

高速実験炉「常陽」運転経験報告書

1次主・補助冷却系運転実績

1993年4月

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。については複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

技術開発部 技術管理室

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

高速実験炉「常陽」運転経験報告書

1次主・補助冷却系運転実績

軽部浩二, 山崎 学, 吉野和章,
佐藤 聰, 河井雅史, 田村政昭

要 旨

高速実験炉「常陽」の1次主・補助冷却系統の運転実績について報告する。主冷却系統は昭和57年1月から平成4年3月まで、補助冷却系統は昭和61年10月から平成4年3月までの運転実績は以下の通りである。

1次主・補助冷却系統とも特に大きな支障もなく、順調な運転を継続した。

(1) 1次主冷却系統

主循環ポンプの運転時間は67675時間であり、総合運転時間は105970時間に達した。

主循環ポンプの起動回数は212回である。

(2) 1次補助冷却系統

補助冷却系統は、ナトリウム初充填以降ほとんど待機状態であった。補助循環ポンプの運転時間は4767時間であり、総合運転時間は8667時間に達した。

循環ポンプの自動起動回数は31回であり、これらは異常時の自動起動ではなく、全て計画的な各種試験によるものである。

Operation Experience Report of Experimental Fast Reactor JOYO

Operation Experience of primary main and auxiliary cooling systems of JOYO

K.Karube, M.Yamazaki, K.Yoshino
S.Sato, M.Kawai, and M.Tamura

Abstract

This report describes the operating experience of the primary main cooling system from January 1982 to March 1992, and of the primary auxiliary cooling system from October 1986 to March 1992.

Out lines of the operating experience are followings;

There have been no serious troubles in this period.

(1) The main system;

Operation time of the circulation pumps are about 67675 hours.

Accumulated operation time of the pumps are about 105970 hours.

The pumps has been started 212 times.

(2) The auxiliary system;

Operation time of the circulation pump (EMP) is about 4767 hours.

Accumulated operation time of the pump is about 8667 hours.

The pump has been automatically started 31 times with the scheduled test.

目 次

1. 緒 言	1
2. 1次冷却系統の概要	2
2. 1 1次主冷却系統の概要	2
2. 2 1次補助冷却系統の概要	6
3. 1次主冷却系統の運転実績	14
3. 1 1次主冷却系統の運転実績	14
3. 2 1次主循環ポンプの運転実績	18
3. 3 1次主冷却系統の不具合事象と対策	32
3. 4 1次主冷却系統の改造実績	61
4. 1次補助冷却系統の運転実績	67
4. 1 1次補助冷却系統の運転実績	67
4. 2 1次補助循環ポンプの運転実績	67
4. 3 1次補助冷却系統の不具合事象と対策	67
4. 4 1次補助冷却系統の改造実績	70
5. 結 果	81
6. 考 察	82
7. 結 言	83
8. 参考文献	84

1. 緒 言

高速実験炉「常陽」の1次冷却系統は、2ループから成る1次主冷却系統とそれをバックアップする非常用炉心冷却設備としての1ループの1次補助冷却系統が設けられている。

1次主冷却系統は、原子炉から発生する熱を2次冷却系に伝達するための設備であるが、補助冷却系統は、主冷却系統にて炉心崩壊熱除去ができなくなった時、原子炉容器ナトリウム液面低下時、及び原子炉容器ナトリウム液面を燃料頂部まで低下させて行う炉内検査時、炉心にて発生する崩壊熱の除去ができるよう独立して設置された設備である。

1次主冷却系統は、昭和51年の主循環ポンプ初起動以降、総合機能試験時に主循環ポンプ(A)の静圧軸受シールブッシュ部のスティックが発生し、軸受部の改造を実施したが、その後は大きなトラブルも無く順調な運転を継続した。この間、冷却系統の機能を健全に維持していくための設備改造がなされた。主な改造は、ポンプ内でのアルゴンガス自然対流現象によるポンプケーシングの変形防止のための対流防止板の取付、ポンプモータ上部軸受温度計の二重化、ポンプ瞬停防止回路の改造等がある。

1次補助冷却系統は、昭和51年のナトリウム初充填以来ほとんど待機運転(停止)をしてきた。これは、主冷却系統が運転中、原子炉容器下部から逆止弁バイパスオリフィスを通して待機中の補助循環ポンプ、補助中間熱交換器を経由して、再び炉内に戻る逆流状態である。この間、特に大きな故障の発生も無く良好な運転状態であった。

本報告書は、前報告書(1)(2)の後続編として発行するものであり、1次主、補助冷却系統の概要を紹介するとともに、主冷却系統は昭和57年1月から平成4年3月までの、補助冷却系統は昭和61年10月から平成4年3月までの運転実績について纏めたものである。

(1)PNC N941 82-274 高速実験炉「常陽」運転経験報告書 1次主冷却系統運転経験

(2)PNC SN9410 87-001 高速実験炉「常陽」運転経験報告書 補助冷却系統運転実績

2. 1 次冷却系の概要

2.1 1次主冷却系の概要

1次主冷却系は原子炉で発生した最大 100MWの熱を主中間熱交換器を介して2次主冷却系へ伝達するもので、2ループで構成される。また、2次主冷却系設備と併せて原子炉停止後の崩壊熱除去を行う。1次主冷却系設備は、原子炉容器、1次主循環ポンプ（A、B）、主中間熱交換器（A、B）、ポンプオーバフローカラム（A、B）、1次主冷却系配管及び弁類等で構成されており、原子炉通常運転時、異常な過渡変化時（事故時）において、十分な炉心冷却能力を有する。更に、1次主冷却系設備は、原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材ナトリウム及びナトリウム中の放射性物質が外部に漏洩するのを防止している。図2-1に1次主冷却系系統図を示す。

冷却材ナトリウムは主循環ポンプから吐出され、電磁流量計を通過した後、炉容器高圧プレナムへと導かれる。高圧プレナムからは温度 370°Cのナトリウムが炉心領域を下方から上方へと流れる。

一方高圧プレナムから低圧プレナムへ分流された 370°Cの冷却材は炉心部周辺領域を上方に流れ、炉容器上部で炉心からのナトリウムと合流する。この時のナトリウム温度は約 500 °Cである。

ナトリウムは炉容器上部壁に対称に設けられた2本の配管より流出し、各々の主中間熱交換器の胴側に入り、管側の非放射性ナトリウムと熱交換を行って 370°Cに冷却され、主循環ポンプに戻る。一方、オーバフロータンクからは電磁ポンプによりナトリウムを汲み上げ、炉容器上部壁ノズルから炉内に注入される。炉容器内の余分なナトリウムは、反対側上部壁のノズルから流出し、重力によりオーバフロータンクへ流下する。これにより系統及び1次主循環ポンプの運転状態に関係なく原子炉容器のナトリウム液面は一定に保たれる。又、1次主循環ポンプには、ポンプからオーバフローするナトリウムをポンプ吸込み側に戻すためのオーバフローカラムが設けられている。これは、ポンプオーバフローノズル付近のナトリウム中に巻込まれたアルゴンガスを分離させ、主循環ポンプ吸込み側にアルゴンガスが流入しないための機能も備えている。

安全容器外側の1次主冷却系低温側配管にナトリウム漏洩が生じた場合、原子炉入口配管が原子炉容器下部に設けられているため、原子炉入口配管のサイフォン作用により原子炉容器内ナトリウム液位の低下を防止するためのサイフォンブレーク配管が設けられている。更に、1次冷却系の配管は、2重管構造になっており、予熱窒素ガスによる内管予熱、内管破

損によるナトリウム漏洩時のナトリウム検出及び保持するための機能を有している。

1次主冷却系統は全て格納容器床下に設置され、床下雰囲気は万一、配管が破損して放射性ナトリウムが漏洩しても火災を起こさないように窒素雰囲気となっている。1次主循環ポンプ駆動用電動機がトリップした場合は、130rpmに回転数が低下した時点で直流無停電電源で駆動されるポニーモータに引き継がれ、炉心の崩壊熱除去に必要な冷却材流量が確保される。

以下に1次主冷却系統の仕様を示す。

1次主冷却系統の仕様（照射用炉心）

原子炉からの伝熱量	1 0 0 MWt
全 流 量	約 2 5 2 0 m ³ /h
ル 一 プ	2
1 ループ当たりの流量	約 1 2 6 0 m ³ /h
運 転 温 度	原子炉入口 370 °C 原子炉出口 500 °C
設 計 温 度	ホットレグ 550 °C コールドレグ 450 °C

2.1-1 1次主循環ポンプ

1次主冷却系各ループに冷却材を循環させるための主循環ポンプが1台ずつ設置されている。また、ポンプからオーバフローしたナトリウムをポンプ吸込み側にアルゴンガスと分離して戻すためのオーバフローカラムが設けられている。図2-2に1次主循環ポンプ構造図を示す。構造はポンプ本体（内部構造）と本体を納めるアウターケーシングからなる。ポンプ本体は、インペラ、デフューザ、軸、軸受、軸封機構、熱遮蔽及びガンマ線遮蔽プラグ、インナーケーシング、対流防止板等からなりメンテナンス時には、アウターケーシングを残してポンプ本体のみを引出すことができる。

アウターケーシングのナトリウムに接する部分は2重構造であり、ポンプ予熱及び万一のナトリウム漏洩時にこれを検出すると共に漏洩ナトリウムの保持を行わせる。主中間熱交換器出口から流出したナトリウムはアウターケーシングの下部から吸込まれ、インペラにより加圧されてデフューザを通り高圧室に入り吐出口より水平に流出する。高圧ナトリウムの一部は、本体下部のナトリウム潤滑静圧軸受に供給される。静圧軸受部から流出したナトリウムは、ポンプ内液面を一定に保つために設けられたオーバフローノズルからオーバフローカラムに流出しポンプ吸込み側に戻る。

ナトリウムの自由液面は、アルゴンカバーガスで覆い、アルゴンガスと外気とは、メカニカルシールで隔離されている。このメカニカルシール及び主モータ下部のスラスト軸受は、潤滑油により潤滑されている。また、ナトリウム蒸気がメカニカルシール部に上昇するのを防ぐために外部より清浄アルゴンガスをアルゴンガスシール部に供給し、ポンプ内にブローセしている。この清浄アルゴンガスのポンプ内対流によってポンプケーシング周方向に温度差が生じ、この温度差によって発生するケーシングの熱変位によって静圧軸受が接触しないようにアルゴンガス対流防止板が取付けられている。

ポンプ上部には、軸継手を介して駆動用主電動機が取付けられている。ポンプの流量は主電動機の回転数制御により行い、その範囲は20～100%までの連続的可変である。ポンプ駆動電源が喪失すると、ポンプ回転数は約10秒の時定数で慣性降下して無停電電源駆動のポニーモータに引継がれ、原子炉崩壊熱の除去を行う。

1次主循環ポンプの仕様を以下に示す。

1次主循環ポンプ主要目

ポンプ

型 式	豎型 2 軸受自由液面型遠心式
数 量	2 基／2 ループ
定 格 流 量	1 2 6 0 m ³ ／h
運転／設計温度	3 7 0 °C／4 5 0 °C
定 格 揚 程	7 0 m N a
主 要 材 質	S U S 3 0 4

主電動機

型 式	豎軸三相誘導電動機
数 量	2 基／2 ループ
定 格 出 力	3 3 0 k W
定 格 回 転 数	9 3 0 r p m
電 壓	3 0 0 0 V
電 流 (定格)	約 8 9 A
周 波 数	5 0 H Z
極 数	6
2 次側最大電圧	約 6 2 0 V

2次側電流	約380A
制御方式	制止セルビウスによる回転数制御
ボニーモータ	
型式	豎軸直流電動機
数量	2基／2ループ
定格回転数	130 rpm
電圧	D C 110 V

2.1-2 主中間熱交換器

主中間熱交換器は1ループに1台、計2台設置されている。これらの構造は細部を多少異なるほかはほぼ同一である。図2-3に主中間熱交換器構造図を示す。

2台の熱交換器は、豎型自由液面シェルアンドチューブ形のナトリウム-ナトリウム熱交換器である。1次冷却材は、胴部側面の1次側ナトリウム入口ノズルから流入し、外側シェラウド上部に設けられている入口孔から外側シェラウド内に流入し、伝熱管の間を下降し下部に設けられている1次側ナトリウム出口ノズルから流出する。2次冷却材は、上部の2次ナトリウム入口ノズルから下降管を通って下部プレナムに入り、直管形伝熱管内を上昇し上部プレナムを通って上部2次ナトリウム出口ノズルから流出する。主中間熱交換器は伝熱管の点検修理を考慮し、管束部を抜き出せる構造になっている。また、1次側胴体にはリークジャケットが設けられており、漏洩ナトリウムの検出、保持及び熱交換器の予熱窒素ガス循環経路として使用される。

主中間熱交換器の仕様を以下に示す。

基數	2基／2ループ
型式	豎形自由液面式シェルアンドチューブ形
設計圧力	
胴部	1 kg/cm ² G
管部	5 kg/cm ² G
設計温度	550 °C
1次冷却材流量	約1260 m ³ /h／1基
2次冷却材流量	約1260 m ³ /h／1基

2.2 1次補助冷却系統の概要

1次補助冷却系は、主冷却系にて原子炉崩壊熱除去ができなくなった時、原子炉容器ナトリウム液面低下時、及び原子炉容器ナトリウム液面を燃料頂部まで低下させて行う炉内検査時、炉心にて発生する崩壊熱を補助中間熱交換器を介して2次補助冷却系統へ伝達するための設備である。

原子炉通常運転時、炉心で発生した熱は主冷却系統にて除去され、補助冷却系による熱除去は行わず、1次補助冷却系統は定格流量の約30%で原子炉容器下部プレナムより、待機中の補助循環ポンプ、補助中間熱交換器を経由して原子炉容器上部プレナムへ逆流している。1次補助冷却材は放射化されているため、1次補助冷却系統設備は原子炉格納容器内に格納されている。

図2-4に1次補助冷却系系統図を示す。以下に1次補助冷却系の仕様を示す。

1次補助冷却系の仕様

除熱容量	約2.6 MW
冷却材流量	約6.5 m ³ /h
ループ数	1
運転温度（原子炉入口温度）	370 °C
（原子炉出口温度）	500 °C

2.2-1 補助循環ポンプ

1次補助循環ポンプは、フラットリニアインダクション式電磁ポンプ（F L I P）でナトリウムが流れるダクト本体、コイルを巻装した固定子及び外枠等で構成されている。ダクト本体はナトリウム流路を形成し、入口ノズル、出口ノズル、矩型ダクト部及び断熱材等により構成されている。矩型ダクト部は1次補助冷却系配管と同様、2重構造となっている。固定子は三相誘導電動機の固定子を直線状にした平板固定子でダクト本体の両側に対向して置かれている。外枠は固定子及びダクト本体の支持部、強制冷却窒素ガスの出入口、ダクトの熱膨張を吸収するためのベローズ等により構成され、ほぼ直方体形状をしている。図2-5に補助循環ポンプの構造図を示す。以下に1次補助循環ポンプの仕様を示す。

1次補助循環ポンプの仕様

型 式	2重壁フラットリニアインダクション式
数 量	1基
流 体	1次ナトリウム

定格流量	約 6.5 m³/h
定格揚程	1.8 mNa
コイル冷却方式	強制窒素ガス冷却
主要材質	SUS27 (SUS304相当)
設計温度	550°C

2.2-2 補助中間熱交換器

補助中間熱交換器は、1次補助冷却系に1基設置され、原子炉格納容器のほぼ中央、西側の主中間熱交換器室内に2本のハンガにより天井から吊り下げられた状態で据付けられている。

補助中間熱交換器の型式は豎置シェルアンドチューブ型であり、その材質はSUS304で熱交換器内部は全てナトリウムで満たされている。構造は、大別して上部内径500mm、下部内径450mm、高さ3760mmの1次側胴体と2次側管束部、及びそれに接続される2次側胴体により構成されている。1次側胴体にはリークジャケットが取付けられており、漏洩ナトリウムの検出、保持及び熱交換器の予熱窒素ガス循環経路として使用される。1次側胴体の上方側面に1次ナトリウム入口ノズルが取り付けられ、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。2次側は伝熱管束、管束部内胴、管束部外胴、下部プレナム及び入口管からなり、2次側上部胴体から吊り下げられた構造である。

2次側上部胴体には2次ナトリウムの出入口管が取付けられており、1次側胴体と接続するフランジと一体構造であり、上部管板により管束部と結合している。伝熱管は外径15.9mm、肉厚1.1mm、長さ3500mmの直管であり総数132本を同心円配列とし上下管板に溶接している。図2-6に補助中間熱交換器構造図を示す。以下に補助中間熱交換器の仕様を示す。

補助中間熱交換器の仕様

型 式	豎置無液面シェルアンドチューブ型
数 量	1 基
流 体	胴側 1次ナトリウム 管側 2次ナトリウム
定格流量	約 6.5 m³/h (1次側、2次側共)
定格伝熱量	2.6 MWt
主要材質	SUS27 (SUS304相当)

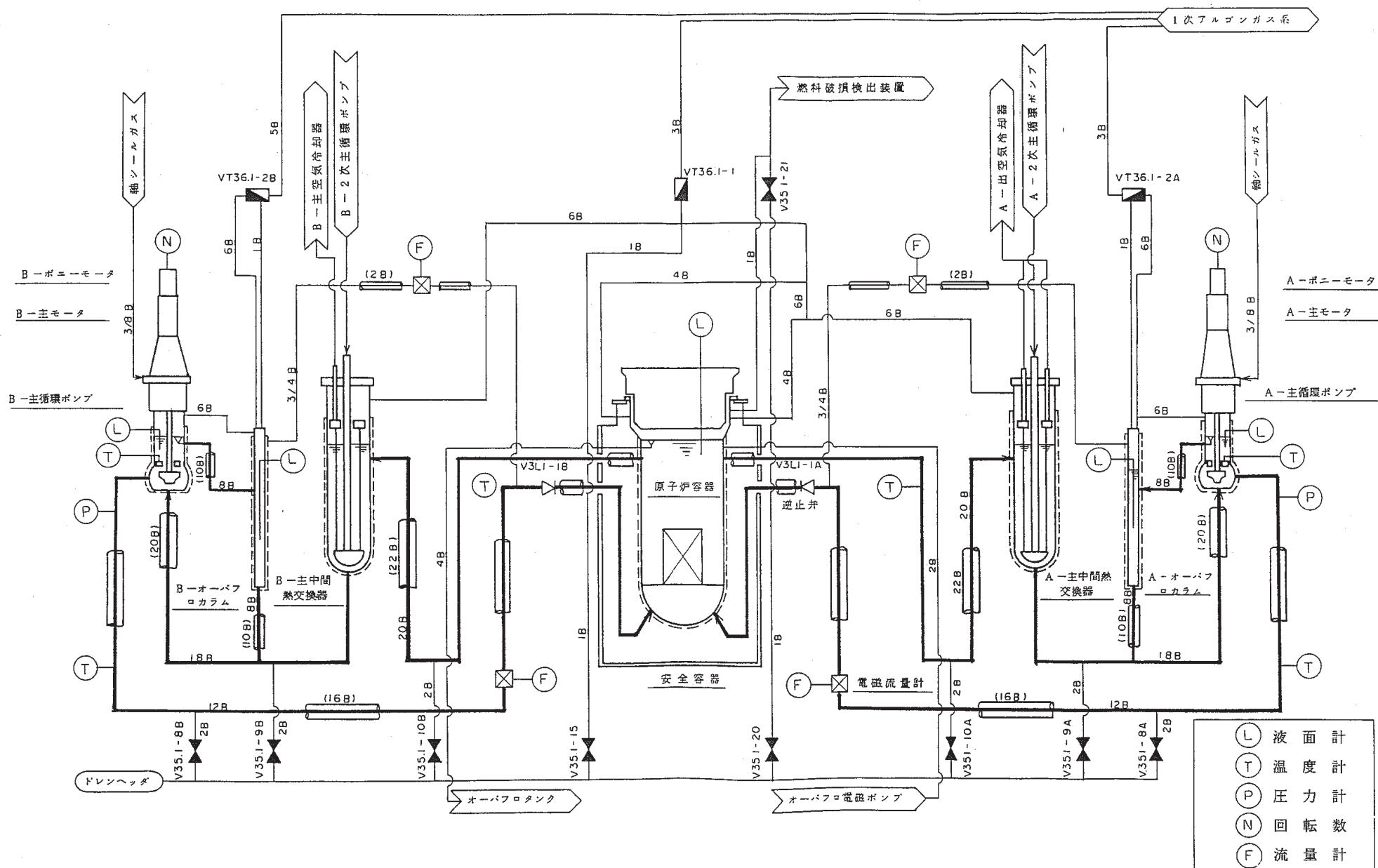
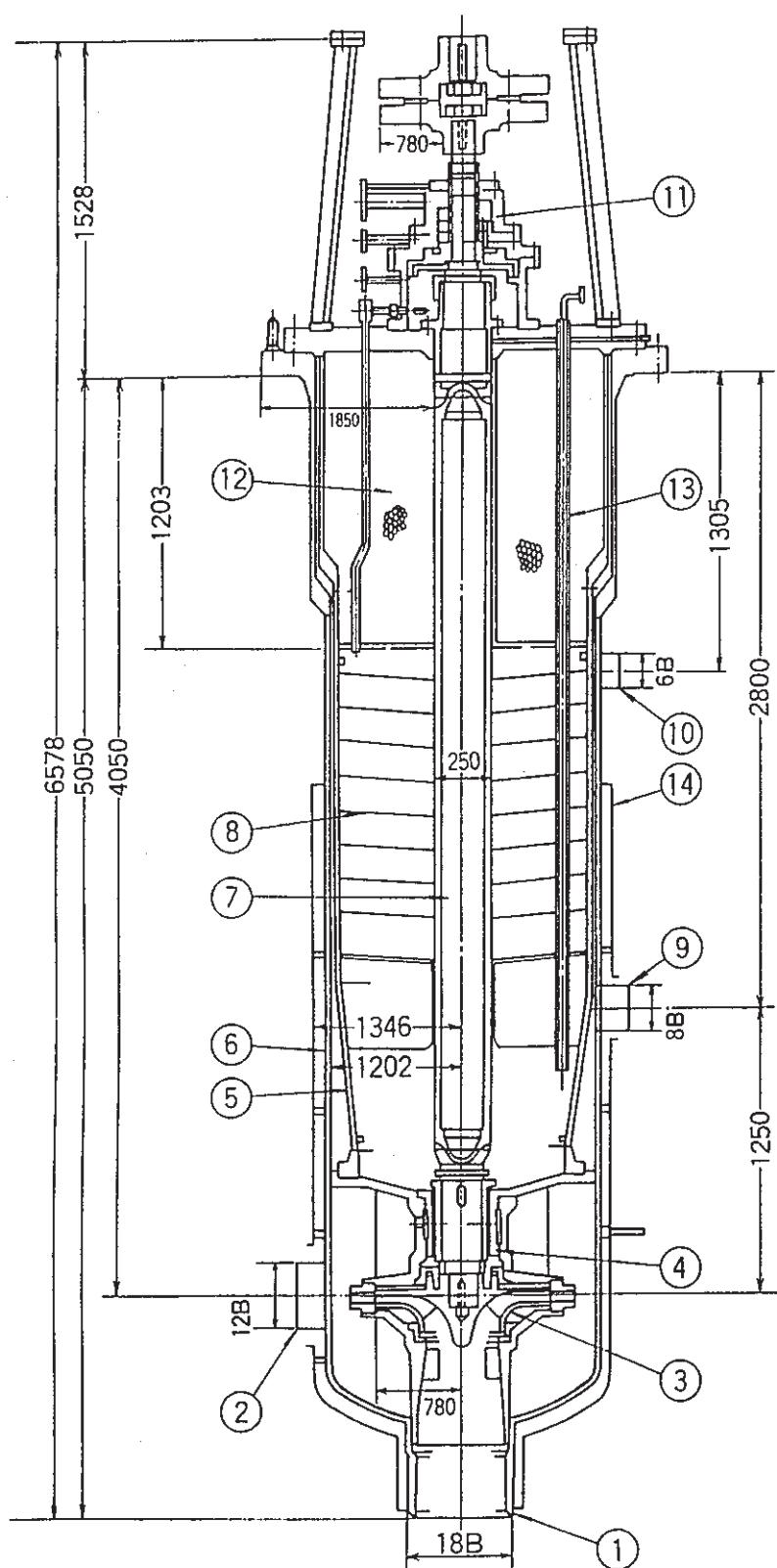


図2-1 1次主冷却系系統図



14	リークジャケット
13	液面計
12	生体遮蔽部(鋼球)
11	上部軸封部
10	Arガスノズル
9	オーバ・フロノズル
8	熱遮蔽板
7	シャフト
6	アウターケーシング
5	インナー・ケーシング
4	ナトリウム・ベアリング
3	インペラ
2	吐出ノズル
1	吸込ノズル

図 2 - 2 1 次主循環ポンプ構造図

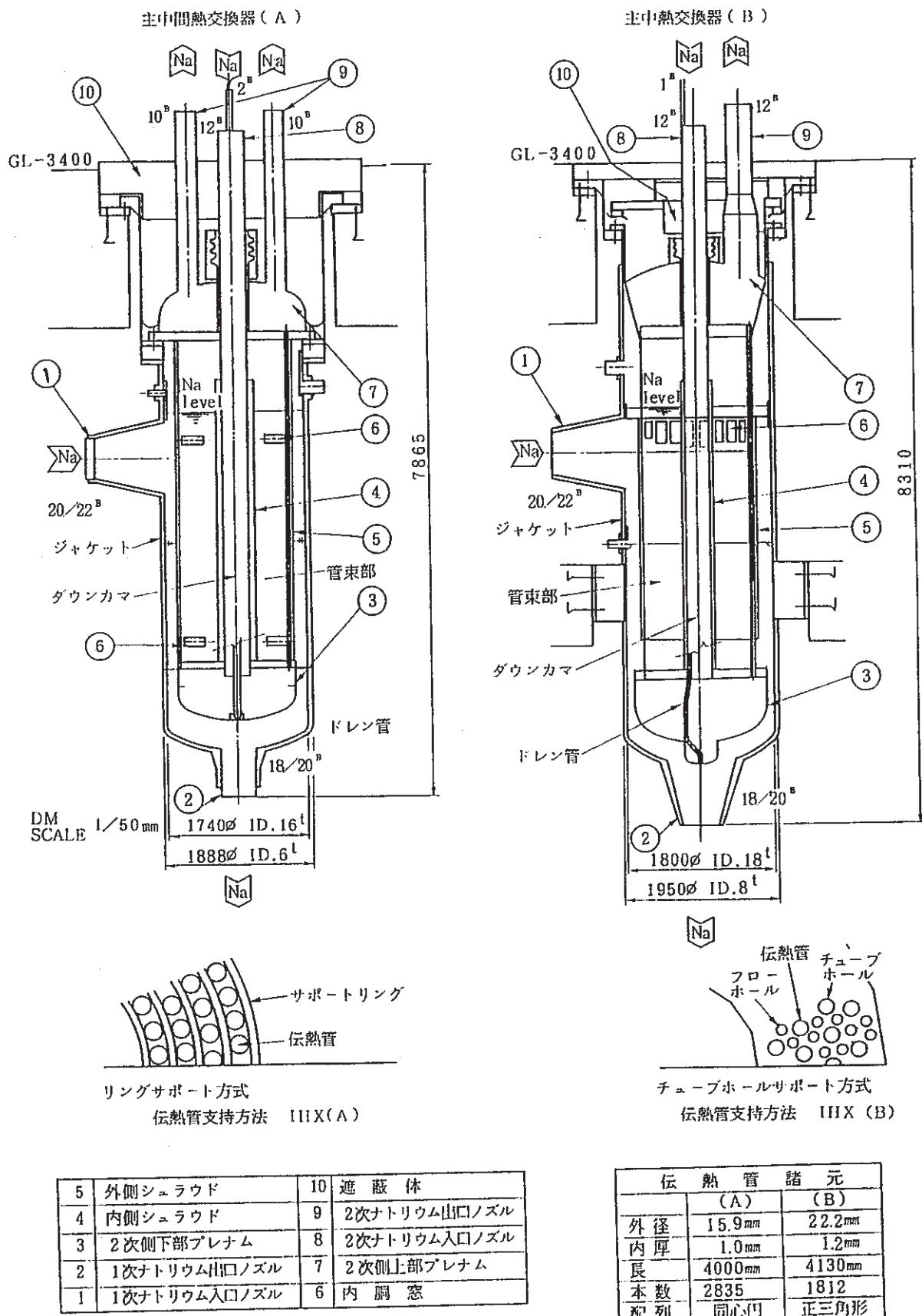


図 2-3 主中間熱交換器構造図

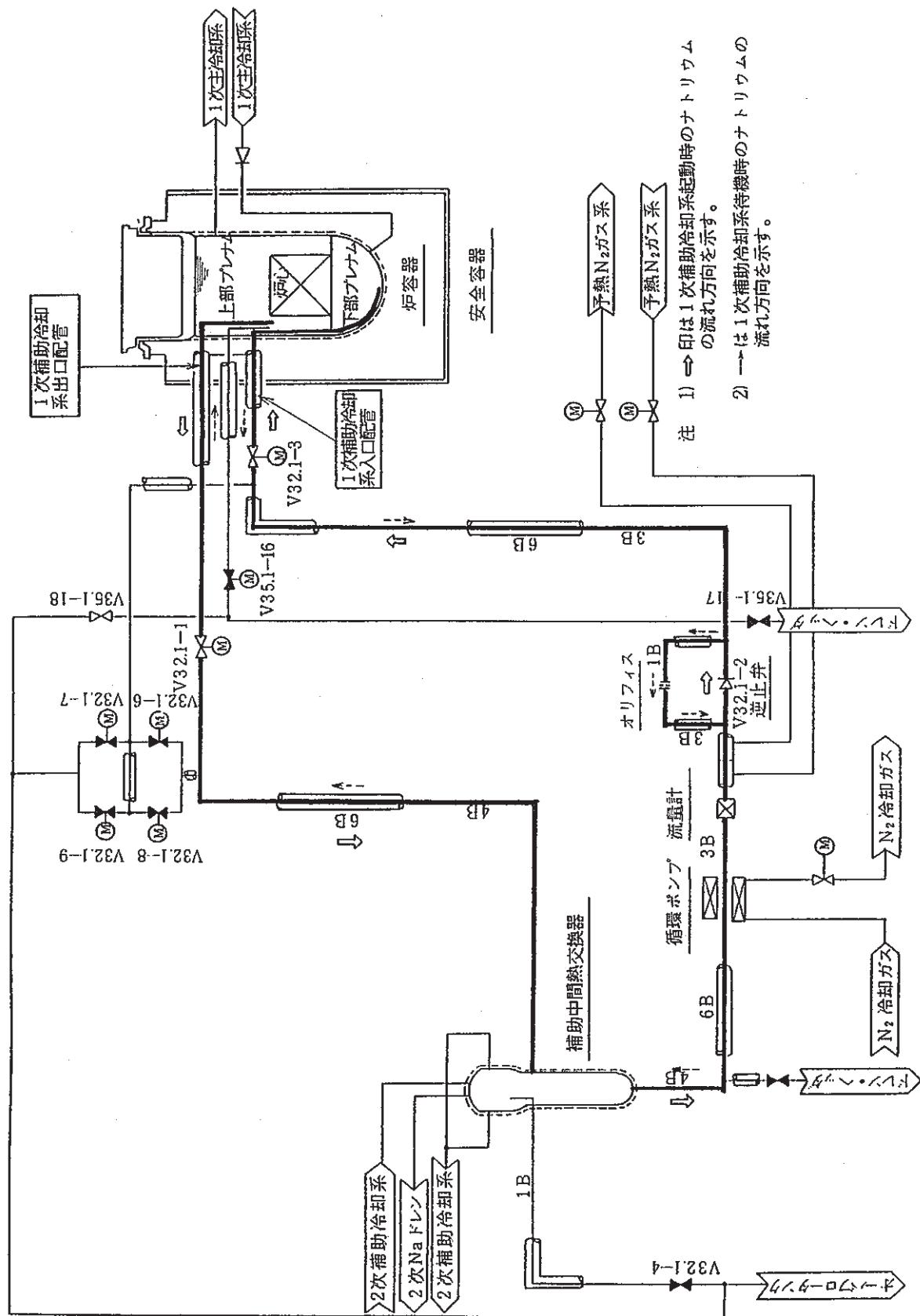


図 2-4 1次補助冷却系系統図

項目番号	部品名	材質	寸法	備考
1	ボンプダクト	SUS304		
2	リードジャケット	SUS304		
3	固定子			
4	フレーム	SS41・SM41		
5	カバー	SS41・SM41A		
6	架台			
7	端子箱			
8	保温材			
9	Na冷媒循環器			

項目	1.1	性能 (1) 様
形	FLIP(フラットリニアックシングル)	
流	液体金属ナトリウム	
量	5.65T/h	
管	内径 17.01mm/h	
場	1.8mNa (370°C, 56.5T/h)	
設	5.50°C	
度	5.50°C	
運	370°C (入口)	
軸	1.9 kg/cm²	
内	1.0 kg/cm²	
外	1.0 kg/cm²	
圧力	1.0 kg/cm²	
ジャケット		
ダクト	二重壁	
接続配管	入口 4 B、出口 13 B	
冷却用 N₂ 方式	80 Nm³/min, 管径 20mm A9 以下	
端子子	入力 1.50 kW/A 50Hz AC400V 3φ	

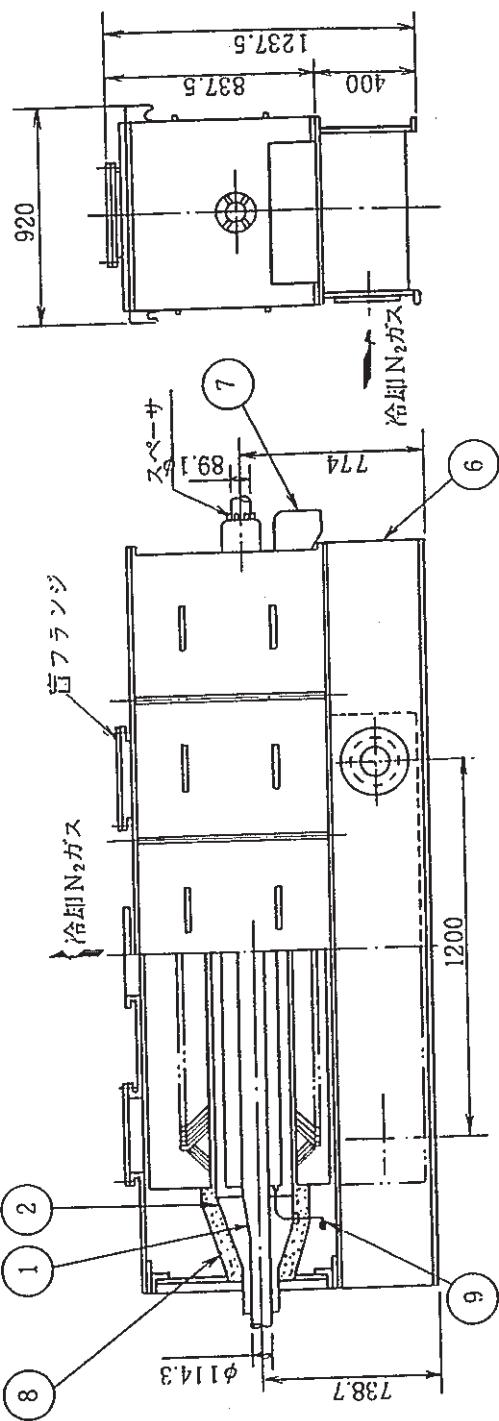
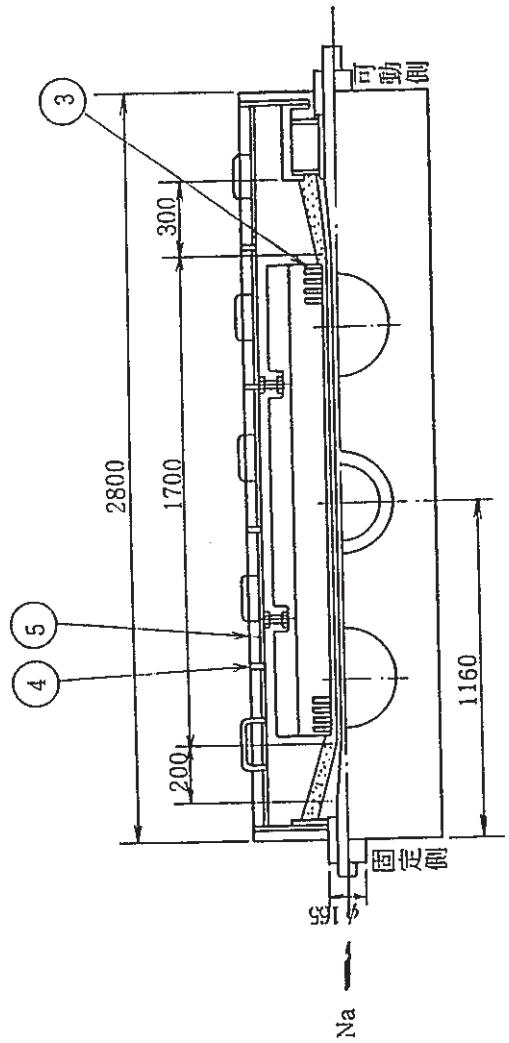


図 2-5 1次補助循環ポンプ構造図

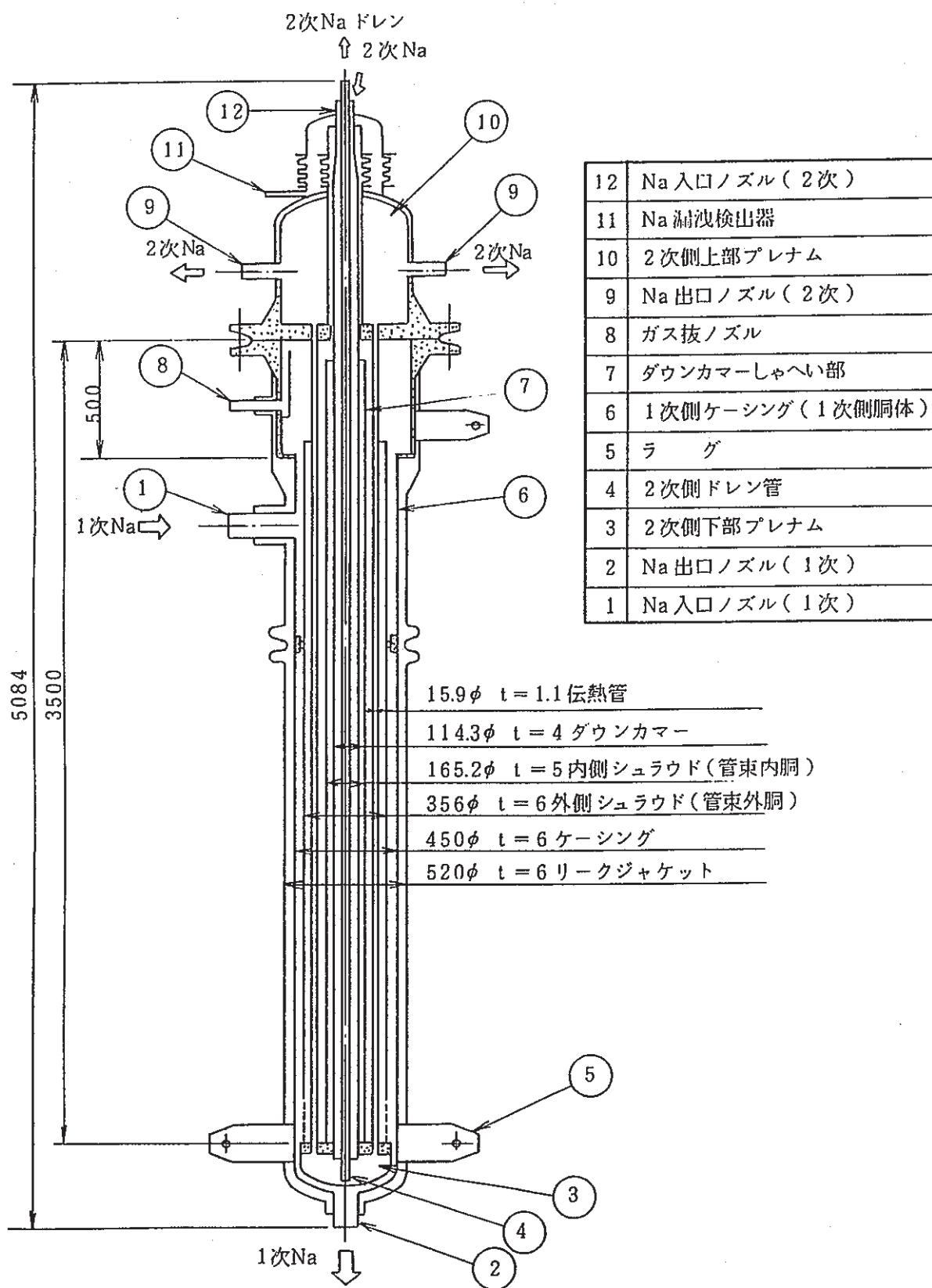


図2-6 拠助中間熱交換器構造図

3. 1 次主冷却系統の運転実績

3.1 1次主冷却系統の運転実績

高速実験炉「常陽」の1次主冷却系統設備は、昭和51年2月のナトリウム初充填以来、総合機能試験、臨界近接試験、低出力試験、50MW運転、75MW性能試験、100MW出力運転(22サイクル)までの運転を実施した。

本報告書では、前編からの後続編として昭和57年1月から平成4年3月迄の運転実績について報告する。

平成4年3月末日までの主循環ポンプの運転は、プラント運転計画に従って行われ、主循環ポンプを含む1次主冷却系統について機能を損なうような大きな故障の発生はなく、問題なく運転された。この間の主循環ポンプの起動停止回数は212回、運転時間は67675時間であり、総運転時間は105970時間である。

昭和57年1月以降の主なイベントは以下の通りである。

昭和57年3月1日～昭和57年5月20日

1次主循環ポンプ(B)本体引抜、搬出

サーベランス材取出、対流防止板取付、分解点検実施

昭和58年2月10日～昭和58年4月7日

100MW出力上昇試験

昭和58年8月9日～昭和58年9月30日

100MW第1サイクル運転

昭和58年10月12日～昭和58年12月2日

100MW第2サイクル運転

昭和59年1月24日～昭和59年2月23日

1次主循環ポンプ(A)インナーアセンブリー交換作業

昭和59年4月11日～昭和59年6月10日

100MW第3サイクル運転

昭和59年6月25日～昭和59年8月12日

100MW第4サイクル運転

昭和59年 9月 3日～昭和59年10月22日

100 MW第5サイクル運転

昭和59年11月26日～昭和60年 1月13日

100 MW第6サイクル運転

昭和60年 1月29日 1次主循環ポンプ回転数計交換

昭和60年 2月11日～昭和60年 3月31日

100 MW第7サイクル運転

昭和60年 4月17日～昭和60年 4月27日

F F D L、30 MW自然循環試験

昭和60年12月 2日～昭和61年 1月20日

100 MW第8サイクル運転

昭和61年 2月12日～昭和61年 3月31日

100 MW第9サイクル運転

昭和61年 3月31日 75 MW自然循環試験

昭和61年 4月25日～昭和61年 6月11日

100 MW第10サイクル運転

昭和61年 7月 4日～昭和61年 8月20日

100 MW第11サイクル運転

昭和61年 9月13日～昭和61年10月29日

100 MW第12サイクル運転

昭和61年10月29日 100 MW自然循環試験

昭和61年11月13日～昭和61年12月 5日

100 MW第12'サイクル運転

B 4 M試験、フィードバック反応度特性試験

昭和62年 8月31日～昭和62年10月31日

100 MW第13サイクル運転

昭和62年11月28日～昭和63年 1月30日

100 MW第14サイクル運転

昭和63年 2月29日～昭和63年 5月12日

100 MW第15サイクル運転 (定格出力70日運転達成)

昭和63年 6月14日～昭和63年 6月24日
第15' サイクル運転 (F F D感度校正試験)

昭和63年 8月 2日～昭和63年 9月 6日
100 MW第16サイクル運転

平成元年 1月18日～平成元年 4月 1日
100 MW第17サイクル運転

平成元年 5月 8日～平成元年 7月19日
100 MW第18サイクル運転

平成元年 8月15日～平成元年10月26日
100 MW第19サイクル運転

平成元年11月22日～平成 2年 1月 4日
100 MW第20サイクル運転

平成 2年 1月17日～平成 2年 1月22日
第20' サイクル運転

平成 2年 9月 6日～平成 2年11月18日
100 MW第21サイクル運転

平成 2年12月22日～平成 3年 3月 4日
100 MW第22サイクル運転

平成 3年 4月 6日～平成 3年 6月 1日
100 MW第23サイクル運転

平成 3年 6月16日～平成 3年 6月17日
第23' サイクル運転 (高線出力試験)

平成 3年 6月29日～平成 3年 7月 5日
第23" サイクル運転 (制御棒価値詳細測定試験)

平成 3年 9月 2日～平成 3年 9月10日
第23'" サイクル運転 (INTA-2 試験)

平成 4年 3月14日～平成 4年 5月 5日
100 MW第24サイクル運転

3.2 1次主循環ポンプの運転実績

高速実験炉「常陽」の1次主循環ポンプは昭和51年2月24日の初起動以降、総合機能試験時に主循環ポンプ（A）の静圧軸受シールブッシュ部のスティックが発生し軸受部の改造を実施したが、その後は大きな故障の発生も無く順調な運転を継続した。

ここでは、昭和57年1月以降平成4年3月迄に得られた運転実績を以下に示す。

ポンプ運転時間： 67675時間（ポンプ総合運転時間： 105970時間）

起動、停止回数： 212回 （初起動以降の起動停止回数： 560回）

内計画外トリップは16回である。トリップのうち外部電源喪失によるトリップは5回、その他11回である。

表3-1に1次主循環ポンプ運転時間を、表3-2に1次主循環ポンプ月別運転時間を示す。

昭和57年1月以降の主循環ポンプトリップは次の通りである。

57年2月3日： A、Bセルビウス制御系重故障ANNによるポンプトリップ（3S-C/C過電流）

57年5月20日：電動機過電流信号によるポンプトリップ

主循環ポンプ速度設定器上端L/S調整作業による

58年1月5日：オーバフローカラムナトリウム液面低低によるポンプトリップ

炉内流量分布測定（制御棒流動効果確認）試験のため主循環流量 104%から昇速中にトリップ

58年1月19日：オーバフローカラムナトリウム液面低低によるポンプトリップ

オーバフローカラムナトリウム液面計不良によるトリップ

58年8月4日：Bセルビウス制御系重故障によるポンプトリップ

B瞬停検出回路信号取り出し中に発生

59年7月5日：外部電源喪失（落雷）によるポンプトリップ （原子炉計画外停止）

100MW第4サイクル定格運転、安定性試験中

60年2月8日：Aセルビウス制御系重故障ANN（電動機過負荷）によるポンプトリップ
49Ry動作による電動機過負荷

主循環ポンプ昇速中のAPP断線が原因である。

61年3月23日：外部電源喪失によるポンプトリップ （原子炉計画外停止）
100MW第9サイクル定格運転中

61年9月11日：主循環ポンプ速度差过大によるポンプトリップ（2回）

主循環ポンプ昇速後に流量調節計を「Auto」→「Man」に切替えたところ、切替えノブの接触不良によりトリップした。

62年8月14日：外部電源喪失によるポンプトリップ

62年9月7日：炉容器ナトリウム液面低低によるポンプトリップ

燃取格内制御盤の警報リセットPBを押したところ、燃取格内制御盤内の炉容器ナトリウム液面計のケーブルにノイズが発生し液面低によりトリップした。 100MW第13サイクル定格運転中

（原子炉計画外停止）

63年2月2日：外部電源喪失によるポンプトリップ

2年4月23日：外部電源喪失によるポンプトリップ

2年7月25日：主ポンプ速度差过大によるポンプトリップ

流量調節計「Auto」→「Man」切替時に発生

3年7月13日：3SP/C特殊受電操作中に3SP/Cの各遮断器が瞬時トリップし、制御電源喪失によるポンプトリップ

昭和57年1月以降の主循環ポンプの改造は次の通りである。 尚、詳細については、「3.4項1次主冷却系統の改造実績」を参照のこと。

57年3月：主循環ポンプ（B）対流防止板取付工事

59年1月：主循環ポンプ（A）交換及び対流防止板取付工事

表3-1 1次主循環ポンプ運転時間

項目	年度	S 5 6	S 5 7	S 5 8	S 5 9	S 6 0	S 6 1	S 6 2	S 6 3	H 1	H 2	H 3	合計 [†]	S 5 1～H 3
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	98h	2029h	3282h	6504h	3278h	3865h	4886h	4724h	5036h	4742h	3266h	41715h	62679h	
定格流量以外 運転時間	908h	3101h	3100h	1625h	2352h	2784h	2268h	2045h	2862h	2328h	2582h	25960h	43291h	
ボンプ運転及び 停止状態時間	1153h	3629h	2401h	629h	3129h	2110h	1629h	1990h	884h	1688h	2935h	22180h	43m	23268h

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (1/11)
(56年度)

項目	月	5 6 / 4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ 定格 流量運転時間								
定格流量以外の 運転時間								
ボニ一運転及び 停止状態の時間								
項目	月	1 0	1 1	1 2	5 7 / 1	2	3	合 計
1次主ポンプ 定格 流量運転時間					9 8 h	0	0	9 8 h
定格流量以外の 運転時間					6 4 5 h 0 6 m	2 6 3 h 3 7 m	0	9 0 8 h 4 3 m
ボニ一運転及び 停止状態の時間					5 4 m	4 0 8 h 2 3 m	7 4 4 h	1 1 5 3 h 1 7 m

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (2/11)
(57年度)

項目	月	5 7／4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	0	2 4 h 4 m	0	0	0	0	3 9 5 h 11 m	
定格流量以外の 運転時間	0	2 8 8 h 3 4 m	1 7 8 h 1 9 m	0	0	0	2 8 5 h 3 5 m	
ボンベ運転及び 停止状態の時間	7 2 0 h	4 3 0 h 4 3 m	5 4 1 h 4 1 m	7 4 4 h	7 4 4 h	3 9 h 1 4 m		
項目	月	1 0	1 1	1 2	5 8／1	2	3	合計
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	8 0 h 3 6 m	5 7 h 2 6 m	1 6 0 h 2 5 m	1 1 2 h 3 2 m	4 9 8 h 2 1 m	7 0 0 h	2 0 2 9 h 1 4 m	
定格流量以外の 運転時間	6 6 3 h 2 4 m	4 1 7 h 0 1 m	5 1 2 h	5 9 7 h 1 4 m	1 3 1 h 4 1 m	2 7 h 2 4 m	3 1 0 1 h 1 2 m	
ボンベ運転及び 停止状態の時間	0	2 4 5 h 3 3 m	7 1 h 3 5 m	3 4 h 1 4 m	4 1 h 5 8 m	1 6 h 3 6 m	3 6 2 9 h 3 4 m	

表 3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (3/11)
(58年度)

項目	月	5 8 / 4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ定格流量運転時間		1 1 6 h 5 6 m	1 h 3 8 m	8 8 h 1 2 m	1 0 5 h 5 1 m	6 5 5 h 3 6 m	7 1 1 h 1 0 m	
定格流量以外の運転時間		4 9 7 h 5 9 m	6 9 3 h 5 8 m	6 3 1 h 3 2 m	4 5 5 h 1 1 m	6 7 h 0 7 m	8 h 5 0 m	
ポンプ運転及び停止状態の時間		1 0 5 h 0 5 m	4 8 h 2 4 m	0 h 1 6 m	1 8 2 h 5 8 m	2 1 h 1 7 m	0	
項目	月	1 0	1 1	1 2	5 9 / 1	2	3	合計
1次主ポンプ定格流量運転時間		5 5 9 h 4 1 m	7 2 0 h	5 2 h 2 0 m	0	0	2 7 1 h 1 0 m	3 2 8 2 h 3 4 m
定格流量以外の運転時間		1 8 0 h 1 6 m	0	4 3 8 h 0 3 m	0	0	1 2 7 h 1 3 m	3 1 0 0 h 0 9 m
ポンプ運転及び停止状態の時間		4 h 0 3 m	0	2 5 3 h 3 7 m	7 4 4 h	6 9 6 h	3 4 5 h 3 7 m	2 4 0 1 h 1 7 m

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (4/11)
(59年度)

項目	月	5 9 / 4	5	6	7	8	9
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	4 3 7 h 0 4 m	7 4 4 h	4 0 7 h 3 6 m	7 2 9 h 4 3 m	2 9 6 h 4 9 m	7 1 5 h 3 8 m	
定格流量以外の 運転時間	2 7 8 h 2 8 m	0	3 0 6 h 0 9 m	0 h 5 0 m	4 3 8 h 3 8 m	4 h 2 2 m	
ボン一運転及び 停止状態の時間	4 h 2 8 m	0	6 h 1 5 m	1 3 h 2 7 m	8 h 3 3 m	0	
項目	月	1 0	1 1	1 2	6 0 / 1	2	3
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	5 3 7 h 0 2 m	1 7 7 h 3 5 m	7 4 4 h	4 9 4 h 2 3 m	4 8 5 h 0 1 m	7 3 5 h 3 8 m	6 5 0 4 h 2 9 m
定格流量以外の 運転時間	1 2 2 h 4 9 m	4 7 h 1 0 m	0	2 4 3 h 4 7 m	1 8 2 h 1 8 m	1 h 2 7 m	1 6 2 5 h 5 8 m
ボン一運転及び 停止状態の時間	8 4 h 0 9 m	4 9 5 h 1 5 m	0	5 h 5 0 m	4 h 4 1 m	6 h 5 5 m	6 2 9 h 3 3 m

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (5/11)
(60年度)

項目	月	60/4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ定格 流量運転時間	172h28m	0	0	0	0	0	0	
定格流量以外の 運転時間	544h10m	719h02m	123h34m	0	0	0	0	
ポンプ運転及び 停止状態の時間	3h22m	24h58m	596h26m	744h	744h	720h		
項目	月	10	11	12	61/1	2	3	合計
1次主ポンプ定格 流量運転時間	425h22m	282h10m	744h	487h16m	449h27m	717h51m	3278h34m	
定格流量以外の 運転時間	49h21m	429h18m	0	256h44m	222h17m	7h51m	2352h17m	
ポンプ運転及び 停止状態の時間	269h17m	8h32m	0	0	16m	18h18m	3129h09m	

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (6/11)
(61年度)

項目	月	6 1 / 4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ定格 流量運転時間	174h12m	744h	288h33m	702h06m	489h13m	442h46m		
定格流量以外 運転時間	545h14m	0	418h01m	41h23m	254h47m	268h33m		
※二一運転及び 停止状態時間	0h34m	0	13h26m	0h31m	0	8h41m		
項目	月	10	11	12	62/1	2	3	合計
1次主ポンプ定格 流量運転時間	689h29m	218h04m	117h06m	0	0	0	0	3865h29m
定格流量以外 運転時間	40h23m	501h31m	584h26m	130h03m	0	0	0	2784h21m
※二一運転及び 停止状態時間	14h08m	25m	42h28m	613h57m	672h	744h	2110h10m	

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (7/11)
(62年度)

項目 月	6 2 / 4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	0	0	194h58m	517h03m	276h22m	699h25m	
定格流量以外 運転時間	0	0	410h02m	226h57m	456h51m	1h	
計 ※二一運転及び 停止状態時間	720h	744h	115h	0	10h47m	19h35m	
項目 月	10	11	12	6 3 / 1	2	3	合計
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	744h	141h54m	744h	714h04m	116h19m	738h37m	4886h42m
定格流量以外 運転時間	0	577h52m	0	29h56m	560h17m	5h23m	2268h18m
計 ※二一運転及び 停止状態時間	0	14m	0	0	19h24m	0	1629h

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (8/11)
(63年度)

項目 月	6 3 / 4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	720 h	285 h 53 m	198 h 18 m	67 h 58 m	744 h	139 h 06 m	
定格流量以外 運転時間	0	458 h 07 m	521 h 02 m	43 h 32 m	0	481 h 04 m	
ボンベ運転及び 停止状態時間	0	0	40 m	632 h 30 m	0	99 h 50 m	
項目 月	1 0	1 1	1 2	元 / 1	2	3	合計
1次主ポンプ 定格 流量運転時間	0	107 h 16 m	340 h 37 m	705 h 19 m	672 h	744 h	4724 h 27 m
定格流量以外 運転時間	91 h 25 m	274 h 38 m	136 h 55 m	38 h 18 m	0	0	2045 h 01 m
ボンベ運転及び 停止状態時間	652 h 35 m	338 h 06 m	266 h 28 m	23 m	0	0	1990 h 32 m

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (9/11)
(平成元年度)

項目	月	元／4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ定格流量運転時間		19 h 54 m	662 h 17 m	744 h	449 h 34 m	501 h 14 m	720 h	
定格流量以外運転時間		694 h 25 m	81 h 19 m	0	294 h 26 m	236 h 35 m	0	
求二一運転及び停止状態時間		5 h 41 m	24 m	0	0	6 h 11 m	0	
項目	月	10	11	12	2／1	2	3	合計
1次主ポンプ定格流量運転時間		613 h 02 m	311 h 59 m	744 h	270 h 58 m	0	0	5036 h 58 m
定格流量以外運転時間		130 h 58 m	404 h 52 m	0	472 h 44 m	547 h 13 m	0	2862 h 32 m
求二一運転及び停止状態時間		0	3 h 09 m	0	18 m	124 h 47 m	744 h	884 h 30 m

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (10/11)
(平成2年度)

項目	月	2 / 4	5	6	7	8	9
1次主ポンプ定格流量運転時間		0	0	115h52m	158h41m	722h32m	720h
定格流量以外運転時間		0	20h21m	484h53m	481h05m	8h07m	0
計 二運転及び停止状態時間		720h	723h39m	119h15m	104h14m	13h21m	0
項目	月	10	11	12	3 / 1	2	3 合計
1次主ポンプ定格流量運転時間		744h	423h36m	333h12m	744h	672h	108h37m 4742h30m
定格流量以外運転時間		0	296h24m	409h18m	0	0	628h47m 2328h55m
計 二運転及び停止状態時間		0	0	1h30m	0	0	6h36m 1688h35m

表3-2 1次主循環ポンプ月別運転時間 (11/11)
(平成3年度)

項目	月	3	/	4	5	6	7	8	9	
1次主ポンプ 定格 流量運転時間		6	9	5	h	2	4	m	7	44 h 00 m
定格流量以外 運転時間						2	25	h	51	m 1 23 h 25 m
ボルト一運転及び 停止状態時間		2	4	h	1	0	m	0	4	93 h 55 m 3 34 h 56 m
項目	月	2	6	m	0		1	4	m 2	85 h 39 m 1 93 h 42 m
1次主ポンプ 定格 流量運転時間		1	0		1	1	1	2	4	/ 1 2
定格流量以外 運転時間		0			0		4	7	h	07 m 4 19 h 33 m
ボルト一運転及び 停止状態時間		4	77	h	3	9	m	0	3	h 12 m 2 53 h 02 m
項目	月	2	6	6	h	2	1	m	7	20 h 00 m 7 44 h 00 m
1次主ポンプ 定格 流量運転時間		6	93	h	4	1	m	6	93	h 41 m 2 3 h 25 m
定格流量以外 運転時間		7	h	3	8	m	7	h	3	8 m 2 935 h 06 m

3.3 1次主冷却系統の不具合事象と対策

昭和57年1月から平成4年3月までに1次主冷却系統に発生した不具合件数は82件である。

各年度毎の不具合発生件数の推移は以下の通りである。

昭和57年1月～3月	0件
昭和57年度	14件
昭和58年度	11件
昭和59年度	6件
昭和60年度	5件
昭和61年度	7件
昭和62年度	6件
昭和63年度	7件
平成元年度	7件
平成2年度	10件
平成3年度	9件

不具合件数82件の内訳は、機器別にみると記録計関係29件（36%）、オイルプレッシャーユニット（O P U）関係21件（26%）、主循環ポンプ関係17件（20%）、ナトリウム液面計関係10件（12%）、警報ユニット関係3件（4%）、ナトリウム漏洩検出器関係2件（2%）である。又、原因別では、機械的故障が56%，電気的故障が44%となっている。

図3-1に1次主冷却系統の不具合件数推移、又図3-2に1次主冷却系統の故障割合を機器別、原因別に区分して示す。

1次主冷却系統の不具合件数推移を見ると、昭和57年に14件不具合が発生しているが以後昭和60年まで不具合件数は減少傾向であり、昭和61年からは再び増加傾向がみられる。これは、各機器構成部品の寿命により不具合が発生していたものが、補修及び予防保全の観点から部品の交換、点検を実施した結果不具合発生件数が減少し、再び寿命等により不具合発生件数が増加してきたものと思われる。

次に機器別の不具合をみると、記録計関係の不具合で主なものはチャート紙送り不良、打点不良等であり、チャート紙送りモータ及び巻取り機構の交換等を行い対処した。O P Uに関する不具合では、油ポンプ安全弁作動が18件中9件発生している。これは、原子炉起動停止による室温変化によって、安全弁作動設定値がずれた為と思われる。このため、安全弁の交換及び作動設定値調整等を実施し対応した。

1次主循環ポンプ関係の不具合で主なものは、主循環流量調節計の不良、ポンプ回転数計指示不良、ポニーモータ引継回転数設定値調査依頼等である。主循環流量調節計の不良については、MAN-AUTO切替ノブの不良によるものであり、流量調節計を予備品と交換した。ポンプ回転数計指示不良については、回転数計の校正を実施した。ポニーモータ引継回転数設定値調査依頼については、起動前点検において主循環ポンプを停止したところ、A側は130rpmで正常に引継いだがB側は100rpmまで低下した時点で低回転数検出Wランプが点灯しポニーモータに引継ぐ事象が発生した。これは、低回転数検出アンプの設定値が下側にずれていた為に発生したものであり、アンプを予備品と交換し、ポニーモータが正常に引継ぐ事を確認した。

ナトリウム液面計関係では、炉容器ナトリウム液面計設定値不良、オーバフローカラムナトリウム液面計指示不良等である。炉容器ナトリウム液面計については外部電源喪失後の系統降温の際、炉容器ナトリウム液面低ANNが-8cm（設定値-5cm）で発報し、又液面低低が-40cm（設定値-35cm）で発報した。更に液面回復時-7cmにて炉容器ナトリウム液面高ANN（設定値10cm）が発報する事象が発生した。点検の結果、LIS31・1-1の不良を確認し、補修不可のため予備品と交換した。また、炉容器ナトリウム液面計の測定範囲が±35cmであり、測定下限付近には、補助冷却系の自動起動及び補助冷却系サイフォンブレーク弁開動作（ナトリウム漏洩とのAND条件）の設定値が設けられている為、誘導式液面計端部の非直線性を考慮し、補助冷却系の自動起動及び補助冷却系サイフォンブレーク弁開動作に確実性をもたせるため、液面低低ANNの設定値を-35cmから-32cmに変更した。

オーバフローカラムナトリウム液面計指示不良については、主循環ポンプ回転数、主循環流量に変化がないのにオーバフローカラムナトリウム液面計指示が短い周期で激しく変動(-140~-150cm)する事象がみられた。これは、変換器内部のツェナーダイオードが不良となり発生したものであり、ツェナーダイオードを交換し対応した。

これら発生した不具合は、1次主冷却系統の運転に重大な影響を及ぼすものではなかった。

表3-3(1)~(25)に1次主冷却系統設備の故障内容とその措置を年度別に示す。

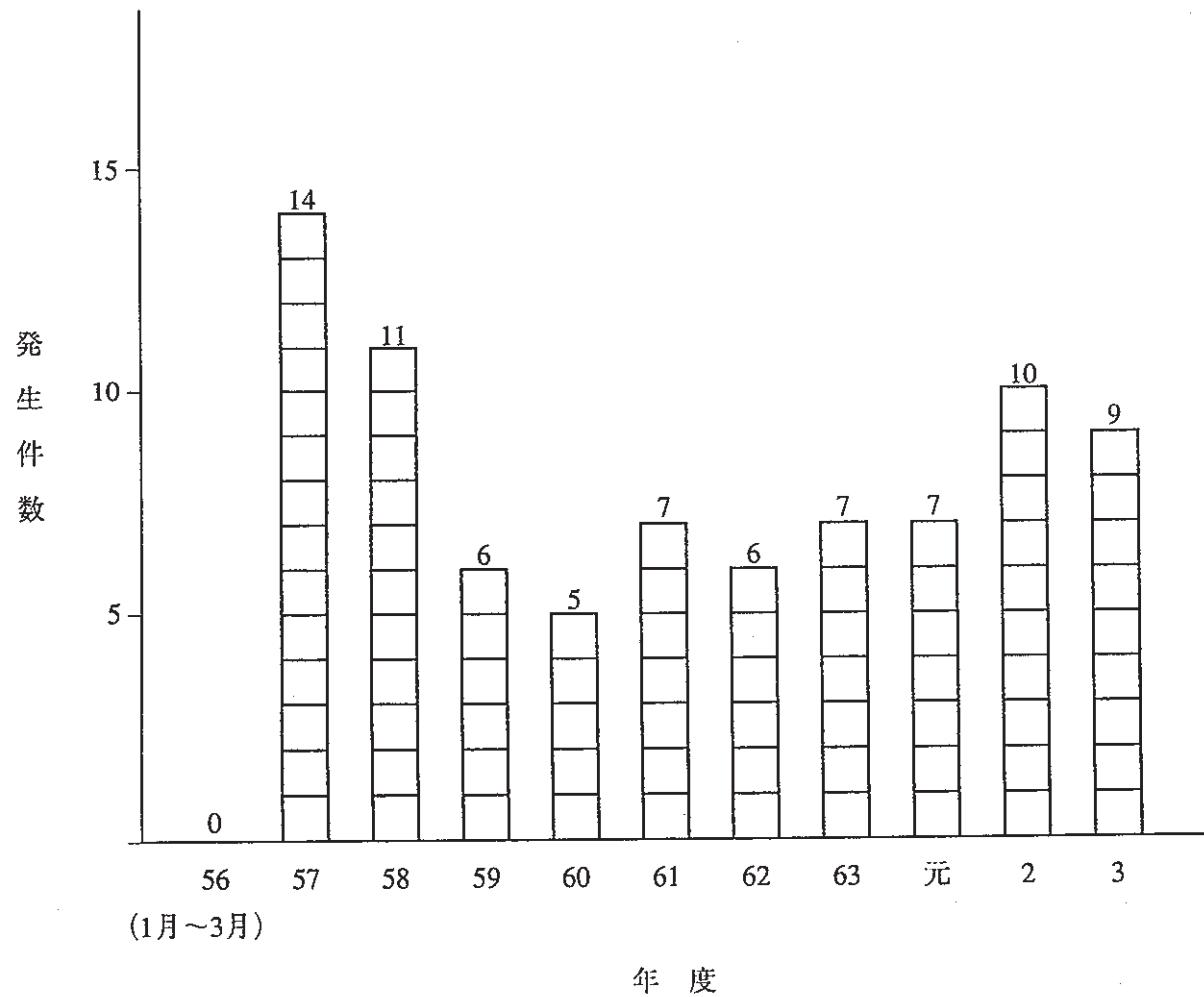
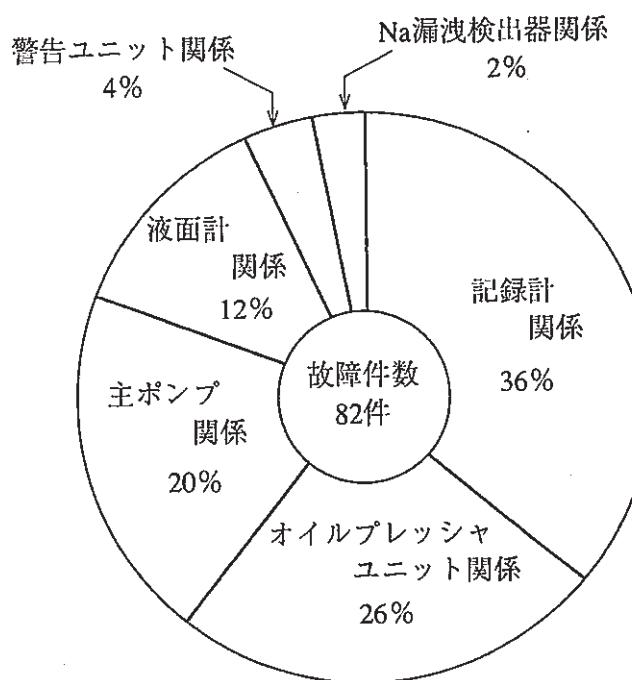


図 3－1 1 次主冷却系統設備の不具合件数推移

(1) 機器別



(2) 原因別

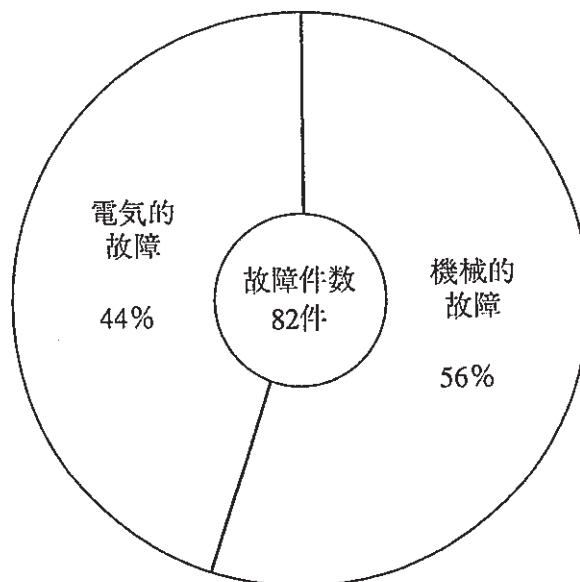


図 3 - 2 1次主冷却系統設備の故障割合

表 3 - 3(1) 1次主冷却系統設備の故障と措置（57年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
1	57. 5. 21	A主ポンプ油ポンプ 1 A安全弁作動	1 A油ポンプの安全弁が吐出圧力約4. 1 kg/cm ² で作動していた。 通常時の吐出圧力は約4. 2 kg/cm ² 程度であり、安全弁作動設定値は5 kg/cm ² である。	1 A油ポンプ安全弁作動の他に2 A、1 B、2 B、の油ポンプ安全弁作動も確認したところ、同じく作動している事が確認された。このため、安全弁全数について予備品と交換した。
2	57. 6. 13	B主ポンプNa液面異常ANNの動作不良	主冷却系統Naドレン状態(GL-7500)にも係わらずB主ポンプNa液面異常(低)ANNが点灯、消灯を繰り返している。(Na液面異常(低)ANN-30cmが一時的にリセットできる。)	BポンプNa液面計変換器(LX31.1-4B)の点検結果より補正演算回路の乗算器2回路内のICが不良であることが判明した。この為、ICを新規交換した。
3	57. 7. 17	B主ポンプオイルプレッシャーユニット部(OPU)からの油もれ	B主ポンプOPUから微量の油がもれていた。	OPUの分解点検時にフランジ部、流量計のパッキンを交換した。試運転及びその後の運転において油もれは無い。
4	57. 8. 3	A主ポンプ油ポンプ 1 B安全弁異常	1 B油ポンプ安全弁から異音が発生していた。	異音は1 B油ポンプ安全弁の作動によるものである。安全弁作動設定値を5 kg/cm ² とした。V35.1-59Bを開側に調整し、吐出圧力を降下させた。これにより、全体の戻り流量が増加するのでV35.1-57B、V35.1-58Bにて流量調整した。この結果、安全弁の作動は無くなった。

表 3 - 3(2) 1次主冷却系統設備の故障と措置（57年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
5	57. 8. 12	B主ポンプオイルプレッシャーユニットの不良	1次Arガス系リーク原因調査を実施した結果、次の事が判明した。 V31.1-61B、63Bを開→閉にしたところ、Arガス系の圧力は一定に保持された。この事から、V31.1-61B、63Bからのリークが考えられた。	V31.1-63B開、V31.1-64B閉の条件でOPU油タンクの漏洩チェックを行った結果、油注入口よりArガスの漏洩（吹出）が認められた。中制CSにて数回開閉を実施した後、再度漏洩チェックを行ったところ、漏洩は止まった。電磁弁シートに異物が付着していたものと思われる。尚、弁体を開放し、シート部清掃、シール用Oリングの交換を実施した。
6	57. 8. 26	A主ポンプ1A油ポンプ安全弁異音	1A油ポンプ安全弁から異音が発生した。	57. 8. 3発生の1B油ポンプ安全弁と同事象のため同じ措置を実施した。
7	57. 12. 26	AオーバフローカラムNa液面計指示不良	主ポンプ定格運転中にオーバフローカラムNa液位低ANNが発生した。	ANN発生当日は系統降温操作が実施されている。本現象はオーバフローカラムNa液面計の温度補償回路が正常に機能していないものと推定される。 温度補償回路を予備品と交換した。
8	57. 12. 27	B主ポンプ2B油ポンプカップリング部からの異音	2B油ポンプカップリング部から異音が発生していた。	2B油ポンプカップリング部の分解点検を行いスパイダーの寸法測定を実施したところスパイダーとカップリングとのあたり間に傷が認められたため、予備品と交換した。 試運転結果 良好

表 3 - 3(3) 1次主冷却系統設備の故障と措置（57年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
9	58. 1. 5	1次主ポンプトリップ	炉内流量分布測定試験に伴い、主循環流量を昇速中104%(1310 m³/h)、920 rpm付近で主ポンプがトリップした。発生警報は「A/B主ポンプトリップ」のみであった。又、主循環流量104%時点でAオーバーフローカラムNa液面低ANNが点灯中であった。	主循環Na流量とAオーバーフローカラムNa液面の関係から、推察するとトリップ時の流量に於けるオーバーフローカラム液面は約-200 cmであり、トリップ設定値-201 cmとほぼ一致する。既にオーバーフローカラムNa液面低ANN点灯中のため、液面低低に至ればANNなしで主ポンプがトリップするシーケンスになっている。Na液面計の異常ではない。
10	58. 1. 19	AオーバーフローカラムNa液面計指示不良	AオーバーフローカラムNa液面低低により、A/B 主ポンプがトリップした。オーバーフローカラムNa液面計指示には異常が無かった。	主ポンプNa液面計及び、オーバーフローカラムNa液面計をNaによる実液面校正試験を行い、零点調整、スパン調整を行った。
11	58. 2. 12	B原子炉入口、出口Na温度記録計指針のまがり	当該記録計指針が曲がっているため記録紙目盛りとずれている。	指針の修正、目盛り板の取付け位置の調整を行った。
12	58. 2. 19	炉容器Na液面計設定値不良	外部電源喪失発生後の系統降温に伴い炉容器Na液面が低下する際、炉容器Na液面低ANNが-8 cm（設定値-5 cm）で、液面低低が-40 cm（設定値-35 cm）にて発生した。又、液面回復時-7 cmにて炉容器Na液面高ANN警報発生した。	点検の結果、炉容器Na液面計警報設定器（LIS31.1-1）の不良を確認した。修理不可のため、予備品と交換した。尚、液面低低の設定値を-35 cmから-32 cmに変更した。（炉容器Na液面計の測定範囲が±35 cmである事から補助系循環ポンプ起動及び

表 3 - 3(4) 1次主冷却系統設備の故障と措置（57年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
				補助冷却系 S. B弁開動作に確実性をもたせる為。)
13	58. 3. 17	A主循環ポンプ流量記録計異常	当該記録計において通常見られる振れ幅が無くなり、一定指示となった。	点検の結果、指示記録機構のサーボモータ減速機構に不良が認められた。このため、記録計を同形式の予備品と交換した。
14	58. 3. 27	1次主冷却系Na漏洩検出器誤動作	「主冷却系 A ループ Na漏洩」 ANNが発生した。即リセット可であったが現場確認したところ、X S 31.1-5A (A炉容器出口配管) が瞬時動作していた。尚、本警報は 2 out of 3 にて主ポンプトリップに至るので検出器電源を「切」とした。	当該検出器センサー単体についてメガチェック、導通チェックを行ったが異常はなかった。尚、既設リレーユニットは正常であったが予防保全の観点から当該リレーユニットを予備品と交換した。

表 3 - 3 (5) 1 次主冷却系統設備の故障と措置 (58年度)

N o	発生年月日	件 名	内 容	調 査 / 措 置
1	58. 5. 17	ケーブリングラック接続中における炉容器Na液面計のノイズ	ケーブリングラックケーブル接続中、原子炉容器Na液面低の单一故障AN Nが発生した。	原因調査の結果、423盤のC R D全数上端信号接点に使用しているC 1～C 6ケーブルを取り外す時のコネクタ部の接点ノイズによるものであることが判明した。「燃交許可信号」R yの電源ライン、アースラインにサージキラーを取り付けた。その結果、ケーブル取外し、接続によるノイズの発生は無くなった。
2	58. 5. 25	A原子炉入口、出口Na温度記録計不調	当該記録計がチャートずれにより約8°C低目に記録される。	記録紙チャートドライブモータ及びチャート巻取り機構を予備品と交換し、チャートずれが発生しないことを確認した。
3	58. 6. 6	B主ポンプO P U排油ポンプ油漏れ	排油ポンプ付近より少量の油もれを確認した。	排油ポンプA/Bを分解点検しメカニカルシールを交換した。油漏れの原因是、メカニカルシールの劣化によるもので、漏れ箇所は、ドレン管からであった。O P Uを運転し、油漏れの無いことを確認した。
4	58. 6. 27	A/B主ポンプ回転数計校正依頼	系統圧損測定に伴い主循環Na流量を約20%ステップで定格流量まで昇速した。この時、技術課のパルス式回転計と本設回転計にずれがみられた。	回転数計に模擬入力を加えて指示計の校正を行った。指示計は増側へ行程ずれが大きくなる傾向にあった為これを校正した。

表 3 - 3(6) 1次主冷却系統設備の故障と措置（58年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
5	58. 7. 27	炉容器Na液面計チャート紙送り不良	当該記録計チャート紙が紙送りされていない。	紙送りモータを新品と交換した。モータは製造から約10年を経過しており、寿命と考えられる。 又、オーバフロータンクNa液面記録計の紙送りモータも交換した。
6	58. 10. 11	1次主冷却系Na漏洩検出器不良	「主冷却系AループNa漏洩」ANNの誤発報により、当該検出器の電源SWを「切」としていたが、再度「入」にしたところ、約1時間後に再発した。（XS31・1-5 A）	配管保温材を取り外し、検出を新品と交換した。その後のANNの発生はない。ANN発生原因は検出部に付着した金属粉のためと考えられた。
7	58. 10. 12	BオーバフローカラムNa液面計電源表示ランプ切れ	当該表示ランプが切れている。	ランプを新品と交換し電源SW投入時、ランプが点灯することを確認した。
8	58. 10. 28	B主ポンプ軸振動記録計打点不良	記録計の打点機構の切替えが悪く途中で止まってしまう。	打点切替えを行っているセレクタ機構のプラスチック製ギアが破損していたためセレクタ機構の交換を行った。試運転を行い記録計が正常に動作する事を確認した。
9	59. 2. 7	B主ポンプ操作CSRランプ表示不良	主ポンプセルビウス制御装置のトリップ条件チェック作業にて主ポンプのCSを操作したところRランプの接触不良を発見した。	ランプユニット（組立品）を交換した。原因は電球のネジ込み部不良によるものであった。

表3-3(7) 1次主冷却系統設備の故障と措置（58年度）

No	発生年月日	件名	内 容	調 査／措 置
10	59. 2. 8	Bポンプ油冷却ファンGランプ表示不良	油ポンプ冷却ファンが制御電源「入」状態にもかかわらず、Gランプが表示しない。（油冷却ファンは停止中）	R601, 561盤の2DC/C内ユニット制御回路用中継端子の接触不良であった。中継端子を補修し復旧した。
11	59. 3. 29	1次制御盤警報ユニット不良	1次制御盤警報テストを実施したところ、「AサイフォンブレークNa流量低」の表示が警報停止ボタンを押すと消灯する。	警報用リレーユニットの交換を行った。原因はリレーの不良であった。

表 3 - 3(8) 1次主冷却系統設備の故障と措置（59年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
1	59. 4. 25	A主ポンプ現場回転数計指示不良	主ポンプ回転数は中制指示計でA/B側共830 rpmであるが、A側890 rpm、B側820 rpmであり、A側については、約60 rpmの回転数差が見られる。	A主ポンプのPGを強磁したため、出力値に違いが生じ約60 rpmの差がでたものと思われる。 Aポンプ速度制御装置現場盤にて回転計の前段に設けられていたVRを調整し、回転数の補正を行った。 ポニーモータ及び主ポンプ100%流量運転時に中制計器とA403室計器の指示を確認し、正常であることを確認した。
2	59. 6. 6	Bポンプ油ユニット ドレンタンクレベル計不良	ドレンタンクレベル計下部取出部より漏油を確認した。	メカシール側流量計流調弁 継手部からの漏油であることが判明した。 漏れ量は2 cc/day程度と微量でかつ漏れ量に変化がない事から運転上特に問題ないと判断するが、油ユニット停止時に流調弁、継手部等の締め付けを行った。
3	59. 7. 29	主ポンプ1A油ポンプの異音	1A油ポンプモータカッピング部より異音が発生している。	ゴム継手の経年劣化と磨耗でギャップが大きくなり異音が発生した。 ゴム継手を交換しポンプのレベル調整後、試運転を行い異音が発生しない事を確認した。
4	59. 8. 11	主ポンプ主循環Na流量調節計不調	低流量特性試験に伴い、主循環Na流量500 m³/hr付近で流量調節計を「Auto」から「Man」へ切り換えたところ、ポンプ	流量調節計及び制御装置サンプリング基板の動作確認を行ったところ、特に異常は無かった。 低流量(500 m³/hr)及び主ポンプ

表 3 - 3(9) 1次主冷却系統設備の故障と措置（59年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
			A/B間で流量ハンチング現象が発生し、「B1次冷却材流量低」が発生し、原子炉スクラムに至り次いで、「主ポンプ速度差過大」により主ポンプトリップに至った。	起動時のハンチング再現性確認試験を行ったが特に異常は見られず、良好な結果であった。
5	59. 10. 31	炉容器Na液面計チャート送り不良	炉容器Na液面計のチャート送りが速くなったり、遅くなったりし、速度が一定でない。	チャート送りモータ及びチャート送り機構の交換を行った。原因はチャート送りモータ減速機構部のギアが長年の使用により、磨耗しギアが正常に噛み合わず不良を起こしたものと思われる。
6	60. 1. 21	Bポンプ油ユニットV31・1-65BリミットSW不良	メカニカルシール部ドレン弁(V31・1-65B)の動作設定値確認試験時、ドレン弁全開中にも係わらず、Gランプ点灯、Rランプ消灯のままであった。	原因はV31・1-65B開閉表示用リミットSWの動作不良である。リミットSWのゴム性バネカバーが硬化し、バネ圧だけではSWの接点を切替えることができなかつたものである。

表 3 - 3(10) 1次主冷却系統設備の故障と措置（60年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
1	60. 5. 23	A主ポンプ油冷却ファンサーマルトリップ	2C-P/C電源盤点検の復旧において原子炉建家2C-C/Cを復電した際、A主ポンプ油ポンプ冷却ファンのサーマルトリップが発生した。油冷却ファンは潤滑油ポンプが運転中のため、復電によって即起動し、サマルがほぼ同時に動作したものと思われる。	2C-P/C電源盤点検の際、油冷却ファン用サーマルリレーの動作確認試験を行い、このサーマルリレーが手動リセットされていなかった為、トリップに至ったものである。 尚、冷却ファンベアリングに僅かな磨耗が見られたためベアリングを交換した。
2	60. 6. 15	A主ポンプ回転数計校正依頼	主ポンプ停止状態で回転数が0 rpm以下を指示している。	回転数計の零点がずれていたので校正を行った。
3	60. 8. 15	炉容器Na液面低ANN点灯表示自己保持不良	1次制御盤の警報テストを実施したところ「原子炉容器Na液面低」ANNについては、確認PBを押すと消灯してしまう。	警報ユニット内のANN点灯用のリレーが劣化により励磁しても自己保持しなかったものである。このため、警報ユニットを新規交換した。
4	60. 10. 12	A/B主ポンプ回転数指示値差大	主ポンプ回転数は、424盤でA側765回転、B側725回転と約40回転の差がある。	A側回転数計が高目に指示する傾向であったため約40 rpmの差がみられた。A/B側回転数計の校正を実施し、実回転数に近づける様に校正した。この結果主ポンプ「Man」運転状態において現場実回転数と差がない事を確認した。
5	61. 1. 10	主ポンプケーシング内温度記録計乱点	当該記録計の指示が乱点している。	記録計のタイミングSW部分のギアがずれたため、指針を移動させるモータへの

表3-3(11) 1次主冷却系統設備の故障と措置（60年度）

No	発生年月日	件名	内 容	調査／措置
				入力信号が遅れ、指針移動中に打点していた。 タイミングSWのギア位置を調整した。

表 3 - 3(2) 1次主冷却系統設備の故障と措置 (61年度)

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査 / 措 置
1	61. 5. 15	A原子炉入口出口Na 温度記録計指示不良	A原子炉入口出口Na温度 記録計がJOYDAS指示に比 べて約4°C高目に指示し ており、当該記録計を引 き抜くと正常と思われる 指示を示す。	原因は室温補償回路不良に より指示変化を起こしてい たものである。 記録計本 体を予備品と交換した。
2	61. 8. 12	Aオーバフローカラ ムNa液面計調査依頼	AオーバフローカラムNa 液面計の指示が激しく短 い周期で変動している。 (-140 ~ -150 mmの範 囲) 主ポンプNa液面、回 転数等には異常は見られ ない。	交換器内部のシェナーダイ オード不良により、指示変 動が発生したものである。 シェナーダイオードを交 換した。
3	61. 9. 11	B主ポンプNa流量調 節計制御切替ノブ不 良	系統圧損測定に伴い主循 環Na流量70% (880 m³/hr) にて調節計を「 Auto」から「Man」 に切替たところ偏差が 生じたため再び「Auto」 に切替た。しかし 切替え後もB主ポンプ回 転数は低下する一方でつ いには主ポンプ速度差過 大にてトリップした。	調節計制御ノブの接触不良 により「Man」から「Auto」 に切替えた時、出 力信号が零となり、トリッ プしたものである。 流量調節計を予備品と交換 し、PI動作の調整を行っ た。
4	61. 9. 12	A主ポンプケーシン グ変位軸振動記録計 不良	当該記録計のチャート送 りが一時的に停止してし まう。 記録計のトグル SWをON, OFFすると 一時的に動作するが、 すぐに停止してしまう。	打点切替機構部の減速ギア が破損していたためギアの 交換をおこなった。又、セ レクタ機構の油が劣化し、 汚れが酷く、油を含め機構 部の新規交換を行った。 記録計の試運転結果は良好

表 3 - 3 (13) 1 次主冷却系統設備の故障と措置 (61年度)

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
5	61. 11. 6	炉容器Na液面計 (LIS 31.1-3A) の指示不良	「ロジック盤A/B異常」ANNが発生し確認したところ炉容器Na液面高(23C)であった。1次補助計器盤で炉容器Na液面 (LIS 31.1-3A) を確認したところ、オーバースケール状態であった。その後、約1時間経過後に指示は正常に復帰し、ANNはリセットできた。	炉上部大回転プラグジャンクションボックス (TBX-2) と中継端子ボックス (TBX-1) の間で2次側コイルの出力信号のケーブルが1本断線していたため、変換器出力がオーバスケールしANNが発生したものである。断線していたケーブルを予備へ接続した。
6	61. 11. 8	炉容器Na液面計 GL-6160 温度指示不良 (JOYDAS)	炉容器Na液面計 GL-6160 温度指示が約1時間半前からスケールダウンしている。この温度は、オーバフロー系の再オーバフロー条件を確認するのに使用されるため現状においては、条件確認ができない。	炉容器長尺型Na液面計に内装されている熱電対の断線が考えられる。 修理不可のためUPRに内装されている熱電対で代用している。
7	62. 2. 10	1次現場制御盤警報停止PBの不調	1次現場制御盤内のリフト復旧時に当盤のANN発生したため警報停止PBを押したがブザーが止まらず、フリッカー継電器PIが作動していた。その後、約3分経過後、突然ブザーが止まった。再現性は認められなかった。	原因は1次Arガス系の真空ポンプ冷却水流量低用のANNリレーユニットのリレーが接点不良を起こした為、ランプのフリッカは止まるが、ブザーは止まらず、フリッカ継電器が作動し続けたものであった。 措置として、ANNユニットの交換を行い正常に復帰した。

表3-3(4) 1次主冷却系統設備の故障と措置（62年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査 / 措 置
1	62. 4. 11	A主ポンプケーシング変位軸振動記録計不調	当該記録計の電源SWがON状態にも係わらず、動作していなかった。電源SWを一旦OFFとし再度ONにしたら動作した。	原因はギアアッセンブリの歯車の軸受メタルが摩耗し、円形状態から楕円状になったことにより、各ギアの噛み合いにガタが生じ正常な回転をしなくなったことによるものである。 ギアアッセンブリを交換した。
2	62. 4. 15	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計点検依頼	当該記録計の電源SWがON状態にも係わらず、動作していなかった。電源SWを一旦OFFとし再度ONにしたら動作した。	原因はギアアッセンブリの歯車の軸受メタルが摩耗し、円形状態から楕円状になったことにより、各ギアの噛み合いにガタが生じ正常な回転をしなくなったことによるものである。 ギアアッセンブリを交換した。
3	62. 5. 24	B主ポンプ1B潤滑油ポンプの異音発生	1B潤滑油ポンプ運転中ポンプ付近より異音及び振動が発生していた。 措置として潤滑油ポンプを1Bから2Bへ切り換えた。	調査の結果、潤滑油ポンプ安全弁(V31.1-51 B)からの異音と判明し安全弁の交換を行った。異音の原因是、安全弁スプリングの劣化及び弁体とガイドの隙間が大きくなったりとなり、安全弁動作時に異音が発生するようになった。
4	62. 9. 7	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計乱点	B主ポンプの軸振動計は100%流量時は一定値であったが、原子炉スクラム後のポニーモータ運	調査の結果、蛇行現象は軸振動周期と記録計打点周期のタイミングが互いに関係しており異常状態ではない

表3-3(15) 1次主冷却系統設備の故障と措置（62年度）

No	発生年月日	件名	内 容	調査／措置
			転では軸振動指示が蛇行しているように見える。	と考えられる。
5	62. 12. 18	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計動作不能	当該記録計が紙送り及び打点とも行われず停止している。	ドライブユニット内のギア部のローラが変形摩耗し、打点不良を起こした。 ドライブユニットの交換を実施した。
6	63. 1. 4	A主循環Na流量計異音発生	当該記録計 (FR31.1-1A) のチャート交換時にチャート送りモータから異音が発生した。	異音の原因はチャート送りモータ内の減速機構のギア部分からと思われるが、再現性は認められなかった。 引き続き監視を行う事とする。

表 3 - 3 (16) 1 次主冷却系統設備の故障と措置 (63年度)

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
1	63. 5. 1	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計点検依頼	当該記録計がチャート送り及び打点とも停止していた。	62年度に発生したギア部のローラ不良が原因でギア軸受に負担がかかりすぎたため、異常摩耗し、梢円形になったことにより発生したものである。 ギア軸受を予備品と交換した。
2	63. 5. 13	B主ポンプ1 B潤滑油ポンプ安全弁作動	1 B潤滑油ポンプの安全弁が作動していた。	作動原因は原子炉停止によりR410室の室温が低下し(約10°C)油の粘度が増した事によるものと思われる。
3	63. 5. 13	B主循環Na流量計の指示不良	燃交作業時、反射体引き抜きにより、主循環Na流量はA/Bループ共に約15m³/hr増加するが、当該記録計の指示はほぼ一定値を指示している。(A側の記録計指示は正常に増加している。)	原因は記録計アンプのゲインが足りず指示が変化しなかったものである。アンプのゲインを増加し指示が正常に変化する様に調整した。
4	63. 11. 3	B主ポンプスペースヒータランプ表示不良	B主ポンプスペースヒータのGランプが点灯していない。	調査の結果、Gランプ表示用接触器88Xのb接点に導通がなく、電圧がGランプへ供給されていない。 原因は主ポンプ運転中Gランプ用b接点は接触しておらず、接触面の酸化及び粉塵の付着により接触抵抗が増した事により、接触不良となりランプが点灯しなかったものである。 当該接触器88Xを予備品

表3-3(1) 1次主冷却系統設備の故障と措置（63年度）

No	発生年月日	件名	内 容	調査／措置
				と交換しGランプが点灯することを確認した。
5	62. 12. 1	B主ポンプ現象記録装置FD初期化不良	現象記録装置動作後、FDを交換して初期化操作をしても初期化が出来なかった。メッセージ表示には「E 1 2」が表示された。	ディスクドライブのヘッドが汚れていたことによるもので、クリーニングディスクにてヘッドをクリーニングした。
6	63. 12. 13	B主ポンプ1B潤滑油ポンプの異音について	1B潤滑油ポンプに異音が発生しており、油ポンプ出口配管も振動していた。油ポンプを1B→2B→1Bと切替えたところ、異音は断続的なものとなった。このため油ポンプを2Bへ切り換えた。	異音発生源は安全弁が作動した事によるものである。原因は前日の電源喪失リハーサル時に2台運転となつた際、安全弁の作動設定値がずれたためと思われる。措置として安全弁の作動設定値を調整した。
7	元. 1. 17	A主ポンプケーシング変位軸振動記録計故障	当該記録計の電源SWがON状態にも係わらず、動作していなかった。	記録計の打点機構の減速ギアのシャフト軸受部が摩耗し、減速機構にガタが生じギアがロックした状態に至ったと思われる。応急措置として、減速機構及び軸受部の清掃を実施しガタを小さくした。この結果、動作良好となった。

表 3 - 3 (18) 1次主冷却系統設備の故障と措置（元年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
1	元. 4. 3	炉容器Na液面計ノイズ調査依頼	左記炉容器Na液面計 (LR 31.1-1短尺) にマイナス側のノイズが発生している。(約 2mm幅、約 3回 /hr) 尚、ノイズ発生中、格内で CRDM-5 のリミット SW 調整作業を行っており、作業終了後のノイズの発生はない。	ノイズ発生の原因は回転プログラグ操作盤内警報回路のリセットリレーのコイル端子間に設置したサージアブソーバの半田付け不良によるものと判明した。このため、サージアブソーバがその機能を果たさず、同盤の ANN リセット時のサージ電流が液面計ケーブルに影響を与えたものであった。 措置として、サージアブソーバの半田付け手直しを行い、ノイズの発生が無い事を確認した。
2	元. 4. 5	B主ポンプ回転数低下	B主ポンプの回転数が 168 rpm から 157 rpm へ段階的に低下した。これに合わせて B ループの Na 流量は 245 m³/hr から 210 m³/hr に低下し A ループ流量は 250 m³/hr から 265 m³/hr に増加した。尚、A 主ポンプの回転数は 170 rpm で一定であった。A/B 主ポンプの流量調節計は「Man」であり回転数は変化しないはずである。又、炉内燃料交換作業も終了しており、炉内圧損に変化を与える様な操作はなかった。	主ポンプ制御回路を調査した結果、流量調節計出力信号と速度設定信号を加算演算する基板にドリフトが発生したために主モータの回転数を段階的に昇速させた事が判明した。基板を新品と交換した。尚、A 号機の基板は正常であることを確認したが、一応新品と交換した。

表 3 - 3 (19) 1 次主冷却系統設備の故障と措置（元年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査 / 措 置
3	元. 6. 28	オイルプレッシャー ユニットドレンタンク油 ドレン弁開閉表示不良	V31.1-65 A用の開閉表 示G/Rランプ共点灯状 態となっていた。	点検の結果、リミットSW のケーブルに3.5mm(27 A用)が使用されており、 リミットSWの端子ボックス 内でケーブルを折り畳んで 収納していたため、圧着 端子のエッジによりコモン ケーブルが切れて銅線が露 出して表示回路が短絡しラ ンプが両方点灯した。 措置として、ケーブルを2 mm(19A用)に交換し端子 ボックス内のケーブル配線 を交換した。
4	元. 8. 18	A主ポンプケーシン グ変位軸振動記録計 チャート送り不良	当該記録計が打点は正常 に行われるが、チャート 送りが行われていない。	原因はチャート送り機構の ギア軸受が摩耗していたた め、ギアが噛み合はず、チ ャート紙が送られていなか ったものである。この為 チャート送り機構のプラケ ットを交換し正常にチャー ト紙が送られる事を確認し た。
5	元. 10. 27	B主ポンプケーシン グ変位軸振動記録計 動作不良	当該記録計が作動中に打 点及びチャート送りが停 止してしまう。 Record SWのON-OFF 操作にて作動するが再 現性がある。	原因は記録計内のギアが摩 耗していた事によって、空 回りしていたものである。 この為、ギアユニットを交 換して、正常に作動する事 を確認した。
6	元. 11. 25	A主ポンプケーシン グ変位軸振動記録計 動作不良	当該記録計が作動中に打 点及びチャート送りが停 止してしまう。 Record SWのON-OFF	原因は記録計内のギアが摩 耗していた事によって、空 回りしていたものである。 この為、ギアユニットを交

表3-3(20) 1次主冷却系統設備の故障と措置（元年度）

No	発生年月日	件名	内 容	調査／措置
			F操作にて作動するが再現性がある。	換して、正常に作動する事を確認した。
7	2. 2. 16	B主ポンプモータ冷却ファン電磁接触器不良	原子炉建家3BC/C盤内で唸り音が発生していた。 調査した結果、B主ポンプモータ冷却ファンNFB内電磁接触器(88X)のチャタリングによるものと判明した。	電磁接触器を分解し、鉄心面及び接触子面等に異常は認められなかった。 本接触器は過去に交換した実績はなく寿命と判断される。 本接触器及びA側の接触器を新規交換し、異音の発生が無いことを確認した。

表3-3(21) 1次主冷却系統設備の故障と措置(2年度)

No	発生年月日	件名	内容	調査/措置
1	2. 2. 16	A主ポンプ1 A潤滑油ポンプの異音	1 A潤滑油ポンプから異音が発生している。 流量、圧力等に異常は見られない。	異音発生源は安全弁(V31.1-51A)の作動によるものである。安全弁を交換し異音発生の無いことを確認した。
2	2. 5. 31	B主循環Na流量記録計(FR31.1-1B)指示不良	1次冷却系Na充填後の主ポンプ起動20%流量時、B主循環Na流量記録計指示がダウンスケールのまま変化していない。 尚、流量調節計の指示は正常に指示している。	その後自然復旧され再現性がなく、特に措置はない。
3	2. 5. 31	A主ポンプINV.Tr冷却ファン断風リミットSW不良	1次冷却系Na充填後、主ポンプを起動したところ数分後に「A/Bセルビウス制御系軽故障」ANが発生した。現場確認したところ、INV.Tr冷却ファン断風のターゲットが作動しておりリセットは可能であった。	原因は冷却ファン断風検知用のセンサーの誤動作であった。本センサーは冷却ファン新規交換時に作業の都合上取外しを行った。その復旧時に僅かにずれて取り付けたため誤動作したものである。措置としてセンサユニット位置の調整及びリミットSWの新規交換を行った。
4	2. 6. 1	A主ポンプ回転発電機部より異音発生	A主ポンプ回転発電機部より断続的な擦れ音が発生している。	パイロット発電機(PG)のベアリング寿命を越えた使用により負荷側ベアリングにグリス潤滑不足が生じベアリングの機能を完全に果たさなくなった。異音の発生はベアリングボールの変形が進み、発電機シャフトとベアリングブッシュが接触したために発生し

表 3 - 3 (22) 1 次主冷却系統設備の故障と措置（2年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
				た。措置として、A/B側共PGの負荷、反負荷側ベアリング等を新規交換し、異音の発生が無いことを確認した。
5	2. 6. 1	主ポンプ回転数差インターロック回路の点検依頼	主ポンプ定格運転時、A/B主ポンプ回転数差が1次制御盤で約60 rpm、JOYDAS値で約70 rpmであるのに警報の発生もなく主ポンプは運転された。	調査の結果、回転数計に精度範囲内ではあるが、指示のズレが生じていた事による。 JOYDAS値のズレについては入力元である現象記録装置のアンプの零、スパンにズレが生じていた事によると判明した。 措置として、各計器が所定の値となるように校正を行った。
6	2. 6. 27	A主ポンプケーシング変位指示不良	当該記録計指示が大きく変化している。 記録計は正常に動作している。	ケーシング変位検出点(A-04)の指示が振り切っていた。 現場の検出器を確認したところ、検出器のスピンドルが硬くなってしまっており元に戻らなくなっていた。 この為、検出器スピンドルの動作を調査し、記録計指示が正常値に戻っていることを確認した。
7	2. 7. 5	B主循環Na流量記録計指示不良	1次主冷却系Na充填後、主循環ポンプを起動したところ、B主循環Na流量記録計(FR31.1-1B)の指示が出なかった。 記録計のサーボモータを手動で動かしたところ、指示が出るようになった。	原因は記録計のゲインが低かったためである。 このため、記録計のゲインを調整し正常に指示することを確認した。

表 3 - 3 (23) 1次主冷却系統設備の故障と措置（2年度）

No.	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
8	2. 7. 5	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計不良	記録計の打点及びチャート送りが停止していた。Record SWを数回入、切したところ、打点が再開された。	記録計のドライブギア歯車部及び軸受部にゴミが付着していたため、ドライブギアの動きが重くなり動作が停止したものと思われる。（尚、ギア歯車部及び軸受部に摩耗は発生していなかった。）記録計を分解しドライブギア、ブラケット等の清掃を実施し、正常に動作することを確認した。
9	2. 12. 11	B主ポンプ1B潤滑油ポンプ瞬停防止回路調査依頼	瞬停発生により、1B潤滑油ポンプが停止し、予備機である2B潤滑油ポンプが自動起動した。同ポンプは瞬停防止回路設けられており、瞬停ではトリップしないはずである。	原因は1B潤滑油ポンプ瞬停防止リレーの不良によるものであった。このため瞬停防止リレーの交換を実施した。予防保全の観点から2B、1A及び2Aの潤滑油ポンプ瞬停防止リレーも交換した。
10	2. 12. 20	B主ポンプポニーモータ引継回転数設定値調査依頼	起動前点検のため、主ポンプを停止しポニーモータへの引継ぎを監視していたところ、B側が約100rpmまで低下した時点で低回転数検出Wランプが点灯しポニーモータの引継ぎを確認した。A側は正常に約130rpmにてポニーモータへの引継ぎを確認した。	低回転数検出アンプリラーの設定が下側にずれていたために発生したものであり、アンプリラーを予備品と交換した。主ポンプを起動し、主ポンプの停止によるポニーモータへの引継ぎが正常に行われる事を確認した。

表3-3(24) 1次主冷却系統設備の故障と措置（3年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査 / 措 置
1	3. 5. 11	B主ポンプケーシング変位計調査依頼	B主ポンプケーシング変位(B-03)の記録がじわじわと上昇し、急激に通常値に復帰するという事象が見られた。 その他の測定点に異常はみられない。	現場確認の結果、検出器スピンドルがターゲットから浮いて固着し、先端の測定子が欠損していた。
2	3. 6. 9	B主ポンプ異音調査依頼	パトロール時B主ポンプのポニーモータ部及びスラスト軸受部から異音が発生していた。	この音はポニーモータのコンミテータとカーボンブッシュの接触音であり異常ではない。
3	3. 7. 7	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計動作不良	当該記録計の打点及びチャート送りがされていない。	記録計のドライブギア軸受部が摩耗していたため、歯車が噛み合わず動作が停止していた。 ドライブギアのブラケットを交換し、動作良好となった。
4	3. 7. 16	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計打点6の調査依頼	B主ポンプケーシング変位軸振動計の打点6(軸振動)がオーバースケールしている。	検出器スピンドルがターゲットから浮いて固着していた。 スピンドルを少し手で動かしたところその後は動作良好となった。
5	3. 9. 28	B主ポンプ内部ケーシング温度記録計チャート送り不良	当該記録計のチャートが送られていない。	ドライブギア部の摩耗及びごみ付着により動作不良を起こしたものであり、ドライブギアの清掃を行い、正常に動作することを確認した。
6	3. 12. 22	B主ポンプ1 B潤滑油ポンプ安全弁作動	1 B潤滑油ポンプの安全弁(V31.1-51A)が作動していた。 安全弁作動中	

表 3 - 3 (25) 1 次主冷却系統設備の故障と措置（3 年度）

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査／措 置
			の潤滑油ポンプ吐出圧力は4.6 kg/cm ² であった。	応急措置として潤滑油ポンプを1B→2Bに切り換えた。安全弁が作動した際に弁座と弁体の当たりが悪くなり、振動も発生していた。安全弁を新品と交換し、吐出圧力4.6 kg/cm ² から4.2 kg/cm ² に調整した。
7	4. 1. 5	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計打点1の調査依頼	B主ポンプケーシング変位軸振動記録計の打点1が乱点しています。	再現性が見られず、特に処置はない。
8	4. 2. 14	A主ポンプOPUメカシール流量計入口フランジからの油漏れ	OPU内のメカシール流量計入口フランジ部から1滴/2秒程度の油が漏れているのを確認した。	分解点検の結果、ユニオン部にあるOリングの一部に傷が発見された。更に振動で若干緩んでいたことによる相乗効果で油が漏れていたと思われる。Oリングの交換及び各部の増し締めを実施し油漏れが無いことを確認した。
9	4. 3. 14	B主ポンプ2B潤滑油ポンプ安全弁作動	2B潤滑油ポンプの安全弁(V31.1-52B)が作動していた。安全弁作動中のポンプ吐出圧力は3.9 kg/cm ² であった。	応急措置として、潤滑油ポンプを2Bから1Bへ切り換えた。定例切替時、2台運転させた際に圧力が上昇し、安全弁が作動したものであった。また、この時弁体の当たりが悪くなり振動も発生したものと思われる。安全弁を新品と交換した。

3.4 1次主冷却系統の改造実績

(1) 1次主循環ポンプ対流防止板の取付

主循環ポンプは、ナトリウム蒸気がメカニカルシール部に上昇するのを防ぐ為に外部より清浄アルゴンガスをシール部に供給しポンプ内にブローさせている。供給されたアルゴンガスはポンプインナーケーシングとアウターケーシングのアニュラス部で自然対流が生じ、この自然対流現象は、インナー、アウターケーシングの周方向温度差を発生させる。この温度差は、インナー、アウターケーシングを変形させることになり、主循環ポンプ静圧軸受の軸受荷重を増大させ、軸受の接触を生じる事になる。この現象は「もんじゅ」主循環ポンプモックアップループでの運転経験より指摘されたものであり、「常陽」の1次主循環ポンプは、ほぼ同型のポンプを使用している事から、同様の問題が生じているものと考えられた。

このため、自然対流による温度差を抑制するため、1次主循環ポンプ分解点検時に対流防止板を取付ける改造を実施した。（A側昭和57年3月、B側昭和59年1月実施）

(2) 炉容器長尺ナトリウム液面計の設置（第5回定期検査時、昭和60年）

「常陽」には炉容器ナトリウム液面計が3基設置されている。測定範囲はいずれも炉内基準液位であるGL-6100を中心として±350mmの合計700mmであるが、100MW原子炉運転中に電源喪失が発生した場合、炉内液位は、系統降温操作によって約8時間後には測定範囲以下となる。更に、オーバーフロー電磁ポンプの自動起動不可が重なった場合、炉内液位はナトリウムの温度低下による体積収縮によって急激に低下し短時間で測定範囲以下となる。これ以降の対応としては、基準液位-2880mmまで計測可能なオーバーフローコラム液位計にて監視することとなるが、プラント過渡時に炉内液位を直接監視できない状況下での運転員に加わる心理的影響は相当大きいと考えられた。又、通常の床下メンテナンスモードでは、1次系内ナトリウムはドレンされ、炉内液位は1次主配管出口下端以下とするが、やはり、炉内液位を直接監視出来ないため、従来はダンプタンクのドレン量より推察するしかなく、測定範囲の不足が痛感されていた。

以上の経緯を踏まえ、第5回定期検査時に炉容器ナトリウム液位監視機能を強化するため、ナトリウム液面計3基のうち1基(ch.B)について、測定範囲を従来の±350mmから+350~-1600mmへと炉内ナトリウムの低域側へ拡張した長尺液面計と交換した。これにより、1次主配管出口下端より-250mmまでの液位監視が可能となった。この他、長尺液面計に

は液位計軸方向へ熱電対を10点取付けて炉内ナトリウムの熱層化現象を測定出来るようになっている。

更に、長尺液面計の設置に伴い追加された警報がある。1次系機器内のナトリウム液位がナトリウム漏洩やドレン弁シート部の漏洩など何らかの理由によって低下した場合、プラント運転上最も心配されるのは、ナトリウム自由液面低下により主中間熱交換器シュラウドの流入窓へのナトリウム流入が途切れ冷却材循環が断ち切られてしまうことである。しかし、主中間熱交換器には液位計がないため主中間熱交換器内の液位を知るためには、炉容器又はオーバーフローカラム液位計にて推測するしかない。従って長尺液面計への交換を契機に主ポンプポンニーモータ運転を続行するにしろ、停止するにしろ、冷却材循環が確保されている最低限度までナトリウム液位が低下したことを運転員に知らせるために「IHX流入窓上端」(AとBそれぞれ)の警報を中制の1次冷却系制御盤に追加した。

図3-3に炉容器長尺ナトリウム液面計の概略を示す。

(3) 制御回路の改造

① 主循環ポンプ潤滑油ポンプ起動条件インターロックの削除(第5回定期検査時、昭和60年)

潤滑油ポンプは予備機を含め2台設置されている。潤滑油ポンプの起動回路には、メカニカルシール(A)(B)下部(1)及び(2)ドレン弁(V31・1-61A/B、V31・1-63A/B)の開信号(リミットスイッチON動作)により起動条件が成立し、起動できるようなインターロックになっている。

ここで、原子炉運転中に以下の2ケースにおいては、潤滑油ポンプ予備機のバックアップが機能せず、その結果ポンニーモータトリップに至ることが考えられる。

<ケース1>

A系統について考えると、1A潤滑油ポンプ運転中、2A潤滑油ポンプ予備機の状態において、V31・1-61A、V31・1-63Aのリミットスイッチ(以下L/S)不良または、誤操作によるバルブ閉状態等の起動条件不成立の時に、1A潤滑油ポンプが何らかの原因でトリップした場合、予備機のバックアップがなく、主循環ポンプトリップ、原子炉スクラム更にポンニーモータトリップに至る。

<ケース2>

1A潤滑油ポンプ運転中、2A潤滑油ポンプ予備機の状態において、V31・1-61A、V31・1-63A L/S不良または、誤操作によるバルブ閉状態等の起動条件不成

立の時に、外部電源喪失が発生した場合潤滑油ポンプの自動起動がなく（手動起動不可）ポニーモータトリップに至る。

いずれの場合もポニーモータトリップにより崩壊熱除去手段の一部を喪失することとなり、これはプラント運転上、重大なことであり、またプラント復旧には長時間を要することとなる。

以上の事から、メカニカルシール(A)(B)下部(1)及び(2)ドレン弁の開条件を潤滑油ポンプの起動条件から削除した。また、インターロックに使用されていたL/Sにより、現場に当該ドレン弁の開表示ランプを設置した。（V31・1-61A、V31・1-63A開状態のAND条件で赤ランプ点灯、B側も同様）

② 主循環ポンプナトリウム液面インターロックの削除（第7回定期検査時、昭和63年）

主循環ポンプは、1 out of 1の主ポンプ内ナトリウム液面高々(+1000mm)又は液面低々(-400mm)によるトリップインターロックが設けられている。主循環ポンプナトリウム液面は、静圧軸受に供給されたナトリウムの一部がベアリングのクリアランス部を上昇し自由液面を確立している。従って、ベアリングのクリアランスは不変であるので、主循環ポンプの回転数が一定であればナトリウム液面は吐出圧力にのみ依存する。ナトリウム液面がナトリウム漏洩により低下した場合には、既設の原子炉保護系の作動により主循環ポンプはトリップする。又、ナトリウム漏洩以外の原因により液面が低下する、若しくはオーバーフロー機能が喪失して液面が上昇する可能性はこれまでの運転経験からは考えられない。

1次冷却系システムにおいて運転中のポンプ吐出圧力が正常であればポンプ内ナトリウム液面の大幅な変動はあり得ず、言い換えれば1次冷却系の機能が健全な状態において、ポンプ内ナトリウム液面が異常となる要因は考えられない。以上の事から、ナトリウム液面高々及び液面低々のトリップ項目を削除し原子炉の計画外停止を防止することとした。

③ 主循環ポンプモータ上部軸受温度計の二重化（第7回定期検査時、昭和63年）

主循環ポンプモータに取付けられている上部軸受温度計(TIS31・1-6A/B)は、温度高(75°C)の警報及びモータトリップ(85°C)の信号を発生し、モータ上部軸受の加熱に対して保護する機能を有している。しかし、上部軸受温度計は、モータ1台に対し1個(1 out of 1)でこれらの機能を果たしているため温度計が故障した場合、主モータはトリップしポニーモータ運転となる。原子炉運転中においては、原子炉スクラムに至っ

てしまい、システム的に脆弱であった。

このため、モータ 1 台に対し 2 個の温度計にて軸受温度の監視を行う様にした。警報回路については、既設の温度計と新設温度計(TIS31・1-66A/B)を並列に接続し OR 回路(1 out of 2)とした。又トリップ回路については、既設温度計と新設温度計を直列に接続し AND 回路(2 out of 2)とした。

④ 1 次主循環ポンプ瞬停防止回路の改造（第 7 回定検時、昭和63年）

状況

昭和63年11月30日、H T L 受電が行われた際、(A)・(B) 主循環流量低 ANN、主ポンプ速度差大 ANN が発報し、瞬停再起動回路が動作した。再現性を確認するため、12月 1 日に 2 回 H T L 受電を行った。その結果 1 回目は、流量低下などのプラントに有意な変化は特に見られなかったが、2 回目は、流量低下が見られ、瞬停再起動回路が動作した。尚、瞬停再起動回路による昇速中に大きな偏差が生じ、主ポンプ速度差過大 ANN により主循環ポンプトリップに至った。その後、1 月 6 日に、主送風機起動に伴う電圧変動による再現性試験を実施し瞬停再起動回路が動作することを確認した。

原因

再現性確認試験時のデータから、A 主循環ポンプは、停電検出リレーが動作し、通常の瞬停再起動動作をしたが、B 主循環ポンプは停電検出リレーが動作せずセルビウス運転を継続したことが判った。この様な現象が発生した原因としては、定検時に実施した計器用変圧器(P T)の交換及び、瞬停検出を行う電圧比較回路の利得(ゲイン)の変化等が想定される。

対策

- ① 瞬停再起動回路が単独動作しない様に、片側ループのみが動作した場合、もう一方も強制的に動作させ強調をとる様に改造した。
- ② 瞬停検出電圧を $3300V \times 85\%$ から $3150V \times 85\%$ へ瞬停検出値の変更を行った。対策後の主送風機起動試験(計 4 回)及び第 7 回定検終了後の 12MW における主送風機起動において主循環ポンプが、瞬停再起動回路が動作せずセルビウス制御で安定に運転される事を確認した。

瞬停再起動回路の改造内容

この改造は、H T L 受電時等において 1 次主循環ポンプ(A)のみ瞬停再起動回路

が動作してしまう現象に対して実施した改造により、瞬停再起動回路は1次主循環ポンプ（A），（B）共に動作する様シーケンスを変更した。以下に改造内容を示す。

① 瞬停検出リレーの追加（27M 5 口）

（口はサイフォックス、AポンプはA、BポンプはB）、このリレーの追加により、A側又はB側いずれかの27M 5 口が作動した場合、瞬停再起動をA、B共に実施させることが可能となった。

② 単独再起動接点（27M E 口）のジャンパー

このリレー接点をジャンパーすることにより、A、B制御系のリレー動作時間の協調をとり瞬停再起動回路シーケンス動作時間のズレを無くした。

③ 再起動抵抗（6 M 2 口）の投入リレー（3 B 5 口）の追加瞬停が発生し瞬停検出リレーが動作した場合、A側、B側の再起動抵抗器が確実に強制投入される様にリレー（3 B 5 口）を追加した。

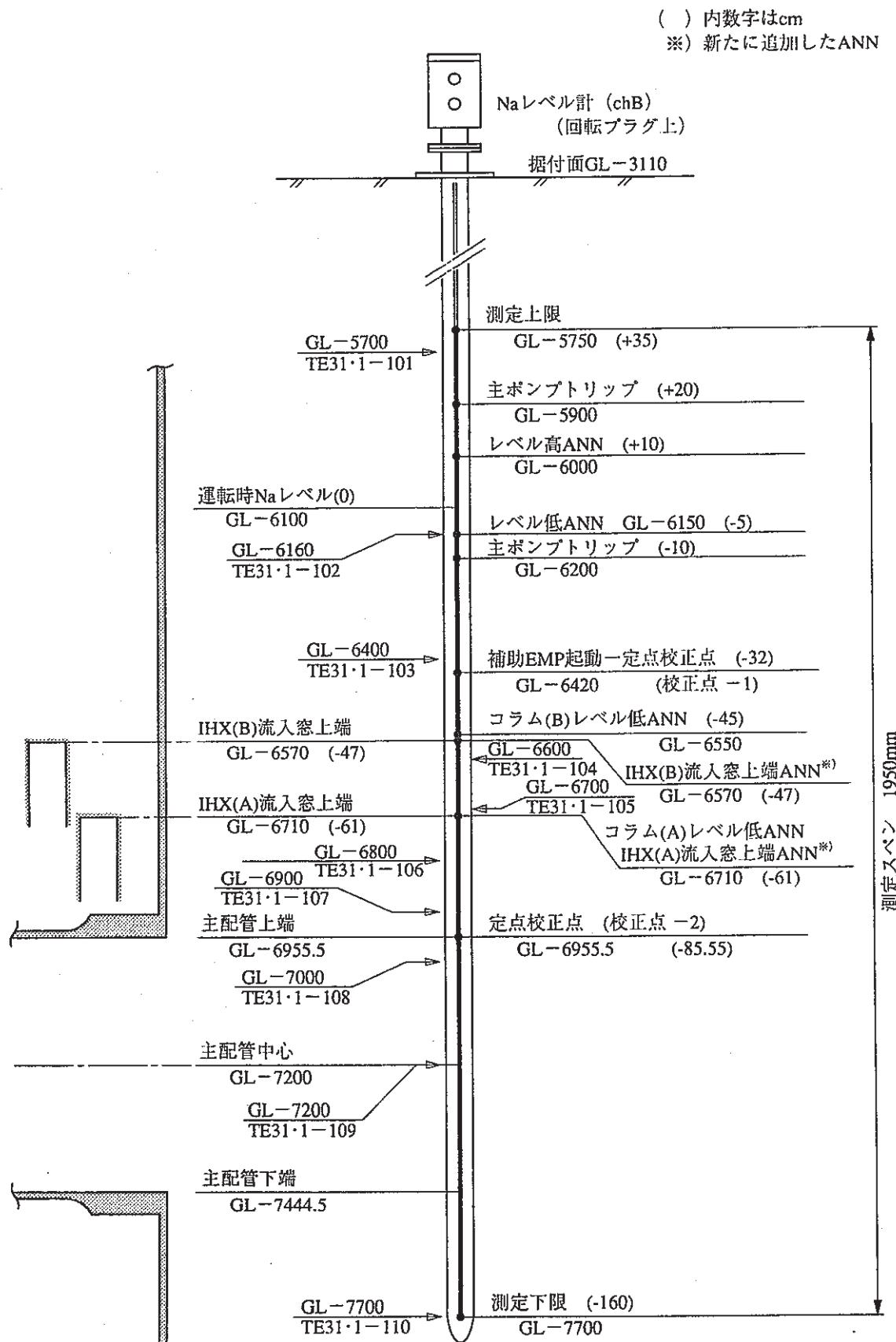


図3-3 炉容器長尺ナトリウム液面計概略

4. 1 次補助冷却系統の運転実績

4. 1. 1 次補助冷却系統の運転実績

高速実験炉「常陽」の1次補助冷却系統は、昭和51年4月の初臨界以来、非常用炉心冷却の目的で運転されたことは無い。すなわち、1次補助冷却系統の運転は全てプラント運転計画に従って行われた。

本報告書は、前報告からの後続編として昭和61年10月から平成4年3月迄の運転実績について報告する。

昭和61年10月から平成4年3月迄の期間の1次補助循環ポンプの起動回数は51回、補助循環ポンプの運転時間（炉心崩壊熱の除去を行った時間）は約4700時間である。また、補助循環ポンプの停止時間、すなわち1次補助冷却系統逆流状態時間は約24000時間である。

尚、1976年のナトリウム初充填以降の補助循環ポンプの運転時間（炉心崩壊熱の除去を行った時間）は、約8667時間、逆流状態時間は約64000時間、補助循環ポンプの起動回数は148回である。

4. 2 1次補助循環ポンプの運転実績

昭和61年10月から平成4年3月までの1次補助循環ポンプの運転実績は以下の通りである。

- (1) 起動回数 51回、その内自動起動回数31回
- (2) 1次補助循環ポンプ運転時間
4767時間08分 (総運転時間8667時間22分)
- (3) 系統逆流状態時間 (主循環ポンプ20%流量時は逆流流量が少量なので含まず。)
23852時間00分 (総逆流状態時間 63852時間13分)

表4-1に補助冷却系統運転時間、表4-2に月別運転時間を示す。

表4-1、表4-2で1次補助冷却系逆流状態時間とは、1次主循環ポンプ定格流量運転状態における逆流状態 ($-20 \text{ m}^3/\text{h}$) 時間を表し、停止時間とは、逆流状態時間を含めた補助循環ポンプの停止時間を表す。

4. 3 1次補助冷却系統の不具合事象と対策

昭和61年10月から平成4年3月までに1次補助冷却系統に発生した不具合件数は5件である。各年毎の不具合発生の推移は以下の通りである。

昭和61年10月から	0 件
昭和62年度	2 件
昭和63年度	2 件
平成元年度	1 件
平成 2 年度	0 件
平成 3 年度	0 件

不具合件数 5 件の内訳は、記録計関係が 2 件、循環ポンプ冷却ダンパリミットスイッチ不良が 2 件、循環ポンプ関係が 1 件である。記録計及びリミットスイッチ不良については、再調整、部品交換等により対処した。

循環ポンプの不具合については、平成元年 8 月 13 日に起動前点検 A - 5 (非常用冷却系) に伴い 1 次主循環ポンプを停止したところ、ボニーモータの自動起動とほぼ同時に 1 次補助循環ポンプの遮断器 (352D2) が投入された。しかし、補助冷却系ポンプ自動起動の警報は発報せず、また I V R の自動昇圧も行われなかった。その後二度に渡りボニーモータ引継確認を実施したが再現性はなかった。本現象について、確認された事象から原因を検討した。

確認された事象からの検討

- (1) 1 次補助循環ポンプの遮断器 (352D2) が投入された。

循環ポンプの C S は C 系、D 系共「自動」であり、この場合補助系自動起動信号 (6 A C P 励磁) が発生しなければ、遮断器は投入されない。352D2 は投入信号の自己保持回路を有しているため 6 A C P が瞬時であれ励磁されれば投入される。

- (2) 「補助冷却系ポンプ自動起動」の警報は発報しなかった。

自動起動の警報は補助系自動起動信号 (6 A C P 励磁) と補助循環ポンプの遮断器 (352C2 又は 352D2 のいずれか一方) の投入完了信号との A N D 条件で発報する。このことから上述のように 6 A C P が瞬時励磁し 352D2 の投入動作中に 6 A C P が無励磁になったような場合には警報は発報しない。

- (3) 循環ポンプ I V R が自動昇圧されなかった。

自動昇圧は、352D2 の投入 (52D1, 52D2 が励磁) と同時に 6 A C P (補助系自動起動補助 R y) が励磁していると自己保持し、7 秒インターバルで 0.5 秒間 I V R が上限になるまで昇圧を継続する。しかし、上記(2)と同様に 352D2 の投入動作中に 6 A C P が無励磁になると自己保持されず昇圧は行われない。

以上の3つの事実を証明付けるには、いずれの場合も6ACPが瞬時動作したと言う仮設が必要である。

6ACPの動作原因の推定

補助系自動起動信号（6ACP）が発生する条件として

- (1) ポニーモータ停止、又はポニーモータ自動起動信号（低回転数検出）発生1秒後に直流遮断器（72-3）が投入されていない場合。（5PM励磁）
 - (2) 低回転数検出以後、炉容器Na液面が-32cm以下に低下した場合。（33RV励磁）
- の2つがある。

(1)については、ポニーモーターが2台共自動起動したことからポニーモータ停止は除外できる。

(2)については、炉容器Na液面低々警報回路にも同じ信号（33RV）を用いているため、実際に炉容器Na液面が低下した場合は炉容器液面低々ANNも同時に発報するはずである。

これらのことから、原因はシーケンス的に msec オーダーの僅かなリレー動作のずれが生じ、遮断器が自動投入したものと推定されるが、その根本的な原因是不明である。

恒久処置は、循環ポンプの遮断器が投入されたという事から、循環ポンプが待機状態となり、異常事態（起動条件）が発生した場合、即IVRが自動昇圧しプラント的には安全側へ向かうものであることから上記事象に対しては、特に処置はせず以後の起動前点検時に再現性の有無を確認する事とした。

以上の発生した不具合は、系統の運転に重大な影響を及ぼすものではなく、1次補助冷却系統の運転は良好であったと判断できる。

表4-3に1次補助冷却系統設備の故障内容とその措置を示す。

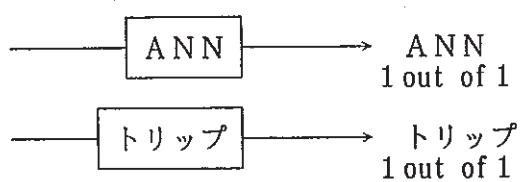
4.4 1次補助冷却系統の改造実績

(1) 制御回路の改造

1次系電磁ポンプ(EMP) 温度高高トリップ回路の強化

電磁ポンプ(EMP)ダクト、コイル温度計装は、各々独立した温度検出器に対応した警報及びトリップ設定器から構成されていた。従って、EMPが健全であるにも係わらず、温度検出器の不良や設定器の故障、誤動作等の計装系の单一故障でトリップに至る可能性があった。又、オーバフロー系においては、EMPトリップで制御棒一斉挿入となるため、計装系の单一故障が原子炉計画外停止に至る可能性があった。このため、1次純化系、オーバフロー系、1次補助系EMPのダクト、コイル温度高高によるトリップ回路(1次補助系EMPはコイル温度のみ)を1 out of 1から2 out of 2となるようシーケンスを改造した。これにより、温度計装系誤信号等の单一故障による1次系EMPトリップが防止できる。

<改造前>



<改造後>

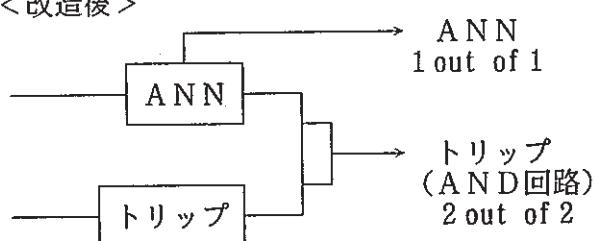


表 4-1 準助冷却系統運転時間

年 項	昭和 61年 (10月～)	62年	63年	平成 元年	2年	3年	4年 (3月～)	合計
1次補助循環ポンプ 運転時間 (h)	1h 48m	1231h 58m	1798h 00m	6h 26m	639h 58m	1078h 18m	10h 40m	4767h 08m
1次補助循環ポンプ 起動回数 (回) (自動起動回数)	3 (2)	6 (5)	11 (4)	8 (7)	12 (6)	6 (4)	5 (3)	51 (31)
1次補助循環ポンプ 停止時間 (h)	2206h 12m	7528h 02m	6986h 00m	8753h 34m	8120h 02m	7681h 52m	2173h 20m	43449h02m
1次補助冷却系統 逆流状態時間 (h) (主ポンプ20%流量 時は含まず)	1039h 09m	3332h 10m	4240h 08m	6885h 56m	3501h 44m	3685h 56m	1166h 57m	23852h00m
備考								

表4-2 月別運転時間(1)
(61年)

項目	月	10	11	12	合 計
1 次補助循環ポンプ 運転時間 (h)		0	0h14m	1h34m	1h48m
1 次補助循環ポンプ 起動回数 (回) (自動起動回数)		0 (0)	1 (1)	2 (1)	3 (2)
1 次補助循環ポンプ 停止時間 (h)		744h	719h46m	742h26m	2206h12m
1 次補助冷却系統 逆流状態時間 (h) (主ポンプ20%流量 時は含まず)		689h29m	221h21m	129h19m	1039h09m
備 考					

表 4-2 (6月別運転時間(2)

項目	月	1	2	3	4	5	6
1次補助循環ポンプ運転時間(h)	614h 05m	610h 16m	0	0	0	0	0h 22m
1次補助循環ポンプ起動回数(回)	(1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(自動起動回数)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)	129h 55m	61h 44m	744h	720h	744h	719h 38m	
1次補助冷却系統逆流状態時間(h)	0	0	0	0	0	198h 54m	* 主ポンプ20%流量時 は含まず
備考							

項目	月	7	8	9	10	11	12	合計
1次補助循環ポンプ運転時間(h)	0	0h 33m	6h 32m	0	0h 10m	0	1231h	58m
1次補助循環ポンプ起動回数(回)	(0)	(2)	(1)	(0)	(1)	(0)	6	(5)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)	744h	743h 27m	713h 28m	744h	719h 50m	744h	7528h	02m
1次補助冷却系統逆流状態時間(h)	518h 08m	284h 17m	699h 54m	744h	142h 57m	744h	3332h	10m
備考								

表4-2(63年)月別運転時間(3)

項目	月	1	2	3	4	5	6	
1次補助循環ポンプ運転時間(h)	0	0h 16m	0	0	0	0	0h 14m	
1次補助循環ポンプ起動回数(回)	(0)	(1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(自動起動回数)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)	744h	695h 44m	744h	720h	744h	719h 46m		
1次補助冷却系統*逆流状態時間(h)	717h 54m	132h 08m	744h	720h	286h 22m	225h 34m	*	主ポンプ20%流量時含まず
備考								

項目	月	7	8	9	10	11	12	合計
1次補助循環ポンプ運転時間(h)	629h 35m	0	0	600h 27m	337h 52m	299h 36m	1798h	
1次補助循環ポンプ起動回数(回)	(3)	(1)	(0)	(0)	(1)	(0)	(2)	(4)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)	114h 25m	744h	720h	143h 33m	382h 08m	514h 24m	6986h	
1次補助冷却系統*逆流状態時間(h)	72h 03m	744h	144h 37m	0	108h 47m	344h 43m	4240h	08m
備考								

表 4-2 (平成元年)月別運転時間(4)

項目	月	1	2	3	4	5	6
1次補助循環ポンプ運転時間(h)		0h 07m	0	0	0	0h 06m	0
1次補助循環ポンプ起動回数(回)		($\frac{1}{0}$)	($\frac{0}{0}$)	($\frac{0}{0}$)	($\frac{0}{0}$)	($\frac{1}{1}$)	($\frac{0}{0}$)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)		743h 53m	672h	744h	720h	743h 54m	720h
1次補助冷却系統*逆流状態時間(h)		713h 11m	672h	744h	26h 03m	669h 03m	720h
備考							

項目	月	7	8	9	10	11	12	合計
1次補助循環ポンプ運転時間(h)		0	6h 04m	0	0	0h 09m	0	6 h 26 m
1次補助循環ポンプ起動回数(回)		($\frac{0}{0}$)	($\frac{5}{5}$)	($\frac{0}{0}$)	($\frac{0}{0}$)	($\frac{1}{1}$)	($\frac{0}{0}$)	($\frac{8}{7}$)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)		744h	737h 56m	720h	744h	719h 51m	744h	8 7 5 3 h 3 4 m
1次補助冷却系統*逆流状態時間(h)		454h 51m	504h 41m	720h	603h 51m	314h 16m	744h	6 8 8 5 h 5 6 m
備考								

表 4 - 2 (平成 2 年)

項目	月	1	2	3	4	5	6
1 次補助循環ポンプ運転時間(h)	0h 11m	30h 13m	394h 27m	0	0h 22m	116h 51m	
1 次補助循環ポンプ起動回数(回)	(0)	(2)	(0)	(0)	(1) (0)	(4) (0)	(自動起動回数)
1 次補助循環ポンプ停止時間(h)	743h 49m	641h 47m	349h 33m	720h	743h 38m	603h 09m	
1 次補助冷却系系統*逆流状態時間(h)	274h 20m	0	0	0	0	129h 34m	* 主ポンプ20%流量時は含まず
備考							

項目	月	7	8	9	10	11	12	合計
1 次補助循環ポンプ運転時間(h)	97h 21m	0h 25m	0	0	0	0h 08m	639h 58m	
1 次補助循環ポンプ起動回数(回)	(2)	(2)	(0)	(0)	(0) (0)	(1) (1)	(12) (6)	
1 次補助循環ポンプ停止時間(h)	646h 39m	743h 35m	720h	744h	720h	743h 52m	8120h 02m	
1 次補助冷却系系統*逆流状態時間(h)	148h 10m	724h 58m	720h	744h	424h 07m	336h 35m	3501h 44m	
備考								

表 4-2 月別運転時間(6)
(平成3年)

項目	月	1	2	3	4	5	6
1次補助循環ポンプ運転時間(h)	0	0	3h 26m	9m	0	14m	
1次補助回数(回)	(0)	(0)	(1)	(1)	(0)	(1)	(自動起動回数)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)	744h	672h	740h 44m	719h 51m	744h	719h 46m	
1次補助冷却系統*逆流状態時間(h)	744h	672h	91h 28m	698h 41m	744h	232h 37m	*主ポンプ20%流量時は含まず
備考							

項目	月	7	8	9	10	11	12	合計
1次補助循環ポンプ運転時間(h)	278h 13m	186h 34m	0	161h 54m	447h 48m	0	1 0 7 8 h 1 8 m	
1次補助回数(回)	(1)	(1)	(0)	(1)	(0)	(0)	(0)	(4)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)	465h 47m	557h 26m	720h	582h 06m	272h 12m	744h	7 6 8 1 h 5 2 m	
1次補助冷却系統*逆流状態時間(h)	177h 05m	76h 38m	249h 27m	0	0	0	3 6 8 5 h 5 6 m	
備考								

表 4-2 (平成4年) 月別運転時間(7)

項目	月	1	2	3	4	5	6
1次補助循環ポンプ運転時間(h)	1h 45m	8h 09m	46m				
1次補助循環ポンプ起動回数(回)	($\frac{2}{1}$)	($\frac{1}{0}$)	($\frac{2}{2}$)				(自動起動回数)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)	742h 15m	687h 51m	743h 14m				
1次補助冷却系統逆流状態時間(h)	50h 19m	419h 33m	697h 05m				* 主ポンプ20%流量時は含まず
備考							

項目	月	7	8	9	10	11	12	合計
1次補助循環ポンプ運転時間(h)								10h 40m
1次補助循環ポンプ起動回数(回)								(53)
1次補助循環ポンプ停止時間(h)								2173h 20m
1次補助冷却系統逆流状態時間(h)								1166h 57m
備考								

表 4 - 3 1 次補助冷却系統設備の故障と措置

電磁流量系関係

No	発生年月日	項目	内 容	調 査／措 置
1	62. 6. 25	1次補助系ナトリウム流量記録計(FR32.1-1)指示不良	1次補助系ナトリウム流量の記録計指示とJOYDAS指示が異なる。 JOYDAS 約 -20m³/h 記録系 約 -15m³/h (1次系主循環Na流量100%時のデータ)	スライド抵抗の接触不良により記録計の指示値にズレが生じた。 スライド抵抗の清掃を行い記録計指示が正常に動作するようになった。
2	63. 3. 17	補助IHX 入口・出口ナトリウム温度記録計(TR32.1-1)異音発生	ナトリウム温度記録計から異音が発生した。	チャートモータ軸受部の摩耗によりチャートモータ本体より異音が発生した。 チャートモーター式の交換を行い良好となった。

1次補助系電磁ポンプ関係

No	発生年月日	件 名	内 容	調 査 / 措 置
1	63. 6. 9	1次補助系電磁ポンプ冷却ダンパ(DP32. 1-1)閉作動不可	1次補助系電磁ポンプ冷却ダンパの操作SWによる閉側の作動が不可能となつた。	リミットスイッチのフィンガー(ロータとの固定接触子)の接触面に汚れが認められ、この汚れが接触不良の原因と思われた。リミットスイッチ部を取り外して、アルコールにて洗浄し汚れを除き、配線端子部の全ての増締めを実施した。開閉試験を行い異常のないことを確認した。
2	63. 11. 8	1次補助系電磁ポンプ冷却ダンパ(DP32. 1-1)閉作動不良	1次補助系電磁ポンプ冷却ダンパの閉動作が不可であった。	トルクスイッチのシャフト部が熱により固着し、閉方向が動作しなかった。トルクスイッチを交換し良好となった。
3	元. 8. 13	1次補助系電磁ポンプ起動回路調査依頼	起動前点検A-5実施時、ボニーモータ自動起動とほぼ同時に、1次補助系電磁ポンプの遮断器(352D2)が自動投入した。EMPは最低電圧(25V)のまま自動昇圧は無かった。	シーケンス的に msecオーダーの僅かなずれが生じ遮断器が自動投入したものと推定されるが、その根本的な原因は不明である。 不具合発生後2度にわたりボニー引継ぎ確認を行ったが同様の事象は発生しなかった。

5. 結 果

昭和57年1月から平成4年3月までの期間中における1次主、補助冷却系統の運転実績は要約すると次の通りである。

(1) 1次主冷却系統

- ① 1次主循環ポンプは、故障もなく順調な運転が行われた。この間の運転時間は67675時間であり、積算運転時間は105970時間である。
- ② 1次主循環ポンプの起動回数は212回であり、その内計画外停止回数は16回である。計画外停止は外部電源喪失によるものが5回、その他液面計不良、電動機過負荷、計器不良等によるものが11回である。
- ③ 発行された修理依頼件数は82件である。この内、主循環ポンプに関するものが17件、計器、記録計関係が29件、オイルプレッシャーユニット関係が21件である。

(2) 1次補助冷却系統

- ① 補助循環ポンプは、常に待機状態であった。補助循環ポンプの運転時間は4767時間であり、積算運転時間は8667時間となった。
1次補助冷却系統の運転は、主に定期検査期間中における主冷却系ナトリウムドレン中に原子炉崩壊熱除去の目的で行われた。
- ② 補助循環ポンプの起動、停止回数は51回であり、その内自動起動回数は31回である。補助循環ポンプの自動起動は、原子炉起動前点検及び計画的な各種試験によるものである。
- ③ 修理依頼発行件数は5件であり、これらの内訳は記録計関係が2件、冷却ダンパリミットスイッチ不良が2件、循環ポンプに関するものが1件であり、それぞれ再調整部品交換により対処した。

6. 考 察

高速実験炉「常陽」は昭和52年4月の初臨界以来、大きなトラブルもなく順調な運転を継続してきている。

主循環ポンプの積算運転時間は、105970時間に達し、補助循環ポンプの積算運転時間は、8667時間に達した。この間、主循環ポンプ、補助循環ポンプは故障もなく順調に運転されてきている。これは、シミュレータ訓練等によって運転員の教育訓練の充実による運転技術の向上が図られ、また予防保全の観点からのメインテナンス、更に機能向上のための改造工事等がタイミングリードに行われてきた結果であると考えられる。

修理依頼件数は1次主冷却系統が82件、1次補助冷却系統が5件発行されているが、原子炉の運転に影響を与えるような機器の故障ではなく、記録計、計器等の故障が主であり、年々増加傾向にある。これは記録計、計器の内部部品の経年劣化によるものが殆どであり、老朽化対策の一環として計画的な更新を行って行く必要があると考える。

7. 結 言

高速実験炉「常陽」は昭和52年4月の初臨界以来、平成4年3月迄に50MW 2サイクル75MW 6サイクル、100MW 27サイクルの運転を実施し大きなトラブルもなく、順調に運転を継続してきている。

この間、1次主冷却系統は、ポンプ内アルゴンガスの自然対流によって発生するケーシング周方向温度差によるケーシングの変形、軸受の接触等を防止するための主循環ポンプ対流防止板が取付けられ、また、瞬停発生時に瞬停防止回路がA、B両系動作するように協調性をもたせるための改造が図られ、これらが有効に機能し、安定した運転が継続されてきている。

一方、1次補助冷却系統は、本来の目的である非常用炉心冷却系として運転されたことはない。これは、外部電源喪失等の異常時における正常なインターロックの動作や運転員の的確な対応操作によって、原子炉プラント全体が安定な運転を継続してきた結果である。

これまでの貴重な運転経験の成果は、原型炉「もんじゅ」の設計、建設に反映してきた。原型炉「もんじゅ」の運転開始を目前に控え、「常陽」が今後も安定、安全運転を維持する事は今後のFBR開発に対しても非常に重要である。

運転開始から約15年が経過し経年劣化による計器等の比較的軽微な故障がここ数年増加傾向にあり、これらに対して再度見直し、詳細な点検、更新計画を立案して予防保全に万全を期す必要がある。

8. 参考文献

(1) P N C N 9 4 1 8 2 - 2 7 4

高速実験炉「常陽」運転経験報告書

1次主冷却系統運転経験

(2) P N C S N 9 4 1 0 - 8 7 - 0 0 1

高速実験炉「常陽」運転経験報告書

補助冷却系統運転実績（昭和57年 1月～昭和61年 9月）

(3) P N C N 9 4 1 0 - 8 9 - 0 9 9

高速実験炉「常陽」第7回定期検査報告書

第7回定期検査時の運転管理経験