。

液体廃棄物の発生源は低レベル廃液としては

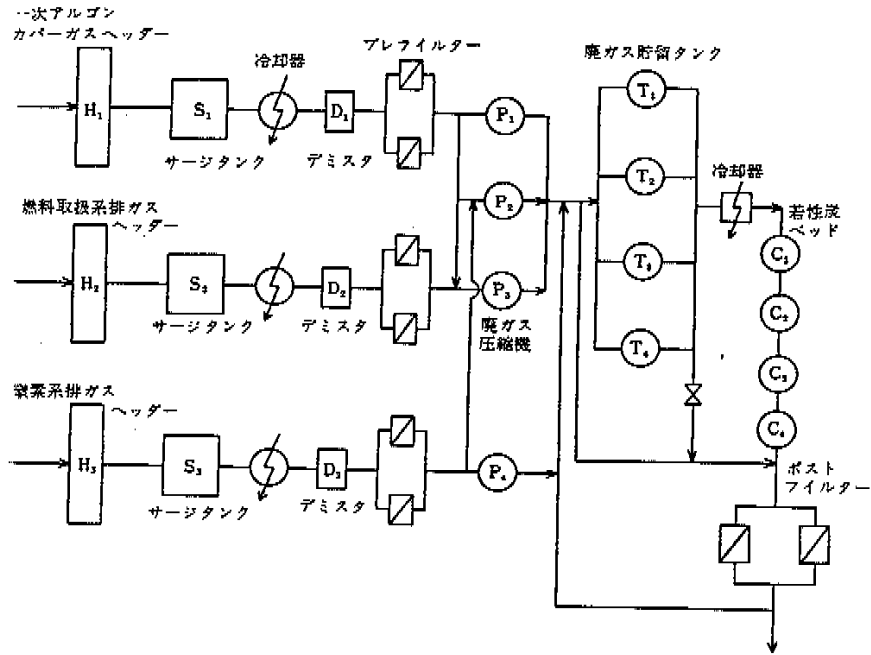


図11. 気体廃棄物処理系統図

燃料プールドレン原子炉建屋のドレン等が主であり、高レベル廃液としては保守作業時における機器洗浄廃液が主なものである。

処理プロセスは低レベル廃液と高レベル廃液に分け廃液の性状に応じて高レベル廃液の場合には濃縮処理を行ない、低レベル廃液の場合はモニターして必要に応じて各種のフィルター処理を行う。

固体廃棄物の発生源は、主に廃液処理スラッジ、粉末樹脂、固体雑屑、紙、等であり、処理プロセスとしては出来るだけ発生源で可燃、不燃の別、比放射能の高低に分け廃棄物の種類に応じて処理する。可燃性のものは出来るだけ焼却処理をする。固体廃棄物の取扱いについては表面線量が200 mR/n以下になるようにかん詰包装その他を行なうことにより放射線安全を確認している。

## 11. あとがき

今回は「もんじゅ」プラントの姿を紹介するという意味で、できるだけ機器系統の構成と構造物を中心に記したが、この設計では、安全解析、耐震設計、動特性解析、計算機応用などの面でもかなり詳細な検討が行なわれている。今回の設計では、従来行なわれてきた一連の高速原型炉「もんじゅ」プラントの概念設計が、かなり詳しくつめられた結果、安全審査の予備的な説明ができるプラントとして統一のとれた設計とするという所期の目的は達成された。

今後は47年度に行なわれる「もんじゅ」3次設計に引継がれ、さらに細部にわたる設計を含めたプラント全体の設計が行なわれる予定である。