

## 「もんじゅ」の設計

## 6. 原子炉補助施設

高速増殖炉開発本部・原型炉建設部・機械課

資料番号: 51-7

## 6. Reactor Support System

Mechanical Engineering Section, Monju Construction Division, FBR Development Project

「もんじゅ」発電所には原子炉及びその主冷却系を補助する設備として原子炉補助施設が設けられている。これらの概要を次の順で述べる、(1) ナトリウム補助設備、(2) アルゴンガス設備、(3) 原子炉補機冷却水設備、(4) 原子炉補機冷却海水設備、(5) 燃料取扱及び貯蔵設備、(6) 共通保修設備、(7) 試料採取設備、(8) 機器冷却系設備

**Key Words:** Reactor Support System, Auxiliary Cooling System, Maintenance Cooling System, Argon Gas System, Water Cooling, Sea Water Cooling, Fuel Handling and Storage, General Purpose Maintenance, Sampling, Machinery Cooling.

## 6.1 ナトリウム補助設備

## (1) 1次ナトリウム補助設備

1次ナトリウム補助設備は、1次ナトリウムオーバーフロ系、1次ナトリウム純化系及び1次ナトリウム充填ドレン系より構成され、これら系統により、原子炉容器の液面制御、1次冷却材の純化、1次冷却材の1次冷却系への充填、ドレン及びドレンした冷却材の貯蔵が行われる(図4-1系統図参照)。

## (2) メンテナンス冷却系設備

メンテナンス冷却系設備は、1次主冷却系設備等のメンテナンス時に、炉心からの核分裂生成物の崩壊熱及び他の残留熱を除去するために使用される。図6-1にその概略を示す。1次メンテナンス冷却系は熱交換器を介して崩壊熱を2次メンテナンス冷却系に伝達し、空気冷却器を介して大気中に放散する。

1次メンテナンス冷却系は、冷却材ナトリウム循環ポンプ、中間熱交換器及び配管・弁類等から構成されている。2次メンテナンス冷却系は、空気冷却器、循環ポンプ及び配管・弁類等から構成されている。

メンテナンス冷却系の運転は、原則として1次主冷却系のうち1ループ又は2ループの循環を停止し、メンテナンス作業を実施する場合に必要に応じて作動させる。この時のプラント状態は、プラント停止後燃料交換を行い、十分に崩壊熱が下がり、且つ1次冷

却材温度がほぼ200°C均一になっている時に手動で起動される。

## (3) 2次ナトリウム補助設備

2次ナトリウム補助設備は、2次ナトリウムオーバーフロ系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填ドレン系より構成され、これら系統により、2次主冷却系の液面制御、2次冷却材の純化、2次冷却材の2次冷却系、補助冷却設備への充填、あるいはドレンした2次冷却材の貯蔵が行われる(図4-1系統図参照)。

## 6.2 アルゴンガス系

## (1) 1次アルゴンガス系

1次アルゴンガス系は原子炉容器他1次冷却材を包含する機器のナトリウム自由液面を覆う不活性なアルゴンガスを取扱う系統であり、原子炉容器ベーパーラップ、常温活性炭吸着塔、圧縮機等から構成される。本系統は図4-1に示されるように計画しており、原子炉容器、1次冷却系のアルゴンガス置換、カバークラス圧制御及び1次主冷却系循環ポンプ軸シールガスの供給等を行う。

## (2) 2次アルゴンガス系

2次アルゴンガス系は蒸気発生器他2次冷却材を包含する機器のナトリウム自由液面を覆う不活性なアルゴンガスを取扱う系統であり、ベーパーラップ、タンク類から構成される。本系統により、2次冷却



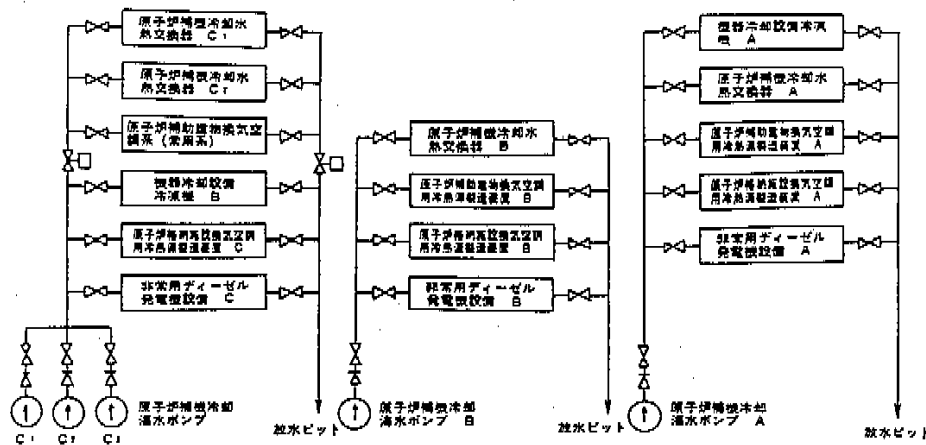


図 6-3 原子炉補機冷却海水設備系統説明図

系へアルゴンガス置換、カバーガス圧制御、過熱器の液位制御及び2次主冷却系循環ポンプ軸シールガスの供給等を行う(図4-1系統図参照)。

### 6.3 原子炉補機冷却水設備

原子炉補機冷却水設備は、原子炉補機に冷却水を供給する設備であり、熱交換器、ポンプ、サージタンク、配管及び弁類からなり閉回路を構成する。原子炉補機とは、1次及び2次主冷却系可変速流体継手付M-Gセット、制御用及び所内圧縮機、水中燃料貯蔵設備及び廃棄物処理設備等を示し、それらから取り出された熱は4台の熱交換器を介して原子炉補機冷却海水系に伝えられる。その概略構成を図6-2に示す。

原子炉補機冷却水設備は、多重性を有する原子炉補機へは独立2系統(A系及びB系)より、多重性を有しない原子炉補機へは他の1系統(C系)より冷却水を供給し、原子炉の出力運転時、通常の運転時において必要な原子炉補機を冷却するに十分な冷却能力をもつと共に、運転時の異常な過渡変化時及び事故時においても原子炉の安全な停止に必要な原子炉補機を冷却するに十分な冷却能力を有する必要がある。

### 6.4 原子炉補機冷却海水設備

原子炉補機冷却海水設備は、原子炉補機冷却水熱交換器、換気空調設備用冷凍機、非常用ディーゼル発電機等へ冷却海水を供給する機能を有し、ポンプ、配管及び弁類からなり閉回路を構成する。また、安全上重要な負荷の系統分離に対応させて、多重性を有する原子炉補機に対しては、独立2系統(A系及

びB系)より冷却水を供給することができ、多重性を有しない原子炉補機へは他の1系統(C系)より冷却水を供給する。その概略構成を図6-3に示す。

原子炉補機冷却海水設備は、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に十分その機能を果たすことができる能力を有する必要がある。

### 6.5 燃料取扱及び貯蔵設備

#### (1) 概要

燃料取扱及び貯蔵設備は、新燃料を発電所内に搬入してから使用済燃料を発電所外に搬出するまでの燃料取扱及び貯蔵を安全且つ確実に行うものである。燃料取扱設備の説明図を図6-4に、燃料取扱ルート説明図を図6-5に示す。

燃料取扱及び貯蔵設備の対策となる炉心構成要素は炉心燃料集合体、ブランケット燃料集合体、制御棒集合体、中性子しゃへい体等である。

新炉心構成要素は受入検査後新燃料貯蔵ラックに一時貯蔵し、燃料交換開始前に必要な本数を炉外燃料貯蔵槽に移送する。

燃料交換は原子炉停止後に原子炉格納容器搬入口を開放して原子炉容器と炉外燃料貯蔵槽間で燃料交換装置、炉内中継装置及び燃料出入設備等を使用して新炉心構成要素と使用済炉心構成要素を1体ずつ交換して行う。

炉外燃料貯蔵槽へ移送された使用済燃料は、ここで約1.5年冷却する。炉外燃料貯蔵槽から取り出された炉心構成要素は、燃料洗浄設備でナトリウムを洗浄し、そのままの状態あるいは缶詰にして燃料池内の貯蔵ラックに貯蔵する。

使用済燃料集合体は、燃料輸送キャスクに入れて



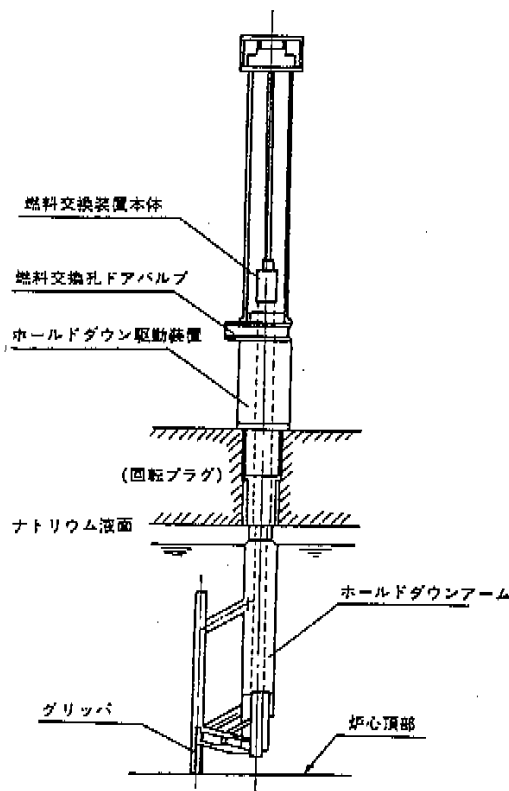


図 6-6 燃料交換装置説明図

- 本体を炉心構成要素の頂部に位置決めする。
- (ロ) 炉心部から1体の炉心構成要素を吊上げる際には、周囲の炉心構成要素の浮き上がりを防止する。
- (ク) 炉心構成要素を吊上げ、挿入する。
- (ケ) 炉心構成要素を爪でつかむ。

原子炉運転時には燃料交換装置本体は、回転プラグ本体から取り外される。装置の外形を図6-6に示す。

#### (b) 炉内中継装置

炉内中継装置は炉内にて炉心構成要素を燃料出入設備と燃料交換装置との間で中継移送する炉内中継装置本体とこれを駆動する駆動装置等により構成される。炉内中継装置本体は、燃料交換時にしゃへいプラグ上に据付けられ、燃料出入設備及び燃料交換装置間で炉心構成要素を燃料移送ポットに入れた状態で移送する。原子炉運転時には、炉内中継装置本体はしゃへいプラグから取り外される。装置の外形を図6-7に示す。

#### (ii) 燃料出入設備

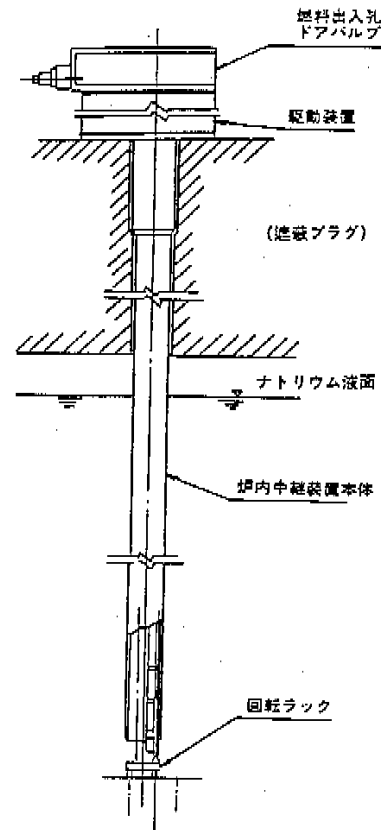


図 6-7 炉内中継装置説明図

燃料出入設備は、使用済炉心構成要素を炉内中継装置から原子炉容器外へ取り出し、炉外燃料貯蔵設備・燃料検査設備・燃料処理設備及び水中燃料貯蔵設備へ移送する機能と新炉心構成要素を新燃料受入貯蔵設備から炉外燃料貯蔵設備を経由して炉内中継装置へ移送する機能を有するものであり、ナトリウムの付着した使用済炉心構成要素、あるいは新炉心構成要素を移送する燃料出入機本体(A)、ナトリウム洗浄後の使用済炉心構成要素を移送する燃料出入機本体(B)、移送中の発熱炉心構成要素の除熱を行う冷却装置、これらを搭載して走行する走行台車及び燃料移送ポット等で構成されている。燃料出入設備では、炉心構成要素は1体ずつ取扱う。燃料出入設備の外形を図6-8に示す。

原子炉容器外で高崩壊熱状態で取扱う原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽及び燃料検査設備の検査槽間では、炉心構成要素は燃料移送ポットに入れて取扱う。冷却装置は燃料移送ポットを冷却して取扱い中の炉心構成要素からの崩壊熱を十分除去できる能力を持っている。

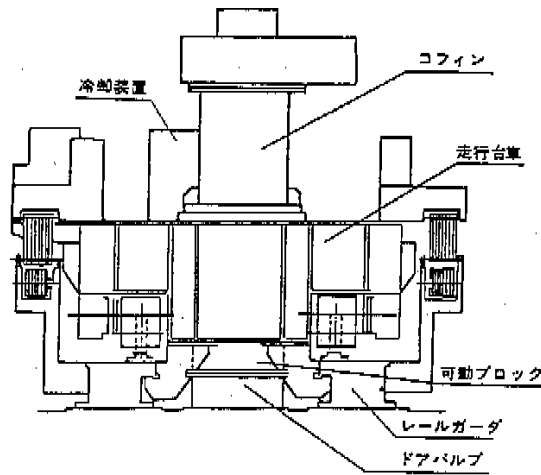


図 6-8 燃料出入設備説明図

原子炉容器外で低崩壊熱状態で取扱う炉外燃料貯蔵槽、燃料洗浄槽、燃料銜詰装置及び燃料水中移送室間では、炉心構成要素はガス及び水中で取扱われるが、崩壊熱を十分に除去できる冷却装置が備えられている。

冷却装置のうちプロフは多重性を有し、非常用電源から給電を受けている。燃料出入設備の走行部はレールガードを抱え込む構造となっており、地震時でも転倒しない。

#### (ii) 炉外燃料貯蔵設備

炉外燃料貯蔵設備は、新炉心構成要素及び使用済炉心構成要素を一時貯蔵する設備であり、回転ラック・回転ラック駆動装置・燃料貯蔵容器・炉外燃料貯蔵槽しゃへいプラグ・外容器・案内装置・床ドアバルブ等からなる炉外燃料貯蔵槽と炉外燃料貯蔵槽冷却設備より構成される。

原子炉容器から取り出された使用済炉心構成要素は燃料出入設備により炉外燃料貯蔵設備内の回転ラックに収容され、その崩壊熱は炉外燃料貯蔵槽冷却設備を経由し大気へ放散される。

炉外燃料貯蔵槽の貯蔵容量は約250体である。ここでは、通常の燃料交換及び燃料取扱に支障をきたさぬように、新炉心構成要素については新燃料貯蔵ラックと炉外燃料貯蔵槽に一時貯蔵でき、また使用済炉心構成要素についても炉外燃料貯蔵槽と燃料池とで貯蔵できる設計となっている。炉外燃料貯蔵槽の外形を図6-9に示す。

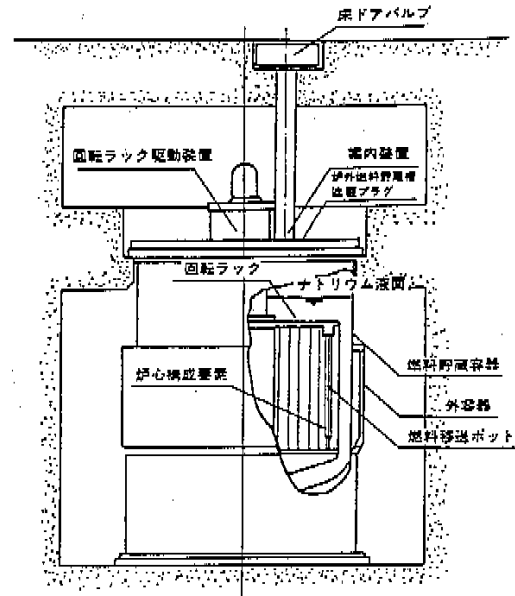


図 6-9 炉外燃料貯蔵槽説明図

回転ラックは総ての種類の新燃料貯蔵槽を貯蔵でき、6列同心円周上に貯蔵ラックを配置した円筒形構造物である。ラックの中心間隔はたとえ容量いっぱいの新燃料を貯蔵しても、実効増倍率は0.95以下である。

炉外燃料貯蔵槽冷却設備は図6-10に示すようなシステムを計画している。炉外燃料貯蔵槽内の貯蔵燃料崩壊熱をナトリウム冷却系を経て大気へ伝える設計となっている。冷却系は独立3系統からなり、通常は2系統運転1系統待機となっている。

炉外燃料貯蔵槽冷却設備の冷却系配管は高所配管引回しとすると共に、高所配管引回しとならないオーバーフロー系配管のうち溢上配管は炉外燃料貯蔵槽内カバーガス中に一部開放しており、オーバーフロー系配管がいかなる箇所で破損しても、冷却に必要な液位を保持できる。

炉外燃料貯蔵槽冷却系の配管、機器等には、ナトリウム凍結防止のため、予熱ヒータ及び保温材を設置している。

#### (iv) 燃料検査設備

燃料検査設備は、原子炉外に取出された燃料集合体の破損の有無を確認することを目的とし、ガス状の核分裂生成物の漏洩を検出する設備で、検査槽、冷却設備、放射線検査系等で構成される。

検査槽は燃料移送ポットに入った燃料集合体を保持し、地震時でも転倒しない構造となっている。検

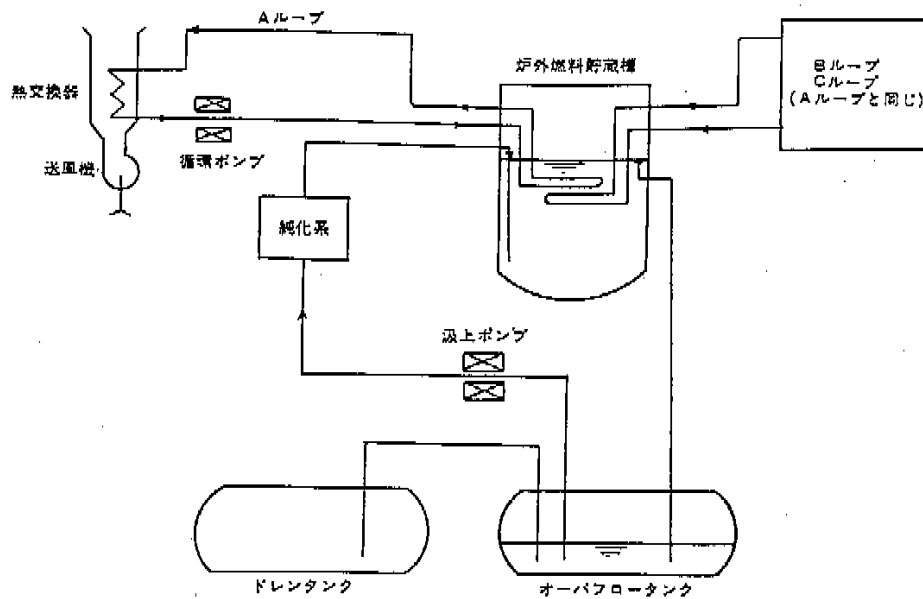


図 6-10 炉外燃料貯蔵槽冷却設備系統説明図

蓋槽上部には、気密性としゃへい機能をもつ床ドアバルブが設置されており検査時に槽内はアルゴンガス雰囲気におかれる。

#### (v) 燃料処理設備

燃料処理設備は使用済炉心構成要素の洗浄、缶詰を行うものであり、燃料洗浄設備・燃料缶詰装置・缶詰雰囲気調整装置により構成されている。

燃料洗浄設備は、原子炉より取り出された使用済炉心構成要素に付着したナトリウムを洗浄するための設備である。洗浄槽内では、不活性ガスを循環させて冷却しながら徐々に水蒸気を注入してナトリウムと反応させる洗浄を行い、反応が終了した後、水を注入して仕上げ洗浄を行う。

燃料缶詰装置は、ナトリウムの除去・洗浄を経た使用済炉心構成要素を缶詰する装置である。

#### (vi) 水中燃料貯蔵設備

水中燃料貯蔵設備は搬出待ち貯蔵を要する使用済炉心構成要素を水中にて貯蔵するもので、水中台車・燃料移送機・貯蔵ラック・燃料池水冷却浄化装置等により構成される。貯蔵対象となる使用済炉心構成要素は、燃料出入設備により水中台車に引渡され、燃料移送機にて移送され貯蔵ラックに収納される。搬出する使用済炉心構成要素は燃料移送機により水中にて燃料輸送キャスクに引渡される。取扱物の崩壊熱は、燃料池水冷却浄化装置により除去される。

#### (vii) 燃料搬出設備

燃料搬出設備は、使用済炉心構成要素を所外へ搬

出するための燃料輸送キャスクを取扱う設備で、キャスク・クレーン等より構成される。

#### (viii) 新燃料受入貯蔵設備

新燃料受入貯蔵設備は、新炉心構成要素の受入れ・開梱・受入検査・一時貯蔵及び移送を行うもので、燃料容器取扱装置・新燃料移送機・新燃料貯蔵ラック・地下台車等より構成される。

新燃料貯蔵室は、原子炉補助建物内の独立した区画に設け、いかなる状態でも臨界にならないように十分な間隔をもった新燃料貯蔵ラックに燃料を貯蔵する。貯蔵容量は約50体である。

新燃料貯蔵ラックのラック中心間隔は、たとえば容量いっぱいの新燃料を貯蔵し、常温の純水で満たされたとしても、実効増倍率は0.95以下となるように定められている。

## 6.6 共通係修設備

共通係修設備は機器移送設備と機器洗浄設備から構成される。

機器移送設備は、原子炉建物及び原子炉補助建物とメンテナンス・廃棄物処理建物間の機器類の移送並びにメンテナンス・廃棄物処理建物にある係修エリアにおける機器類の取扱いのために設けられ、メンテナンス台車とメンテナンスクレーンから構成される。

機器洗浄設備は、原子炉施設の管理区域内にある機器等を補修、検査、保管又は廃棄するのに先立ち、

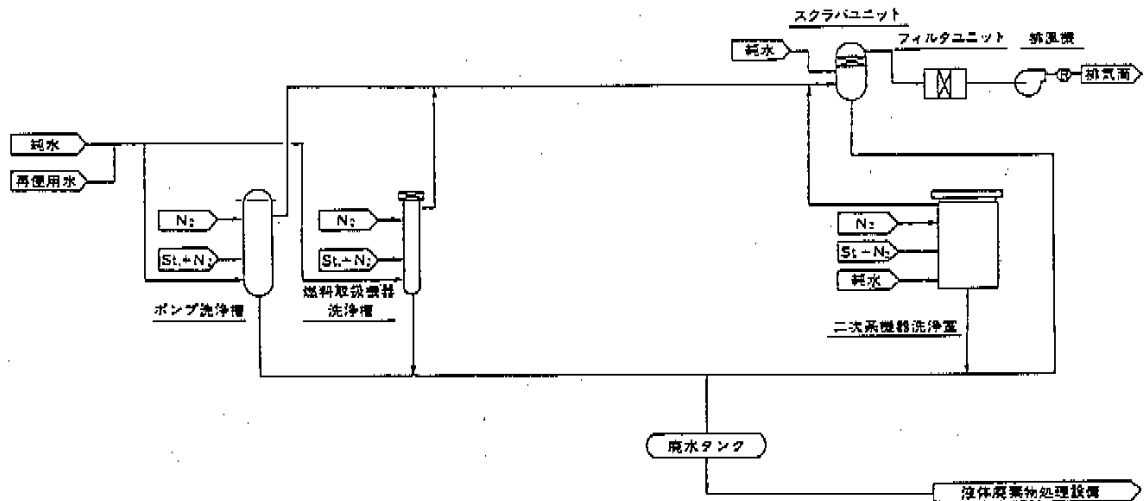


図 6-11 機器洗浄設備系統説明図

それら機器等に付着するナトリウムを洗浄除去するために設けられ、洗浄槽類・廃液設備・廃ガス設備から構成される。

洗浄槽類は、燃料取扱機器洗浄槽及びポンプ洗浄槽等からなり、この中でナトリウム付着機器の洗浄を行う。廃液設備は廃水タンク及び廃水ポンプ等からなり、洗浄廃液を一時貯留する。廃ガス設備はスクラバユニット、フィルタユニット及び排気ファン等からなり、機器等の洗浄に伴って排出する放射性物質を除去する。機器洗浄設備の系統の概略を図 6-11 に示す。

6.7 試料採取設備

試料採取設備は 1 次、2 次冷却材あるいはカバーガス中に含まれる酸素、水素等不純物の含有量を調べるために必要な試料を必要に応じ採取する設備であり、1 次ナトリウム・サンプリング装置、1 次アルゴンガス・サンプリング装置、2 次ナトリウム・サンプリング装置及び 2 次アルゴンガス・サンプリング装置より成る。なお、これら装置の他に、事故時においても原子炉格納容器内ガス及び 1 次アルゴンガスを採取できる装置が設けられる。

6.8 機器冷却系設備

機器冷却系設備は、1 次主冷却系循環ポンプボニーモータ冷却設備及び電磁ポンプ冷却設備より構成

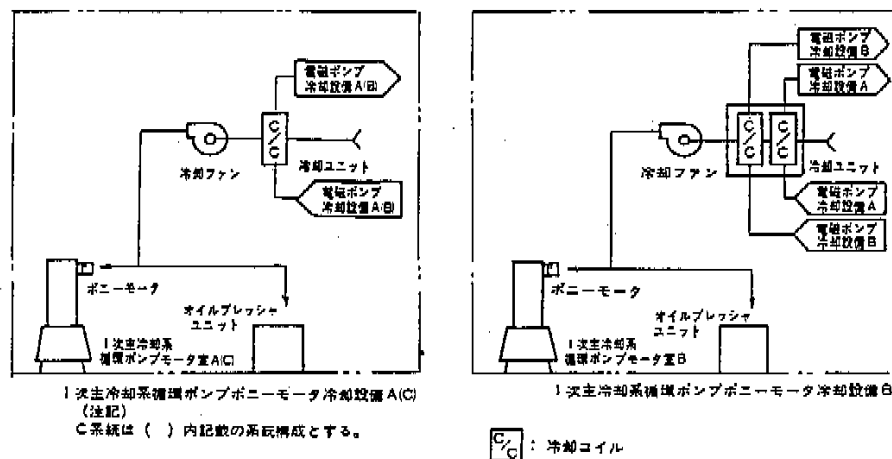


図 6-12 1 次主冷却系循環ポンプボニーモータ冷却設備系統説明図

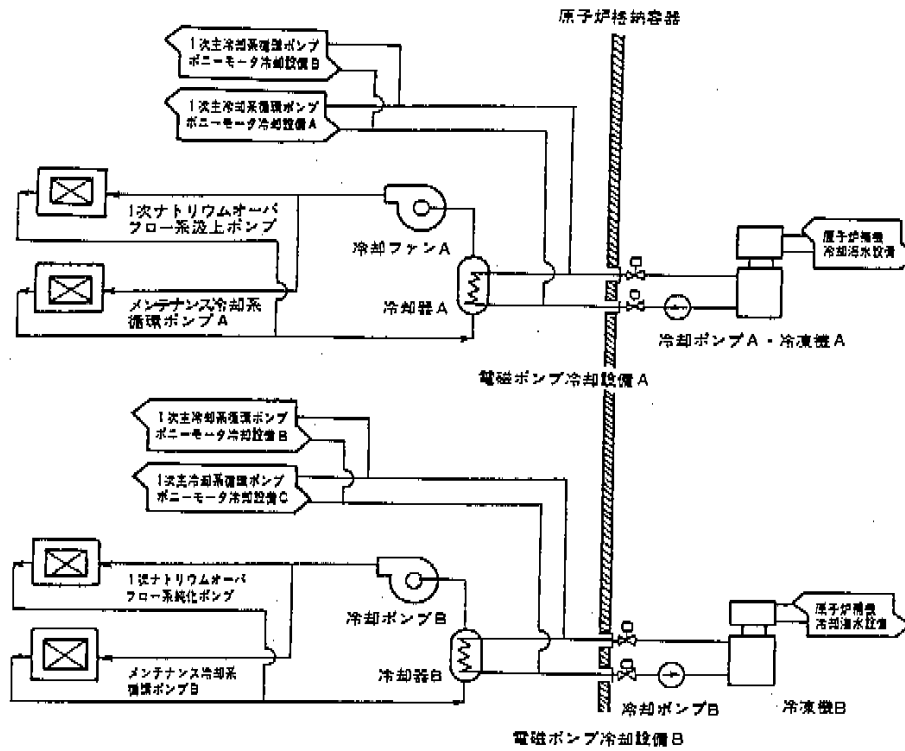


図6-13 電磁ポンプ冷却設備系統説明図

される。系統概略を図6-12及び図6-13に示す。

1次主冷却系循環ポンプボニーモータ冷却設備は、冷却ファンにて1次主冷却系循環ポンプボニーモータ室内の空気を循環させボニーモータ及びオイルプレッシャユニットの冷却を行うものである。除去された熱は冷却ユニット及び、電磁ポンプ冷却設備の冷凍機を介して海水に伝えられる。

電磁ポンプ冷却設備は、1次補助ナトリウム設備のオーバーフロー系汲上ポンプ、純化系汲上ポンプ及び1次メンテナンス冷却系循環ポンプA・Bを冷却ファンにより空素ガスを閉回路で循環させ冷却を行うものである。空素ガスで除去された熱は冷却器及び冷凍機を介して海水に伝えられる。