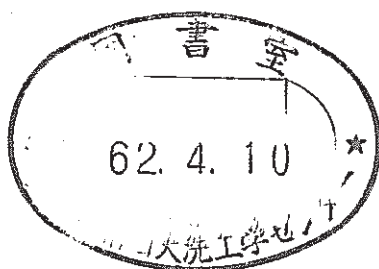


高速実験炉「常陽」運転経験報告書

補助冷却系統運転実績（昭和57年1月～昭和61年9月）



1987年1月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒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 システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

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）

黒沢龍一	竹内 徹	永山哲也	磯崎和則
村上幸義	藤枝 清	光延秀夫	伊東秀明*
小澤健二	山下芳興		

要 旨

高速実験炉「常陽」の補助冷却系統について、昭和57年1月から昭和61年9月までの運転実績を報告する。主な運転実績は次のとおりである。

- (1) 1次補助冷却系統は大きな故障もなく、順調に運転された。

1次補助冷却系の運転時間は約3400時間であり、主に運転は定期点検期間中における炉心崩壊熱除去の目的で行われた。

1次補助循環ポンプが自動起動したのは65回であり、全ての起動停止は計画的な各種試験によるものであった。

1次補助冷却系統へ冷却材ナトリウムを初充填した後の系統運転時間は約3900時間となった。

- (2) 2次補助冷却系統は100%流量で約34000時間運転された。その間、2次補助循環ポンプのトリップは11回発生した。トリップの内訳は外部電源喪失及び試験によるものが10回、補助循環ポンプコイル温度高によるものが1回であった。

補助循環ポンプコイル温度高によるトリップは、原子炉停止中の昭和57年5月に発生した。原因は補助循環ポンプ冷却フィルターが目詰りしたため、コイルへの冷却風量が低下し、ポンプトリップへ至ったものである。プラントへの影響はなかった。

この期間の2次補助冷却系の運転はほぼ順調であった。

2次補助冷却系統へ冷却材ナトリウムを初充填した後の系統運転時間は約73000時間となった。

Jan. 1987

Experimental Fast Reactor "JOYO" Operation Report

Operation Experience of Auxiliary Core Cooling System

R. Kurosawa, T. Takeuchi, T. Nagayama,
K. Isozaki, Y. Murakami, K. Fujieda,
H. Mitunobe, H. Ito*, K. Ozawa and
Y. Yamashita

Abstract

This report presents an operation experience of the auxiliary cooling system from January, 1982 to September, 1986.

Outline of the operation experience is following;

- (1) There has not been any serious trouble on the primary auxiliary cooling system in the term.

Operation time of the primary auxiliary cooling system to remove reactor core residual heat during the reactor shut down outage (refueling outage) was about 3400 hours. The primary auxiliary circulating pump has been automatically started 65 times on the scheduled tests. Total operation time of the primary auxiliary cooling system was about 3900 hours after initial sodium filling of the cooling system.

- (2) Operation time of the secondary auxiliary cooling system with 100% flow rate was about 34000 hours. The secondary auxiliary circulation pump was tripped 11 times during about 34000 hours operation by;

- Loss of commercial power and various tests, - 10 times
- High temperature of circulation pump coil, - 1 time.

High temperature of circulation pump coil was caused by loss of cooling air with the obstacles in the cooling pump filter in May, 1982. This caused no influence to the plant at that time since the reactor decay heat had been sufficiently cooled down. The secondary auxiliary cooling system has been in no trouble except for the trip by high temperature of circulation pump coil.

JOYO Operation Section

* Reactor Research and Development Project

Total operation time of the secondary cooling system after initial sodium filling of the system was about 73000 hours.

目 次

1. 緒 言	1
2. 補助冷却系統の概要	2
2.1 1次補助冷却系統設備	2
2.2 1次補助冷却系統の運転	3
2.3 1次補助冷却系に関する運転制限	4
2.4 2次補助冷却系統設備	4
2.5 2次補助冷却系統の運転	8
3. 補助冷却系統運転実績	38
3.1 1次補助冷却系統の運転実績	38
3.2 1次補助冷却系統の故障状況	38
3.3 2次補助冷却系統の運転実績	38
3.4 2次補助冷却系統の故障状況	39
3.5 補助循環ポンプの運転実績	40
3.6 設備の改造	40
4. 1次補助冷却系サイフォンブレイク試験	93
5. 1次補助電磁ポンプ吐出圧差による原子炉容器ナトリウム液面監視方法	99
6. 1次補助電磁ポンプ健全性確認	101
7. 自然循環試験時の補助冷却系の流動状態	109
8. 検討点と対策	115
9. 結 言	116
10. 参考文献	117

1. 緒 言

高速実験炉「常陽」の補助冷却系統はA、B二つの主冷却系統設備をバックアップする非常用炉心冷却設備として設けられた。補助冷却系統は、主冷却系統設備にて炉心の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、及び原子炉容器内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に独立して設置された冷却ループである。

補助冷却系統は昭和51年の冷却材ナトリウムの初充填以来、ほとんど待機運転をしてきた。すなわち主冷却系の運転中、1次系は原子炉容器下部プレナムから逆止弁バイパスオリフィスを通して待機中（停止）の補助循環ポンプ（電磁ポンプ）、補助中間熱交換器を経由して、再び炉容器へ戻る逆流状態となっている。また、補助中間熱交換器を介して接する2次系は補助循環ポンプを100%定格流量で運転し、補助空気冷却器は送風機自動待機の状態では2次側コールドレグ温度を39.8℃（温態待機状態下では25.0℃で送風機は手動引保持となっている）に制御している。

主冷却系統設備の主循環ポンプトリップ時は、直ちに原子炉はスクラムされ、崩壊熱除去はボニーマータにより行われるが、主冷却系統のナトリウム液面が低下し過ぎると主中間熱交換器でナトリウムの流れが阻害され冷却運転が不可能となる。そこで炉心の崩壊熱除去は独立したループをもつ補助冷却系統が受け持つことになる。

原子炉運転中、1次、2次補助循環ポンプ及び補助送風機がすべて運転された状態は、原子炉出力75MW時に1度行ったのみである。

1次補助冷却系の機器は、計測器類の不具合を除いて、良好な運転経験を得ている。また、2次補助冷却系統については2次補助循環ポンプ（電磁ポンプ）冷却フィルターの目詰まりに起因したポンプトリップが昭和57年5月に発生した以外は、大きなトラブルの発生もなく、良好な運転が行われた。

本報告書は補助冷却系統設備の概要を紹介し、昭和57年1月から昭和61年9月までの原子炉出力100MW運転中における各機器の運転実績について纏めたものである。

2. 補助冷却系統の概要

2.1 1次補助冷却系統設備

1次補助冷却系統設備は主冷却系統設備にて炉心の崩壊熱除去ができなくなった時、原子炉容器内ナトリウム液面低下時、及び炉内検査時、炉心で発生する崩壊熱を除去し、補助中間熱交換器を介して2次補助冷却系統へ伝達し、熱除去を行うためのものである。

その主要目は次のとおりである。

- ループ数 1
- 除熱容量 2.6 MW
- 冷却材流量 56.5 T/h
- 定格運転温度

原子炉入口 370℃

原子炉出口 500℃

原子炉通常運転時、炉心の熱除去が主冷却系統にて行われるため、1次補助冷却系統においては、定格流量の約30%のナトリウムが原子炉容器下部プレナムより、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るため、1次補助冷却系統設備は原子炉格納容器内に収納され、次の各部より構成されている。図2-1に1次補助冷却系統図を示す。

2.1.1 補助中間熱交換器

補助中間熱交換器は1次補助冷却系統に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え付けられている。当該熱交換器の型式は、縦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されている。構造は大別して上部内径550mm、下部内径450mm、高さ3760mmの1次側胴体と2次側管束部及び、それに継がる2次側胴体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り付けられて、漏洩ナトリウムの検出、保持及び熱交換器の予熱ガス循環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1次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、下部プレナム及びナトリウム入口管から成り、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り付けられており、1次側胴体と接続するフランジと一体構造であり、上部管板にて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2-2に補助中間熱交換器の構造図を示す。

2.1.2 循環ポンプ

1次補助循環ポンプの型式はフラットリニアインダクション型電磁ポンプ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。ポンプの定格流量は56.5 T/h、揚程は18mNa(56.5 T/h, 370℃)である。ダクト本体はナトリウム通路を形成し、入口ノズル、出口ノズル、矩形ダクト部、及び断熱材等により構成されている。矩形ダクト部は1次補助系配管と同様、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上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。固定子は珪素鋼板製鉄心及び鉄心のスロット内に巻装された三相多極巻線等から構成されている。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、架台等により構成され、ほぼ直方体形状をしている。図2-3にポンプ構造図、図2-4にポンプNa漏洩検出器取付図、図2-5にポンプ原理図を示す。

2.1.3 電磁流量計

1次補助冷却系の電磁流量計は系統の冷却材流量を測定する目的のため循環ポンプ吐出側の垂直配管部に取り付けられている。型式は永久磁石式で内部にナトリウムが流れる流量計ダクト及び永久磁石を含む磁気回路から構成され、-30~+80m³/hの測定範囲をもっている。ダクトはナトリウムの通路を形成し、磁気回路で発生する磁界と直角になるように設置され、ダクト部は二重構造になっており、内管と外管との間にダクトを予熱するための高温窒素ガスが流れることができる構造となっている。図2-6に電磁流量計の構造図を示す。

2.1.4 配管

1次補助冷却系配管は材質としてSUS304HTPを使用し、内管破損による漏洩ナトリウムの保持機能を有するため二重管構造となっている。この二重管のアニュラスは系統予熱用高温窒素ガス通路としても使用されている。また、サイフォンブレイク配管は、サイフォンブレイク弁のアルゴンガス側が一重管構造であることを除き、すべて二重管構造となっている。図2-7に1次補助冷却系配管図、図2-8にサイフォンブレイク配管図を示す。

2.1.5 弁類

1次補助冷却系統に使用している弁は電動弁6個(V32.1-1, 3, 6, 7, 8, 9)、遠隔手動弁2個(V32.1-4, 80)及び逆止弁1個(V32.1-2)である。系統出入口弁とサイフォンブレイク弁はベローズシール玉形弁の電動式でありその構造図を図2-9に示す。循環ポンプ出口逆止弁はスウィング式であり、その構造図を図2-10に示す。

2.2 1次補助冷却系統の運転

1次補助冷却系統の運転には補助循環ポンプ手動起動、及び自動起動がある。補助循環ポンプ自動起動は1次主循環ポンプA及びB号機の回転数低(130rpm以下)状態で

- ① A又はBポニーモータトリップ

② 炉容器液面低低（ -320mm 以下）

のいずれかになった場合、行われる。図2-11に1次補助冷却系補助循環ポンプ自動起動インターロック線図を示す。

2.3 1次補助冷却系に関する運転制限

1次補助冷却系のサイフォンブレイク機能は、系統で配管破損によるナトリウム漏洩が発生した場合、原子炉容器内のナトリウムがサイフォン効果により減少するのを防止する。

ナトリウム漏洩の発生後、原子炉は停止され、炉心冷却は1次主冷却系主循環ポンプポニーモータで主循環ポンプを駆動して炉心の崩壊熱除去を行うが、炉心圧損が大きいと補助冷却系のサイフォンブレイク部での圧力が高くなり、サイフォンブレイクができない。このため、ポニーモータの2台運転を1台運転として補助冷却系にかかる主循環ポンプ圧力を低下させる必要がある。ポニーモータ回転数は、

① 炉心圧損が、補助冷却系入口配管炉容器貫通部レベルと炉容器内ポニーモータ運転可能最低液面の差より小さいこと。

② 炉心流量が定格（ 217.12T/h ）の5%以上であること。

を満足するものでなければならない。以上の条件を満足させるためのポニーモータ回転数は昭和58年1月に実施した試験の結果、

① A号機 81.6 rpm（ポニーモータ抵抗タップ位置 R21）

② B号機 91.5 rpm（ ” ” R16）

が得られた。回転数の調整はポニーモータ電源回路に抵抗を投入することで行う。なお、通常運転中は電源回路の抵抗は短絡させてあり、ナトリウム漏洩発生時、抵抗を手動操作で投入する。図2-12に1次補助冷却系内外管破損サイフォンブレイク時の冷却系挙動、図2-13にポニーモータ抵抗回路、図2-14、15にポニーモータ1台運転時の各抵抗タップ時におけるQ-H特性曲線を示す。

2.4 2次補助冷却系統設備

2次補助冷却系統設備は1次補助冷却系より補助中間熱交換器を介して伝えられた炉心の熱を補助空気冷却器にて大気に放出する。

2次補助冷却系は定格流量で運転され、原子炉通常運転中は2次主冷却系で必要な熱除去が行われているため、2次補助冷却系では1次補助冷却系から、伝達される少量の熱を補助空気冷却器の自然通風により大気へ放出している。

補助冷却系で炉心冷却を行う場合、補助送風機を起動し、原子炉入口ナトリウム温度が 370°C になるように補助空気冷却器の出口ナトリウム温度を検出し、補助送風機入口ベーンの開度調節により出口ナトリウム温度を一定に保持する。

2次補助冷却システムの主要目は次のとおりである。

- ループ数 1
- 除熱容量 2.6 MW
- 冷却材流量 5 6.5 T/h
- 定格運転温度

補助空気冷却器入口ナトリウム温度 470℃

補助空気冷却器出口ナトリウム温度 340℃

2次補助冷却材は放射化されないため、本系統設備は補助中間熱交換器と格納容器間の配管を除き、各機器は格納容器外の原子炉付属建屋に設置されている。また、本系統設備全体は1重構造となっており、機器及び配管破損による漏洩ナトリウムは床面上に設けた鋼鉄製の受け皿にて保持するようになっている。2次補助冷却系統設備は次の機器により構成されている。図2-16に2次補助冷却系系統図を示す。

2.4.1 2次補助循環ポンプ

2次補助循環ポンプの型式はフラットリニアインダクション型電磁ポンプでその主な構成は、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、フレーム、及びコイル冷却用ファンである。ポンプの定格吐出圧力、及び定格流量はそれぞれ4 kg/cm²、56.5 T/hで、流量は約10%から100%まで誘導電圧調整器の電圧を変化させることによって連続に変化させることができる。ダクト本体は冷却材であるナトリウムの通路を形成し、ダクトの平行部を適当な空隙をもってはさむ平板固定子に三相交流を印加することにより電氣的にナトリウムに駆動力を与える。また、ダクト部は中央部1個所を固定支持し、両端で熱膨張によるダクトの伸びを出入口配管に逃がすようスライド支持となっている。また、ダクト部を予熱するため予熱ヒータが取り付けられている。熱絶縁はナトリウムの熱がダクトを介して逃げるのを防止するとともにダクトから固定子のコイルへの熱影響を軽減させるために施されている。

冷却用ファンは片吸込ターボファンで固定子の熱を除去しコイルの冷却を行っている。図2-17に2次補助冷却系循環ポンプ構造図、図2-18に2次補助冷却系循環ポンプダクト構造図を示す。

2.4.2 2次補助空気冷却器

2次補助空気冷却器は2次ナトリウムを冷却するための設備で冷却媒体である空気を冷却器に送り込む補助送風機、空気を建屋外から吸気し補助空気冷却器に導き除熱後の空気を建屋外へ放出するダクト、ダクトの熱膨張を吸収するための伸縮継手、さらに空気量を調整するための出入口ダンパ、入口ベーンにより構成されている。

補助空気冷却器はヘッダーにZ形の15本のフィンチューブを取り付け、その外周に空気流路を形成するようにケーシングを設けた構造をしている。補助空気冷却器は原子炉付属建

屋の 1 階に設置され、架台上に据付けられた補助送風機により冷却用空気が送られる。冷却器内部はナトリウムの流れるヘッダ、フィンチューブとこれを支えるヘッダ支持部材、チューブサポートと全体を支えるケーシングから構成されている。

ナトリウムは上部ヘッダからフィンチューブ内に流入し、下部ヘッダから流出する。冷却用空気は補助送風機により下側から圧送されて上側に向って流れる。

入口ダンパはバタフライ型の羽根 4 枚で構成され、空気圧ドライブユニットで駆動される。また、出口ダンパはカンチレバー型の羽根 2 枚で構成され電動機により駆動される。入口ベーンは送風機吸入ダクト内部に取り付けられ、空気圧ドライブユニットで駆動される。通常、風量制御は入口ベーンによって行われるが、入口ダンパでも制御が可能である。各ダンパ及び入口ベーンは中央制御室より遠隔操作が出来るようになっている。

補助送風機は 30 kW の誘導電動機で駆動される片吸込ターボファンで回転数 735 rpm で定格 890 m³/min の冷却用空気を吸気ダクトを介して建屋外より吸気し補助空気冷却器へ送り込むようになっている。図 2-19, 図 2-20, 図 2-21, 図 2-22, 図 2-23 に 2 次補助空気冷却器全体図, 2 次補助空気冷却器構造図, 2 次補助空気冷却器入口ダンパ構造図, 2 次補助空気冷却器出口ダンパ構造図, 及び 2 次補助送風機組立図を示す。

2.4.3 膨張タンク

膨張タンクはナトリウム自由液面を有している容器で原子炉付属建屋の 1 階天井付近にラグ支持方式により設置されている。本タンクは縦置円筒型の容器で胴内径 700 mm, 全高 1184 mm, 厚さ 6 mm であり、ナトリウム入口ノズル, オーバフローノズル, アルゴンカバーガス供給ノズルと液位計取り付けノズルを有している。膨張タンクの設置目的は下記のとおりである。

- ① プラント起動, 停止及び運転中における系統の温度変化によるナトリウム体積変動を本タンクにて吸収する。
- ② 系統内ナトリウムの純化作業を行うとき, 主冷却系ナトリウムを補助冷却系へ流入させ本タンクのオーバフローノズルより系統ナトリウムをダンプタンクへ戻す。

図 2-24 に膨張タンクの構造図を示す。

2.4.4 電磁流量計

2 次補助冷却系電磁流量計は永久磁石式であり、循環ポンプの吐出側水平配管部に設置されている。構造はダクト部が一重構造であることを除き 1 次補助冷却系流量計とはほぼ同じである。

2.4.5 配 管

2 次補助冷却系配管は材料として STPA24 を使用している。配管構造は 1 重管で配管破損による漏洩ナトリウムは床面上に設けた鋼鉄製の受け皿で保持される。なお、配管には予熱ヒータが設けられている。図 2-25 に 2 次補助冷却系配管図を示す。

2.4.6 弁

2次補助系の弁の構成は電動弁2個(V32・2-1, 2), 空気作動弁1個(V32・2-3), 手動弁5個(V35・2-5, 6, 7, 8, 10)である。電動弁はベローズシール玉形電動弁で構造図を図2-26に, 空気作動弁の構造図を図2-27に示す。

2.4.7 2次補助プラグング計

2次補助プラグング計は2次補助冷却系のプラグ温度を監視するために設けてある。

2次補助冷却系はナトリウム純化装置を持っていないため, 系統の純化は2次主冷却系に設けられている2次純化系を使用する。ナトリウム純度が低下した場合, 原子炉停止期間中に2次主冷却系との連絡弁を開とし, 2次主冷却系の純化されたナトリウムを系統内へ注入し, 膨張タンクのオーバフローノズルより, 純度の低下したナトリウムをダンプタンクへ落とすことにより系統内ナトリウムの純化を行っている。なお, 原子炉運転中は2次主冷却系と2次補助冷却系の独立性を確保するため, 2次補助冷却系は2次主冷却系と隔離して運転される。

2次補助プラグング計のナトリウムは入口ノズルより流入し, 小型の電磁ポンプで駆動された後, 冷却器とバイパスに分かれ, 再び冷却器下方で合流して出口ノズルより流出する。プラグング計はオリフィス流量とメイン流量の流量比が設定値より高い場合, 冷却器の風量を増して, オリフィスのナトリウム温度を下げ不純物の付着を促進し, 設定値より低い場合, 風量を絞ってナトリウムの温度を上げて付着不純物を溶解するように動作する。

プラグング温度はプラグングオリフィス部におけるナトリウム不純物の付着と溶解が平衡状態にあるときのナトリウム温度である。図2-28に2次補助冷却系プラグング計系統図, 図2-29に2次補助プラグング計全体図を示す。

2.5 2次補助冷却系統の運転

2次補助冷却系の運転モードは二つに大別できる。

- ① 主冷却系が運転されている時の待機運転
- ② 非常用炉心冷却系としての崩壊熱除去運転

原子炉通常運転，2次補助冷却系は100%流量で運転され，2次補助冷却系の温度制御は，2次補助送風機停止，補助空気冷却器の出入口ダンパが全開の状態で，2次補助冷却系コールドレグ温度を398℃に保持するように，補助空気冷却器の入口ベーンの開度を調整し，自然通風流量を調節することにより行っている。原子炉通常運転中の入口ベーン開度は約10%である。

一方，1次補助冷却系が自動起動した時，補助空気冷却器出入口ダンパがもしも，中間開度である場合，自動で全開になる。また，同時に補助冷却器の入口ベーンは自動で全閉し，補助送風機の起動条件が成立した後，補助送風機が自動起動する。その後，1次補助冷却系原子炉入口ナトリウム温度が370℃になるように補助空気冷却器の出口ナトリウム温度を検出し，補助送風機入口ベーンの開度調節によって，一定温度に制御する。



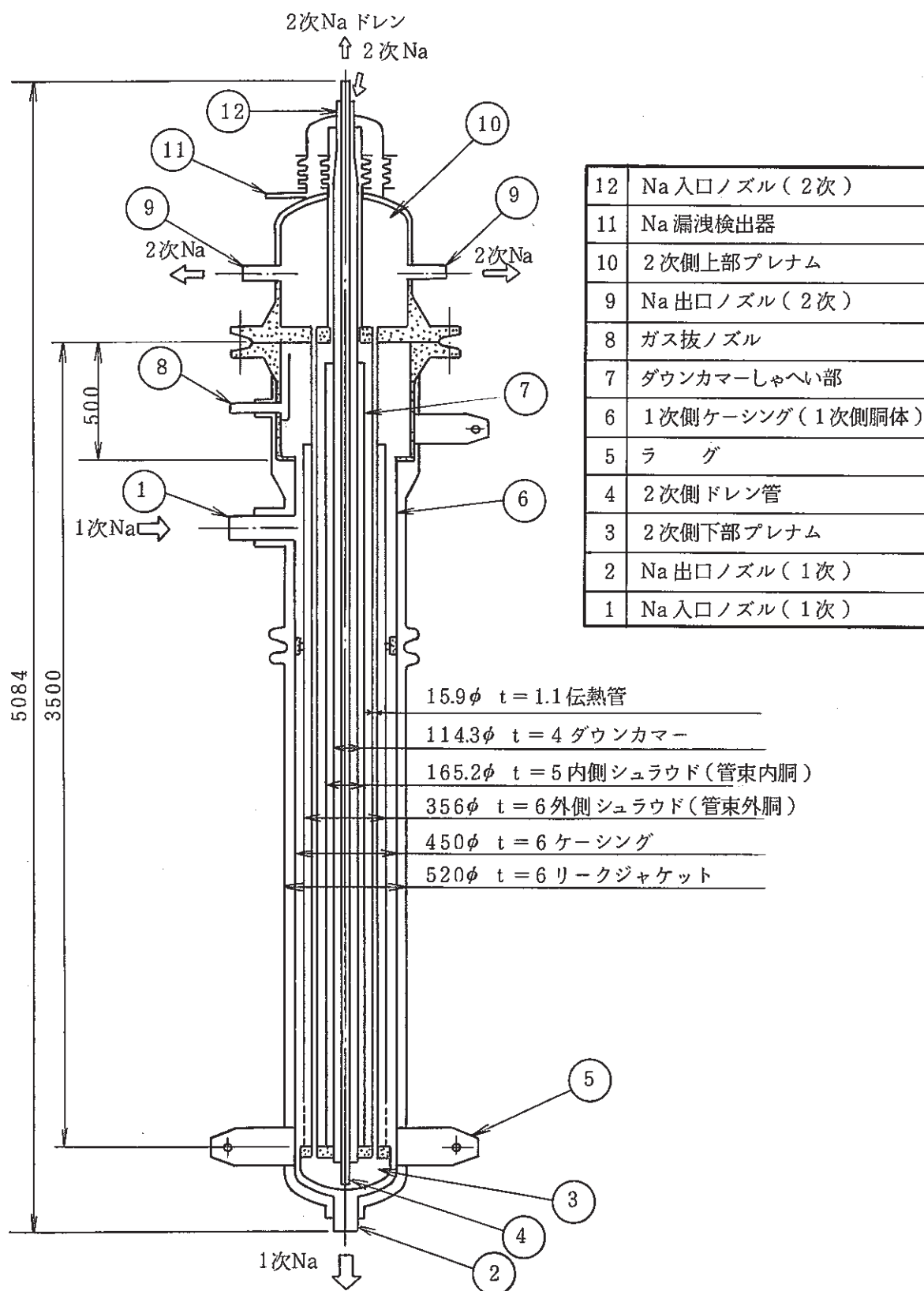
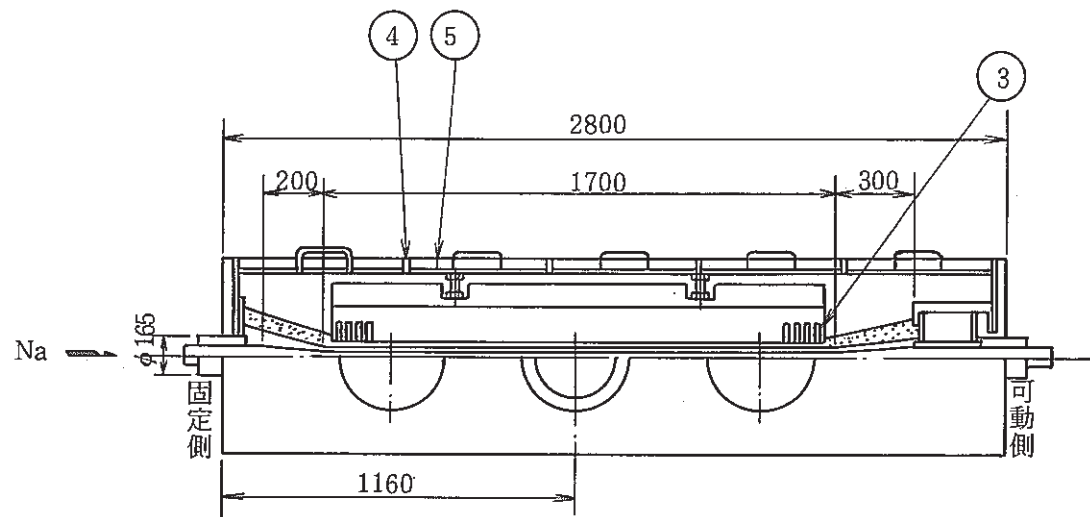


図 2 - 2 補助中間熱交換器



項番	部 品 名	材 質	備 考
1	ポンプダクト	SUS304	
2	リークジャケット	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 層		
9	Na 漏洩検出器		

項 目	性 能 仕 様
形 式	FLIP(フラットリニアインダクション)形
流 体	液体金属ナトリウム
流 量	最 大 56.5T/h 常 用 約 17.0T/h
揚 程	18mNa(370℃, 56.5T/h)
温 度	設 計 550℃ 運 転 370℃(入口)
設 計 内 圧	1.9 kg/cm ² g
設 計 外 圧	1.0 kg/cm ² g
ジャケット	1.0 kg/cm ² g
ダクト壁構造	二重壁
接 続 配 管 径	入口 4 B, 出口 3 B
冷却用 N ₂ ガス	80 Nm ³ /min, 圧力損失 20mmAq 以下
端 子 入 力	150kVA 50Hz AC400V 3φ

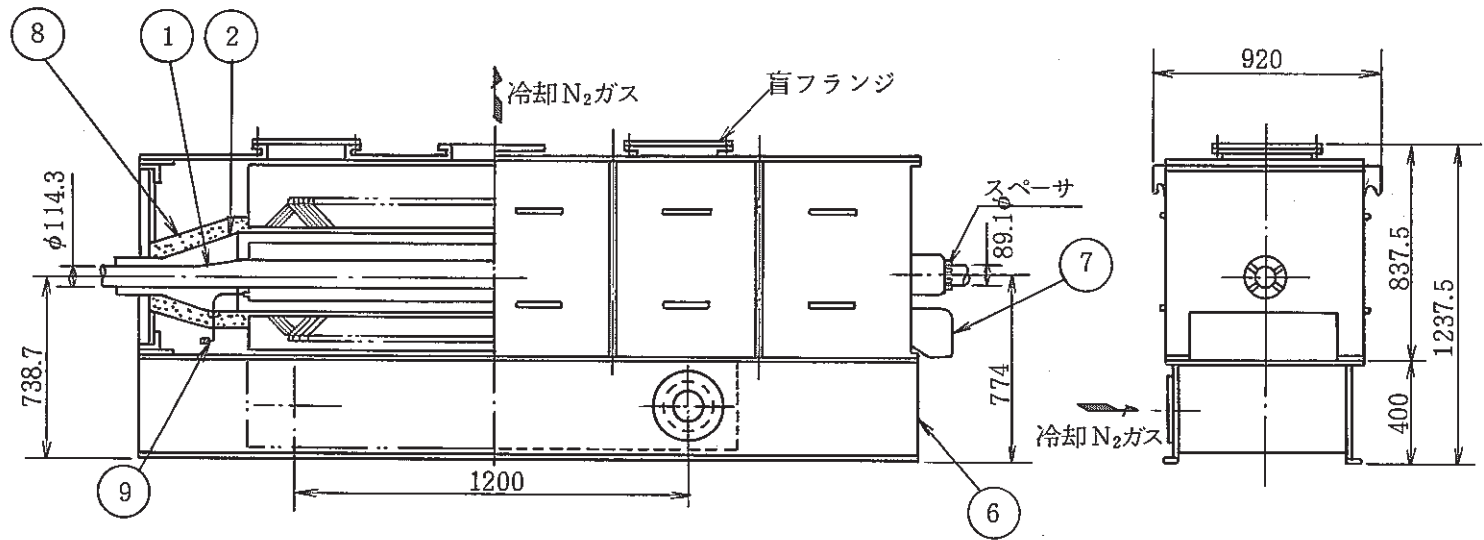


図 2 - 3 1 次補助循環ポンプ構造図

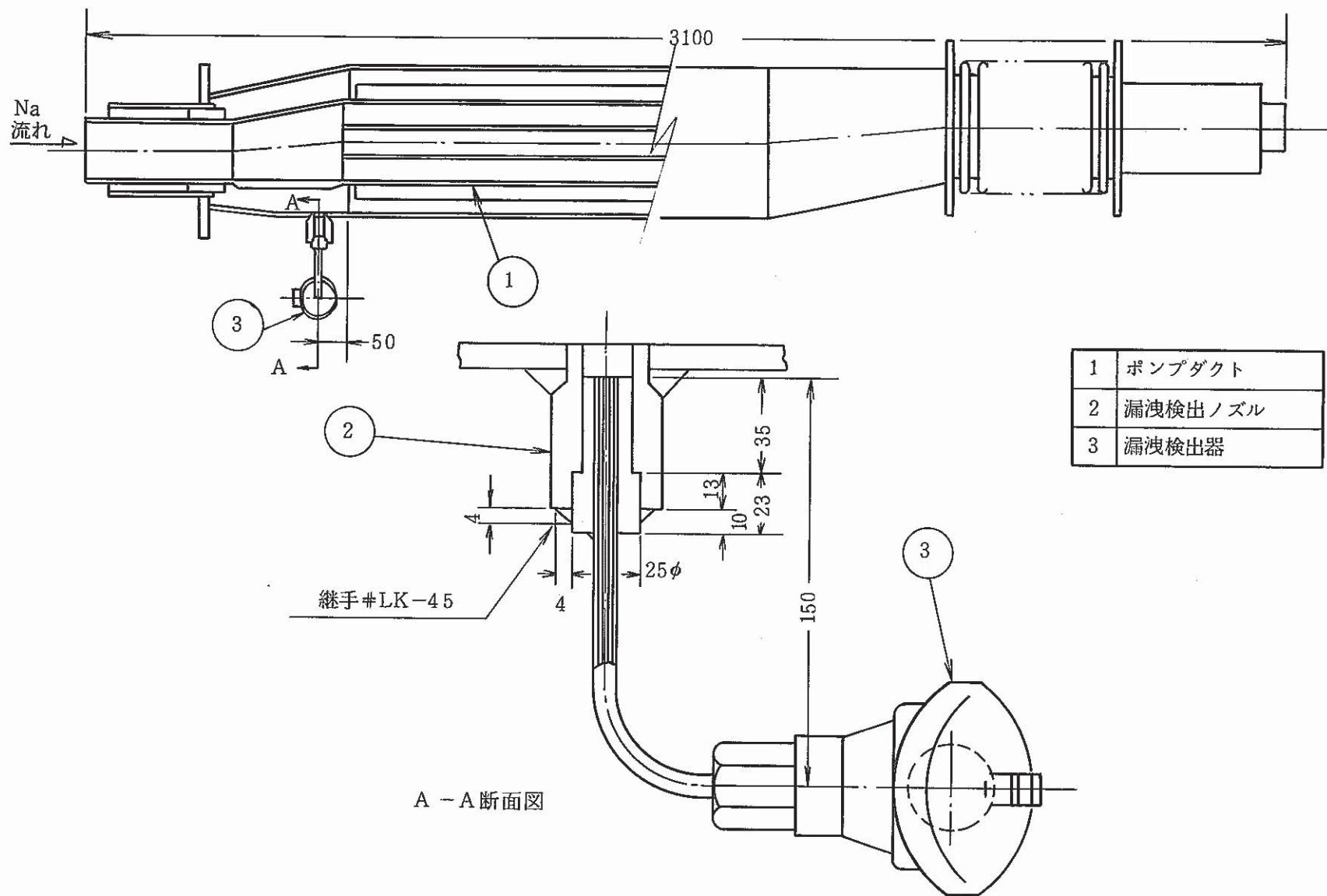


図2-4 1次補助循環ポンプNa漏洩検出器取付図

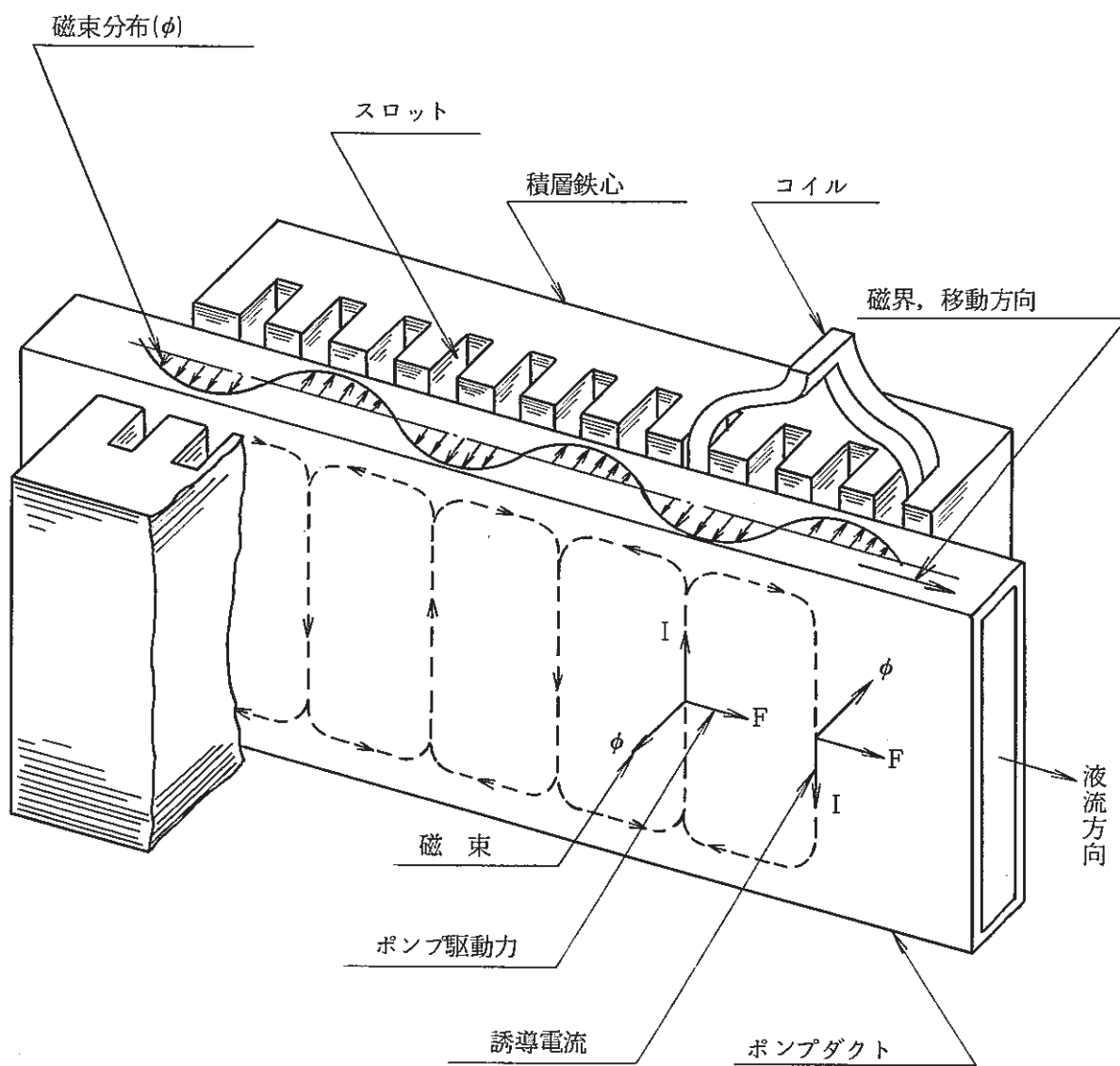


図 2-5 フラットリニアインダクションポンプ原理図

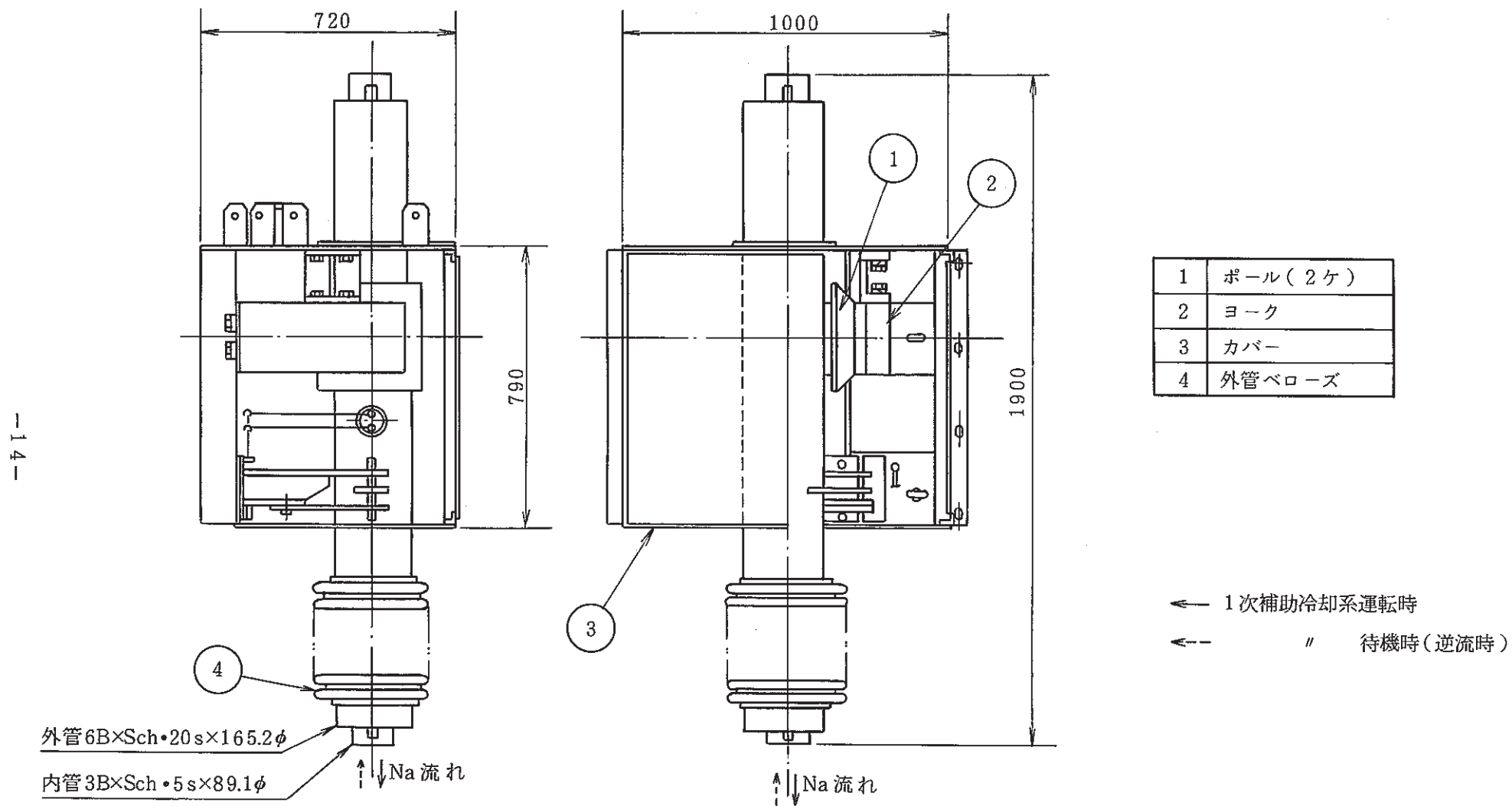


図 2 - 6 1 次補助冷却系電磁流量計構造図

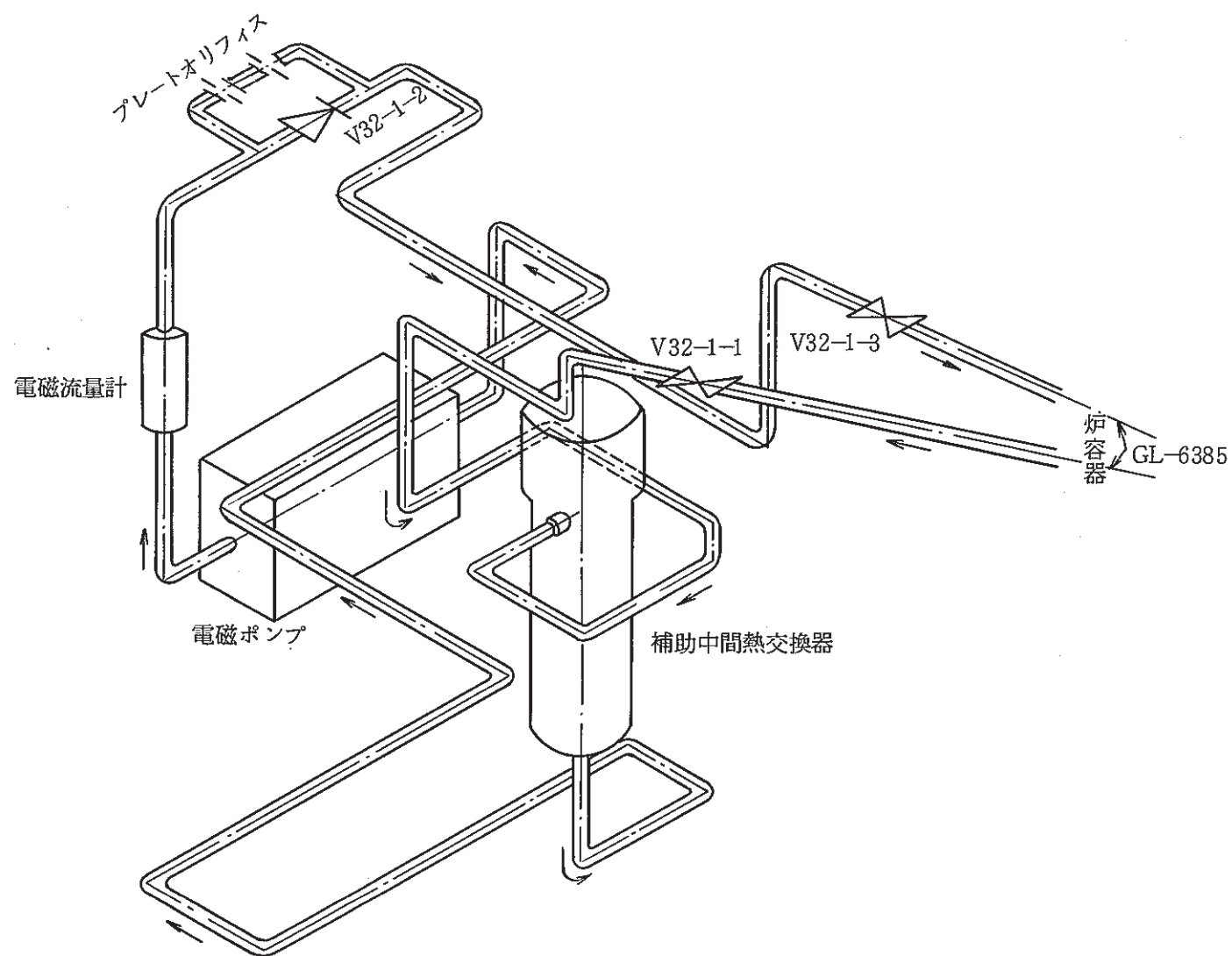


図 2 - 7 1 次補助冷却系配管図

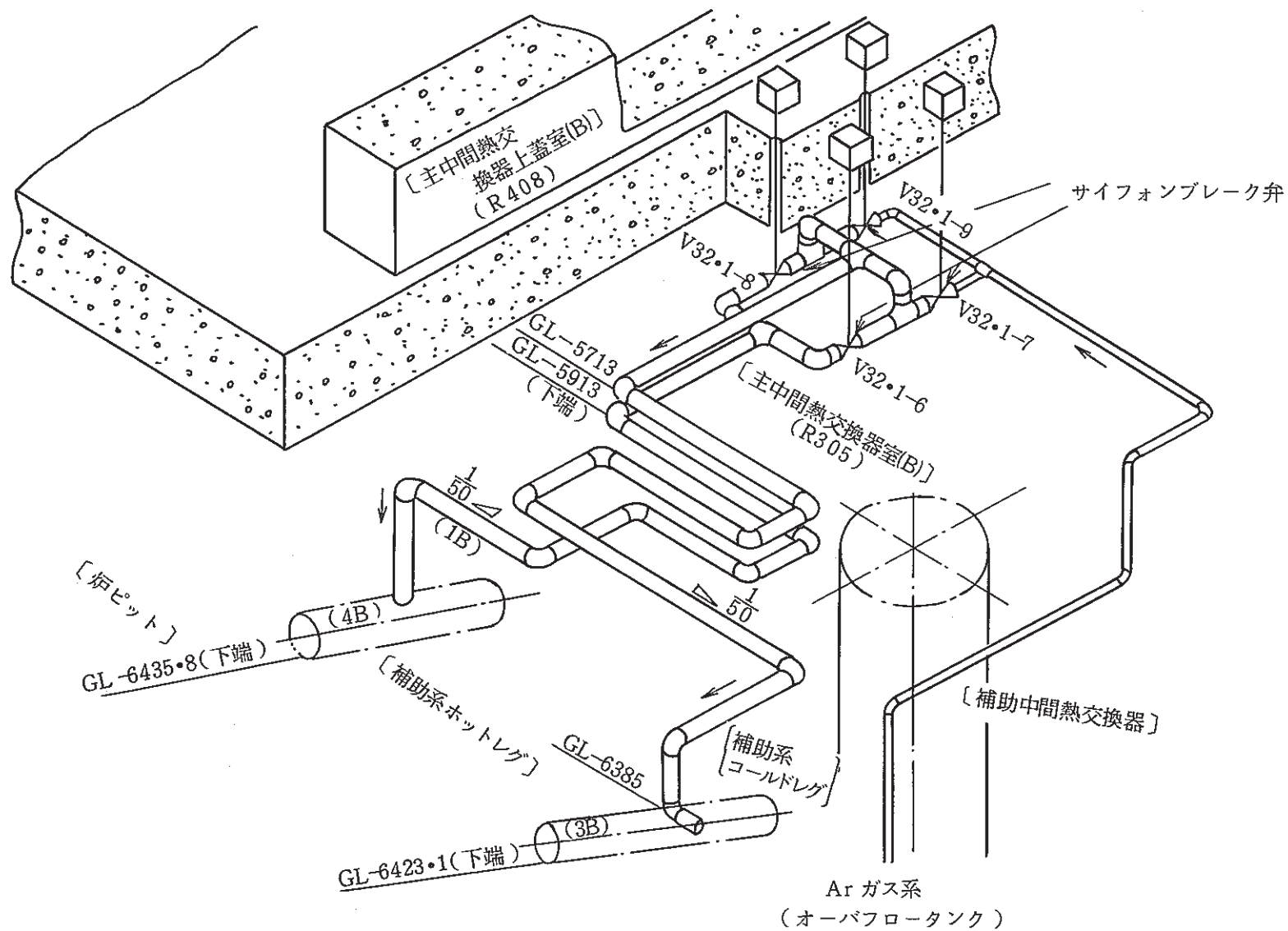


図2-8 1次補助冷却系サイフォンブレイク配管図

ベローシール玉形弁（2重管用）

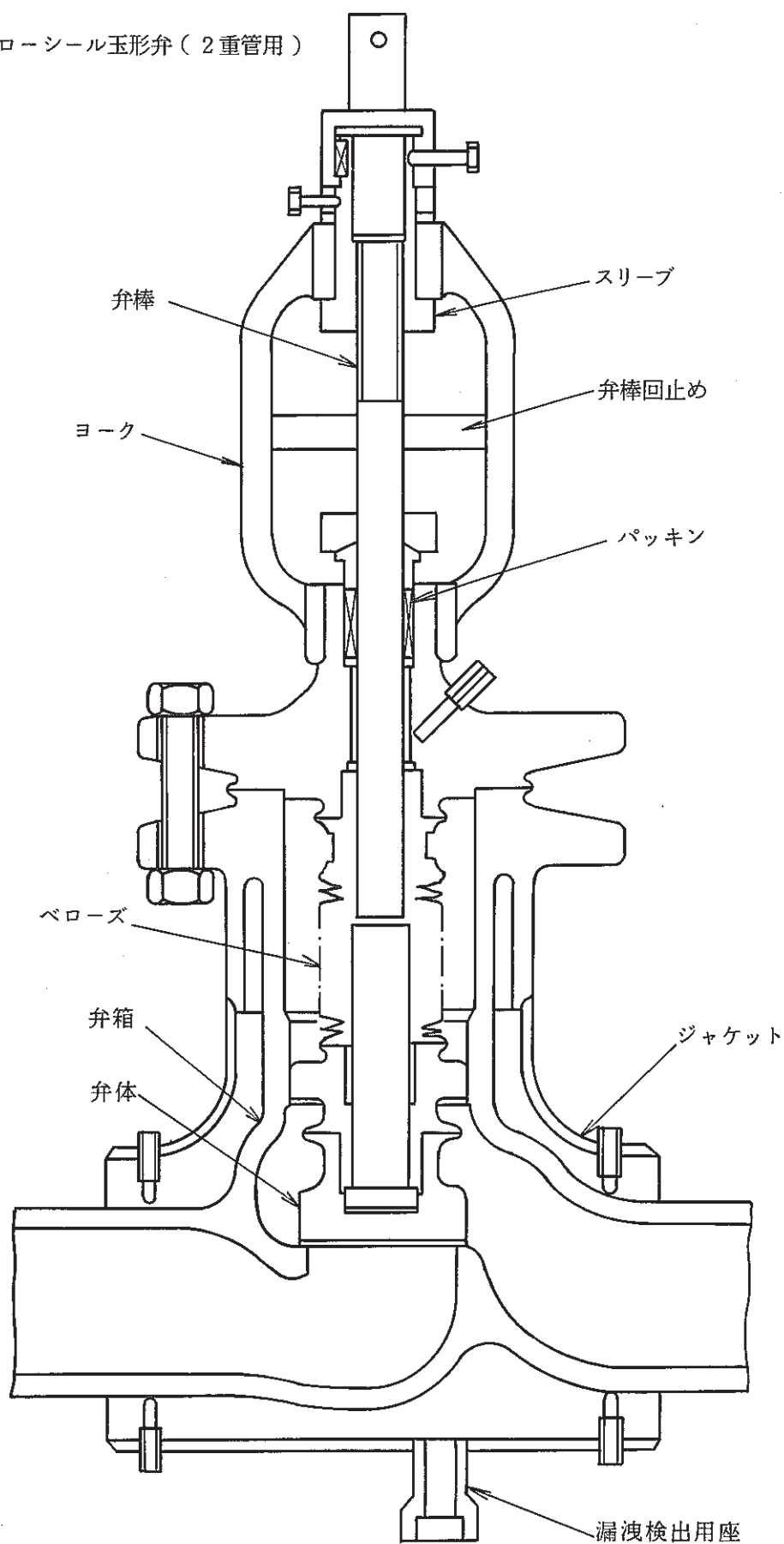


図 2 - 9 弁構造図

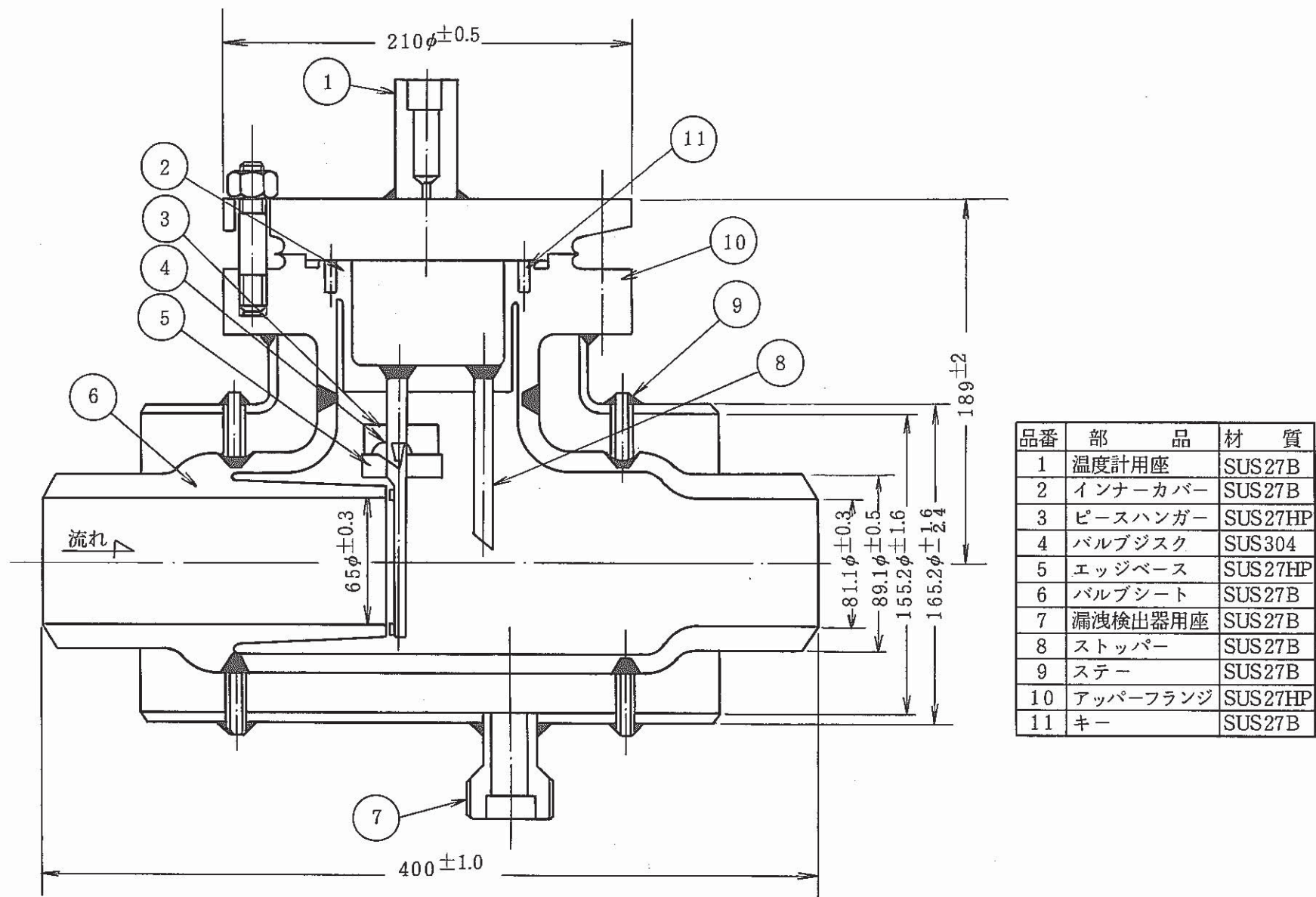


図 2-10 1次補助冷却系逆止弁構造図

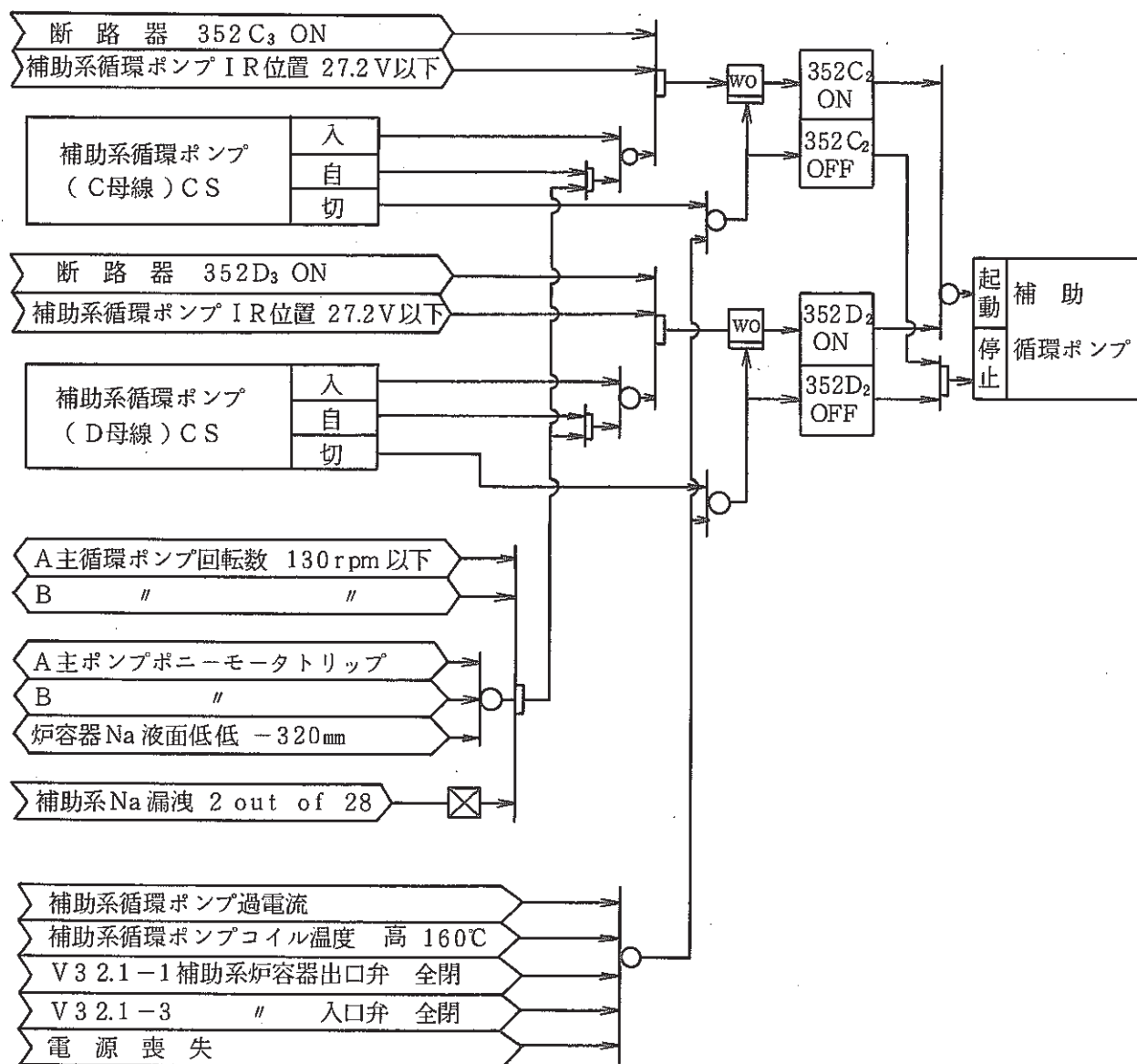


図 2 - 1 1 1 次補助冷却系補助循環ポンプ自動起動インターロック線図

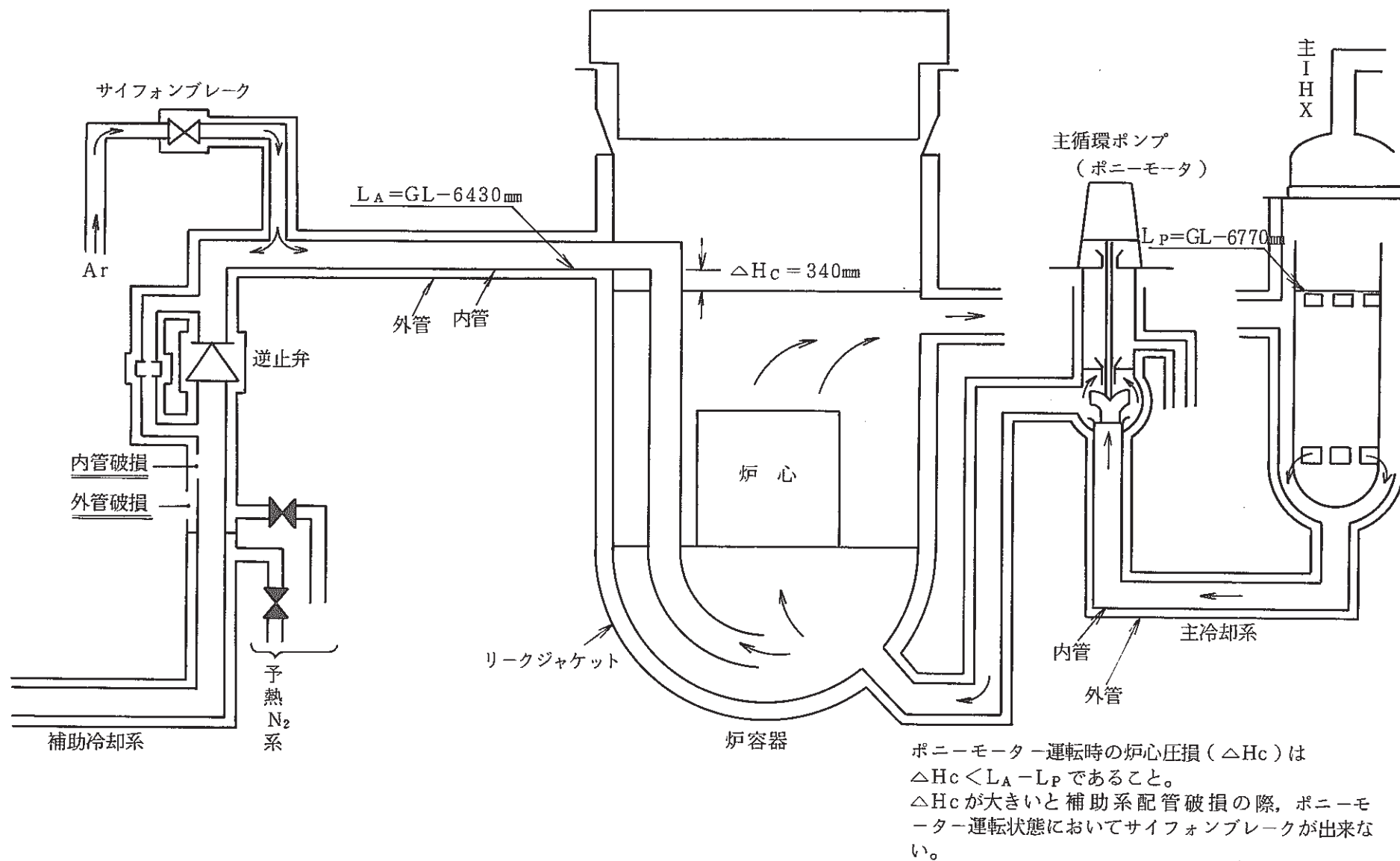


図 2-12 補助冷却系内外管破損サイフォンブレイク時の冷却系の挙動

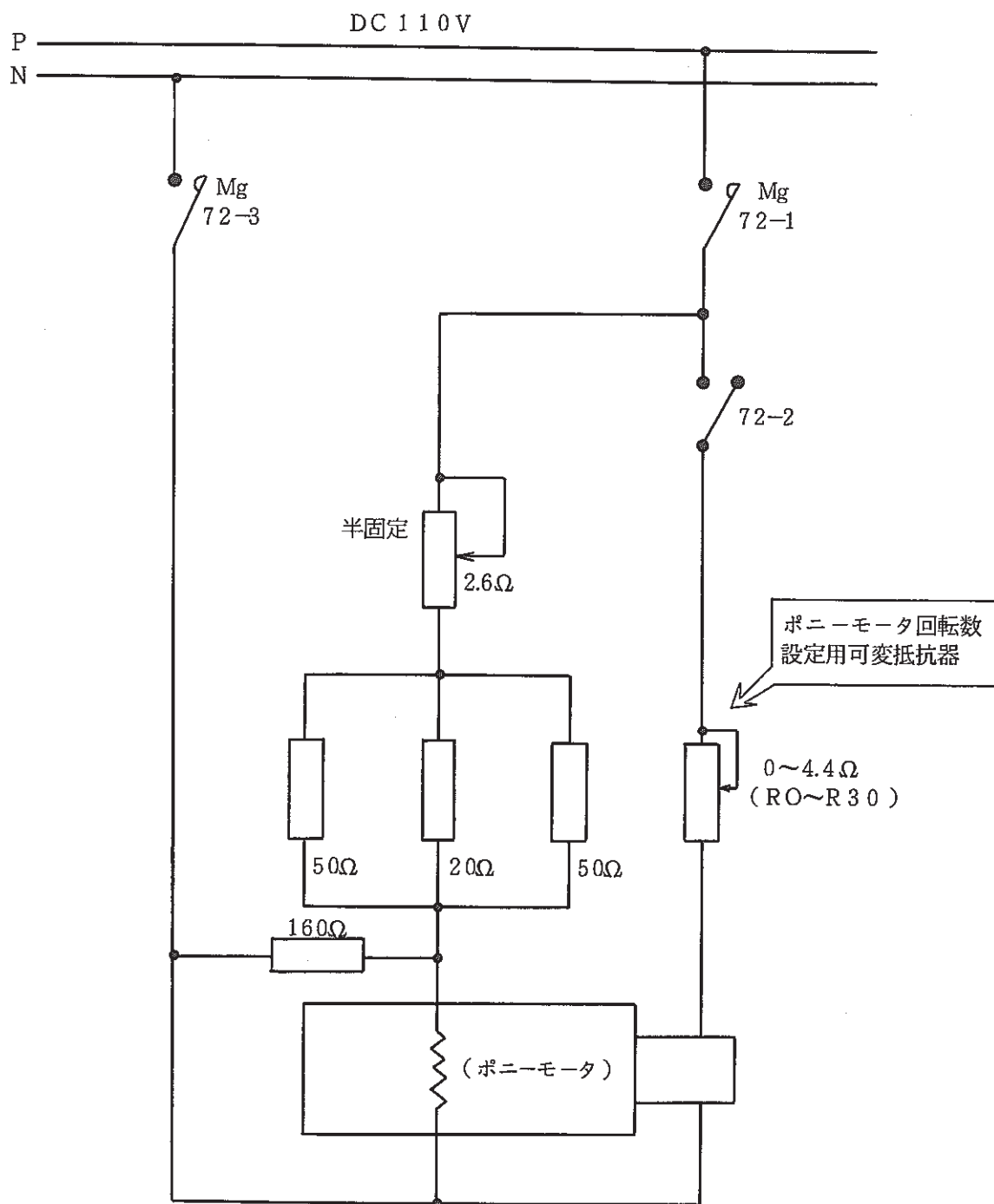


図 2 - 1 3 ポニーモータ回転数設定用可変抵抗器

昭和 58 年 2 月 2 日測定

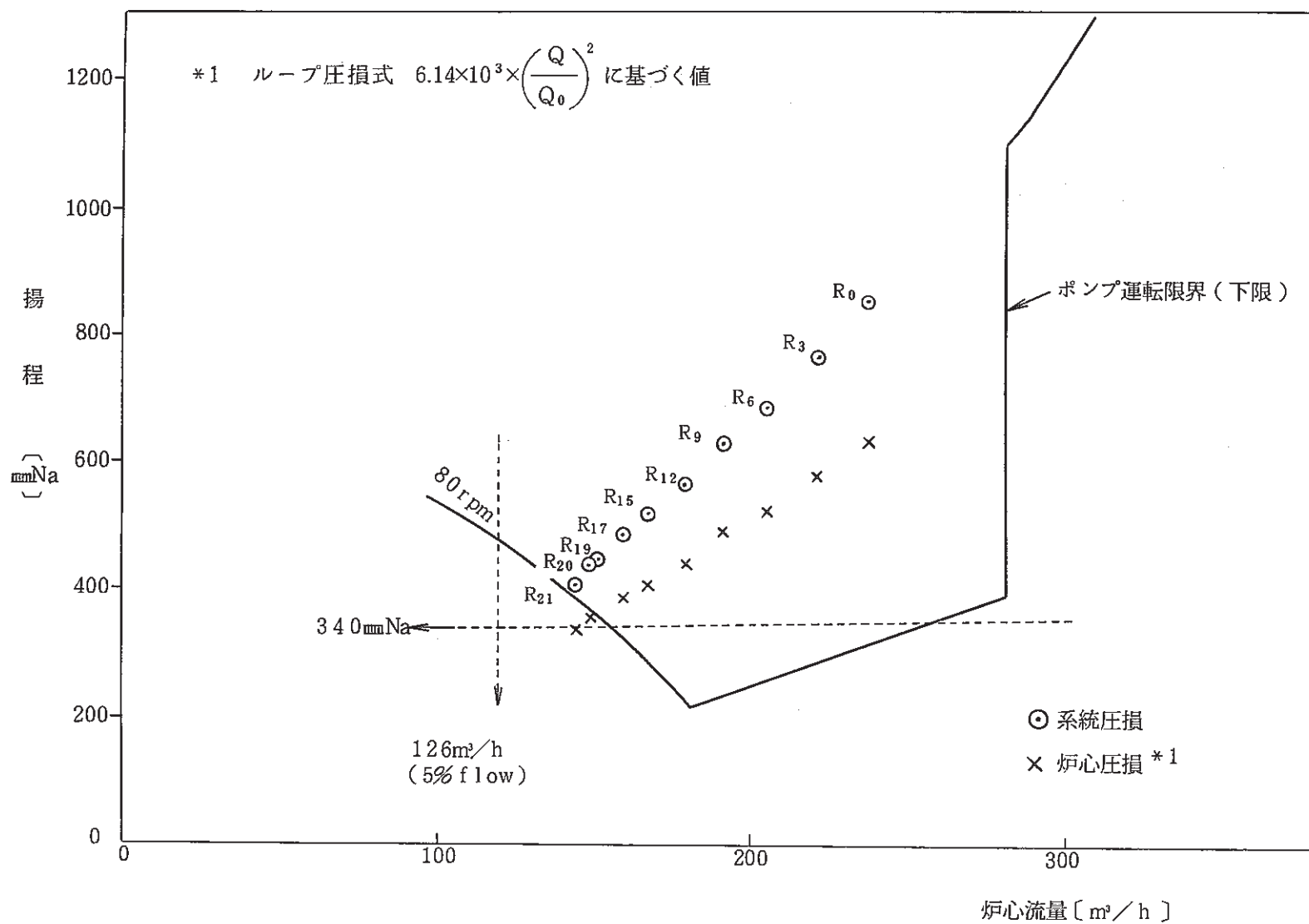


図 2-14 A ポニーマータ 1 台運転時の Q-H 特性曲線

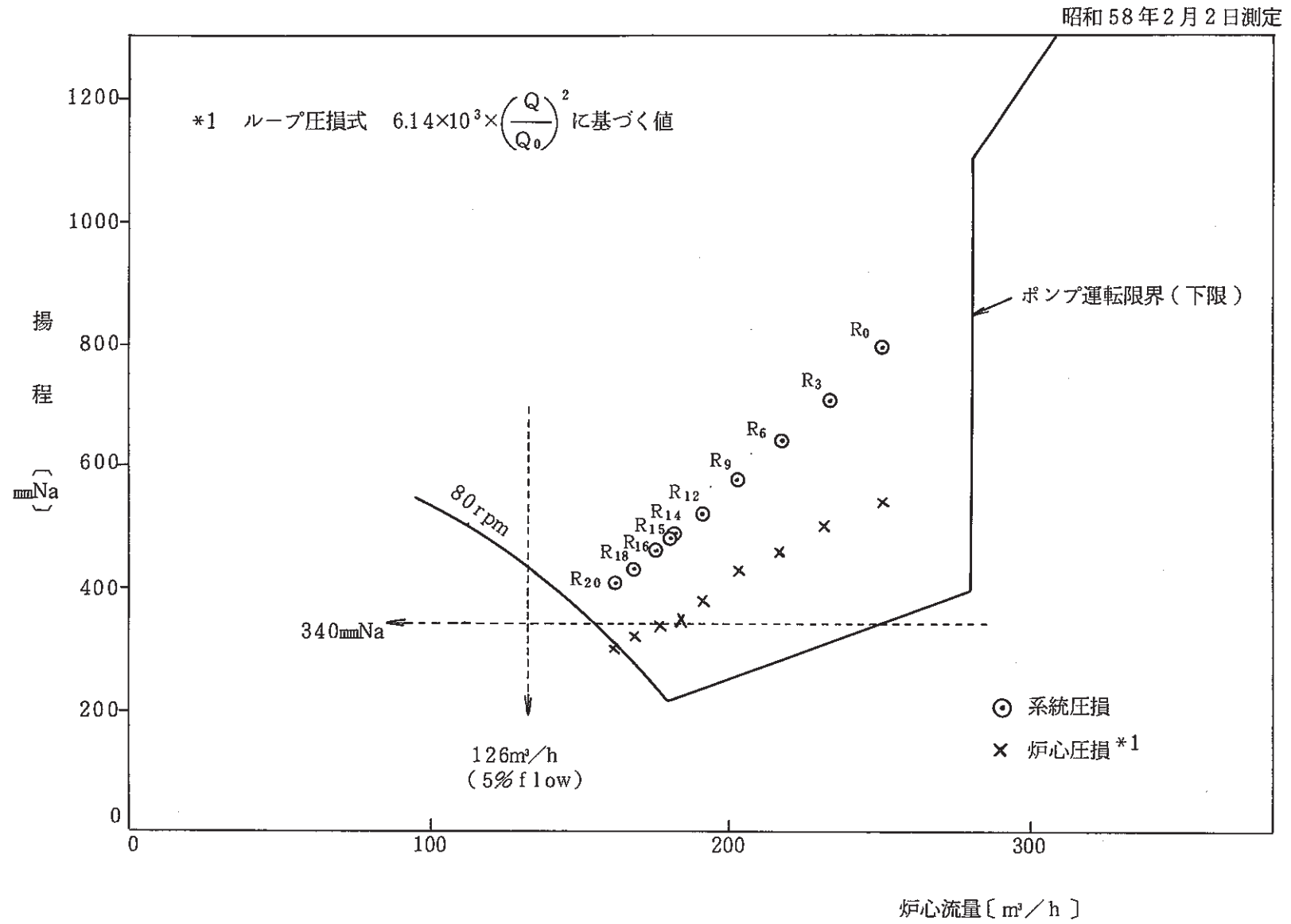


図 2-15 B ポンモータ 1 台運転時の Q-H 特性曲線

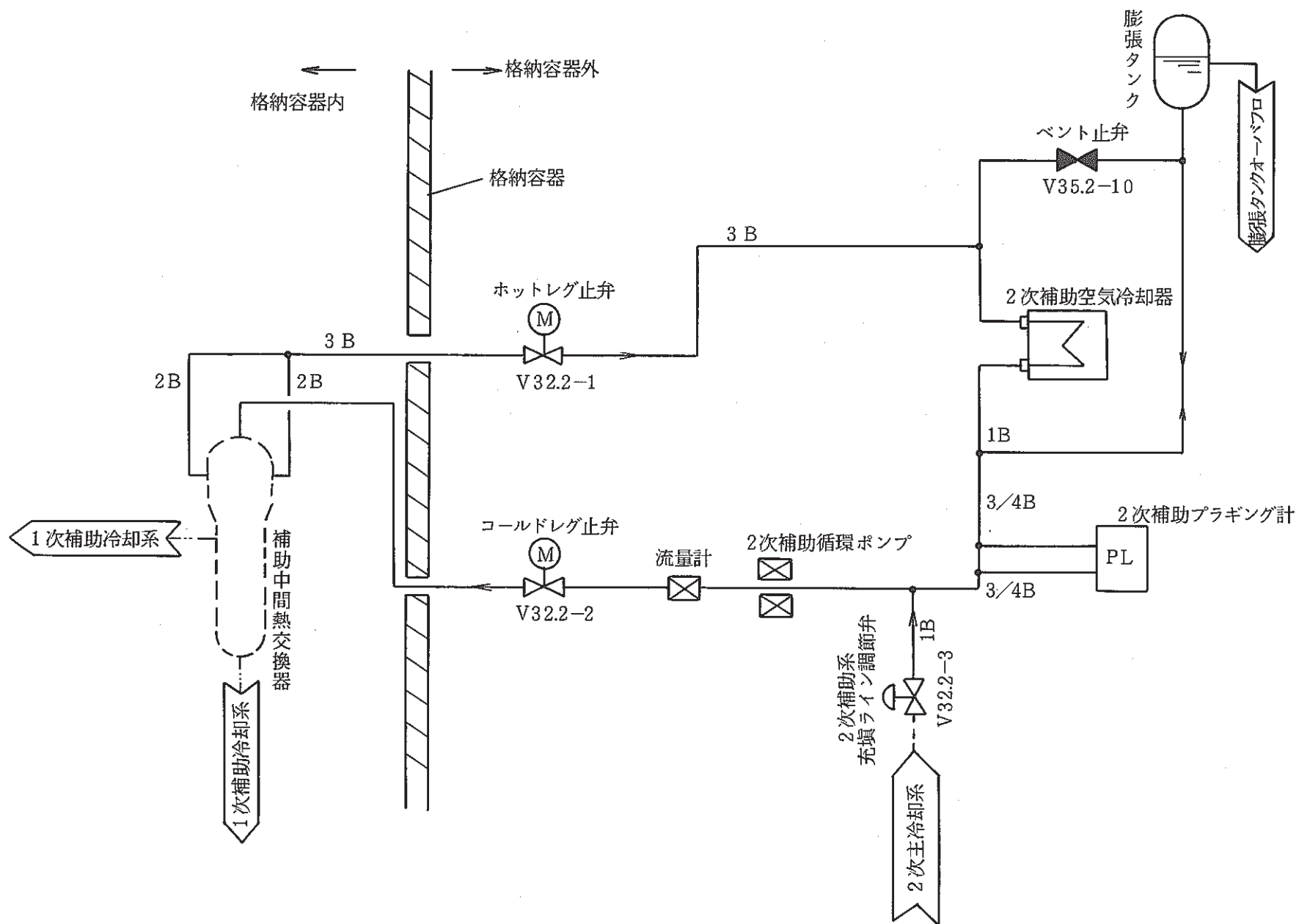


図 2 - 1 6 2次補助冷却系系統図

品番	名 称
1	上部フレーム
2	下部フレーム
3	ダクト
4	リニアモータ鉄心
5	" コイル
6	クランプ
7	ダクト固定支持台
8	冷却ファン
9	熱絶縁
10	"
11	風導板
12	ナトリウム漏洩検出器素子
13	ダクト移動支持棒
14	冷却空気通路

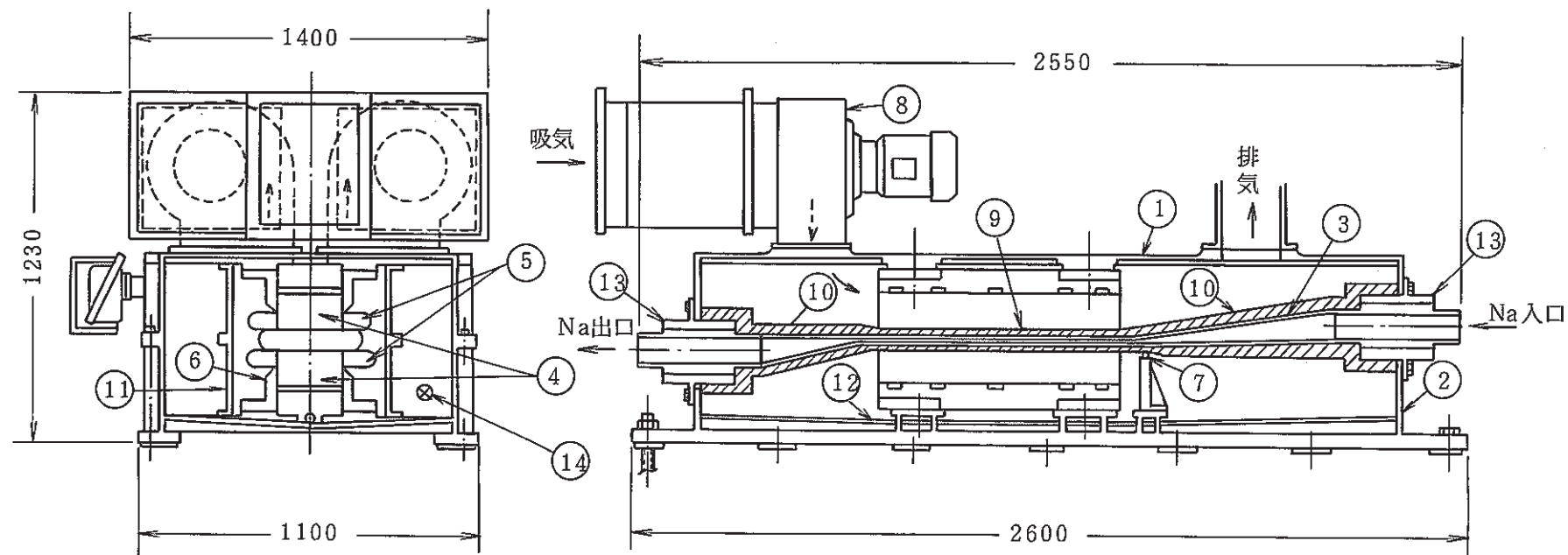


図 2 - 1 7 2 次補助冷却系循環ポンプ構造図

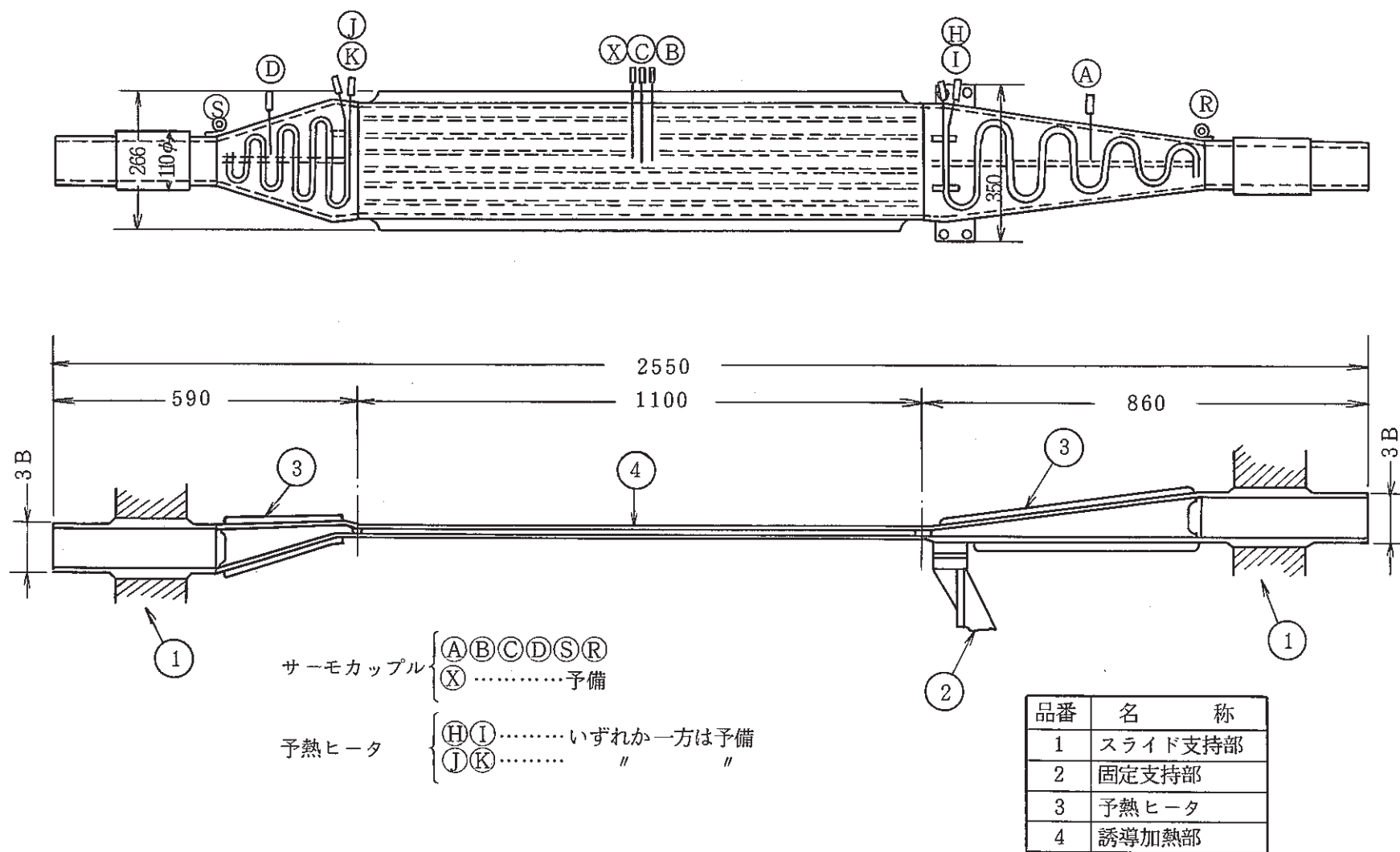


図 2 - 1 8 2次補助冷却系循環ポンプダクト構造図

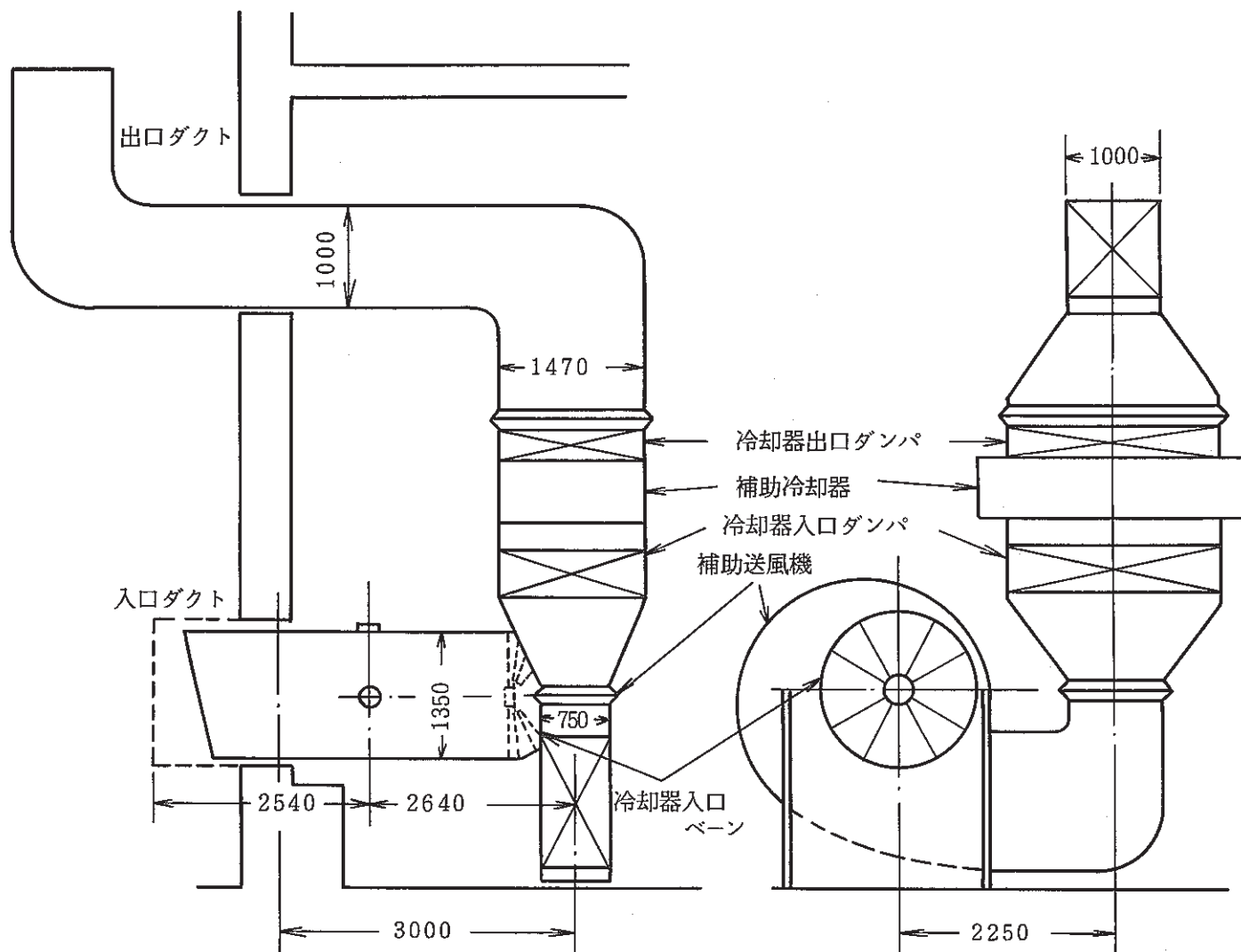


図2-19 2次補助空気冷却器全体図

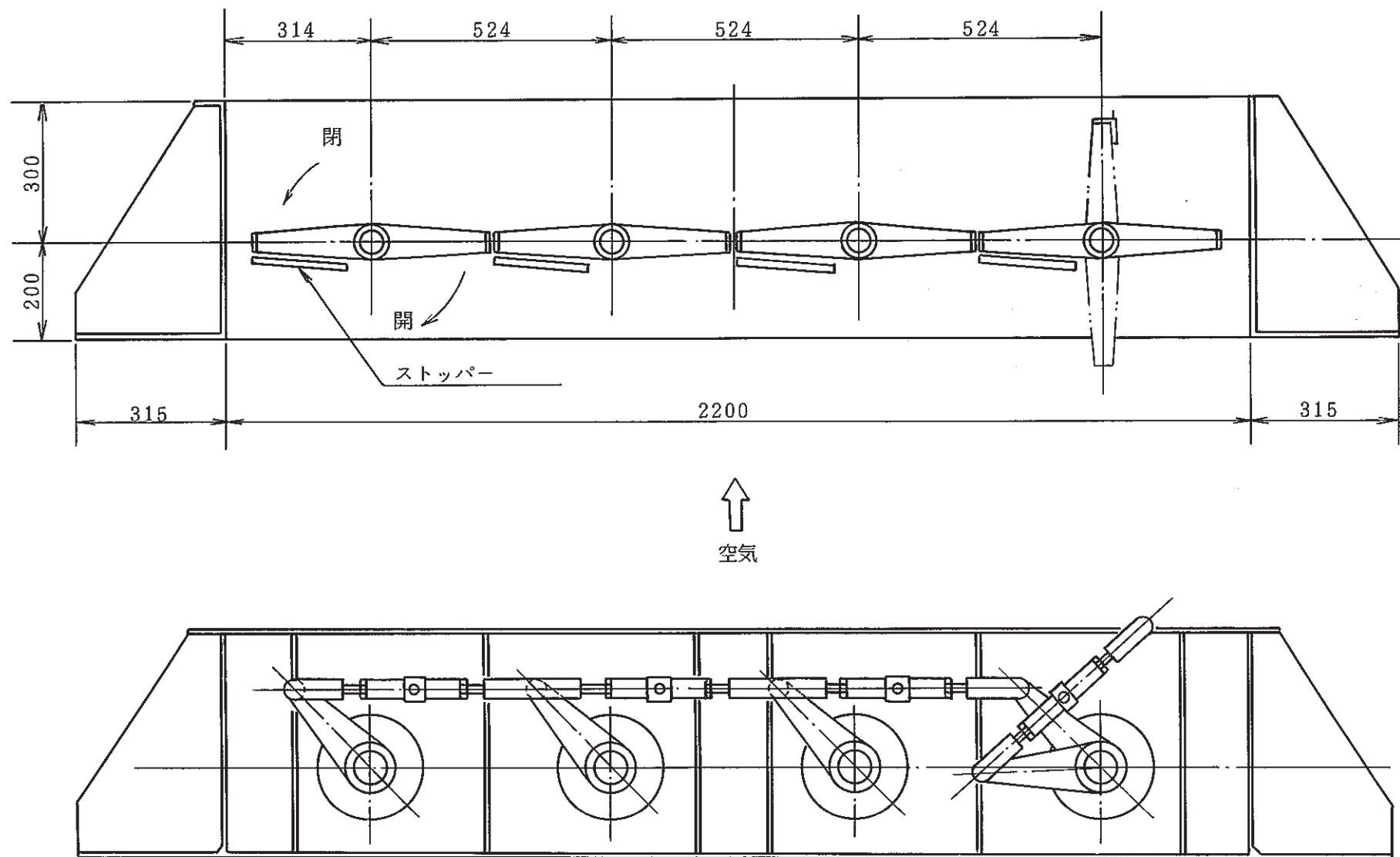


図 2 - 2 1 2 次補助空気冷却器入口ダンパ構造図

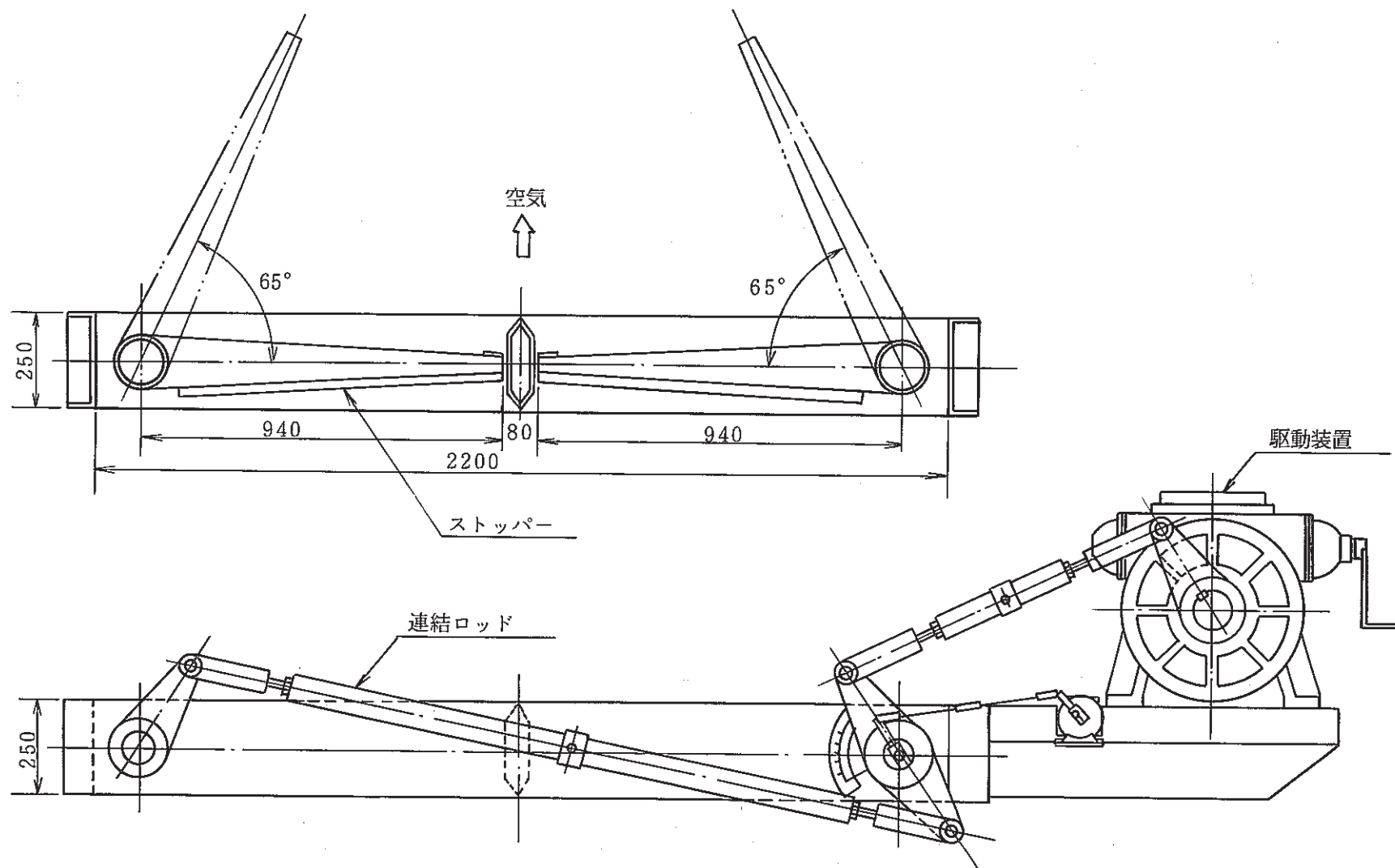


図 2 - 2 2 2 次補助空気冷却器出口ダンパ構造図

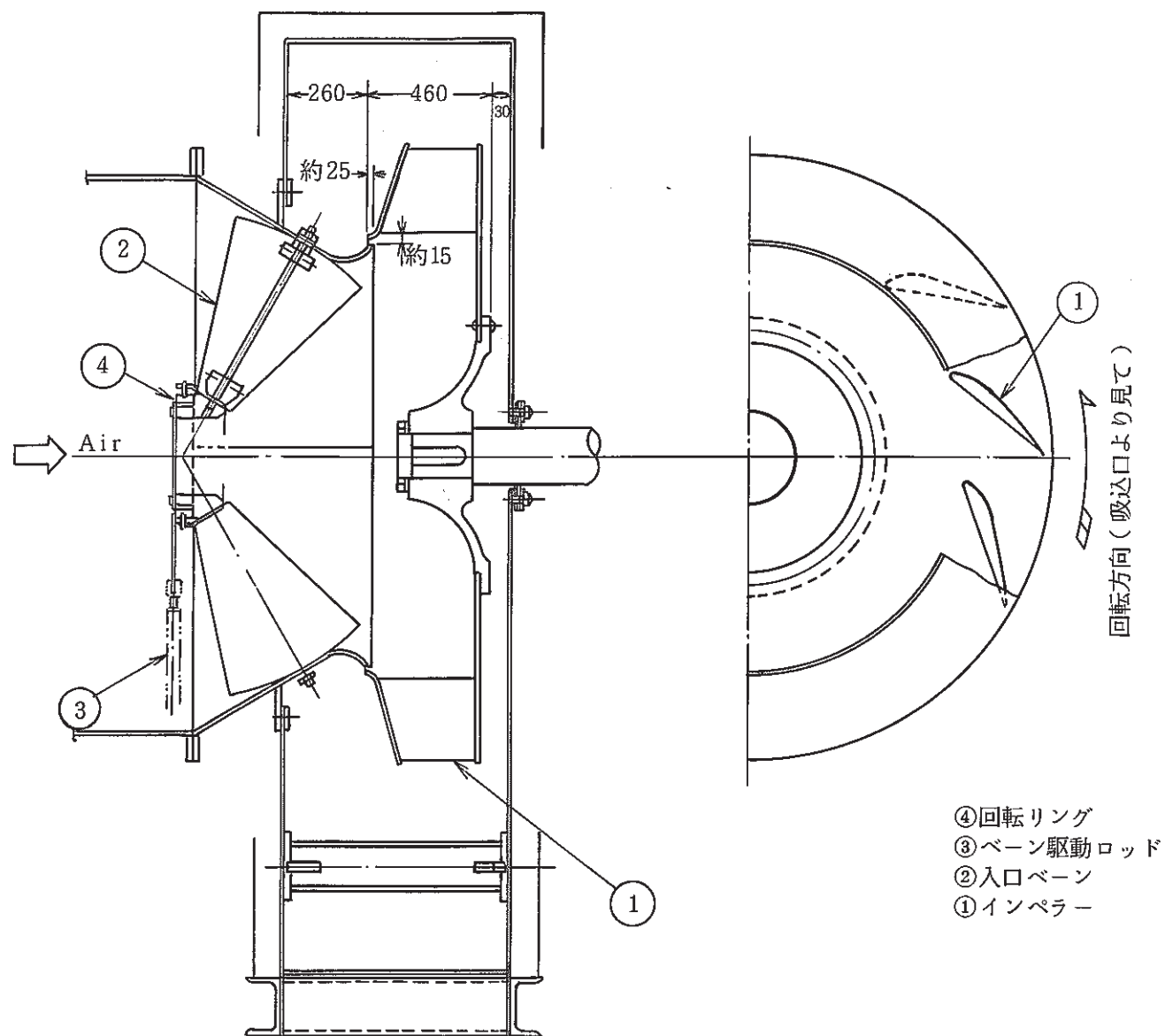
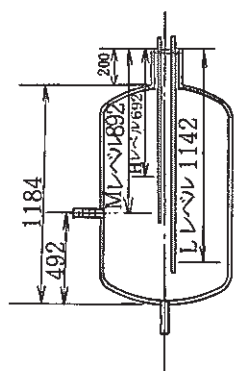
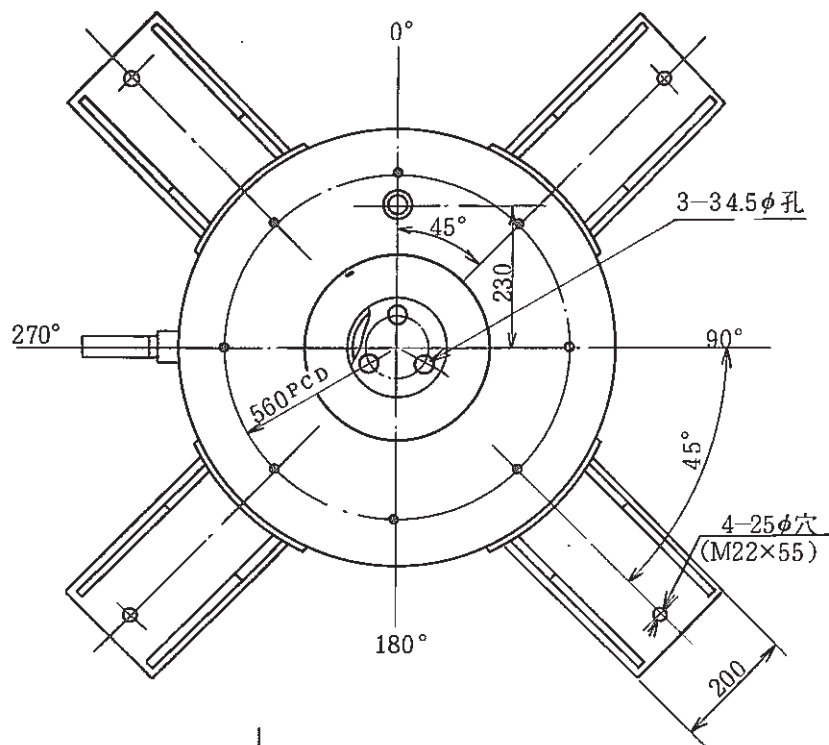


図2-23 2次補助送風機組立図



膨張タンク液位計検出点(※)

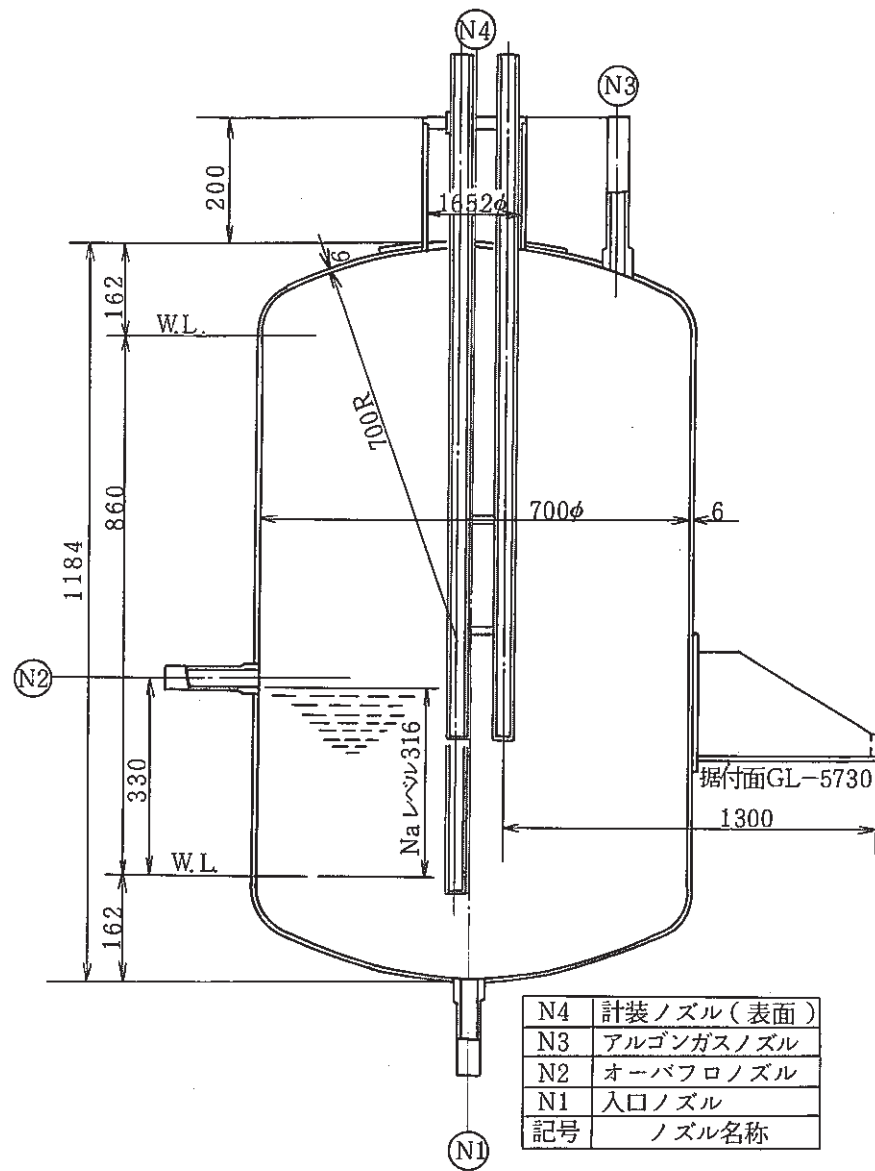


図 2-24 2次補助冷却系膨張タンク構造図

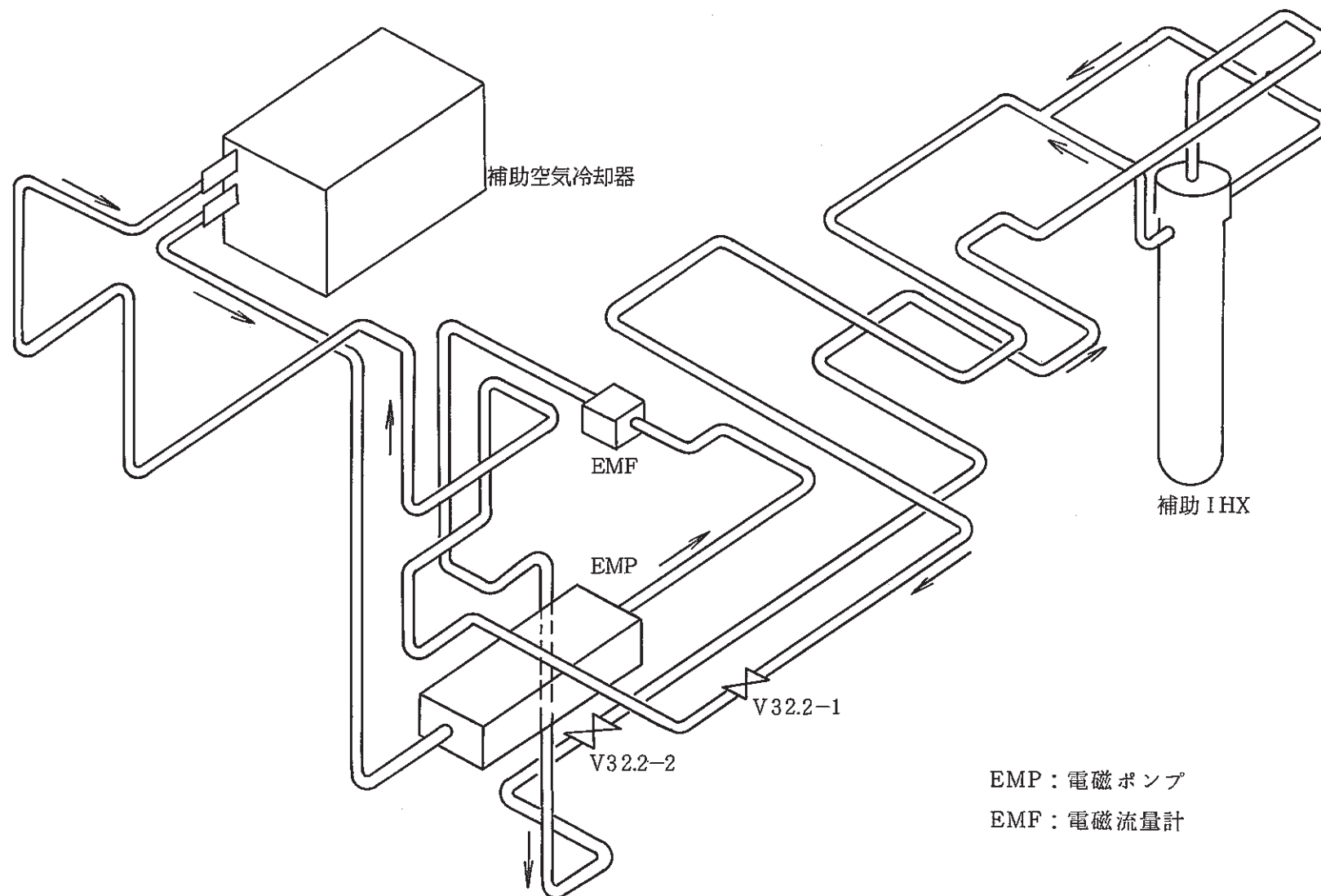


図 2 - 2 5 2 次補助冷却系配管図

品番	品 名
1	本 体
2	弁
3	ベローズ
4	弁 棒
5	フィン
6	電動機

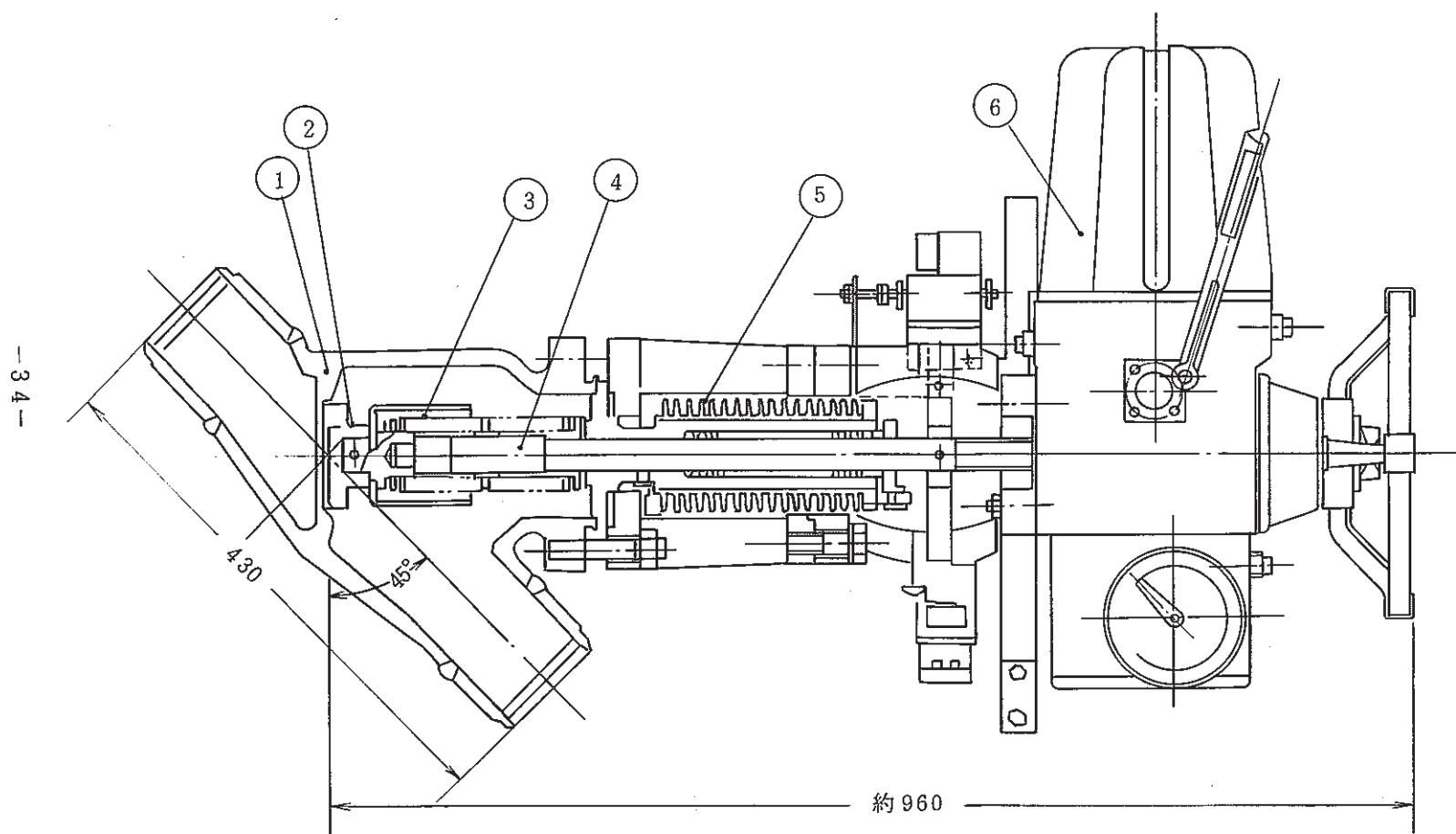


図 2 - 2 6 2次補助冷却系中間熱交換器止弁 (V32.2-1, 2)

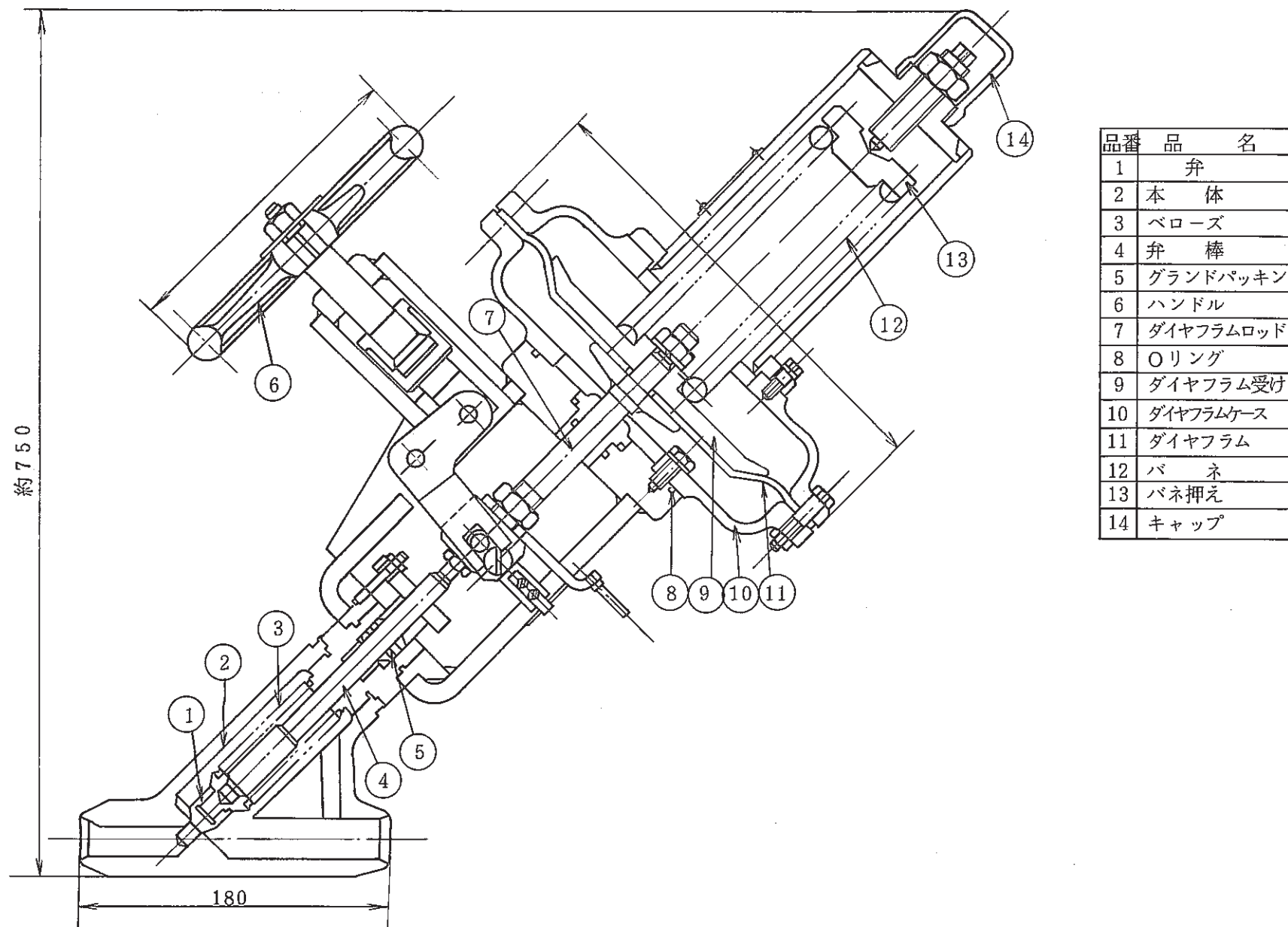
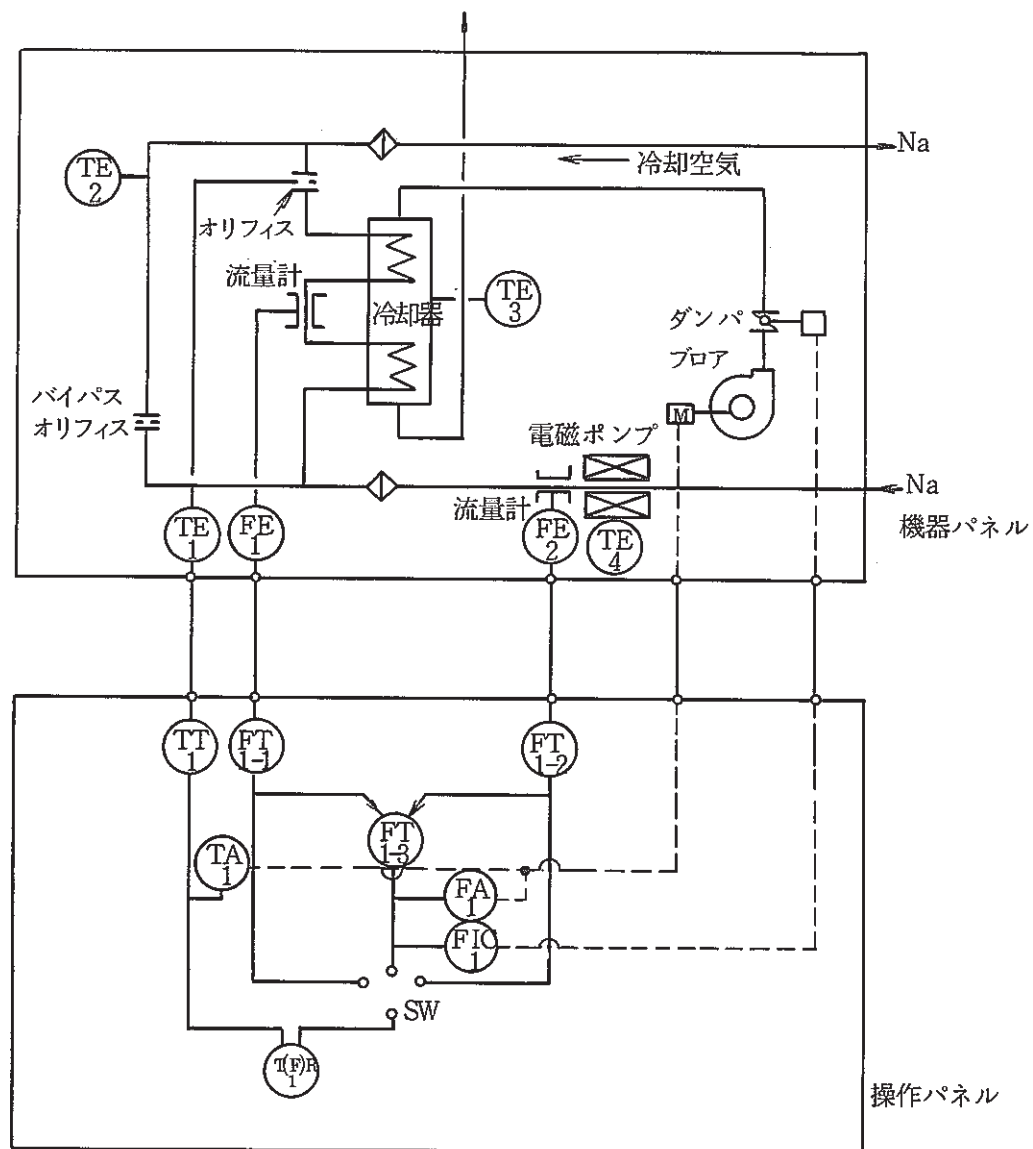


図 2-27 2次補助冷却系充填ライン調節弁 V32.2-3(1B)



記号説明

記号	名 称
TE, FE	漏洩検出端, 流量検出端
TT, FT	温度変換器, 流量変換器
TA, FA	温度設定器, 流量設定器
FIC	流量比指示調節計
T(F)R	温度, 流量記録計
SW	記録計入力切換スイッチ

図 2-28 2次補助冷却系プラグング計系統図

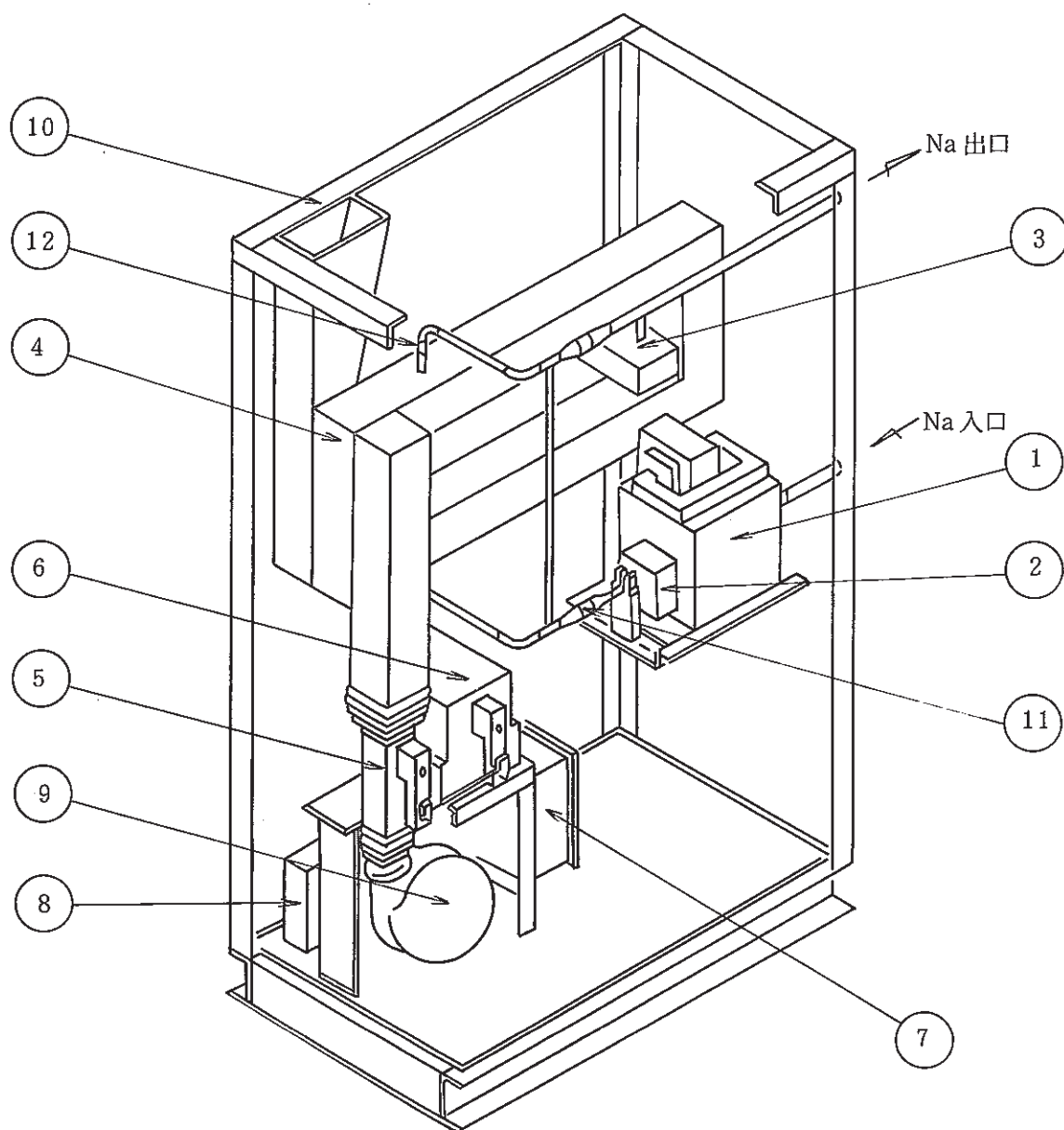


図 2-29 2次補助冷却系プラグイン計全体図

符号	名 称
1	電磁ポンプ
2	ポンプ出口流量計
3	プラグイン オリフィス流量計
4	冷 却 器
5	ダ ン パ
6	ダンパドライブユニット
7	コントロールアダプタ
8	コンデンサ
9	冷却ブロー
10	架 台 枠
11	フ ィ ル タ ー
12	プラグインーオリフィス

3. 補助冷却系統運転実績

3.1 1次補助冷却系統の運転実績

1次補助冷却系統は、昭和52年4月の初臨界以来、非常用炉心冷却の目的で運転が行われたことは無い。すなわち、1次補助系の運転は全てプラント運転計画に従って行われた。

昭和57年1月から、昭和61年9月までの期間の1次補助循環ポンプの起動回数は65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3400時間である。また、1次補助循環ポンプ停止時間、即ち、1次補助系待機時間は約18000時間である。

尚、昭和51年の冷却材ナトリウムの初充填以来の逆流状態時間は約40000時間、1次補助循環ポンプの運転時間（崩壊熱除去を行った時間）は約3900時間、1次補助循環ポンプの起動回数は97回である。

3.2 1次補助冷却系統の故障状況

昭和57年1月から昭和61年9月までに発生した1次補助冷却系統の故障件数は次の通りであった。

- | | |
|---------------|----|
| (1) 昭和57年 | 0件 |
| (2) 昭和58年 | 1件 |
| (3) 昭和59年 | 3件 |
| (4) 昭和60年 | 3件 |
| (5) 昭和61年9月まで | 2件 |

故障9件の内訳はバルブ関係が4件、電磁流量計関係が3件、補助電磁ポンプ関係が2件である。機械系故障と電気系故障とに分類すると、電気系故障は9件中6件となっている。故障の内訳はリミットスイッチの不良と記録計の不良によるものである。故障したものは、再調整、あるいは部品の交換にて補修を実施した。尚、故障個所が窒素雰囲気である床下に設置されている場合は、定期点検等で床下の空気置換を行った後でしか修理が出来ないこともあって修理に長時間を要している。

故障した箇所は、1次補助冷却系の運転に重大な影響を及ぼすものはなかった。

以上の結果より、1次補助冷却系統の運転は良好であったと判断できる。1次補助冷却系は長時間逆流待機状態にあり、実際に運転された時間が短かったためである。表3-1に補助冷却系統設備の故障件数推移、表3-2に1次補助冷却系統設備の故障割合、表3-4に故障内容とその措置を示す。

3.3 2次補助冷却系統の運転実績

2次補助冷却系統は、過去に行われた性能試験以外に補助送風機を起動し、系統の冷却運転を

行ったことは無い。

昭和57年1月から、昭和61年9月までの2次補助循環ポンプの停止は11回であった。トリップの内訳は10回が外部電源喪失、及び電源喪失試験によるものであるが、残り1回は補助循環ポンプコイル温度高によるものであった。これは、補助循環ポンプ冷却ファン用入口フィルターが目詰りしたため、ポンプコイル冷却風量が低下し、この結果、コイル温度が上昇しポンプトリップに至ったものであった。トリップによる停止以外に2次補助冷却系は、定検作業等で系統のナトリウムをドレンしている時に停止した。昭和57年1月から昭和61年9月までの間の2次補助冷却系の運転時間は約34000時間であった。

尚、昭和51年以降の総運転時間は約73000時間に達した。この間、本系統は、2次補助循環ポンプ冷却フィルターの目詰りに起因するトリップが、1回発生した以外はトラブルも無く、良好な運転状態であったと判断出来る。

3.4 2次補助冷却系統の故障状況

昭和57年1月から昭和61年9月までに発生した2次補助冷却系統の故障件数は次の通りであった。

- | | |
|---------------|-----|
| (1) 昭和57年 | 7件 |
| (2) 昭和58年 | 17件 |
| (3) 昭和59年 | 9件 |
| (4) 昭和60年 | 8件 |
| (5) 昭和61年9月まで | 2件 |

総故障件数43件の内訳は、予熱ヒータ関係：12件、Na漏洩検出器関係：11件、プラグイン計関係：9件、補助空気冷却器関係：5件、補助電磁ポンプ関係：5件、補助IHX関係：1件であった。

機械系と電気系故障とに分類すると電気系故障が88.4%を占めた。

補助循環ポンプの故障は5件発生した。その内訳は、ポンプ冷却ファン入口フィルターの目詰り：2件、IVR（誘導電圧調整器）の故障：3件であった。

フィルターの目詰りについては、循環ポンプコイル温度高によるトリップの教訓を生かし定期的（約6ヶ月毎）にフィルター清浄を行い目詰り防止を計った。

IVRの故障は、駆動機構本体に異常が生じたものであった。特に昭和59年1月に発生した故障は、IVR本体の一部を損傷させるものであったがプラントは停止中で、操作時運転員が異常に気づき操作を中断した結果、損傷を最小限度にとどめることが出来た。

昭和58年3月18日に発生した故障は、補助冷却器出口ダンパがリンク機構の一部損傷のため、完全に閉止しない状態となったが、幸い原子炉は停止中でありプラントへの影響は無かった。

いずれの故障、不具合も修理はすみやかに実施され、2次補助冷却系統への影響はほとんど生

じなかった。

2次補助冷却系は、常に運転状態にあるため不具合発生件数は1次補助冷却系と比較すると多かった。これは、各機器が使用開始から約10年が経過し使用寿命が来ている部品もあり、今後、全体的な交換計画の見直し、実施が必要と思われる。

表3-1に補助冷却系統設備の故障件数推移、表3-3に故障割合、表3-5に故障とその措置を示す。

3.5 補助循環ポンプの運転実績

(1) 1次補助循環ポンプ運転実績

① 起動回数

65回、その内自動起動回数36回

② 1次補助循環ポンプ運転時間

3416時間14分

③ 系統逆流状態時間（1次主循環ポンプ20%流量時は逆流流量が少量なので含まず。）

17900時間38分

(2) 2次補助循環ポンプ運転実績

① 停止回数

40回、その内トリップ回数11回

② 2次補助循環ポンプ運転時間及び停止時間

運転時間 34354時間03分

停止時間 7261時間57分

表3-6に補助冷却系運転時間、表3-7に月別運転時間、表3-8に月別運転履歴を示す。

3.6 設備の改造

昭和57年1月から昭和61年9月までの補助冷却系統での設備改造は、昭和60年10月に2次補助冷却系煙式Na漏洩検出器用ロックインアンプの取替えを実施したのみである。

3.6.1 2次補助冷却系煙式Na漏洩検出器ロックインアンプ交換

① 経緯

2次補助冷却系煙式Na漏洩検出器ロックインアンプは設置から約13年が経過しており、再三に渡り修理を行ってきたが完全に修理をすることが困難であった。この理由は、輸入品であったため完全に補修等を請負ってくれるメーカーがなかったためである。

したがって、今後のメンテナンス性を考慮し国産品に改造（取替え）した。

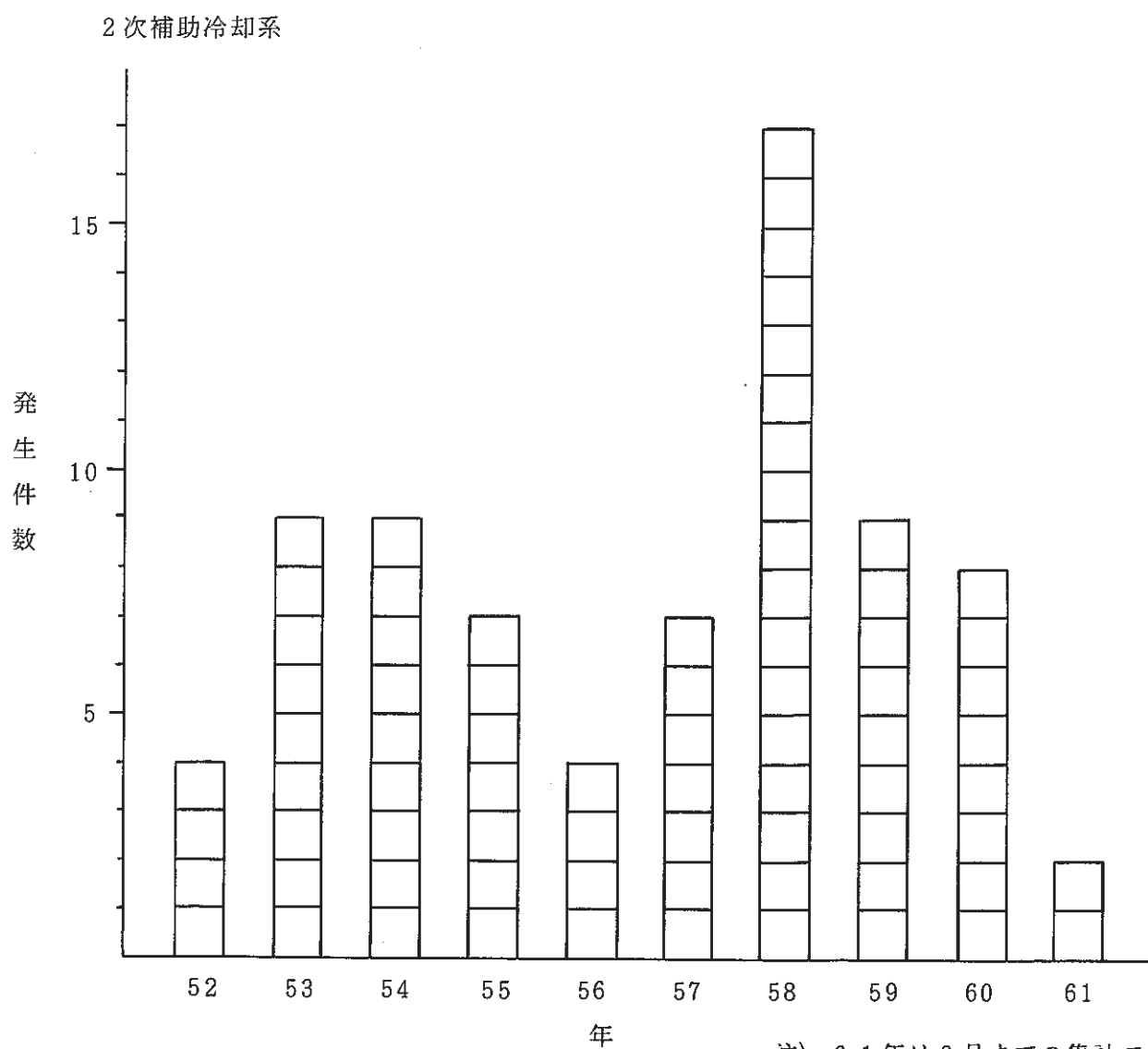
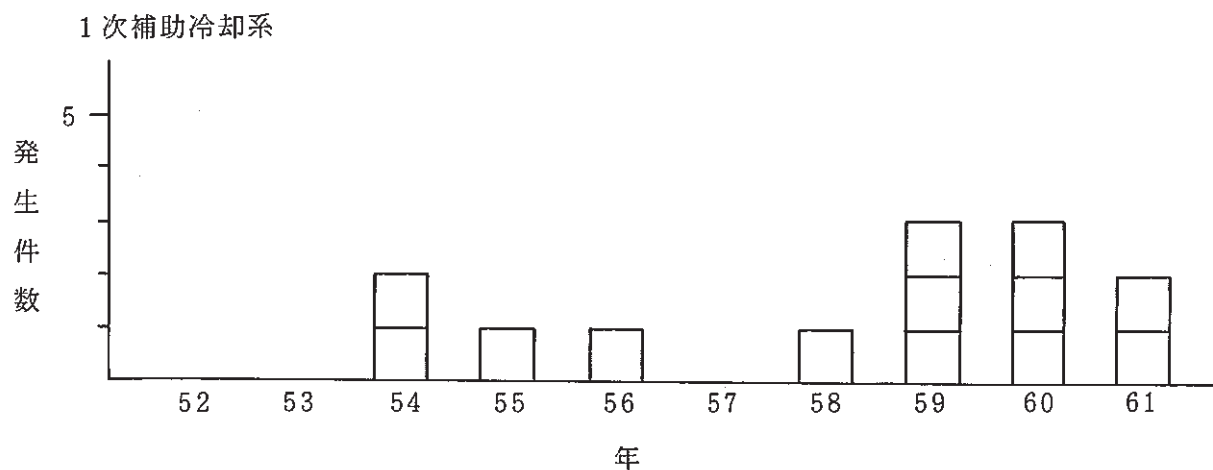
② 改造内容

昭和59年11月から約6ヶ月間、NF製ロックインアンプを試験的に取付け運転を行った結果、良好に作動したため、第5回定期検査期間中(昭和60年4月～12月)に従来のロックインアンプと交換を行った。

新たに取付けたロックインアンプと、従来使用していたロックインアンプの相違は以下の表の通りである。

	従来のロックインアンプ	新たに取付けたロックインアンプ NF製LI-570
ロックイン アンプ概要	- センシティブティー 1 μV$\sim$30mVFS 1, 3系列レンジ切替器のみ - 位相調整 手動のみ	- センシティブティー 10 μV$\sim$1000mVFS 10系列レンジ切替器及びマルチ(1$\sim$11, 10回転ポテンショメータ)により連続可変可能 - 位相調整 手動, 自動位相調整付
警報設定 方法	ロックインアンプ出力変化に伴ないその都度手動位相調整及びモジュール回路をデジボルを使用し+, 一側の弁別電圧をロックインアンプ出力に応じモジュール回路前面パネル上のボリューム抵抗で調整する。 〔投光器ランプ出力変化に伴ない上記の様な操作を必要とし, 又, ボリューム抵抗での調整は微調があまりきかない為容易な作業でなかった。〕	- 位相調整は1度行えば後は自動SW選択により自動調整である。 - 弁別電圧も1度セットするだけである。ロックインアンプ出力変化時はロックインアンプ前面パネルセンシティブティーツマミを出力メータをみながら80%になる様調整するだけである。 〔尚センシティブティー, ツマミは10回転ポテンショメータ付なので容易に調整することが出来る。〕

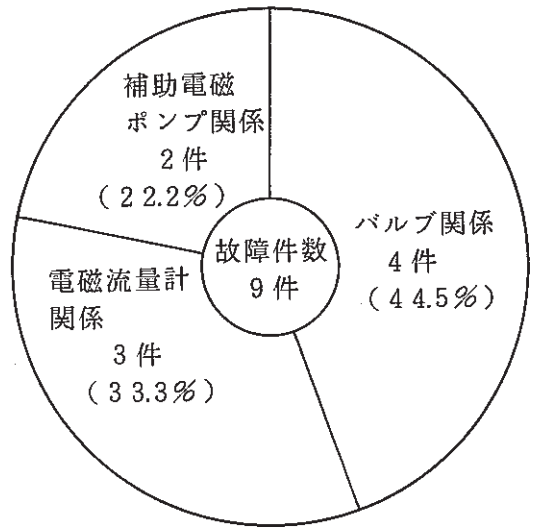
表 3 - 1 補助冷却系統設備の故障件数推移



注) 61年は9月までの集計である。

表 3 - 2 1 次補助冷却系統設備の故障割合

(1) 機 器 別



(2) 機械系・電気系別

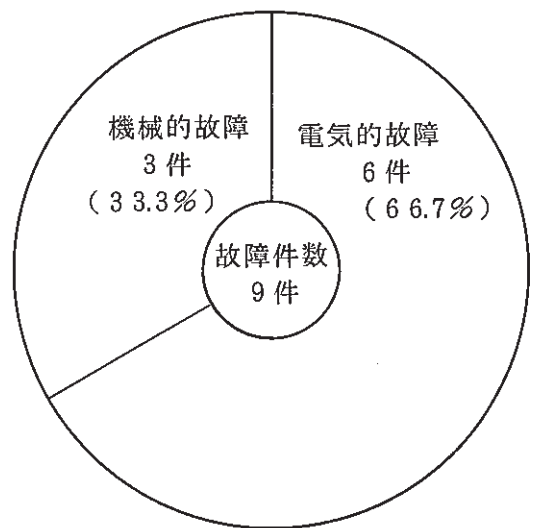
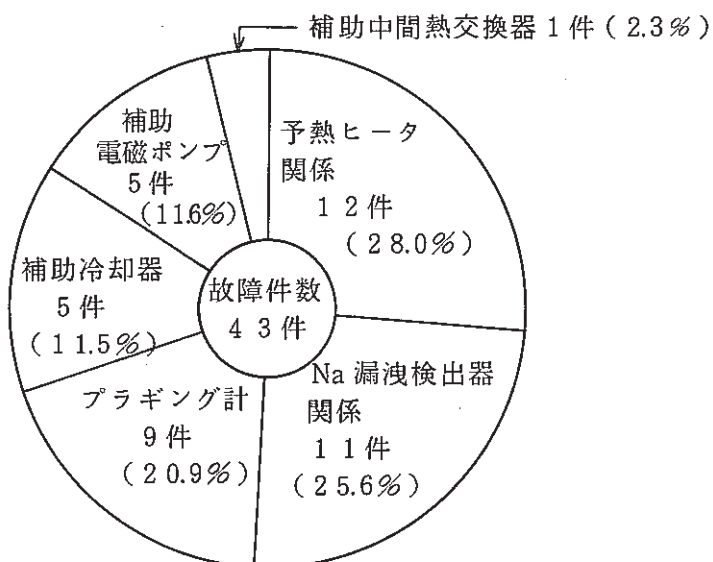


表 3 - 3 2次補助冷却系統設備の故障割合

(1) 機器別



(2) 機械系・電気系別

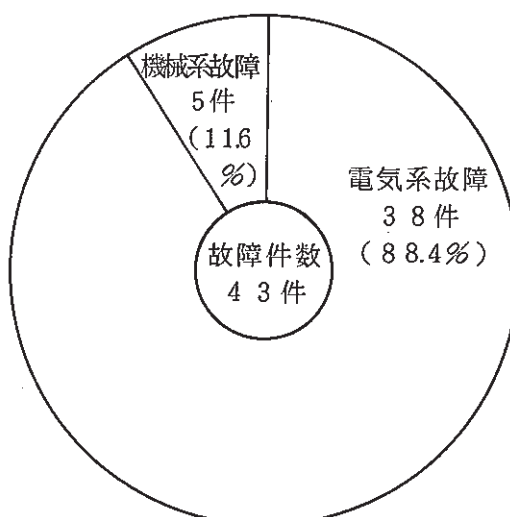


表 3 - 4 1次補助冷却系統設備の故障と措置

(1) バルブ関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
58. 1. 10	1次補助冷却系サイフォンブレーク止弁(A) V32.1-6「閉」表示不良	サイフォンブレーク止弁(A)の「閉」表示用緑ランプが点灯しなかった。 現場の開度指示計は全閉を示していた。	表示用リミットスイッチギヤ機構の可動接触子ローターの調整不良であった。 このため、可動接触子ローターの調整を行った結果、良好となった。
59. 10. 22	1次補助系炉容器出口弁 V32.1-3リミットスイッチ不良	炉容器出口弁 V32.1-3を閉から開にしたところ緑ランプが消灯しなくなった。弁自体は全開でリミットスイッチ不良と考えられた。	表示用リミットスイッチギヤ機構の可動接触子ロータの接触不良であった。 このため可動接触子ロータの分解点検及び調整を行った結果、良好となった。
60. 5. 4	1次補助冷却系出口弁 (V32.1-3) シートリーク	1次主冷却系20%流量状態で出口弁を閉としたところ1次補助系流量に $-1.47\text{m}^3/\text{h}$ の指示が認められた。	修理の必要性を含めて検討中である。
60. 8. 21	1次補助冷却系サイフォンブレーク弁不動作	1次補助系ナトリウムドレン操作時、サイフォンブレーク弁 (V32.1-6, 7)の開操作を実施したところ開が出来なかった。	スピンドルがグランド部で固着していたため弁操作時、駆動モータが過負荷となりトリップし開動作が不可となった。 このため、グランド部に潤滑剤の塗布を行った結果、開閉は良好となった。

(2) 電磁流量計関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
59.10.14	1次補助Na流量計チャートドライブモータ異音	Na流量計(記録計)チャートドライブ用モータから異音が発生した。	調査の結果、チャートドライブモータ減速機構部のギヤが長年の使用により摩耗しギヤが正常に噛み合わなかった。 このため、当該モータ減速機構部の交換を行った結果、正常に作動するようになった。
59.10.25	1次補助Na流量計チャート送り不良	Na流量計(記録計)のチャート送りが不良となった。	チャート送りギヤの噛み合せ不良のためチャート送りドライブモータシャフトの曲りが発生していた。 チャート送りモータ交換及び調整にて正常となった。
60.4.14	1次補助冷却系Na流量計チャート送り不良	Na流量計のチャート送りが遅れていた。	チャート送り用モータシャフトが曲ったためギヤが正常に噛み合わないことが判明した。このため、当該モータの交換を実施した結果、正常となった。

(3) 1次補助電磁ポンプ関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
61. 6. 30	1次補助電磁ポンプ I V R上限リレーチャ タリング	1次補助電磁ポンプ運転中, I V R上限リレーにチャタリン グが発生した。	チャタリングした上限リレーを 交換し良好となった。
61. 7. 3	1次補助電磁ポンプ操 作スイッチ (D母線用) 不良	1次補助電磁ポンプ操作スイッ チのスプリング力が弱くなり, 通常位置へ自動的に復帰しなく なった。	操作スイッチを交換し, 良好と なった。

表 3 - 5 2次補助冷却系統設備の故障と措置

(1) 補助空気冷却器関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
57. 8. 8	2次補助冷却器アキュムレータ用圧力スイッチの校正	アキュムレータの圧力設定と動作値を調整した結果、0.5kg/cm ² の誤差が生じていた。	圧力スイッチを取り外し仮設圧空装置による実動作試験を行い校正を実施した。
57. 8. 8	2次補助冷却器入口ベーン用制御空気三方電磁弁不良	三方電磁弁より連続してアキュムレータ空気を排気していた。	プレッシャ側ダイヤフラムに亀裂が生じていた。 当該バルブの交換を実施した。
58. 3. 11	2次補助冷却器入口ベーン開度指示不良	補助冷却器出口Na温度調節計の入口ベーン開度指示計がページング音と共に共振して3～4%ふらつく現象が発生した。	調節計本体に不具合が生じていることが判明したため、当該調節計を予備品と交換した。 交換後、良好となった。
58. 3. 18	2次補助冷却器出口ダンパ駆動用モータ破損	電喪後の系統降温操作において出口ダンパを全閉にしたところ、弁状態ランプ表示が同時点灯したままとなった。 このため、出口ダンパを30%開後、再度全閉操作を行ったが閉とならなかった。 現場を確認した結果、モータ部よりオイルが漏れていた。	駆動装置破損、ダンパ主軸及び連結棒が曲り使用不能状態であった。但し、駆動装置モータは異常は無く再使用可能であった。このため、駆動装置、連結棒の新規製作及び取付けを実施した。又、既設ダンパ駆動電源ユニットのNFB、サーマル及び各配線等の交換を実施した。 この結果、作動は良好となった。
58. 3. 22	2次補助冷却器Na温度記録計チャート送り不良	補助冷却器出入口Na温度記録計のチャート送りが不調であった。	サーボモータ内部のギヤが摩耗した為、チャート送りが不調となった。 チャート送り駆動用サーボモータの交換を実施し良好となった。
58. 10. 15	2次補助冷却器Na出入口温度計指示不良	補助冷却器Na出入口温度記録計と温度調節器の指示に8℃の誤差が生じていた。	温度記録計サーボモータが不良であったため誤差が生じていた。このため当該サーボモータの交換を実施し良好となった。

(2) 2次補助電磁ポンプ関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
57. 9. 2	2次補助電磁ポンプ冷却ファン入口ダンパ故障	57年9月2日3時17分「電磁ポンプコイル温度高」にて2次補助電磁ポンプがトリップした。	調査の結果、冷却ファン給気フィルタの目詰りが発生したため電磁ポンプコイルの冷却風量が減少しポンプトリップに至った。このため、給気フィルタの清掃を行い良好となった。 尚、冷却ファン入口ダンパは吸込み風圧による自動切替え型式であるため風量の減少で中間位置となった。
58. 8. 11	2次補助電磁ポンプ冷却ファン空気取入口フィルタ清掃	2次補助電磁ポンプコイル温度が110℃まで上昇した。 現場確認の結果、冷却ファン空気取入口フィルタの目詰りが発生していた。	冷却ファン空気取入口フィルタが塵埃のため目詰りしていたため冷却能力が低下し温度が上昇した。このため、当該フィルタの清掃を実施し良好となった。
58. 12. 5	2次補助電磁ポンプ電圧調整不可	2次補助電磁ポンプ予熱運転中予熱電圧が約80Vと通常より若干低かった為、IVR電圧を増加したところ「補助電磁ポンプ過負荷」のANNが発生しリセット不可となった。	調整の結果IVR回転子の角度（位相）を変えるギヤが駆動ウォームギヤより外れていた。 このためIVR駆動モータのブレーキを開放し、手動にてギヤを噛み合せ復旧した。 ギヤの外れた原因はリミットスイッチが一時的に故障したものである。 リミットスイッチについては数回試験をしたが故障原因の再現性は無かった。 IVRの増減試験の結果、良好となった。

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
59. 1. 23	2次補助電磁ポンプ I V R モータ機械的ス トップ不良	I V R モータ慣性力により機械 的ストップのボルトが破損した。	位置リミットの動作不良により 本来止まる点（最低位置）で止ま らず機械的ストップに衝突しス トップのボルトを破損した。 但し1回の衝突で破損したもの ではなく数回繰り返して破損し たものである。 位置リミットスイッチを交換及び 調整し、機械的ストップについ ては取付けボルトを交換した。 動作試験結果、良好となった。
59. 2. 6	2次補助電磁ポンプ電 圧計指示不良	2月6日、14時23分及び 17時07分に予熱中の2次補 助電磁ポンプが電圧継電器の作 動でトリップした。 この時のI V R トランス2次側 電圧値は中制の電圧値より約 15V低く指示していた。	調査の結果、電圧継電器に異常 は認められなく、電磁ポンプが トリップした原因は不明である。 I V R トランス2次側電圧値と 中制の電圧値の相違については 電圧計の特性上、低電圧域では 誤差が20Vであり問題は無い。

(3) 補助中間熱交換器関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
60. 8.26	2次補助 I H X 出口止弁 (V32.2-1) C S 破損	C S の引き停操作を行った時 C S が破損した。(C S ハンドル固定用ネジ穴部が損傷した。)	C S ハンドルを予備品と交換した。 交換品はネジ穴部の強度を向上させるため金属製(従来はプラスチックであった)とした。

(4) N a 漏洩検出器関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
57. 7.29	2次補助N a 漏洩A N N発生	2次補助N a 漏洩A N Nが発生し、2次ナトリウム漏洩警報盤の補助熱交換器まわり検出器が作動した。	調査の結果、ケーブルの劣化により接地が生じていた。このためケーブルの劣化部分を絶縁テープにてテーピングを実施した。
58. 5.22	2次補助N a 漏洩検出器(AUX-1)ロックインアンプ不良	N a 漏洩検出器(AUX-1)のロックインアンプの信号レベル表示用メータ指示がオーバスケール状態となった。	調査の結果、ロックインアンプが不調である為、予備品と交換し調整を実施した。 交換・調整後の検査の結果、良好となった。
58. 4.21	2次補助N a 漏洩検出器(AUX-1)動作不良	N a 漏洩検出器(AUX-1)の動作チェックの結果、時定数1 secにて-1 dBの信号印加を行ってもA N Nが出なく、時定数300msecに下げると信号レベルメータが不安定になりA N Nが出たままとなった。	調査の結果、ロックインアンプが不調である為、予備品と交換し調整を実施した。 交換・調整後の検査結果、良好となった。
58. 5.25	2次補助N a 漏洩検出器(AUX-1)不調	N a 漏洩検出器(AUX-2)のN a 漏洩A N Nが連日発生した。	同 上
58. 7.21	2次補助N a 漏洩検出器(AUX-2)誤動作	N a 漏洩検出器(AUX-2)の誤動作によるN a 漏洩が発生した。	投光ランプの寿命及びロックインアンプの不調が原因であったため投光ランプ及びロックインアンプを交換した結果、良好となった。
58. 8.23	2次補助N a 漏洩検出器(AUX-2)動作不良	N a 漏洩検出器(AUX-2)のN a 漏洩A N Nが頻発するため回路チェックを実施した結果、-1 dB, -0.1 dB 信号印加してもA N Nが発信しなかった。	投光ランプの光量変化が原因と判明した為、弁別電圧の再調整を実施し良好となった。
58.11. 1	2次補助N a 漏洩検出器(AUX-2)投光ランプ切れ	N a 漏洩検出器(AUX-2)の投光ランプ切れが生じた。	投光ランプの交換後、弁別電圧の調整を実施した。
58.11. 1	2次補助N a 漏洩検出器不良	N a 漏洩検出器(XS32.1-13補助冷却系V32.1-2底部)の赤ランプが点滅した。 現場確認結果、N a 漏洩は無かった。	漏洩検出ユニット内部リレーの寿命及び劣化が原因であるため、当該ユニットの交換を実施し良好となった。

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
59. 1. 1	2次補助Na漏洩検出器(AUX-2)投光ランプ切れ	Na漏洩検出器(AUX-2)の投光ランプ切れが発生した。	投光ランプの交換を実施した。交換後、検出器作動検査を行った結果、良好となった。
59. 8. 8	2次補助Na漏洩検出器(AUX-1)ロックインアンプ動作不能	Na漏洩検出器(AUX-1)ロックインアンプのアントリガーランプが点灯し動作不能となった。	調査の結果、ロックインアンプの不良と判明したため当該アンプの交換を実施した。交換後、弁別電圧の調整を行い作動良好となった。
60. 8. 6	補助冷却器AUX-2リークディテクタ投光器ランプ交換	AUX-2投光器ランプの球切れが生じた。	ランプの交換を実施した。

(5) 予熱ヒータ関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
57. 3. 8	2次補助予熱ヒータ膨張タンクドレン管ヒータ(SC-Ⅲ・57)投入不可	膨張タンクドレン管ヒータが自動位置で投入しなかった。	熱電対, コントロールリレー, コネクタースナップスイッチの点検の結果, 異常は認められず自動位置での投入は良好であった。自動位置での投入不可の原因は不明である。
57. 8. 20	2次補助予熱ヒータ制御盤スキャニングランプ不良	アドレスNo.7のスキャニングランプが常時点灯状態となった。	ランプソケットの一部が腐食にて絶縁不良となっていた。ソケット及びランプ部の清掃, 手入れを実施した。
57.10.19	2次補助予熱ヒータ制御系故障	補助プラグング計ヒータ部の温度が305℃(設定値280℃)となり補助系予熱ヒータ異常のANNが発報した。 補助プラグング計ヒータのスイッチは自動状態でヒータは切れていた。 補助系の系統温度が250℃でありこれを大幅に上廻っているため熱電対の不良と思われた。	補助プラグング計電磁ポンプダクト内は, 電磁ポンプが運転中は誘導加熱により温度が上昇する。特にプラグング計電磁ポンプは冷却装置が無いため補助系の温度は約50℃程度高くなる。これを実証するため電磁ポンプを停止した結果, プラグング計ヒータ温度は系統温度付近まで降温した。これらから熱電対は正常であった。
58. 3. 15	2次補助予熱ヒータ膨張タンクドレン管ヒータ制御不能	膨張タンクドレン管ヒータが制御範囲(200±20℃)を外れ180℃になってもヒータが入らず160℃になった。	制御リレー(予熱ヒータ投入用リレー)の自己ホールド用接点が接点荒れによる接触不良を起こしていた。 このため制御リレーが自己ホールド出来ずヒータの投入が出来なかった。 制御リレーの交換を実施し良好となった。
58.12.18	2次補助予熱制御盤警報用コンパレータ異常	コンパレータ自己チェックスキャニング時, 警報用84の赤ランプが瞬時点灯して警報が発生していた。	制御基板の調査の結果, ゾーン制御基板内のゲートパルス用リレー接点が“入”の状態であったため, 当該パルス用リレー交換を実施し良好となった。

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
59. 2. 21	2次補助予熱ヒータ SC-Ⅲ・17 緑ランプ不良	予熱ヒータ SC-Ⅲ・17 の緑ランプが点灯しなかった。このためユニットを少したたいたところ点灯した。	緑ランプは接触器の補助接点により点灯させているがその接触器の接点不良が生じていた。このため接触器を交換した結果良好となった。
59. 9. 7	2次補助予熱ヒータ SC-Ⅲ・56 不良	予熱ヒータ SC-Ⅲ・56 の下限ランプが点灯した為、温度確認したところ 158℃であった（下限設定 180℃）。予熱ヒータコントローラ盤での SC-Ⅲ・56 は投入されておらず温度 148℃にて投入された。	制御リレー呼出し回路のスキナーリレー（K6）の接点の接触不良と考えられるが異常は自然に復旧した。その後、不具合の発生は無く、点検結果も異常は発見されないため特に修理は実施しなかった。
60. 7. 14	2次補助予熱ヒータ SC-Ⅲ・46 自動投入不可	ヒータ設定下限（190℃）以下になってもヒータが自動投入しなかったため温度低（150℃）の警報が発報した。 現場スナップスイッチの ON-OFF を 4 回実施し、ヒータ強制入にて 30 秒保持した後、自動位置としたらヒータが投入された。	制御リレー呼出し回路のスキナーリレー（K6）の接点不良と考えられるが異常は自然に復旧した。その後、不具合の発生は無く点検結果も異常は発生されないため特に修理は実施しなかった。
60. 7. 28	2次補助予熱ヒータ自己チェック上限警報用コンパレータ (No.84) 点検	自己チェック上限警報用コンパレータ（No.84）スキャン時、瞬時警報用ランプが点灯した。	ゾーン制御基板のリードリレーの誤動作と推定されたため基板を新品と交換し良好となった。
60. 10. 6	2次補助予熱ヒータスライダック No.1 接触不良	スライダック No.1 が接触不良を起こし配管の一部の温度が低下した。	スライダックブラシの接触不良であったため応急的に仮設スライダックを設けた後、不良品と同仕様の代替品を手配し交換を行った。
61. 7. 2	2次補助系貫通部温度記録計打点不良	貫通部温度記録計の打点が出来なくなった。	打点用モータが不良であったためモータを交換し良好となった。

(6) プラギング計関係

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
58. 2. 12	2次補助プラギング計 冷却ダンパ制御不調及 び流量異常	フラッシングから運転に切替え を行った結果、冷却ダンパが 閉となりコントロールが出来な くなった。 このため運転からフラッシング に復帰したところ流量異常が発 生した。	調査の結果、入口フィルタに詰 りが発生したと考えられる。 このため、逆流状態にて詰りを 無くしたところ流量変動が無く なりコントロール可能となった。
58.10.21	2次補助プラギング計 不良	プラギング計をスタンバイから 運転モードに移行し流量比を 100%から80%へ変更したが コントローラ出力信号は0%の 状態で変化しなかった。	調査の結果、調節計設定ユニッ トの不良であったため、当該調 節計の交換を実施し良好となっ た。
59. 7. 1	2次補助プラギング計 コントローラ不良	プラギング計を運転としコント ローラを手動から自動へ切替え たところコントローラ出力がダ ウンスケールした。	コントローラの故障と判断され たため予備品と交換した。 交換後、正常に機能するようにな った。
59. 8. 8	2次補助プラギング計 入口流量低下	プラギング計電磁ポンプ印加電 圧を150Vに昇圧してもメイン 流量が定格の3ℓ/minに対し 2.35ℓ/minしか流れない。 出入口フィルタの目詰りが生じ たと考えられた。	電磁ポンプ印加電圧を180V に設定し、正常、逆転フラッシ ングを数回繰り返した結果、流 量が回復した。
59.12.14	2次補助プラギング計 不調	プラギング計を逆転フラッシン グ中、メイン流量が徐々に低下 し、メイン流量が4%しか流れ なくなった。	プラギング計電磁ポンプ印加電 圧を180Vとし、EMPの起動、 停止を繰り返し操作を実施した ところ流量は正常に復帰した。
60. 2. 7	2次補助プラギング計 不調	プラギング計電磁ポンプ印加電 圧150Vで逆転フラッシングに おいて流量が流れなくなった。	プラギング計の改造を実施した。 (1) 配管、交換 (2) 出入口フィルタ交換 (3) 保温材、予熱ヒータ、熱電 対交換 改造の結果、正常となった。

発生年月日	項 目	内 容	調 査 ・ 措 置
60.10.4	2次補助プラグング計 用記録計動作不良	記録計の温度指示がスティック し動作不良となった。	記録計のペンドライブ用サーボ モータの動作不良であったため 予備品と交換した結果、動作は 良好となった。
60.11.26	2次補助プラグング計 流量コントローラ不調	プラグング計の自動運転中にプ ラグ温度指示が異常に低下した	プラグング計コントローラ出力 が不安定（正方向へドリフトす る）であった。このため冷却ダ ンパが開となりナトリウム温度 が異常に低下した。コントロー ラを予備品に交換した結果、良 好となった。
61.1.21	2次補助プラグング計 温度指示不良	PL計温度115℃で冷却ブロ ワが停止するべきのところ、 105℃で安定していた。 冷却ブロー停止の温度低設定 を115℃から130℃に変更 したところブローが停止した。 よってプラグング計温度指示の 不良と思われた。	温度指示計のサーボモータに不 具合が生じていたため指示値が 不良となっていた。 指示計を予備品に交換し良好と なった。

表3-6 補助冷却系統運転時間

年 項 目	57	58	59	60	61 (9月まで)	合 計
1 次 補 助 循 環 ポ ン プ 運 転 時 間 (h)	3 h 26m	285h 11m	1268h 01m	1851h 32m	8h 04m	3416h 14m
1 次 補 助 循 環 ポ ン プ 起 動 回 数 (回)	4	25	21	11	4	65
1 次 補 助 循 環 ポ ン プ 停 止 時 間 (h)	8756 h 34m	8474h 49m	7515h 59m	6908h 28m	6543h 56m	38199h 46m
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)	816 h 21m	4312h 18m	5060h 37m	3374h 03m	4337h 19m	17900h 38m
2 次 補 助 循 環 ポ ン プ 運 転 時 間 (h)	4571h 12m	7770h 13m	7842h 23m	7618h 19m	6551h 56m	34354h 03m
2 次 補 助 循 環 ポ ン プ 停 止 時 間 (h)	4188h 48m	989h 47m	941h 37m	1141h 41m	0h 04m	7261h 57m
2 次 補 助 循 環 ポ ン プ 停 止 回 数 (回)	4	11	9	14	2	40
備 考						

表3-7 月 別 運 転 時 間 (1/5)
(57年)

月 項 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
1次補助循環ポンプ 運 転 時 間 (h)	0	0	0	0	0 h 29 m	0	0	0	2 h 10 m	0	0 h 12 m	0 h 35 m	3 h 26 m
1次補助循環ポンプ 起 動 回 数 (自 動 起 動)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	1 (1)	1 (0)	4 (1)
1次補助循環ポンプ 停 止 時 間 (h)	744 h	672 h	744 h	720 h	743 h 31 m	720 h	744 h	744 h	717 h 50 m	744 h	719 h 48 m	743 h 25 m	8756 h 34 m
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)	98 h	0	0	0	24 h 43 m	0	0	0	395 h 11 m	80 h 36 m	283 h 16 m	160 h 25 m	1042 h 11 m
2次補助循環ポンプ 運 転 時 間 (h)	744 h	345 h 30 m	0	0	345 h 45 m	232 h 23 m	0	0	695 h 34 m	744 h	720 h	744 h	4571 h 12 m
2次補助循環ポンプ 停 止 時 間 (h)	0	326 h 30 m	744 h	720 h	398 h 15 m	487 h 37 m	744 h	744 h	24 h 26 m	0	0	0	4188 h 48 m
停 止 回 数 (ト リ ッ プ 回 数)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	2 ※ (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (1)
備 考									※ 循環ポン プコイル温 度高にてト リップ				

表 3-7 月 別 運 転 時 間 (2/5)
(58年)

月 項 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
1 次 補 助 循 環 ポンプ 運 転 時 間 (h)	2 h 26m	13 h 33m	29 h 34m	0 h 12m	8 h 03m	0 h 09m	0	0 h 09m	0	1 h 11m	0	229 h 54m	285 h 11m
1 次 補 助 循 環 ポンプ 起 動 回 数 (自 動 起 動)	6 (4)	5 (4)	2 (2)	1 (1)	2 (1)	1 (1)	0 (0)	2 (2)	0 (0)	4 (1)	0 (0)	3 (0)	26 (16)
1 次 補 助 循 環 ポンプ 停 止 時 間	741 h 34m	658 h 27m	714 h 26m	719 h 48m	735 h 57m	719 h 51m	744 h	743 h 51m	720 h	742 h 49m	720 h	514 h 06m	8474 h 49m
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)	112 h 32m	498 h 21m	700 h	115 h 56m	0	88 h 12m	105 h 51m	655 h 15m	711 h 10m	556 h 41m	720 h	52 h 20m	4312 h 18m
2 次 補 助 循 環 ポンプ 運 転 時 間 (h)	744 h	671 h 57m	744 h	699 h 48m	743 h 48m	720 h	191 h 35m	744 h	720 h	740 h 34m	720 h	330 h 31m	7770 h 13m
2 次 補 助 循 環 ポンプ 停 止 時 間 (h)	0	0 h 03m	0	20 h 12m	0 h 12m	0	552 h 25m	0	0	3 h 26m	0	413 h 29m	989 h 47m
停 止 回 数 (ト リ ッ プ 回 数)	0 (0)	3 ※ (3)	2 ※ (2)	1 (0)	1 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	1 (0)	11 (5)
備 考		※ 電源喪失試験のため トリップ											

表3-7 月 別 運 転 時 間 (3/5)
(59年)

項 目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
1 次 補 助 循 環 ポンプ 運 転 時 間 (h)	681 h 11m	0	2 h 59m	3 h 10m	0	0 h 9m	5 h 37m	2 h 28m	0	77 h 26m	495 h 01m	0	1268 h 01m
1 次 補 助 循 環 ポンプ 起 動 回 数 (自 動 起 動)	4 (0)	0 (0)	5 (4)	1 (1)	0 (0)	2 (2)	1 (1)	2 (1)	0 (0)	5 (1)	1 (1)	0 (0)	21 (11)
1 次 補 助 循 環 ポンプ 停 止 時 間 (h)	62 h 49m	696 h	741 h 01m	716 h 50m	744 h	719 h 51m	738 h 23m	741 h 32m	720 h	666 h 34m	224 h 59m	744 h	7515 h 59m
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)	0	0	271 h 10m	437 h 04m	744 h	407 h 36m	729 h 43m	296 h 49m	715 h 38m	537 h 02m	177 h 35m	744 h	5060 h 37m
2 次 補 助 循 環 ポンプ 運 転 時 間 (h)	742 h 59m	19 h 51m	480 h 27m	719 h 58m	744 h	719 h 09m	743 h 59m	744 h	720 h	744 h	720 h	744 h	7842 h 23m
2 次 補 助 循 環 ポンプ 停 止 時 間 (h)	1 h 01m	676 h 09m	263 h 33m	0 h 02m	0	0 h 51m	0 h 01m	0	0	0	0	0	941 h 37m
停 止 回 数 (ト リ ッ プ 回 数)	1 (0)	1 (0)	4 (0)	1 ※ (1)	0 (0)	1 (0)	1 ※ (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	9 (2)
備 考				※ 電源喪失 試験のため			※ 電源喪失 のため						

表 3-7 月 別 運 転 時 間 (4/5)
(60年)

月 項 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
1 次 補 助 循 環 ポンプ 運 転 時 間 (h)	1 h 02 m	5 h 13 m	0	0 h 46 m	0	590 h 05 m	744 h	490 h 47 m	0	19 h 32 m	0 h 07 m	0	1851 h 32 m
1 次 補 助 循 環 ポンプ 起 動 回 数 (自 動 起 動)	1 (1)	2 (1)	0	2	0	1	0	0	0	4 (1)	1 (1)	0	11 (4)
1 次 補 助 循 環 ポンプ 停 止 時 間	742 h 58 m	666 h 47 m	744 h	719 h 14 m	744 h	129 h 55 m	0	253 h 13 m	720 h	724 h 28 m	719 h 53 m	744 h	6908 h 28 m
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)	518 h 23 m	478 h 25 m	735 h 38 m	217 h 51 m	0	0	0	0	0	423 h 26 m	256 h 20 m	744 h	3374 h 03 m
2 次 補 助 循 環 ポンプ 運 転 時 間 (h)	742 h 20 m	670 h 28 m	744 h	720 h	735 h 58 m	720 h	744 h	495 h 56 m	0	581 h 40 m	719 h 57 m	744 h	7618 h 19 m
2 次 補 助 循 環 ポンプ 停 止 時 間 (h)	1 h 40 m	1 h 32 m	0	0	8 h 02 m	0	0	248 h 04 m	720 h	162 h 20 m	0 h 03 m	0	1141 h 41 m
停 止 回 数 (ト リ ッ プ 回 数)	1	1	0	0	7	0	0	1	0	3	1 ※ (1)	0	14 (1)
備 考											※ 電源喪失試験 のため		

表3-7 月 別 運 転 時 間 (5/5)
(61年)

年 項 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合 計
1 次 補 助 循 環 ポンプ 運 転 時 間 (h)	0	0 h 08m	0	0 h 10m	0	7 h 39m	0	0	0 h 07m	8 h 04m
1 次 補 助 循 環 ポンプ 起 動 回 数 (自 動 起 動)	0	1 (1)	0	1 (1)	0	1 (1)	0	0	1 (1)	4 (4)
1 次 補 助 循 環 ポンプ 停 止 時 間 (h)	744 h	671 h 52m	744 m	719 h 50m	744 h	712 h 21m	744 h	744 h	719 h 53m	6543 h 56m
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)	487 h 16m	448 h 48m	717 h 51m	30 h 12m	744 h	273 h 33m	702 h 06m	489 h 13m	444 h 20m	4328 h 19m
2 次 補 助 循 環 ポンプ 運 転 時 間 (h)	744 h	672 h	743 h 58m	720h	744 h	720 h	744 h	744 h	719 h 58m	6551 h 56m
2 次 補 助 循 環 ポンプ 停 止 時 間 (h)	0	0	0 h 02m	0	0	0	0	0	0 h 02m	0 h 04m
停 止 回 数 (ト リ ッ プ 回 数)	0	0	※ 1 (1)	0	0	0	0	0	※ 1 (1)	2 (2)
備 考			※ 電源喪失 のため						※ 2次補助 循環ポンプ 電源供給母 線、瞬停の ため	

表 3-8 月別運轉履歷(1)

項 目		年 月 日	57. 1																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
プ ラ ン ト 状 態			第 3 回 定 期 検 査 , 照 射 用 炉 心 構 成 作 業																															
1 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																																	
	OFF																																	
	定格																																	
	0																																	
1 次 補 助 冷 却 系 流 量	逆流																																	
2 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																																	
	OFF																																	
補 助 送 風 機	ON																																	
	OFF																																	

年月日 項目		57. 2																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
プラント状態		第3回定期検査・照射用炉心構成作業																											
1次補助循環ポンプ	ON																												
	OFF																												
	定格																												
	0																												
1次補助冷却系流量	逆流																												
2次補助循環ポンプ	ON																												
	OFF															9:30													
補助送風機	ON																												
	OFF																												

表 3 - 8 月別運転履歴 (2)

項 目		年 月 日		57. 3																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
プ ラ ン ト 状 態		第 3 回定期検査・照射用炉心構成作業																																
1 次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
1 次補助 冷却系流量	定格																																	
	0																																	
	逆流																																	
2 次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
補助送風機	ON																																	
	OFF																																	

項 目		年 月 日		57. 4																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
プ ラ ン ト 状 態		第 3 回定期検査・照射用炉心構成作業																															
1 次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
	定格																																
	0																																
1 次補助 冷却系流量	逆流																																
2 次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
	ON																																
	OFF																																
補助送風機																																	

表 3-8 月別運轉履歷 (3)

項目		年月日	57. 5																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	3
プラント 状態			第 3 回定期検査・照射用炉心構成作業																														
1 次補助 循環ポンプ	ON																		17:11														
	OFF																		17:40														
	定格																																
	0																																
1 次補助 冷却系流量	逆流																																
2 次補助 循環ポンプ	ON																		14:15														
	OFF																																
補助送風機	ON																																
	OFF																																

項目	年月日	57.6																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
プラント状態		第3回定期検査・照射用炉心構成作業																													
1次補助循環ポンプ	ON																														
	OFF																														
	定格																														
	0																														
1次補助冷却系流量	逆流																														
2次補助循環ポンプ	ON																														
	OFF											16:23																			
補助送風機	ON																														
	OFF																														

表 3 - 8 月別運転履歴(4)

項 目		年 月 日		57. 7																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
プ ラ ン ト 状 態		第 3 回定期検査・照射用炉心構成作業																																
1 次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	定格																																	
	0																																	
1 次補助 冷却系流量	逆流																																	
2 次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	ON																																	
	OFF																																	
補助送風機																																		

項 目		年 月 日		57. 8																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
プ ラ ン ト 状 態		第 3 回定期検査・照射用炉心構成作業																																
1 次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	定格																																	
	0																																	
1 次補助 冷却系流量	逆流																																	
2 次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	ON																																	
	OFF																																	
補助送風機																																		

表 3-8 月別運転履歴(5)

項 目		年月日		57. 9																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
プラント状態				第3回定期検査・照射用炉心構成作業																												
1次補助 循環ポンプ	ON		2:05																													
	OFF		4:15																													
1次補助 冷却系流量	定格																															
	0																															
	逆流																															
2次補助 循環ポンプ	ON	22:34	4:04																													
	OFF																															
補助送風機	ON																															
	OFF																															

項 目		年 月 日	57.10																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
プ ラ ン ト 状 態			第 3 回 定 期 検 査 ・ 照 射 用 炉 心 構 成 作 業																														
1 次 補 助 循 環 ポ ン プ	ON																																
	OFF																																
1 次 補 助 冷 却 系 流 量	定格																																
	0																																
	逆流																																
2 次 補 助 循 環 ポ ン プ	ON																																
	OFF																																
補 助 送 風 機	ON																																
	OFF																																

年月日		57.11																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
プラント状態		第3回定期検査・照射用炉心構成作業 ← 照射用炉心性能試験 →																													
1次補助循環ポンプ	ON																														
	OFF																														
	定格																														
	0																														
1次補助冷却系流量	逆流																														
2次補助循環ポンプ	ON																														
	OFF																														
補助送風機	ON																														
	OFF																														

項目	年月日	57.12																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
プラント状態		照射用炉心構成作業 → 第3回定期検査・照射用炉心性試験																														
1次補助循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
	定格																															
	0																															
1次補助冷却系流量	逆流																															
	0																															
	ON																															
	OFF																															
補助送風機	ON																															
	OFF																															

表 3 - 8 月別運転履歴(7)

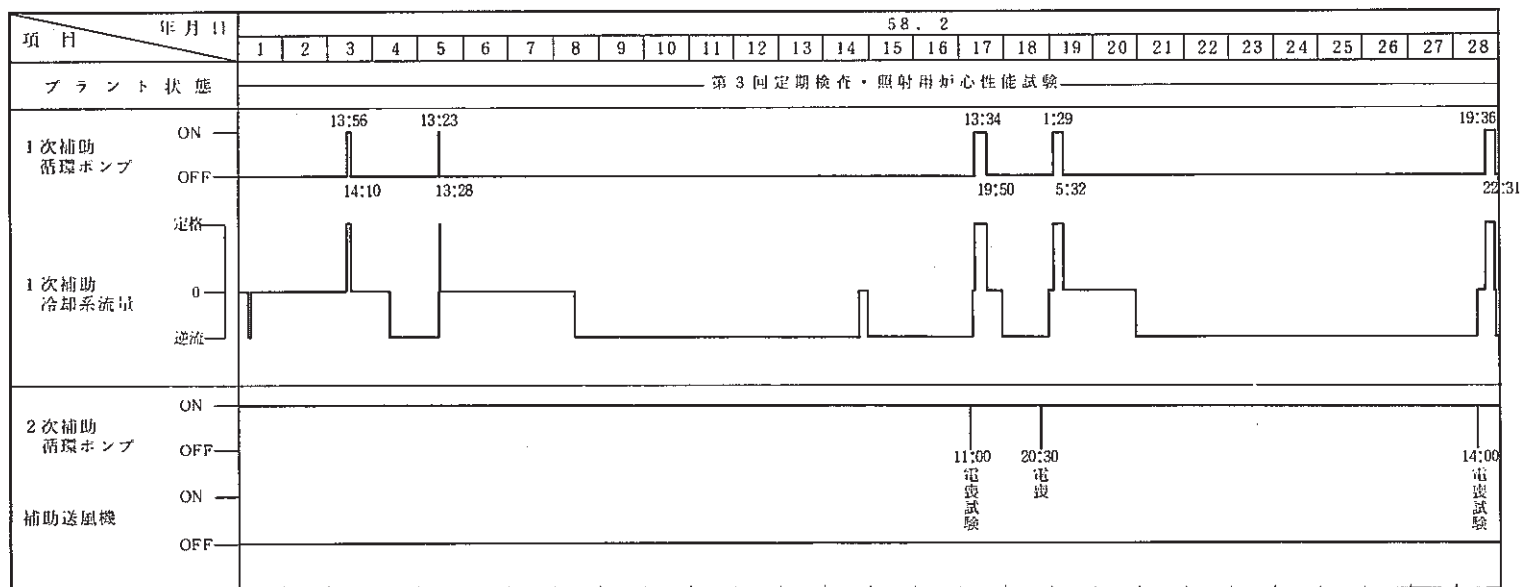
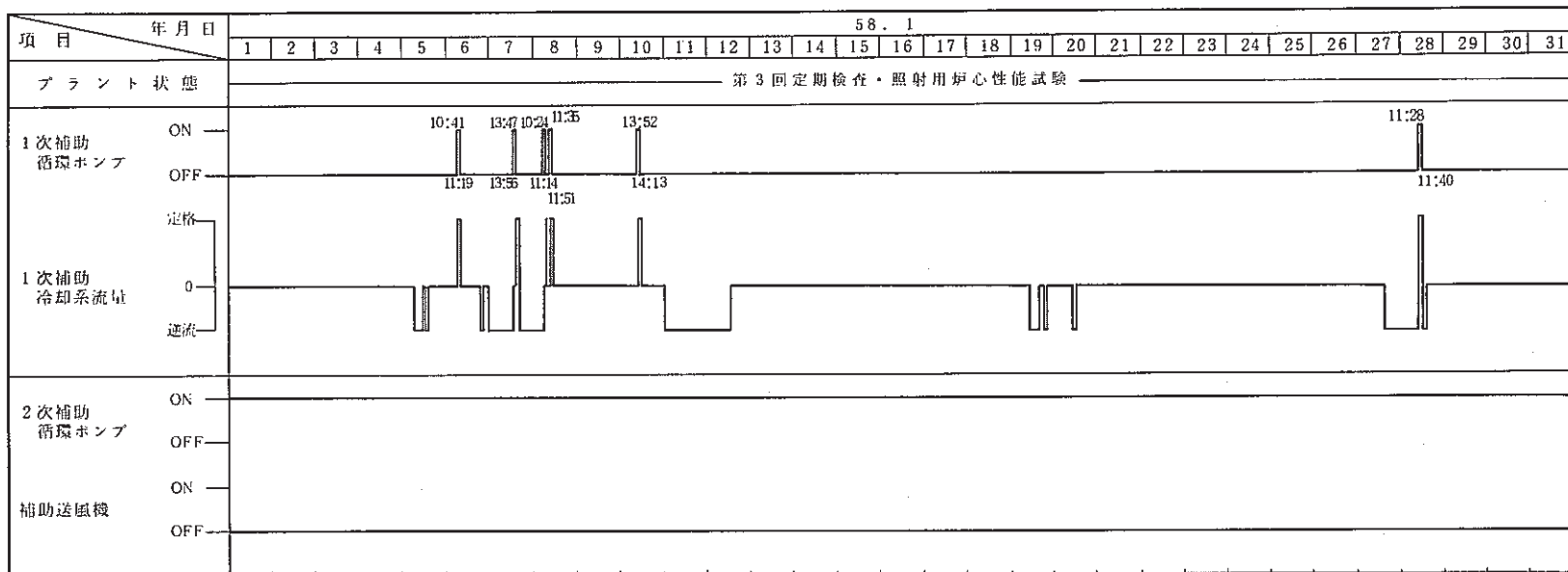


表 3 - 8 月別運転履歴 (8)

項 目		年 月 日																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
プ ラ ン ト 状 態		58. 3 第 3 回 定 期 検 査 ・ 照 射 用 炉 心 性 能 試 験																															
1 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																																
	OFF																																
	定格																																
	0																																
1 次 補 助 冷 却 系 流 量	逆流																																
2 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																																
	OFF																																
	ON																																
	OFF																																
補 助 送 風 機																																	

項 目		年 月 日																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
プ ラ ン ト 状 態		58. 4 出力上昇試験・特性試験																													
1 次補助 循環ポンプ	ON																				17:18										
	OFF																				17:30										
	定格																														
	0																														
	逆流																														
2 次補助 循環ポンプ	ON							11:12																							
	OFF							13:00																							
	ON																														
	OFF																														
補助送風機																															

表 3-8 月別運転履歴 (9)

項 目		年 月 日																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
プ ラ ン ト 状 態		5 8 . 5 出力上昇試験・特性試験																														
1 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON														11:04																	
	OFF														16:18																	
	定格														18:27																	
	0														電磁流量計 校正試験																	
1 次 補 助 冷 却 系 流 量	逆流																															
2 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON														14:17																	
	OFF														14:05																	
補 助 送 風 機	ON														電源系 作業のため停電																	
	OFF																															

項 目		年 月 日																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
プ ラ ン ト 状 態		5 8 . 6 出力上昇試験・特性試験																														
1 次補助 循環ポンプ	ON															13:43																
	OFF															13:52																
	定格																															
	0																															
1 次補助 冷却系流量	逆流																															
2 次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
補助送風機	ON																															
	OFF																															

表 3-8 月別運転履歴 (10)

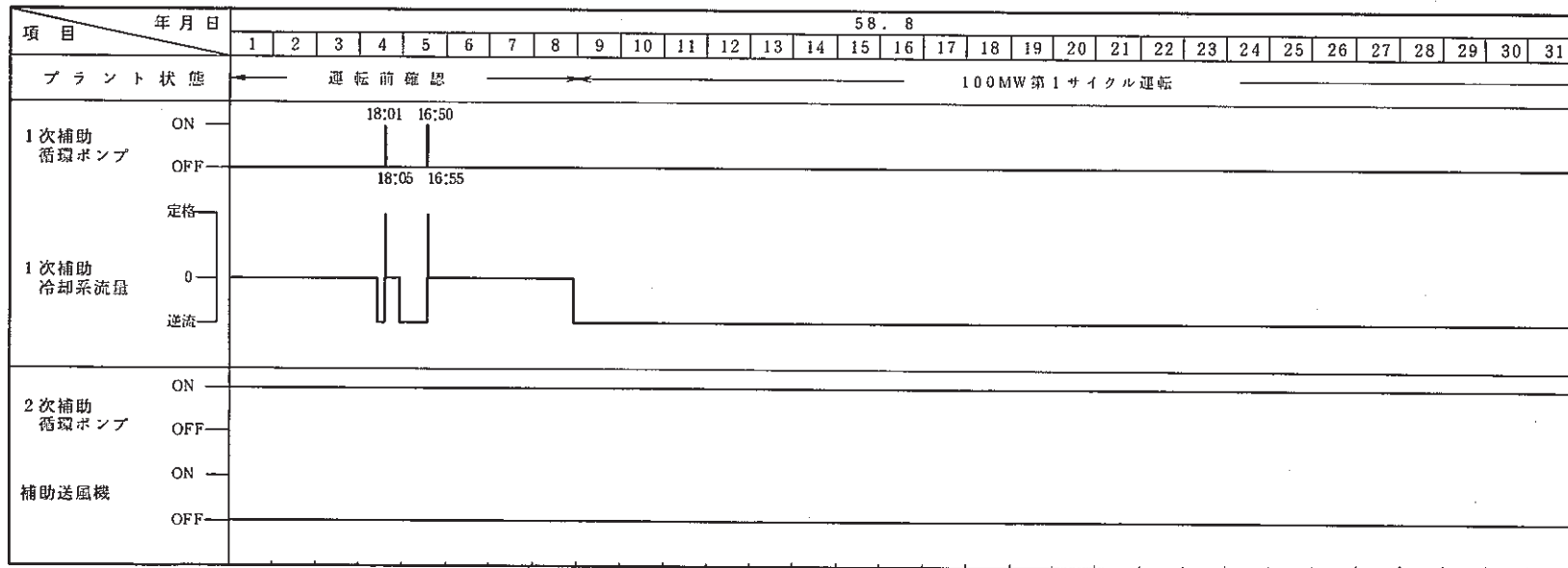
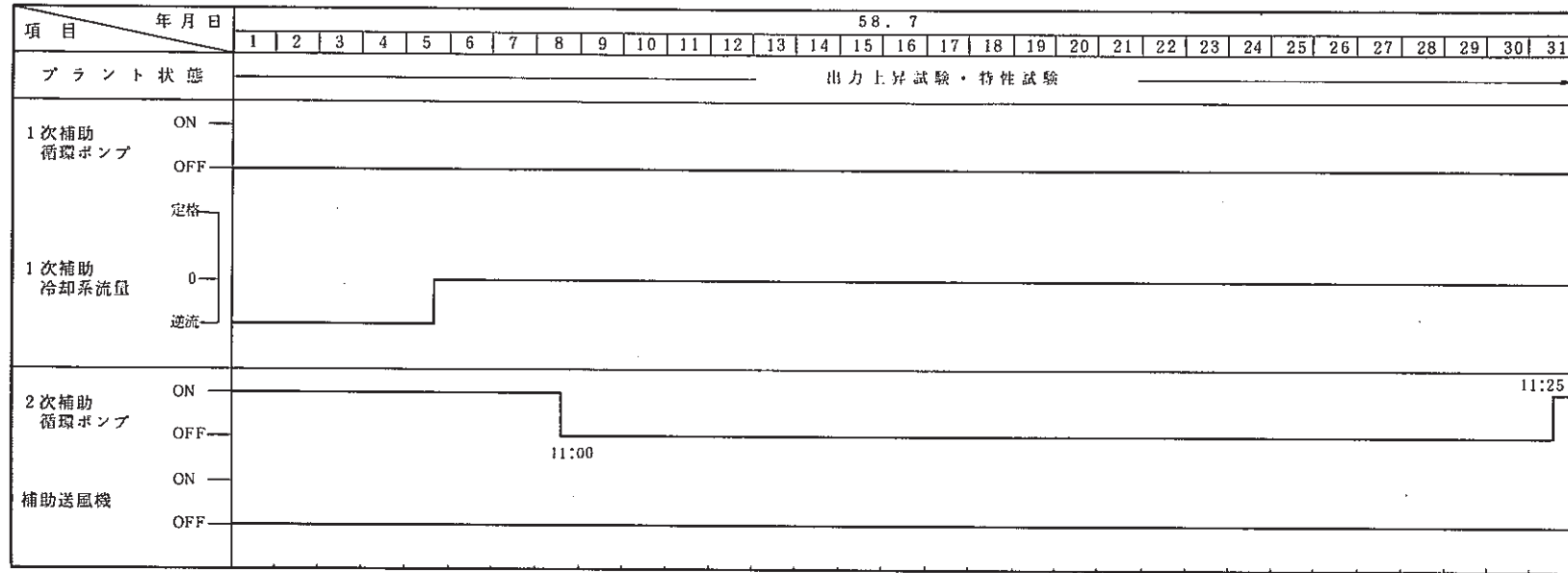


表 3-8 月別運転履歴 (II)

項 目		年 月 日		58. 9																													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
プ ラ ン ト 状 態		100MW 第1サイクル運転																															
1 次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
	定格																																
	0																																
1 次補助 冷却系流量	逆流																																
2 次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
	ON																																
	OFF																																
補助送風機																																	

項目		年月日		58.10																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
プラント状態		炉心燃料取扱 → 運転前確認 → 100MW第2サイクル運転																																
1次補助循環ポンプ	ON	10:0013:23																																
	OFF	11:0611:5412:3713:2911:5912:39																																
1次補助冷却系流量	定格																																	
	0																																	
	逆流																																	
2次補助循環ポンプ	ON	14:470:06																																
	OFF	13:2522:12																																
補助送風機	ON																																	
	OFF																																	

表 3 - 8 月別運転履歴 (12)

項 目		年 月 日	58.11																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
プ ラ ン ト 状 態			100MW 第 2 サイクル運転																													
1 次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
	定格																															
	0																															
1 次補助 冷却系流量	逆流																															
2 次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
補助送風機	ON																															
	OFF																															

項目	年月日	58.12																																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
プラント状態		100MW第2サイクル運転														第4回定期検査																				
1次補助循環ポンプ	ON																					10:08				17:00				10:43						
	OFF																							11:24				16:21								
	定格																																			
	1次補助冷却系流量																																			
	逆流																																			
2次補助循環ポンプ	ON																				14:54															
	OFF	9:25																																		
	補助送風機	ON																																		
		OFF																																		

-76-

項 目	年 月 日	59. 2																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
プ ラ ン ト 状 態		第 4 回 定 期 検 査																											
1 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																												
	OFF																												
	定格																												
	0																												
1 次 補 助 冷 却 系 流 量	逆流																												
2 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																												
	OFF																												
	ON																												
	OFF																												
補 助 送 風 機																													

表 3-8 月別運転履歴 (14)

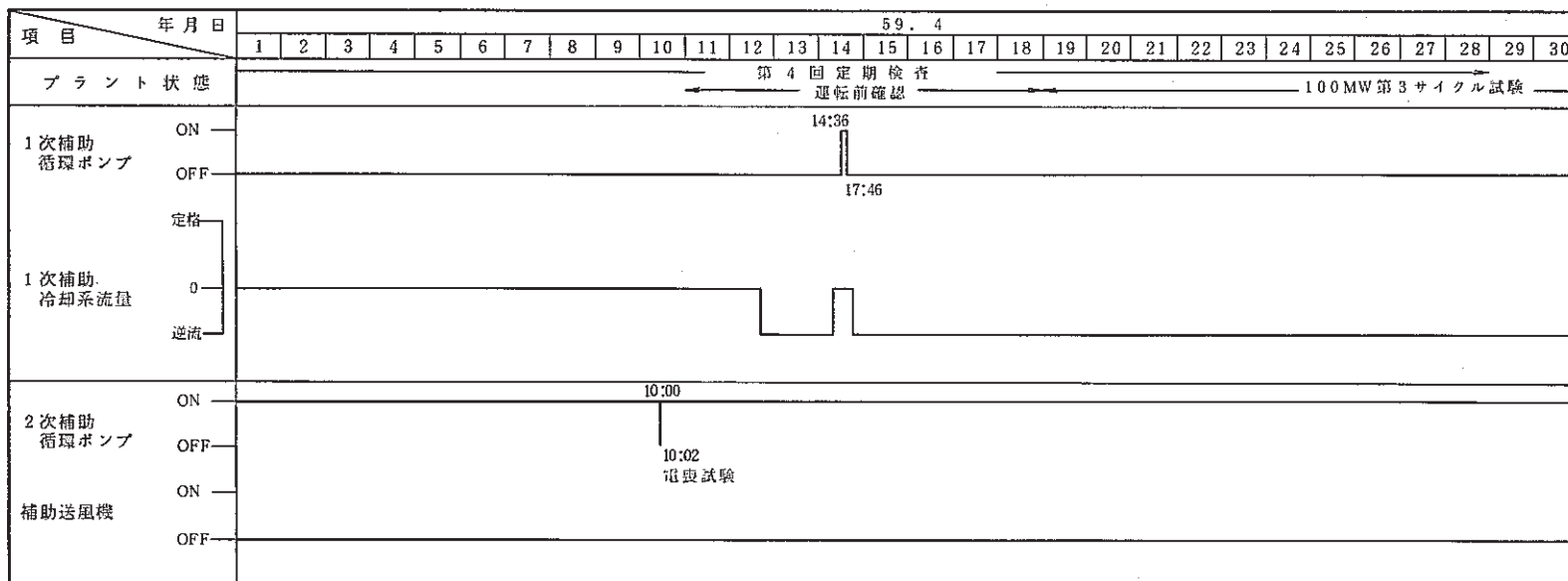
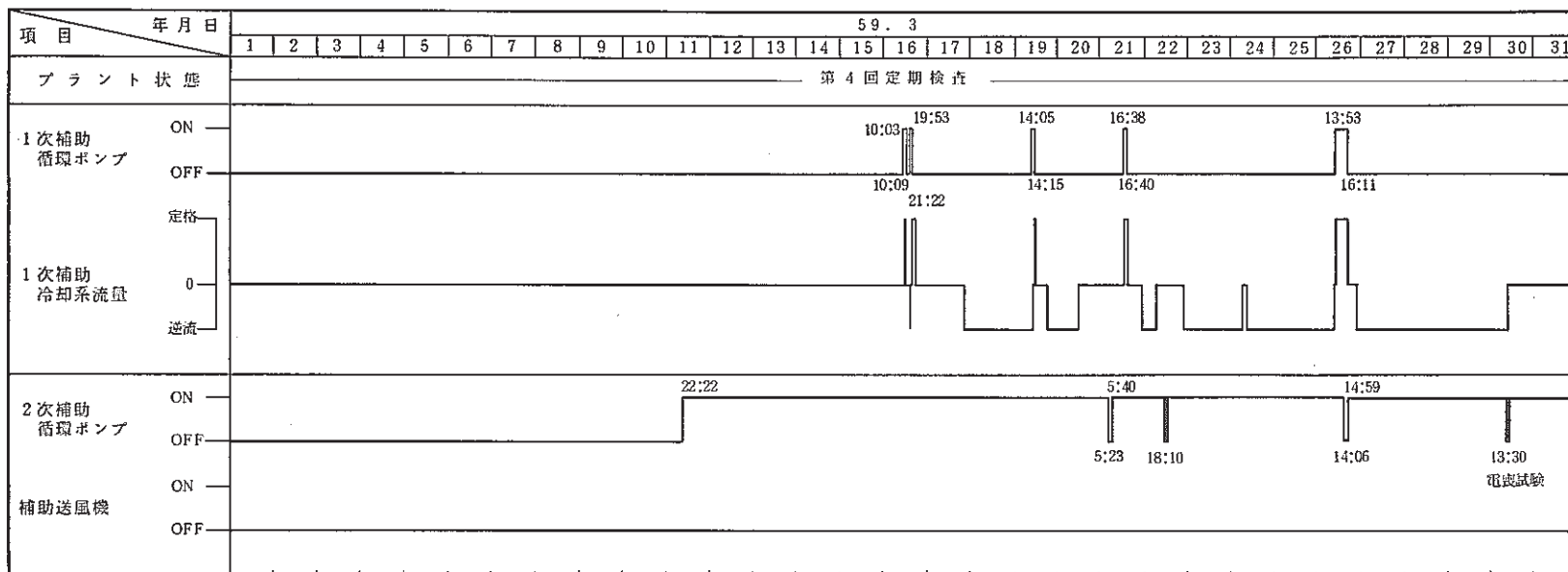
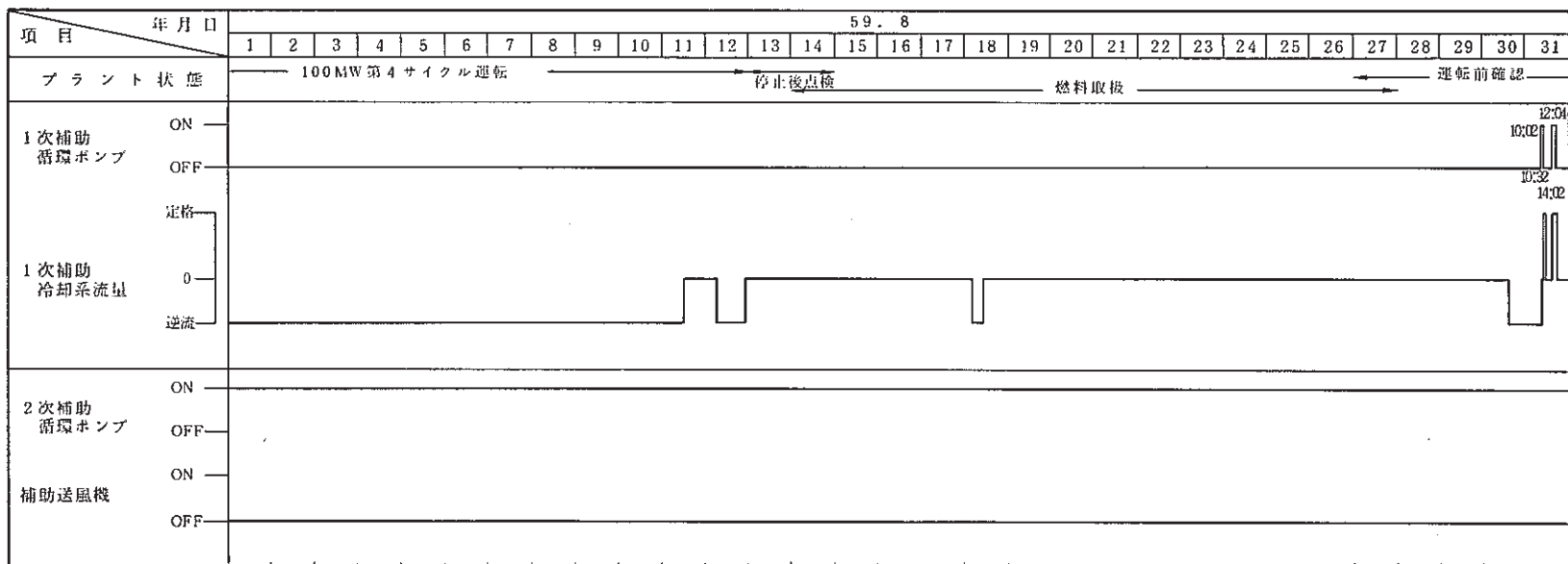
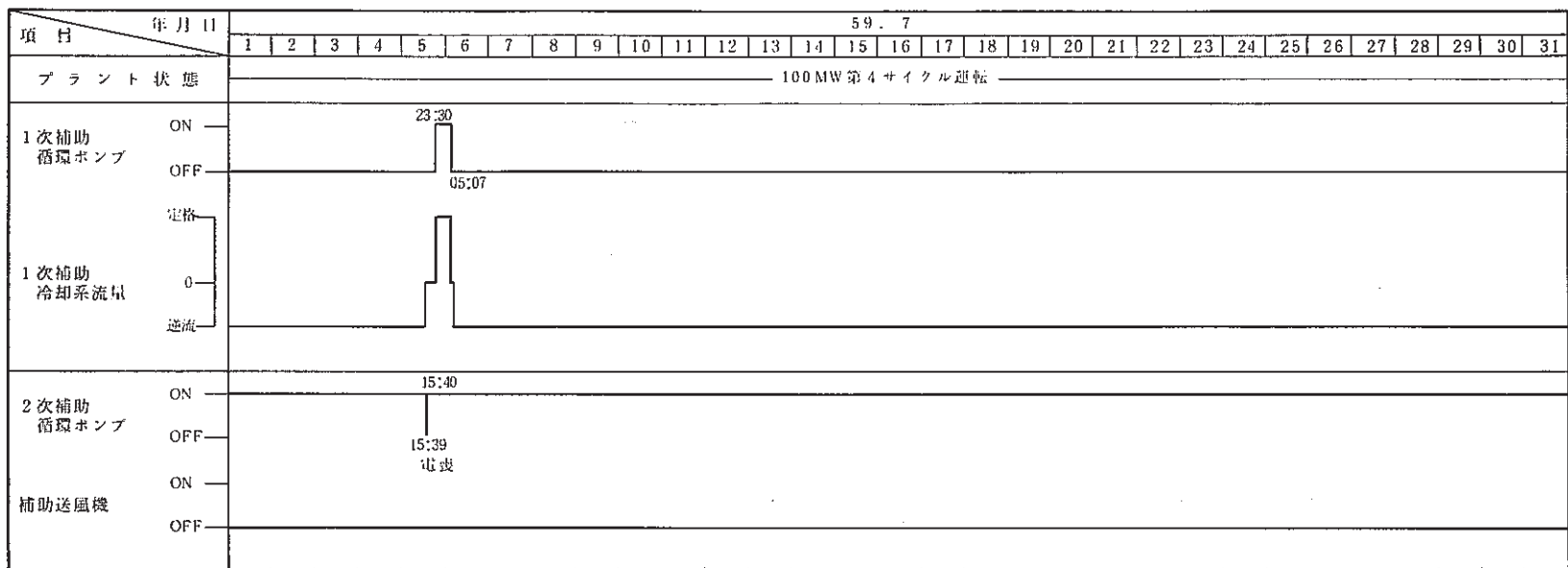


表 3-8 月別運轉履歷 (15)

項 目		年 月 日		59. 5																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
プ ラ ン ト 状 態		100MW 第 3 サイクル運転																																
1 次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	定格																																	
	0																																	
1 次補助 冷却系流量	逆流																																	
2 次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	ON																																	
	OFF																																	
補助送風機																																		

項目	年月日	59. 6																																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
プラント状態		100MW第3サイクル運転										停止後点検					燃料取扱					運転前確認					100MW第4サイクル運転								
1次補助循環ポンプ	ON																							15:20		20:28									
	OFF																							16:27		20:30									
	定格																																		
	0											10:54																							
1次補助冷却系流量	逆流											10:45																							
												冷却ファンフィルタ清掃																							
2次補助循環ポンプ	ON																																		
	OFF																																		
補助送風機	ON																																		
	OFF																																		

表 3 - 8 月別運転履歴 (16)



項目	年月日	59.11																																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
プラント状態		燃料取扱														運転前確認																100MW第6サイクル運転									
1次補助 循環ポンプ	ON																																								
	OFF																																								
	定格																																								
	0																																								
1次補助 冷却系流量	逆流																																								
2次補助 循環ポンプ	ON																																								
	OFF																																								
補助送風機	ON																																								
	OFF																																								

項 目	年 月 日	59.12																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
プ ラ ン ト 状 態		100MW第6サイクル運転																														
1次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
	定格																															
	0																															
1次補助 冷却系流量	逆流																															
2次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
	ON																															
	OFF																															
補助送風機	ON																															
	OFF																															

表 3 - 8 月別運転履歴 (19)

項目		年月日	60. 1																																																						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																								
プラント状態			100MW第6サイクル運転														INTA装荷装置据付調整試験										燃料取扱																														
1次補助 循環ポンプ	ON																														13:52																										
	OFF																														14:54																										
	定格																																																								
1次補助 冷却系流量	0																																																								
	逆流																																																								
2次補助 循環ポンプ	ON																13:25																																								
	OFF																15:05																																								
																	EMP冷却ファン フィルター清掃																																								
補助送風機	ON																																																								
	OFF																																																								

年 月 日		60. 2																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
プ ラ ン ト 状 態		燃料取扱							運転前確認										100MW 第 7 サイクル運転												
1 次補助 循環ポンプ	ON								13:54	15:39																					
	OFF								14:54	19:49																					
	定格																														
	0																														
1 次補助 冷却系流量	逆流																														
2 次補助 循環ポンプ	ON	17:39																													
	OFF	19:11																													
補助送風機	ON																														
	OFF																														

表 3-8 月別運轉履歷(20)

項目	年月日	60. 3																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
プラント状態		100MW第7サイクル運転																														
1次補助循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
	定格																															
	0																															
1次補助冷却系流量	逆流																															
2次補助循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
補助送風機	ON																															
	OFF																															

項目		年月日	60. 4																																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																	
プラント状態			←燃料取扱→→運転前確認→→FFD炉内試験→→運転前確認→→自然循環試験→→第5回定期検査→																																														
1次補助循環ポンプ	ON																																																
	OFF																																																
	定格																																																
	0																																																
1次補助冷却系流量	逆流																																																
2次補助循環ポンプ	ON																																																
	OFF																																																
補助送風機	ON																																																
	OFF																																																

表 3 - 8 月別運転履歴 (21)

項 目		年 月 日																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
プ ラ ン ト 状 態		60. 5																															
		第 5 回定期検査																															
		電 源 盤 点 検																															
1 次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
	定格																																
	0																																
1 次補助 冷却系流量	逆流																																
2 次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
補助送風機	ON																																
	OFF																																

項目		年 月 日																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
プラント 状態		60. 6																															
		第 5 回定期検査																															
		電源盤点検																															
1 次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
	定格																																
	0																																
1 次補助 冷却系流量	逆流																																
2 次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
	ON																																
	OFF																																
補助送風機																																	

表 3 - 8 月別運転履歴 (22)

項 目		年 月 日																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
プ ラ ン ト 状 態		60. 7 第 5 回定期検査																														
1 次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
	定格																															
	0																															
1 次補助 冷却系流量	逆流																															
2 次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
	ON																															
	OFF																															
補助送風機																																

項 目		年 月 日																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
プ ラ ン ト 状 態		60. 8 第 5 回定期検査																														
1 次補助 循環ポンプ	ON																					10:47										
	OFF																															
	定格																															
	0																															
1 次補助 冷却系流量	逆流																															
2 次補助 循環ポンプ	ON																					15:56										
	OFF																															
	ON																															
	補助送風機	OFF																														

表 3 - 8 月別運転履歴 (23)

項 目		年 月 日	60.9																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
プ ラ ン ト 状 態			第 5 回 定 期 検 査																													
1 次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
	定格																															
	0																															
1 次補助 冷却系流量	逆流																															
2 次補助 循環ポンプ	ON																															
	OFF																															
補助送風機	ON																															
	OFF																															

項目		年月日		60.10																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
プラント状態				第5回定期検査																														
1次補助 循環ポンプ	ON											11:10	13:41														18:09	16:57						
	OFF											11:33	13:55														10:45	17:16						
	定格																																	
	0																																	
	逆流																																	
2次補助 循環ポンプ	ON								17:25	16:21																		13:31	15:52					
	OFF									16:40																			13:53	16:06				
補助送風機	ON																																	
	OFF																																	

項目		年月日		60.11																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
プラント状態		燃料取扱														第5回定期検査										運転前確認							
1次補助循環ポンプ	ON																			16:44													
	OFF																			16:51													
	定格																																
	0																																
1次補助冷却系流量	逆流																																
2次補助循環ポンプ	ON																			15:00													
	OFF																			15:03													
	補助送風機																			電													
	OFF																			喪 試 験													

項 目	年 月 日	60.12																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	3	
プ ラ ン ト 状 態		← 第5回定期検査 → 100MW第8サイクル運転 →																															
1次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
	定格																																
	0																																
1次補助 冷却系流量	逆流																																
2次補助 循環ポンプ	ON																																
	OFF																																
補助送風機	ON																																
	OFF																																

表 3-8 月別運転履歴 (25)

項 目		年 月 日																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
プ ラ ン ト 状 態		100MW第8サイクル運転																				燃 料 取 扱										
1 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																															
	OFF																															
	定格																															
	0																					7:16										
1 次 補 助 冷 却 系 流 量																																
2 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																															
	OFF																															
補 助 送 風 機	ON																															
	OFF																															

項 目		年 月 日																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
プ ラ ン ト 状 態		燃 料 取 扱										運 転 前 確 認										100MW第10サイクル運転							
1 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																												
	OFF																												
	定格																												
	0																												
1 次 補 助 冷 却 系 流 量																													
逆流																													
2 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																												
	OFF																												
補 助 送 風 機	ON																												
	OFF																												

表 3-8 月別運転履歴 (27)

項 目		年 月 日		61. 5																														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
プ ラ ン ト 状 態		100MW第10サイクル運転																																
1次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	定格																																	
	0																																	
1次補助 冷却系流量	逆流																																	
2次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	ON																																	
	OFF																																	
補助送風機																																		

年 月 日 項 目		61. 6																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30								
プ ラ ント 状 態		100MW第10サイクル運転											⇔		停止後点検		⇐		燃 料 取 扱																			運転前点検	
1次補助 循環ポンプ	ON																																						
	OFF																																						
	定格																																						
	0																																						
	逆流																																						
1次補助 冷却系流量																																							
2次補助 循環ポンプ	ON																																						
	OFF																																						
	ON																																						
	OFF																																						
補助送風機																																							

表 3 - 8 月別運転履歴 (28)

項 目		年 月 日		61. 7																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
プ ラ ン ト 状 態		運転前点検 >< 100MW第11サイクル運転																																
1次補助 循環ポンプ	ON	10:12																																
	OFF	10:35																																
1次補助 冷却系流量	定格																																	
	0																																	
	逆流																																	
2次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
補助送風機	ON																																	
	OFF																																	

項 目		年 月 日		61. 8																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
プ ラ ン ト 状 態		100MW第11サイクル運転																																
		停止後点検																																
1次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	定格																																	
	0																																	
1次補助 冷却系流量	逆流																																	
2次補助 循環ポンプ	ON																																	
	OFF																																	
	ON																																	
	補助送風機	OFF																																

表 3 - 8 月別運転履歴 (29)

項 目		6 1 . 9																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
プ ラ ント 状 態		燃 料 取 扱 ← 運転前確認 → 100MW第12サイクル運転																													
1 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																														
	OFF																														
	定格																														
	0																														
1 次 補 助 冷 却 系 流 量																															
逆流																															
2 次 補 助 循 環 ポ ンプ	ON																														
	OFF																														
	ON																														
	OFF																														
補助送風機																															

4. 1次補助冷却系サイフォンブレイク試験

4.1 試験の概要

1次補助冷却系は2重配管構造となっているが、2重配管破損によるナトリウム漏洩を想定し炉内ナトリウムのサイフォン効果による汲み出しを防止する目的でアルゴンガスを導くサイフォンブレイク配管が設置してある。しかし、補助系配管破損時には、炉停止後の炉心崩壊熱除去のため、1次冷却系はポンプモータ1台運転となるが、その吐出圧力が高いと補助系サイフォンブレイク機能を確保できない恐れがある。

昭和56年12月MK-I増殖炉心から昭和58年3月までのMK-II照射用炉心へ変更に伴ない炉心圧損が高くなることが予想されたため、昭和58年1月から2月にかけて補助系サイフォンブレイク試験を実施した。

4.2 補助冷却系サイフォンブレイク配管について

高速実験炉「常陽」では、原子炉通常運転時、主冷却系にて炉心冷却が行われる。1次主冷却系異常時（外部電源喪失、及び1次主循環ポンプ主モータトリップ等）は、1次主循環ポンプをポンプモータにより駆動して炉心の冷却を行う。更に主冷却系による炉心崩壊熱除去が不能になった場合、ただちに1次補助循環ポンプが自動起動し補助冷却系によって炉心崩壊熱が除去される。補助冷却系の原子炉容器入口配管は、原子炉容器内に挿入され、炉容器ナトリウム液面低下時にも、炉心冷却が可能ないように出口配管開口部は炉容器内鏡板下部付近、入口配管開口部は炉心頂部より640mm下に設置されている。

1次補助系配管は、2重管構造であり、内管破損時には外管にて漏洩ナトリウムを保持することにより炉容器内ナトリウム液面の過渡な低下を防止し、主冷却系による炉心冷却を可能としている。

万一、内外管同時破損、あるいは内管破損と予熱N₂系仕切り弁故障が同時発生した場合、炉容器内ナトリウムがサイフォン効果により炉外に汲み出され、炉容器内ナトリウム液面が異常に低下し、炉心冷却ができなくなる可能性がある。これを防ぐため、補助冷却系の炉容器貫通部を十分高い位置に設置し、かつサイフォンブレイク配管を設け、管内にアルゴンガスを導入し、サイフォンを切る設計を行っている。図4-1に1次補助冷却系配管破損時インターロック線図を示す。

4.3 サイフォンブレイク条件

1次補助系出口配管は炉容器入口プレナム内に開口しているため、1次主循環ポンプの吐出圧を受けることになる。したがって、炉心冷却可能なナトリウム液面でサイフォンブレイクさせるためには次の条件を満たさなければならない。

$$\Delta H_c < L_A - L_P$$

ここで ΔH_c ; 炉心部圧力損失

L_A : 補助冷却系入口配管炉容器貫通部下端レベル (GL-6430mm)

L_P : ポニーモータ運転可能な最低炉容器内ナトリウムレベル
(GL-6770mm)

ΔH_c を計算すると 340 mm となる。

すなわち、1次主循環ポンプポニーモータ1台運転時炉心部圧力損失が340 mm Na 以下であることが1次補助冷却系サイフォンブレイクが可能となる条件である。

図4-2に補助系サイフォンブレイク時冷却系挙動を示す。

4.4 1次主循環ポンプポニーモータ運転条件

補助系サイフォンブレイク条件以外に、炉心冷却ポンプ健全性の観点から、ポニーモータ運転範囲に対する制限条件がある。

- ① 流量 > 定格流量 (2171.2 T/h・370℃) の5%以上 (炉心冷却)
- ② 回転数 > 80 rpm 以上 (ポンプ健全性)

上記条件をポンプ流量－揚程特性曲線 (Q-Hカーブ) 上に示すと図4-3のようになる。

4.5 試験経過

昭和58年1月8日から1月10日にかけて、第1回目の試験を行い、第2回目の試験は2月2日から2月3日にかけて試験を行った。補助系サイフォンブレイクは第2回目の試験にて確認された。

なお、第1回目の試験では試験中、主系統ナトリウム液面が制限値以下に低下する恐れが出たため、途中で試験を中断した。

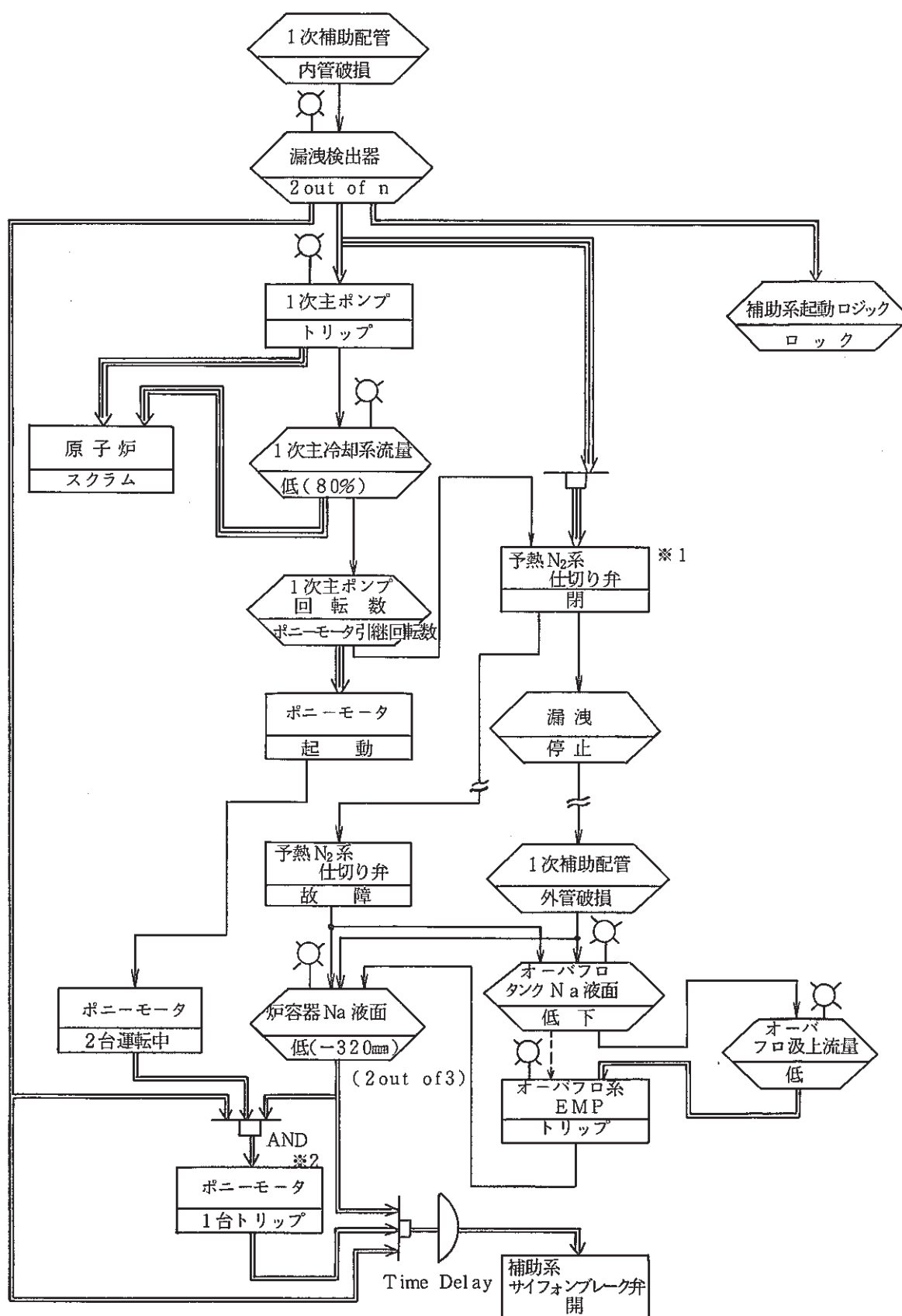
4.6 試験方法

1次主循環ポンプポニーモータ運転にて、1次補助冷却系Na漏洩を1次補助系ドレン弁よりNaをドレンさせることにより模擬し、サイフォンブレイク機能の確認を行った。

4.7 試験結果

1次補助系ドレン弁開後、42分で炉容器内ナトリウム液面が-32 cmに達し、ポニーモータ(A)1台運転に切替った。その後も系統ナトリウム液面は下り続け、ドレン弁開後、106分で系統ナトリウム液面が安定し、サイフォンブレイクが確認された。

図4-4に試験時の系統ナトリウム液位変化を示す。



※1 V71-42のみ信号で閉となる。

V7 1-8は normal close

※2 現シーケンスではB号機がトリップし、A号機1台運転となる。

図 4-1 1 次補助冷却系配管破損時インターロック線図

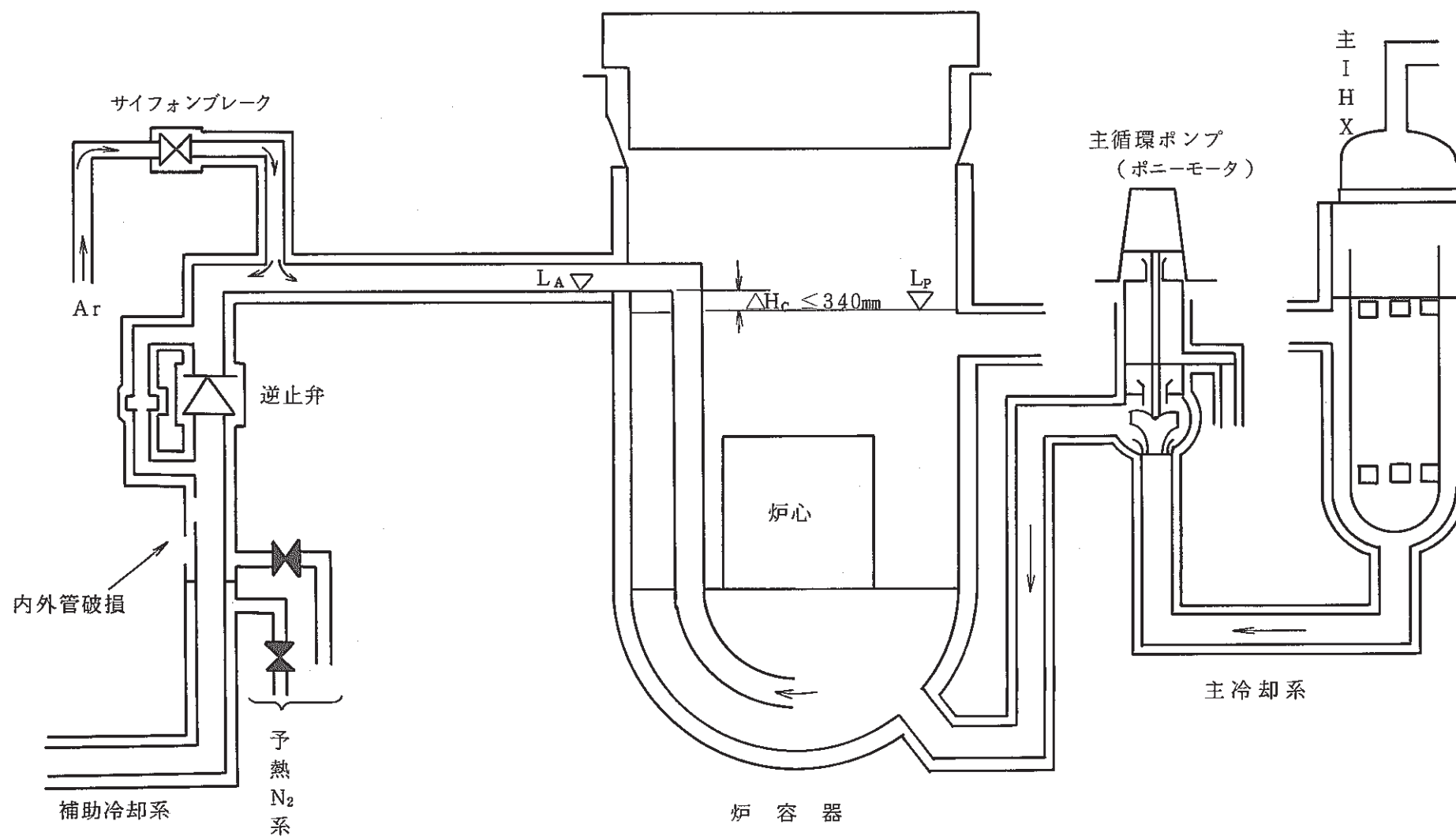


図 4-2 1次補助系サイフォンブレイク時冷却系挙動

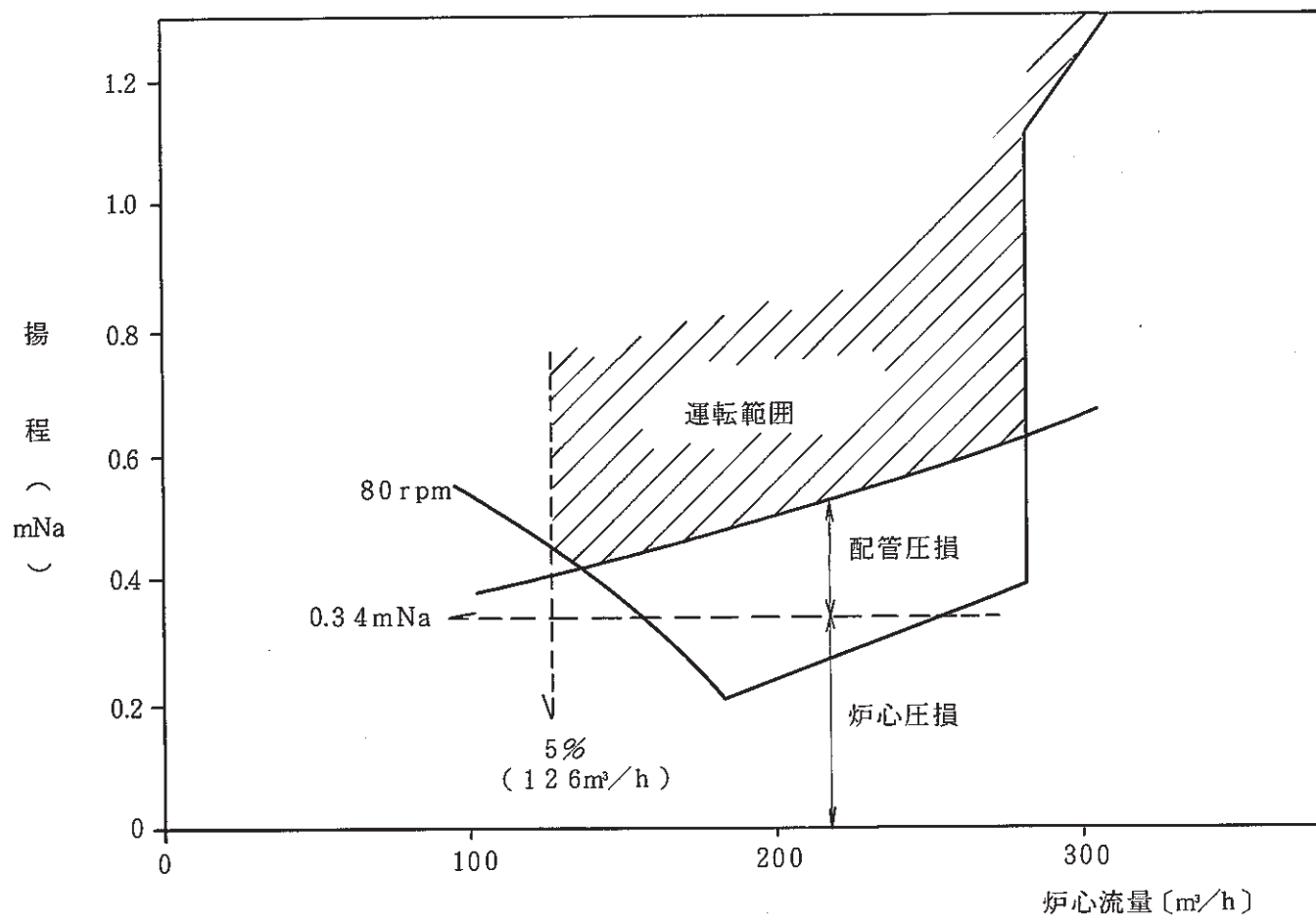


図 4-3 ポニーモータ運転範囲

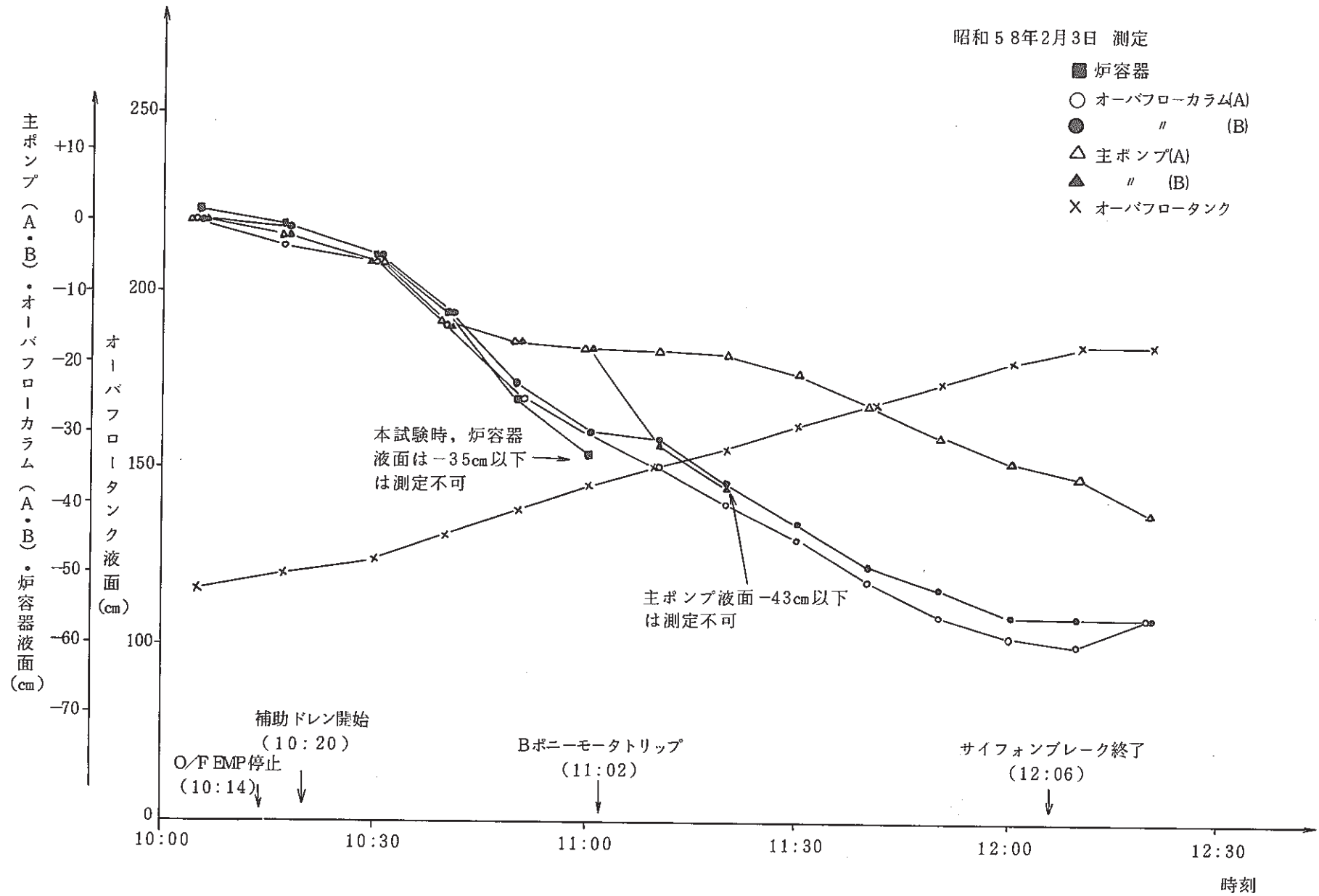


図4-4 補助系サイフォンブレイク機能確認試験時各部液位変化 (試験Ⅱ)

5. 1次補助電磁ポンプ吐出圧差による原子炉容器ナトリウム液面監視方法

原子炉容器及び主冷却系入口配管等でナトリウム漏洩が発生した時、炉容器へのナトリウム供給停止、またはナトリウム供給量以上に漏洩量が大きい場合、炉容器ナトリウム液面は低下する。

初期段階の炉容器ナトリウム液面の監視は

① 既設炉容器液面計（測定範囲：+35cm～-35cm）及び長尺形炉容器液面計（測定範囲：+35cm～-160cm）

② 1次主循環ポンプオーバフローカラム液面計（測定範囲：+12cm～-288cm）

で行われる。しかし、①、②の液面計より液面が低下する事態を仮定した場合、炉容器ナトリウム液面の監視は不可能となる。

これまでの運転経験で1次補助電磁ポンプが定格流量（65m³/h）で運転中は、その吐出圧の変化によって、炉容器ナトリウム液面を間接的に推定できることが判った。

炉容器内のナトリウムを部分ドレンした時の1次補助電磁ポンプ吐出圧変化とナトリウム液面のデータを下表に示す。

炉 容 器 液 面	1次補助電磁 ポンプ吐出圧	1次補助電磁 ポンプ流量	系統温度	備 考
0cm (GL-6100mm)	1.41kg/cm ²	65m ³ /h	235℃	第5回定検時 データ
-250cm (GL-8600mm)	1.2 kg/cm ²	65m ³ /h	223℃	同 上
-344cm (GL-9540mm)	1.09kg/cm ²	64.8m ³ /h	227℃	昭和59年11 月14日のデータ

以上のデータを用いて、その妥当性について検討を行うと $\frac{\text{補助循環ポンプ吐出圧 (kg/cm}^2\text{)}}{\text{ナトリウム比重 (kg/m}^3\text{)}} = \text{炉}$

容器液面差となることからこの式を用いて、GL-9540mm のナトリウム液面差を求めてみると

$$\frac{(1.41 - 1.09) \times 10^4}{896} = 3.57 \text{ m} \text{ が得られ、これは炉容器液面変化 } 3.44 \text{ m (344cm) と、ほぼ一致}$$

したものとなる。

この結果から、1次補助循環ポンプ吐出圧によって炉容器ナトリウム液面を間接的に推定することができる。図5-1に1次系レベルと炉容器液面計測定範囲の関係を示す。

斜線部が測定範囲である。

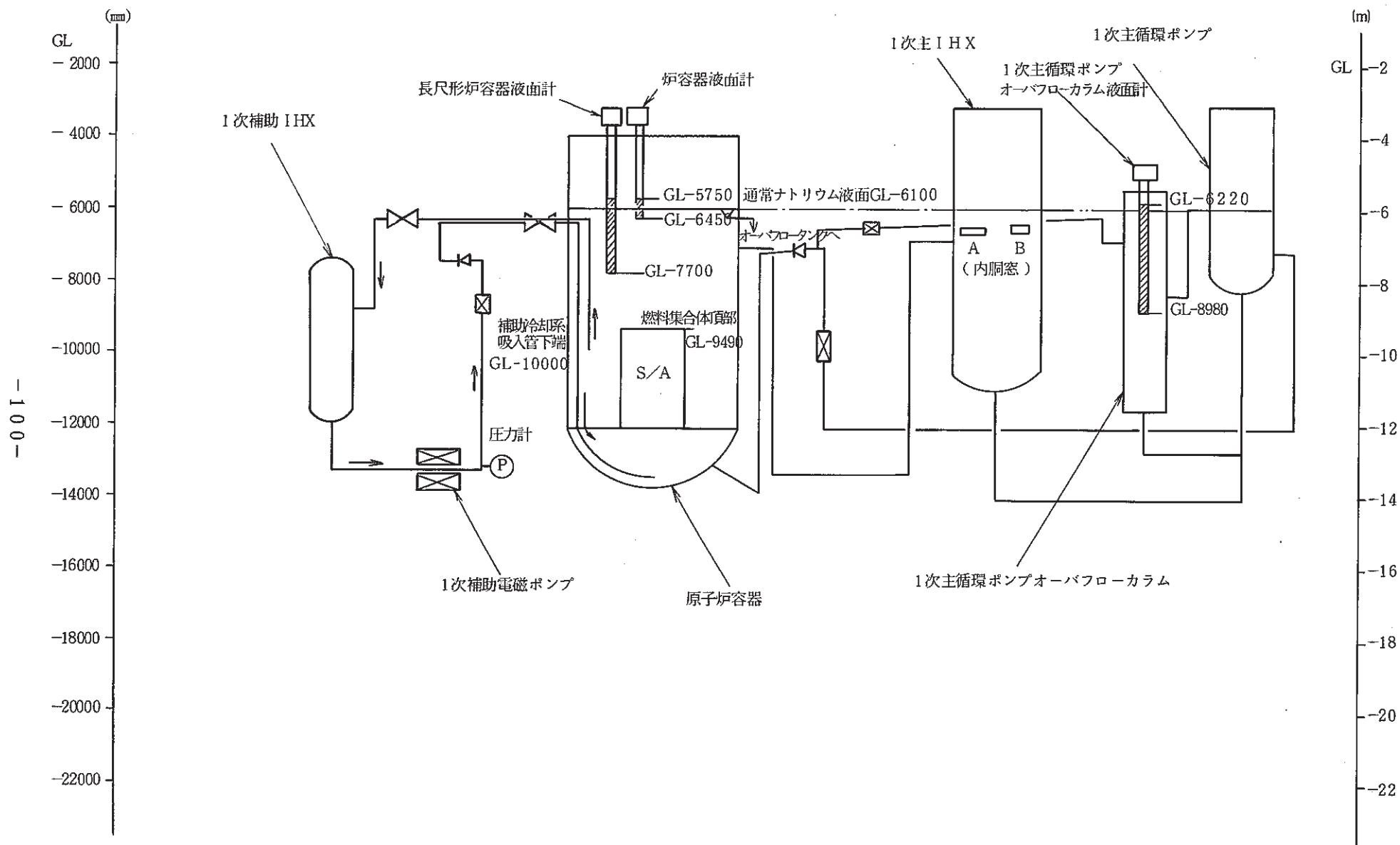


図 5-1 1 次系レベルと炉容器液面計測定範囲の関係

6. 1次補助循環ポンプ健全性確認

1次補助循環ポンプ起動後の流量増加、及び流量減少時の循環ポンプ印加電圧と流量値を測定し、ポンプ性能の健全性を確認した。

6.1 方 法

1次主ポンプボニーモータを2台同時に停止し、1次補助冷却系を自動起動させ、流量変化に対する印加電圧の変化を仮設電圧計を用いて計測した。なお、1次補助系流量はJOYDAS(JOYO Data Acquisition System)指示を用いた。

6.2 実 施 日

1回目 : 昭和61年6月30日

2回目 : 昭和61年7月 2日

6.3 結果及び評価

- ① 測定の結果、 $10\text{m}^3/\text{h}$ から $60\text{m}^3/\text{h}$ までは、ポンプ印加電圧と流量との間には直線性がある。
- ② I V R 上限位置でのポンプ印加電圧は 230V で流量は $66.8\text{m}^3/\text{h}$ である。温度補正後の流量は $57.7\text{T}/\text{h}$ で補助冷却系定格流量の $56.5\text{T}/\text{h}$ を上回っていた。

Na比重は、 $r:0.863376 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ at 370°C (N941 81-73 ナトリウム技術実用物性値表より)を用いた。

これらの結果、1次補助循環ポンプの性能低下等は無く健全が確認された。

表6-1に1次補助循環ポンプ流量-電圧測定データ、図6-1に1次補助循環ポンプ流量-電圧線図、及び図6-2に1次補助循環ポンプ流量-吐出圧線図を示す。

表6-1(1) 1次補助循環ポンプ流量-電圧測定データ

(昭和61年6月30日実施)

流量(m ³ /h)	循環ポンプ 印加電圧(V)	循環ポンプ 吐出圧力(kg/cm ²)	IHX 入口温度(°C)	備 考
-5.04	-	0.646	211.5	流量増加時 ↓
0.87	40.0	0.674	211.9	
11.52	49.6	0.676	"	
20.00	82.4	0.742	"	
31.05	124.0	0.836	"	
40.33	147.2	0.956	"	
50.23	178.0	1.119	"	
60.75	214.0	1.332	"	
65.08	228.0	1.434	"	
65.42	228.8	1.436	211.9	
68.31	236.0	1.499	221.1	流量減少時 ↓
57.79	201.2	1.256	221.1	
47.82	169.2	1.072	"	
36.62	133.6	0.903	"	
27.06	101.6	0.789	"	
19.02	72.0	0.719	"	
9.60	39.2	0.665	221.1	
4.84	-	0.650	220.7	
0	26.8			

○ 印加電圧は仮設電圧計の指示値, また, 流量, 吐出圧及び温度はJOYDASより採取した。

表6-1(2) 1次補助循環ポンプ流量-電圧測定データ

(昭和61年7月2日実施)

流量 (m ³ /h)	循環ポンプ 印加電圧(V)	循環ポンプ 吐出圧(kg/cm ²)	IHX 入口温度(°C)	備 考
-3.7	0	0.639	249.8	流量増加 ↓
0.3	34.0	—	"	
8.9	52.8	0.672	"	
13.2	64.8	0.678	249.5	
17.0	68.0	0.697	248.7	
18.6	78.4	0.725	248.3	
22.0	88.0	0.747	248.1	
24.0	96.0	0.747	248.0	
26.7	105.2	0.789	"	
29.4	109.6	0.824	"	
30.5	122.0	0.854	"	
34.2	132.0	0.856	"	
38.8	140.0	0.929	"	
39.9	148.0	0.959	"	
41.7	154.0	0.999	"	
44.4	166.6	0.999	"	
47.5	172.0	1.047	"	
50.1	180.4	1.132	"	
52.1	188.0	1.170	"	
54.3	197.2	1.173	"	
56.9	208.0	1.261	"	
61.8	212.0	1.329	"	
63.8	224.8	1.390	"	
66.8	230.4	1.436	248.0	
59.6	204.8	1.280	248.4	流量減少 ↓
49.0	173.2	1.077	"	
38.5	138.0	0.912	"	
29.2	105.6	0.800	"	
19.0	70.0	0.710	248.4	
9.7	38.0	0.657	248.0	

○ 印加電圧は仮設電圧計の指示値, また, 流量, 吐出圧及び温度はJOYDASより採取した。

	(昇圧時)	(降圧時)
測定日時	: S 6 1.6.30	S 6 1.6.30
補助 IHX 入口温度	: 211 °C	221 °C
" 出口温度	: 212 °C	220 °C

<備考>

- 炉容器 Na 液面 GL-6100
- 印加電圧は仮設電圧計
(YOKOGAWA 製 No 03113M) を使用した。

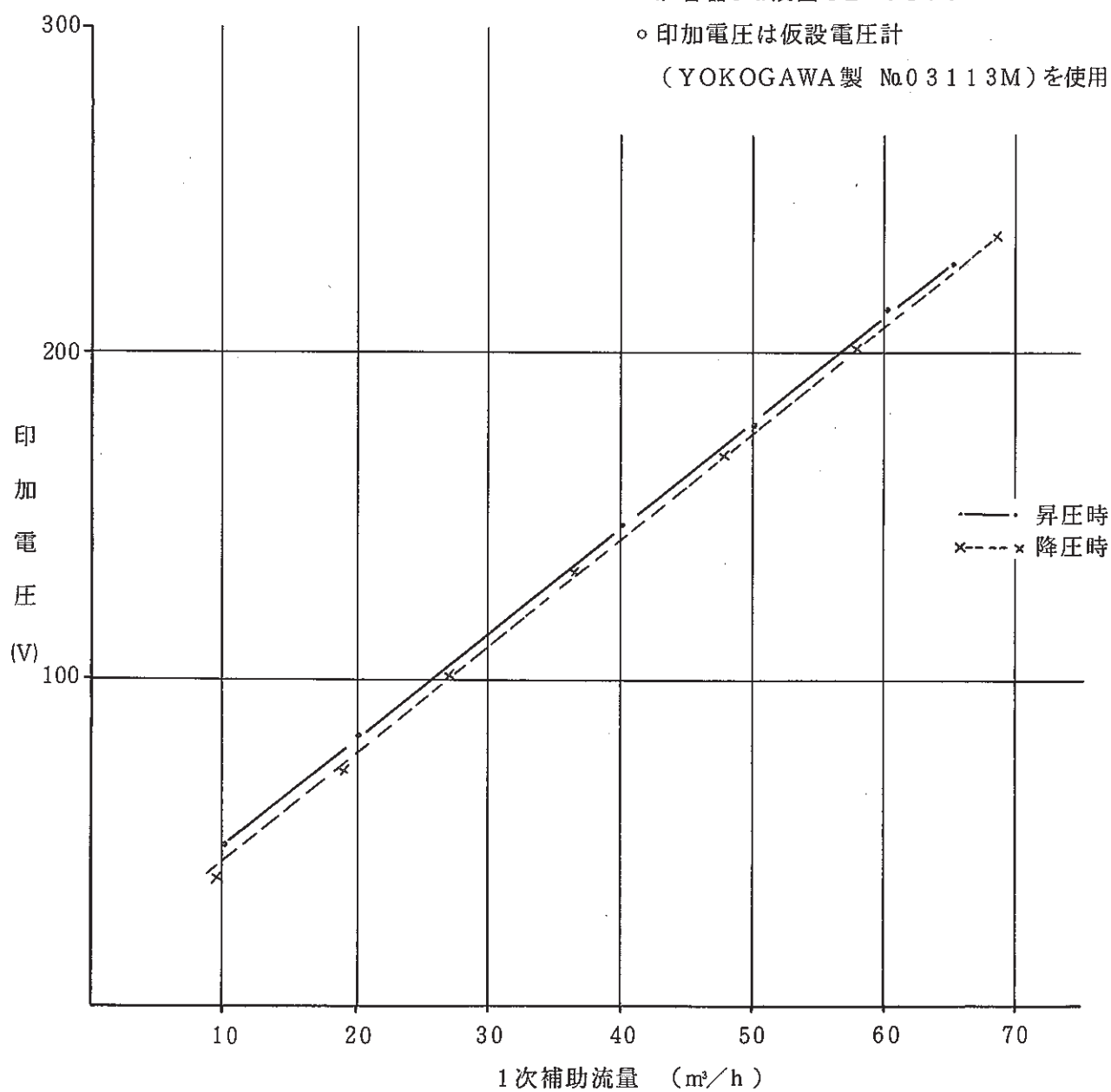


図6-1(1) 1次補助循環ポンプ流量-電圧線図

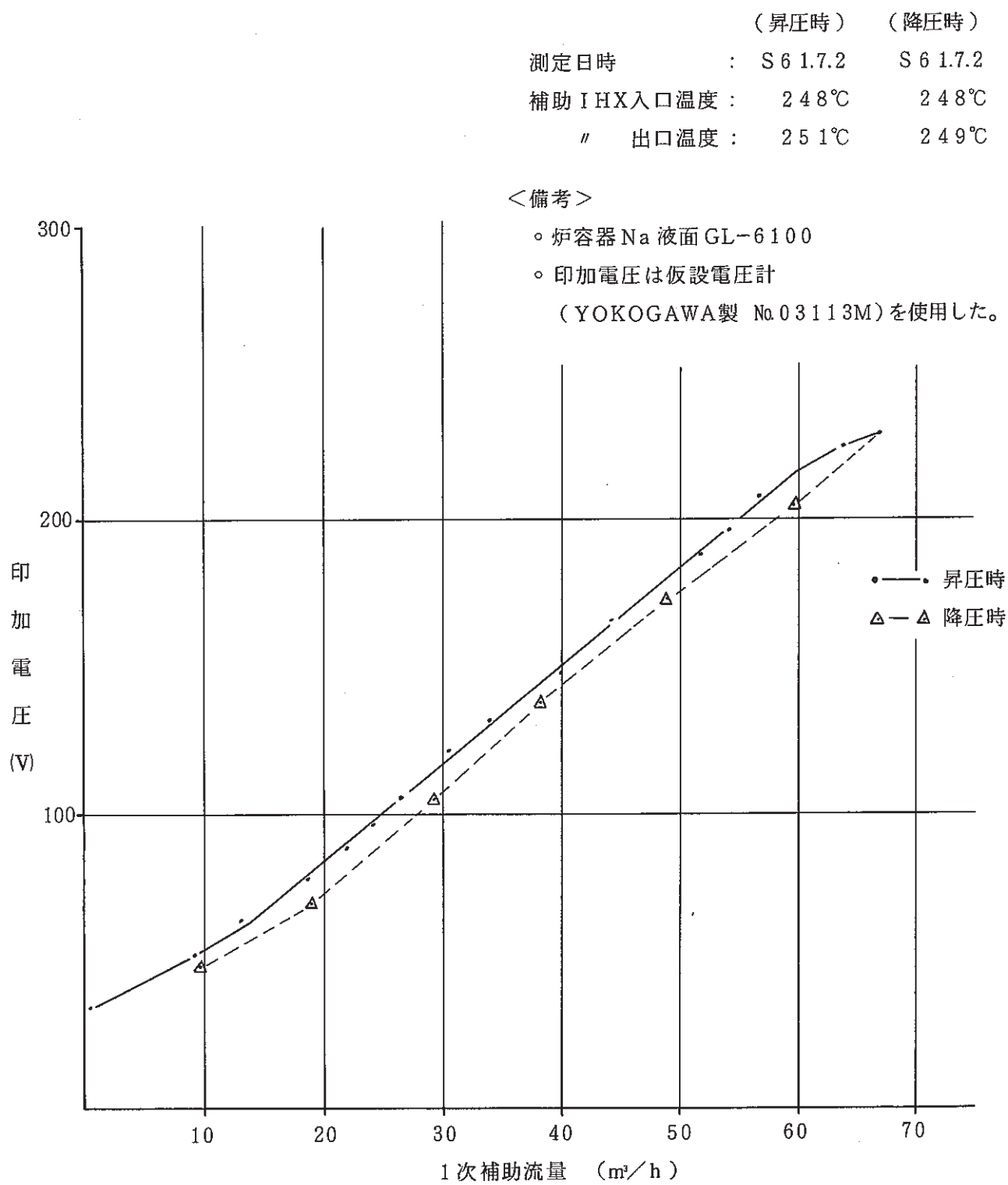


図6-1(2) 1次補助循環ポンプ流量－電圧線図

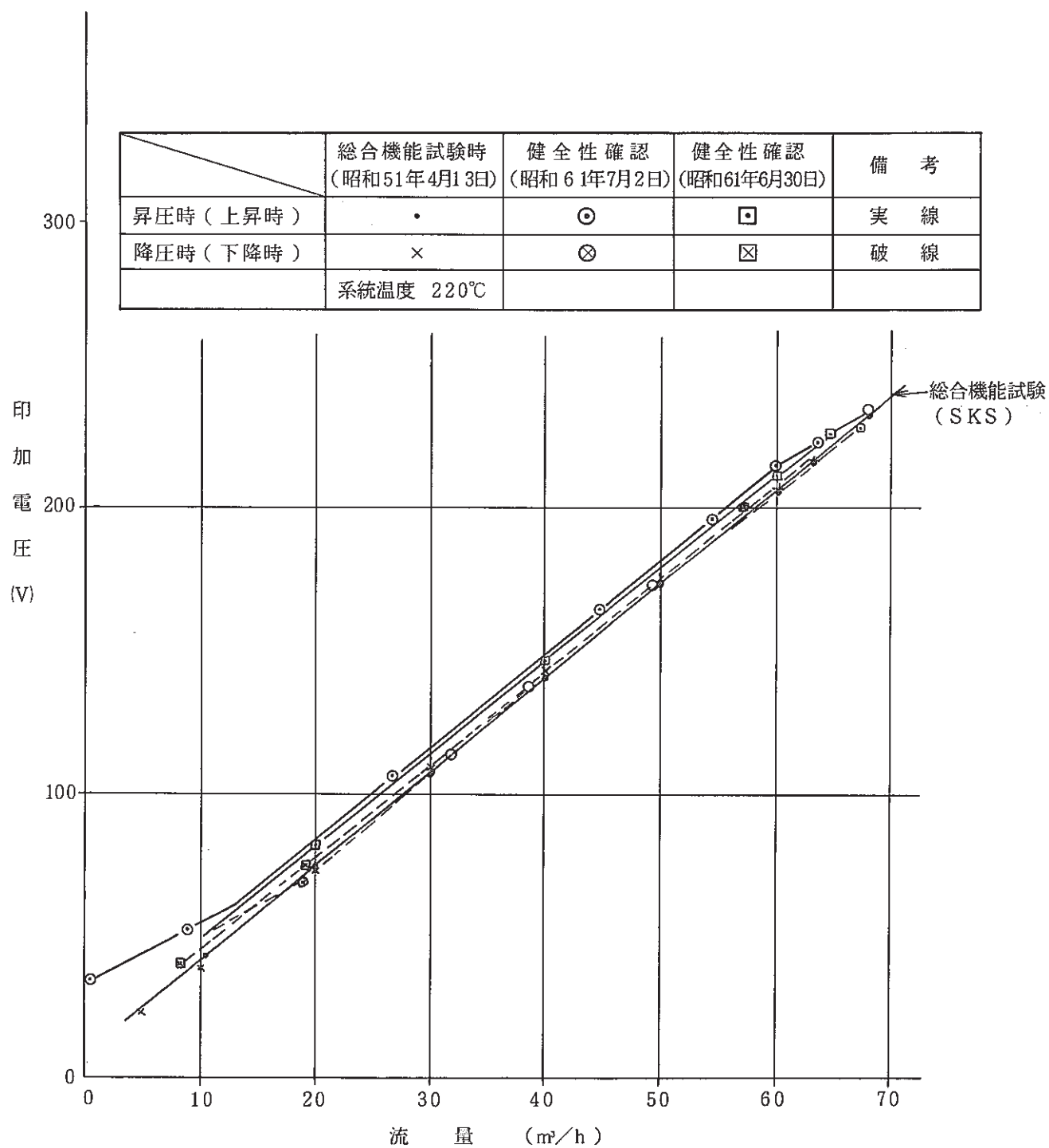


図 6-1 (3) 1 次補助循環ポンプ流量-電圧線図(比較図)

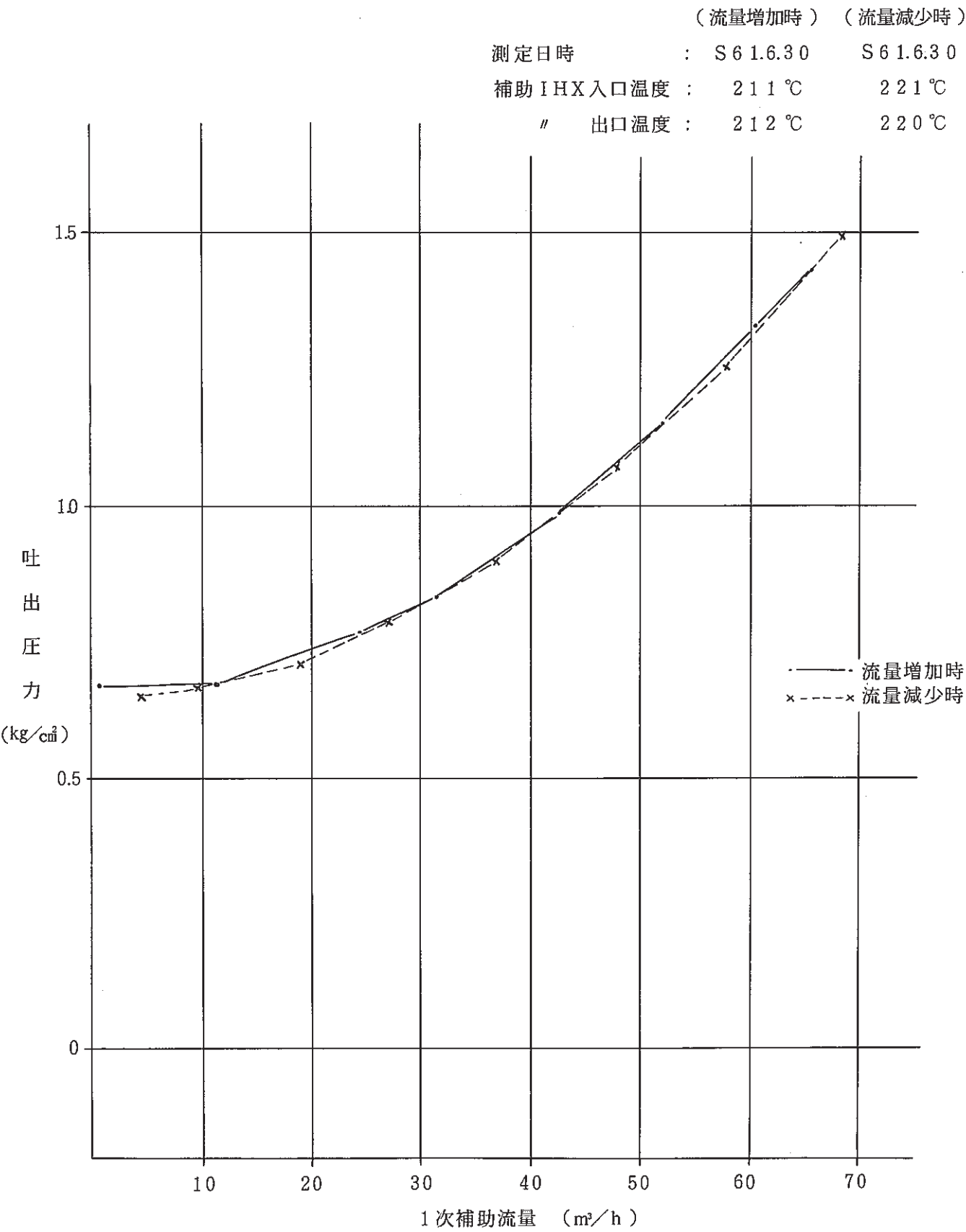


図6-2 (1) 1次補助循環ポンプ流量－吐出圧線図

(増加時) (減少時)

測定日時 : S 6 1.7.2 S 6 1.7.2

補助 IHX 入口温度 : 248℃ 248℃

// 出口温度 : 251℃ 249℃

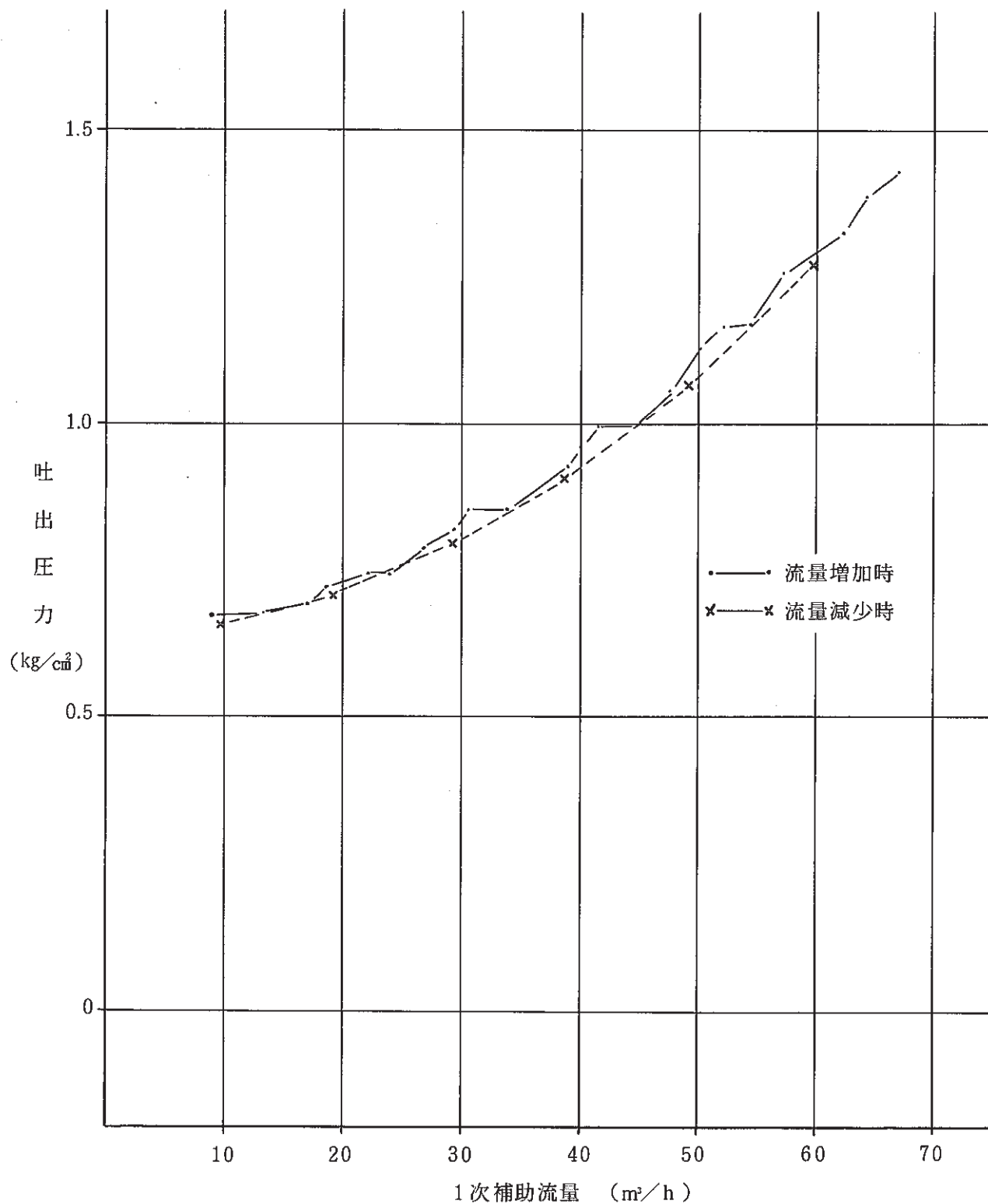


図6-2(2) 1次補助循環ポンプ流量-吐出圧線図

7. 自然循環試験時の補助冷却系の流動状態

7.1 試験概要

「常陽」における外部電源喪失時の崩壊熱除去は、1次冷却系においては直流無停電電源系統より給電されるポニーモータにより主循環ポンプが運転され、万一、ポニーモータ1台の使用が不能となった場合でも1次補助冷却系の起動により熱除去手段が確保されている。

このことから、設計上自然循環による崩壊熱除去は期待していない。しかし、2次冷却系についてはポニーモータを有していないため、自然循環による崩壊熱除去機能を有した設計となっている。

本試験は原子炉が出力状態から1次主循環ポンプ及び2次主循環ポンプを同時に停止し、原子炉スクラム後、自然循環による崩壊熱除去能力を確認した。

7.2 試験方法

試験は、定常試験（試験C）と過渡試験（試験D、E）が行われた。

定常試験（試験C）においては、低出力運転状態（ $\sim 1\text{MWt}$ ）でポニーモータ運転の1次主循環ポンプ、及び2次主循環ポンプを同時に停止し、試験中も原子炉出力を一定に保持した。

過渡試験（試験D、E）においては、高出力（ 30MWt 、及び 75MWt ）運転状態から1次主循環ポンプ、及び2次主循環ポンプを停止し原子炉をスクラムさせた。

表7-1に各自然循環試験時のプラント状態を示す。

7.3 試験結果（補助冷却系の挙動について）

(1) 試験C

① 流量

1次補助冷却流量は、ポニーモータ運転時の約 $3\text{m}^3/\text{h}$ の逆流状態から1次主循環ポンプの停止により、一旦順流となった後、微量の逆流状態となった。

② 温度

初期状態では1次補助冷却流量が逆流しているため、補助IHX出口側が高く、入口側は低くなっているが、試験開始後、約800秒あたりで入口側温度は2次側のナトリウム温度とほぼ平衡し、その後、緩やかに上昇した。

(2) 試験D

① 流量

1次補助冷却流量は約 $22\text{m}^3/\text{h}$ の逆流状態から1次主循環ポンプの停止により、一旦、順流になり、その後、微量の逆流状態になったと推定される。

② 温度

初期状態では試験 D と同じ状態であるが、試験開始後、補助中間熱交換器出口ナトリウム温度は急速に低下している。補助中間熱交換器入口ナトリウム温度は同出口ナトリウム温度と比較すると低下率が小さくなっている。これは、2次補助予熱ヒータの設定を $350 \pm 10^\circ\text{C}$ としていたため、2次系からの入熱により温度降下が抑制されたためである。

(3) 試験 E

① 流量

1次補助冷却流量は約 $2.2\text{ m}^3/\text{h}$ の逆流状態から1次主循環ポンプ停止により、微逆流になった。

② 温度

補助系温度はいずれも緩やかに降温した。

自然循環試験時の補助冷却系温度・流量変化を図 7-1 (1MWt)、図 7-2 (30MWt)、図 7-3 (75MWt) に示す。

7.4 1次主冷却系と1次補助冷却系の干渉

1次主冷却系が自然循環状態において、補助冷却系は1次主冷却系からの押し込みと補助冷却系自身の自然循環力のバランスにより極めてわずかな逆流状態となる。

過去の試験において、1次主冷却系が自然循環状態にある時、1次補助循環ポンプを起動すると、補助冷却系の流量増加に伴ない、1次主冷却系の自然循環流量は減少した。1次主冷却系の自然循環流量は1次補助循環ポンプの起動後、1次補助循環流量約 $4\text{ m}^3/\text{h}$ よりその低下率は大きくなり、定格流量付近 (約 $6.3\text{ m}^3/\text{h}$) に到達すると流量は零となった。

これらの現象は主冷却系の自然循環による炉心冷却機能と補助冷却系による炉心の強制冷却機能とを同時に利用することが難しいことを示している。即ち、自然循環による炉心冷却をバックアップするつもりで1次補助電磁ポンプを起動すると、1次主冷却系の自然循環は抑制されてしまう。

初期状態 (試験開始約 900 秒) で1次主冷却系の自然循環流量は約 $7.5\text{ m}^3/\text{h}$ であり、補助冷却系の定格流量を上回っていることが判っている。

以上のことより、補助冷却系の起動時期について今後の自然循環試験結果を踏まえ、慎重に検討する必要がある。

表 7-1 自然循環試験時のプラント状態表

試験項目		試験時のプラント状態			試験の狙い
		原子炉出力	1次系流量	2次系流量	
定常試験	試験 C	1 MWt (出力保持)	18%→0%	40%→0%	2次系も自然循環状態にして除熱能力を確認
過渡試験	試験 D	30MWt→崩壊熱 (原子炉停止)	100%→0%	100%→0%	出力運転状態から自然循環による除熱状態への移行を確認, 崩壊熱は 1MW程度
	試験 E	75MWt→崩壊熱 (原子炉停止)	100%→0%	100%→0%	75MW出力運転状態から自然循環による除熱状態への移行を確認

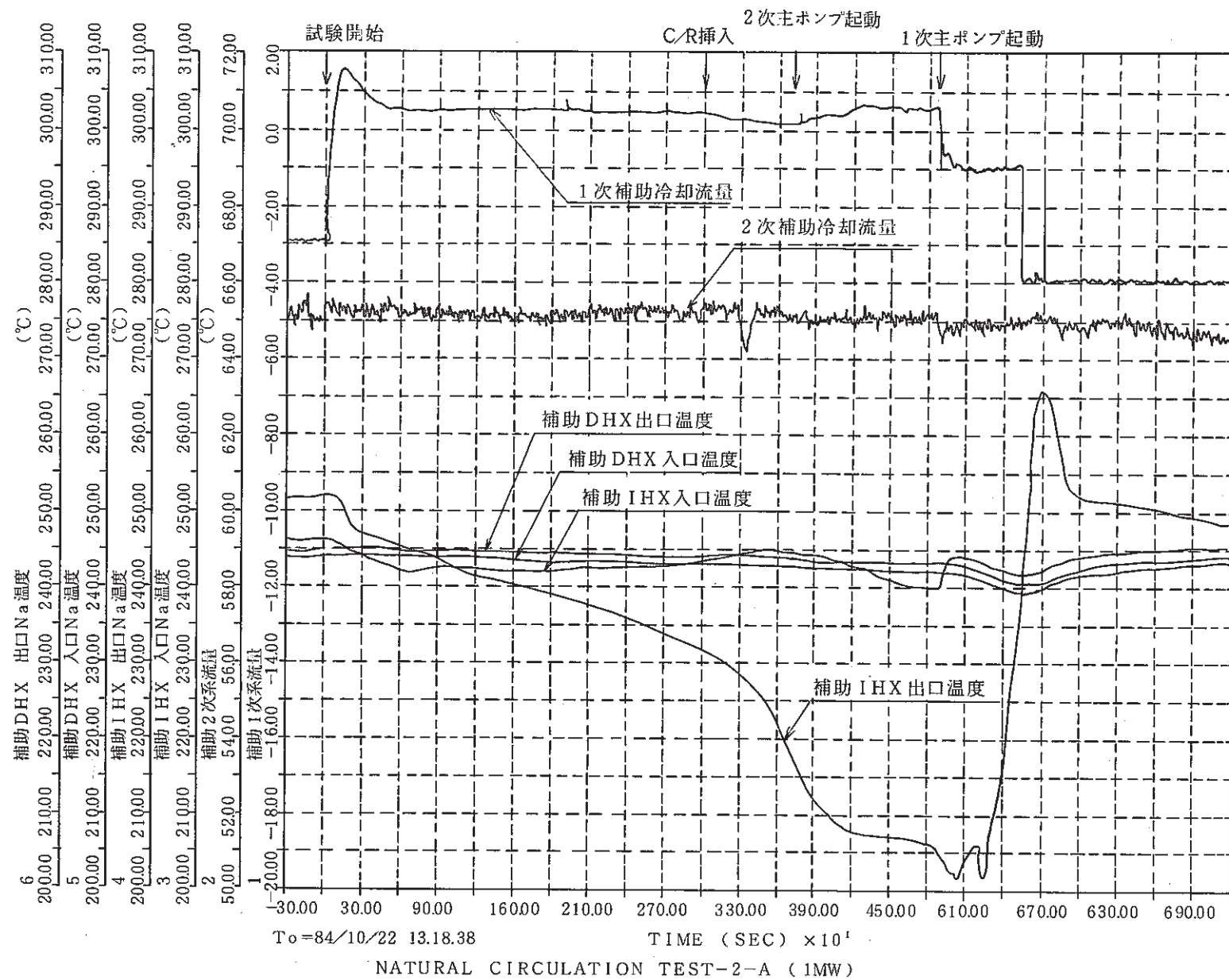


図7-1 補助冷却系温度・流量変化

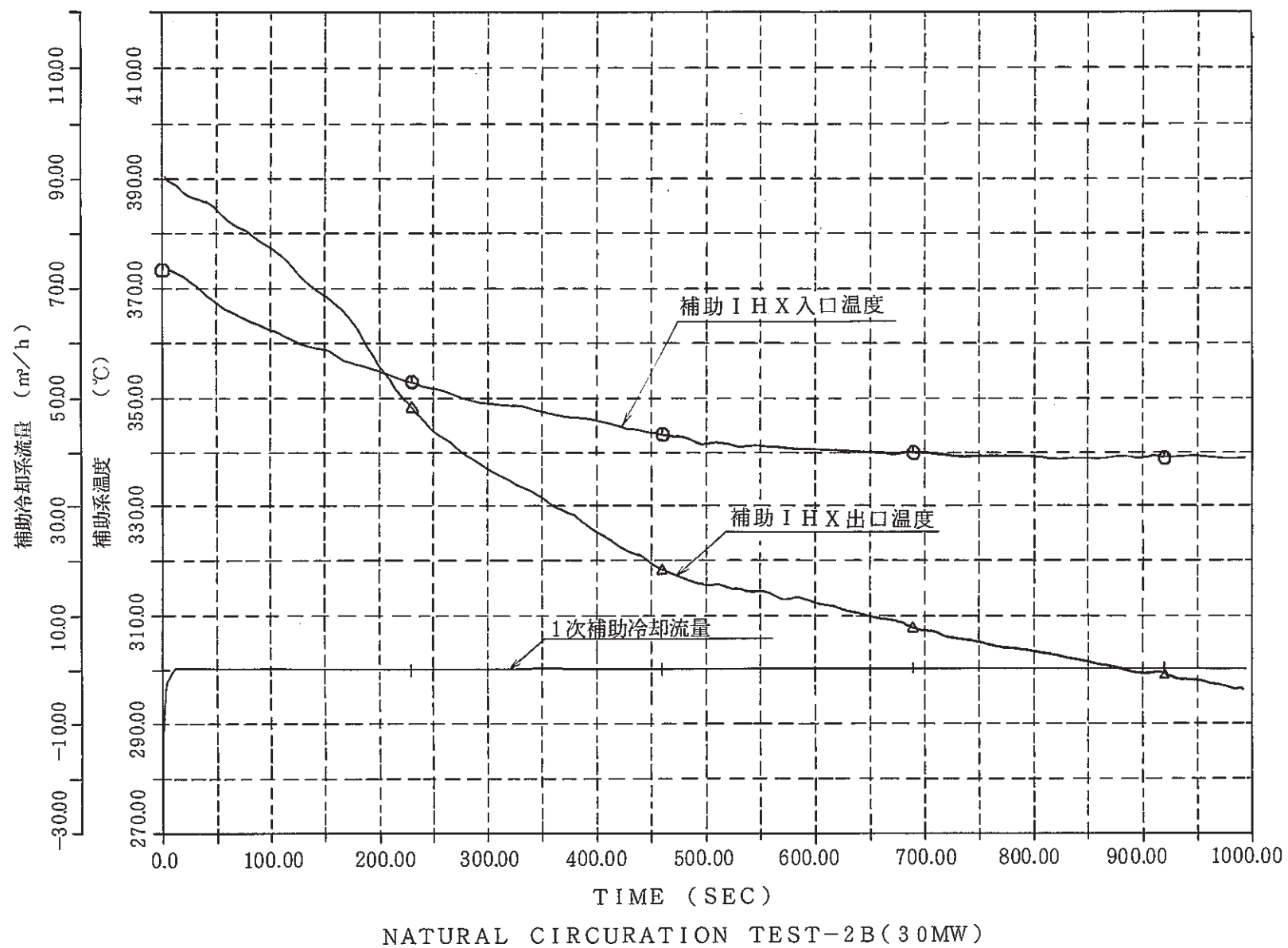


図7-2 補助冷却系流量・流量変化

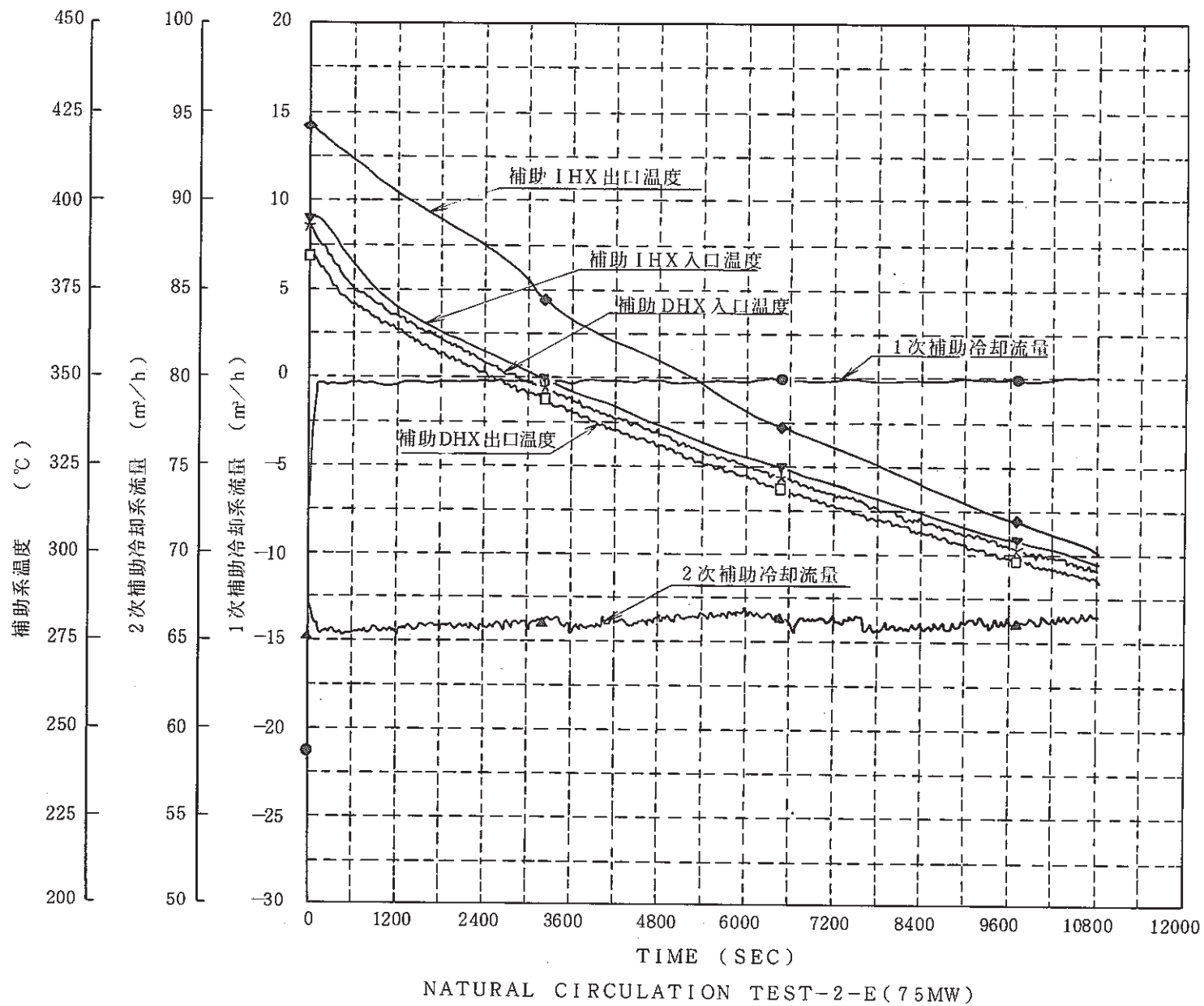


图 7-3 補助冷却系温度・流量变化

8. 検討点と対策

- (1) 1次補助冷却系の問題点は、主冷却系統が自然循環状態になった時、1次補助冷却系を起動すると、主冷却系統の自然循環に影響を与える。

1次補助冷却系の運転方法は、昭和60年より実施中の主冷却系自然循環試験結果を基に慎重に検討する必要がある。

- (2) 2次補助冷却系は、運転時間が長いため、計器等のトラブル発生が多くなっている。トラブルの主な原因は各部品の経年劣化現象によるものであり今後、計画的な交換が必要である。

- (3) 2次補助プラギング計は設置当初より不調であったが、近年、特に多くなっている。プラント運転中において、2次補助系は閉ループにて運転され、系統は独自の純化系を持っていないため、純化運転方法の見直し及びプラギング計の閉塞防止対策等が必要である。

- (4) 1次、2次補助冷却系は、運転が開始され約10年が経過し運転の初期故障は減り、今後は経年劣化現象を主とする故障の増加が予想されるため、系統全体を再度見直しより詳細な点検計画を立案し、予防保全に万全を期す必要がある。

9. 結 言

高速実験炉「常陽」の補助冷却系統の昭和57年1月から昭和61年9月までの運転実績を要約すると次の通りである。

- (1) 1次補助冷却系統の運転時間は約3400時間で、補助循環ポンプの起動回数は65回、その内自動起動は36回であった。

1次補助冷却系の運転は主に定期点検期間中における炉心崩壊熱除去の目的で行われた。

- (2) 1次補助冷却系の逆流時間は約17900時間であった。

- (3) 2次補助冷却系の運転時間は約34000時間であった。

- (4) 2次補助冷却系の停止回数は40回で停止時間は約7200時間であった。停止は主に定検等でナトリウムがドレンされた期間であった。

- (5) 2次補助循環ポンプがトリップした回数は11回でその内、10回は外部電源喪失及び電源喪失試験等によるものであった。残りの1回は補助循環ポンプ冷却ファン入口フィルターの目詰りに起因する補助循環ポンプコイル温度上昇によるものであった。

過去4年9ヶ月間、補助冷却系は2次補助循環ポンプが1回コイル温度高によりトリップしたが、系統全体としてはほぼ良好な運転実績を得ることができた。

昭和51年の運転開始より今日まで補助冷却系は特に大きな問題もなく良好な運転を継続している。

10. 参 考 文 献

- (1) PNCT N941 83-08
高速実験炉「常陽」運転試験報告書
補助冷却系統運転実績
- (2) PNC SN941 81-78
高速実験炉「常陽」特殊試験報告書
補助冷却系による崩壊熱測定試験
- (3) 高速実験炉「常陽」運転月報(MK-II炉心移行, MK-II炉心)
- (4) PNC ZN941 77-133
高速実験炉「常陽」総合機能試験報告書
1次補助冷却系統試験(ナトリウム中)
- (5) PNC SN941 82-112
高速実験炉「常陽」特殊試験報告書
MK-II炉心における自然循環試験計画及び試験II-A(1MW定常試験)結果報告
- (6) PNC SN941 86-053
高速実験炉「常陽」特殊試験報告書
自然循環試験II-B(30MW過渡試験)結果報告