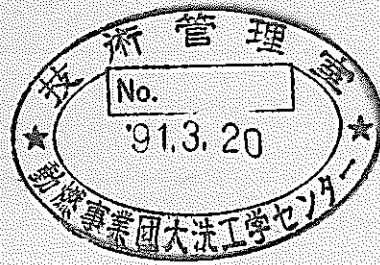


区分	
変更後材料番号	==
決裁年月日	平成13年7月31日

高速実験炉「常陽」 第7回定期検査技術成果報告



1989年12月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

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」第7回定期検査技術成果報告

前田幸基*，吉野弘之，富田直樹，
高須宏雄，長井秋則，鹿志村洋一
安哲徳**，干場英明***，
野口好一****，砂押博*****，

要 旨

高速実験炉「常陽」の第7回定期検査は昭和63年9月7日より開始し、平成元年1月23日に完了した。今回の定期検査では、照射試験準備等の定期検査項目以外の作業で工程上クリティカルパスとなるものが炉上部照射プラグリグの試料部交換のみであったので、これまでの定期検査期間の最短である3.5ヶ月を目標に工程を立案した。

定期検査期間中の各作業はほぼ予定通りに実施されたが、制御棒駆動機構の据付調整時にCRDM-3のフィンガの変形が生じたために上部案内管の交換作業が必要となり、このため予定より約1ヶ月の延長となった。しかしながら、これ以外の作業についてはさしたるトラブルもなく、3ヶ月程度で定期検査が実施出来る見通しを得た。

本報告書は、「常陽」の第7回定期検査で得られた保守に係る技術成果をまとめたものである。

** 大洗工学センター 実験炉部 原子炉第2課 * 現科学技術庁
*** 大洗工学センター 実験炉部 原子炉第1課
**** 大洗工学センター 安全管理部 放射線管理課
***** 大洗工学センター 実験炉部 照射課
***** 現大洗工学センター 技術開発部



NOT FOR PUBLICATION
PNCT#N9410 90-125
December, 1989

The technical report of the 7th annual inspection
of the experimental fast reactor JOYO.

Y. Maeda* , H. Yoshino, N. Tomita, H. Takasu,
A. Nagai, Y. Kashimura, T. Yasu**, H. Hoshiba ***
K. Noguchi****, H. Sunaoshi*****

Abstract

The 7th annual inspection of the experimental fast reactor JOYO was started from November 7, 1988, and completed on January 23, 1989. The schedule of the 7th annual inspection was planned to complete in the shortest term of 3.5 months since the exchange work of UPR test pieces was the only critical path work except regular inspection work.

Most of work was conducted according to schedule, however, term of the annual inspection was extended for one month to exchange UGT since deformation of the finger was occurred in CRDM 3 when adjustment of CRDM was conducted.

All works except above were conducted without any trouble, feasibility was obtained to complete the annual inspection within 3 months through the experience of this inspection.

This report summarizes the technical results obtained through the maintenance activities of the 7th annual inspection.

JOYO Maintenance Section, Experimental Reactor Division, OEC
* Science and Technology Agency
** JOYO Operation Section, Experimental Reactor Division, OEC
*** Radiation Control Section, Health and Safety Division, OEC
**** Irradiation Section, Experimental Reactor Division, OEC
***** Technology Development Division, OEC

目 次

1. 緒 言	1
2. 定期検査の概要	2
2.1 対象となる原子炉施設の範囲	2
2.2 定期検査の目的と分類	2
2.3 定期自主検査及び自主検査の概要	3
2.4 改造工事の概要	3
2.5 定期検査時の作業管理	4
3. 定期検査の実績	36
3.1 実績工程	36
3.2 定期検査の結果	37
3.3 作業環境と発生廃棄物量	55
3.4 放射線作業実績	61
3.5 第7回定期検査のコスト評価	74
4. 主な改造工事の概要	82
4.1 ナトリウム液位計の交換	82
4.2 カバーガス浄化系の設置	100
4.3 燃料集合体出口温度計装盤の更新	113
4.4 加速度ピックアップによるスクラム時間測定装置の設置	119
4.5 コンクリート遮蔽体冷却系窒素ガス冷却器の更新	137
4.6 核計装中間出力モニタの更新	146
4.7 コンクリート遮蔽体冷却系ブロワの改造	190
4.8 2次補助リレーの交換	205
4.9 2次ナトリウム純化系コールドトラップ送風機更新	215
4.10 炉外照射装置に伴う安全容器内調査工事	228
4.11 定置式放射線モニタの更新	245
5. 保守経験と得られた成果	261
5.1 格納容器局部漏洩率試験	261
5.2 1次主ポンプモータ分解点検	272

5.3	1次系電動弁・電動ダンパ駆動部点検	300
5.4	2次系Na設備の非破壊検査	312
5.5	制御棒駆動機構上部案内管交換作業	325
5.6	フロン冷凍機及びフロン冷媒系の点検	352
5.7	1次冷却系ISI	365
5.8	炉内観察装置による炉内観察	390
5.9	1次主循環ポンプメカニカルシールの交換	395
6.	保守性改善のための提言	411
6.1	1次系電磁ポンプチクワドレン不要対策	411
6.2	床下設置電動弁の駆動方式変更	417
6.3	格納容器局部漏洩率C種試験対策	417
6.4	メンテナンス用予熱装置の設置	424
6.5	2次Arガス系点検の省力化について	427
6.6	2次主ポンプモータ架台の改造	433
6.7	制御棒駆動機構上部案内管交換時のNa除去作業の改善	436
6.8	圧空供給系錆対策	444
7.	結言	447
8.	謝辞	448
付録1.	第7回定期検査実績詳細工程	449
2.	第7回定期検査時の交換部品リスト	467

表 リ ス ト

Table. 2. 1	定期自主検査項目
Table. 2. 2	自主検査項目
Table. 3. 1	定期検査結果
Table. 3. 2	第7回定期検査期間中における線量当量結果
Table. 3. 3	第7回定期検査放射線作業別線量当量結果
Table. 4. 1. 1	ナトリウム液位計交換工事工程表
Table. 4. 1. 2	ナトリウム液位計検出器の素線抵抗測定結果
Table. 4. 1. 3	1次冷却系Na液位計の配線表
Table. 4. 1. 4	ナトリウム液位計実液校正検査成績表
Table. 4. 2. 1	CGCSの機器の仕様
Table. 4. 4. 1	スクラム時間測定装置入力信号一覧表
Table. 4. 5. 1	窒素ガス冷却器伝熱管材料検査結果
Table. 4. 5. 2	窒素ガス冷却器伝熱管板厚測定結果
Table. 4. 9. 1	2次Na純化系新C/T送風機試運転記録表
Table. 4. 11. 1	放射線モニタ更新範囲一覧
Table. 5. 1. 1	各系統毎の局部漏洩率測定結果
Table. 5. 1. 2	局部漏洩率試験合計漏洩率の推移
Table. 5. 2. 1	主電動機電気試験項目
Table. 5. 2. 2	ポニーモータ及び主電動機冷却ブロワ駆動用電動機試験項目
Table. 5. 2. 3	1次系ポンプ回転計用発電機試験項目
Table. 5. 2. 4	主電動機絶縁診断項目
Table. 5. 2. 5	主電動機絶縁特性試験内容
Table. 5. 2. 6	主電動機電気試験結果 (A号機)
Table. 5. 2. 7	ポニーモータ電気試験結果
Table. 5. 2. 8	1次系ポンプ回転計用発電機試験結果 (A号機)
Table. 5. 2. 9	主電動機冷却ブロワ駆動用電動機試験結果 (A号機)
Table. 5. 2. 10	主電動機絶縁診断結果一覧
Table. 5. 2. 11	主電動機交換部品一覧表

Table. 5. 3. 1	1次系電動弁リストと点検内容
Table. 5. 3. 2	1次系エクステンション弁と点検内容
Table. 5. 3. 3	1次系電動弁の点検結果
Table. 5. 4. 1	主冷却器伝熱管UT検査結果
Table. 5. 5. 1	実績工程表
Table. 5. 5. 2	キャスク等漏洩率試験結果
Table. 5. 5. 3	UGT交換作業記録
Table. 5. 7. 1	「常陽」ISI計画の対比
Table. 5. 7. 2	試験カテゴリ
Table. 5. 7. 3	軽水炉とFBRのISIの考え方の対比
Table. 5. 7. 4	「常陽」ISI計画と実績一覧
Table. 5. 7. 5	サーベイランス試験種類と第1回取出（材試験結果の評価）
Table. 5. 8. 1	炉内観察装置主要仕様
Table. 5. 9. 1	1次主ポンプ・メカニカルシール交換工程
Table. 5. 9. 2	1次主ポンプ・メカニカルシール交換部品リスト
Table. 5. 9. 3	1次主ポンプ・メカニカルシール各部品の点検結果
Table. 5. 9. 4	ラッピング後の1次主ポンプ・メカニカルシール各部品の点検結果

図 リ ス ト

- Fig. 2.1 定期検査作業フローチャート
- Fig. 3.1 「常陽」第7回定期検査実績工程
- Fig. 3.2 「常陽」第4回～第7回定検時線量当量率の推移
- Fig. 3.3 カートンボックスの発生量
- Fig. 3.4 作業の場所、設備別被ばく結果
- Fig. 3.5 定期検査期間中における線量当量の推移
- Fig. 3.6 第7回定期検査作業別被ばく
- Fig. 3.7 各定期検査における線量当量の推移
- Fig. 3.8 業務区分別予算執行内訳
- Fig. 3.9 予算内訳評価
- Fig. 3.10 系統別予算評価
- Fig. 3.11 系統別原子炉施設保守評価
- Fig. 4.1.1 1次系ナトリウム液位計配線図
- Fig. 4.1.2 2次系ナトリウム液位計配線図
- Fig. 4.1.3 1次系各液位の第16サイクル起動時のデータ
- Fig. 4.1.4 1次系各液位の第17サイクル起動時のデータ
- Fig. 4.1.5 第17サイクル起動時のダンプタンク液位変化
- Fig. 4.2.1 CGCS系統図
- Fig. 4.2.2 CGCSの機器配置
- Fig. 4.2.3 CGCSの制御システム
- Fig. 4.3.1 出口温度計装盤の更新範囲
- Fig. 4.3.2 燃料集合体出口温度計測点
- Fig. 4.3.3 燃料集合体出口温度計装盤概略
- Fig. 4.3.4 燃料集合体出口温度記録計のアナログ入力方式（ISS方式）
- Fig. 4.4.1 原子炉断面図
- Fig. 4.4.2 制御棒および制御棒駆動機構概念図
- Fig. 4.4.3 スクラム時間測定装置システム構成図
- Fig. 4.4.4 スクラム時間測定条件設定表示

- Fig. 4.4.5 スクラム時間測定待機表示
- Fig. 4.4.6 スクラム時間測定データのフロー
- Fig. 4.4.7 スクラム時間測定データの積分処理
- Fig. 4.4.8 スクラム時間測定概略図
- Fig. 4.4.9 スクラム時振動波形例
- Fig. 4.4.10 スクラム時間測定時の出力波形
- Fig. 4.5.1 窒素ガス冷却器構造図
- Fig. 4.5.2 窒素ガス冷却器伝熱管の減肉の推移
- Fig. 4.5.3 窒素ガス冷却器冷却水系統図
- Fig. 4.5.4 窒素ガス冷却器伝熱管板厚測定ポイント
- Fig. 4.6.1 核計装中間出力系モニタ回路ブロック図
- Fig. 4.6.2 核計装中間出力系モニタ及び前置増幅器のノイズ試験ブロック図
- Fig. 4.6.3 核計装中間出力系特性（起動～1 MW）
- Fig. 4.6.4 核計装中間出力系特性（起動～15 MW）
- Fig. 4.6.5 核計装中間出力系特性（～100 MW）
- Fig. 4.6.6 核計装中間出力系特性（LCRM出力）
- Fig. 4.6.7 ディスクリ特性（LCRM）
- Fig. 4.6.8 ディスクリ特性の比較（LCRM）
- Fig. 4.6.9 前置増幅器特性（中間出力系との比較）
- Fig. 4.6.10 前置増幅器特性（線形出力系との比較）
- Fig. 4.6.11 ペリオド出力（新モニタ）
- Fig. 4.6.12 ペリオド出力（中間系CH-3及びCH-5）
- Fig. 4.6.13 中間出力系特性試験回路
- Fig. 4.6.14 核計装中間出力系特性（起動～1 MW）
- Fig. 4.6.15 中間出力系の起動系及び線形出力系とのオーバーラップ特性
- Fig. 4.6.16 核計装中間出力系出力特性（起動～100 MW）
- Fig. 4.6.17 核計装中間出力系モニタ及び前置増幅器利得
- Fig. 4.7.1 コンクリート遮蔽体冷却系系統図
- Fig. 4.7.2 既設遮コンモータ外形図
- Fig. 4.7.3 遮コンモータ構造図

- Fig. 4.7.4 遮蔽コンクリート冷却系ブロウ用自動給油装置組立図
- Fig. 4.7.5 遮蔽コンクリート冷却系ブロウ用自動給油装置系統図
- Fig. 4.7.6 既設遮コンモータ・ブロウ据付図
- Fig. 4.7.7 改造後遮コンモータ・ブロウ据付図
- Fig. 4.7.8 既設遮コンモータ・ブロウ配置図
- Fig. 4.7.9 遮蔽コンクリート冷却ブロウ自動給油装置据付図
- Fig. 4.8.1 2次補助冷却系Na温度検出箇所
- Fig. 4.8.2 2次補助電磁ポンプ・電源遮断時のNa温度
- Fig. 4.9.1 2次純化系C/T旧送風機性能曲線図
- Fig. 4.9.2 2次純化系C/T送風機廻り概略図
- Fig. 4.9.3 2次純化系C/T新送風機外形図
- Fig. 4.9.4 2次純化系C/T新送風機性能曲線図
- Fig. 4.10.1 「常陽」炉外照射装置概略構造図
- Fig. 4.10.2 安全容器内置換系統
- Fig. 4.10.3 M3マンホール位置
- Fig. 4.10.4 M3マンホール構造（整備前）
- Fig. 4.10.5 M3マンホール構造（整備後）
- Fig. 4.10.6 安全容器内観察方法
- Fig. 4.10.7 安全容器内窒素ガス置換結果
- Fig. 4.10.8 照射キャプセル構造
- Fig. 4.11.1 放射線監視盤外觀図
- Fig. 4.11.2 デジタルレートメータ外觀図
- Fig. 4.11.3 各モニタ計装ブロック図
- Fig. 4.11.4 放射線監視システムの全体機能構成図
- Fig. 4.11.5 放射線監視システムのソフトウェア構成
- Fig. 4.11.6 放射線監視システムCRT出力例
- Fig. 5.1.1 1次Arガス系出口側隔離弁の漏洩率の推移
- Fig. 5.2.1 1次主ポンプ電動機の $\tan \delta$ 特性
- Fig. 5.2.2 1次主ポンプ電動機の交流電流特性
- Fig. 5.2.3 1次主ポンプ電動機の部分放電特性

- Fig. 5. 2. 4 1次主ポンプ電動機の直流吸収特性
- Fig. 5. 2. 5 下部軸受構造図
- Fig. 5. 2. 6 1次主循環ポンプモータ構造図
- Fig. 5. 4. 1 2次系ナトリウム設備非破壊検査箇所説明図
- Fig. 5. 4. 2 検査対象箇所の溶接部説明図
- Fig. 5. 4. 3 主冷却器伝熱管部検査対象箇所説明図
- Fig. 5. 4. 4 2次系ナトリウム設備非破壊検査時のD/T各部の温度グラフ
- Fig. 5. 5. 1 UGTキャスク概略図
- Fig. 5. 5. 2 特性試験キャスク概略図
- Fig. 5. 5. 3 短尺化した延長管引上工具の構造図
- Fig. 5. 5. 4 UGT交換用INTA引上治具構造図
- Fig. 5. 5. 5 超高真空ドアバルブの改造概略図
- Fig. 5. 5. 6 短尺化したハンドリングキャップの構造図
- Fig. 5. 5. 7 CRDM下部ハウジングの改造
- Fig. 5. 5. 8 UGT交換作業の短縮化を図る改造
- Fig. 5. 5. 9 UGTを高レベル機器洗浄槽へ装荷した時のシール性向上対策
- Fig. 5. 5.10 プール台車上ハンドリングキャップ仮置台
- Fig. 5. 5.11 UGTキャスク転倒防止対策概略図
- Fig. 5. 6. 1 再循環冷却器ガス側配管図
- Fig. 5. 8. 1 炉内観察時の炉容器内概略図
- Fig. 5. 8. 2 炉心構成要素の位置関係
- Fig. 5. 9. 1 1次主ポンプメカニカルシール構造図
- Fig. 5. 9. 2 1次主ポンプメンテナンス用シールキャップ
- Fig. 5. 9. 3 1次主ポンプモータ及びメカニカルシールメンテナンス用シールキャップ
据付状態
- Fig. 5. 9. 4 1次主ポンプメカニカルシール下部シール楷動面の傷の発生経過の推定
- Fig. 5. 9. 5 1次主ポンプメカニカルシール部からの油漏洩量の推移
- Fig. 6. 1. 1 1次系電磁ポンプ専用予熱装置概略図
- Fig. 6. 1. 2 1次系電磁ポンプ操作回路の変更部
- Fig. 6. 2. 1 床下設置電動弁を空気作動化した時のバルブのフローダイヤグラム

- Fig. 6.3.1 1次Arガス系供給側隔離弁C種試験対策
- Fig. 6.3.2 1次Na純化系隔離弁C種試験対策
- Fig. 6.3.3 予熱N₂ガス系隔離弁C種試験対策
- Fig. 6.4.1 メンテナンス予熱装置概略図
- Fig. 6.5.1 2次Arガス系点検箇所説明図
- Fig. 6.5.2 2次Arガス系点検用カバーガス呼吸ラインの概念図
- Fig. 6.5.3 2次Arガス系点検時の仮設4方弁廻りの取合い部の概念図
- Fig. 6.6.1 2次主ポンプモータ架台概略図
- Fig. 6.7.1 UGT取付孔Na除去装置構造図
- Fig. 6.7.2 UGT取付孔Na除去作業要領説明図
- Fig. 6.7.3 UGT取付孔新Na除去装置（本体）
- Fig. 6.7.4 UGT取付孔新Na除去装置（ガス系フロー）
- Fig. 6.8.1 圧縮空気供給設備制御用配管図
- Fig. 6.8.2 圧縮空気供給設備除湿塔廻り配管図

写真リスト

- Photo. 4. 2. 1 主な機器の設置状況
- Photo. 5. 4. 1 主冷却器X線検査結果
- Photo. 5. 4. 2 主冷却器伝熱管P T検査結果

1. 緒 言

高速実験炉「常陽」は昭和63年9月7日から自主検査及び改造工事等を含めた第7回定期検査を実施し、平成元年1月23日にこれらを完了して、定期検査合格証を受領した。

この間に実施した検査は、原子炉施設の安全を確保し安定した運転が出来るような各施設の機器、配管類及び電気計装装置等の分解検査、作動検査、漏洩検査、校正検査、機能検査並びに性能検査である。これとともに、「常陽」の性能向上をめざし設備の高度化を図るためにいくつかの改造工事も実施した。

改造工事の主なもの、①Na液面計の交換、②カバーガス浄化系(C.G.C.S)の設置、③燃料集合体出口温度計装設備の更新、④制御棒駆動機構の一部変更、⑤窒素ガス冷却器の更新、⑥核計装設備(中間出力系)の更新、⑦保物モニタの更新工事などである。

今回の定期検査期間は、3.5ヶ月を予定していたが、制御棒駆動機構(CRDM)の据付調整時にCRDM-3のフィンガに変形が発生したため、当該制御棒駆動機構の上部案内管を交換した。このため期間が約1ヶ月の延長となったが、その他にはさしたるトラブルもなく終了することが出来た。

本報告書では、自主点検や改造工事等も含めた第7回定期検査の結果と得られた成果並びに保守性改善のための提言等について述べる。

2. 定期検査の概要

第7回定期検査は、(1)原子炉等規制法に定められた年一回の定期検査及び定期自主検査、(2)設置者の責任において実施する自主検査からなり、これらに加えて実施した各種改造工事等を含む。

2.1 対象となる原子炉施設の範囲

定期検査、定期自主検査及び自主検査の対象となる原子炉施設の範囲は、

- ① 原子炉本体
- ② 核燃料物質の取扱い及び貯蔵施設
- ③ 原子炉冷却系統施設
- ④ 計測制御系統施設
- ⑤ 放射性廃棄物の廃棄施設
- ⑥ 放射線管理施設
- ⑦ 原子炉格納施設
- ⑧ その他原子炉の付属施設

である。

2.2 定期検査の目的と分類

定期検査は規制法第29条に示されるように、原子炉施設のうち、政令で定めるものの性能について主務大臣が毎年一回定期に行う検査をいい、これらの検査は、その原子炉施設の性能が主務省令で定める技術上の基準（試験研究の用に供する原子炉等の設置・運転等に関する規則第3条の17）に適合しているかどうかについて行うものである。

定期検査には、規則第3条の17に示すとおり、性能検査と施設検査がある。

- (1) 性能検査（定期検査の技術上の基準、規則第3条の17第1号に係る検査）。

性能検査は、原子炉の停止装置、非常用安全装置、連動装置、制御棒及び制御棒駆動系、原子炉格納施設の性能に係る安全性を検査する。

- (2) 施設検査（定期検査の技術上の基準、規則第3条の17第2号に係る検査）。

施設検査は機器・配管類及び電気計装装置類の検査、原子炉冷却機バウンダリの健全性検査等に大別される。機器・配管類及び電気計装装置類の検査は、1次主循環ポンプ、2

次主循環ポンプ等の主要ポンプ類、燃料交換機、制御棒駆動機構等の動的機器類、廃ガスタンク、廃液タンク等のタンク類、1次冷却系主要配管類及び電気計装装置等の外観検査、分解検査、開放検査、校正検査及び作動検査を行い、今後運転が安全・安定に維持されることを確認する。Table. 2. 1 (1)~(11)に定期検査項目を示す。

2.3 定期自主検査及び自主検査の概要

定期自主検査は原子炉等規制法の規則第10条に示すとおり、計測制御系統施設の緊急しゃ断のための性能検査を1ヶ月毎に、緊急しゃ断検査を1年毎に実施する。

また、原子炉施設の保安のために直接関連を有する計器及び放射線測定器については、校正を1年毎に実施する。

自主検査は、施設、機器の健全性を確認し、維持するために機器の異常を早期に検出し、もしくは劣化する機器の部品を定期的に交換するなど、設置者が長期計画に基づき定期的に行う検査をいい、1年ないし数年の頻度で各機器に関し、外観検査、解放検査及び分解検査等を実施する。Table. 2. 2 (1/17)~(17/17)に自主検査項目を示す。

2.4 改造工事の概要

本定期検査中に実施した改造工事は以下の通りである。

項 目	期 間	概 要								
遮蔽コンクリート冷却系ブローモータ交換及びブロー点検	S 63 10/11~12/12	定検短縮及び経費節減のために当ブロー用モータ及び付属品をより保守性の良いものに交換・改造した。								
1次主ポンプ・オーバフローカラム・2次ダンプタンクNaレベル計交換	S 63 10/3~11/9	老朽化対策としてマイクロコンピュータを使用し高精度化及び保守性向上をはかったNaレベル計システムに交換した。								
カバーガスクリーンアップシステム装置 (CGCS)	S 63 9/3~12/6	RTCB試験設備対応としてカバーガス中のFPガスを捕集することを目的としてCGCSを設置した。								
遮コン窒素ガス冷却器更新	S 63 10/13~12/7	伝熱管に腐食による減肉がみられたため、予防保全の観点から更新した。								
保物モニタ更新工事	S 63 8/20~11/20	保物モニタの老朽化に伴い次のモニタを更新した。 <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>γ線エリアモニタ</td> <td>38系統</td> </tr> <tr> <td>n線エリアモニタ</td> <td>2系統</td> </tr> <tr> <td>ダストモニタ</td> <td>11系統</td> </tr> <tr> <td>ガスモニタ</td> <td>13系統</td> </tr> </table>	γ線エリアモニタ	38系統	n線エリアモニタ	2系統	ダストモニタ	11系統	ガスモニタ	13系統
γ線エリアモニタ	38系統									
n線エリアモニタ	2系統									
ダストモニタ	11系統									
ガスモニタ	13系統									

項 目	期 間	概 要
核計装中間出力系モニタの更新	S63 9/19～11/25	核計装設備のうち中間出力系（IRM）のモニタについて老朽化対策及び保守性向上の観点から更新した。
音響法スクラム時間測定装置の設置	S63 7/18～1/13	スクラム時間測定精度向上のために音響法スクラム時間測定装置を設置し、機能の拡充を図った。
燃料集集体出口温度計装設備の更新	S63 9/17～10/18	現在使用している温度記録計の老朽化対策、予防保全の観点から設備を更新した。115点/10台を115点/4台とした。
上部案内管の交換	S63 12/11～12/27	制御棒駆動機構の分解点検後の据付調整時にCRDM-3のフィンガに変形が生じたので、上部案内管を予備品と交換した。

2.5 定期検査時の作業管理

定期検査時における作業管理は、原子炉施設保安規定、運転要領、施設品質保証計画書等の各要領に基づいて実施されたが、これらの作業時の作業管理は以下の方針に基づいて行った。定期検査作業フローチャートをFig. 2.1に示す。

2.5.1 作業計画書の作成

(1) 定期検査計画書の作成

定期検査項目、内容等を決定し、定期検査計画書を作成した。

(2) 定期検査要領書の作成

定期検査計画書に基づき、機器の点検項目、目的、作業内容（プラント状態、注意事項、復旧手順等）を明確にした定期検査要領書を作成した。

2.5.2 作業管理

(1) 作業開始前

「停止（依頼・連絡）／試運転依頼書」等、作業に関連する必要書類を作成し、操作スイッチ、弁等に必ず管理タグを付けるなど、作業開始に当たって十分な安全措置を行いながら実施した。

(2) 作業中

定期検査要領書に定められた手順に従って行き、分解部品等はパレット、ビニールシート等に並べるなどして、異った部品、異物の混入を防止するなどして品質保証に努めた。

(3) 作業終了後

作業終了後のプラント状態は、作業担当者及び運転担当者が立会いのもとに作業が終了したことを確認した後、正規の状態に復帰した。

2.5.3 取扱い部品の管理

設置者の検査及び試験が完了し、納入された予備品、部品は所定の場所へ保管した。予備品、部品を使用する場合には、必要部品の仕様を予め確認することにより、仕様の違った部品の使用を防止して品質保証に努めた。また、交換した部品には交換年月日を記入したシールを貼付するとともに、各系統毎に交換理由等を記入した整理台帳を作成して交換部品の把握と継続的な交換計画をコンピュータで管理出来るようにした。

2.5.4 安全管理

(1) 放射線管理

管理区域での作業にあたっては、作業条件を十分に考慮し、当該作業の放射線レベルに応じた、特殊（第1種）、第2種及び第3種放射線作業計画書を立案し適切な被ばく低減対策を施すとともに、保安規定で定められた基準をこえることのないよう従事者等の個人被ばく線量及び総被ばく線量を出来る限り低く抑えるよう努力した。

実作業では作業者にTLB、PDを着用させ、放射線作業計画のうち特に被ばく管理が必要なものについては、作業被ばく管理用TLD及びAPDの使用を義務付けて被ばく線量の集中管理、電算機処理を行い不要な被ばく防止及び被ばく低減化に向けての迅速な対応を行った。

今回の定期検査期間中、保安規定等に定める許容被ばく線量を越えた作業は1件もなかった。

格納容器床下の放射線状況は、一次主配管近傍の作業雰囲気では0.30～0.55mSv/hであった。こうした結果を踏まえて作業前の教育、現場調査等を行い管理区域内での準備作業等を減らすために、また作業場所へは実作業員のみを配置することにより不必要な被ばく防止に努め被ばくの低減化を図った。

定検開始前のトータルマンレムの予想値は0.425人シーベルトであったが実績値は約6割の0.256人シーベルトで第6回定検時の約7割であった。これは床下区域での改造工事等が減少したことや被ばく低減化対策を推進したことによるものと考えられる。

また、定検期間中の平均被ばく線量は0.4mSv、個人最大被ばく線量は7.1mSvで従事者の内部被ばくは全て有意な検出は認められなかった。

(2) 一般作業

一般作業に関しては、酸欠防止、ナトリウム取扱、感電防止並びに重量物の運搬や高所作業について、これまでの点検作業の経験を基に作業手順の準備、作業計画書作成、KYの実施等を行い、定検期間中の事故の発生は1件もなかった。

各作業の実施方針を次に示す。

① 酸欠が問題となるのは、格納容器床下への立入りである。格納容器床下への立入りはこれまで数多く経験しており、本設の酸素濃度計による監視で十分安全を確保することができるが立入りに際しては、事前に作業計画書を作成、提出し、作業場所の酸素濃度を本設計器及び携帯式酸素濃度計により確認し、その後立入りを許可するようにした。また、酸欠の恐れのある作業を行う場合には、排風機による換気を行ったり、携帯式酸素濃度計によるチェックを頻繁に行いながら作業を行った。万一に備えて酸素マスク等防護具を作業現場に配備して災害及び二次災害の防止に努めた。

② ナトリウム取扱作業

ナトリウム取扱作業については、事前に作業計画を立て、作業手順等を詳細に検討した後に実施した。ナトリウムバウンダリー解放に際しては、ナトリウムドレン、ガス置換等により極力ナトリウムを排除するとともに必要に応じてキャスク、ビニール袋等で密封し、不活性ガスを封入するなどして作業の安全を図った。

③ 電気事故防止対策

電気機器等の点検及び作業に際しては、感電事故防止のため事前に作業計画、作業手順書等を作成して、系統の構成、プラント状態等を確認した後に必要な停電措置を行った。点検担当者、作業担当者及び運転担当者間の安全確認の方法は、「停止依頼書」によるタブレット方式を採用して間違いのないよう実施した。

作業の実施に当たっては、担当者は検電、接地を行い必要に応じて保護具を装着して作業を行った。また、標識、縄張り等により作業員以外の立入りを禁止した。

④ 重量物運搬、高所作業

クレーンの運転、玉掛け、足場作業等については、十分に経験のある有資格者に行わせた。

Table. 2.1 定期自主検査項目 (1/11)

施設区分：原子炉本体 (1/1)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分			
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査		
1. 燃料体	燃料体 (使用済炉心燃料)	1本	B-101	集体外観検査	63年12月					○		
				集合体寸法検査							○	
				要素外観検査								○
				要素寸法検査								
2. 回転プラグ	1式	B-102	燃料破損検査	63年12月	A-702	炉内燃料取扱機器 動作確認	63年11月	○	○			

Table. 2.1 定期自主検査項目 (2/11)

施設区分：核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 (1/2)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
1. 燃料交換機	イ) グリッパ ロ) 交換機孔ドアバルブ	1式				A-702	炉内燃料取扱機器 動作確認	63年11月	○	
		1	B-201	分解検査	63年11月					○
2. 燃料出入機	イ) グリッパ ロ) ドアバルブ	1式				A-703(1)	炉外燃料取扱機器 動作確認	63年11月	○	
		1	B-203	漏洩検査	63年11月					○
3. トランスファロータ	イ) グリッパ ロ) ドアバルブ	1式				A-703(1)	炉外燃料取扱機器 動作確認	63年11月	○	
		1	B-204	分解検査	63年11月					○
4. 燃料取扱用キャスクカー	イ) ドアバルブ ロ) グリッパ	1式				A-703 (1), (2) A-701	炉外燃料取扱機器 動作確認 崩壊熱除去能力確 認	63年11月 63年11月	○	
		1	B-207	漏洩検査	63年11月					○
		1	B-209	分解検査	63年11月					○
5. 付属建家新燃料貯蔵設備		1式				A-703 (1), (2) A-701	炉外燃料取扱機器 動作確認 崩壊熱除去能力確 認	63年11月 63年11月	○	
		1	B-210	漏洩検査	63年11月					○
6. 付属建家使用済燃料貯蔵 設備		1式				A-703 (1), (2) A-701	炉外燃料取扱機器 動作確認 崩壊熱除去能力確 認	63年11月 63年11月	○	
		1	B-211	分解検査	63年11月					○

Table. 2.1 定期自主検査項目 (3/11)

施設区分：核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 (2/2)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
7. 使用済燃料貯蔵施設新燃料貯蔵設備		1式				A-701	崩壊熱除去能力確認	63年11月		○
						A-704	浄化能力及び冷却能力確認	63年11月		○
						A-708	貯蔵能力確認	63年11月		○
						A-709	貯蔵能力確認	63年11月		○
8. 使用済燃料貯蔵施設使用済燃料貯蔵設備		1式				A-705	浄化能力及び冷却能力確認	63年11月		○
						A-706	炉外燃料取扱機器動作確認	63年11月		○
						A-710	貯蔵能力確認	63年11月		○
9. 使用済燃料輸送容器		1式	B-212	外観検査	63年11月				○	
				漏洩検査	63年11月				○	
10. 新燃料構内移送容器		1式	B-213	外観検査	63年11月				○	
				漏洩検査	63年11月				○	

Table. 2.1 定期自主検査項目 (4/11)

施設区分：原子炉冷却系統施設 (1/2)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
1. 1次主冷却系統設備	(1) 1次主循環ポンプ	2	A-501	作動検査	63年12月	1次冷却系の出口 温度確認	63年11月	○		
			A-104			1次主ポンプポニ ーモータの起動	63年12月	○		
2. 1次補助冷却系統設備	(1) 1次主循環ポンプ	1式	B-301	作動検査	63年12月	A-105	補助冷却系の起動 確認	63年12月	○	○
3. オーバフロー系統設備	(1) 電磁ポンプ	1	B-304	作動検査	63年12月				○	
4. 1次トリウム純化系統設備	(1) 電磁ポンプ	1	B-305	作動検査	63年12月				○	
5. 1次アルゴン系統設備						A-109	安全弁の性能検査	63年11月		○
6. 2次主冷却系統設備	(1) 2次主循環ポンプ	2	B-306	作動検査	63年11月				○	
	(2) 同メカシール	2	B-307	分解検査	63年11月					○
	(3) 空気冷却器	4	B-308	開放検査	63年11月					○
	(4) 主送風機	4	B-309	開放検査	63年11月					○
	イ) ダンパ	8	B-310	作動検査	63年11月					○
	ロ) ベーン	4	B-311	作動検査	63年11月				○	
7. 2次補助冷却系統設備	(1) 電磁ポンプ	1	B-312	作動検査	63年11月				○	

Table. 2.1 定期自主検査項目 (5/11)

施設区分：原子炉冷却系統施設 (2/2)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
8. 2次トリウム純化系統設備 9. 配管	(1) 電磁ポンプ	1	B-313	作動検査	63年11月				○	
	(1) 配管支持装置	1式	B-314	外観検査	63年12月					○
	(2) 配管 (1次主冷却)	1式	B-315	外観検査	63年10月				○	

Table. 2.1 定期自主検査項目 (6/11)

施設区分: 計測制御系施設 (1/2)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
1. 制御棒駆動機構	(1) 駆動部	6	B-401	分解検査	63年12月					○
			B-402	作動検査	63年12月				○	
2. 原子炉制御設備	(1) 駆動部	1式	B-403	校正検査	63年12月	A-201	インターロックの確認	63年12月	○	
						A-202	警報装置の作動	63年12月	○	
						A-101	制御棒のスクラム時間	63年12月	○	
						A-102	制御棒一斉挿入の 挿入時間	63年12月	○	
						A-301	制御棒価値	63年12月	○	
						A-302	反応度付加率	63年12月	○	
						A-303	炉停止余裕	63年12月	○	
						A-304	過剰反応度	63年12月	○	
3. 中性子計装設備	(1) 駆動部	1式	B-404	校正検査	63年12月					○
4. 燃料破損検出	(1) 駆動部	1式	B-405	校正検査	63年12月					○
						A-202	警報装置の作動	63年12月	○	

Table. 2.1 定期自主検査項目 (7/11)

施設区分: 計測制御系施設 (2/2)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
5. 原子炉保護系設備		1式	B-403	校正検査	63年12月	A-202	警報装置の作動	63年12月	○	○
						A-107	手動アイソレーションの作動	63年12月	○	
						A-108	アイソレーション条件	63年12月		○
						A-103	スクラム、制御棒一斉挿入の条件	63年12月	○	
						A-202	警報装置の作動	63年12月	○	
6. 燃料出口温度計装設備		1式	B-406	校正検査	63年12月					
7. 1次冷却系計装設備	(1) 流量計	1式	B-407	校正検査	63年11月					○
	(2) 液面計	1式	B-408	校正検査	63年11月					○
	(3) 温度計	1式	B-409	校正検査	63年11月					○
	(4) ナトリウム漏洩検出器	1式	B-410	作動検査	63年11月				○	
8. 2次冷却系計装設備	(1) 流量計	1式	B-411	校正検査	63年12月					○
	(2) 温度計	1式	B-412	校正検査	63年12月					○
	(3) ナトリウム漏洩検出器	1式	B-413	作動検査	63年12月				○	

Table. 2.1 定期自主検査項目 (8/11)

施設区分: 放射性廃棄物の廃棄施設 (1/1)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
1. 廃気処理設備	(1) 廃ガス圧縮機	3	B-501	開放検査	63年11月	A-803	廃ガス濃度測定	63年12月	○	○
			B-502	作動検査	63年11月					○
2. 廃液処理設備	(2) 廃ガス貯留タンク	3				A-801	貯蔵能力確認	63年12月		○
			(1) 蒸発缶	2	B-503	漏洩検査	63年11月			○
3. 固体廃棄物処理設備	(2) 廃液貯留タンク	9				A-805	処理能力確認	63年12月	○	
						A-806	貯蔵能力確認	63年12月		○
						A-807	貯蔵能力確認	63年11月		○

Table. 2.1 定期自主検査項目 (9/11)

施設区分：放射線管理施設 (1/1)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分		
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査	
1. 屋内管理用モニタ	(1) γエリアモニタ	1式	B-601	校正検査	63年12月	A-202	警報装置の作動	63年12月	○	○	
	(2) 中性子線モニタ	1式	B-602	校正検査	63年12月						
	(3) ダストモニタ	1式	B-603	校正検査	63年12月						
	(4) ガスモニタ	1式	B-604	校正検査	63年12月						
2. 屋外管理用モニタ	(1) 排気筒モニタ	1式	B-603	校正検査	63年12月	A-202	警報装置の作動	63年12月	○	○	
			B-604	校正検査	63年12月						
	(2) 水モニタ	1式	B-605	校正検査	63年12月	A-202	警報装置の作動	63年12月	○	○	
											(3) モニタリングスポット
							A-601	放射線量率の測定 (その1) (その2)	63年12月	○	○

Table. 2.1 定期自主検査項目 (10/11)

施設区分：原子炉格納施設 (1/1)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
1. 原子炉格納容器	(1) 貫通部	34	B-701	漏洩検査	63年12月	A-901	格納容器の圧力確認	63年12月	○	
	(2) 隔離弁	26	B-702	漏洩検査	63年12月				○	
2. 格納容器雰囲気調整系	(1) 計器	1式	B-705	校正検査	63年12月	A-202	警報装置の作動	63年12月	○	○
	(2) フレオン冷凍機	2	B-703	分解点検	63年11月				○	
3. コンクリート遮蔽体冷却系	(1) 窒素ガスブロウ	1	B-704	作動検査	63年11月				○	
			B-706	分解点検	63年12月				○	
	(2) ペDESTALブロウ		B-707	作動検査	63年12月				○	
4. アンユラス部及びアンユラス部排気系	(1) 非常用ガ処理装置	2	B-708	分解点検	63年12月				○	
			B-709	作動検査	63年12月	A-802	除去効率	63年12月		○

Table. 2.1 定期自主検査項目 (11/11)

施設区分: その他の原子炉の附属施設 (1/1)

設備名	機器名	機器 個数	施設検査			性能検査			検査区分	
			整理番号	検査項目	検査 予定日	整理番号	検査項目	検査 予定日	立会 検査	記録 検査
1. 非常用電源設備	(1) ディーゼル発電機	2	B-801	作動検査	63年11月	A-106	起動試験	63年11月	○ ○ ○	○
2. 無停電電源設備	(1) バッテリー	1式	B-802	外観試験	63年11月					
				性能検査	63年11月					
3. 圧縮空気供給設備		1式	B-803	系統の性能検査	63年11月					○

Table. 2.2 自主検査項目 (1/17)

施設区分：原子炉本体 (1/1)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
1. 燃料体	1式	集合体外観検査 集合体寸法検査 要素外観検査 要素寸法検査	6. 1~10. 24	良	松 丸	1回/3年
2. 回転プラグ	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	63. 11. 14	良	佐 橋	
3. 原子炉格納施設安全容器	1式	供用期間中検査	—	—	—	

Table. 2.2 自主検査項目 (2/17)
 施設区分：核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 (1/4)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
1. 燃料交換機設備	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	} 9. 8~ 9.24	良	中 山	1回/4年
(1) 燃料交換機本体						
イ) グリッパ	1	分 解 検 査 機 能 検 査	} 10.10~10.17	良	中 山	
ロ) グリッパ駆動装置	1	機 能 検 査	10.17	良	中 山	
ハ) 軸封装置	1	分 解 検 査 漏 洩 検 査	} 10.13~10.15	良	中 山	
ニ) ドアバルブ	1	分 解 検 査 漏 洩 検 査 機 能 検 査	} 10.19~10.21	良	中 山	
(2) 交換機孔ドアバルブ	1	漏 洩 検 査 機 能 検 査	} 10. 8	良	中 山	
(3) ホールドダウン機構	1	分 解 検 査 漏 洩 検 査	10.20 —	良 —	中 山 —	
2. 燃料出入機設備	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	} 9. 8~ 9.16	良	中 山	
(1) 燃料出入機本体						
イ) グリッパ	1	分 解 検 査 機 能 検 査	} 10.11~11.18	良	中 山	
ロ) グリッパ駆動装置	1	分 解 検 査 機 能 検 査	— 9.16	— 良	— 中 山	
ハ) ドアバルブ	1	分 解 検 査 漏 洩 検 査 機 能 検 査	— } 9.28~11. 1	— 良	— 中 山	
ニ) 台車設備	1	機 能 検 査	9.16	良	中 山	
ホ) コフィン	1	分 解 検 査	—	—	—	
ヘ) 可動ブロック	1	分 解 検 査	—	—	—	
3. トランスファーロータ設備	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	} 11. 1	良	鈴 木	
(1) 駆動装置	1	機 能 検 査	11. 1	良	鈴 木	
(2) ドアバルブ						
イ) 貯蔵設備側	1	漏 洩 検 査 機 能 検 査	} 11. 1~11. 4	良	鈴 木	

Table. 2.2 自主検査項目 (3/17)

施設区分：核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 (2/4)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
ロ) 格納容器側	1	漏洩検査 機能検査	} 10.24~11. 1	良	鈴木	
4. 燃料取扱用キャスカ設備	1式	外観検査 機能検査 崩壊熱除去能力 確認				} 11. 2~11. 9
(1) グリッパ	1	分解検査 機能検査	} 10.19~10.21	良	堀	
(2) グリッパ巻上機構	1	機能検査				10.21
(3) ドアバルブ	1	分解検査 漏洩検査 機能検査	} 10.14~10.21	良	堀	
(4) 遮蔽リング(駆動部)	1	機能検査				10.21
(5) アルゴンガス循環プロワ	2	分解検査 機能検査	— 10.21	— 良	— 堀	1回/4年 7-024
(6) 台車設備	1	分解検査 機能検査	— 10. 8~10.11	— 良	— 堀	1回/6年
5. 新燃料貯蔵設備						
5.1 付属建家貯蔵設備	1式	外観検査 機能検査	} 11. 1	良	鈴木	
(1) 装填燃料収納管	72	外観検査				11. 1
(2) 装填燃料移送機	1	分解検査 機能検査	} 10.25~11. 1	良	鈴木	
(3) 新燃料移送台車	1	分解検査 機能検査				} 10. 3~11. 1
(4) ドアバルブ	1	漏洩検査 機能検査	} 11. 1~11.11	良	鈴木	
5.2 使用済燃料貯蔵施設貯蔵設備	1式	外観検査				11. 2
(1) 装填燃料収納管	64	外観検査	11. 2	良	鈴木	
(2) グリッパ	64	外観検査 機能検査	} 11. 2	良	鈴木	
6. 使用済燃料貯蔵設備						
6.1 付属建家貯蔵設備	1式	外観検査 機能検査	} 11. 1~11.15	良	鈴木	

Table 2.2 自主検査項目 (4/17)
 施設区分：核燃料物質の取扱施設及び貯蔵設備 (3/4)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
(1) 燃料洗浄設備	1式	外 観 検 査 機 能 検 査 崩壊熱除去能力 確認	} 10.26~11.15	良	鈴 木	
イ) 洗浄槽回転機構	1	機 能 検 査				
ロ) アルゴン循環プロ	2	分 解 検 査 (A) 機 能 検 査	} 10.12~11.2	良	鈴 木	
ハ) 洗浄槽循環ポンプ	2	機 能 検 査				
ニ) アルゴンガス冷却器	2	分 解 検 査	10.21~10.24	良	鈴 木	
ホ) 汚染廃材真空ポンプ	1	分 解 検 査 機 能 検 査	} 10.8~11.2	良	鈴 木	
ヘ) 洗浄床ドアバルブ	1	漏 洩 検 査 機 能 検 査				
(2) 回転移送器	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	} 11.1	良	鈴 木	
イ) グリッパ	1	分 解 検 査 機 能 検 査				
ロ) グリッパ駆動装置	1	機 能 検 査	11.1	良	鈴 木	
(3) 缶詰装置	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	} 11.1	良	鈴 木	
イ) 缶詰装置	1	機 能 検 査				
(4) 水中台車設備	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	} 11.1	良	鈴 木	
イ) 駆動装置	1	機 能 検 査				
ロ) 水中機器	1	機 能 検 査	11.1	良	鈴 木	
(5) 使用済燃料移送機	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	} 11.1	良	鈴 木	
イ) グリッパ	1	分 解 検 査 機 能 検 査				
ロ) グリッパ駆動装置	1	機 能 検 査	11.1	良	鈴 木	
ハ) 台車設備	1	機 能 検 査	11.1	良	鈴 木	
(6) 貯蔵ラック	200	外 観 検 査	11.1	良	鈴 木	
(7) 水処理設備	1式	外 観 検 査 浄化能力及び冷 却能力確認	} 11.12	良	鈴 木	

Table. 2.2 自主検査項目 (5 / 17)

施設区分：核燃料物質の取扱施設及び貯蔵設備 (4 / 4)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
イ) 水循環ポンプ	2	分 解 検 査 機 能 検 査	} 10. 4~11. 12	良	鈴 木	
ロ) 水冷却器	2	分 解 検 査		10. 4~10. 6	良	鈴 木
6.2 使用済燃料貯蔵施設貯蔵設備	1式	外 観 検 査 機 能 検 査	} 11. 12	良	鈴 木	
(1) 使用済燃料移送機	1式	外 観 検 査 機 能 検 査		11. 12	良	鈴 木
イ) グリッパ	1	分 解 検 査 機 能 検 査	— 11. 12	— 良	— 鈴 木	1回/3年
ロ) グリッパ駆動装置	1	分 解 検 査 機 能 検 査	— 11. 12	— 良	— 鈴 木	1回/6年
ハ) 台車設備	1	機 能 検 査	11. 12	良	鈴 木	
(2) 貯蔵ラック	600	外 観 検 査	11. 12	良	鈴 木	
(3) 冷却器浄化設備	1式	外 観 検 査 浄化能力及び冷 却能力確認	} 11. 12	良	鈴 木	
イ) 水循環ポンプ	2	分 解 検 査 機 能 検 査		9. 24~11. 12	良	鈴 木
ロ) 水冷却器	2	分 解 検 査	9. 26~ 9. 27	良	鈴 木	
7. 使用済燃料輸送容器	1式	外 観 検 査 漏 洩 検 査	} 11. 4~11. 12	良	松 丸	
8. 新燃料構内移送容器	1式	外 観 検 査 漏 洩 検 査		11. 8~11. 9	良	松 丸
9. 計測線付特殊燃料集合体装荷装置	1式	外 観 検 査 漏 洩 検 査	— —	— —	— —	1回/2年 1回/2年

Table. 2.2 自主検査項目 (6 / 17)
 施設区分：原子炉冷却系統施設 (1 / 4)

設 備 名	機器 個数	検査項目	点検期間	点検 結果	担 当	備 考
1. 1次主冷却系統設備						
(1) 1次主循環ポンプ	2	外 観 検 査 作 動 検 査	} 11. 5~11. 14	良	永 井	
(2) 1次主循環ポンプオイルプレッシャーユニット	2	外 観 検 査 分 解 検 査				
(3) 1次主循環ポンプ電動機	2	外 観 検 査 絶縁抵抗測定 分 解 検 査	} 11. 5~11. 14	良	今 村	
(4) 配 管	1式	供用期間中検査				
(5) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	10. 11~10. 14	良	富 田	
(6) 主中間熱交換器	2	外 観 検 査	10. 11~10. 4	良	富 田	
2. 1次補助冷却系統設備						
(1) 電磁ポンプ	1	外 観 検 査	10. 31	良	今 村	
	1	外 観 検 査 絶縁抵抗測定	} 10. 31	良	今 村	
		作 動 検 査				
(2) 電動弁	4	外 観 検 査 作 動 検 査	} 11. 1	良	谷 村	
		作 動 検 査				
(3) 補助中間熱交換器	1	外 観 検 査	10. 31	良	富 田	
(4) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	10. 11~10. 14	良	富 田	
3. 1次ナトリウム純化系統設備						
(1) 電磁ポンプ	1	外 観 検 査 絶縁抵抗測定	} 10. 31	良	今 村	
		作 動 検 査				
(2) コールドトラップ窒素ガス冷却プロブ	1	外 観 検 査	10. 27~11. 2	良	谷 山	
(3) 電動弁	8	作 動 検 査 外 観 検 査	} 10. 24~10. 29	良	谷 山	
		外 観 検 査				
(4) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	10. 11~10. 14	良	富 田	
4. オーバフロー系統設備						
(1) 電磁ポンプ	1	外 観 検 査 絶縁抵抗測定	} 10. 31	良	今 村	
		作 動 検 査				
(2) オーバフロータンク	1	外 観 検 査	10. 31	良	富 田	
(3) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	10. 11~10. 14	良	富 田	

Table. 2.2 自主検査項目 (7/17)
 施設区分：原子炉冷却系統施設 (2/4)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
(4) 手動弁	1式	外 観 検 査 作 動 検 査	} 10.11~10.18	良	谷 山	100%/5年
5. 1次トリウム充填ドレン系統 設備						
(1) ダンプタンク	2	外 観 検 査	10.31	良	富 田	
(2) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	10.11~10.14	良	富 田	
6. 1次アルゴンガス系統設備						
(1) 供給タンク	1	外 観 検 査	10.13	良	富 田	
(2) 低圧タンク	1	外 観 検 査	10.31	良	富 田	
(3) 安全弁	1	外 観 検 査 作 動 検 査	} 10.13	良	富 田	
(4) 電動弁	4	外 観 検 査 作 動 検 査				
7. 予熱窒素ガス系統設備						
(1) 予熱窒素ガスブロワ	2	外 観 検 査 分 解 検 査	10.5 —	良 —	永 井 —	
(2) 予熱窒素ガス用電動機	2	外 観 検 査 絶縁抵抗測定	} 10.5	良	永 井	
(3) 予熱窒素ガス用オイルプレッ シャユニット	1式	分 解 検 査 外 観 検 査				
(4) 電動弁	23	外 観 検 査 作 動 検 査	} 9.1~9.11	良	谷 山	
(5) 加熱器	1	外 観 検 査				
(6) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	10.11~10.14	良	富 田	
8. 安全容器呼吸系設備						
(1) 電動弁	2	作 動 検 査 外 観 検 査	} 9.9	良	谷 山	
(2) 配管支持装置	1式	外 観 検 査				
9. 2次主冷却系統設備						
(1) 2次主循環ポンプ	2	外 観 検 査 作 動 検 査	} 11.3~11.13	良	小 川	
(2) 2次主循環ポンプ電動機	2	外 観 検 査 絶縁抵抗測定				} 10.19~11.1
(3) メカニカルシール	2	外 観 検 査 分 解 検 査	} 10.18~10.29	良	佐 藤	

Table. 2.2 自主検査項目 (8/17)
 施設区分：原子炉冷却系統施設 (3/4)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
(4) オイルプレッシャーユニット	2	外 観 検 査 分 解 検 査	} 10. 8~10.29	良	佐 藤	
(5) 主冷却器	4	外 観 検 査 内 部 検 査				
(6) 主送風機						
イ) 本 体	4	外 観 検 査 内 部 検 査 作 動 検 査	} 9.13~10.29	良	佐 藤	
ロ) 電動機	4	外 観 検 査 絶縁抵抗測定				
ハ) ベーン	4	外 観 検 査 作 動 検 査	} 9.13~10. 8	良	佐 藤	
ニ) ダンパ	8	外 観 検 査 作 動 検 査				} 9.13~10. 8
ホ) ブレーキ	4	外 観 検 査 作 動 検 査	} 11. 4~11. 5	良	川 原	
(7) オーバーフロータンク	2	外 観 検 査				12. 7~12. 9
(8) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	11. 1~11. 8	良	川 原	
10. 2次補助冷却系統設備						
(1) 電磁ポンプ	1	外 観 検 査 絶縁抵抗測定 作 動 検 査	} 10. 3~10. 5	良	川 原	
イ) 電磁ポンプ冷却ファン	2	外 観 検 査				
(2) 補助冷却器	1	外 観 検 査 内 部 点 検	} 11.21~11.22	良	川 原	
(3) 補助送風機						
イ) 本 体	1	外 観 検 査 内 部 点 検 作 動 検 査	} 11.21~11.22	良	川 原	
ロ) 電動機	1	外 観 検 査 絶縁抵抗測定				
ハ) ベーン	1	外 観 検 査 作 動 検 査	} 11.21~11.22	良	川 原	

Table. 2.2 自主検査項目 (9 / 17)
 施設区分：原子炉冷却系統施設 (4 / 4)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
ニ) ダンパ	2	外 観 検 査 作 動 検 査	11.21~11.22	良	川 原	
(4) 膨張タンク	1	外 観 検 査	12.7~12.9	良	小 川	
(5) 電動弁	2	外 観 検 査 電 気 試 験 作 動 検 査	11.17	良	川 原	
(6) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	11.1~11.8	良	川 原	
(7) 補助系充填弁	1	外 観 検 査 作 動 検 査 校 正 検 査	10.3	良	川 原	
11. 2次系トリウム純化系統設備						
(1) 電磁ポンプ	1	外 観 検 査 絶縁抵抗測定 作 動 検 査	10.18~11.22	良	小 川	
イ) 電磁ポンプ冷却ファン	2	外 観 検 査	10.18	良	小 川	
(2) コールドトラップ	1	外 観 検 査	11.4	良	上 田	
(3) コールドトラップ用送風機	1	外 観 検 査 内 部 点 検 作 動 検 査	10.20~11.4	良	上 田	
イ) コールドトラップ送風機用電動機	1	外 観 検 査 絶縁抵抗測定	10.20~11.4	良	上 田	
(4) 空気作動弁	4	外 観 検 査 作 動 検 査	11.1~11.9	良	川 原	
(5) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	11.1~11.8	良	川 原	
12. 2次トリウム充填ドレン系統設備						
(1) ダンプタンク	1	外 観 検 査	10.18~11.4	良	上 田	
(2) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	11.1~11.8	良	川 原	
13. 2次アルゴンガス系統設備						
(1) 真空ポンプ	1	外 観 検 査 分 解 検 査	9.9~9.13	良	上 田	
(2) 配管支持装置	1式	外 観 検 査	11.1~11.8	良	川 原	
14. 格納容器貫通部冷却系統設備						
(1) 油冷却装置	1式	外 観 検 査	11.22	良	上 田	

Table. 2.2 自主検査項目 (10/17)
 施設区分：計測制御系統施設 (1/3)

設 備 名	機器 個数	検査項目	点検期間	点検 結果	担 当	備 考
1. 1次冷却系計装設備						
(1) プロセス計装品	1式	外 観 検 査 校 正 検 査	} 10.17~11.10	良	須 藤	
(2) ナトリウム漏洩検出器	212	作 動 検 査				
(3) 制御盤	1式	外 観 検 査 内 部 点 検 電 気 試 験	} 11.30	良	今 村	
2. 2次冷却系計装設備						
(1) プロセス計装品	1式	外 観 検 査 校 正 検 査	} 10.3~11.5	良	上 田	
(2) ナトリウム漏洩検出器	1式	作 動 検 査				
(3) 制御盤	1式	外 観 検 査 内 部 点 検 電 気 試 験	} 10.3~11.5	良	上 田	
(4) アキュームレータタンク	3	外 観 検 査	10.4~10.22	良	佐 藤	
3. 原子炉制御設備						
(1) 制御棒駆動機構	3/6	分 解 検 査	9.27~12.8	良	近 藤	
(2) 制御棒駆動機構補機	1式	作 動 検 査	9.27~12.8	良	近 藤	
(3) 制御・計装盤	5	外 観 検 査 内 部 点 検 電 気 試 験	} 11.4~1.12	良	近 藤	
(4) 計器類	1式	校 正 検 査	11.4~1.12	良	近 藤	
(5) 地震計	3	内 部 点 検 校 正 検 査	} 10.6~12.9	良	長 井	
(6) 総 合	1式	作 動 検 査	11.4~1.12	良	近 藤	
4. 原子炉保護系設備						
(1) ロジック盤	2	外 観 検 査 内 部 点 検	} 11.5~1.12	良	近 藤	
(2) 総 合	1式	作 動 検 査	11.15~1.12	良	近 藤	
5. 燃料出口温度計装設備						
(1) 温度警報計	4	校 正 検 査 作 動 検 査	} 12.8~12.14	良	近 藤	
(2) 温度記録計	4	校 正 検 査	—	—	—	改造実施

Table. 2.2 自主検査項目 (11/17)
 施設区分：計測制御系統施設 (2/3)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
6. 燃料破損検出設備						
6.1 カバーガス法						
(1) コンプレッサー	1	外 観 検 査 分 解 検 査	} 10.20~12. 3	良	長 井	
(2) プレシピテータ本体	1	分 解 検 査 作 動 検 査				
(3) アルミテータコンソール	1	外 観 検 査 分 解 検 査 作 動 検 査	} 11.21~11.23	良	長 井	
(4) 第2ベーパートラップ	1	外 観 検 査 分 解 検 査				
(5) 電動弁	9	外 観 検 査 電 気 試 験 作 動 検 査				
(6) 制御盤	4	外 観 検 査 内 部 点 検 電 気 試 験	} 10.31	良	長 井	
(7) 計器類	1式	校 正 検 査 外 観 検 査				
(8) 総 合	1式	作 動 検 査	} 12.19~12.24	良	長 井	
6.2 遅発中性子法						
(1) 計器類	1式	校 正 検 査	9.12~ 1. 7	良	長 井	
(2) 制御盤	1式	外 観 検 査 内 部 点 検 電 気 試 験	} 11.10~11.11	良	長 井	
(3) 総 合	1式	作 動 検 査				
7. 中性子検出器保持駆動装置						
(1) 駆動機構	2/5	分 解 検 査	11.10~11.11	良	長 井	
(2) 制御装置	1式	作 動 検 査	10.11~10.26	良	高 須	
			10.11~10.26	良	高 須	

Table. 2.2 自主検査項目 (12/17)
 施設区分：放射性廃棄物の廃棄施設 (3/3)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
8. 中性子計装設備 (1) 制御盤	1式	外 観 検 査 内 部 点 検 電 気 試 験 計器校正検査 総合作動検査	9.22~10.31	良	高 須	

Table. 2.2 自主検査項目 (13/17)
施設区分：放射性廃棄物の廃棄施設 (1/1)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
1. 廃気処理設備						
(1) 廃ガス貯留タンク	3	外 観 検 査 漏 洩 検 査	} 10. 8~10.11	良	永 井	
(2) 廃ガス圧縮機	3	外 観 検 査 分 解 検 査 分 解 検 査				
(3) 圧縮機用電動機	3	外 観 検 査	9.30~10.11	良	永 井	
(4) 制御盤	3	外 観 検 査	9. 6~ 9. 7	良	今 村	
(5) プロセス計器	1式	校 正 検 査	11.29~12.10	良	今 村	
2. 放射性廃棄物貯蔵施設						
(1) 気体廃棄物処理系						
イ) 廃ガスサージタンク	1	外 観 検 査 漏 洩 検 査	} 10. 8~10.12	良	永 井	
(2) 液体廃棄物処理系						
イ) タンク類	13(4)	外 観 検 査	} 10. 5~10. 7	良	永 井	
	(9)	漏 洩 検 査				
ロ) 廃液移送ポンプモータ	9	外 観 検 査 電 気 試 験 作 動 検 査	} 10. 5~11.11	良	永 井	
(3) 固体廃棄物処理系						
イ) 固体廃棄物貯蔵庫	1式	外 観 検 査	10. 4	良	一 関	
3. 放射性廃液処理設備						
(1) 蒸発濃縮処理設備						
イ) 蒸気缶	2	外 観 検 査 耐 圧 漏 洩 検 査	} 4.22	良	一 関	
ロ) 凝縮器	2	外 観 検 査 耐 圧 漏 洩 検 査				
ハ) 濃縮液受槽	1	外 観 検 査 耐 圧 漏 洩 検 査	} 4.22	良	一 関	
(2) 廃液移送配管	1式	漏 洩 検 査				
(3) 制御盤	7	外 観 検 査 内 部 点 検 電 気 試 験	} 10.28~11. 5	良	一 関	
(4) 計器類	1式	外 観 検 査 校 正 検 査				

Table. 2.2 自主検査項目 (14/17)

施設区分：放射線管理施設 (1/1)

設 備 名	機器 個数	検査項目	点検期間	点検 結果	担 当	備 考
1. 屋内管理用モニタ						
(1) ガンマ線エリアモニタ	1式	校正検査	9. 4~12. 1	良	堤	
(2) 中性子線エリアモニタ	1式	校正検査	9. 4~12. 1	良	堤	
(3) ダストモニタ	1式	校正検査	9. 4~12. 1	良	堤	
(4) ガスモニタ	1式	校正検査	9. 4~12. 1	良	堤	
(5) ハンドフットモニタ	1式	校正検査	7. 25~ 9. 9	良	堤	
(6) ゲートモニタ	1式	校正検査	7. 25~ 9. 9	良	堤	
2. 屋外管理用モニタ						
(1) 排気筒モニタ	1式	校正検査	9. 4~12. 1	良	堤	
(2) 排水モニタ	1式	校正検査	8. 8~ 8. 19	良	堤	
(3) 野外管理用モニタ	1式	校正検査	10. 24~11. 16	良	堤	
(4) 制御盤	1式	外観検査 内部点検 電気試験	9. 4~12. 1	良	堤	

Table. 2.2 自主検査項目 (15/17)

施設区分：原子炉格納施設 (1/1)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
1. 原子炉格納容器						
(1) 所員用エアロック	1	開 放 点 検	10.31~12. 2	良	村 上	
(2) 非常用エアロック	1	開 放 点 検	10.31~12. 2	良	村 上	
(3) 本 体	1	局 部 漏 洩 率 試 験	9.10~12. 9	良	山 崎	
2. 格納容器雰囲気調整系						
2.1 窒素雰囲気調整系						
(1) 回転カゲ-スクロウ	1	外 観 検 査	1. 6~ 1. 9	良	村 上	
(2) 再循環ブロウ	4	外 観 検 査	10.27~10.28	良	村 上	
(3) 機器冷却ファン	2	外 観 検 査	10.26~10.27	良	村 上	
(4) 計器類	1式	校 正 検 査	11. 2~11.17	良	村 上	
(5) 総 合	1式	作 動 検 査	10.26~ 1. 9	良	村 上	
2.2 フレオン冷媒系						
(1) フレオン冷凍機	2	分 解 検 査	9.19~11.26	良	村 上	
(2) 冷媒ポンプ	3	分 解 検 査	9.19~11.26	良	村 上	
(3) 計器類	1式	校 正 検 査	11. 2~11. 7	良	高 須	
(4) 総 合	1式	作 動 検 査	10. 8~11.26	良	村 上	
2.3 アンユラス部及びアンユラス部排気系						
(1) 真空破壊弁	4	外 観 検 査	10.11~10.12	良	村 上	
(2) 計器類	1式	校 正 検 査	11.14~11.15	良	高 須	
(3) 非常用ガス処理装置	2	フイルタ性能検査	10.14~10.31	良	鹿志村	
2.4 コンクリート遮蔽体冷却系						
(1) 窒素ガスブロウ	1/2	分 解 検 査	10.11~12. 3	良	村 上	
(2) ペDESTALブロウ	1/2	分 解 検 査	10.11~12. 3	良	村 上	
(3) 計器類	1式	校 正 検 査	11. 7~11. 9	良	高 須	
(4) 総 合	1式	作 動 検 査	12. 2~12. 6	良	村 上	

Table. 2.2 自主検査項目 (16/17)
施設区分：その他原子炉の付属施設 (1/2)

設 備 名	機器 個数	検査項目	点検期間	点検 結果	担 当	備 考
1. 無停電電源設備						
1.1 交流無停電電源設備						
(1) 整流装置	2	外 観 検 査 内 部 点 検 性 能 検 査	} 10.19~10.29	良	長 井	
(2) インバータ装置	2	外 観 検 査 内 部 点 検 性 能 検 査				
(3) 電源盤	3	外 観 検 査	10.19~10.29	良	長 井	
(4) 蓄電池	212	外 観 検 査 均 等 充 電	} 4.14~ 1.25	良	近 藤	
1.2 直流無停電電源設備						
(1) 整流装置	2	外 観 検 査 内 部 点 検 性 能 検 査	} 10.19~10.29	良	長 井	
(2) 負荷電圧補償装置	2	外 観 検 査 内 部 点 検 性 能 検 査				
(3) 電源盤	3	外 観 検 査	10.19~10.29	良	長 井	
(4) 蓄電池	108	外 観 検 査 均 等 充 電	} 4.14 ~ 1.25	良	長 井	
2. 非常用電源設備						
(1) 74-セル機関及び同補機	2	分 解 点 検	10.18~11. 6	良	近 藤	
(2) ディーゼル発電機	2	分 解 点 検	10. 8~11. 6	良	近 藤	
(3) 制御盤	6	内 部 点 検 電 気 試 験	} 10. 8~11. 6	良	近 藤	
(4) 同期盤	1	内 部 点 検 電 気 試 験				
(5) 発電装置	2	作 動 試 験 (100%負荷)	10. 8~11. 6	良	近 藤	
(6) 総 合	1式	保 護 作 動 試 験	10. 8~11. 6	良	近 藤	

Table. 2.2 自主検査項目 (17/17)
 施設区分：その他原子炉の付属施設 (2/2)

設 備 名	機器 個数	検 査 項 目	点 検 期 間	点検 結果	担 当	備 考
3. 圧縮空気供給設備						
(1) 圧縮機	3	外 観 検 査 分 解 検 査 作 動 検 査	} 9.12~ 9.22	良	須 藤	
(2) 電動機	4	外 観 検 査 絶縁抵抗測定				
(3) 空気貯槽	2	外 観 検 査 開 放 点 検	} 9.12~ 9.22	良	須 藤	
(4) 除湿塔	1式	外 観 検 査 性 能 検 査				} 9.12~ 9.22
(5) 制御盤	6	外 観 検 査	9.12~ 9.22	良	須 藤	

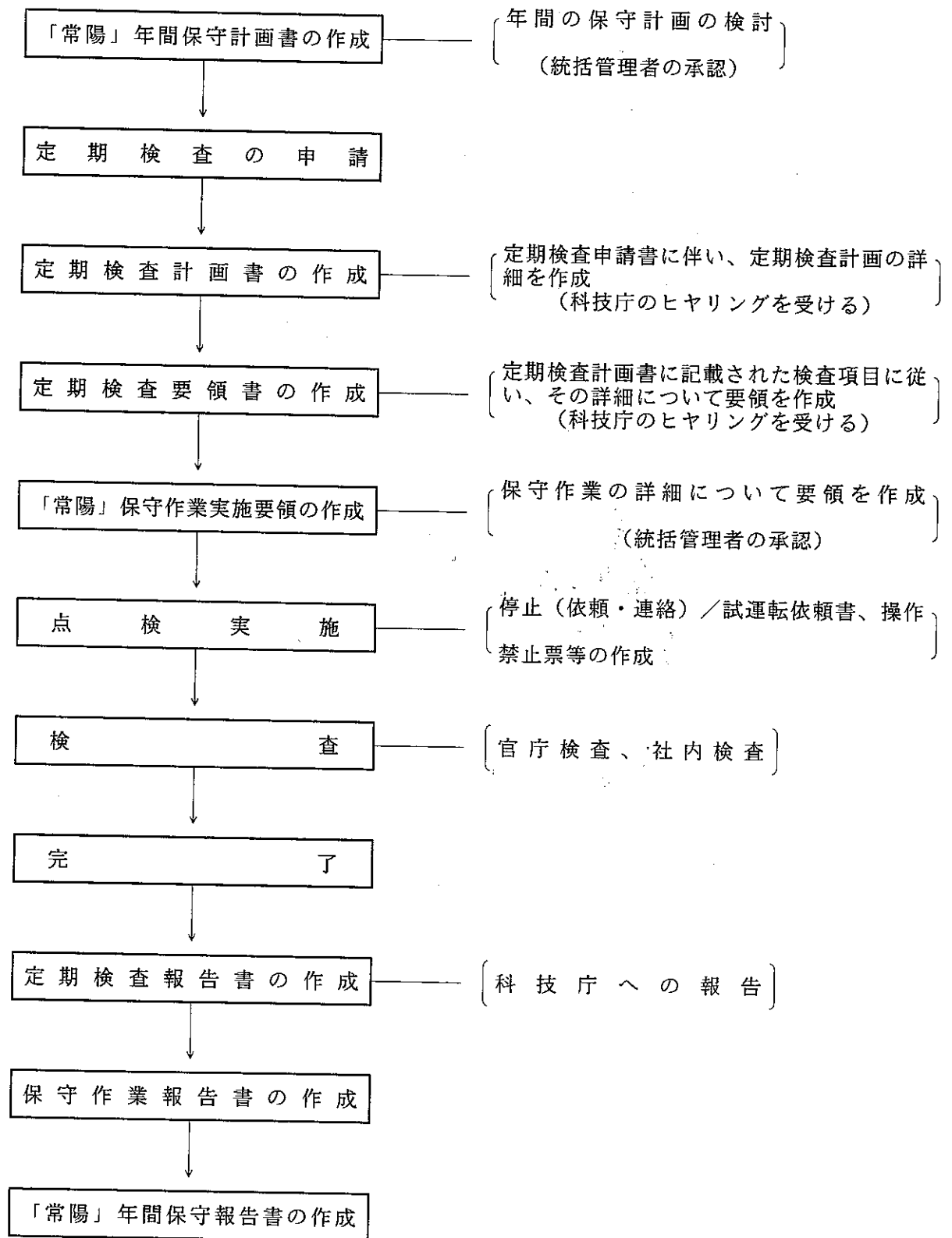


Fig. 2.1 定期検査フローチャート

3. 定期検査の実績

3.1 実績工程

「常陽」第7回定期検査は、期間中の照射試験準備等の通常点検以外の実施項目がVPRの試料部交換のみであるので、これを機に3.5ヶ月ですべての検査を終了させる初めての試みであった。従って、各点検作業はタイトなスケジュールの元で実施され、それに伴い保守性改善のための種々の提言を得ることも目的とした。実際の作業では、運転開始前の制御棒駆動機構の据付・調整の際にCRDM-3のフィンガの変形が生じ、上部案内管の交換作業が必要となったため、約1ヶ月定検期間が延びたが、制御棒駆動機構の据付・調整作業までにほとんどの点検作業は終了しており、実質的には3.5ヶ月で定検を達成することが出来た。

第7回定期検査の実績工程をFig. 3.1に示す。

第7回定期検査は第16サイクル定格運転を終了した9月7日より開始された。

格納容器内床下の点検を行うためには1次系のナトリウムをドレンする必要があるが、ドレンするまでに崩壊熱の低下を待つ必要があり、この間燃料交換並びに電源盤の点検を実施した。フロン冷凍機の点検を9月19日から開始したので、床下の冷却手段が無くなるため、9月24日に床上と床下のバウンダリを開放しこれに備えた。10月7日に1次系ナトリウムのドレン作業が終了し、これ以降床下区域への立入りが可能となった。1次系ナトリウムは11月14日に充填されたが、1次系ナトリウムのドレン期間いわゆる床下メンテナンス期間は38日間であり、これまでの定検の中で最終であった。床下メンテナンス期間中は系統の機器をほとんど停止することが出来るので、この期間に点検作業は集中する。従って、この期間のプラント管理は錯綜したものとなるが、保守担当及び運転担当の協力の下、無事に作業を終了させることが出来た。ナトリウムを充填した後は燃料交換、制御棒駆動機構の据付調整等が実施されるが、科技庁の立会検査のほとんどはこの期間に実施させる。今回の定検では12月17日原子炉起動を予定していたが、正月を挟んで制御棒上部案内管の交換作業を実施したために原子炉起動は1月18日になった。1月21日に100Mwtに到達し、1月23日に科技庁の最終検査を受験し、第7回定期検査に合格した。

今回の定検の実績から言えば、おおよそ燃料交換に一ヶ月、床下メンテナンスに一ヶ月、科技庁の立会検査及び起動に一ヶ月を要したことになる。これは「もんじゅ」の定期検査で計画されている期間にほぼ合致するもので、プラント規模は異なるものの、「常陽」の保守実施形態を考えると妥当なものであり、定検を実施する上で一つのモデルケースになると考えられる。

3.2 定期検査の結果

試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則3条の17（定期検査の技術上の基準）に基づき、第1号（第3条の5各号に掲げる性能の技術上の基準に適合していること）に係る検査が35件、第2号（原子炉施設の耐圧、耐放射線その他の性能が法第28条の使用前検査において長官が合格と認めた状態に維持されていること）に係る検査が58件あり、計93件について行われた全ての検査に合格した。検査結果をその内容とともにTable. 3.1に示す。

Fig. 3.1 「常陽」第7回定期点検実績工程(2/2)

年 月 日	昭和63年12月																											昭和64年1月							平成元年1月																										
	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	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	(炉容器内Na液位)																											(標準液位)GL-6100							GL-7500							GL-6100(標準液位)							(原子炉出力)												
原子炉出力																												(炉内観察)GL-9540							予熱N ₂ ガス系運転							250℃							90 100MW 95 100MW 95												
原子炉出口温度	250℃																																		(200℃)							250℃							487 500℃ 493 500℃ 493												
1次系Na流量	100%																											20% 100%							停止(ドレン中)(1次補助系運転)							20% 100%							100% 20% 100%												
2次系Na流量	100%																											停止							100%														100% 30%												
床下雰囲気	空気																											停止							停止														空気 窒素												
定期検査	B-703 A-109 B-605 B-704 A-802 B-606 B-705 B-301 B-701 B-706 B-304 B-702 B-707 B-305 B-803 B-708 B-601 B-709 B-602 B-603 B-604																											A-104 B-407 A-105 B-408 A-106 B-409 A-107 B-410 A-108 B-411 B-101 B-412 B-404 B-413 B-405 B-801 B-406 B-802														A-101 A-103 A-102 A-202 A-201 B-401 B-402 B-403							A-301 A-601 A-302 A-802 A-303 A-803 A-304 A-501 A-901 B-102 B-312 ◇第七回定期点検終了												
主要工程	11/26~ 制御棒駆動機構 掘付、調整 E/H閉																											(303)上部案内管 交換作業 E/H閉							炉上部ビット蓋取付 1次系Naドレン 炉内観察 炉容器内Na充填							炉上部ビット蓋取外し 1次系Na充填 E/H閉							運転前確認 INTA-S吊下L/L/T 床下窒素置換 床上/床下バウンダリ閉 100MW - 17サイクル 制御棒校正 特性試験 昇温 90MWへ 100MWへ M系列試験 安全性試験												
定 検	原子炉保護点検																											原子炉保護点検							原子炉保護点検							原子炉保護点検																			
工 事	11/10~ 原子炉制御設備改造及び点検 11/21~ F.F.D. CG 法計器点検 11/28~ F.F.D. CG 法機器点検																											地震計点検 電票、アイソレーションリハーサル							2次系ベーン、ダンパ 開度特性試験							2次主送風機風量測定																			
改 造	2次補助PL計冷却ダンパ点検																																																												
補 修	Ar、N ₂ ガス供給系設備点検																											空調フィルタ交換及び点検							P-35型輸送容器定期検査							主冷空調自主点検																			
	11/24~ SFF 空調自主点検 9/10~ 格納容器局部漏洩率試験 11/28~ 廃棄物処理系プロセス計器点検 11/28~ 床下O ₂ 計盤更新 10/11~ N ₂ ガスブロフ、モータ交換工事 10/13~ N ₂ ガス冷却器更新工事 11/28~ 遮断器監視盤改造 11/18~ 保物モニタ調整作業																																		廃棄物処理建物空調自主点検 1次主ポンプ制御装置シーケンス改造							中間系モニタ(LRM)性能確認																			

Table. 3.1 定期検査結果 (1/15)

(A) 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第1号に係る検査 (1/7)

対 象 条 項	施設又は設備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果												
〔1〕規則第3条の5第1号に係る事項	(1) 原子炉の停止装置	1) 制御棒のスクラム時間	<p>制御棒保持電磁石励磁断から制御棒反応度値90%挿入までの時間を測定し基準値内であることを確認した。</p> <p>(判定基準) (結 果)</p> <p>0.8s以内</p> <table border="0"> <tr><td>制御棒 1</td><td>0.48s</td></tr> <tr><td>制御棒 2</td><td>0.69s</td></tr> <tr><td>制御棒 3</td><td>0.59s</td></tr> <tr><td>制御棒 4</td><td>0.51s</td></tr> <tr><td>制御棒 5</td><td>0.66s</td></tr> <tr><td>制御棒 6</td><td>0.64s</td></tr> </table>	制御棒 1	0.48s	制御棒 2	0.69s	制御棒 3	0.59s	制御棒 4	0.51s	制御棒 5	0.66s	制御棒 6	0.64s
		制御棒 1	0.48s												
		制御棒 2	0.69s												
制御棒 3	0.59s														
制御棒 4	0.51s														
制御棒 5	0.66s														
制御棒 6	0.64s														
2) 制御棒一斉挿入の挿入時間	<p>制御棒一斉挿入信号が発せられてから、制御棒の挿入が完了するまでの時間を測定し、測定時間から算出した制御棒一斉挿入駆動速度が基準値内であることを確認した。</p> <p>(判定基準) (結 果)</p> <p>130±10mm/min以内</p> <table border="0"> <tr><td>制御棒 1</td><td>126.4mm/min</td></tr> <tr><td>制御棒 2</td><td>126.9mm/min</td></tr> <tr><td>制御棒 3</td><td>125.4mm/min</td></tr> <tr><td>制御棒 4</td><td>126.4mm/min</td></tr> <tr><td>制御棒 5</td><td>125.9mm/min</td></tr> <tr><td>制御棒 6</td><td>127.4mm/min</td></tr> </table> <p>(制御棒駆動速度)</p>	制御棒 1	126.4mm/min	制御棒 2	126.9mm/min	制御棒 3	125.4mm/min	制御棒 4	126.4mm/min	制御棒 5	125.9mm/min	制御棒 6	127.4mm/min		
制御棒 1	126.4mm/min														
制御棒 2	126.9mm/min														
制御棒 3	125.4mm/min														
制御棒 4	126.4mm/min														
制御棒 5	125.9mm/min														
制御棒 6	127.4mm/min														
3) スクラム、制御棒一斉挿入の条件	<p>スクラム、制御棒一斉挿入の各要因に対して、スクラム又は、制御棒一斉挿入をすべき条件が整ったときに、それぞれスクラム又は制御棒一斉挿入信号が発せられることを確認した。</p>														
	(2) 崩壊熱除去装置	1) 1次主ポンプの起動	<p>1次主ポンプをトリップさせ、ポニーモータが起動すること及び冷却材流量が所定の時定数以上で減少することを確認した。</p> <p>(判定基準) (結 果)</p> <p>流量の時定数 10s以上</p> <table border="0"> <tr><td>A系統</td><td>: 13.6s</td></tr> <tr><td>B系統</td><td>: 13.2s</td></tr> </table>	A系統	: 13.6s	B系統	: 13.2s								
A系統	: 13.6s														
B系統	: 13.2s														

Table. 3.1 定期検査結果 (2 / 15)
定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第1号に係る検査 (2 / 7)

対象条項	施設又は設備	検査項目	検査内容と結果
			<p>流量 126 m³/h以上 A系統 : 185 m³/h B系統 : 205 m³/h</p>
		2) 補助冷却系の起動	<p>1次主冷却系ポンプモータをトリップさせ、補助循環ポンプが起動すること及び所定の冷却材流量が得られることを確認した。</p> <p>(判定基準) (結果) 流量 64 m³/h以上 68.0 m³/h</p>
	(3) 非常用動力源	1) ディーゼル発電機の自動起動	<p>外部電源喪失操作によりディーゼル発電機が自動起動し、非常系負荷への電源供給が可能になることを確認した。</p>
	(4) 非常用閉鎖装置	1) 手動アイソレーションの作動	<p>手動アイソレーションによりアイソレーション信号を発信し、格納容器隔離弁が閉鎖することを確認した。</p>
		2) アイソレーション条件	<p>アイソレーションの各要因に対して、アイソレーションを起すべき条件が整ったときにアイソレーション信号が発せられることを確認した。</p>
	(5) 安全弁	1) 圧力作動	<p>1次アルゴンガス系呼吸ガス調整ヘッド安全弁2台について、ヘッドを加圧して安全弁を吹き出し動作を確認した。また、同様に減圧して吹き止まり動作を確認した。</p> <p>(判定基準) (結果) 吹出し圧力 1000 ± 50 mmAq V36・1 62A 吹止り圧力 360 ± 50 mmAq 吹出し圧力 972 mmAq 吹止り圧力 330 mmAq V36・1 62B 吹出し圧力 965 mmAq 吹止り圧力 341 mmAq</p>

Table. 3.1 定期検査結果 (3/15)
定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第1号に係る検査 (3/7)

対 象 条 項	施設又は設備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
〔2〕規則第3条の 5第2号に係る 事項	(1) 連動装置	1) 制御棒駆動機 構(インターロック)	運転モードスイッチの誤選択及び安全保護信号が発信されている時には、制御棒保持電磁石の励磁及び制御棒の引抜き操作ができないことを確認した。
	(2) 警報装置	1) 警報装置の作 動	警報装置が所定の条件において、確実に作動することを確認した。
〔3〕規則第3条の 5第3号に係る 事項	(1) 制御系	1) 制御棒価値	炉周期法により制御棒の反応度価値を測定し、基準値以上であることを確認した。 (判定基準) (結 果) 制御棒(6本) 9% Δ K/K以上 12.37% Δ K/K
		2) 反応度付加率	制御棒の駆動速度の実測値と制御棒校正曲線の最大傾斜から最大反応度付加率を求め、これが基準値以下であることを確認した。 (判定基準) (結 果) 0.015% Δ K/K/s以下 0.011% Δ K/K/s
		3) 炉停止余裕	臨界状態の各制御棒位置と制御棒価値から最大反応度価値をもつ制御棒1本が上端まで引抜かれ、かつ他の制御棒が下端まで全挿入された状態での未臨界度を求め、これが基準値以上であることを確認した。 (判定基準) (結 果) 十分に未臨界なこと 7.04% Δ K/K
〔4〕規則第3条の 5第4号に係る 事項	(1) 原子炉	1) 過剰反応度	臨界状態の各制御棒位置と制御棒価値から炉心の過剰反応度を求め、これが基準値以下であることを確認した。 (判定基準) (結 果) 5.5% Δ K/K以下 3.13% Δ K/K

Table 3.1 定期検査結果 (4/15)
定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第1号に係る検査 (4/7)

対 象 条 項	施 設 又 は 設 備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果														
〔5〕規則第3条の5第5号に係る事項	(1) 原子炉本体	1) 1次冷却材の出口温度	<p>定格運転中の原子炉出口冷却材温度が基準値以下であり、また安定した連続運転ができることを確認した。</p> <p>(判定基準) (結 果)</p> <p>500±5℃ A : 499℃ B : 496℃</p>														
〔6〕規則第3条の5第6号に係る事項	(1) 原子炉施設	1) 空間線量率分布	<p>原子炉の定格運転時に格納容器内のガンマ線量率、中性子線量率、原子炉附属建物内保全区域、周辺監視区域のガンマ線量率の測定を行い、基準値以下であること。また、原子炉の停止一定時間後に特に立入る場所については、原子炉の停止後にガンマ線量率、中性子線量率の測定を行い、基準値以下であることを確認した。</p> <p>(判定基準) (結 果)</p> <table border="0"> <tr> <td rowspan="3">100MWt 運転中</td> <td>a 区域</td> <td>0.625mrem/h 以下</td> <td>0.0075mrem/h</td> </tr> <tr> <td>A " 2 "</td> <td></td> <td>0.87 "</td> </tr> <tr> <td>B " 8 "</td> <td></td> <td>0.35 "</td> </tr> <tr> <td></td> <td>C " 32 "</td> <td></td> <td>2.05 "</td> </tr> </table> <p>運 転 1 時間後立入場所 (D→A) 2 mrem/h以下 0.5mrem/h</p> <p>停止後 1 週間後立入場所 (C→A) 2 mrem/h以下 0.13mrem/h</p>	100MWt 運転中	a 区域	0.625mrem/h 以下	0.0075mrem/h	A " 2 "		0.87 "	B " 8 "		0.35 "		C " 32 "		2.05 "
100MWt 運転中	a 区域	0.625mrem/h 以下	0.0075mrem/h														
	A " 2 "		0.87 "														
	B " 8 "		0.35 "														
	C " 32 "		2.05 "														
〔7〕規則第3条の5第7号に係る事項	(1) 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	1) 燃料取扱機器の崩壊熱除去能力	<p>2) 放射性物質の濃度</p> <p>定格運転中、人の立入る場所の空气中放射性物質濃度が基準値以下であることを確認した。</p> <p>燃料取扱用キャスクカーアルゴンガス冷却系の冷却器出入口温度差と流量により冷却器容量を求め、基準値以上であることを確認した。同様に、燃料洗浄設備アルゴンガス冷却系の冷却器容量が基準値以上であることを確認した。</p>														

Table. 3.1 定期検査結果 (5/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第1号に係る検査 (5/7)

対 象 条 項	施設又は設備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
			(キャスクカー用) (判定基準) (結 果) 冷却器容量 1.7KW以上 1.80KW (燃料洗浄用) (判定基準) (結 果) 冷却器出口温度 40℃以下 37.0℃
		2) 炉内燃料取扱機器作動	燃料取扱設備のうち、炉内燃料取扱作業に係る機器を実際に作動させ、燃料取扱作業が円滑に行えること及びインターロックが正常に作動することを確認した。
		3) 炉外燃料移送機器作動及び使用済燃料貯蔵施設使用済燃料移送機器作動	燃料取扱設備のうち、炉外燃料及び使用済燃料移送作業に係る機器を実際に作動させ、燃料取扱作業が円滑に行えること及びインターロックが正常に作動することを確認した。
		4) 附属建家新燃料貯蔵設備貯蔵能力及び使用済燃料貯蔵施設新燃料貯蔵設備貯蔵能力	附属建家新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵施設新燃料貯蔵設備の異常の有無を目視により検査し、所定の貯蔵能力を有することを確認した。
		5) 附属建家使用済燃料貯蔵能力及び使用済燃料貯蔵施設使用済燃料貯蔵能力	使用済燃料貯蔵プール内の異常の有無を目視により検査し、所定の貯蔵能力を有することを確認した。

Table 3.1 定期検査結果 (7/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第1号に係る検査 (7/7)

対 象 条 項	施 設 又 は 設 備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
〔9〕規則第3条の 5第9号に係る 事項	(1) 原子炉格納施 設	5) 廃液貯蔵設備 の貯蔵能力	貯蔵タンクに漏洩のないこと、外観に機能を阻害するような損傷のないことを確認することにより、所定の貯蔵能力が確保されていることを確認した。
		6) 固体廃棄設備 の貯蔵能力	固体廃棄物貯蔵庫の外観に機能上問題となる損傷、変形及び構造の変更がないことを確認することにより、当初の貯蔵能力に変更のないこと確認した。
		1) 格納容器内圧 力制御	定格運転中の格納施設の圧力制御状態が正常であることを確認した。 (判定基準) (結 果) 格納容器内床上圧力 0~25mmH ₂ O 10mmH ₂ O 格納容器内床下圧力 0~50mmH ₂ O 25mmH ₂ O アニユラス部圧力 -7~-11mmH ₂ O -9mmH ₂ O

Table. 3.1 定期検査結果 (8/15)

(B) 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第2号に係る検査 (1/8)

対 象 条 項	施設又は設備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
〔1〕原子炉本体	燃料体	1) 燃料破損検査	イ) 燃料破損 定格運転中に燃料破損検出系により燃料破損のないことを確認した。
		2) 使用済燃料検査	イ) 健全性確認検査 使用済燃料集合体について、集合体外観検査、集合体寸法検査及び要素外観検査、要素寸法検査を行い、著しい傷、変形、腐食、伸び、膨張及び曲がりがないことを確認した。
〔2〕核燃料物質の 取扱施設及び貯 蔵施設	(1) 燃料交換機	1) グリッパ検査	イ) グリッパ検査 グリッパを分解し、目視により構成部品が健全であることを確認した。
		2) 孔ドアバルブ	イ) 漏洩検査 シール部が正常であり漏洩のないことを確認した。
	(2) 燃料出入機	1) グリッパ検査	イ) 分解検査 グリッパを分解し、目視により構成部品が健全であることを確認した。
		2) ドアバルブ検査	イ) 漏洩検査 ドアバルブのシール部が正常であり漏洩のないことを確認した。
	(3) 燃料取扱用 キャスカ	1) ドアバルブ検査	イ) 分解検査 ドアバルブを分解し、目視により構成部品が健全であることを確認した。
			ロ) 漏洩検査 ドアバルブの分解組立後、シール部が正常であり漏洩のないことを確認した。

Table 3.1 定期検査結果 (9/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第2号に係る検査 (2/8)

対 象 条 項	施設又は設備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
〔3〕原子炉冷却系 統施設	(4) 使用済燃料輸 送容器	2) グリッパ検査	イ) 分解検査 グリッパを分解し、目視により構成部品が健全であることを確認した。
		1) 輸送容器検査	イ) 外観、漏洩検査 輸送容器構成部品が健全であることを目視により確認した。また、容器について漏洩のないことを確認した。
	(5) 新燃料移送容 器	1) 移送容器検査	イ) 外観、漏洩検査 移送容器構成部品が健全であることを目視により確認した。また、容器について漏洩のないことを確認した。
	(1) 1次主冷却系 統	1) 主循環ポンプ 検査	イ) 作動検査 主循環ポンプを運転し、流量、振動、電流、回転数、温度及び異音が基準内にあることを確認した。
	(2) 1次ナトリウ ム純化系統	1) 電磁ポンプ検査	イ) 作動検査 電磁ポンプを運転し、電圧、流量及び圧力、温度が基準内にあることを確認した。
	(3) オール700-系統	1) 電磁ポンプ検査	イ) 作動検査 電磁ポンプを運転し、電圧、流量及び温度が基準内にあることを確認した。
	(4) 2次主冷却系 統	1) 主循環ポンプ 検査	イ) 作動検査 主循環ポンプを運転し、流量、圧力、電流、振動、回転数、温度及び異音が基準内にあることを確認した。

Table. 3.1 定期検査結果 (10/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第2号に係る検査 (3/8)

対象条項	施設又は設備	検査項目	検査内容と結果
		2) 主循環ポンプメカニカルシール検査	イ) 分解検査 メカニカルシールを分解し、目視により各構成部品が健全であることを確認した。
		3) 空気冷却器検査	イ) 開放検査 空気冷却器のケーシング、フィンチューブ、出口ダンパ及び入口ダンパに機能上有害な損傷、腐食及び変形がないことを確認した。
		4) 主送風機検査	イ) 開放検査 主送風機のケーシング、羽根、ベーン及びベーン駆動機構に機能上有害な損傷、腐食及び変形がないことを確認した。 ロ) 作動検査 主送風機を運転し、正常に作動することを確認した。
		5) ダンパ、ベーン検査	イ) 作動検査 ダンパ及びベーンの開閉を行い、作動が正常であることを確認した。
	(5) 配管系	1) 配管支持金物検査	イ) 外観検査 支持装置の外観を目視により検査し、機能上有害な損傷のないことを確認した。
		2) 1次冷却系配管検査	イ) 外観検査 1次冷却系配管の外観検査を行い、機能上有害な損傷のないことを確認した。
	(6) 2次補助冷却システム	1) 電磁ポンプ検査	イ) 作動検査 電磁ポンプを運転し、電圧、流量及び温度が基準内にあることを確認した。

Table. 3.1 定期検査結果 (11/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第2号に係る検査 (4/8)

対 象 条 項	施設又は設備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
〔4〕計測制御系統 施設	(7) 2次ナトリウム純化系統	1) 電磁ポンプ検査	イ) 作動検査 電磁ポンプを運転し、電圧、流量及び温度が基準内にあることを確認した。
	(1) 制御棒駆動機構	1) 駆動部検査	イ) 分解検査 駆動部を分解し、目視により構成部品が健全であることを確認した。
			ロ) 作動検査 駆動部の作動が正常であることを確認した。
	(2) 原子炉制御設備	1) 計器検査	イ) 校正検査 制御棒荷重計及び地震計の校正を行い、正常に動作することを確認した。
	(3) 中性子計装設備	1) 計器検査	イ) 校正検査 中性子計装系の校正検査を実施し、正常に動作することを確認した。
(4) 燃料破損検出設備	1) 計器検査	イ) 校正検査 燃料破損検出系の校正検査を実施し、正常に動作することを確認した。	
		イ) 校正検査 流量計装系の校正を行い、正常に動作することを確認した。	
		イ) 校正検査 液面計装系の校正を行い、正常に動作することを確認した。	
(5) 1次冷却系計装	1) 流量計検査	イ) 校正検査 流量計装系の校正を行い、正常に動作することを確認した。	
	2) 液面計検査	イ) 校正検査 液面計装系の校正を行い、正常に動作することを確認した。	
	3) 温度計検査	イ) 校正検査 温度計装系の校正を行い、正常に動作することを確認した。	

Table 3.1 定期検査結果 (12/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第2号に係る検査 (5/8)

対 象 条 項	施 設 又 は 設 備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果	
〔5〕放射性廃棄物の廃棄施設	(6) 燃料集合体出口温度計装	4) ナトリウム漏洩検出器検査	イ) 作動検査 模擬信号により、ナトリウム漏洩検出器が正常に動作することを確認した。	
		1) 計器検査	イ) 校正検査 温度計装系の校正を行い、正常に動作することを確認した。	
		(7) 2次冷却系計装	1) 流量計検査	イ) 校正検査 流量計装系の校正を行い、正常に動作することを確認した。
			2) 温度計検査	イ) 校正検査 温度計装系の校正を行い、正常に動作することを確認した。
	(1) 廃気処理系	3) ナトリウム漏洩検出器検査	イ) 作動検査 模擬信号により、ナトリウム漏洩検出器が正常に動作することを確認した。	
		1) 廃ガス圧縮機検査	イ) 開放検査 圧縮機を分解し、目視により主要構成部品が健全であることを確認した。 ロ) 作動検査 圧縮機を分解組立て後、作動が正常であることを確認した。	
	(2) 廃液処理系	1) 蒸発缶検査	イ) 漏洩検査 蒸発缶の漏洩検査を実施し、蒸発缶に漏洩がないことを確認した。	

Table 3.1 定期検査結果 (13/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第2号に係る検査 (6/8)

対 象 条 項	施設又は設備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
〔6〕放射線管理施設	(1) 屋内管理用モニタ	1) ガンマ線エリアモニタ検査	イ) 校正検査 ガンマ線エリアモニタの校正を実施し、正常に動作することを確認した。
		2) 中性子線エリアモニタ検査	イ) 校正検査 中性子線エリアモニタの校正を実施し、正常に動作することを確認した。
		3) ダストモニタ検査	イ) 校正検査 ダストモニタの校正を実施し、正常に動作することを確認した。
		4) ガスモニタ検査	イ) 校正検査 ガスモニタの校正を実施し、正常に動作することを確認した。
	(2) 屋外管理用モニタ	1) 水モニタ検査	イ) 校正検査 水モニタの校正を実施し、正常に動作することを確認した。
		2) モニタリングポスト検査	イ) 校正検査 モニタリングポストの校正を実施し、正常に動作することを確認した。
〔7〕原子炉格納施設	(1) 原子炉格納容器	1) 貫通部検査	イ) 漏洩検査 格納容器貫通部の局部漏洩検査を実施し、気密性が健全であることを確認した。
		2) 隔離弁検査	イ) 漏洩検査 格納容器隔離弁の漏洩検査を実施し、気密性が健全であることを確認した。

Table 3.1 定期検査結果 (14/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第2号に係る検査 (7/8)

対 象 条 項	施 設 又 は 設 備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
	(2) 格納容器雰囲気調整系統	1) フレオン冷凍機検査 2) 計器検査	イ) 分解検査 フレオン冷凍機を分解し、目視により主要構成部品が健全であることを確認した。 ロ) 作動検査 フレオン冷凍機の分解組立て後、正常に作動することを確認した。 イ) 校正検査 格納容器雰囲気調整系の温度計、圧力計の校正を行い正常に動作することを確認した。
	(3) コンクリート遮蔽体冷却系	1) 窒素ガスブロワ検査 2) ペDESTALブロワ検査	イ) 分解検査 窒素ガスブロワを分解し、目視により主要構成部品が健全であることを確認した。 ロ) 作動検査 窒素ガスブロワの分解組立て後、正常に作動することを確認した。 イ) 分解検査 ペDESTALブロワを分解し、目視により主要構成部品が健全であることを確認した。 ロ) 作動検査 ペDESTALブロワの分解組立て後、正常に作動することを確認した。
〔8〕 其他原子炉の附属施設	(1) 非常用電源設備	1) ディーゼル発電機検査	イ) 作動検査 ディーゼル発電機が正常に作動することを確認した。

Table. 3.1 定期検査結果 (15/15)
 定期検査の技術上の基準 (規則第3条の17) 第2号に係る検査 (8/8)

対 象 条 項	施 設 又 は 設 備	検 査 項 目	検 査 内 容 と 結 果
	(2) 無停電電源設備	1) バッテリー検査	イ) 外観機能検査 バッテリーの外観を目視により検査し、機能上有害な損傷のないことを確認した。また、電圧及び電解液比重を測定し、基準に適合していることを確認した。
	(3) 圧縮空気供給設備	1) 除湿塔検査	イ) 性能検査 圧縮空気供給設備を運転し、その除湿性能が基準に適合していることを確認した。

3.3 作業環境と発生廃棄物量

3.3.1 作業環境

作業環境としては放射線・温度・湿度、また塵埃や作業スペースなどが問題となる。

「常陽」の各室は空調が十分に行われており、付属建家においては燃料洗浄室等の一部を除いて線量当量もほとんどバックグラウンドであり、作業上特に問題となるところはない。作業環境として注意しなければならないのは、格納容器内の床下区域である。格内の床下は1次系のナトリウム機器が収納されているため、原子炉運転中は窒素ガスで満たされている。床下メンテナンス開始にあたっては、十分に空気に置換された後床上・床下のバウンダリが開放され、十分なO₂サーベイを施した後作業開始が許可されるが、スタグナントな部分も考えられるため作業開始にあたっては注意を要する。床下メンテナンス時に於いては、1次系ナトリウム機器のメンテナンスのために原子炉容器の一部を除いて1次系内のナトリウムはすべてダンプタンクへドレンされるため、作業空間において放射化ナトリウムの影響はほとんど見られない。主な放射線源は配管・機器等の内面に付着した⁵⁴Mn、⁶⁰Co等の放射性腐食生成物（CP）である。Fig. 3.2に格納容器内各室の線量当量率の推移を示す。CPは流動的にスタグナントな部分に付着し易いと考えられ、IHX及び1次主ポンプの入口配管部が高くなっている。床下区域の室温については、格納容器床下雰囲気調整系において調整されているため、フレオン冷凍機の停止や予熱N₂ガスブロウによる予熱時を除いては、床上雰囲気と変わらない。しかしながら夏場にフレオン冷凍機の停止などが重なった場合は室温が上昇するので注意を要する。

3.3.2 発生廃棄物量

本定検期間中（昭和63年9月～平成元年1月）に発生した固体廃棄物は以下の通りである。

(1) 不燃カートンボックス	384個	(7.68m ³)
(2) 可燃カートンボックス	753個	(15.06m ³)
(3) 200ℓドラム缶	5個	
(4) D-50ドラム缶	9個	
(5) ヘパフィルタ	102個	
(6) プレフィルタ	8個	

Fig. 3.3に月別のカートンボックス発生量を示す。発生総数は1137個であり、過去の定期検査に比べて少い。これは今回の定期検査が短期間での達成を旨としたものであり、比較的改造工事の規模が小さかったためと思われる。

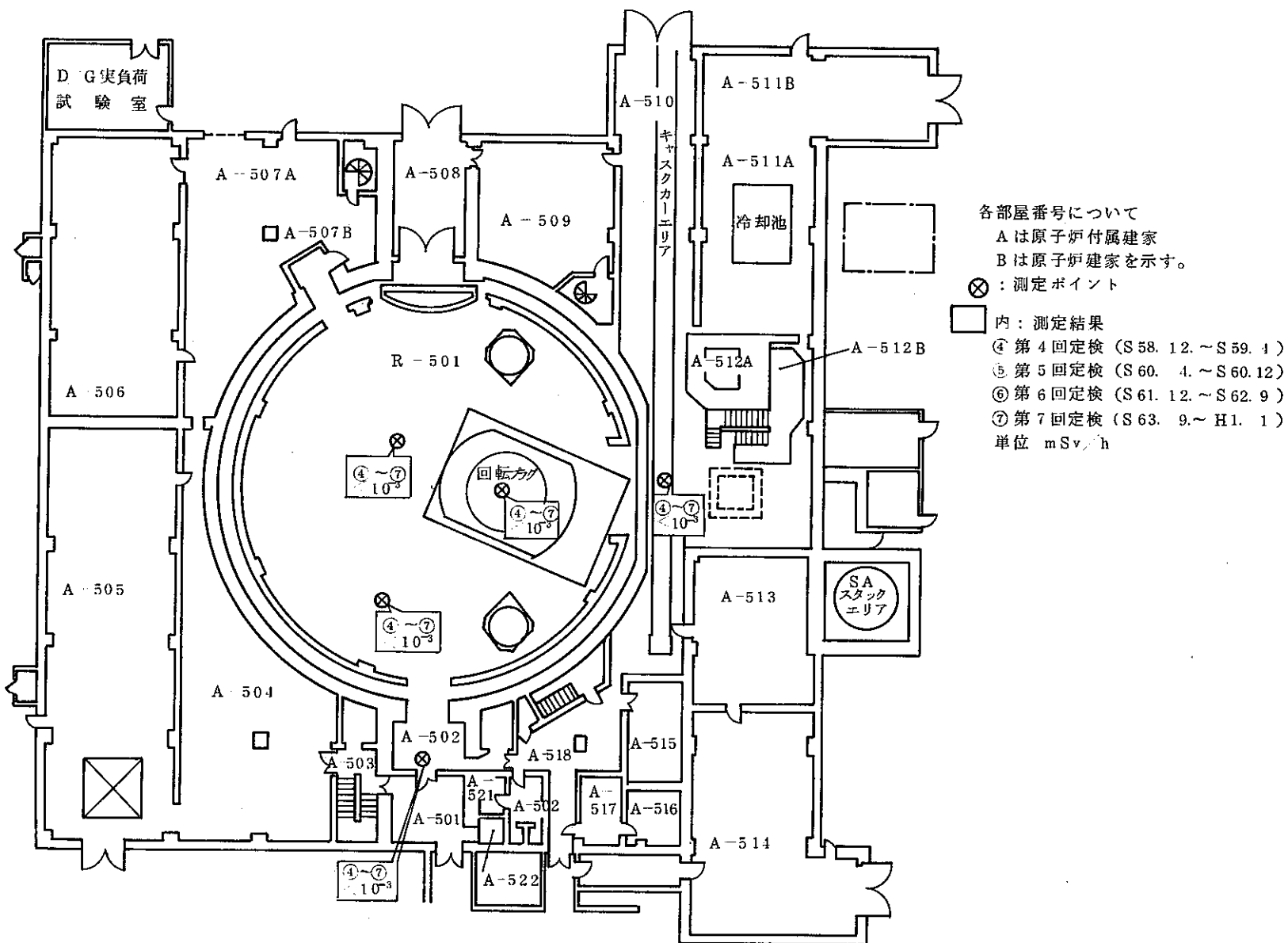


Fig. 3.2 「常陽」第4回~7回定検時線量当量率推移 (1/4)

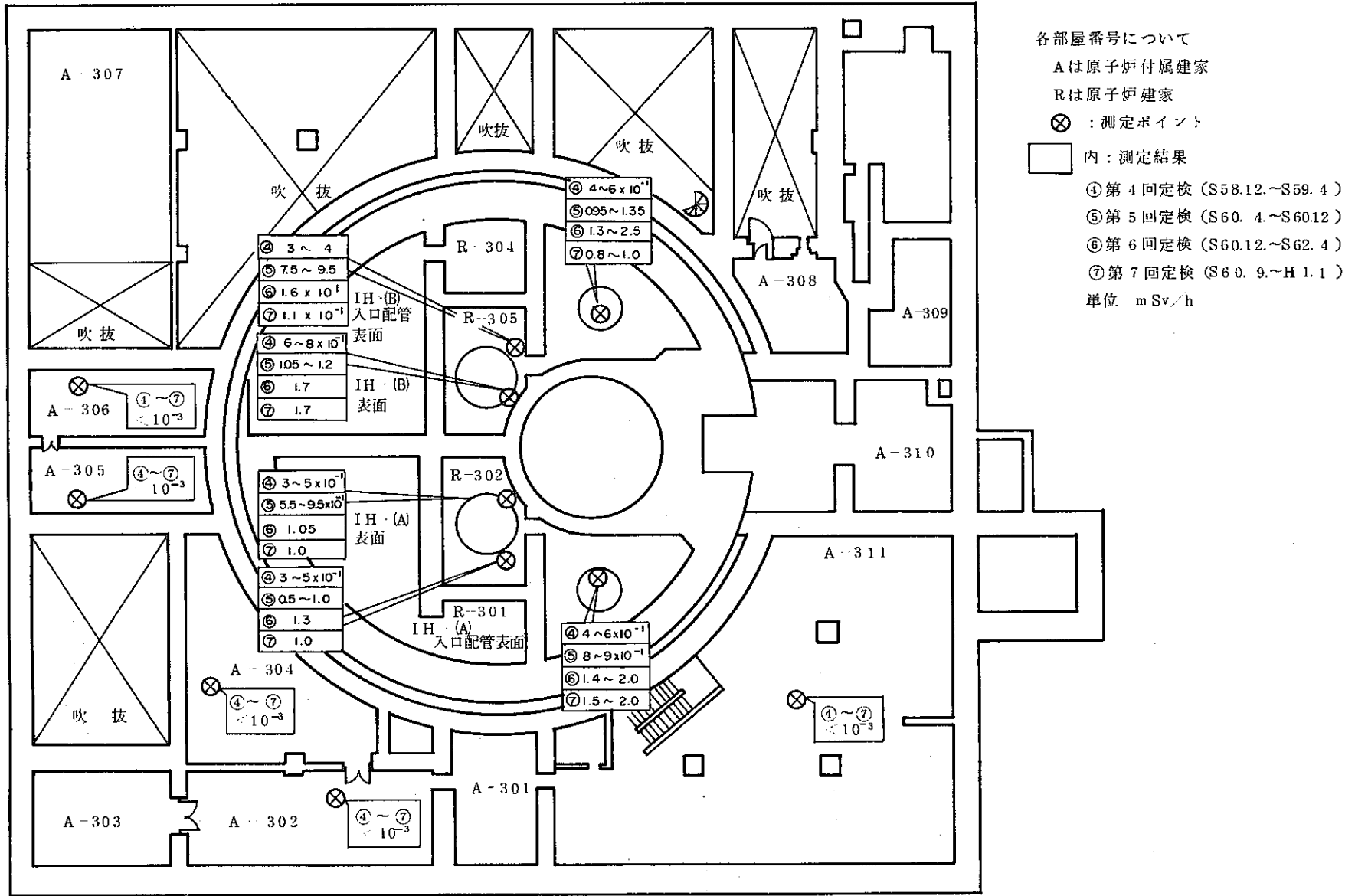


Fig. 3.2 「常陽」第4回~7回定検時線量当量率推移 (2/4) < B1F >

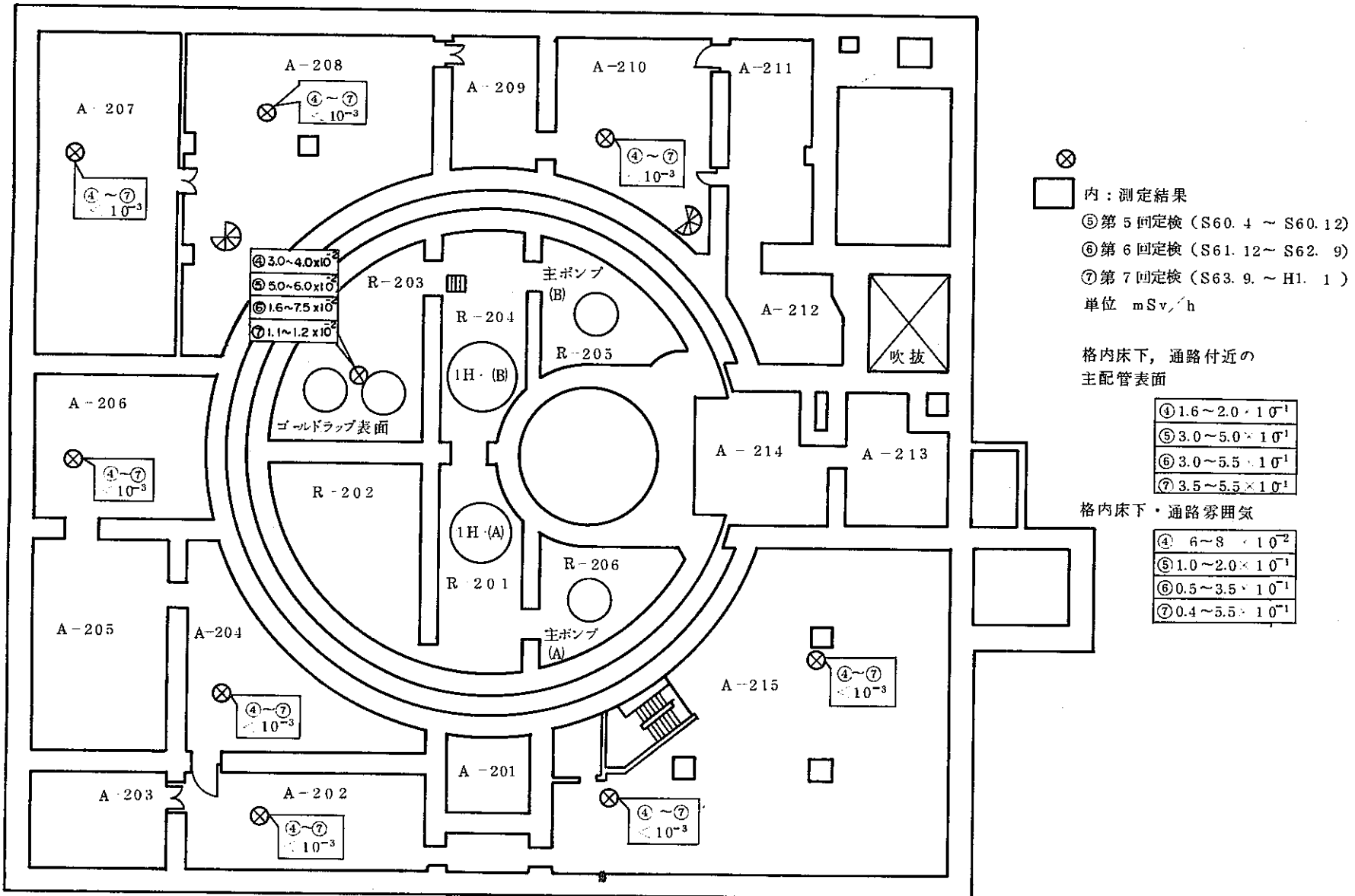


Fig. 3.2 「常陽」第4回～6回定検時線量当量率推移 (3/4) <BM2F>

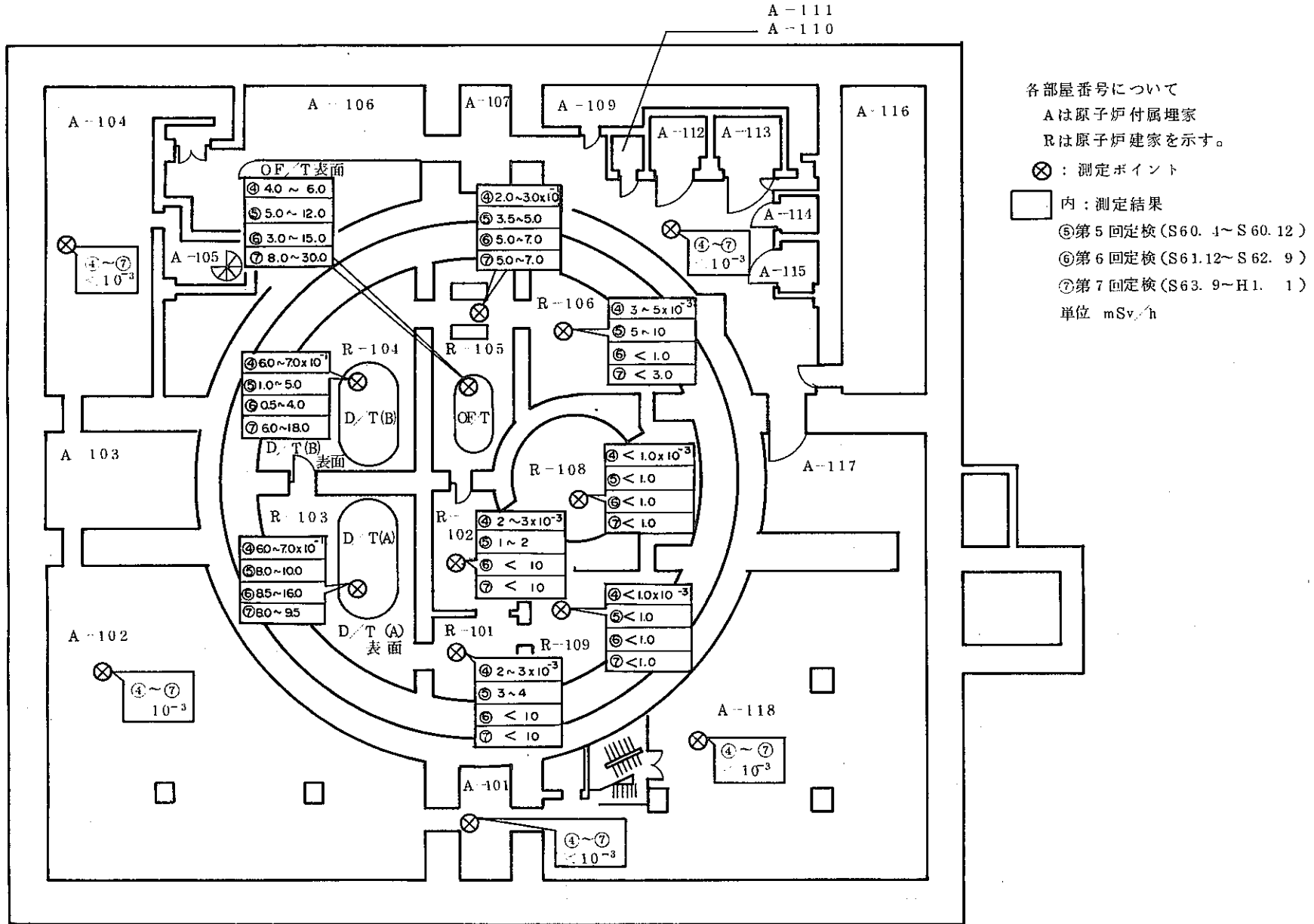


Fig. 3.2 「常陽」第4回~6回定検時線量当量率推移 (4/4) < B2F >

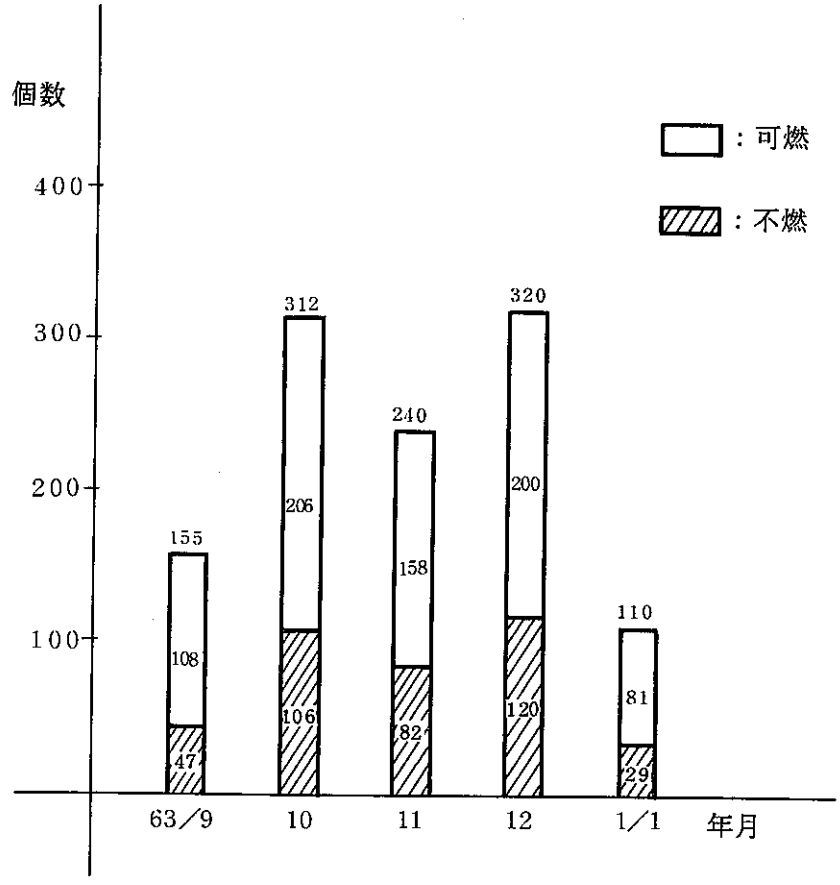
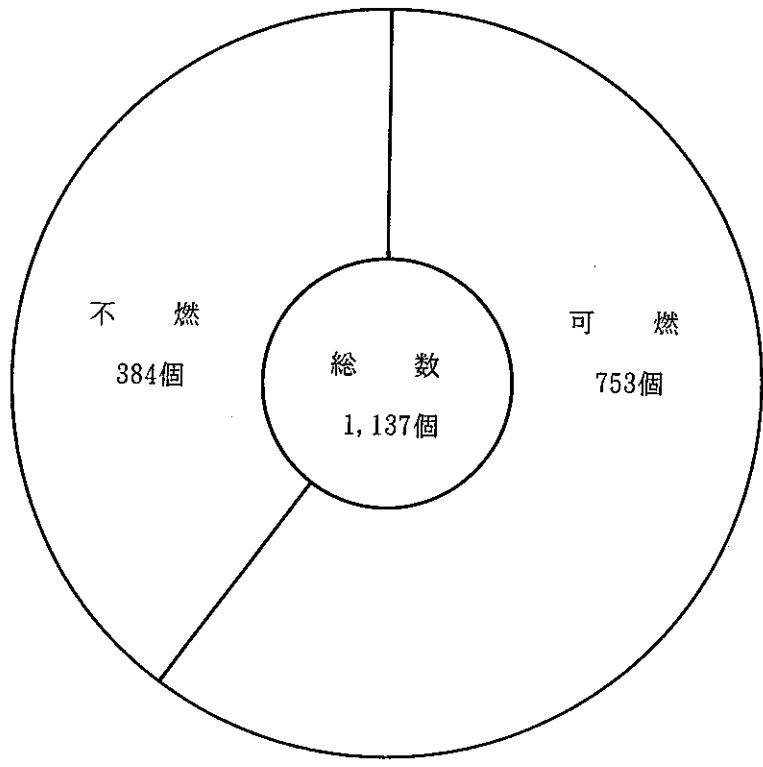


Fig. 3.3 カートンボックスの発生量

3.4 放射線作業実績

第7回定期検査期間中に実施した作業における被曝線量は、何れも法令に定められている実効線量当量限度を超えることなく作業を終了した。Table. 3.2、Table. 3.3に第7回定期検査の線量当量結果を示す。定期検査開始前に予想した線量当量は0.425人・シーベルトであったが、実績値は0.256人・シーベルトであった。これは予想を立てる上で保守的な評価を行ったことと、現場での不必要な被ばくを出来るだけなくすよう管理を十分行ったため、放射線管理課の定めた管理目標値（予想値の7割）を下回ることが出来た。本定期検査中に実施した主な被ばく低減対策は以下の通りである。

- ① 1次系Naドレンによる床下線量率の低減
床下作業全般
- ② 低線量率の場所におけるモックアップトレーニングの実施
安全容器内調査工事、床下CP測定
- ③ 一時待機場所確保及び作業員の適正配置による不要被ばくの防止
1次系廻りのバルブ点検作業、Na液面計交換作業・配管熱変位検出器交換作業
- ④ 熟練経験者の採用による作業時間短縮
床下CP測定
- ⑤ 線源となる廃液タンク等の水張りによる遮蔽
廃棄物処理建家保守点検
- ⑥ 配管内のフラッシングによる線量率の低減
廃棄物処理建家保守点検
- ⑦ 作業現場入口に線量率の表示
燃料洗浄設備分解点検作業

定期検査期間中の被ばくはFig. 3.4に示すようにその7割が床下区域での作業である。従って定期検査期間中の線量当量の推移を見てみると、Fig. 3.5に示すように床下が開放となり床下区域での作業が可能となった時期から線量当量が上昇している。床下閉鎖は1月14日であるが、1月下旬には主な作業が終了しているため、これ以降線量当量はほとんど上昇していない。「常陽」は実験炉という性格上定期検査期間を利用してR&Dに関する作業や性能向上のための作業などが実施されるため、線量当量を評価する場合は各作業を分類して評価する必要がある。

Fig. 3.6 に(1)定期検査に係る点検査業、(2)プラントの性能向上、保守性向上のための改造工事、(3)プラントの性能を維持するための補修・交換工事、(4)プラントの性能を把握するためのR & Dに分類した作業別の被ばく結果を示す。また、定検毎の線量当量の推移をFig. 3.7 に示す。

このグラフからわかるように、「常陽」クラスの高速炉では0.1人シーベルト程度で点検を実施出来ることがわかる。床下区域の線量率が上昇しているにも拘らず点検に要する線量当量が減少し、0.1人シーベルト程度に落ちついてきたのは、作業員が各作業に習熟してきたことと、床下区域における高線量当量ポイントが明確になり、無駄な被ばくを避けることが徹底されてきたためと考えられる。改造についてはその規模や期間に大きく左右されるため当然ながら定期検査ごとに異なっている。また、補修についても同様であり、定期検査期間中の線量当量の増減はこの改造と補修によってほぼ決まっている。R & Dに関するものについては、床下CP測定に要する線量当量が毎回大きく、実験炉としての性格を考えるとやむを得ない面もあるが、測定ポイントの縮小や測定方法の改良により被ばく低減を図る必要がある。

昭和62年度の日本の発電炉の1基当りの平均線量当量は2.91人シーベルトで、R & D関係を除いた「常陽」の過去3回の定期検査に要した線量当量の平均値0.294人シーベルトに比べて1ケタ大きい値となっている。設備容量では「常陽」は1ケタ以上発電炉に比べて小さいので単純な比較は出来ないが、「FFTF」や「PHENIX」の年間線量当量が「常陽」と同程度であることを考えると、設備容量に比例して線量当量が大きくなるとは考えられず、高速炉の優位性を示しているといえる。しかしながら、柏崎・刈羽原子力発電所のように最新の軽水炉では被ばく低減対策が進んでおり、「常陽」においても線量当量の大きい作業に絞って被ばく低減対策を進める必要がある。

Table. 3.2 第7回定期検査期間中における線量当量結果

(1) 線量当量

区 分	人 数 (人)	総 線 量 当 量 (ミリシーベルト)	平均線量当量 (ミリシーベルト)	最大被ばく線量 (ミリシーベルト)
職 員	160	28.3	0.2	2.7
職 員 外	475	227.6	0.5	7.1
合 計	635	255.9	0.4	

(2) 線量当量分布

(単位：人)

区 分	線量当量(ミリ シーベルト)	1.3未満	1.3以上 4.0未満	4.0以上 13.0未満	13.0以上 30.0未満	30.0以上	合 計
	職 員	153	7	0	0	0	160
職 員 外	417	49	9	0	0	475	
合 計	570	56	9	0	0	635	

(注) 1. 期 間 : 昭和63年9月7日～平成元年1月23日

2. 測 定 器 : APD (警報付ポケット線量計)

Table. 3.3 第7回定期検査放射線作業別線量当量結果

(1) 点検作業による被ばく

1/2

作 業 件 名	期 間	計 画 被 ば く (個人最大) mSv/人	実 績 総 被 ば く 人・mSv/人	個 人 最 大 被 ば く mSv/人	人 数	備 考
廃ガス廃液タンク計装品点検	S63. 9/7~9/8	0.30	0.02	0.01	6	
一次系廻りバルブ点検	9/1~9/11	0.30	0.81	0.13	25	
「常陽」廃棄物処理建家保守点検(A) 液面計撤去・ポンプ交換・解体作業	9/6~9/20	3.00	13.63	2.10	30	第1種
燃料洗浄設備点検	9/13~9/21	0.50	0.03	0.02	15	
C/T 冷却ガスブロワ分解点検準備作業	9/20~10/3	0.10	0	0	14	
SFF 水循環ポンプ冷却器定期検査	9/21~10/4	0.10	0.01	0.01	15	
CRDM 取り外し作業	9/30~10/6	0.30	0	0	16	
アルゴン廃ガス系 バルブの点検	9/25~10/11	0.60	0.25	0.12	14	
格内床下酸欠サーベイ	10/3~10/11	0.50	0.33	0.09	8	
廃ガス圧縮機の点検	9/26~10/12	0.90	0.68	0.18	10	
消火設備の保守点検	10/11~10/13	0.50	0.32	0.20	4	
ページングの保守点検	10/11~10/14	1.00	0.14	0.10	6	
火災報知設備の保守点検	10/11~10/17	1.00	3.03	0.88	12	
1次系メカスナ点検	10/11~10/17	0.90	1.73	0.84	7	
N ₂ 廃ガスブロワ(A) 点検	10/17~10/19	0.20	0	0	5	
自動PL計冷却ブロワ点検	10/18~10/22	0.80	1.53	0.73	3	
キャスクカー分解点検	10/5~10/24	0.20	0.06	0.03	17	
燃料交換機等分解点検	10/5~10/24	0.20	0.06	0.03	22	
1次系主配管ISI	10/18~10/28	0.90	1.99	0.83	8	
回転移送機グリッパ等の分解点検	10/6~10/31	0.80	0.03	0.02	25	
1次系現場計器点検	10/24~10/31	0.90	0.30	0.30	8	
純化系C/T冷却ガスブロワ分解点検	10/27~11/4	0.20	0	0	14	
燃取設備定期点検	10/3~11/4	0.90	2.29	0.34	56	
洗浄設備分解点検及び計器校正(洗浄設備のみ)	10/3~11/4	3.80	15.55	2.77	53	第1種
2次系スナバーの点検	11/7~11/8	1.00	0.10	0.06	3	
1次系機器点検目視検査	10/24~11/11	0.90	0.55	0.29	8	
燃料取扱設備計器校正作業	10/5~11/12	0.30	0.20	0.17	8	
使用済燃料移送キャスク定検	11/4~11/12	0.30	0	0	17	
主Pモータ点検	10/8~11/15	0.20	0	0	4	
84系計器の点検	11/2~11/21	0.50	0.51	0.27	18	
一次冷却系廻りのバルブ点検(後期)	10/31~11/22	4.00	30.24	3.56	27	第1種
FFD-CG法計装点検	11/21~11/26	0.20	0	0	17	
「常陽」廃棄物処理建家保守点検B 廃液処理設備保守点検	10/27~12/2	2.40	12.80	1.87	39	第1種
廃処理系計装品の点検	11/28~12/3	0.40	0.27	0.15	6	

作業件名	期間	計画被ばく (個人最大) ミリシーベルト	実績被ばく 総被ばく 人・ミリシーベルト	個人最大 被ばく ミリシーベルト	人数	備考
FFD-CG法 機器点検	9/12~12/8	0.20	0.31	0.14	26	
遮コン・ベDESTALブロウの点検	10/11~12/9	0.60	1.46	0.40	14	
燃料洗浄設備計器点検	12/9	0.10	0.02	0.01	3	
格納容器漏洩率試験B・C種	9/10~12/10	0.50	0.59	0.42	40	
制御棒駆動機構の据付調整	11/26~12/10	0.30	0.01	0.01	17	
処理設備の保守及び確認	12/6~12/24	0.90	1.75	0.36	16	
CRDM据付・調整作業	12/27~1/9	0.10	0.01	0.01	15	
Naサンプリングバルブ(V34.1-10)調査	H1.1/5~1/9	0.30	0.34	0.13	5	
FFD-CG法点検	H1.1/7~1/9	0.20	0	0	11	
床下巡視点検	10/7~1/14	0.90	0.82	0.19	46	
84系統設備床下設置機器の点検	12/12~1/14	0.40	1.01	0.21	8	
合計			93.78			

(2) 改造作業による被ばく

作業件名	期間	計画被ばく (個人最大) ミリシーベルト	実績被ばく 総被ばく 人・ミリシーベルト	個人最大 被ばく ミリシーベルト	人数	備考
窒素ガス冷却器の更新作業(その1)	10/17~10/31	0.20	0	0	8	
M3 マンホール改造工事	11/14~11/23	0.30	0	0	11	
カバーガス浄化装置据付工事	9/27~11/25	0.50	1.42	0.24	27	
床下γ線エリアモニタのケーブル布設作業	11/22~11/26	1.00	6.09	0.90	11	
窒素ガス冷却器の更新作業(その2)	11/7~11/30	0.20	0.01	0.01	26	
廃処系ケーブル布設工事	12/8~12/13	0.40	0.20	0.05	7	
保物モニタの更新作業	9/7~12/20	0.90	6.56	0.81	41	
燃料洗浄設備配管工事	H1.1/9~1/20	1.80	4.84	1.43	16	
廃液タンク液面計更新	12/26~1/23	0.90	1.91	0.59	28	
合計			21.03			

(3) 補修作業による被ばく

作業件名	期間	計画被ばく (個人最大) ミリシーベルト	実績被ばく 総被ばく 人・ミリシーベルト	個人最大 被ばく ミリシーベルト	人数	備考
アルゴン廃ガス系減圧弁交換	5/63.9/25	0.20	0.14	0.13	10	
燃料出入機可動ブロック補修作業	10/3~10/5	0.30	0	0	4	
F F D - D N 法 検出器交換	10/11~10/14	0.90	1.80	0.47	20	
二次主配管室給気還気弁ダンパ用電磁弁の交換	10/17~10/22	0.10	0	0	5	
処理建家ダクト補修工事	10/18~10/28	0.90	0.55	0.18	6	
消火設備の補修作業	10/28	0.50	0.14	0.07	6	
1次系 T/C交換	10/17~10/30	0.90	0.79	0.32	7	
N a 液面計ケーブル布設工事	9/19~10/31	3.00	8.80	1.50	15	第1種
炉容器ジャケット部還気流量制御ダンパ補修	11/2~11/4	0.90	2.65	0.76	5	
燃料出入機ドアバルブ補修作業	10/25~11/8	0.30	0	0	18	
84系 床下弁用電磁弁交換	11/7~11/12	0.80	3.04	0.73	5	
N a 液面計の交換工事	10/6~11/18	5.00	10.51	1.98	28	第1種
F F D - D N 法 感度特性試験	11/10~11/18	0.90	0.12	0.12	8	
自動給油装置ケーブルの補修	11/21~11/24	0.90	4.32	0.80	14	
84系 バックアップモード弁補修	11/24~11/27	0.90	3.46	0.76	18	
燃料洗浄設備計器交換作業	11/24~11/29	0.90	2.75	0.52	15	
1次系冷却ダンパ移設、調査	11/29~12/2	9.00	1.70	0.39	13	
84系 バックアップモード配管の塗装	12/5~12/6	1.40	1.10	0.50	7	
コンクリート遮蔽体冷却系ブロウ用モータ交換工事	10/11~12/9	0.30	22.33	1.27	47	
1次主ポンプO P U配管シール部の交換	12/19	0.90	0	0	13	
燃料洗浄設備計器交換	11/17~1/23		1.81	0.55	11	
合計			66.01			

(4) R & D 作業による被ばく

作業件名	期間	計画被ばく (個人最大) ミリシーベルト	実績被ばく 総被ばく 人・ミリシーベルト	個人最大 被ばく ミリシーベルト	人数	備考
安全容器内調査工事	10/11~10/22	1.70	5.14	0.76	30	第1種
計算機用熱電対交換作業	10/18~10/25	0.90	2.23	0.80	5	
M I ケーブルコネクタ環境試験	10/17~10/28	0.80	0.44	0.11	9	
「常陽」床下C P 測定	10/11~10/28	6.05	39.80	4.22	37	第1種
1次N a 純化系コールドトラップ線量率測定試験	10/11~11/5	0.80	1.44	0.48	25	
配管熱変位検出器交換工事	11/2~11/18	1.80	4.73	0.99	19	第1種
接着材耐久試験に伴う試験片設置作業	11/21~12/10	0.90	0.20	0.10	9	
状態監視用加速度計追加設置作業	11/22~12/10	1.00	2.35	0.65	10	
合計			56.33			

(5) その他の作業による被ばく

1/3

作 業 件 名	期 間	計 画 被 ば く (個人最大) ミリシーベルト	実 績 総 ば く 人・ミリシーベルト	個 人 最 大 被 ば く ミリシーベルト	人 数	備 考
計測線付集合体の吊上げ作業	S63. 9/7	0.10	0	0	8	
圧縮空気弁 V26-773Bの開放	9/7~9/8	0.30	0	0	4	
B型特殊燃料集合体(B6)用燃料要素の払い出し	9/7~9/9	0.30	0	0	5	
燃料取扱設備運転前確認(CPを除く)その2	9/7~9/13	0.10	0	0	19	
燃料取扱設備運転前確認(CPを含む)その2	9/7~9/13	0.50	0.50	0.22	16	
キャスクカーによる使用済炉心構成要素の払い出し作業	9/14~9/20	0.30	0	0	4	
炉心構成要素の燃料移送作業	9/13~9/21	0.10	0	0	7	
燃料交換作業	9/9~9/27	0.10	0.04	0.02	18	
燃料取扱設備運転後確認	9/22~9/28	0.10	0	0	7	
廃棄物処理建家 補修・点検 9月分(その2)	9/7~9/30	0.90	0.18	0.09	9	
廃棄物処理建家 廃液受入・排水作業 9月分(その2)	9/7~9/30	0.90	0.13	0.08	7	
廃棄物処理建家 固化装置運転 9月分(その2)	9/7~9/30	0.90	0.01	0.01	7	
廃棄物処理建家 蒸発濃縮処理設備の運転 9月分(その2)	9/7~9/30	0.90	0.11	0.05	7	
廃棄物処理建家 固体廃棄物搬出作業 9月分(その2)	9/7~9/30	0.90	0.16	0.05	9	
廃棄物処理建家内 巡視点検 9月分(その2)	9/7~9/30	0.90	0.21	0.09	9	
キャスクカーグリッパ洗浄	10/3~10/5	0.10	0.01	0.01	9	
予熱N ₂ 系ブロウ起動前のN ₂ パーズサンプリング	10/5	0.10	0	0	9	
アルコール移送作業	10/14	0.20	0	0	5	
ポストフィルターのキャニスター取外し	10/19~10/21	0.20	0.03	0.01	5	
サイト寸法測定	10/18~10/22	0.30	0	0	3	
C5Jの構内移送	10/20~10/24	0.30	0	0	4	
新燃料受入れ作業 10月分	10/14~10/25	0.30	0.01	0.01	9	
84系 排気フィルタの交換	10/24~10/25	0.10	0	0	5	
使用済炉心構成要素受払い作業	10/26	0.30	0	0	3	
廃棄物処理建家 補修・点検 10月分	10/1~10/31	0.90	0.40	0.10	9	
廃棄物処理建家 廃液受入・排水作業 10月分	10/1~10/31	0.90	0.05	0.02	7	
廃棄物処理建家 固化装置運転 10月分	10/1~10/31	0.90	0.42	0.14	7	
廃棄物処理建家 蒸発濃縮処理設備の運転 10月分	10/1~10/31	0.90	0.36	0.17	7	
廃棄物処理建家 固体廃棄物搬出作業 10月分	10/1~10/31	0.90	0.02	0.02	9	
廃棄物処理建家内 巡視点検 10月分	10/1~10/31	0.90	0.17	0.10	9	
アルコール再生運転及び移送作業	11/8	0.10	0	0	5	
床下見学	11/10	0.30	0.24	0.04	8	
床下清掃	11/7~11/12	0.20	0.26	0.06	7	
C型特殊燃料集合体(C5J)の組立検査	10/14~11/14	0.30	0.41	0.13	7	
構内移送及びサイト寸法測定	11/12~11/14	0.30	0	0	6	

作 業 件 名	期 間	計 画 被 ば く (個人最大) ミリシーベルト	実 績 総 被 ば く 人・ミリシーベルト	個 人 最 大 被 ば く ミリシーベルト	人 数	備 考
UPR交換作業	10/21~11/15	0.30	0	0	26	
炉心構成要素の燃料移送作業	11/15~11/18	0.10	0	0	6	
新燃料受入れ作業 11月分	11/22~11/25	0.30	0	0	7	
燃料交換作業及び運転前確認作業（CP設備のみ）	11/1~11/26	0.40	0.38	0.34	18	
燃料交換作業及び運転前確認作業（CP設備除く）	11/1~11/26	0.10	0	0	18	
キャスクカー内側ドリップパン取出及び装荷	11/28	0.10	0	0	7	
定検作業の撮影	10/12~11/30	2.50	1.16	0.49	4	
廃棄物処理建家 補修・点検 11月分	11/1~11/30	0.90	1.08	0.26	9	
廃棄物処理建家 廃液受入・排水作業 11月分	11/1~11/30	0.90	0.10	0.05	7	
廃棄物処理建家 固化装置運転 11月分	11/1~11/30	0.90	0.30	0.18	7	
廃棄物処理建家 蒸発濃縮処理設備の運転 11月分	11/1~11/30	0.90	0.79	0.29	7	
廃棄物処理建家 固体廃棄物搬出作業 11月分	11/1~11/30	0.90	0.08	0.04	9	
廃棄物処理建家内 巡視点検 11月分	11/1~11/30	0.90	0.44	0.38	9	
サイト寸法測定	11/25~11/30	0.30	0	0	6	
ドリップパン取出及び洗浄作業	11/26~11/30	0.10	0	0	9	
使用済炉心構成要素の払い出し作業	12/5	0.30	0	0	13	
固体廃棄物の整理	12/1~12/7	0.20	0.15	0.05	8	
キャスクカー グリッパ洗浄	12/8~12/10	0.10	0.01	0.01	4	
出入機ドアバルブシール部観察作業	12/12~12/13	0.10	0	0	4	
キャスクカー リールモータ取外し	12/14	0.10	0	0	2	
炉内観察準備及び観察作業	12/10~12/16	0.20	0	0	18	
固体廃棄物の整理 パート2	12/12~12/16	0.20	0.04	0.02	8	
P-3S (12T) 型輸送容器の定期点検及び封印等取付	12/13~12/22	0.10	0	0	9	
UPR1-2 FMFへの払出し	12/16~12/22	0.10	0	0	4	
新燃料受入れ作業 12月分	12/20~12/22	0.30	0.01	0.01	7	
アルコール再生運転	12/21~12/22	0.10	0	0	5	
つかみ部洗浄設備アルコール循環ラインバルブの取付け	12/23	0.10	0.01	0	4	
サイト寸法測定	12/22~12/24	0.30	0	0	4	
UPR払い出し作業	12/6~12/25	0.90	0.05	0.02	23	
上部案内管交換工事	12/12~12/28	0.80	0.04	0.02	54	
廃棄物処理建家 補修・点検 12月分	12/1~12/31	0.90	0.15	0.07	9	
廃棄物処理建家 廃液受入・排水作業 12月分	12/1~12/31	0.90	0.04	0.03	9	
廃棄物処理建家 固化装置運転 12月分	12/1~12/31	0.90	0	0	7	
廃棄物処理建家 蒸発濃縮処理設備の運転 12月分	12/1~12/31	0.90	0.27	0.11	7	
廃棄物処理建家 固体廃棄物搬出作業 12月分	12/1~12/31	0.90	0	0	7	

作 業 件 名	期 間	計画被ばく (個人最大) ミリシーベルト	実績 総 被ばく 人・ミリシーベルト	個人最大 被ばく ミリシーベルト	人 数	備 考
廃棄物処理建家内 巡視点検 12月分	12/1~12/31	0.90	0.14	0.05	9	
上部案内管交換機整備	H1.1/5~1/13	0.10	0	0	28	
固体廃棄物の整理 パート3	H1.1/9~1/14	0.20	0	0	9	
1次Arガス系安全弁取外し	1/14	0.20	0.17	0.05	5	
計測線付集合体の吊り下し作業	1/14	0.20	0	0	5	
固体廃棄物の整理 パート4	1/17~1/20	0.10	0	0	8	
定期点検に伴う作業立会	9/7~1/23	2.00	5.52	1.28	14	
廃棄物処理建家 補修・点検 1月分	1/1~1/23	0.90	0.06	0.05	9	
廃棄物処理建家 廃液受入・排水作業 1月分	1/1~1/23	0.90	0	0	7	
廃棄物処理建家 固化装置運転 1月分	1/1~1/23	0.90	0.19	0.08	7	
廃棄物処理建家 蒸発濃縮処理設備の運転 1月分	1/1~1/23	0.90	0	0	7	
廃棄物処理建家 固体廃棄物搬出作業 1月分	1/1~1/23	0.90	0	0	9	
廃棄物処理建家内 巡視点検 1月分	1/1~1/23	0.90	0.01	0.01	9	
小 計			14.91			
第3種 放射線作業			3.82			
合 計			18.73			

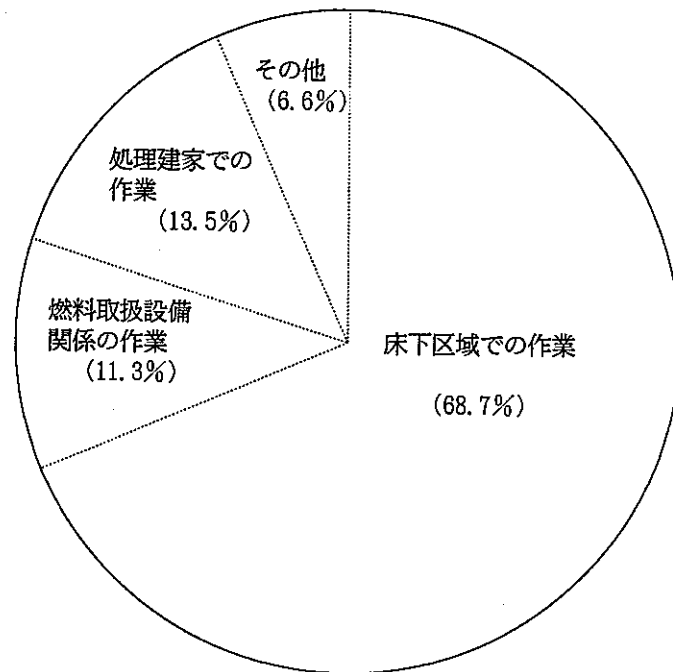


Fig. 3.4 作業の場所、設備別被ばく結果

9/6~9/20
 W/B保守点検(A)・1.4 10/3~11/4
 燃料洗浄設備分解点検及び計器校正・1.6
 10/6~11/18
 Na液面計の交換工事・1.1
 10/7~11/22
 一次冷却系廻りのバルブ点検・3.0
 10/11~12/9
 コンクリート遮蔽体モータ交換工事・2.2
 10/27~12/2
 W/B保守点検(B)・1.3

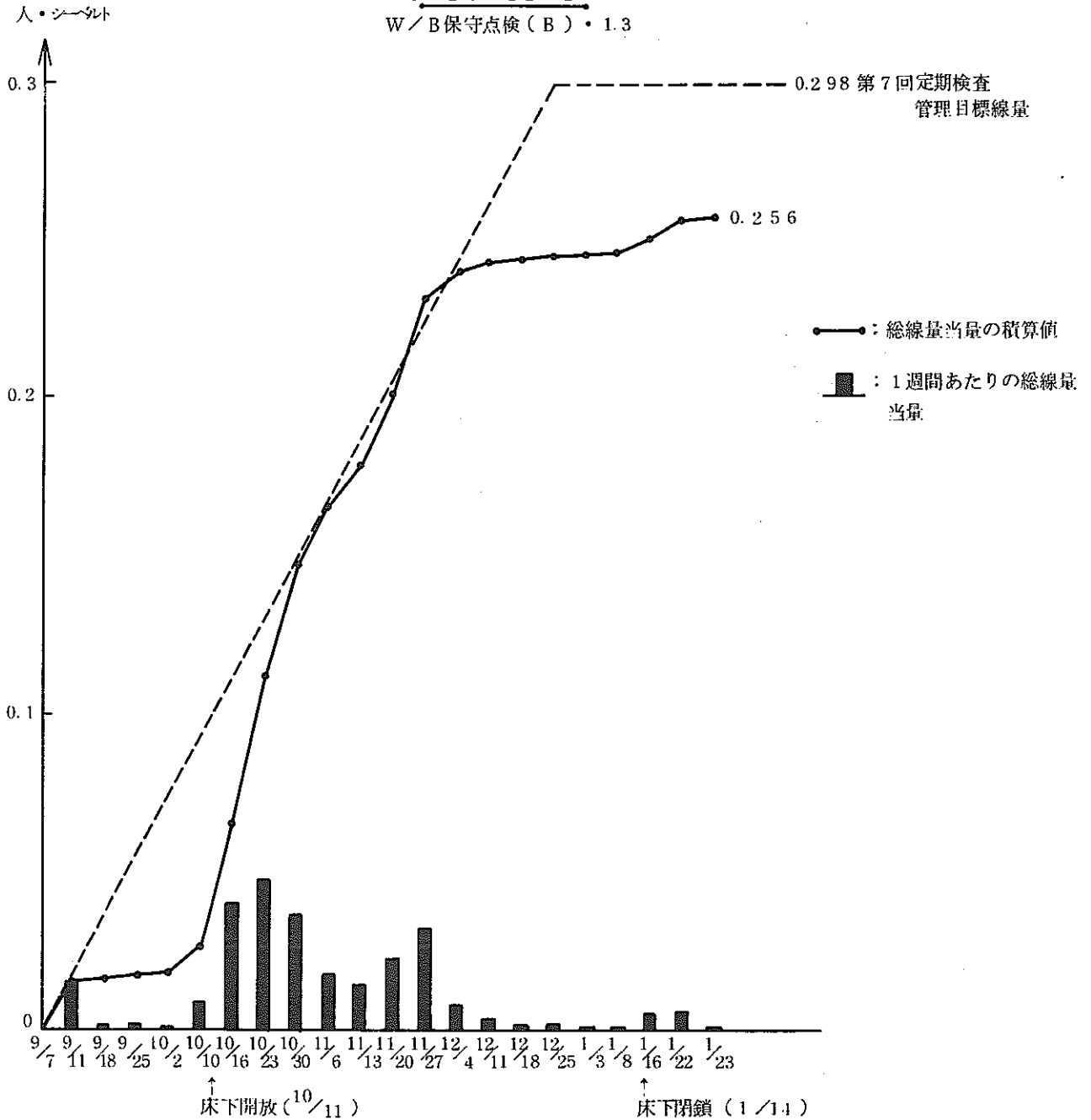


Fig. 3.5 定期検査期間中における線量当量の推移

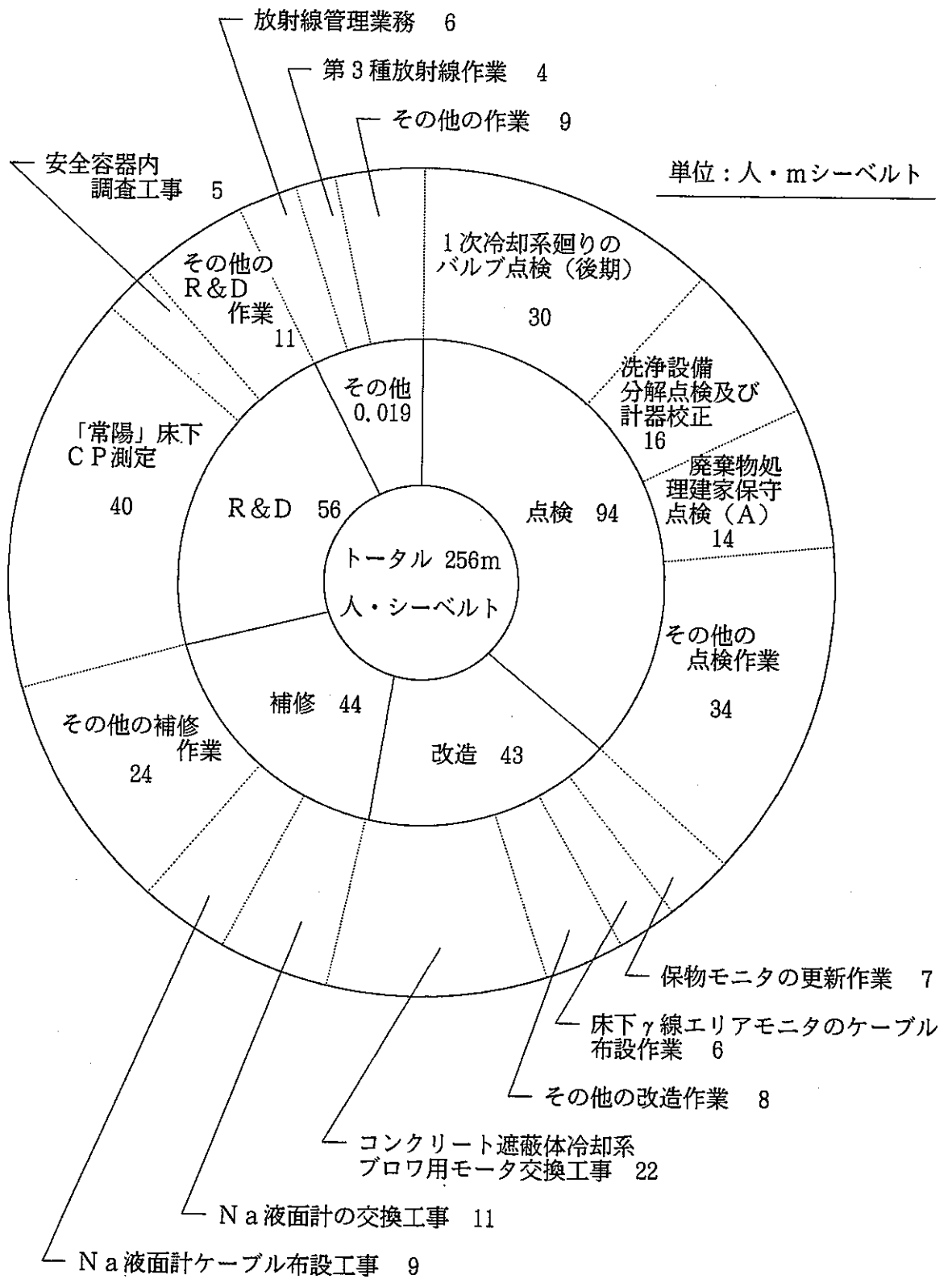


Fig. 3.6 第7回定期検査作業別被ばく

人・シーベルト

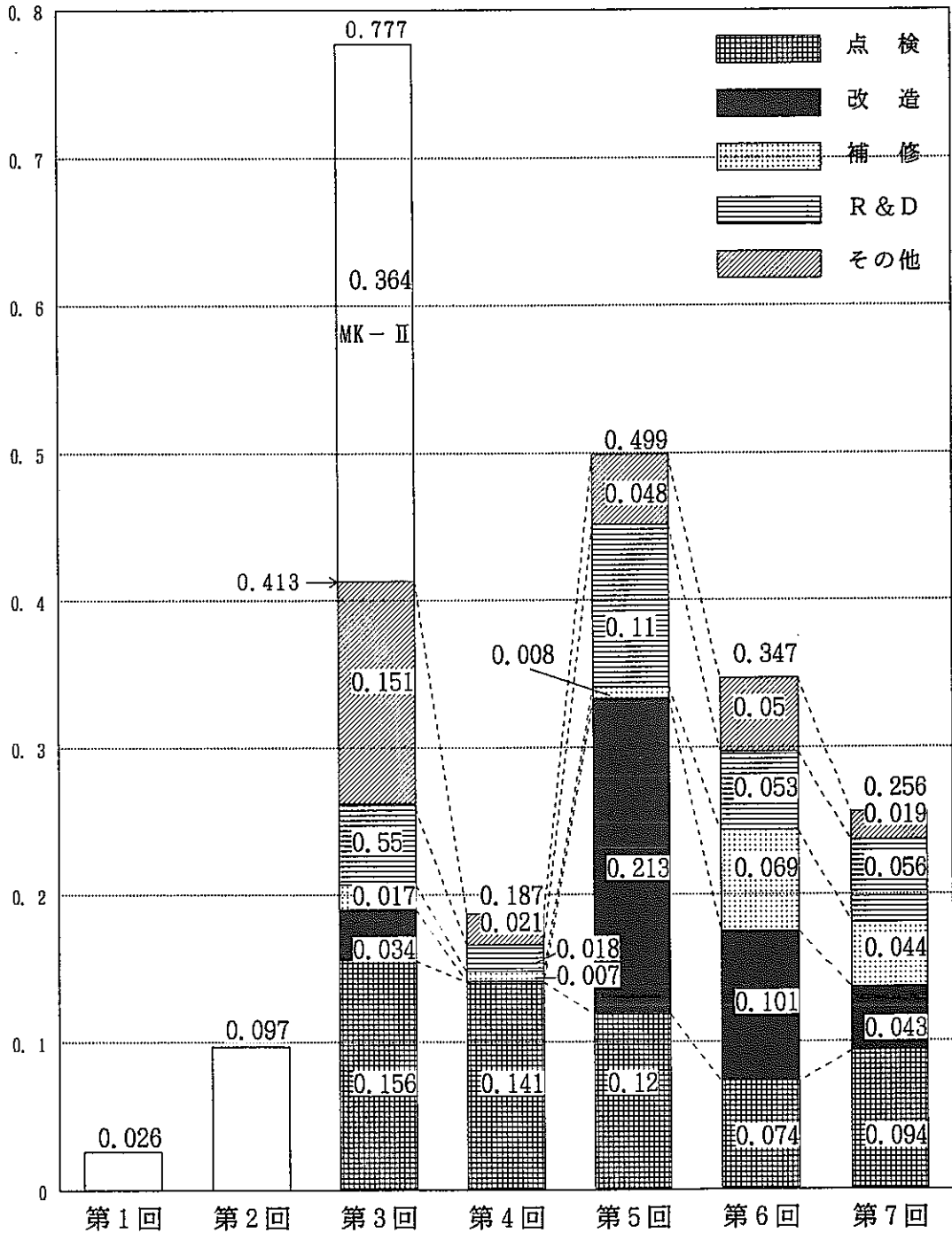


Fig. 3.7 各定期検査における線量当量の推移

3.5 第7回定期検査のコスト評価

昭和63年度の自主検査、改造、更新工事等を含めた第7回定期検査費用を系統別等に分類し「保守作業評価システム（CMICO）」を利用して評価した。

(1) 原子炉施設保守費

原子炉施設保守費は原子炉第2課年間予算の約75%を占め、残りをR&D、付帯設備の保守及び請負作業費に使用した。

原子炉施設の保守費内訳は、機械関係41%、電気関係40%、計装関係17%、その他2%で機械と電気の保守費は同じ割合となっている。（Fig. 3.8、Fig. 3.9参照）

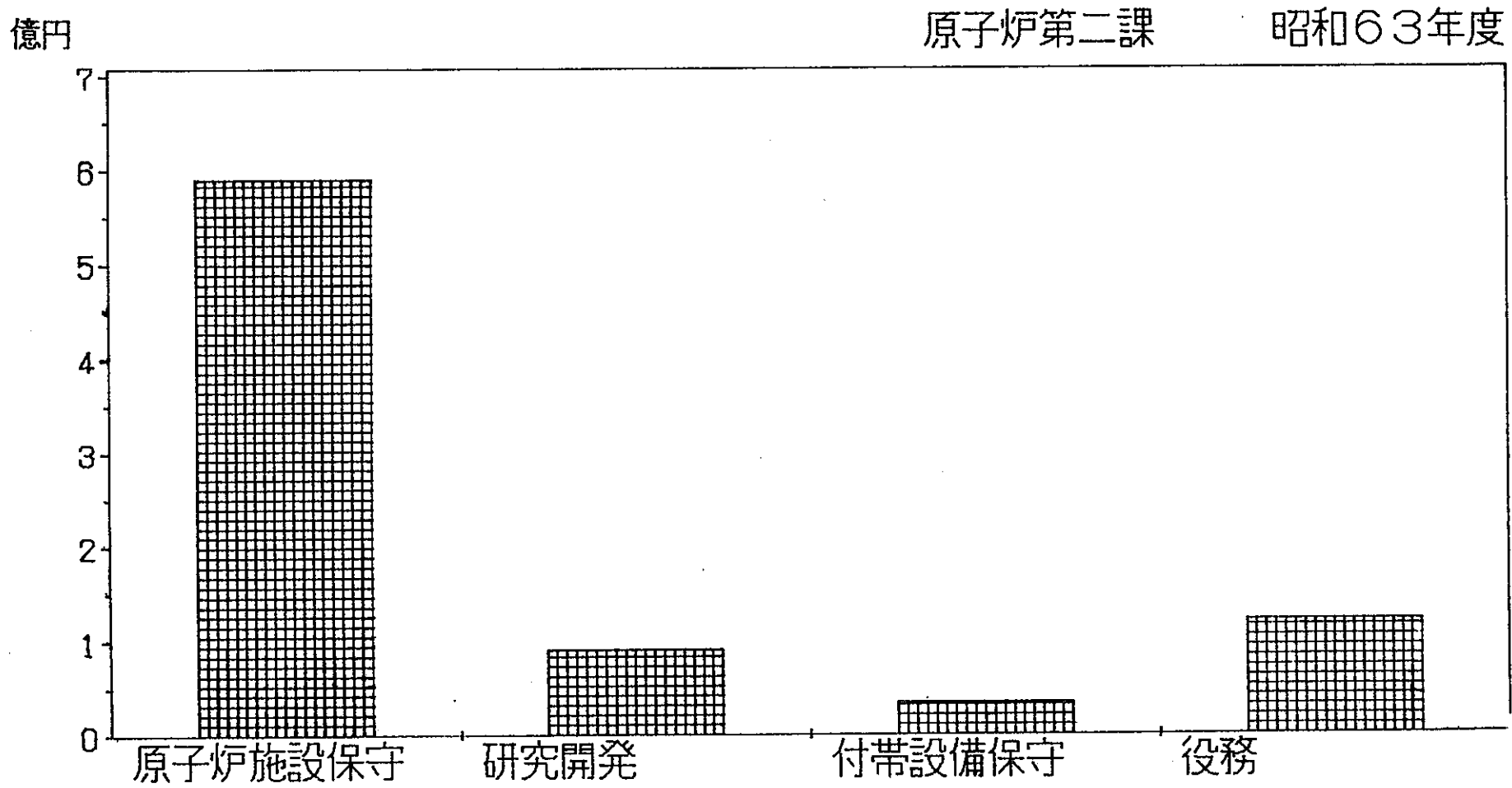
(2) 系統別保守費

原子炉施設の保守費を各系統別に見ると、2次冷却系設備、原子炉制御系設備がそれぞれ全体の約20%を占め、次いで、1次冷却系設備、原子炉計測制御系設備、電源設備がそれぞれ約16%となっており、これらの系統の保守費が全体の約90%を占めている。

（Fig. 3.10参照）

(3) 系統別保守費の内訳

主要な系統の保守費を点検・補修・改造・更新の内訳で見ると、各系統共点検費の割合がほとんどを占め、改造・補修・更新の割合が少ないが原子炉計測制御設備は、点検と更新の割合が約半々となっている。また、原子炉制御設備では、点検と改造・更新がそれぞれ同じ割合を占めている。（Fig. 3.11参照）



- 75 -

Fig. 3.8 業務区分別予算執行内訳

原子炉第二課 昭和63年度

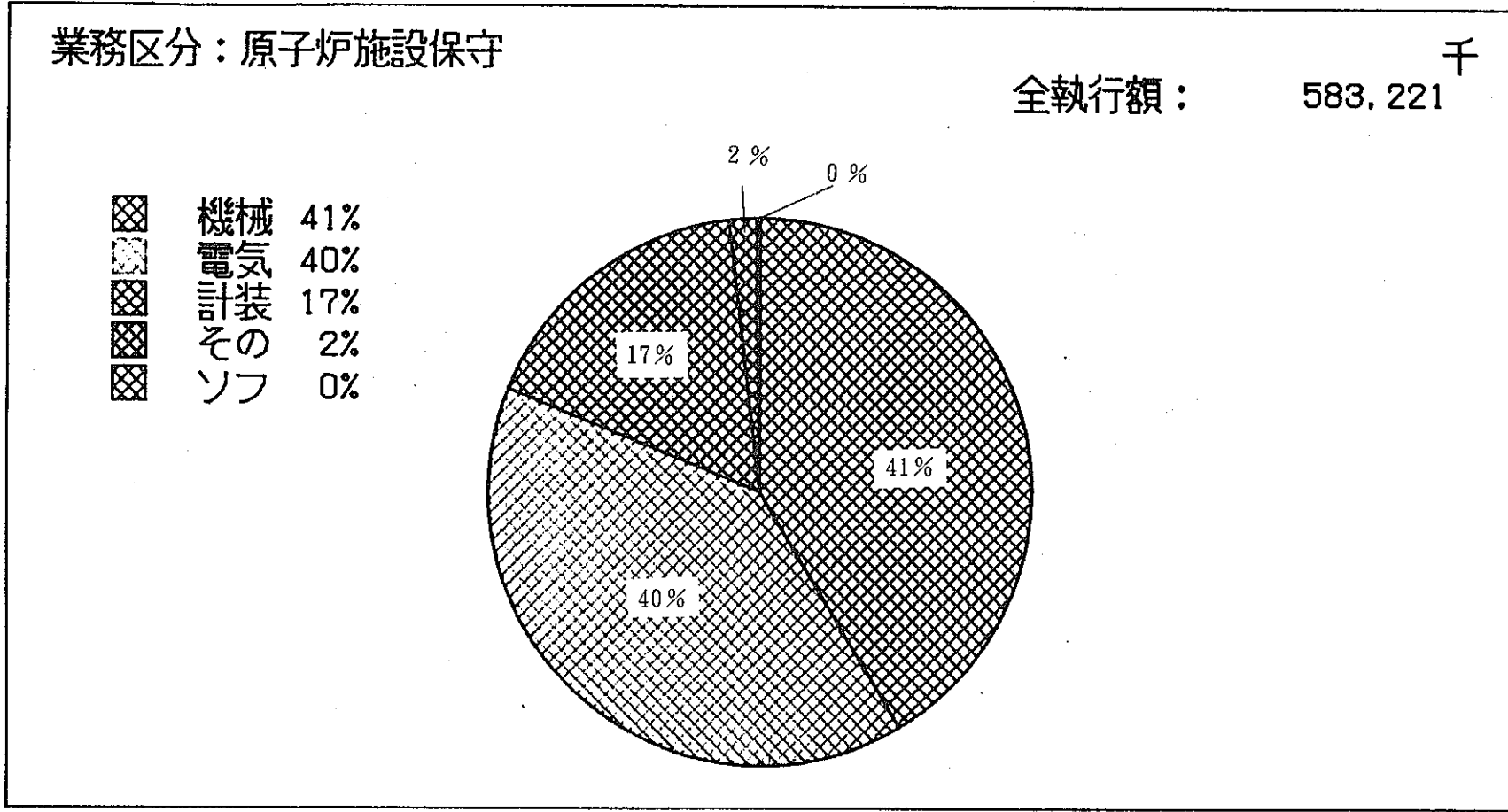
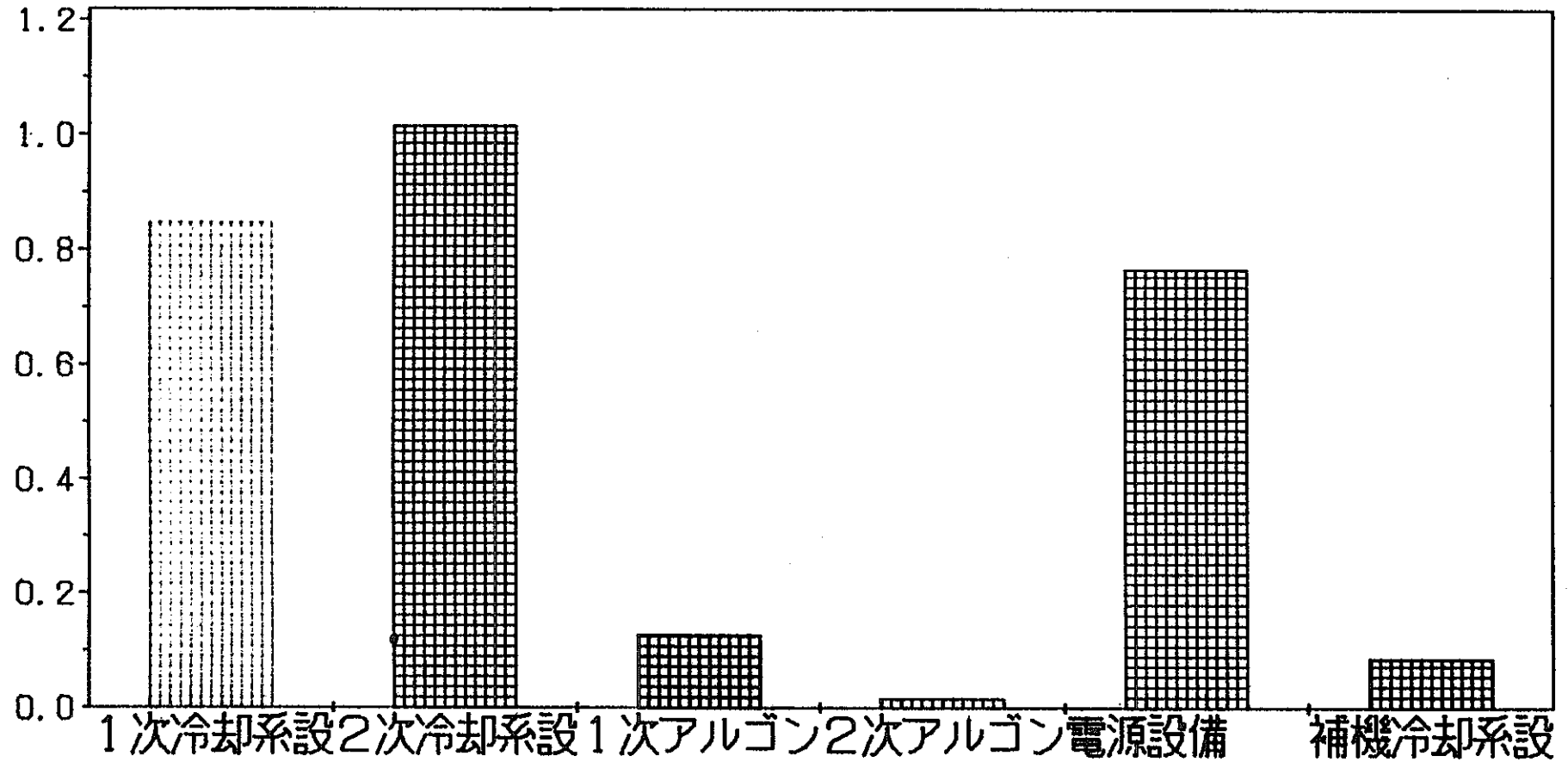


Fig. 3.9 予算内訳評価

原子炉第二課

昭和63年度

億円



-77-

Fig. 3.10 系統別予算評価 (1 / 3)

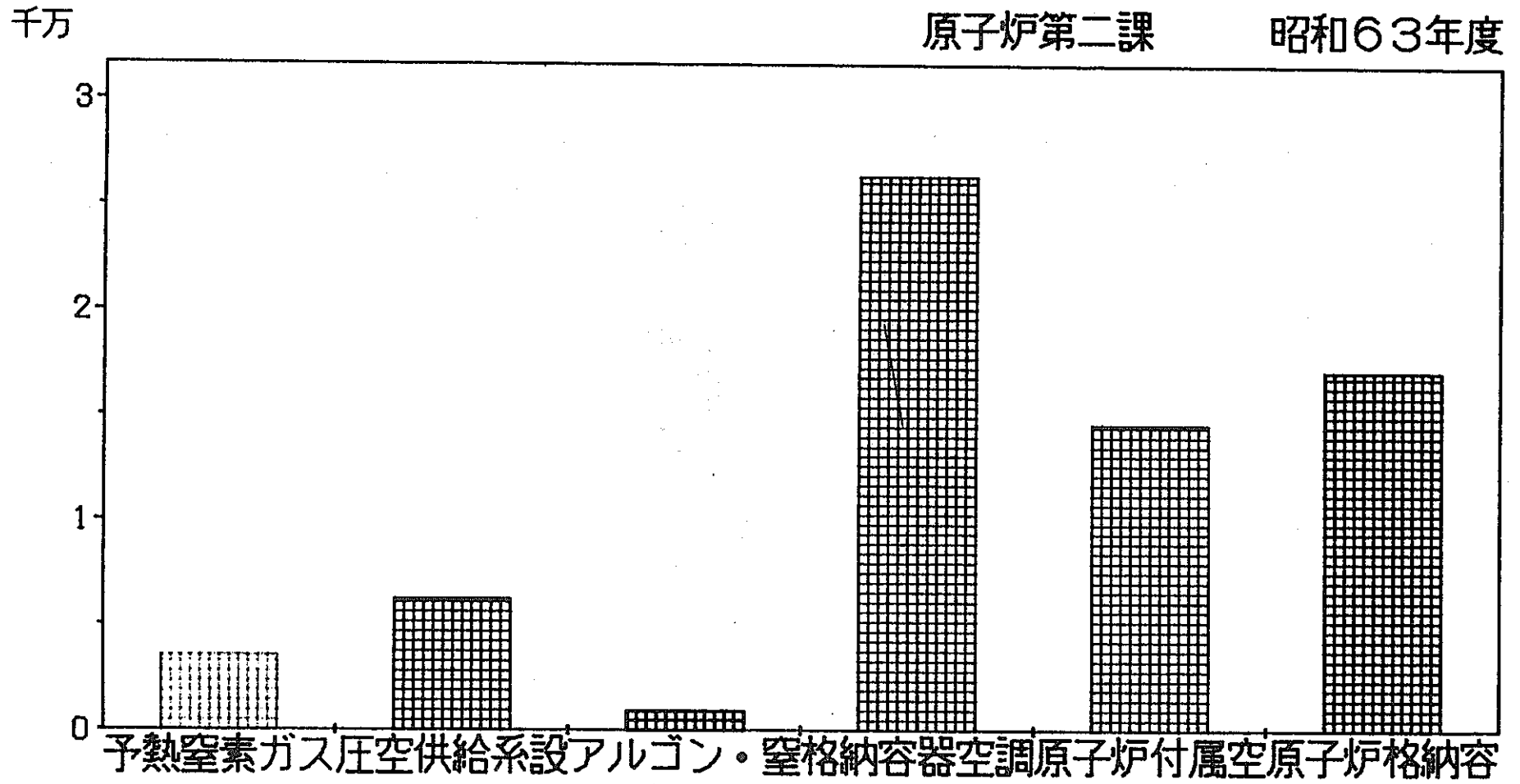


Fig. 3.10 系統別予算評価 (2 / 3)

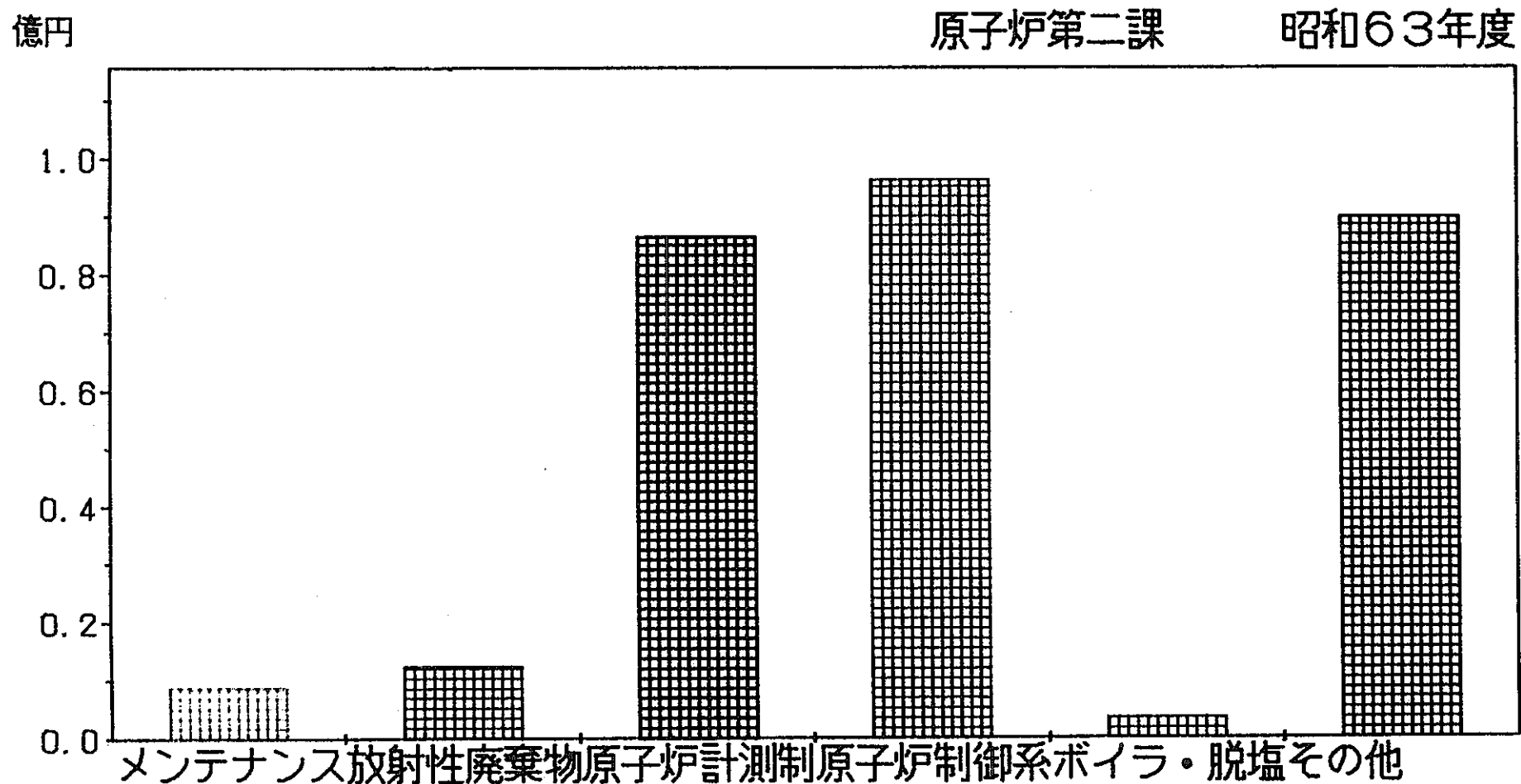


Fig. 3.10 系統別予算評価 (3 / 3)

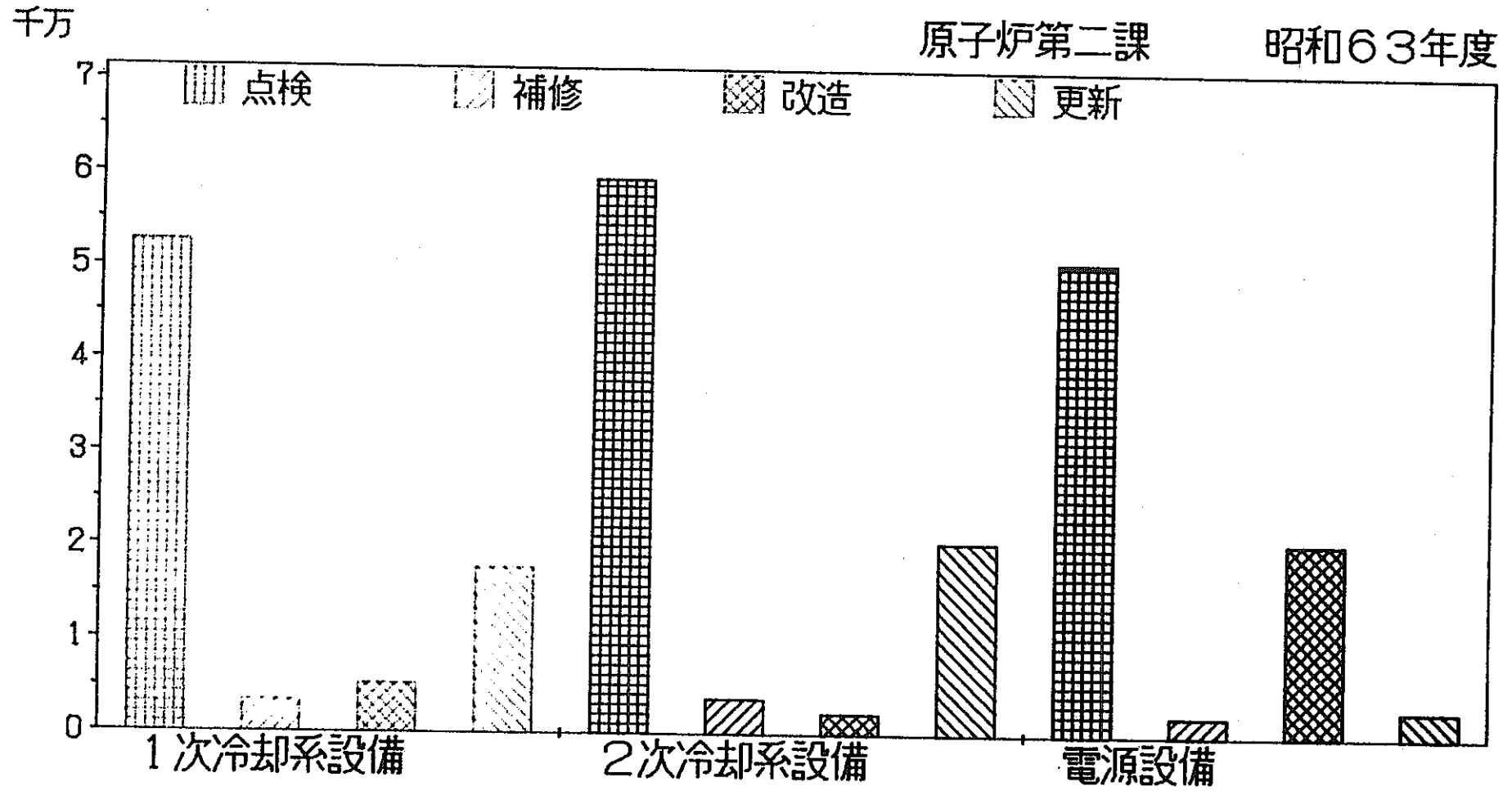


Fig. 3.11 系統別原子炉施設保守評価 (1 / 2)

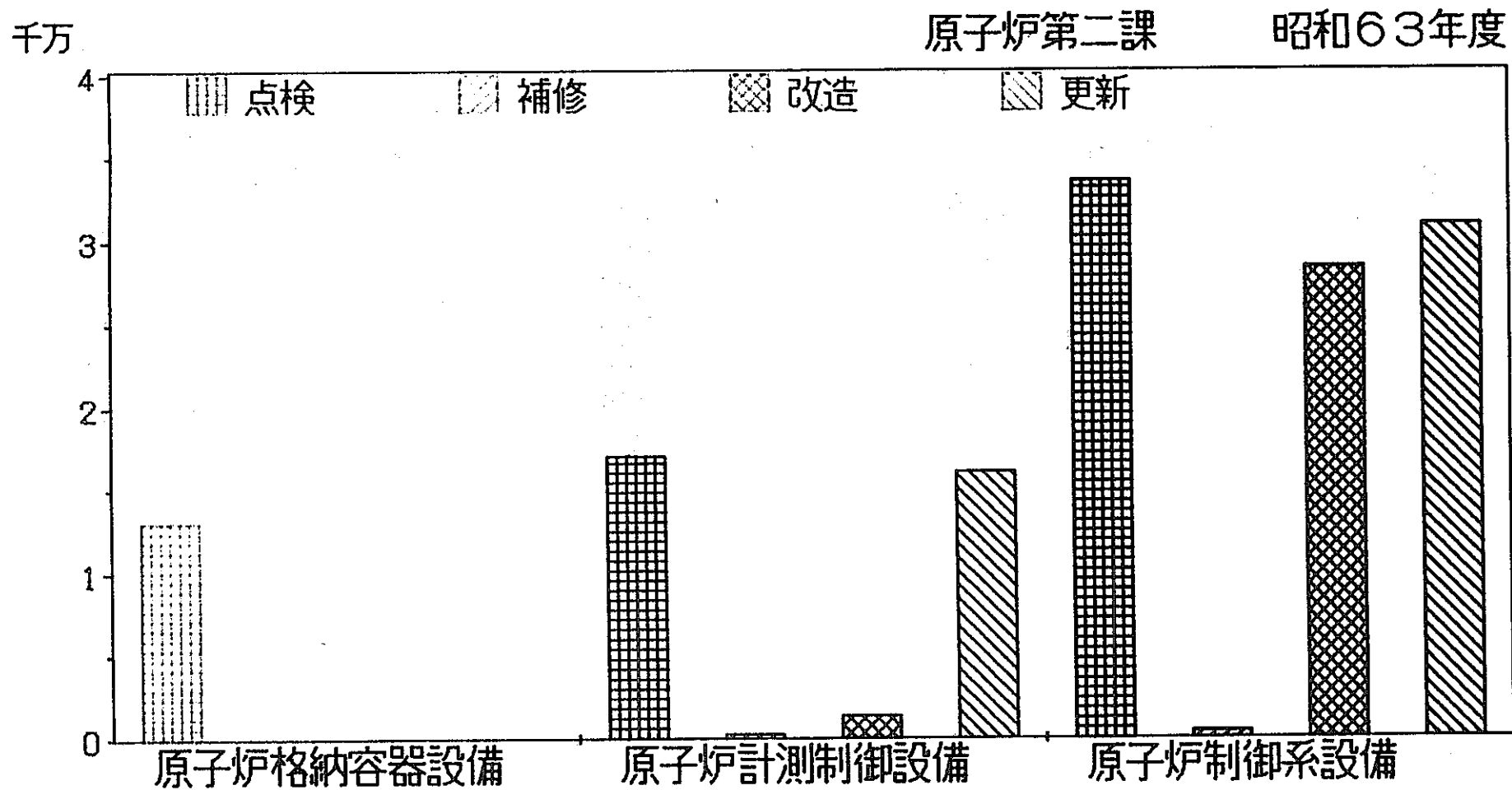


Fig. 3.11 系統別原子炉施設保守評価 (2 / 2)

4. 主な改造工事の概要

定期検査期間中には、その間を利用して性能向上のための設備改造や予防保全のための設備の更新が実施される。設備更新に際しては、それまでの保守経験と技術動向を反映させたものとしており、保守性の改善や信頼性の向上を図ったものとしている。

本章では第7回定期検査中に実施した主な改造工事の概要を示す。

4.1 ナトリウム液位計の交換

4.1.1 目的

第7回定検期間中に、1次主循環ポンプ用ナトリウム液位計2基、オーバフロコラムナトリウム液位計2基、2次ナトリウム充填ドレン系ダンプタンクナトリウム液位計1基の計5基を交換した。

これらの液位計は、検出器の絶縁抵抗の低下及びコイルの酸化、腐食及び変換器出力のドリフト、電気部品類の経年劣化が進行し、出力誤差が増大し精度維持が困難となって来ていた。今回これらの不具合を解消すると共に、第5回定検時に実施した炉容器ナトリウム液位計の設計を踏襲した、出力特性補正用演算器を液位計装システムに組込んだ、液位計への交換を昭和63年9月より11月にかけて行った。ここでは、液位計の交換工事及び「常陽」におけるオンサイト実液校正等の結果をまとめた。

4.1.2 交換工事

(1) 概要

ナトリウム液位計を交換するのは、炉容器長尺化液位計について2回目であるが、今回は検出器及び計装システムだけの更新であるため、ウェルの交換はなく、旧検出器を撤去した後に、新検出器を挿入した。

1次主循環ポンプ（以下主ポンプと言う）用のものは、電動機及びメカニカルシールの分解点検、オーバホールに合せて行い、オーバフロコラム用のものは床下の高線量でかつ狭いスペースでの作業となった。

交換作業の工程をTable. 4.1.1に示す。

(2) 検出器交換

以下に交換工事内容を述べるが、ここでは1次系の液位計4基と2次系の液位計1基とを分けて詳細を記す。

① 1次系の液位計4基

(i) プラント状態

ナトリウム液位計交換工事におけるプラント状態は、原子炉停止中であり、1次冷却系ナトリウムはダンプタンクヘドレンされ床下メンテナンスモードであった。

又、液位計交換作業時には以下に示すプラント操作を実施した。

(ii) 液位計引抜きのため、格納容器内オペレーティングフロア (R-501)のハッチ

(H-10、H-5)及びR-410室(H-17)、R-412室(H-25)のハッチを撤去した。

(iii) オーバフロコラム頂保温材撤去

格内床下に位置するコラム頂部の保温材の撤去を行い液位計検出器の交換が出来る様作業スペースを確保した。なお作業雰囲気線量率はA側コラム付近で約0.4mSv/hr、B側は約0.6mSv/hrであった。保温材撤去はA側より実施し、作業要領を把握した後B側を行うことで、被ばく線量を低く抑えることが可能となった。

(iv) オーバフロコラム液位計検出器引抜き

既設液位計検出器引抜きは旋回クレーンとチェーンブロックを用いて実施した。引抜きは旋回クレーンフックに取付けたチェーンブロックを用いて実施した。引抜きは旋回クレーンフックに取りつけたチェーンブロックを用いて検出器をウェルから引抜き、その後旋回クレーンで吊上げた。放射化した検出器の表面線量率は先端部で最大値を示しその値は2 μ Sv/hrであった。

(v) 1次主ポンプナトリウム液位計検出器引抜き

引抜きは、オーバフロコラムと同様な方法で実施した。検出器表面線量率は先端部で最大値を示しその値は、1.5 μ Sv/hrであった。

(vi) 新規液位計の装荷

1次系の液位計4基は、旋回クレーンとチェーンブロックを用いて挿入した。検出器は精密品であるため挿入時は検出部への衝撃、湾曲等に注意して行った。

(vii) ケーブル接続

検出器の導通、素線抵抗測定を行い挿入作業時による異常がないことを確認した後、新たに布設した各ケーブルを接続した。ケーブルを含む各検出器の素線抵抗値をTable. 4.1.2に示す。又、ケーブルペネトレーション計装用配線の使用状況をTable. 4.1.3に示す。

(viii) 電気計装工事

液位計据付後、検出器信号ケーブルの継ぎ込みを実施した。又、新液位計の計装品類は全て一つの盤内に収納した。旧液位計計装品類についても、一つの盤内に収納する様一部の変換器を移設し、新旧液位計計装品を同一盤内に混在しない様にした。計装品の配線図はFig. 4. 1. 1 に示す。

② 2次系の液位計1基

(i) プラント状態

2次系ナトリウムは充填ドレン系ダンプタンクヘドレン中であり、ダンプタンクは予熱ヒータにより約200℃に保持されていた。又、2次補助冷却系は運転状態を継続していた。

(ii) 電源停止操作

新たに設置する液位計計器の各電源供給を行うため、主送風機軸受温度監視装置電源NFBをOFFとし、NFB2台を2次側に設置した。2次側に設置したNFBは液位計用が15AF/10AT、主送風機側用が15AF/5ATの容量を持つものを選定した。この結果1次側のNFBは共用することになるが各々の機器、計器類は新設NFB側でON・OFFさせることにより、機器、計器等点検時に支障を来さない様考慮した。

(iii) 計装ケーブル切離し

既設液位計ケーブルは、検出器部分で切離し、旧変換器側のケーブルは接続状態で電源を切にし、ケーブル撤去を行わなかった。液位信号(計装信号)については、2次主冷却系現場制御盤(*661)内で切離し、端末処理をした。

(iv) 2次ナトリウム充填ドレン系ダンプタンクナトリウム液位計検出器引抜き

既設液位計検出器引抜きは、クレーンが使用出来ないため、長尺ロープ及び滑車を用いて、温度補正用、液位検出用の2基を撤去した。検出器はタンク内のナトリウムにより約200℃と高温状態のため、徐々に引抜き自然冷却をした。

(v) 新規液位計の装荷

2次系の液位計1基は、引抜き時と同様な方法により、液位検出用検出器が挿入されていた細径のウェル側へ設置した。

(vi) ケーブル接続

検出器の導通チェック、素線抵抗測定を行い挿入時に異常が無いことを確認した後、新たに布設したケーブルへ接続した。検出器の素線抵抗値をTable. 4. 1. 2に示す。

(vii) 電気計装工事

液位計据付後、検出器信号ケーブルの継ぎ込みを実施した。2次系は計装の一部に光伝送器を用い、液位計が設置されているダンプタンク上部のエリアより、2次系液位計計装機器が収容されている2次系制御室までの約80mを光ケーブルで信号伝送させている。配線図をFig. 4. 1. 2に示す。

4. 1. 3 据付後の液位計の運転

(1) プラント据付後の校正

据付後主ポンプ、オーバフロコラムの各液位計は1次系へのナトリウム充填時に、校正を実施した。2次系液位計についても系統充填時に校正した。プラント据付け状態でのナトリウムによる実液校正は、1次系の場合、零点（測定下限以下）と、オーバフロ点（GL-6100mm）のスパンの2点校正を、ナトリウム温度約200℃で実施した。

一方、2次系は接点式液位計により計測された液位を基準とした系統充填前後のタンク液位を採用し2点校正している。

① 1次系ポンプ用2基の校正結果

ポンプ液位計の計測範囲は-42~+108cmであり、GL-6100mmを±0cmとして考えられている。この値は原子炉容器のオーバフロ点に相当する。

校正においては、-42cmを零点、0cmをスパン点としている。校正結果はTable. 4. 1. 4に示す。

② オーバフロコラム用2基の校正結果

コラム液位計の計測範囲は-288~+12cmであり、GL-6100mmを±0cmとしている。校正の際は-288cmを零点、0cmをスパン点とした。校正結果をTable. 4. 1. 4に示す。

③ ダンプタンク用液位計の校正結果

ダンプタンク液位計の計測範囲は+10~+370cmであり、タンク底部を0cmとしている。本タンクの場合、空にすることは不可能なため、系統へのナトリウム充填前後の値をスパン点、零点として校正している。タンク液位は接点式液位計を基に実測し

スパン点が318.2cm、零点が70.7cmを基準値とした。校正結果をTable. 4.1.5に示す。

(2) 原子炉運転中の液位計の挙動

① 1次主ポンプ用2基の液位計挙動

旧液位計検出器の運転データをFig. 4.1.3、更新後の運転データをFig. 4.1.4に示す。ナトリウム温度が約250℃から370℃へと変化する状態において、更新後は液位変化が少なく安定した指示を示すことが確認された。この時系統のナトリウム流量は1260m³/h（1ループ）で一定であり、原子炉容器ナトリウム液位は、オーバフロ系の運転により0cm一定液位に保たれた状態である。

② オーバフロコラム用2基の液位計挙動

主ポンプ同様更新前後におけるデータをFig. 4.1.3、4.1.4に示す。コラム液位計の指示は、主ポンプ吐出圧力の低下、ナトリウム温度上昇による密度変化に伴ない徐々に減少し、温度安定後は液位も一定となり、正常に動作していることが確認された。

③ ダンプタンク用液位計の挙動

ダンプタンク内のナトリウム液位は原子炉起動に伴ない、Fig. 4.1.5に示す様な変化を示す。ナトリウム温度が上昇すると、2次主冷却系統よりのオーバフロ及びナトリウム自体の体積変化により指示は上昇し、定格運転後は安定した指示を示すことが確認された。

4.1.4 検討及び評価

(1) プラント設置時の出力変化

液位計は、プラントでの使用に先だちその性能を確認するために液位計の使用温度と測定範囲に渡って校正ループ（SOLCAT）を用いた実液校正を実施している。プラント設置時には、液位計周辺部材や校正時とウェル内径が異なるため液位計出力が変わる。今回5基の液位計はダンプタンク用液位計を除き、変換器出力が高すぎ、ゲイン過剰のためスパン調整可変抵抗の調整範囲外となり、オペアンプ回路の固定ゲインを低くした。今回プラント設置時の変換器出力変化は校正ループに対し約20～30%高くなり、ダンプタンクについては約15%の出力上昇に止まった。

(2) 検出器出力SN比

対象となる機器のナトリウム液位を計測する際は、1次コイルへの定電流交流励磁力を大きく取ることによってノイズに対し強くなるがこれは2次出力が高くなる一方、温度補償

信号を1次コイル両端電圧で見ている為である。今回交換した各液位計の励磁電流は主ポンプが約137mA C、コラムが約65mA C、ダンプタンクが約58mA Cである。製作当初、検出器は温度補償信号検出コイルを独自に有し、この出力により温度補償をしていた。このコイルはコイル巻き数が少なく、巻き経も細い事から出力信号がノイズ成分と同程度の変化量しか得られなかったことから、従来より採用されている1次コイルより温度補償用信号を取り出す方式へ変更しこの問題を解決した。

(3) 検出器内端末処理方法

MIケーブルの端末処理にガラス封入端子を用いているが、ろう付に使用されているフラックスの洗浄やガラス部の湿気除去が不十分な場合、絶縁低下を起こしやすく端末処理の際は十分な注意が必要である。旧検出器の絶縁低下原因も端末部と考えられることから検出器を製作する上で重要なポイントである。今後端末部の健全性を確認する上で、製作時には以下の試験を追加して行うことが望ましい。

端末部は洗浄、加熱乾燥後に防湿処理を施し、高湿度環境下での絶縁性を万全とするため湿度試験(JIS C-5023)を実施する。なお本試験は、約10日間の連続試験によりその良否を判断出来ると思われる。

(4) 検出器及び変換器間のケーブル接続法

各ケーブルの接続は、丸形多極コネクタにより実施されているが液位計ケーブルの様な各対シールドを用いるものは、コネクタ部のケーブル処理が複雑であり専用圧着工具、引抜工具も必要のためコネクタは最良の接続法とは思われない。又、ケーブルの導体断面積も小さく長期の使用においては信頼性が高いものとは言いがたい。オーソドックスではあるが旧液位計に採用されている端子台接続が良いと思われる。

4.1.5 液位計設計上留意した点

- (1) 検出器は既設ウェルの加工なしに取付が可能な構造とした。
- (2) 変換器(ワンループコントローラ)と既設計装回路との取合は、変換器2次側で行い、その下段にあるアイソレータ、プロセス計装等の構成は現状のものをそのまま使用出来る様にした。
- (3) 演算器は、直線性と温度特性を改善し精度向上を計るための補正機能を備えた。
- (4) 計器に使用する電子部品は、使用条件に対し充分耐久性が実証されているものを選定し、オペアンプは低ドリフト、低オフセットのものを使用した。
- (5) ケーブルアース線の接地は変換器側で一点接地とした。

- (6) 演算器内のメモリ保護のため、補正には不揮発性メモリを使用した。
- (7) 実液校正時に調整する零点、スパン点VRは変換器前面でアクセス出来る様にした。
- (8) 演算器入力に急瞬な変化が生じた場合においても演算器内の1次遅れ機能によりノイズ等の外乱に対応出来る様にした。

4.1.6 ま と め

今回の液位計は、炉容器長尺液位計と同様に演算器による特性補正システムを有し高精度化が計られ、液位計出力の直線性は極めて誤差が少ないものとなっている。校正ループ(SOLCAT)における液位計検出器の使用温度、液位範囲での出力補正前の最大誤差は約±1.3%で、補正用演算器(ワンループコントローラ)、演算器用電源装置及び停電保護ユニットを使用しない計装回路でも十分な精度が得られた。又、補正後の誤差は最大で約±1.0%であり、計測データの信頼性からすればほぼ限界に近い結果が出たと思われる。補正用演算器を用いた計装回路は構成計器が多く、定検や異常時における点検項目の多さや配線回路の複雑化を招く。今回の様に補正前後における測定誤差が±0.3%と少ない場合は、計装ループ構成計器の簡略化が可能となると考えられる。液位計を同時期に多数交換した作業は今回が初めての事であり、ナトリウムバウンダリを開放することなく既設液位計検出器ウェルを使用することにより短期間でリプレースが可能となるとともに作業時の被曝低減が計られた。プラント設置後の液位計は交換前に比べ温度影響の少ない良好な値を示し、プラントの安全運転上従来にも増して有効な液位計装となった。

(今村 弘章)

Table. 4.1.1 ナトリウム液位計交換工事工程表

No.	項目	10															11				
		6	7	8	9	11	12	13	23	24	25	26	27	28	29	31	3	4	5	7	8
		木	金	土	日	火	水	木	日	月	火	水	木	金	土	月	木	金	土	月	火
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	主系統ナトリウムドレン																				
	動力、計装電源停止																				
	動力、計装ケーブル取外し																				
	OPU、Ar軸封配管切離、盲板取付																				
	主モータ(A) 撤去、グーミング撤去																				
	モータ(A)マウント取外、開口部棚取付																				
	Naレベル計検出器交換																				
	Naレベル計ケーブル布設																				
	R-501, 410, 412 床ナジ取外し、取付																				
	主モータ(B) 撤去、グーミング撤去																				
	モータ(B)マウント取外、開口部棚取付																				
	主モータ(A)(B)取付																				
	モータ(A)(B)マウント取付、レベル出し																				
	OPU、Ar軸封配管復旧																				
	レベル変換器繼電器取付																				
	管内配線																				
	配線チェック																				
	11/13 レベル計変換器類電源投入																				
	11/14 主系統Na充填																				
	11/14 レベル実液校正																				

Table. 4.1.2 ナトリウム液位計検出器の素線抵抗測定結果

抵抗試験測定表					
測定範囲 (始点)	測定範囲 (終点)	測定年月日	線番	抵抗値 (Ω)	結果
1次冷却系Na液面計 変換器盤	主循環ポンプA Na液面計	63.11.10	A-C	17.38	良
			A-E	4.22	
			A-G	17.34	
			C-G	4.22	
			E-G	17.36	
			H-K	18.37	
1次冷却系Na液面計 変換器盤	オーバーフローコラムA Na液面計	63.11.9	A-C	29.09	良
			A-E	5.38	
			A-G	29.00	
			C-G	5.43	
			E-G	29.13	
			H-K	31.13	
1次冷却系Na液面計 変換器盤	主循環ポンプB Na液面計	63.11.10	A-C	19.06	良
			A-E	6.03	
			A-G	19.06	
			C-G	6.09	
			E-G	19.00	
			H-K	21.12	
1次冷却系Na液面計 変換器盤	オーバーフローコラムB Na液面計	63.11.9	A-C	30.88	良
			A-E	6.90	
			A-G	30.97	
			C-G	6.82	
			E-G	30.85	
			H-K	32.98	
ダンプタンク用 Naレベル計収納ラック	ダンプタンク Na液面計	63.11.9	A-C	28.41	良
			A-E	1.14	
			A-G	28.45	
			B-R	4.66	
			C-G	1.15	
			E-G	28.47	
			H-K	27.65	
			L-M	4.82	
			S-T	3.43	
U-V	3.44				

注) 検出器素線抵抗は約200℃の状態にて測定した。
又、抵抗値は、ケーブルを含んだ値である。

〔参考値〕 常温における検出器単体抵抗値					
主 ポン プ 関 係	7.5 Ω (A-C, A-G, E-G間)	コ ラ ム 関 係	13 Ω (A-C, A-G, E-G間)	ダ ン プ タ ン ク	16 Ω (A-C, A-G, E-G)
	9.3 Ω (H-K間)		14.8 Ω (H-K間)		2.5 Ω (L-M, P-R間)
	A-E, C-G 間は変換器から 検出器までのケーブル 抵抗		A-E, C-G 間は変換器から 検出器までのケーブル 抵抗		1.7 Ω (S-T, U-V間)
					A-E, C-G間は変換器から 検出器までのケーブル抵抗

Table. 4. 1. 3 1次冷却軽Na液位計配線表

検出名称	信号名	検出部コネクタ 記号	ケーブル色別	ケーブルサイズ ケーブル番号	ケーブルネットワーク			ケーブルサイズ ケーブル番号	ケーブル色別	1次Na液面計変換 器盤 コネクタ記号		
					プラグ	スリーブ	穴					
主循環ポンプA Na液位計 4A	励磁電源出力	B	シールド	K0-8813	PK-4	K-151	13B	K0-8813	シールド	B		
		A	シールド内芯線				13C		黒	シールド内芯線	A	
		C	芯線				13D		黒	芯線	C	
	レベル検出信号	J	シールド				13E		白	シールド	J	
		H	シールド内芯線				14A			白	シールド内芯線	H
		K	芯線				14B			白	芯線	K
	温度検出信号	F	シールド				14C		赤	シールド	F	
		E	シールド内芯線				14D			赤	シールド内芯線	E
		G	芯線				15A			赤	芯線	G
		N	シールド				15B			緑	シールド	N
SIG. COM	M	シールド内芯線	15C	緑	シールド内芯線	M						
	Y	芯線	15D	緑	芯線	Y						
SIG. COM	X	外周シールド	13A		外周シールド	X						
主循環ポンプB Na液位計 4B	励磁電源出力	B	シールド	K0-8812	PK-5	K-157	14B	K0-8812	シールド	B		
		A	シールド内芯線				14C		黒	シールド内芯線	A	
		C	芯線				14D		黒	芯線	C	
	レベル検出信号	J	シールド				14E		白	シールド	J	
		H	シールド内芯線				14F			白	シールド内芯線	H
		K	芯線				15A			白	芯線	K
	温度検出信号	F	シールド				15B		赤	シールド	F	
		E	シールド内芯線				15C			赤	シールド内芯線	E
		G	芯線				15D			赤	芯線	G
		N	シールド				15E			緑	シールド	N
SIG. COM	M	シールド内芯線	—	緑	シールド内芯線	M						
	Y	芯線	15F	緑	芯線	Y						
SIG. COM	X	外周シールド	14A		外周シールド	X						
オーバーフローカメラA Na液位計 5A	励磁電源出力	B	シールド	K0-8810	PK-1	K-103	2D	K0-8810	シールド	B		
		A	シールド内芯線				2E		黒	シールド内芯線	A	
		C	芯線				2F		黒	芯線	C	
	レベル検出信号	J	シールド				8D		白	シールド	J	
		H	シールド内芯線				8E			白	シールド内芯線	H
		K	芯線				8F			白	芯線	K
	温度検出信号	F	シールド				12A		赤	シールド	F	
		E	シールド内芯線				12B			赤	シールド内芯線	E
		G	芯線				12C			赤	芯線	G
		N	シールド				12D			緑	シールド	N
SIG. COM	M	シールド内芯線	—	緑	シールド内芯線	M						
	Y	芯線	12E	緑	芯線	Y						
SIG. COM	X	外周シールド	2C		外周シールド	X						
オーバーフローカメラB Na液位計 5B	励磁電源出力	B	シールド	K0-8811	PK-2	K-129	14D	K0-8811	シールド	B		
		A	シールド内芯線				14E		黒	シールド内芯線	A	
		C	芯線				14F		黒	芯線	C	
	レベル検出信号	J	シールド				15A		白	シールド	J	
		H	シールド内芯線				15B			白	シールド内芯線	H
		K	芯線				15C			白	芯線	K
	温度検出信号	F	シールド				15D		赤	シールド	F	
		E	シールド内芯線				15E			赤	シールド内芯線	E
		G	芯線				15F			赤	芯線	G
		N	シールド				16D			緑	シールド	N
SIG. COM	M	シールド内芯線	16E	緑	シールド内芯線	M						
	Y	芯線	16F	緑	芯線	Y						
SIG. COM	X	外周シールド	14C		外周シールド	X						

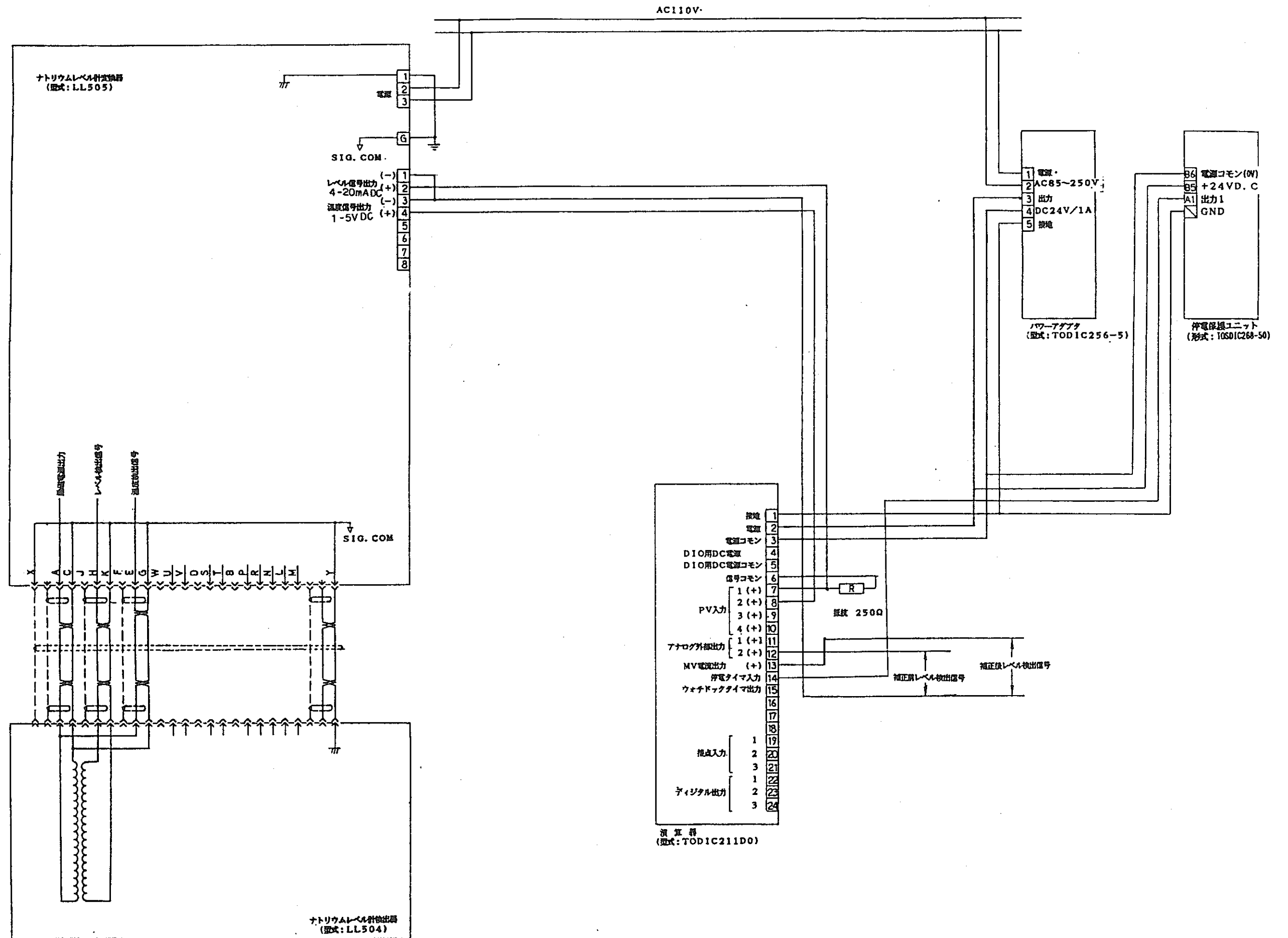


Fig. 4.1.1 1次系ナトリウム液位計配線図

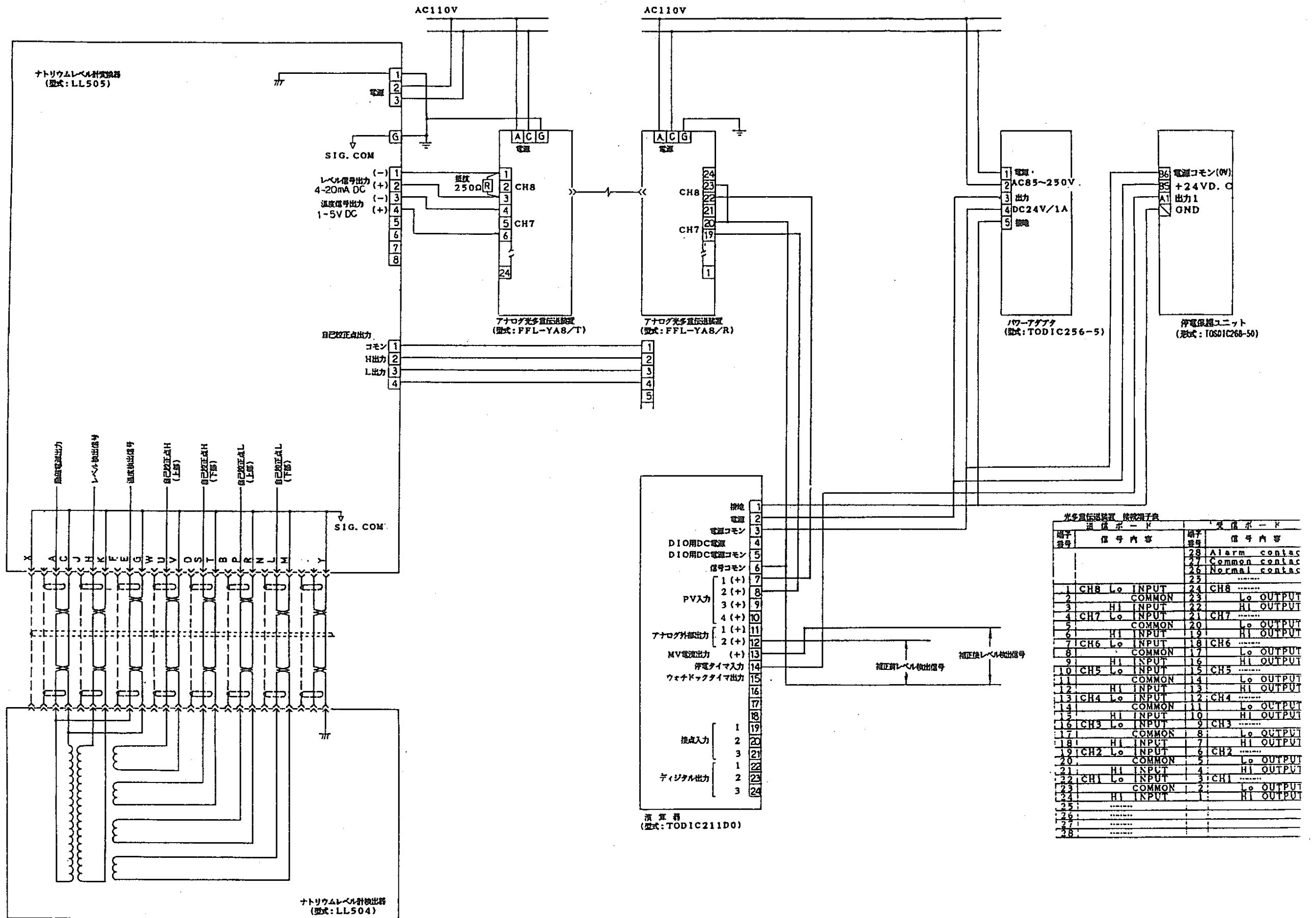


Fig. 4.1.2 2次系ナトリウム液位計配線図

Table. 4.1.4 Naレベル液位計実液校正検査成績表(1/3)

計測点名称 A-主循環ポンプ

Tag # LX31.1-4A

設置場所 #202-2

1. 実液校正試験(1回目) 判定基準;精度±3%F.S.(±0.6mA)

	零点(基準出力;4.00mA at-42.0cm)		スパン点(基準出力;8.48mA at 0.0cm)	
	変換器出力 (mA)	誤差(% F.S.)	変換器出力 (mA)	誤差(% F.S.)
調整前	検出器交換のため調整前データは採取せず。		同 左	
調整後	4.005	+0.03	8.488	+0.05
日, Na温度	11/14, *	222.1 °C	11/14, *	220.8 °C

$$\text{誤差(\%)} = (\text{出力電流} - \text{基準電流}) / \text{スパン}16\text{mA} \times 100$$

* Na温度はTE71-113Aで計測

計測点名称 B-主循環ポンプ

Tag # LX31.1-4B

設置場所 #202-2

1. 実液校正試験(1回目) 判定基準;精度±3%F.S.(±0.6mA)

	零点(基準出力;4.00mA at-42.0cm)		スパン点(基準出力;8.48mA at 0.0cm)	
	変換器出力 (mA)	誤差(% F.S.)	変換器出力 (mA)	誤差(% F.S.)
調整前	検出器交換のため調整前データは採取せず。		同 左	
調整後	4.004	+0.03	8.484	+0.03
日, Na温度	11/14, *	220.5 °C	11/14, *	221.7 °C

$$\text{誤差(\%)} = (\text{出力電流} - \text{基準電流}) / \text{スパン}16\text{mA} \times 100$$

* Na温度はTE71-113Bで計測

Table. 4.1.4 Naレベル液位計実液校正検査成績表(2/3)

計測点名称 A-オーバーフローカラム

Tag # LX31.1-5A

設置場所 #202-2

1. 実液校正試験(1回目) 判定基準; 精度±3%F.S.(±0.6mA)

	零点(基準出力;4.00mA at -288.0cm)		スパン点(基準出力;19.36mA at 0.0cm)	
	変換器出力(mA)	誤差(%F.S.)	変換器出力(mA)	誤差(%F.S.)
調整前	検出器交換のため調整前データは採取せず。		同 左	
調整後	4.006	+0.04	19.352	-0.05
日, Na温度	11/14, *	222.1 °C	11/14, *	220.8 °C

$$\text{誤差(\%)} = (\text{出力電流} - \text{基準電流}) / \text{スパン}16\text{mA} \times 100$$

* Na温度はTE71-113Aで計測

計測点名称 B-オーバーフローカラム

Tag # LX31.1-5B

設置場所 #202-2

1. 実液校正試験(1回目) 判定基準; 精度±3%F.S.(±0.6mA)

	零点(基準出力;4.00mA at -288.0cm)		スパン点(基準出力;19.36mA at 0.0cm)	
	変換器出力(mA)	誤差(%F.S.)	変換器出力(mA)	誤差(%F.S.)
調整前	検出器交換のため調整前データは採取せず。		同 左	
調整後	4.009	+0.06	19.356	-0.03
日, Na温度	11/14, *	220.5 °C	11/14, *	221.7 °C

$$\text{誤差(\%)} = (\text{出力電流} - \text{基準電流}) / \text{スパン}16\text{mA} \times 100$$

* Na温度はTE71-113Bで計測

Table. 4.1.4 Na レベル液位計実液校正検査成績表 (3/3)

計測点名称 ダンプタンクTag # LX35.2-1設置場所 2次系ガスクロ室 (S-414)1. 実液校正試験 (1回目) 判定基準; 精度 $\pm 3\%$ F.S. ($\pm 0.0048\text{V}$)

	零点 (基準出力; 0.6698V at 70.7cm)		スパン点 (基準出力; 1.7698V at 318.2cm)	
	変換器出力 (V)	誤差 (% F.S.)	変換器出力 (V)	誤差 (% F.S.)
調整前	検出器交換のため調整前データは採取せず。		同 左	
調整後	0.6700	+0.01	1.7705	+0.04
日, Na温度	11/14, 195.0 °C		11/11, 185.0 °C	

$$\text{誤差 (\%)} = (\text{出力電圧} - \text{基準電圧}) / \text{スパン} 1.6\text{V} \times 100$$

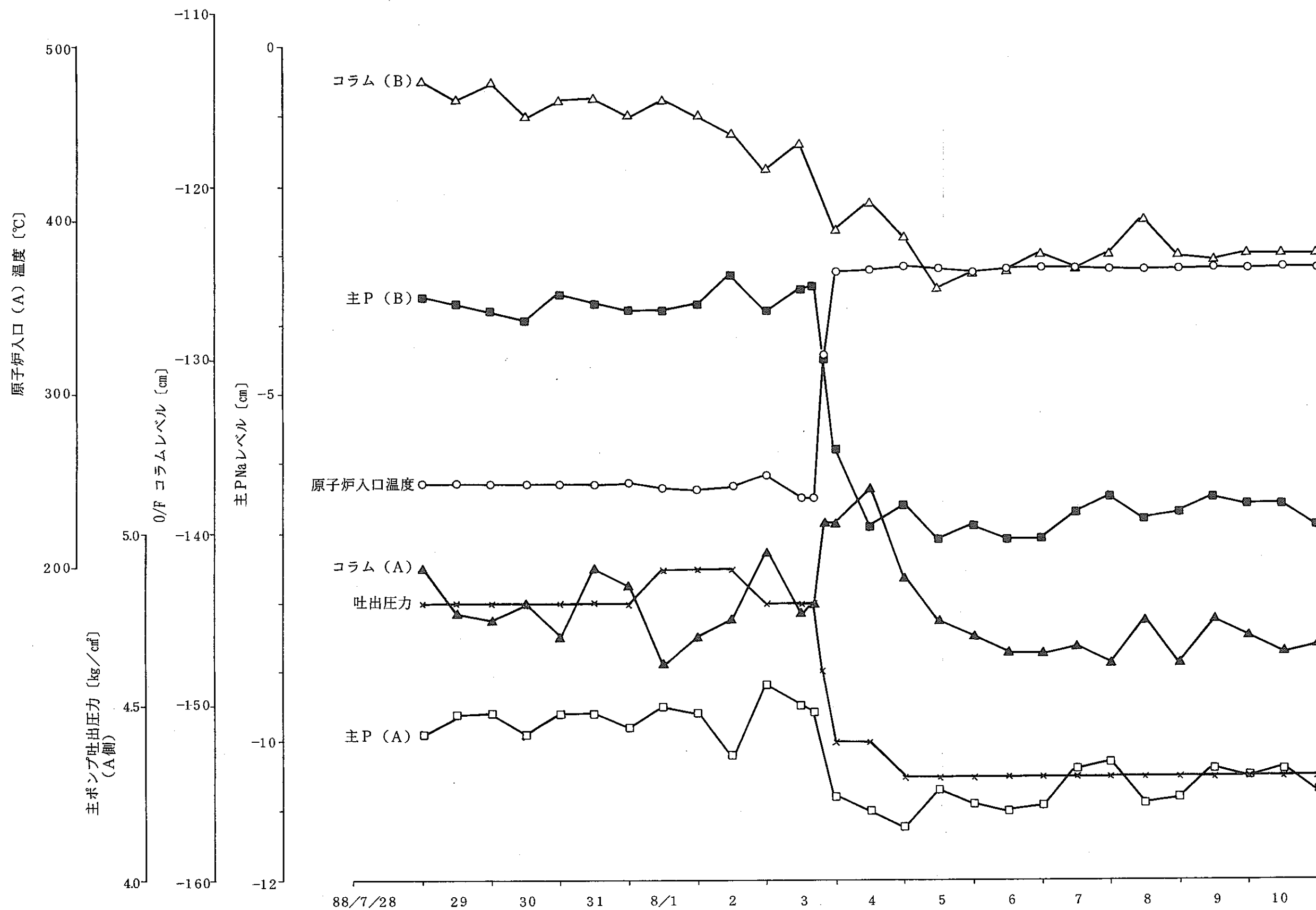


Fig. 4.1.3 1次系各液位の第16サイクル起動時のデータ

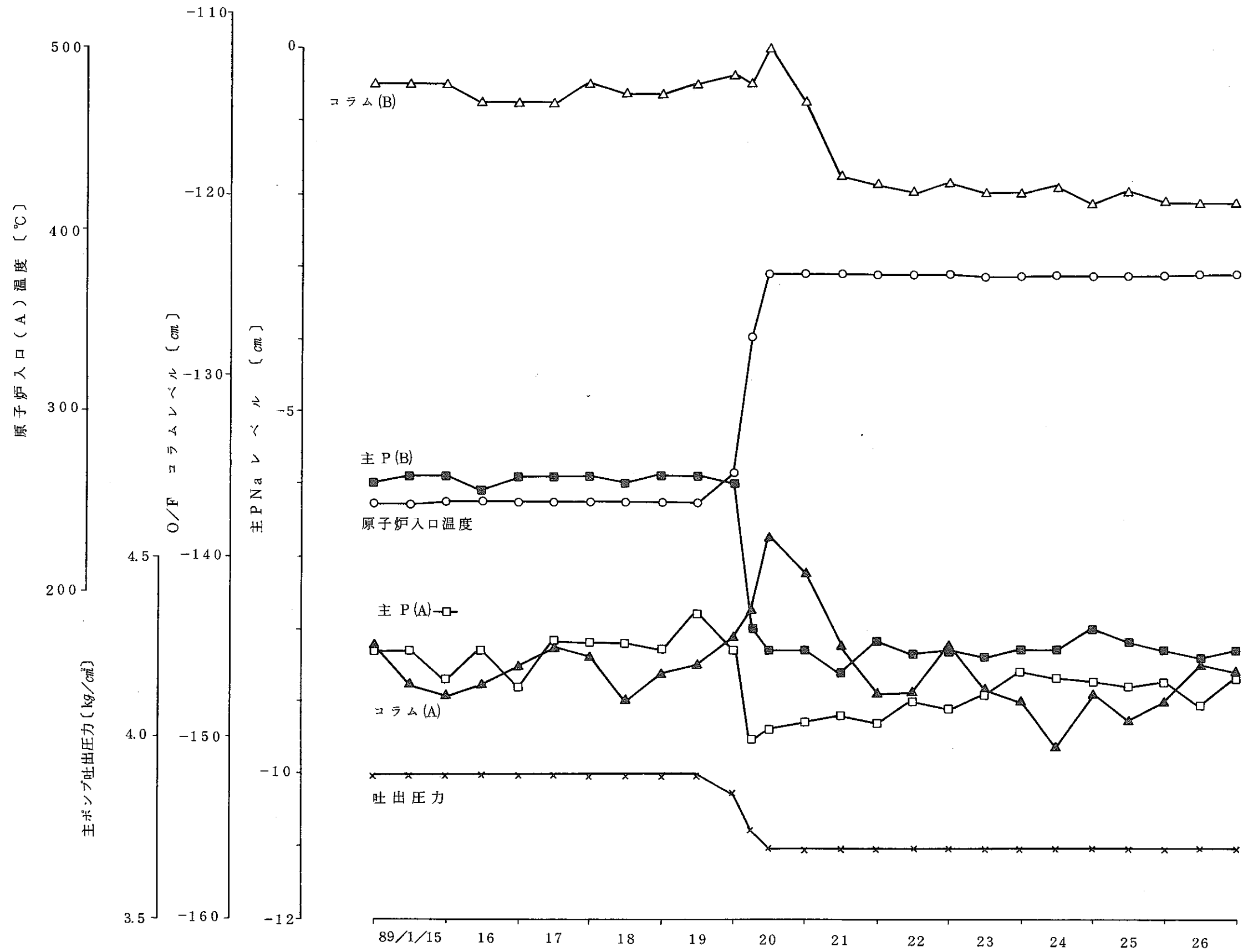


Fig. 4.1.4 1次系各液位の第17サイクル起動時のデータ

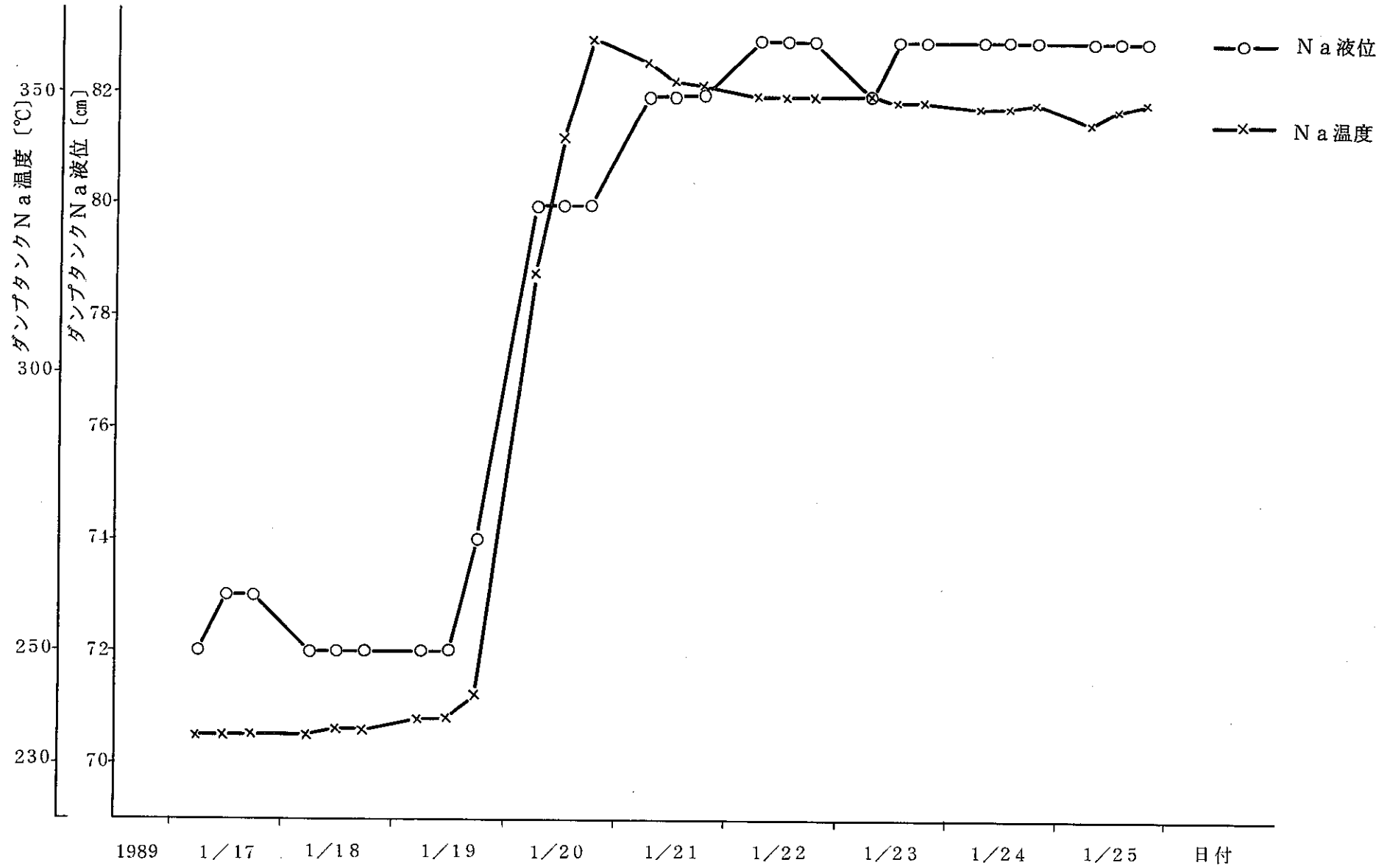


Fig. 4. 1. 5 第17サイクル起動時のダンプタンク液位変化

4.2 カバーガス浄化系の設置

4.2.1 概要

「常陽」では平成2年度より「高速炉用燃料の性能実証試験」の実施を予定している。このうち、高速炉燃料の長寿命化のためのデータを得ることを目的とした高燃焼度試験(RTCB)では試験用燃料要素の被覆管が破損するまで照射を継続するため、放射性物質の放散を抑制する観点から、設備の対応が必要とされていた。RTC Bは、燃料要素内のFPガスを意図的に原子炉容器カバーガス(アルゴンガス)内に放出させるものであることから、カバーガス内のFPガスを吸着分離することによって、浄化し、環境への放出の低減を図るカバーガス浄化装置(以下CGCS)を設置した。CGCSは、設置の容易さを考慮し、原子炉カバーガスが循環している燃料破損検出系カバーガス法(FFD-CG法)系統に設置した。

4.2.2 設備概要

(1) 系統概要

CGCSはFFD-CG法カバーガス主流路のうち、プレシピテータ、コンプレッサー出口合流点よりCG法戻り側隔離弁V46-5・6間に設置するものとし、主流路に追設する仕切弁(V46-207・208)の前後より出入口を採ったバイパス設置とした。これによりCGCSにはCG法全流量が循環可能である。CGCSをFFD-CG法の後段に配置したのは、1次カバーガスが強制循環されているのが、CG法のみであり、1次アルゴンガス系への設置に比べて設備コストが低いこと、炉内カバーガスを直接浄化でき導入配管が最短で済むこと、廃ガス系との取合いが容易であること、CG法による燃料破損検出の他、 γ 線オンライン計装の信号に外乱を与えないこと等が挙げられる。

CGCSに関する機器、弁、計装についてはCG法系統番号46にて整理し、機器、計装については100番台、弁については200番台として既設と区別した。系統図をFig. 4.2.1に、仕様をTable. 4.2.1に示す。また、機器の配置をFig. 4.2.2に示す。

(2) 浄化メカニズム

Xe、Kr等の放射性希ガスをアルゴンガスと分離回収する基本的なメカニズムはチャコールのアルゴンおよび希ガスに対する吸脱着特性が、温度依存性をもつことに由来している。この特性を利用して放射性希ガスを回収する時は、チャコールを充てんした吸着床を -180°C まで冷却する。吸着床の温度を下げるほど吸着特性は良くなるが、 -190°C まで下げるとアルゴンが凍結するため、吸着床の温度は -180°C とする。 -180°C

におけるチャコール1g当りの吸着量は $A_r : 2.2 \times 10^2 \text{cc}$ $K_r : 2.2 \times 10^3 \text{cc}$ $X_e : 3.5 \times 10^5 \text{cc}$ であり、 K_r は A_r に比べて1ケタ、 X_e は3ケタ吸着係数が高いので、回収を目的としたチャコール吸着床にカバーガスを連続的に流し続けると、カバーガス中に微量に含有されている X_e 、 K_r がチャコールに選択的に吸着されるとともに、共吸着される A_r の量はその循環総量に比べ抑制されることになる。ここで初段の吸着床には X_e 、 K_r とともに A_r も吸着されているから、希ガスを貯蔵減衰させるためのタンク容積が不必要に大きくなってしまふ。これを防ぐため共吸着した A_r を分離する必要があり、一旦脱着して分離を目的とした後段の吸着床への移送を行わなければならない。従ってCGCSでは吸着床を直列に2段に分けて設置した。チャコールの温度依存性は可逆的であることが判っているから、吸着床を加熱して脱着できる。このようにCGCSは希ガスを捕集するために深冷吸着加熱脱着法を用いている。

(3) 構造

① 希ガス回収フィルタ(A) --- FL46-101(A)

回収フィルタ(A)は放射性希ガスの回収を目的とする装置で、深冷吸着により A_r も共吸着されるが、 A_r と放射性希ガスの分離は後段に設置する回収フィルタ(B)によって行う。流入したカバーガスはチャコール吸着床に入り、チャコールで放射性希ガスと A_r ガスが吸着された後、CG法を介して1次 A_r ガス系へ戻る。 -180°C に保持したカバーガス循環運転(6時間)が終了後CG法と隔離し、ヒータにより 150°C まで昇温して、チャコールから、放射性希ガスを脱着し、Heガスでチャコール吸着床をバージして、 180°C に保持されている回収フィルタ(B)へ移送する。

② 希ガス回収フィルタ(B) --- FL46-101(B)

回収フィルタ(B)はフィルタ(A)で回収した放射性希ガスと共吸着された A_r ガスを分離し、後述する貯蔵シリングへの貯蔵すべきガスの減容化を画することを目的とした装置で分離性能向上を画するためチャコール充填量は(A)が750gに対し(B)はその1/150である5gとなっている。フィルタ(A)から、バージHeガスとともに流入した放射性希ガスと A_r ガスは(A)と同様に 180°C に保持された本装置に入る。(B)のチャコール吸着床へは、放射性希ガス5gのチャコール飽和吸着量に見合った A_r のみが吸着することになる。液体 N_2 流入量とヒータ入熱を制御した -80°C 運転で A_r ガスが脱着し、放射性希ガスはチャコールに残るので、 A_r と更に分離されることになる。この後 150°C まで昇温することにより放射性希ガスがチャコールから脱着されHeでパー

ジされて貯蔵シリンダへ移送される。

③ 貯蔵シリンダ (TK46-101~106)

貯蔵シリンダは回収フィルタ(A)、(B)で分離した放射性希ガスを貯蔵することを目的とし、容量10ℓのものが、6基設置され、周囲には遮蔽体が取付けられる。

④ 遮蔽体

シリンダの遮蔽を目的とするもので、現地での搬入スペースを考慮し54ブロックに分割し組立てる構造となっている。遮蔽厚さは50mmで炭素鋼外板の内に鉛を鑄込んである。

⑤ カバーガス配管

回収フィルタ(A)の出入口配管はCG法循環ガス流量の全量が通過することを想定しているので、CG法と同じ1B配管(sch40)とした。回収フィルタ(B)以降(B入口側を含む)はHeでパージするので3/8Bとした。

⑥ 液体N₂配管

回収フィルタ(A)を-180℃、回収フィルタ(B)を-180℃、-80℃まで冷却する液体N₂を供給するために液体N₂配管を使用した。本配管は液体N₂通液時の着霜を防止するため、2重真空断熱配管とし、工事の簡易化、コスト低減のためフレキシブルタイプとした。

⑦ 弁

CGCSには系統隔離、機器切替、流量調整等の目的のため手動弁27基、空気作動弁21基、安全弁3基を設け、液体N₂安全弁1基以外はベローズシールとした。

⑧ 液体N₂ポンベ

可搬式のを6本ラックに収納し、R501にHeポンベとともにユーティリティステーションを構成する。ポンベ容量は100ℓである。CGCS運転前にR501へエアロックから搬入される。

⑨ Heポンベ

回収フィルタのチャコール吸着床パージに使用するもので、2.5m³ポンベをR501に設置した。ポンベ出口には減圧弁、止弁、流量計を取付ける。

⑩ 制御システム

CGCSには回収フィルタの温度制御、パージ、シリンダの真空引、希ガス充填等多くの運転プロセスがあり、しかもそれが並行して進行することや、Arガス除去操

作に高精度の温度コントロールが要求されること等から、運転制御にはプロセス制御用計算機を用い、自動化、省力化、高精度化をはかっている。システム構成図をFig. 4.2.3に示す。

制御盤は、既設プレシテータ制御盤をCG法盤へ移設した後に設置し、計算機用I/Oボード、インテリジェントレコーダ、弁操作SW、ANN等が内蔵されている自立閉鎖型盤である。計算機本体はFPEC-10を使用し、カラーコピープリンタとともにR601の制御盤外に設置した。

⑪ 計 装

回収フィルタ(A)(B)圧力、シリンダ圧力、真空引圧力を監視するためダイヤフラム液封型の圧力発信器と回収フィルタ各部温度の制御監視のためPT100Ωの温度計を設置し、これらの信号はI/Oボードを介してFPEC-10に取込まれ制御に使うとともにインテリジェントレコーダに表示する。また、流量計を設置し回収フィルタ(A)の流入量を監視、表示する。

⑫ 圧 空 系

圧空系は空気作動弁駆動用として設けるもので、R501の圧空ヘッダー予備ノズルより止弁(V46-281)を介して取合う。

R406のR407側壁に電磁弁箱を設置し、19台分の3方切替電磁弁、止弁を内蔵する。更にアキュムレータによって圧空喪失時の駆動を確保する。

⑬ N₂ガス吹込み系

本系統は回収フィルタ製作完了後の仮組予備性能試験の結果、追設の必要性が明らかとなったもので液体N₂冷却およびヒータ加熱時に吸着床の温度分布を均一化するために、回収フィルタ上蓋の予備ノズルから、N₂ガス配管(1/2B)を内筒底板上20mmまで差し込んである。これにより内筒雰囲気攪拌することによって均一化する。N₂ガスの供給は格納容器内N₂供給ヘッダ予備ノズルを介して取合い、ボンベラックとはフレキシブルホースで接続する。ボンベラックには液体N₂ボンベ、Heボンベがまとめられて設置されるが、N₂ガス吹込み系も流量計、弁、分配ヘッダをボンベラックに取付ける。ボンベラックから回収フィルタへの供給はR407天井ハッチを介して行う。

⑭ H3ハッチ（R407天井ハッチ）

H3ハッチについてはCGCS設置により、R501からR407へ液体N₂、Heガス、N₂ガスを供給するため、改造した。既設のハッチと寸法に変更はないが、供給配管を5本（液体N₂配管1本、Heガス2本、N₂ガス2本）を貫通させるため内側を工夫し、配管は、クランク配管とし、大ハッチの中に小ハッチが組み合わさる構造とした。また、H3ハッチを吊り上げた際、各ガスのフランジを損傷しないよう、足を取り付けた。大ハッチは炭素鋼外板の内にコンクリートを埋め、小ハッチは炭素鋼外板に鉛を鑄込んである。

4.2.3 設置工事

CGCS据付はFFD-CG法機器点検終了後の昭和63年9月26日より開始し、設置完了した11月17、18日に現地の使用前検査を受検した。

主な施工場所であるR407第1ベーパーラップ室は極めて狭くここに主要な機器、配管を設置するため、入念な工事計画が必要であった。また、回収フィルタ(A)(B)、シリンダ、遮蔽体を搬入するためにV46-15～第1ベーパーラップ間配管を、取合いのためにV46-5上流側配管を、清浄Ar供給のためV46-11上流側配管を、およびシリンダ真空引のため、V46-13下流側配管を各々切断し、接続する必要があった。Na配管の切断は、系統内Na及びArガスの純度管理と万一のNa漏洩防止の観点から、切断部位置をPVCバックで覆い、PVCバック内をAr置換し、その中で、パイプカッターやハンドソーを使用して行った。配管切断後に内面のNa付着状況を観察したところ、垂直配管であることから残留Naはなく、薄く管内面に付着している程度であった。

以下に設置工事の概略工事手順を示す。

(1) 準備

- ・ R407 ハッチ開放
- ・ V46-1・15サポート撤去、V46-15～第1V/T配管保温ヒータ撤去
- ・ 放管ダストモニタ遮蔽体撤去
- ・ 吊金具設置、スリーブ整備

(2) 第1V/T入口配管切断

- ・ 切断位置けがき、養生
- ・ 切断、切断部キャップ取付け
- ・ 養生撤去

(3) 機器据付

- ・回収フィルタ(B)架台据付
- ・回収フィルタ(A)(B)、シリンダ、遮蔽ブロック搬入、組立、据付

(4) 配管布設

- ・配管布設、弁、計装品取付
- ・配管サポート取付
- ・バックアップシール、液体N₂配管布設

(5) 圧空系据付

- ・アキュムレータ、電磁弁箱取付
- ・配管布設
- ・空気作動弁までの導管布設

(6) 計装工事

- ・ケーブル布設、弁、計装、ヒータとの接続
- ・制御盤据付

(7) 第1 V/T入口配管復旧

- ・キャップ撤去、新配管溶接
- ・ヒータ、・保温復旧

4.2.4 試験検査

現地設置工事において行われた試験検査は次の通りである。

(1) 溶接検査

- ・材料検査
- ・液体浸透探傷検査
- ・耐圧検査

(2) 据付検査

- ・外観・寸法検査
- ・施工状態
- ・配管ルート
- ・サポート間隔
- ・固定方法等

(3) 科学技術庁使用前検査

- ・ 耐圧検査
- ・ 外観・寸法検査
- ・ 材料検査

(4) 電気品検査

- ・ 絶縁抵抗
- ・ 導通、作動試験等

4.2.5 機能試験

今後、燃料取扱い期間中にCGCS運転を確立するための機能試験を実施する。第7回定期点検期間中コールドでの試験を実施しており、この経験をもとに進めていくこととし、以下の項目を確認する。

(1) 圧損確認

(CG法コンプレッサへの影響を考慮した運転方法の確立)

(2) 断熱性能確認

(深冷吸着の可否、霜状態の確認)

(3) 貯蔵シリンダの真空引の可否確認

(4) -180°C 、 -80°C 保持性能確認

(5) 回収性能確認

(6) 総合的な運転方法の確認

4.2.6 ま と め

CGCSの設置工事は、ほぼ工程どおり作業を完了し、被ばく管理においても当初の計画被ばく線量を遵守することができた。単なる配管切断、Na・Arバウンダリ開放等ではない。

今回の設置工事で得られた、配管切断等の経験は今後同種作業に有効に反映し活用していきたい。

CGCSの運転については、今後RTCBまでに、随時実施し、機能を確認していく。

(谷山 定美)

Table 4.2.1 CGCSの機器の仕様

機器名 項目	希ガス回収 フィルタ(A)	希ガス回収 フィルタ(B)	希ガス貯蔵 シリンダ	ガス配管 (Ar, He)	液体N ₂ 配管	空気作動弁	手動弁	安全弁	遮蔽体	希ガス回収フ ィルタ制御盤	計装品
型式	活性炭充填 深冷吸着堅型 2重円筒容器	←	堅型円筒 据置容器	1重管	2重真空断熱 フレキシブル チューブ	空気作動 ベローズシール	手動ベローズ シール	バネ式ベロー ズシール	鉛充填 分別組立型	自立閉鎖型	圧力計-ダイヤフラム 温度計-PT100Ω 流量計-70mmφ
Tag. No.	FL46-101 (A)	FL46-101 (B)	TK46-101 106	—	—	系統図参照 2基はE/P変換 器付流調弁	系統図参照	V46-205 210 245	—	—	PX46-101~105 TX46-101~108 PI46-111~116
種別 (MIT1501号、府令74号)	◎は溶接 対象 第4種容器◎	← ◎	← ◎	第4種管	—	—	—	—	—	—	—
耐震クラス	Bクラス	←	←	← (ただHeポン ベ除く)	← 〔ただし R407内 のみ〕	Bクラス	←	←	←	←	←
最高使用圧力 (kg/cm ² ・G)	外筒~1(外圧) 内筒~1(内圧) 伝熱管、吸着床 ~2/1 (内/外)	←	1/1 (内外)	2/1 (内外)	2/1 (内外) ただし内管のみ	2/1 (内/外)	←	←	←	←	2/1 (内/外)
最高使用温度 (°C) ()内は範囲	外筒~65 内筒~175 伝熱管、吸着床 ~175 (-180~175)	←	65	65	-180~65	65	←	←	←	←	65
主要材質	SUS 304 SUS 304 TP SUSF 304 チャコル 750g	← チャコル 5g	←	SUS 304 TP	SUS 304 (内外管共)	SCS 13 SUS 304	←	←	SS 41 鉛	SS 41	SUSF 304 SUS 304 SCS 13
主要寸法	φ600×111200 51、91、 25t、30t 1"、1"	← 3/8"、3/8"	6" sch160 3/8sch40	1"、3/8" 1/4" sch40	3/8"、1"	1"、1/4" 3/8"	←	1"、3/8"	L1300×111100 ×N320×160 鉛=50t	L725×112300 ×W1000	
員数 (基)	1	1	6	1式	約10m	21	27	3	1式	1面	PX~5 TX~8
付属品	ヒータ×12本 PI100Ω×4点 真空ノズル×1 点検孔×1	←	—	サポート1式 Heポンベ	バイヨネット継手 1、N ₂ ポンベ	72mmφ×1 電磁箱×1 空気元弁×21 電磁弁×19 E/P変換器×2	—	—	—	FPEC-10 システム 1/0×13 インテリジェントレコーダ ×1 ANN エンゾ×1	

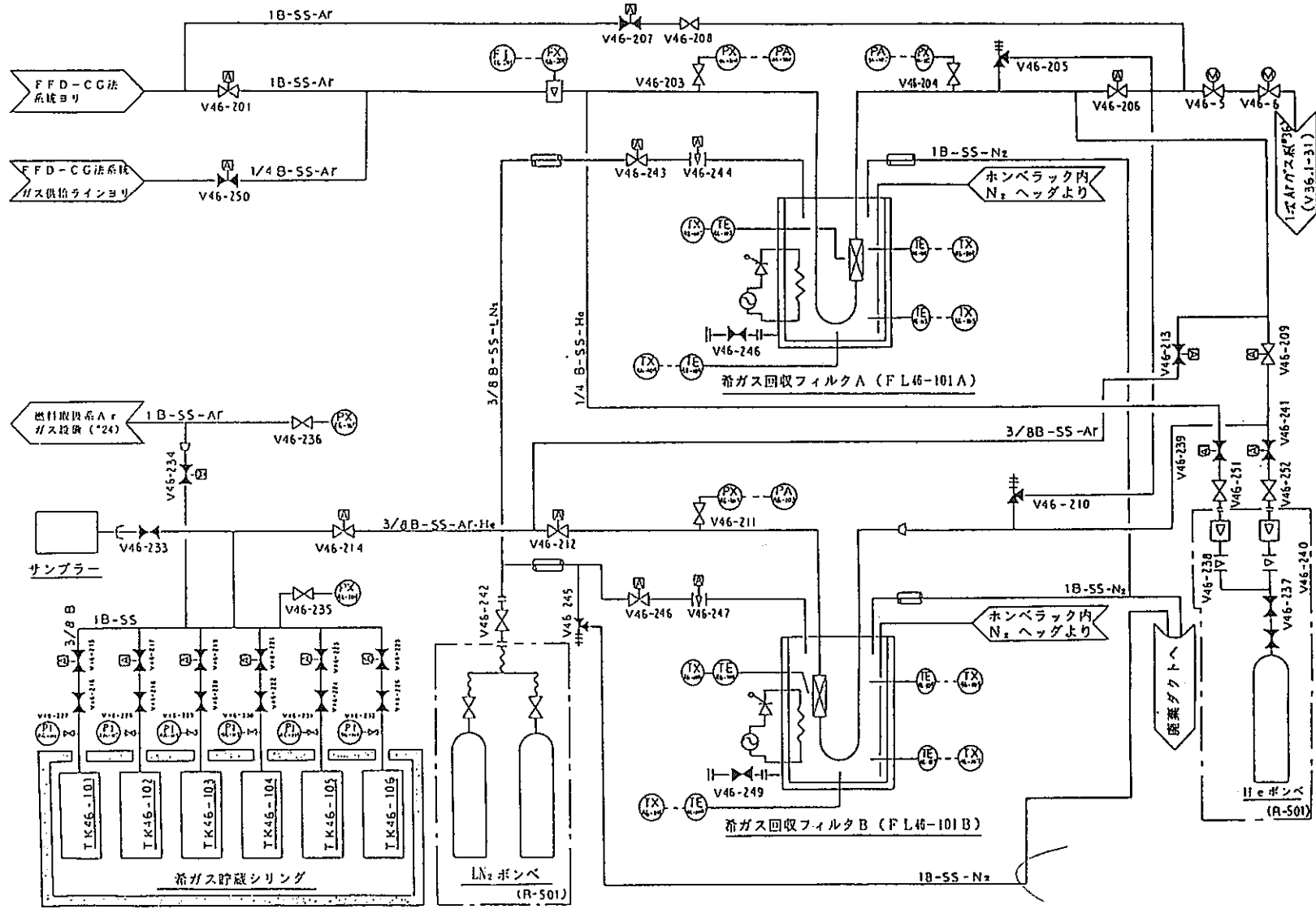


Fig. 4.2.1 CGCS系統図 (1 / 3)

〰〰〰〰 : フレキシブルチューブを示す。

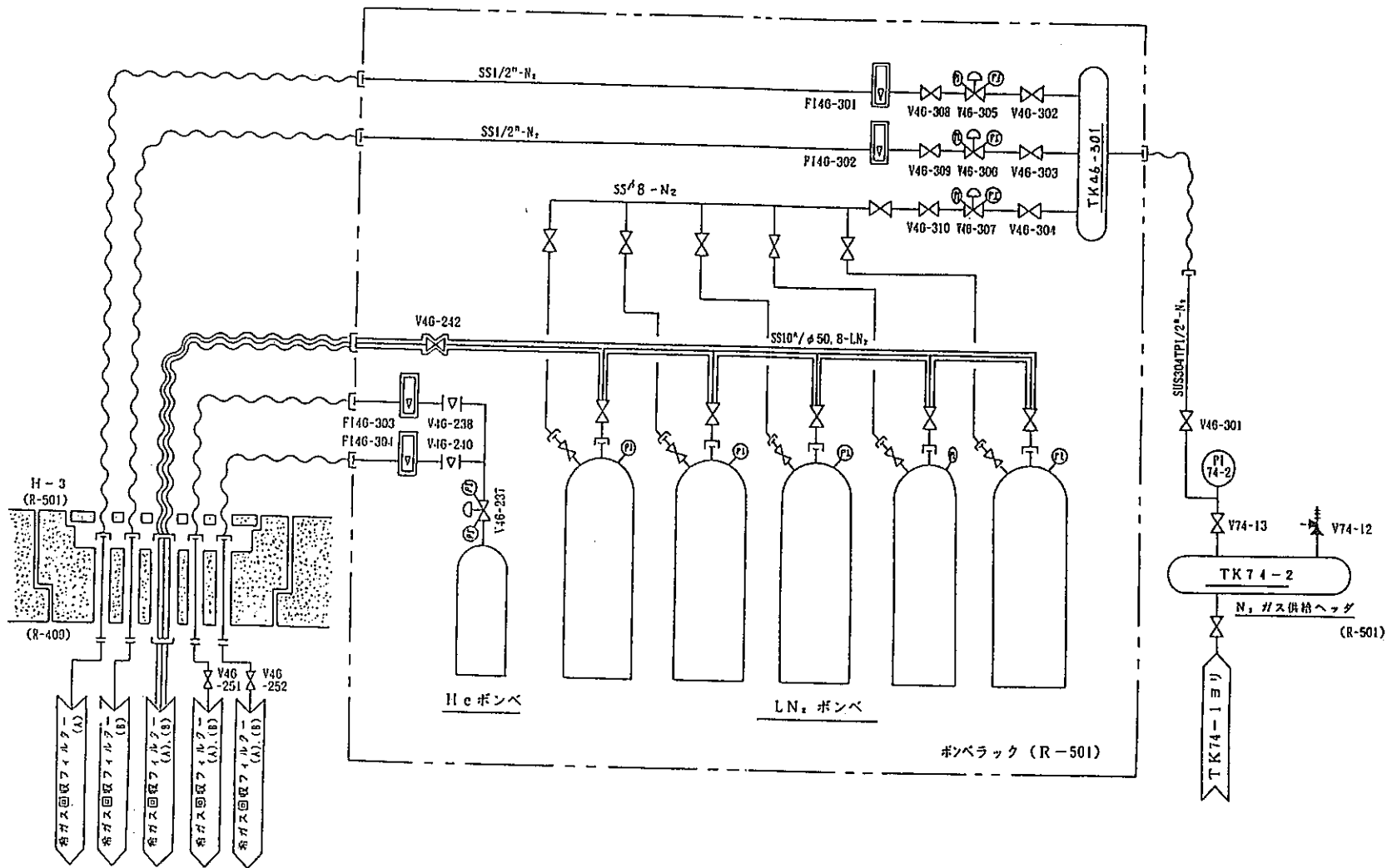


Fig. 4.2.1 CGCS系統図 (2 / 3)

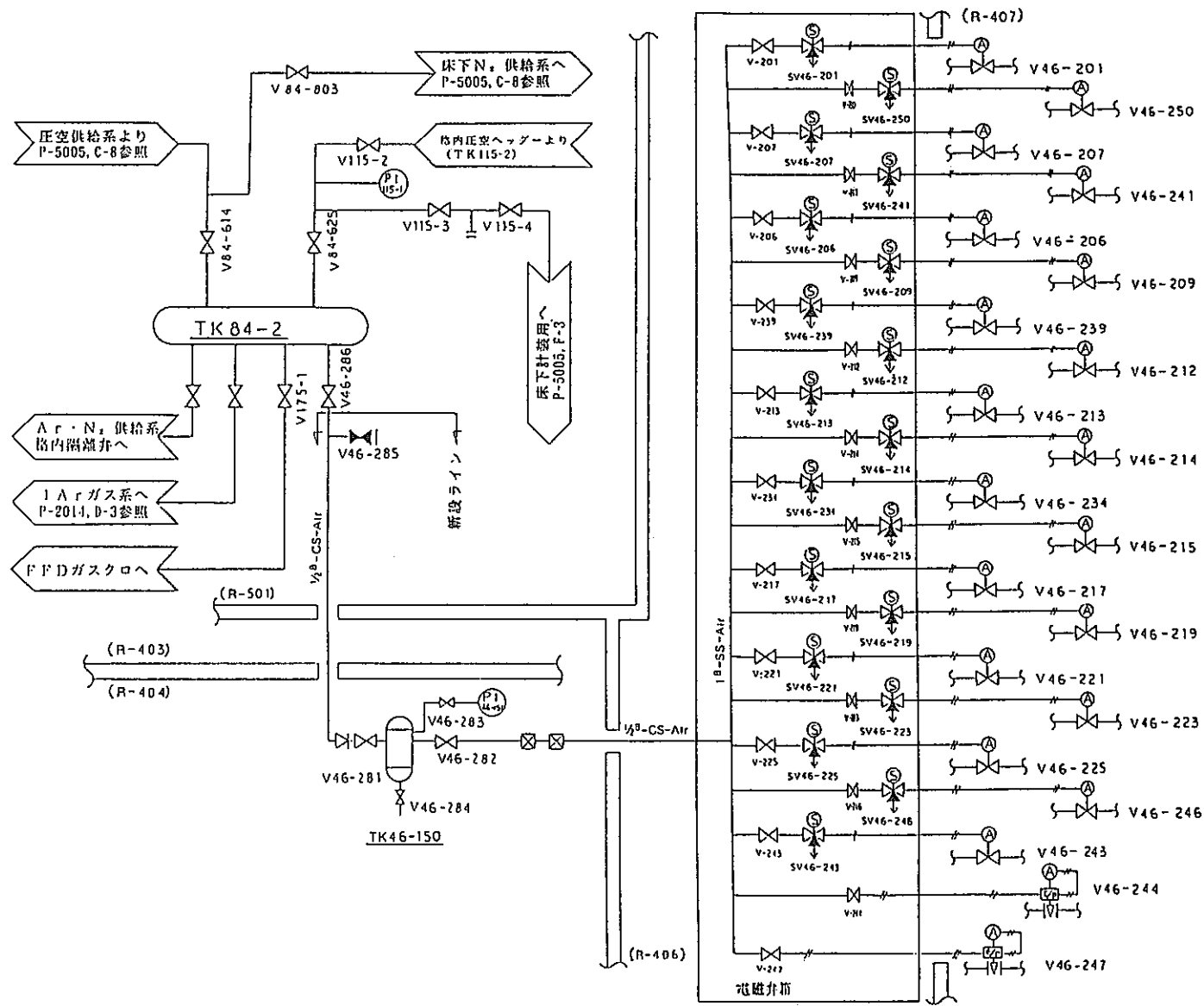


Fig. 4.2.1 CGCS系統図 (3/3)

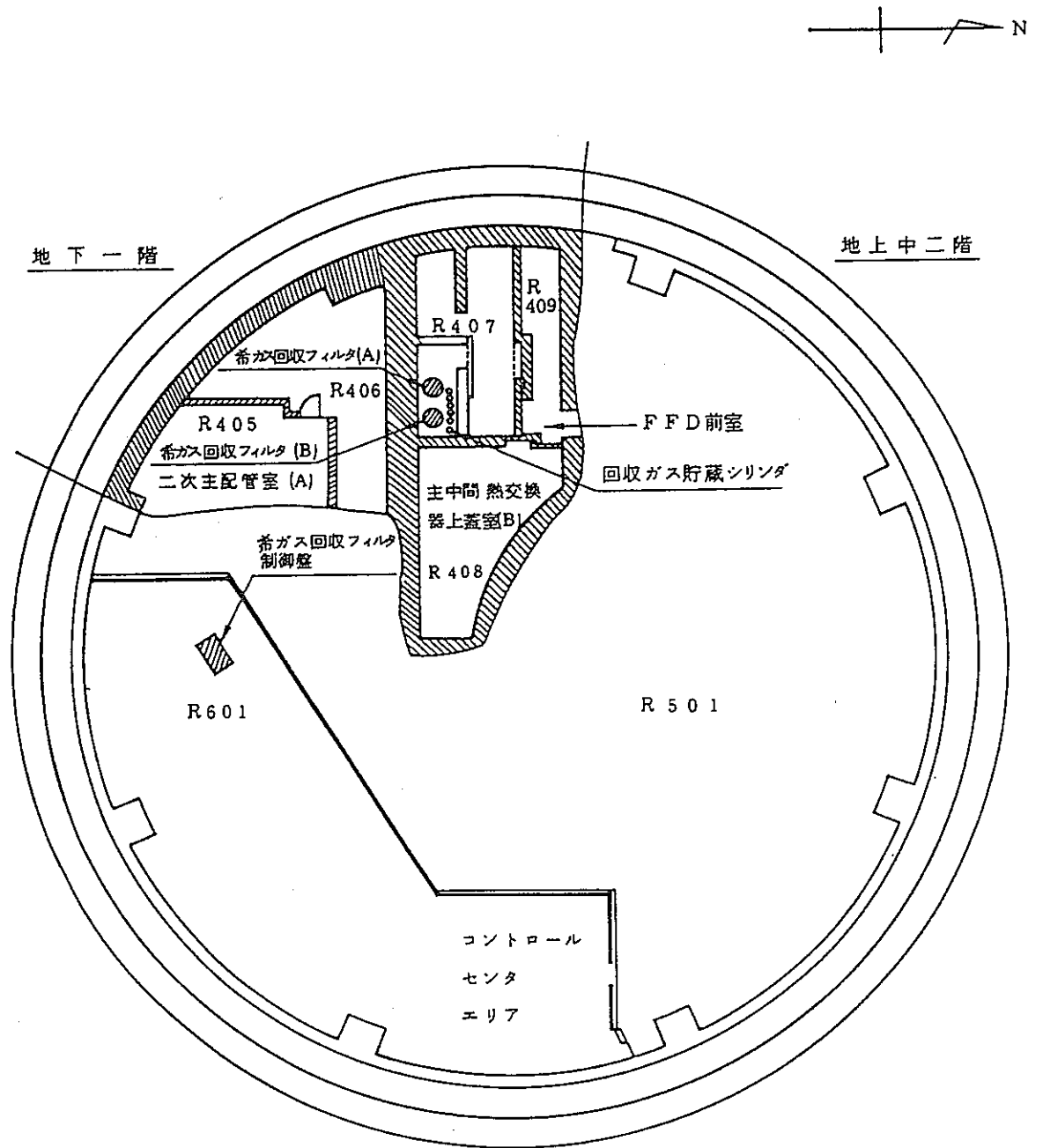


Fig. 4.2.2 CGCSの機器配置

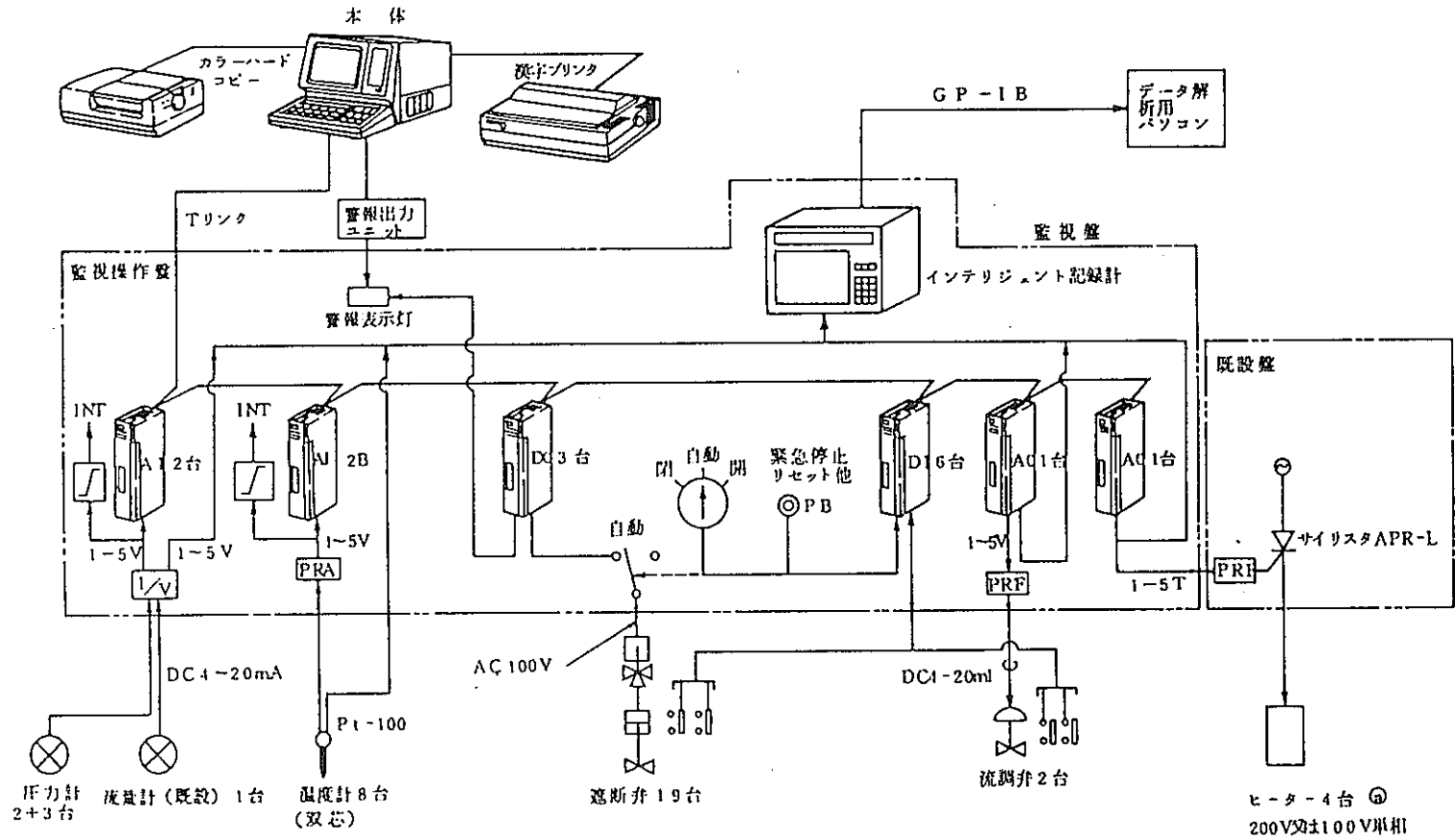


Fig. 4.2.3 CGCSの制御システム

4.3 燃料集合体出口温度計装盤の更新

4.3.1 概要

「常陽」の燃料集合体出口温度計装設備は、昭和52年の初臨界時より使用を開始し、11年が経過した。

これまでに予防保全の観点から年次点検、月例点検等を実施するとともに、不具合発生都度補修を実施してきた。しかしながら、不具合の発生が年々増加傾向にあり交換部品の入手も困難になりつつあった。このため、設備の信頼性向上、機能維持を図る目的で、計装盤及び計測器等の更新を実施した。また、更新にあたっては計測機器をまとめてコンパクトにし、中制スペースの確保も行った。

4.3.2 設備の概要

燃料集合体出口温度計装設備は、炉心上部機構の下端部付近に設置した熱電対（K・ダブルエレメント）と中央制御室に設置されている計器及び盤より構成されており、炉心燃料集合体毎の出口部のナトリウム温度115点を測定記録し、温度の異常が生じた場合警報を発する設備である。

尚、本計装盤には、回転プラグと炉心上部機構内部温度を記録する計器も内蔵されている。

4.3.3 交換の経緯

本計装盤は、設置後11年が経過しており、近年、計器の許容精度の逸脱や警報回路基板搭載部品の劣化による警報不作動、さらには多点入力信号切替スイッチの接点摩滅による接触不良や入力信号中継端子の接触不良等、電気的接触部における不具合により、温度指示、記録不良が発生することが多くなってきている。

これらの不具合に対してその都度修理を実施してきたが、修理にも限界があり、さらには交換部品の入手も困難な状態になってきていた。また、サンプリング時間が温度測定点のチャージ時間より短いために測定点が警報温度まで達する前に他の点のサンプリングを開始してしまい警報がでないという状況も発生していたので交換を実施した。

4.3.4 更新

(1) 更新の範囲

今回実施した更新は、中央制御室に設置されている計装盤及び内装計器とし、炉心上部機構下端部に設置されている熱電対、中央制御室までの補償導線等のケーブル類は既設品を利用した。

また、炉心上部機構及び回転プラグ内部温度測定用の計器類についても既設品を利用した。

Fig. 4.3.1 に更新の範囲を示す。

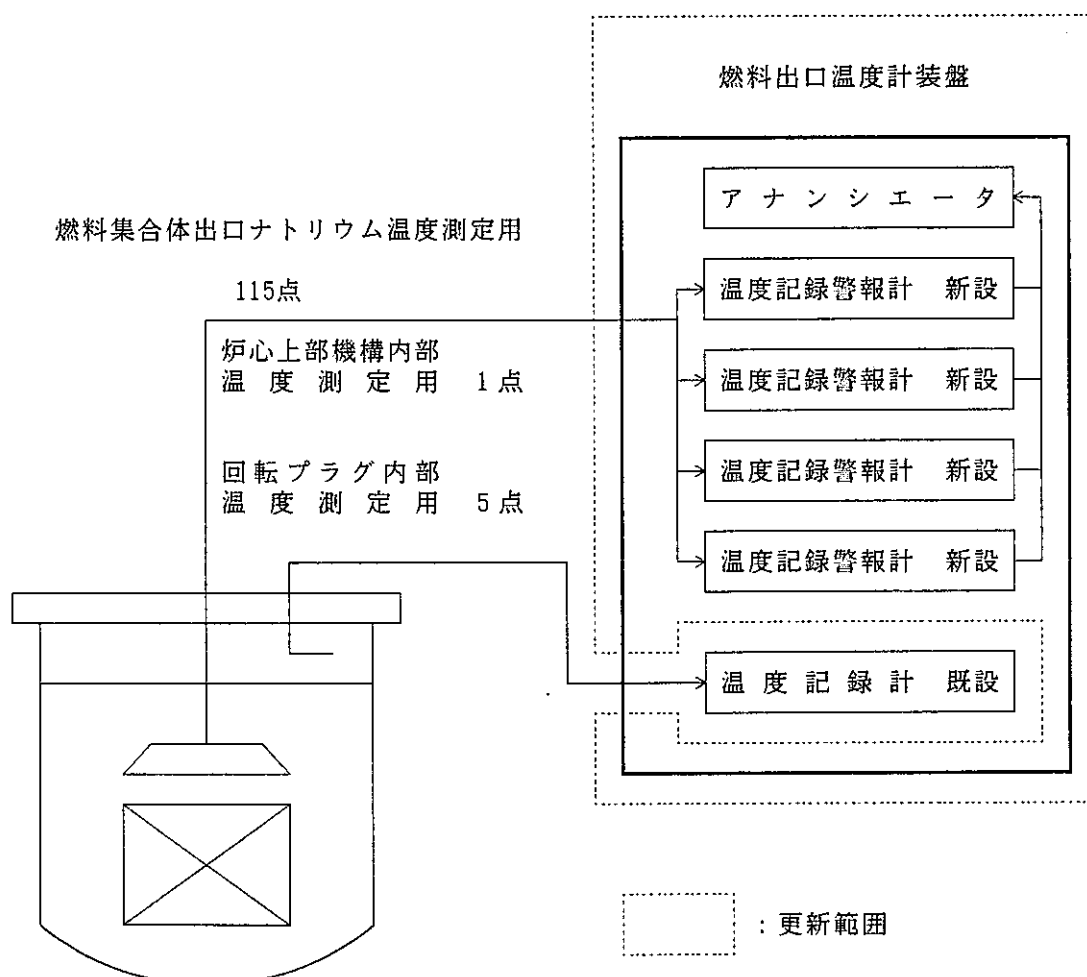


Fig. 4.3.1 出口温度計装盤の更新範囲

(2) 記録計の計測点数の更新

従来の設備においては、115点の測定点を10台の計測器によって監視していたが、更新により4台の計測器で監視できるようになり、計測点と記録計の取り合いが変更になった。(Fig. 4.3.2 参照)

(3) 機器の構成

機器の構成においては、測定精度、保守性、操作性の向上を念頭に、コンパクト化を考慮して、以下の機能を有している機種を選定した。

- ① 記録計と警報設定器が一体。

- ② 多点入力が可能。
- ③ 記録の信頼性が高く、警報発生時は時間、チャンネル等の記録が可能。
- ④ 記録紙の有無、メモリ用バッテリー電圧及び回路等の診断が可能。

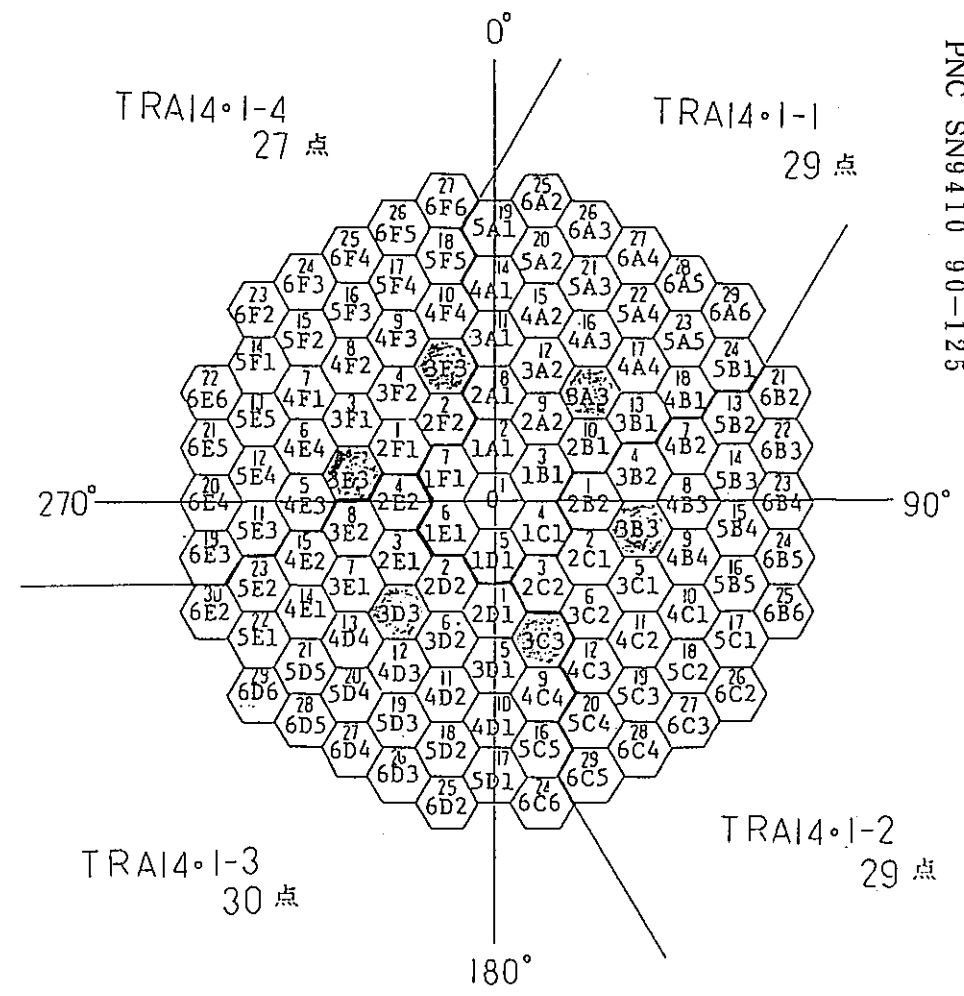
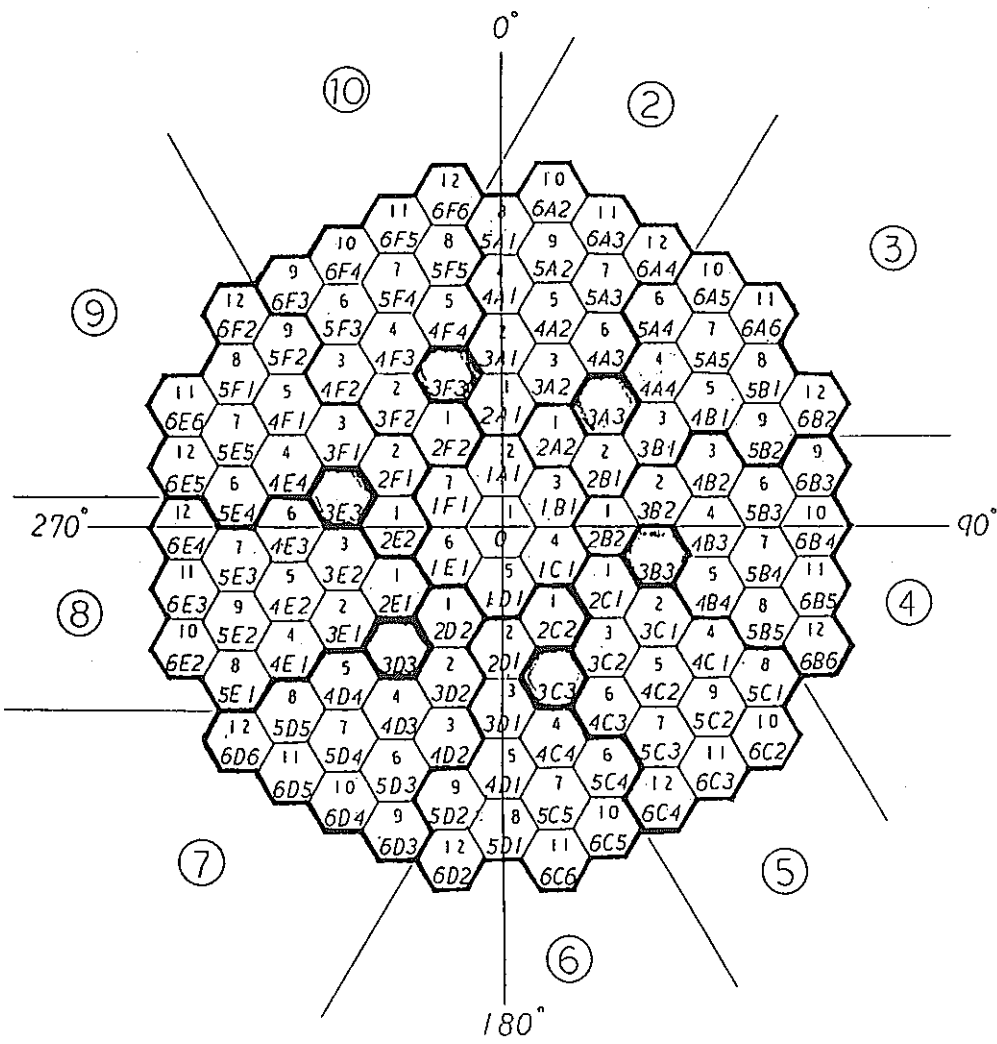
また、計器を取り付ける盤は耐震Aクラスの規定を満足する様に設計した。

計装盤の概略寸法をFig. 4. 3. 3に示す。

(4) 構成機器の仕様

記録計 4台

- (i) 型 名：RM2501A20101
- (ii) 寸 法：360W×220H×488D
- (iii) 測 定 点 数：30点
- (iv) 測定範囲及び精度：0～1000℃±2.4℃
- (v) アナログ入力回路：I S S方式
- (vi) 記 録 速 度：6秒以下 (1～30点)
- (vii) 絶 縁 抵 抗：20MΩ以上
- (viii) 表 示 モ ー ド：7モード
- (ix) 警 報 種 類：H、L、HH、LL



中央ブロック①

(1) 更新前

(2) 更新後

- 3 A 3
 - 3 B 3
 - 3 C 3
 - 3 D 3
 - 3 E 3
 - 3 F 3
- } 制御棒

Fig. 4.3.2 燃料集合体出口温度計測点

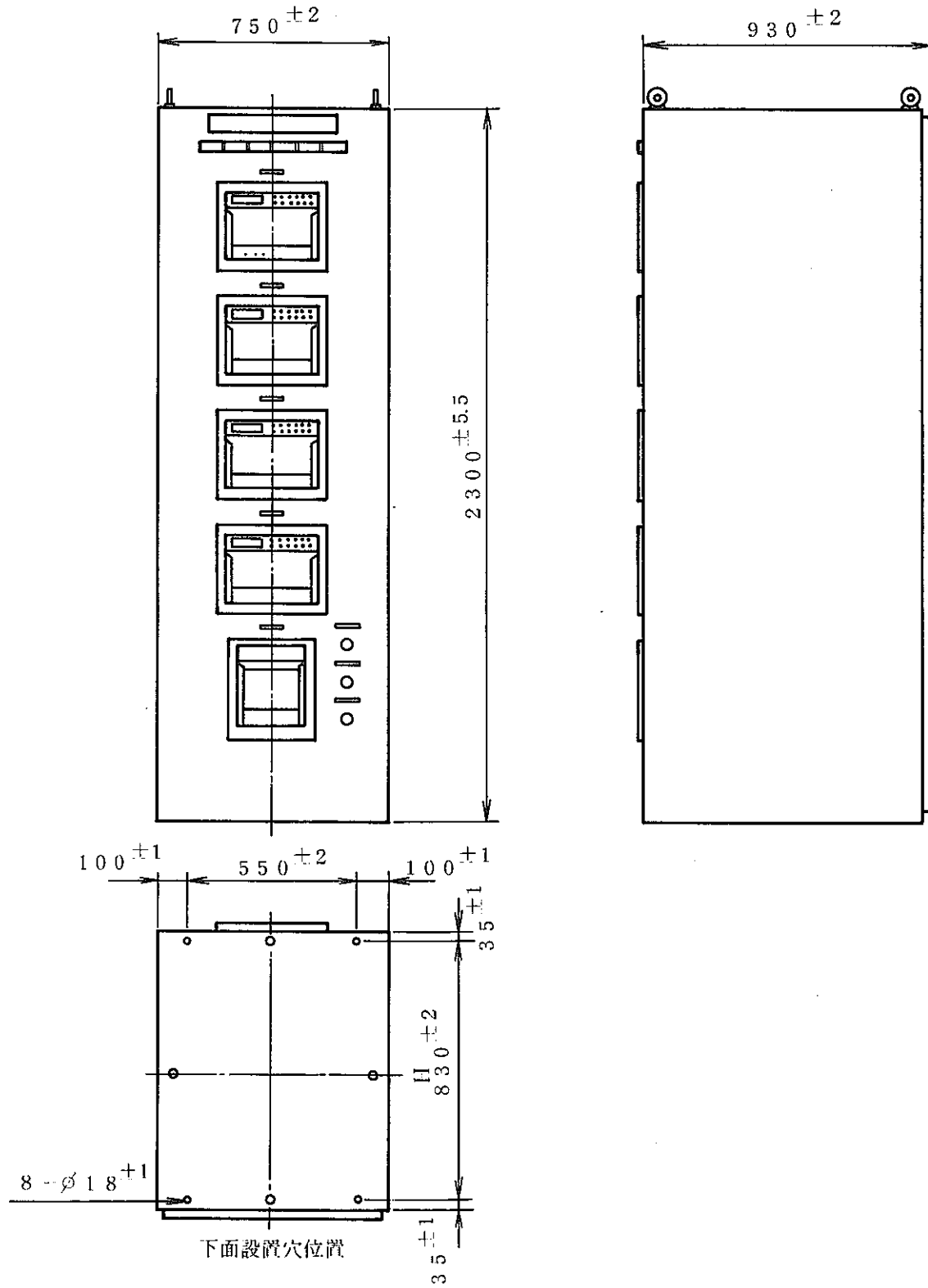


Fig. 4.3.3 燃料集合体出口温度計装盤概略

(5) アナログ入力方式（I S S方式）について

従来の記録計ではアナログ入力の切換の際にリレーを使用していた。そのため切換時のノイズ発生や接触不良により記録の不具合が生じることがあった。

このため、今回記録計の入力にI S S（Isolated Solidstate Switching）方式を採用し、入力チャンネル毎の絶縁を行うとともに、絶縁トランスの残留磁気によるはね返り電圧を防ぐことができるようにした。（Fig. 4. 3. 4 参照）

・ I S S方式とは

Fig. 4. 3. 4 の様にアナログ入力信号は個別にトランスで、デジタル信号はフォトアイソレータで絶縁することで入出力間絶縁や入力破壊電圧を高めた方式

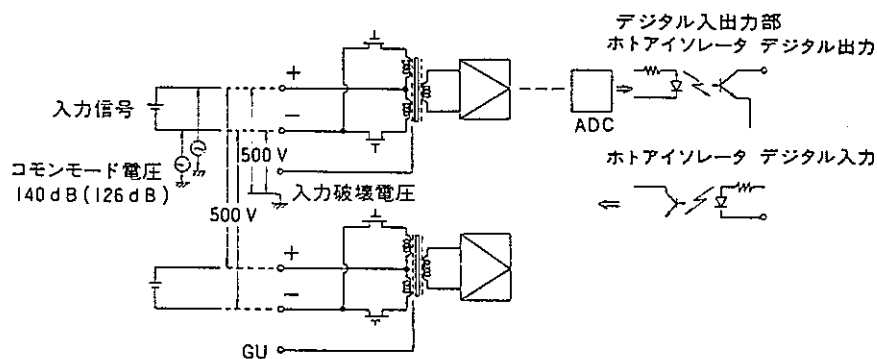


Fig. 4. 3. 4 燃料集合体出口温度記録計のアナログ入力方式（I S S方式）

4. 3. 5 更新工事

更新工事は9月19日より開始し、10月8日に終了した。工事の方法としては、まず、旧計装盤内の各熱電対補償導線等のケーブル類の外部接続部を開放した。その際、ケーブル類にはT a g札を取付け、ケーブル復旧作業を容易にするとともに誤配線の防止に努めた。

次に旧計装盤を撤去し、既存のベースプレートを流用して新しい盤を据え付け、外部接続ケーブルを復旧した。工程の概略を以下に示す。

項目 \ 月日	9							10			
	18	20	22	24	26	28	30	2	4	6	8
旧盤取外し		■	■	■	■	■	■				
新盤搬入及び据付								■	■		
内部配線									■	■	■

計装盤の撤去、据付工事完了後、工事に係わる検査及び計測機器の機能に係わる検査を以下の項目で実施し、据付後の健全性を確認した。

- (1) 据付工事検査
 - ・ 導通検査
 - ・ 絶縁抵抗測定
 - ・ 外観検査
- (2) 計測機器機能検査
 - ・ 確度試験
 - ・ 警報設定値確認

4.3.6 まとめ

燃料集合体出口温度計装盤の老朽化に伴い、第7回定検時にその更新を実施した。更新にあたっては、警報装置と記録装置の一体化を図り、盤のコンパクト化により中制スペースの確保も行った。

また、警報値の設定についても従来のアナログ式からデジタル式に変更し、操作性を向上させると共に精度も向上させた。

(近藤 等士)

4.4 加速度ピックアップによるスクラム時間測定装置の設置

4.4.1 概要

制御棒駆動機構（以下CRDと略す）は、制御棒が規定時間内に挿入される事を確認する為に、制御棒と連動する加速管に取り付けられている磁石と、上部案内管に設置されているスクラム検出コイルから成るスクラム時間測定機構によりスクラム時間を測定しており、スクラム信号発生からスクラム検出コイルに誘起される起電力波形が現れるまでの時間をもってスクラム時間と定義している。このスクラム検出コイルは原子炉容器内に設置

されており、コイルの断線あるいは起電力の低下が発生しスクラム時間の測定が困難となっても、当該部位の上部案内管が放射化されている為にメンテナンスが行えない。従って、スクラム検出コイルに不具合が発生すると上部案内管全体を交換する必要がある。このためメンテナンスが容易な加速度計を使用したスクラム時間測定方法を考案し設置した。

この方法は、制御棒駆動機構の上部ハウジングに加速度ピックアップを設置し、スクラム時に制御棒が下部案内管に落下した時の振動を隣接した制御棒駆動機構に設置されている加速度ピックアップにより検出し、スクラム時間を測定するものである。従って、加速度ピックアップに異常が生じても、加速度ピックアップのみを容易に交換することができ、保守性の向上とコストダウンに貢献できる。

4.4.2 制御棒駆動機構の概要

CRDは、全部で6基あり小回転プラグ中の炉心上部機構及び炉心に組み込まれ、駆動装置、上部案内管部、下部案内管で構成されている。これらのCRDは、制御棒を炉心へ急速挿入（スクラム）させる機能および原子炉通常運転時に制御棒を炉心から引き抜き・挿入および位置保持する機能を有する。

CRDは電動駆動により通常速度（130mm/min）で制御棒の引き抜き・挿入動作を行う。制御棒のスクラム動作は保持電磁石の励磁電流速断により駆動装置に連結されている制御棒を解放し、スプリング力で急速落下させる。また、燃料交換時には、制御棒を炉心内へ全挿入して切り離し、延長管を引き上げるにより回転プラグの回転操作を可能にする。

Fig. 4.4.1に原子炉断面図を示す。

Fig. 4.4.2に制御棒及び制御棒駆動機構概念図を示す。

4.4.3 ハードウェア構成

スクラム時間測定装置、制御棒の落下した時の衝撃波を検出する加速度ピックアップ、加速度ピックアップ用チャージアンプ、プラント信号用アイソレーションアンプ、スクラム対象制御棒により測定信号を切り換える信号切換器、内側延長管落下時の衝撃波の信号をカットするフィルタ、データ収録制御ユニット、格納容器から中央制御室までのデータ伝送用の同軸変換器、CPU、プリンタ、プロッタ、キーボード、マウス、記憶装置により構成される。

Fig. 4.4.3にシステム構成を示す。

Table 4.4.1に入力信号一覧を示す。

4.4.4 システム構成機器仕様

(1) CPU 1台

型 式：HP 9 8 5 9 3 E (YHP製)
b i t 数：32ビット (25MHzMC 6 8 0 2 0)
メインメモリ：8MB (RAM)
キャッシュメモリ：32KB (RAM)
キーボード：JIS配列 (カタカナバージョン)
CRT：20インチ (1280×1024ドットカラー)
その他：マウス付き

(2) プリンタ 1台

型 式：HP 3 6 3 0 A (YHP製)
印 字 速 度：167字/秒 (10dpi)
200字/秒 (12dpi)
200字/秒 (18dpi)
1 行 の 印 字 数：80字/秒 (10dpi)
96字/秒 (12dpi)
144字/秒 (18dpi)
その他：カラー印字可

(3) プロッタ 1台

型 式：HP 7 7 5 0 A (YHP製)
ペ ン 速 度：10~80cm/sec
用 紙 サ イ ズ：A 4、A 3
ペ ン 数：8本
そ の 他：オートフィーダ付 (150枚)

(4) 記憶装置 1台

型 式：HP 9 1 5 3 C
容 量：ハードディスク 10Mbyte
3.5FDD 1.4Mbyte

(5) 同軸変換器「エクステンダ」 2台

型 式：HP 3 7 2 0 4 A (YHP製)

最大伝送距離：1250m

最大伝送速度：60Kbyte

(6) データ集録制御システム 1式

① 制御ユニット 1台

型 式：HP 3 8 5 2 A (YHP製)

② 高速A/D変換器 3台

型 式：HP 4 4 7 0 2 B (YHP製)

入 力 C h：加速度信号 2 Ch (50Hz)

プラント信号 6 Ch (4 Hz)

データ収録時間：1.28sec

入 力 信 号：±10.24V

分 解 能：2.5mV

そ の 他：プリトリガ機能

③ マルチプレクサ 1台

型 式：HP 4 4 7 1 1 A (YHP製)

C h 数：24

(7) フィルタ 1台

型 式：FV-665 (NF製)

遮断周波数：0.01Hz~159.9KHz可変

減衰特性：48dB/oct ±4dB

最大減衰量 90dB

(8) アンプ 14台

型 式：6L01YM (日本電気三菱製)

C h 数：2

利 得：0.1~100

周波数特性：DC~5KHz

出 力 信 号：±10V

(9) 安定化電源 1台

型 式：TX11 (タナックス製)

入 力 電 圧：AC100V

出力電圧：DC12V

最大出力電流：0.75A

4.4.5 ソフトウェア構成

本システムのソフトウェアは、データ測定、波形処理、グラフ作成およびファイル作成から構成される。言語は、BASICが用いられているが、波形処理ルーチンにおいてはBASICをコンパイル処理することにより計算処理時間の短縮が計られている。

本システムは操作性の向上を考慮し、ファンクションキーおよびマウスの使用により必要な処理が行える。

(1) データ測定

データ測定は、測定条件設定、測定待機、プリトリガによるデータ採取、データのCPUへの伝送をおこなう。

① 測定条件設定

Fig. 4.4.4に測定条件設定表示を示す。

(i) システムを起動する事により「MEASUREMENT START MENU」がCRTに表示される。

この表示に従い以下の設定を行う。

(ii) CRDM No

スクラム対象CRを選択する。

(iii) Operator

測定者名記入

(iv) Comment

測定時のコメントを記入

(v) PRINT OUT

「ON」 波形処理後、自動的にCRTの表示をプリンタへ出力する。

「OFF」 プリンタへ出力しない。

(vi) PLOT OUT

「ON」 波形処理後、自動的にCRTの表示をプロッタへ出力する。

「OFF」 プロッタへ出力しない。

(vii) SAVE TO 3.5FD

「ON」 波形処理後、自動的に計測データおよび測定条件を3.5FDに記録する。

「OFF」 3.5FDに記録しない。

(viii) DISPLAY MODE

CRT表示モード切換〔スクラム時間の測定、波形解析〕

(ix) Measurement

測定年月日時分秒の表示

(x) Sampling Time

データ収録時間表示

(xi) Pre Trig Time

トリガ信号入力より前のデータ収録時間を設定する。

(xii) Renge [V]

各信号の入力スパンの表示を行う。

(xiii) Offset [s]

入力時間遅れを設定する。(時間遅れが補正されて信号処理される)

② 測定待機

測定条件設定完了後、CPUからデータ収録制御ユニットにデータ収録条件が設定され測定状態に入る。

Fig. 4.4.5 に測定待機表示を示す。

③ データ伝送

プラントからのスクラム信号に入った時、Pre Trig Time 設定によりスクラム信号が入る前のデータから測定完了までのデータをデータ収録制御ユニットからCPUにデータ伝送をおこなう。

(2) 波形処理

データ収録制御ユニットよりデータ伝送された測定データを記憶装置のデータ記録ファイルに記憶される。その後、測定条件設定にしたがい処理が行なわれる。波形処理は以下の様に行われる。

Fig. 4.4.6 にデータフローを示す。

① 波形処理を行う条件(データコード)を前もって設定した「DISPLAY MODE」により波形処理管理ルーチンに自動で入力する。

② データコードにより必要な測定データを記憶装置からCPUメモリに取り入れる。

③ 波形処理ルーチンによりCPUメモリに取り入れられたデータで波形処理を行うデ

ータについては積分処理を行う。

(i) 積分処理

0レベルを切る位置 (Fig. 4.4.7 中A1、A2) 間の面積 (Fig. 4.4.7 中S1) を求めA1、A2の中間位置にその値を入れます。同様に次々へ面積を求めていきデータに重み付けを行い処理データを作成する。

Fig. 4.4.7に積分処理を示す。

④ 波形処理が終わったらデータをTEMPデータCOMに入れる。

(3) グラフ作成処理

波形処理が完了後、グラフ作成のためオートスケール処理及びCRT表示を行う。

① オートスケール処理

表示データの最大値を求めその値がフルレンジの90%になる様にレベルスケールを設定する。

② CRT表示

オートスケール処理完了後、測定条件で設定した「DISPLAY MODE」によりCRTに表示する。

CRT表示の変更はソフトキーにより以下の事ができる。

- ・ CRT表示のデータ数2～8個を選び表示する。
- ・ 時間軸の拡大
- ・ レベルスケールの拡大
- ・ スクラム時間の表示

(4) 出力

グラフ作成処理が完了後、CRTに表示されている状態を測定条件で設定したプリンタ及びプロッタに出力する。

(5) ファイル作成

全処理完了後、測定データ及び測定条件設定を測定条件で設定した様に3.5FD又は、ハードディスクのファイルに記憶する。

4.4.6 測定データ解析

スクラム信号発生から制御棒が下部案内管への落下までの機械的動きと、振動波形との対応関係は以下の通りである。

Fig. 4.4.8にスクラム時間測定概略図を示す。

- (1) スクラム信号が入った後、最初の振動波形が表れるのは自重及びデラッチスプリングで内側延長管が落下した際に、ロードセル取り付け板に内側延長管が衝突した振動である。スクラム信号から、この波形までの時間は全CRD同一で約130msecの遅れが生じている。
- (2) その後、内側延長管が数回バウンドする波形が表れ、この波形とデラッチリミットスイッチの接点信号とは同期がとれている事から、内側延長管がバウンドを繰り返している。
- (3) 次に加速管がリリースされ、ダンピングスプリングに衝突する際の波形が表れる。この波形は、700Hzのローパスフィルタ処理を行いカットしている。

Fig. 4. 4. 9 にフィルタ処理前とフィルタ処理後の比較を示す。

- (4) 最後に制御棒が下部案内管に落下した時の波形が表れる。

Fig. 4. 4.10にスクラム時間測定時の出力波形を示す。

4. 4. 7 まとめ

本システムは、スクラム検出コイルの不具合発生によりCRDの交換をせずに解決するために開発し設置した。

- (1) 本システムの開発にあたり遭遇した技術的問題とその解決対策は以下の通りである。
 - ① 制御棒が落下する過程では、落下信号より顕著なダンピングスプリングと加速管の衝突信号が制御棒固有の時間帯で発生し、制御棒によっては、これが制御棒が下部案内管に落下した時のその信号と重なって落下時間の測定が困難なものがあった。
解決策として、上記の信号の周波数特性を分析しフィルタ処理によりこれらの識別を可能にした。(Fig. 4. 4. 9 参照)
 - ② 積分処理方法を考案したことにより、制御棒の落下信号の鋭敏化と落下信号以外の波形消去が行えるようになり、確実な落下信号の抽出を可能にした。(Fig. 4. 4. 7 参照)
- (2) 本システムを設置した事により、以下の成果が得られた。
 - ① 保守性の向上
加速度ピックアップの設置場所が立ち入り可能な空気雰囲気であるため保守性に対して格段の向上が図れた。
 - ② 信頼性の向上
加速度ピックアップの単体での校正が適時行え、最適な条件下での測定が可能である。

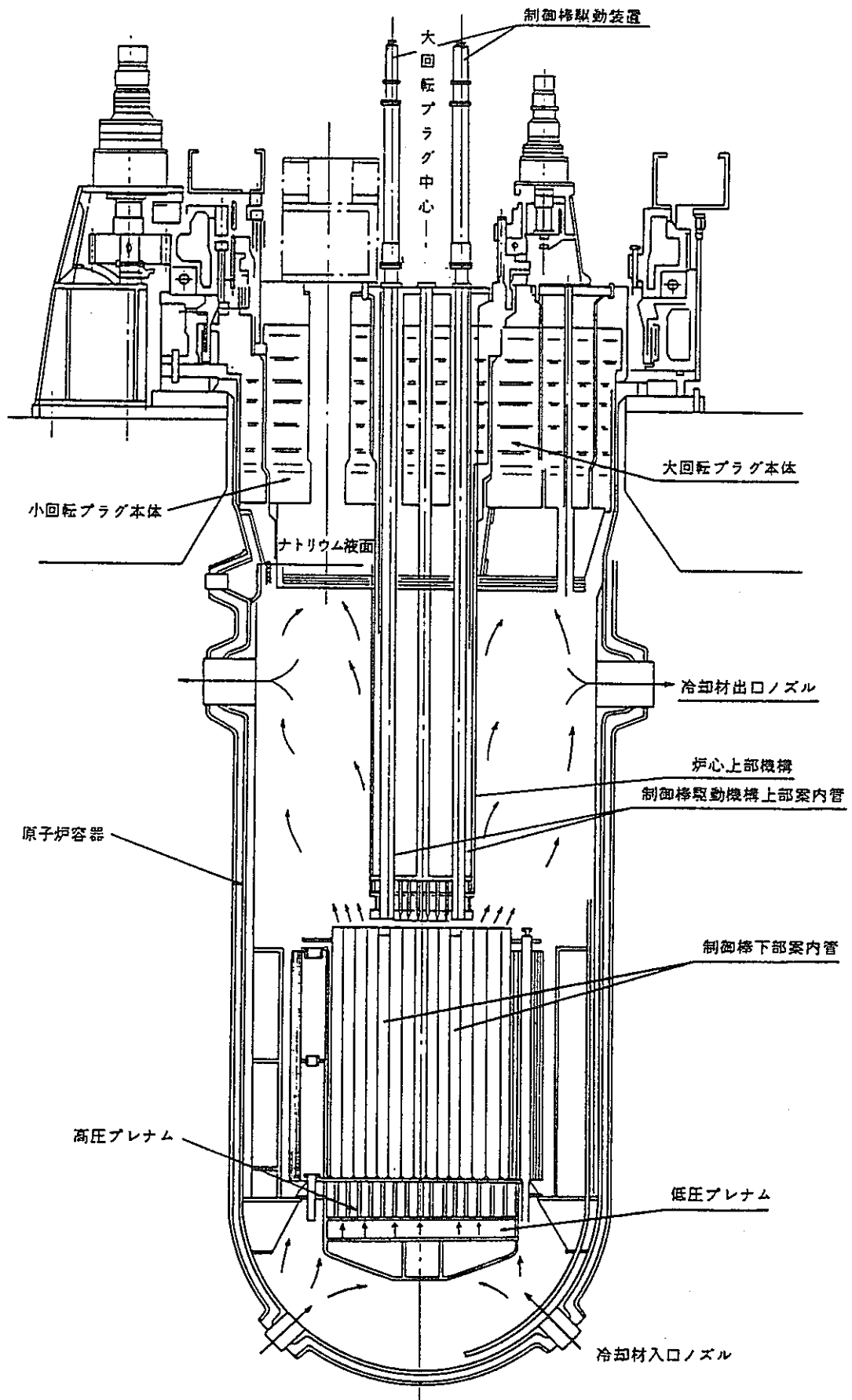


Fig. 4.4.1 原子炉断面図

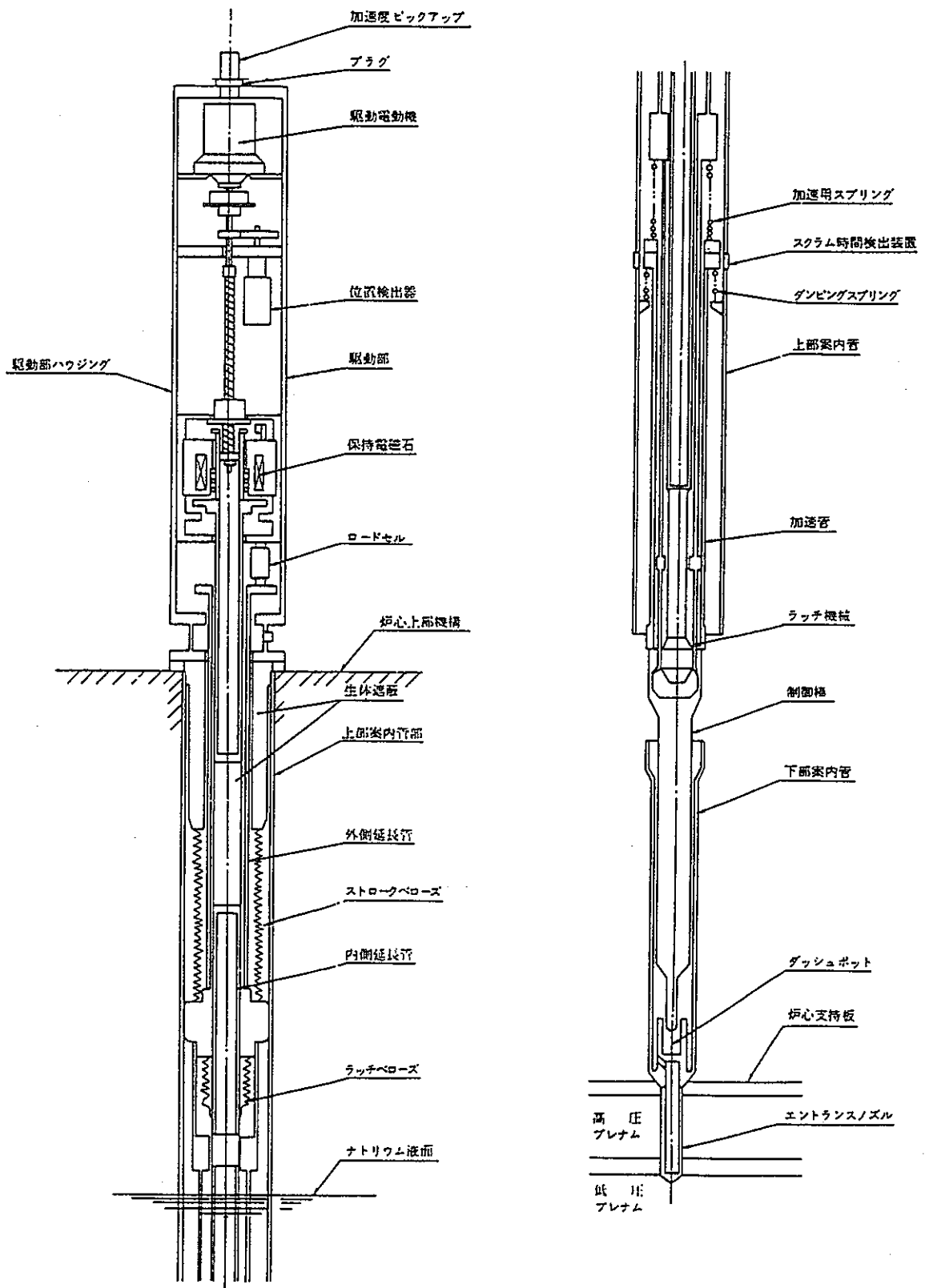


Fig. 4.4.2 制御棒および制御棒駆動機構概念図

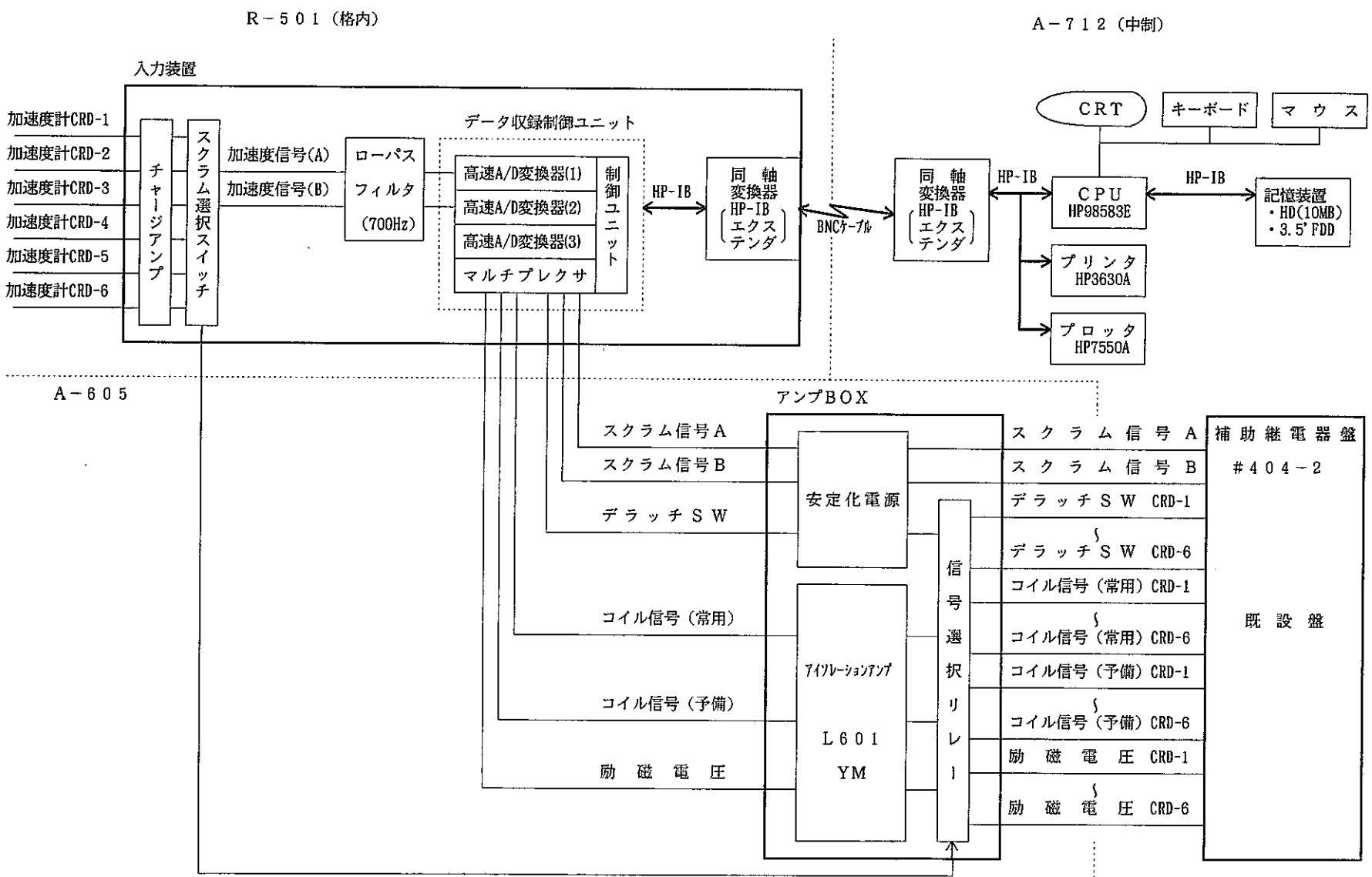


Fig. 4.4.3 スクラム時間測定装置システム構成図

MEASUREMENT START MENU

CRDM No.	=	CRDM 1		Acc. Sens 1 = CRDM 6	2 = CRDM 2				
Operater	=	TESTER 1							
Comment	=	Demo Test							
PRINT OUT (auto)	=	ON							
PLOT OUT (auto)	=	ON							
SAVE TO 3.5' FD	=	ON							
DISPLAY MODE (1/2)	=	1							
Measurment Date	=	88 - 07 - 08							
Time	=	11 : 30 : 29							
Sampling Time	=	1.28 Sec		使用時必ず設定するもの					
Pre Trig Time	=	.100 Sec		使用時必要であれば設定するもの					
Channel	=	ACC S1	ACC S2	Scr Sw1	Scr Sw2	Coil 1	Coil 2	Excite	Delatch
Range	=	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24
Offset(s)	=	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fig. 4.4.4 スクラム時間測定条件設定表示

WAITING FOR
TRIGGER SIGNAL

Fig. 4.4.5 スクラム時間測定待機表示

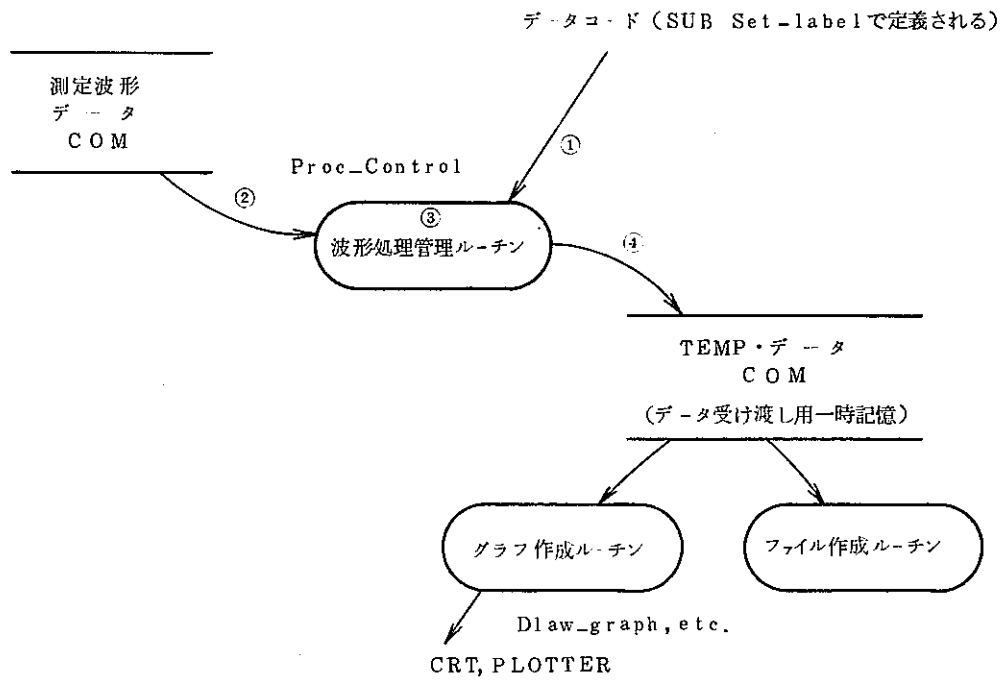


Fig. 4.4.6 スクラム時間測定データのフロー

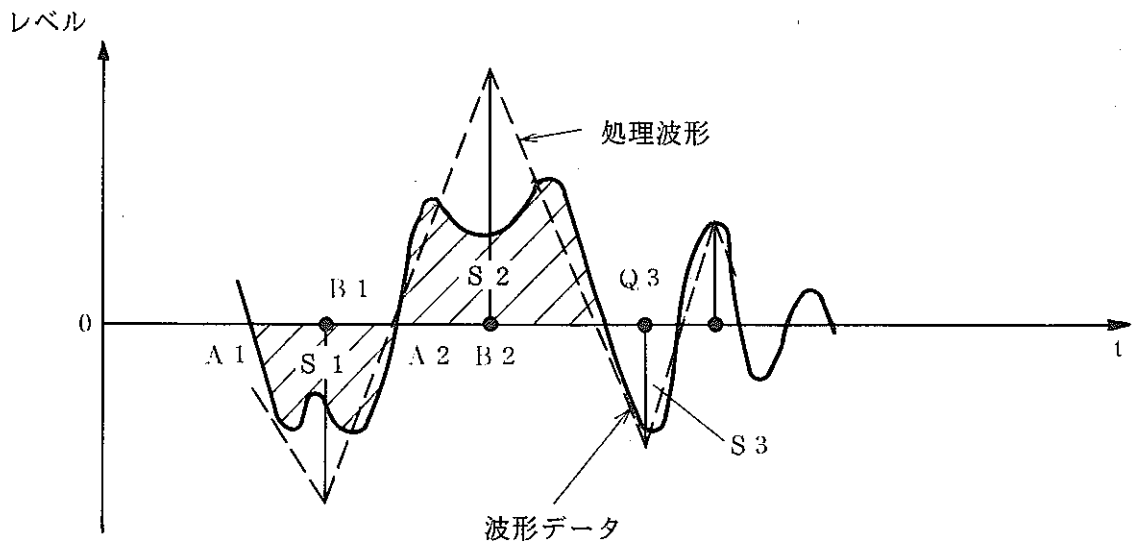


Fig. 4.4.7 スクラム時間測定データの積分処理

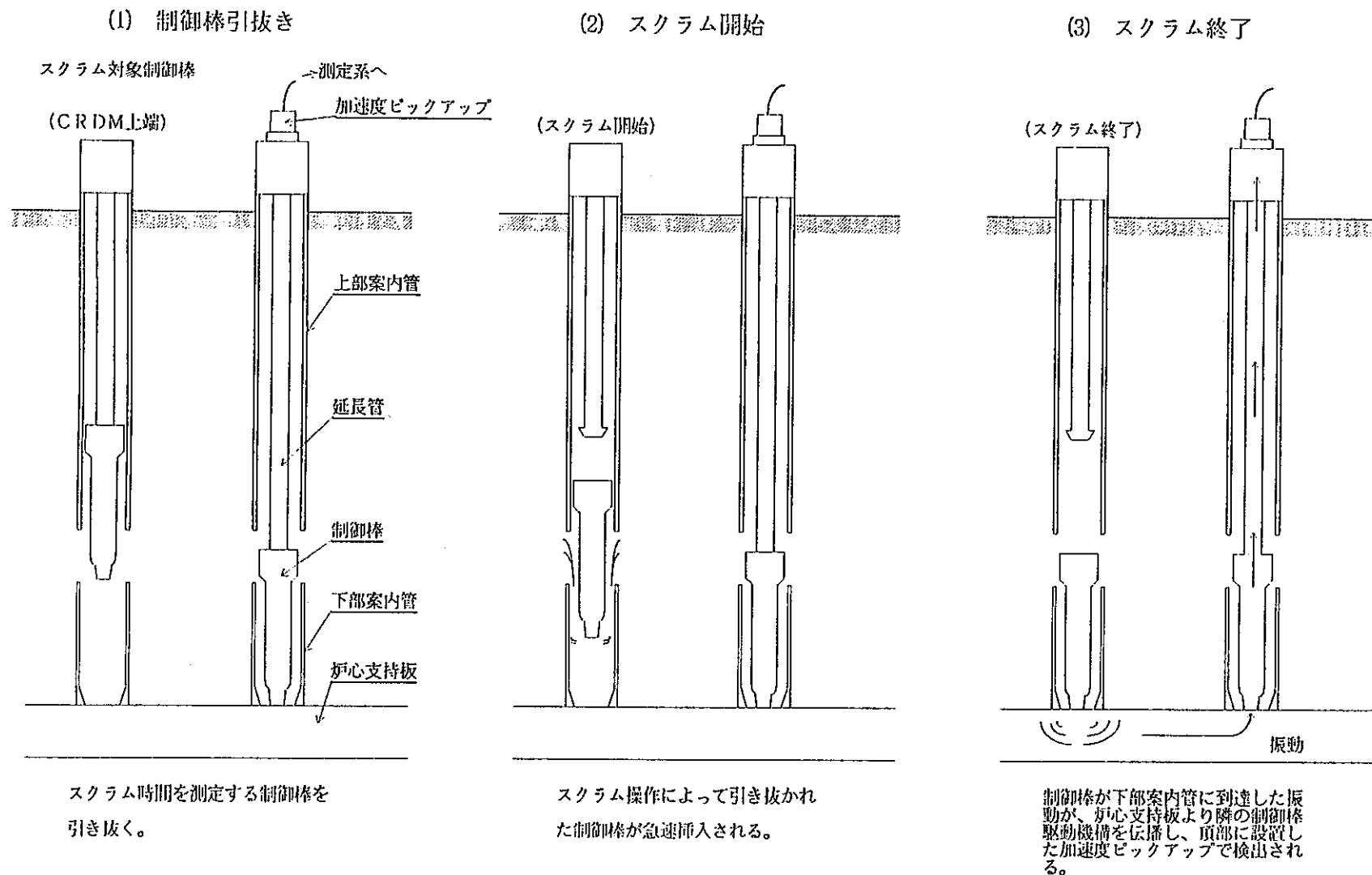


Fig. 4.4.8 スクラム時間測定概略図

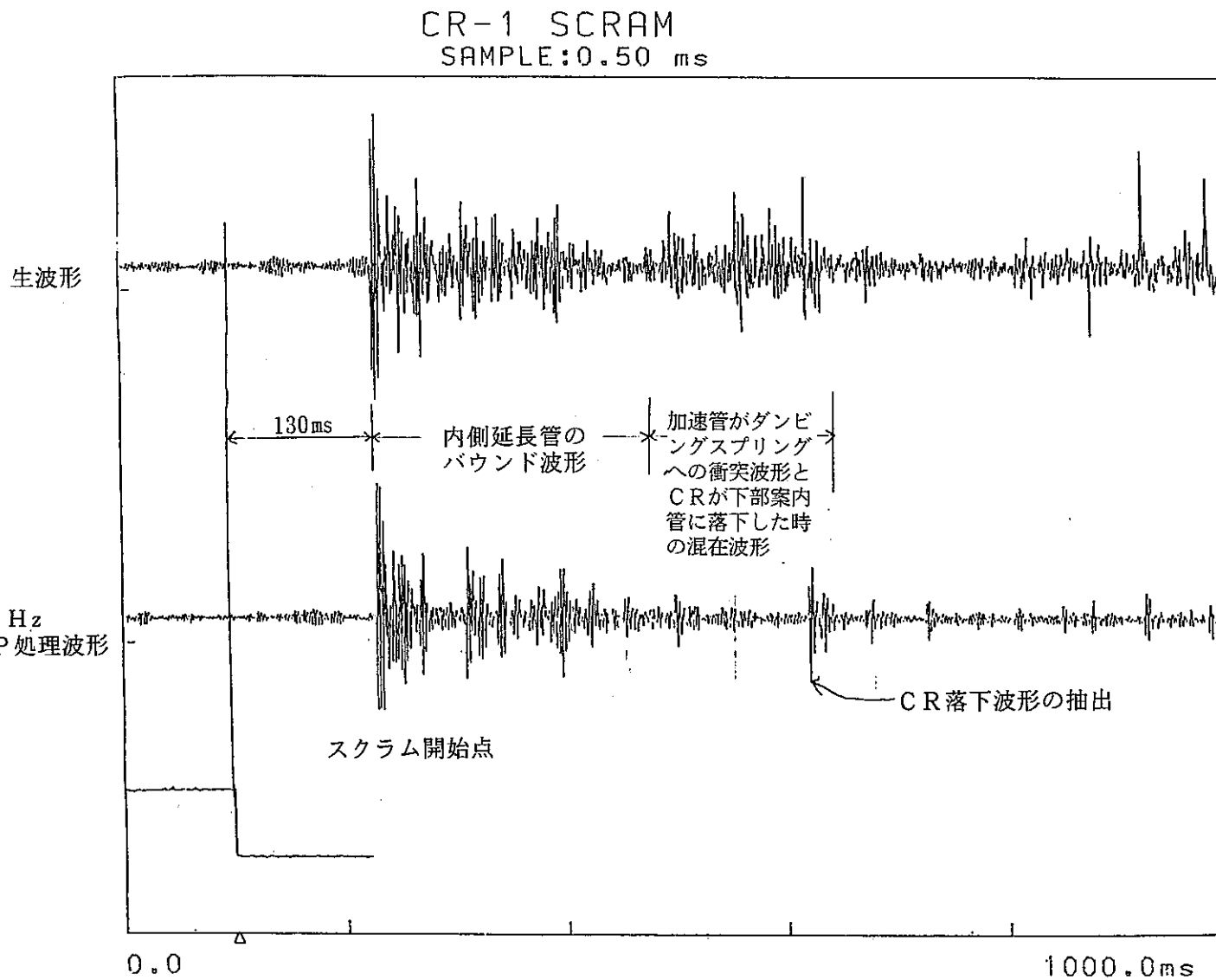


Fig. 4.4.9 スクラム時振動波形例

Scrum No : CRDM 1

Test date : 89-01-07

PNC SN9410 90-125

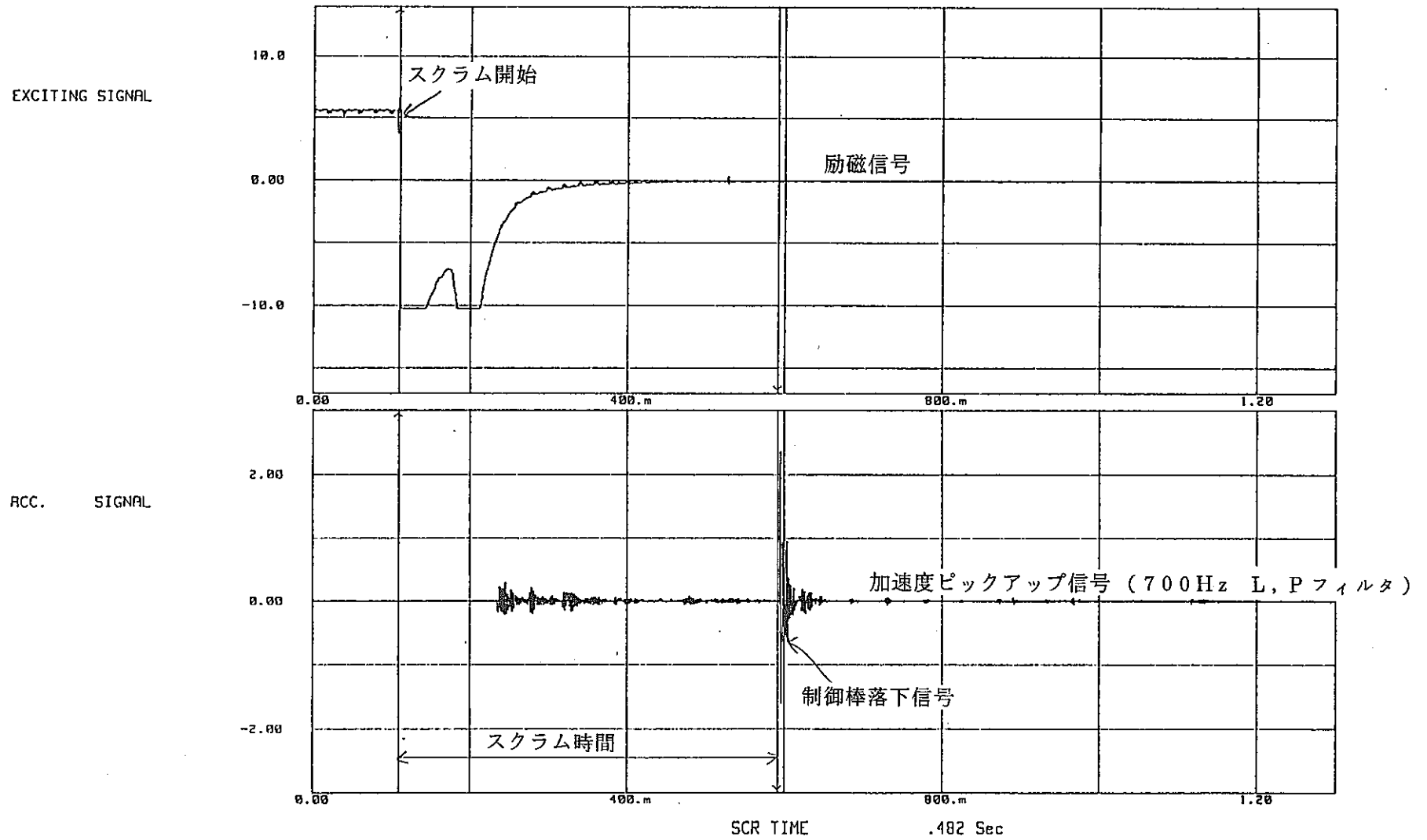


Fig. 4. 4.10 スクラム時間測定時の出力波形

Table 4.4.1 スクラム時間測定装置入力信号一覧表

信号名称	点数	インターフェイス仕様	備考
加速度計	6	$\pm 10\text{V}$	
スクラム信号	2	+ 7V	b接点(スクラム時OFF)
コイル信号	12	$\pm 10\text{V}$ (アンプ出力)	コイル起動
励磁電圧	6	DC 60V	
デラッチスイッチ	6	AC110V	a接点(デラッチ時ON)

③ コスト低減

制御棒駆動機構を設計寿命まで使用する事が可能となり、「常陽」での経験から誘導コイルの寿命を10年と想定すると、この期間に制御棒駆動機構の更新を必要とする為、本システムの開発により、年間約3000万円の経費が節約出来る。

その結果、交換に要する定期検査期間を、年平均12日短縮できる。

(長井 秋則)

4.5 コンクリート遮蔽体冷却系窒素ガス冷却器の更新

4.5.1 目的

窒素ガス冷却器は、これまでの定期検査において伝熱管のサンプルを抜き取って減肉(腐食)の進行具合の確認及び機械的強度試験等を実施しているが、これらの結果から局部的にピッチングによる伝熱管の減肉の進行が見られ、設計上の必要板厚に近づいていることが判明したために伝熱管の交換が必要となった。

このために窒素ガス冷却器の伝熱管束アセンブリの更新作業を実施した。

4.5.2 設備概要

コンクリート遮蔽体冷却系は、通常運転時には炉容器ピット部及びペDESTAL部コンクリートの健全性を維持するために、当該部の発熱を強制的に除去することによってコンクリート温度を規定温度に保ち、また、床下メンテナンス時には炉心の崩壊熱を除去するため炉容器リークジャケットに窒素ガスを流し冷却する機能を持ち、更に、原子炉の再臨界事故時に安全容器を冷却する機能を併せ有することによって最終的なプラントの健全性を確保する役割も有する重要な設備である。

窒素ガス冷却器は、このコンクリート遮蔽体冷却系の一部であり、横形のシェル・アンド・チューブ式の熱交換器であり、冷却水はチューブ内部を流れ、窒素ガスはシェル側を流れ、運転には2基使用する。

以下に窒素ガス冷却器の仕様を示す。また、Fig. 4.5.1に窒素ガス冷却器構造図を示す。

形 式	シェル・アンド・チューブ型
個 数	2 基
容 量	通常時 $175.8 \times 10^3 \text{Kcal/h/2 基}$ 事故時 $8.6 \times 10^5 \text{Kcal/h/2 基}$
伝 熱 面 積	$273 \text{m}^2 / 1 基$
伝 熱 管 本 数	1200本 / 1 基

窒素ガス入口温度	通常時	73℃
	事故時	155℃
窒素ガス出口温度	通常時	35℃
	事故時	40℃
冷却水入口温度	通常時、事故時共	32℃
冷却水出口温度	通常時、事故時共	37℃
冷却水量	事故時	172,000Kg/h/2基

4.5.3 経緯

窒素ガス冷却器の伝熱管の検査は定期検査時に任意の伝熱管を数本抜き取って実施しており、これまでに第1回定検（昭和54年度）では1基当たり1本（2基で2本）、第4回定検（昭和58年度）及び第6回定検（昭和62年度）では、それぞれ1基当たり3本（2基で6本）抜き取って検査している。このうち、第4回定検及び第6回定検時に実施した検査結果をTable 4.5.1に示す。

またFig. 4.5.2に伝熱管の孔食（ピッチング）による減肉の推移を示す。この図はサンプル管を酸洗後、腐食による減肉部の板厚をポイントマイクロメータにより測定した結果である。この図から顕著に減肉が進行していることがわかる。特に、第6回定検時のデータでは1点だけ突出して減肉している部分がある。これらの値は伝熱管2400本（2基×1200本/1基）の中からランダムに選んで検査したものであり必ずしも腐食した伝熱管の最大値を示すものではなく、同程度或いはこれ以上のものがあることも充分に考えられる。

従って、このまま当冷却器の運転を継続した場合、これらの減肉がさらに進行して伝熱管に穴があき冷却水がガス側に漏洩し、「常陽」の運転に重大な支障を及ぼすことが考えられるために予防保全の観点から当窒素ガス冷却器を更新することとした。

4.5.4 更新内容

窒素ガス冷却器の更新に際しては、経費節減の観点から腐食の著しい伝熱管を含む管板、胴板等で構成される部分（伝熱管束アセンブリ）を新たに製作することとし鏡板部は内面の手直しを行い再使用することとした。

伝熱管束アセンブリの製作は基本的には従来のもので同等の材質、形状とすることとしたが一部胴の伸縮継手の材質を従来の炭素鋼（SM41B）よりステンレス鋼（SUS304）とした。これは、本冷却器は第3種容器の適用を受けるが「発電用原子力設備に

関する構造等の技術基準」(MITI 501号)によれば「第3種容器の伸縮継手の材料はステンレス鋼及び高ニッケル合金のものに限る」という記述があるためにこれに従ったものである(これは、「常陽」の設置後、容器の区分、基準等の改正がなされたことによるものである)。

また、本作業に合わせて冷却水系の水質改善のために磁気式水処理器を新設した。Fig. 4.5.3に系統図を示す。

磁気式水処理器は、強力な永久磁石を利用して水を使用している装置(機器)に起こるスケールの発生防止、サビ等に対する防食或いは藻・スライムの発生を抑制するのに効果のあるものである。

運転は、磁気式水処理器に流れる冷却水の流速を1~2 m/secの範囲に手動弁を調整して行う。その結果、効果があらわれるものである。

4.5.5 まとめ

- (1) 本窒素ガス冷却器の更新作業は重量物(8.4Ton)を扱うということで作業は慎重に行われた。特に、本窒素ガス冷却器の設置場所は附属建家の地下中2階にあり当床面までは狭いハッチを通して天井クレーンにて降ろし、そこから設置場所まではクレーンが無いので仮設アンカーを打ちチェーンブロックにより吊り上げ、これにコロ引きを併用して作業を実施し、無事、所定の位置に据付けることができた。この作業を実施するに当たり既設の窒素ガス冷却器の撤去作業を前もって実施したが本作業で搬入作業の手順を考慮に入れて実施したことが大変有効となった。
- (2) 本窒素ガス冷却器は窒素ガスと冷却水との熱交換器ということで、特に、技術的な改良を施すことなく従来の設計をそのまま踏襲したものであるが、冷却水系には腐食抑制の観点から新たに磁気式水処理器を新設した。冷却水系の水質管理は従来、薬品投入により実施されていたものであるが磁気式水処理器は他の水を扱っているプラントなどでも最近効果を上げているという実績を踏まえて試験的な意味も含めて採用したので今後の点検でその効果を確認して行く予定である。合わせて、今後の伝熱管の腐食調査のために、今回の窒素ガス冷却器の製作時には従来抜き取って検査していた部分と同様の位置に取りつける伝熱管を9本選んでそれぞれの板厚を測定した。この測定位置をFig. 4.5.4に、測定結果をTable 4.5.2に示す。これは、伝熱管の板厚の許容値はJIS規格では $2\text{ mm} \sim 2\text{ mm} + 20\%$ となっているが点検等で板厚を測定しても製作時の正確な板厚がわからないと腐食による減肉などの評価が困難となるために今後の点検に有効に活用出来るように予め測定しておいたものである。

(小林 孝典)

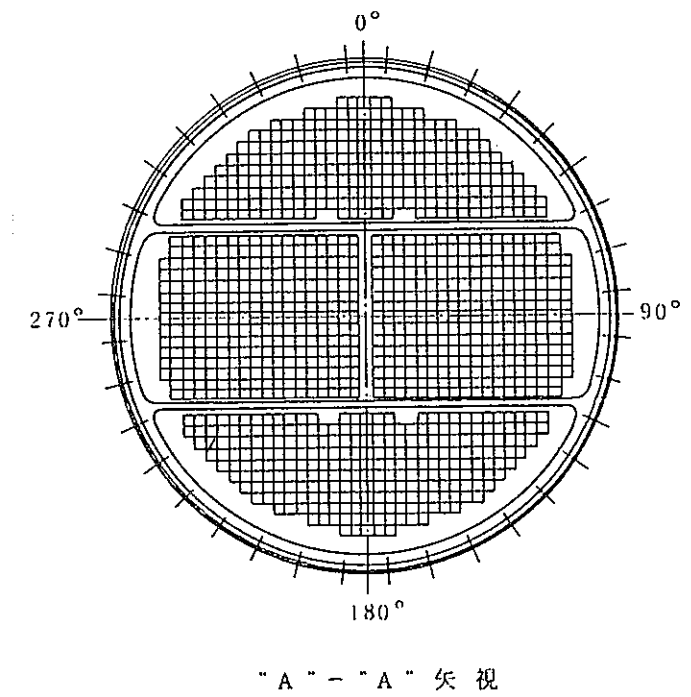
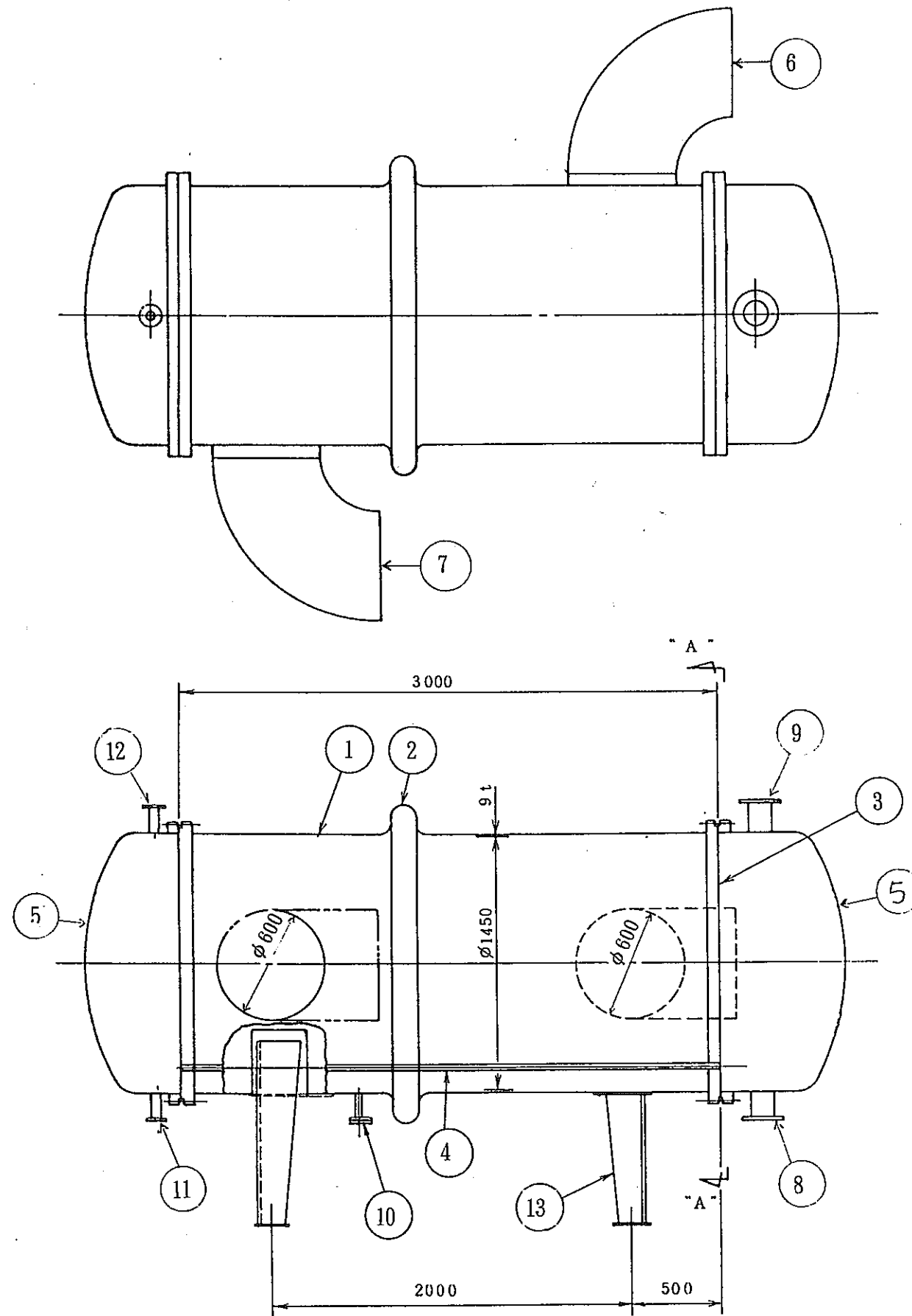
Table. 4.5.1 窒素ガス冷却器伝熱管材料検査結果

検査項目	第4回定検 (S. 59, 2)	第6回定検 (S. 62, 6)
1. 外観検査	<p>外面は各チューブ共、地が黒褐色を呈しておりドライ状態のスケールが部分的に認められた。</p> <p>内面は各チューブ共、茶褐色のスケールが一面に付着していた。</p>	同 左
2. マクロ組織観察	組織の異常は認められなかった。	同 左
3. ミクロ組織観察	組織の異常は認められなかった。	同 左
4. 材料試験 (1) 引張試験	冷却器 (B) のチューブの伸びが J I S 規格値を僅かに下回った。その他、降伏点、引張強さは異常なし。	冷却器 (A)、(B) 共にチューブの伸びが J I S 規格値を僅かに下回った。その他、降伏点、引張強さは異常なし。
(2) 偏平試験	冷却器 (A) のチューブに割れ (B) のチューブにヒビが認められた。	
5. 錆の定量分析	錆は Fe_2O_3 を主成分とする通常の鉄錆であった。	同 左
6. X線透過試験	冷却器 (A) のチューブは極端な減肉は認められなかったが (B) のチューブは 0.7mm の減肉が認められた。	冷却器 (A) のチューブは 0.59mm の減肉、(B) のチューブは 0.72mm の減肉が認められた。
7. 寸法検査	全体的に 0.5~0.7mm の減肉、最大は 0.90mm の孔食による減肉が認められた。	全体的に 0.5~1.0mm の減肉、最大は 1.46mm の孔食による減肉が認められた。
8. 水質分析	分析結果において NH_4^+ が J R A 規格値を僅かに上回った。これは銅合金には悪影響を及ぼすが本チューブは鋼管であるため支障なし。	<p>分析結果において NH_4^+ 及び導電率が J R A 規格値を僅かに上回った。</p> <p>NH_4^+ の件は前回同様であり支障なし。</p>

Table. 4.5.2 窒素ガス冷却器伝熱管板厚測定結果

● 印	X 点	A号器	B号器	◎ 印	Y 点	A号器	B号器
1 ~	1	2.4	2.4	1 ~	1	2.3	2.4
	2	2.4	2.4		2	2.4	2.4
	3	2.4	2.4		3	2.4	2.4
	4	2.4	2.4		4	2.4	2.4
2 ~	1	2.4	2.4	2 ~	1	2.4	2.4
	2	2.4	2.4		2	2.4	2.5
	3	2.4	2.4		3	2.4	2.4
	4	2.4	2.3		4	2.4	2.4
3 ~	1	2.4	2.4	3 ~	1	2.4	2.5
	2	2.4	2.4		2	2.4	2.4
	3	2.4	2.4		3	2.4	2.4
	4	2.4	2.4		4	2.4	2.4
4 ~	1	2.5	2.4	4 ~	1	2.5	2.4
	2	2.5	2.4		2	2.4	2.4
	3	2.4	2.4		3	2.4	2.4
	4	2.4	2.4		4	2.4	2.4
5 ~	1	2.4	2.4	5 ~	1	2.5	2.5
	2	2.4	2.4		2	2.5	2.4
	3	2.4	2.4		3	2.4	2.4
	4	2.4	2.4		4	2.4	2.5
6 ~	1	2.4	2.4	6 ~	1	2.4	2.4
	2	2.4	2.4		2	2.4	2.5
	3	2.4	2.4		3	2.4	2.4
	4	2.4	2.4		4	2.4	2.4
7 ~	1	2.3	2.4	7 ~	1	2.4	2.4
	2	2.4	2.4		2	2.4	2.5
	3	2.4	2.3		3	2.4	2.4
	4	2.4	2.4		4	2.4	2.4
8 ~	1	2.4	2.4	8 ~	1	2.3	2.4
	2	2.4	2.3		2	2.3	2.4
	3	2.4	2.3		3	2.4	2.4
	4	2.5	2.3		4	2.3	2.4
9 ~	1	2.4	2.4	9 ~	1	2.5	2.4
	2	2.4	2.4		2	2.5	2.4
	3	2.4	2.4		3	2.4	2.4
	4	2.4	2.4		4	2.5	2.4

板厚基準値 : 2 mm ~ 2 mm + 20%



13	脚	2	SS41
12	エア抜き	1	STPG38
11	ドレン抜き	1	STPG38
10	ドレン抜き	1	SM41B
9	冷却水出口	1	SM41B
8	冷却水入口	1	SM41B
7	ガス出口	1	SM41B
6	ガス入口	1	SM41B
5	鏡板	2	SS41
4	伝熱管	1200	STBL39
3	管板	2	S25C
2	伸縮継手	1	SUS304
1	胴板	1	SM41B
番号	名称	個数	材質

Fig. 4.5.1 窒素ガス冷却器構造図

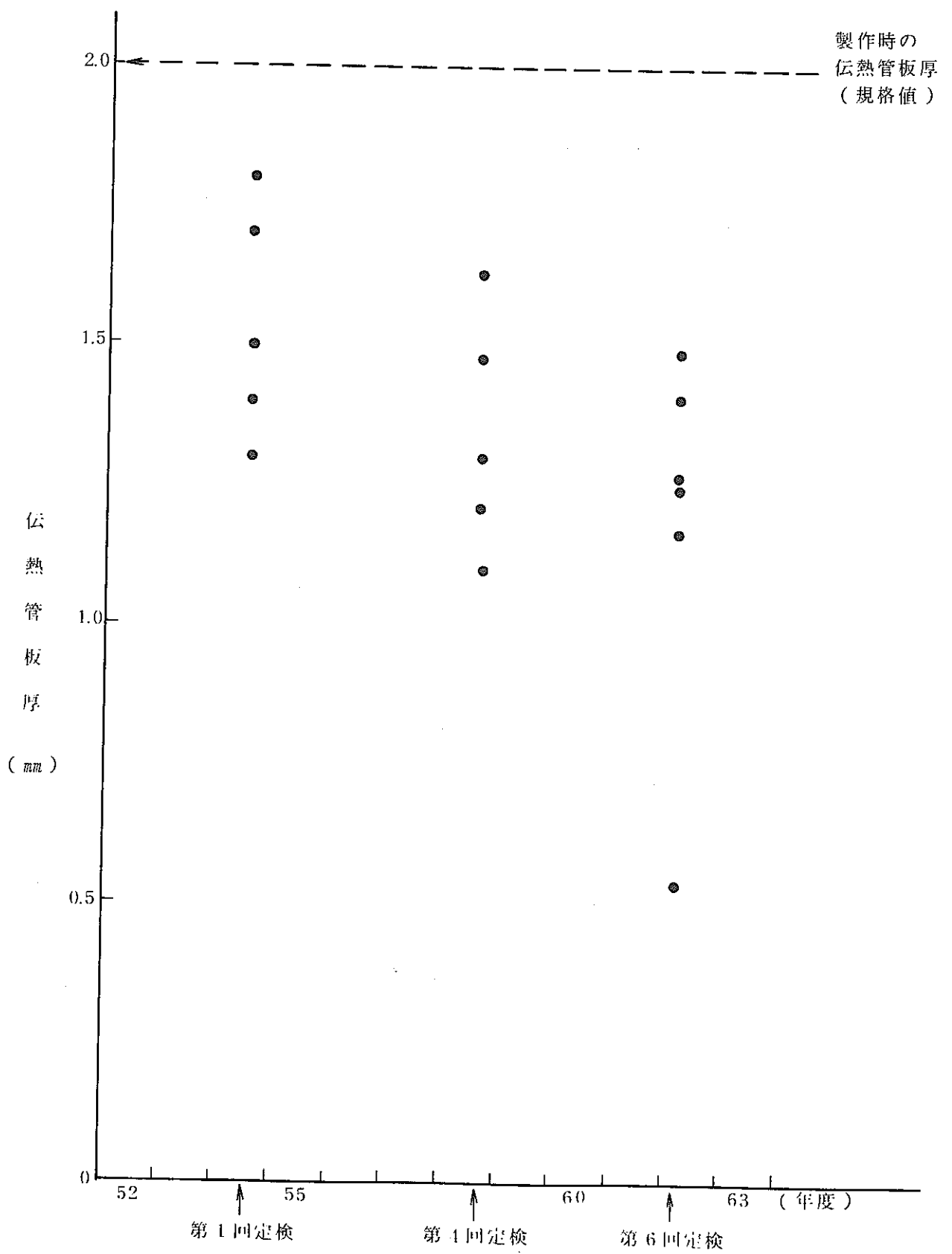


Fig. 4.5.2 窒素ガス冷却器伝熱管の減肉の推移

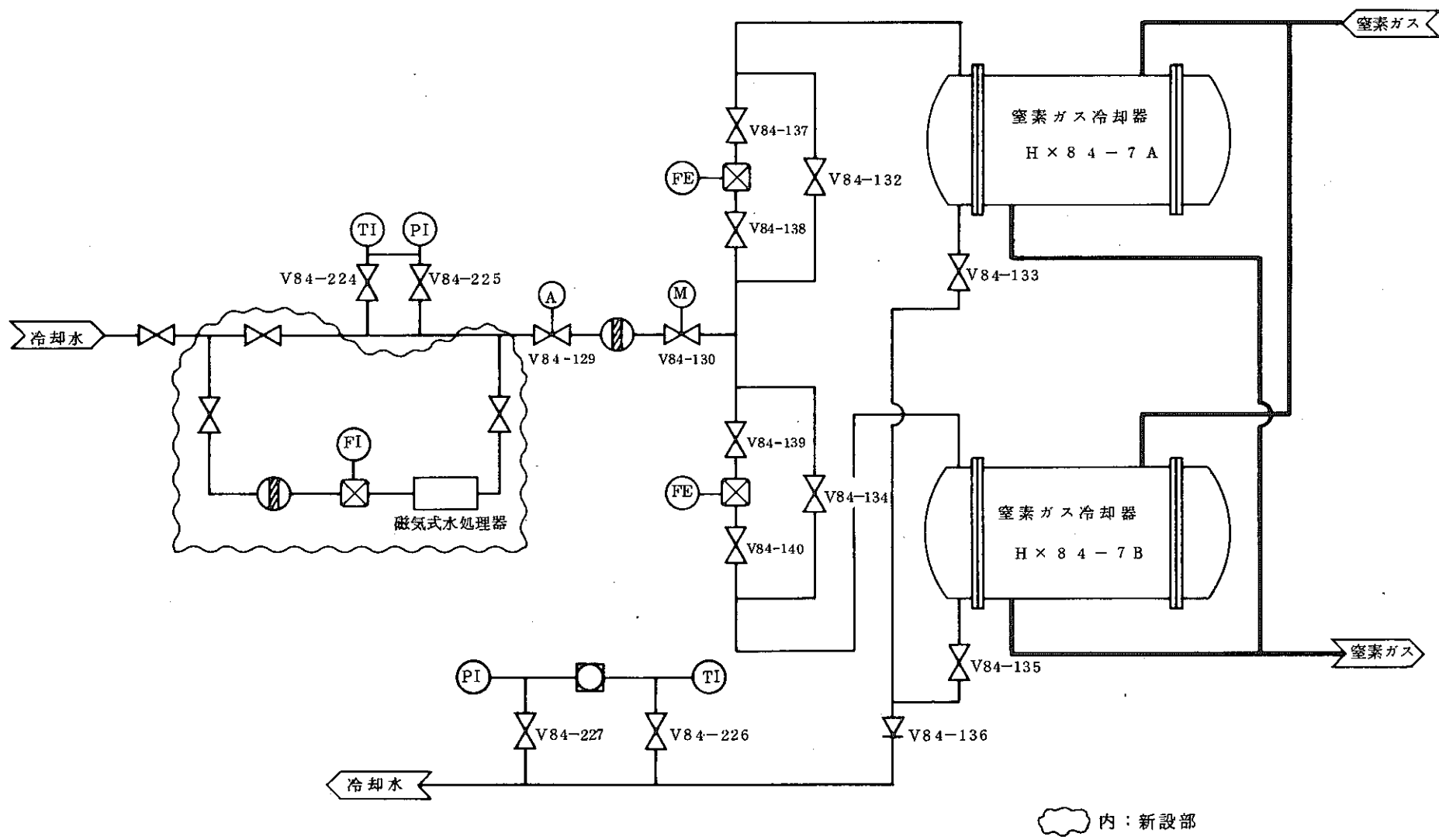


Fig. 4.5.3 窒素ガス冷却器冷却水系統図

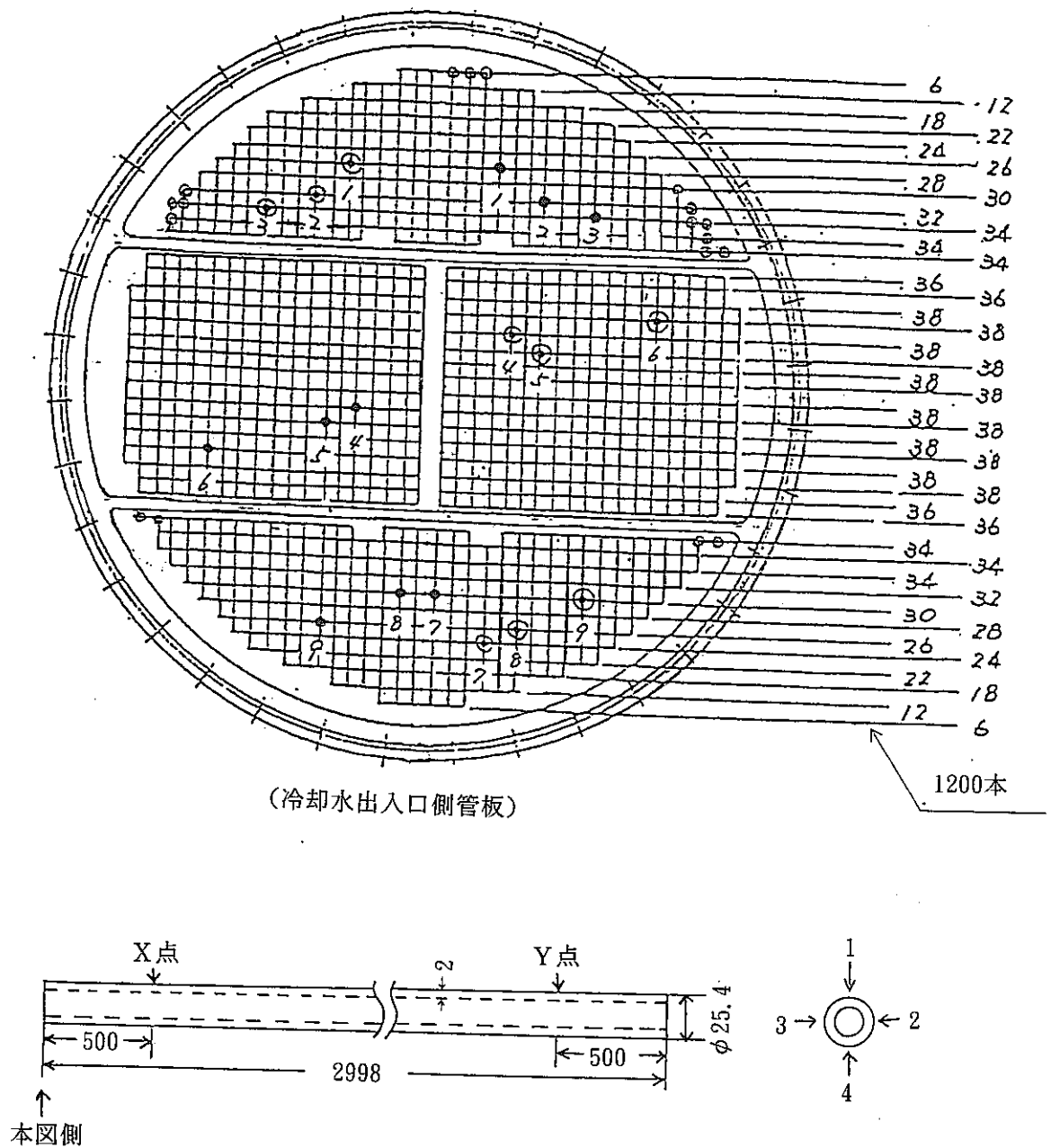


Fig. 4. 5. 4 窒素ガス冷却器伝熱管板厚測定ポイント

4.6 核計装中間出力系モニタの更新

4.6.1 概要

前回の第6回定期点検時より、核計装設備の老朽化対策として設備の更新を進めてきた。前回は本設備のうち線形出力系モニタ及び直流電源ユニット各3台を更新したが、今回はこれに引続き中間出力系モニタ及び前置増幅器各3台の更新を行った。本報告はこの中間出力系モニタの概要と更新結果について述べたものである。

4.6.2 更新内容

核計装設備を構成している8チャンネルのうち、中間出力系モニタ3台（CH-3、4、5）及びこれらの前置増幅器3台の計3チャンネルの機器の更新を行った。また、これらの機器間（モニタ～前置増幅器～中性子検出器駆動装置間）のケーブルの交換も行った。これらの機器は前年度に更新用として設計・製作したもので、これまでの運転・保守経験を反映して主として次の項目に留意して改良を行った。

- (1) ノイズの影響を避けるため、接地系には充分留意し、回路は可能な限り一点アースとした。
- (2) ハードウェアの設計は十分に保守性を考慮した。

これらの項目の詳細は後に述べる。なお、機器の設計条件、基本的な回路構成は更新前の機器と同様である。

4.6.3 更新機器の概要

更新した中間出力系モニタと前置増幅器の概要を次に述べる。

(1) 中間出力系モニタ

Fig. 4.6.1に中間出力系モニタの回路ブロック図を示す。本モニタの基本回路は大きく分けると次に示す9回路より構成されている。

- ① 信号選択回路（SIG-SEL）
- ② 対数計数率回路（LCRM）
- ③ 対数キャンベル系回路（IRM）
- ④ ペリオド回路（PERIOD）
- ⑤ トリップ回路（TRIP）（2回路）
- ⑥ 低圧電源回路（LVPS）
- ⑦ 高圧電源回路（HVPS）
- ⑧ 補助回路（AUX）

⑨ 出力保護回路 (OUT-PRO)

これらはその回路毎に1枚の基板に収納されている(⑦を除く)。次にこれらの回路について簡単に述べる。

① 信号選択回路 (SIG-SEL)

信号選択回路は前置増幅器からの信号を増幅する交流増幅器である。この出力は2つに分けられ、一方は対数計数率回路 (LCRM) へ、もう一方は対数キャンベル系回路 (IRM) へそれぞれの回路特性に応じた特性の信号を出力する。このうち、対数キャンベル系への出力は入力信号の大きさに応じて本回路内で増幅器の利得切り替えが行われる。

② 対数計数率回路 (LCRM)

対数計数率回路は信号選択回路の対数計数率回路用信号 (パルス) を入力として、波高弁別回路を介し、0~10V (1~10⁶ cps) のアナログ信号を出力する回路である。この回路は核計装の起動系 (SRM) と同じ回路である。

③ 対数キャンベル系回路 (IRM)

対数キャンベル系回路は中間出力系モニタとしての主要な回路であり、前段の信号選択回路の対数キャンベル系用信号を入力として整流平均回路・対数変換回路等により0~10V (10⁻¹~10²%) のアナログ信号を出力するものである。

④ ペリオド回路 (PERIOD)

ペリオド回路は対数キャンベル系の出力を微分回路により微分してペリオドを測定するものである。ペリオドの全測定範囲は-30~∞~+3秒で、この範囲で0~約10 (0.91) Vを出力する。従って、ペリオド (秒) と出力電圧の関係は次式で示される。

$$V = 0.91 \left[1 + \frac{30}{T} \right] \quad (V)$$

又は、

$$T = \frac{27.3}{V - 0.91} \quad (\text{秒})$$

ここで、V : ペリオド回路出力 (V)

T : ペリオド (秒)

⑤ トリップ回路 (TRIP)

トリップ回路は基板 2 枚で構成され、基板 1 枚に同一の比較回路が 8 回路実装されている。この比較回路に前項②～④の各回路の出力を入力することにより、それぞれのアラーム・スクラム信号を出力するものである。

⑥ 低圧電源回路 (LVPS)

低圧電源回路はモニタ外部の直流電源ユニットからの DC±21V 電源を入力電源として、前置増幅器・モニタ内の各増幅回路等の作動電源を供給するものである。出力は DC±15V 及び DC+5V の 3 種類の直流電源であり、それぞれ 2 回路ずつ実装されている。

⑦ 高圧電源回路 (HVPS)

高圧電源回路は中性子検出器に印加するための高圧電源発生回路で、DC+50～+500V の範囲で可変することができる。通常は +200V に設定されている。

⑧ 補助回路 (AUX)

補助回路は⑤のトリップ回路のトリップ比較設定回路と、動作不能アラームのバイパススイッチで構成されており、各アラーム・スクラム作動値の設定と、モニタのモードスイッチが「測定」以外の時出力する「動作不能」アラームをバイパスすることができる。

⑨ 出力保護回路 (OUT-PRO)

出力保護回路はヒューズ・コンデンサで構成されており、モニタのトリップ出力・アナログ出力を保護することと、外部からのノイズが信号に重畳しないようにするものである。

(2) 前置増幅器

前置増幅器は中性子検出器からのパルス信号とキャンベル信号の両方を一括して増幅する広帯域増幅器であり、周波数帯域は約 180KHz～20MHz (但し、-3dB の点) である。

以上で述べた中間出力系モニタ及び前置増幅器の基本回路は更新前の機器と同様である。更新前の機器と比べて大きく異なる点は次に示したとおりである。

(i) 対数計数率回路 (LCRM)

対数計数率回路は更新前の中間出力系モニタには実装されていなかった回路であるが、将来、広域核計装設備に変更することを可能とするために設けたもので、中間出

力系（キャンベル系）の機能とは独立したものとなっている。また、本回路の出力はモニタ前面のアラーム・スクラム表示ランプのみで、外部への接続はなされていない。

(ii) 周波数帯域の変更

更新した中間出力系モニタ及び前置増幅器は、広域核計装設備として使用することが可能となることを考慮して、前述したようにキャンベル信号のみでなくパルス信号も同時に計測できるものとした。すなわち、広域核計装設備として使用する場合にはパルス計数率は 10^6 cps以上まで測定する必要がある。このため前置増幅器の周波数帯域は更新前の2 KHz～110 KHzに対して約180 KHz～20 MHz、また、モニタは同様に、5 KHz～60 KHzから約61 KHz～110 MHz（キャンベル系）と、大きく変更した。なお、パルス系については約775 KHz～14 KHzの周波数帯域である。これらの周波数帯域変更後の特性試験では更新前のモニタと比較して、特に原子炉の高出力領域で直線性が良くなっていることが確認されている。

(iii) ペリオドアラーム・スクラム設定値確認回路の追加

ペリオドアラーム・スクラム設定値の確認及び設定を厳密に行うにはトリップ回路の出力のON-OFF確認により行う。この場合、入力信号が電圧または電流等のある一定の値のときには入力信号及び出力信号を電圧計あるいは電流計で確認しながら調整ボリュームで調整すればよい。しかし、ペリオド計の場合は出力が入力信号の微分値となっているため入力信号はある一定の割合で増加するランプ電圧であり、ランプ電圧の勾配に対して設定値を決定する。このため、設定値の確認はランプ電圧を入力したときのペリオド出力とトリップ回路の出力信号をレコーダのチャート上で確認する等、点検調整作業の能率が悪く、改良する必要があった。

更新したモニタはこの点を改良し、ペリオド校正回路の出力であるランプ電圧を可変するトリマーをモニタの前面パネルに設けて任意の勾配のランプ電圧を設定できるようにした。これにより、レコーダを使用せずにアラーム・スクラム設定値の確認及び調整が可能となり点検作業の能率向上が図れた（但し、ペリオド計が正しく校正されていることが前提となることは言うまでもない）。その他、次に示した改良を行った。

(iv) 核計装設備全体のアースは可能な限り一点アースとした。

(v) 基板は回路別にまとめ、特に重要な信号選択回路（SIG-SEL）は、シールドボックス内に収め、ノイズ等の影響から保護した。また、電源回路（低圧電源・高圧

電源)はこれらを増幅器の基板から可能な限り離れた位置に配置した。

(vi) モニタの入力電源 ($\pm 21V$) を各モニタ単体でON-OFFできるように誤操作防止のためのロック付スイッチを設けた。

(vii) モニタの表示ランプ (アラーム・スクラム用) は、ランプ切れのないLEDを使用した。また、ランプ表示のみをホールド式とし、短時間のアラーム・スクラム発報に対しても後から確認できるようにした (確認後はリセットボタンを押す)。

(viii) 通常の点検はモニタ前面のパネルで実施できるようにした。このため、必要なチェック端子・調整用ボリューム等を前面パネルに設けた。但し、誤操作防止のため前面パネルにはカバーを取りつけた。

(ix) アラーム・スクラムの設定値は比較設定器の設定電圧の絶対値を高く設計して、アース電位の影響を受けないようにした。

(x) モニタからの外部出力 (外部指示計・記録計・計算機用出力など) はアイソレータを使用してこれらの機器側からのノイズの進入を防止した。また、モニタ内部の外部出力部には前述の⑨出力保護回路 (OUT-PRO) を設け、外部出力信号の誤配線・短絡時のモニタ内部回路の保護及び外部からのノイズの進入防止をはかった。

4.6.4. 試験検査

中間出力系モニタ及び前置増幅器の製作・据付にあたって実施した試験検査項目の主なものは、次に示したとおりである。

(1) 試験検査内容

① 工場検査

工場検査の内容は次の表に示したとおりである。

工場検査項目と内容

機器 項目	中間出力系モニタ	前置増幅器
外観・構造検査	構造、塗装、銘板等の異常のないこと及び承認図と相違のないことを目視にて検査する。	
寸法検査	機器の各部寸法が承認図と相違ないこと。	
員数検査	構成・数量に相違のないこと。	
絶縁抵抗検査	DC±21Vライン-シャーシ間にDC100Vを印加し、5MΩ以上であること。 高圧ライン-シャーシ間にDC500Vを印加し、5MΩ以上であること。	高圧ライン-シャーシ間にDC500Vを印加し、5MΩ以上であること。
耐電圧試験	高圧ラインシャーシ間にDC1000V / 1分間印加し、放電・焼損等のないこと。	高圧ライン-シャーシ間にDC1000V / 1分間印加し、放電・焼損等のないこと。
ノイズ試験	機器の作動状態で電源ラインにパルスサージノイズ、減衰形サージノイズを印加し、異常な作動を起こさないこと。	
性能試験*2	<ul style="list-style-type: none"> ・校正出力検査 ・トリップ作動検査 ・波高弁別特性試験 ・入出力直線性試験 ・電源出力電圧検査 ・高圧電源電圧可変範囲検査 ・動作不能インターロック試験 	<ul style="list-style-type: none"> ・利得試験 (入出力直線性試験) ・分解能検査

*2 : 試験検査の詳細内容は(2)試験検査結果の項で述べる。

② 現地検査

(i) ケーブル交換工事

ケーブルは中間出力系モニタ～前置増幅器～中性子検出器駆動装置間について交換を行った。交換にあたり実施した試験検査は次の表に示したとおりである。

ケーブル交換時の試験検査項目と内容

機器 項目	電 線 管	ケ ー ブ ル
外観・構造検査	次の内容を目視にて検査する。	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ロックナット、ブッシングの締め付けの状態 ・接地の状態 ・フレキシブルコネクタの取付状態 	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーブル整線の状態 ・接地の有無（端末部） ・ケーブルの番号表示状態 ・端末処理状態
導 通 試 験	<ul style="list-style-type: none"> ・テスターにより各ケーブル端子間の導通及び接地の有無を確認する。 	
絶縁抵抗検査	<ul style="list-style-type: none"> ・DC100Vを印加し、同軸ケーブルについてはケーブル内外導体間の絶縁抵抗を測定する。 その他についてはケーブルの端子部でアース間の絶縁抵抗を測定する。 いずれも100 MΩ以上であること。 	
静電容量検査	<ul style="list-style-type: none"> ・同軸ケーブルの芯線－シールド間の静電容量を測定し、所定の値であること。 	

(ii) 機器据付工事

中間出力系モニタ及び前置増幅器の据付にあたって行った試験検査は次の表に示したとおりである。

機器据付時の試験検査項目と内容

機器 項目	中間出力系モニタ	前置増幅器
外観検査	次の内容を目視にて検査する。 ・盤内機器の据付状態、損傷の有無 ・配線状態、端子台のビスの緩みの有無	
電源電圧検査	・モニタ内の低電圧電源の出力が次の値であること。 DC +15V ±0.15V DC -15V ±0.15V DC +5V : 4.8~5.0V ・高圧電源の可変範囲が次の値であること。 +50~500V (設定値 : +200V)	/
絶縁抵抗検査	・検出器～前置増幅器～モニタ間のケーブルの絶縁抵抗を印加電圧 DC100Vにて測定し、 $1 \times 10^8 \Omega$ 以上であること。	
静電容量検査	・同軸ケーブルについて芯線-シールド間の静電容量を測定し、所定の値であること。	
性能試験*3	・校正出力検査 ・トリップ作動検査 ・応答速度試験 ・入出力直線性試験 ・波高弁別特性試験 ・動作不能インターロック試験 ・零点校正 ・計器単体校正	・利得・・・分解能検査
作動試験	原子炉の運転時に各機器が正常に作動すること。	

*3 : 試験検査の詳細は(2)試験検査結果の項で述べる。

③ 使用前検査

本更新に伴う化学技術庁による使用前検査は次に示す項目について受検した。検査対象機器は中間出力系モニタ3台である。

使用前検査内容

項目	機器	中間出力系モニタ
		現 地
外 観 検 査		外観上の著しい傷・変形等の有無を目視にて検査する。
電 気 品 検 査		絶縁抵抗検査 ・機器のシャーシと電源端子(±21V)間にDC100Vを印加し、5MΩ以上であること。 高圧電源電圧設定値検査 ・高圧電源の出力電圧が+200V±45Vであること。
性 能 検 査		校正検査 ・モニタに模擬信号を入力したときの指示計・記録計の読みが基準値に対し±3%以内の相対誤差であること。 アラーム・スクラム設定値検査 ・アラーム・スクラムの設定値が基準に対し±2%以内であること。

(2) 試験検査結果

前項で述べた試験検査項目のうち主要な項目及び特記すべきものについて次に示す。

① 工場検査

(i) ノイズ試験

ノイズ試験はAC110V電源ラインにノイズ試験器を使用してパルスサージノイズ及び減衰形サージノイズを入力して行った。入力方法はFig. 4.6.2に示したとおり、シリーズモード及びコモンモードの2種類とした。モニタは現地据付時と同じ機器の接続状態とし、この時のモニタの出力電圧波形と、アラーム・スクラム信号の有無を確認した。

この試験の結果、モニタにパルス及び正弦波の模擬信号を入力した状態で、LCRM、IRM、モニタの出力及び指示計の指示値等はいずれのノイズに対しても異常は見られなかった。また、ノイズを入力した状態で入力信号をアラーム・スクラム設定値付近で漸増させたが、設定値以下ではアラーム・スクラムとも発報はなかった。但し、モニタの出力信号にはオシロスコープ上でノイズの影響による高調波が顕著に現れていることが観察された。

(ii) 性能試験

性能試験は前置増幅器とモニタを接続した状態で前置増幅器から模擬信号を入力する方法により、次の7項目について行い、全て良好であることを確認した。

(イ) 校正出力試験

次の表に示す項目について検査を行い、すべて基準値内であることを確認した。

校正出力試験内容

項 目		基 準 値		
L C R M系	校 正「10」	1.67±0.2(V) (7.62~13.2cps)		
	校 正「10 ⁵ 」	8.33±0.2(V) (0.76×10 ⁵ ~1.31×10 ⁵ cps)		
I R M系	校 正「10」	1.67±0.3(V) (0.66×10 ⁻³ ~1.52×10 ⁻³ %)		
	校 正「10 ⁵ 」	8.33±0.3(V) (0.66×10 ¹ ~1.51×10 ¹ %)		
	ペリオド	3秒	10.00±0.3(V) (2.9~3.1秒)	
		校 正	30秒	1.82±0.3(V) (22.6~44.8秒)

(ロ) トリップ作動検査

模擬信号入力によりモニタの出力電圧を可変して、次表の値でアラーム・スクラム信号が出力されることを確認した。

トリップ作動試験内容

項 目		基 準 値		
L CRM系	上 限 ス ク ラ ム	9.96±0.1(V) (8.2×10 ⁵ ~ 1.1×10 ⁶ cps)		
	上 限 ア ラ ー ム	9.74±0.1(V) (6.1×10 ⁵ ~ 8.0×10 ⁵ cps)		
	下 限 ア ラ ー ム	0.79±0.1(V) (2.6~3.4cps)		
	動作不能	上 限	4.90±0.1(V) (240~250V)	
下 限		3.10±0.1(V) (150~160V)		
I R M系	上 限 ス ク ラ ム	9.96±0.1(V) (82~110%)		
	上 限 ア ラ ー ム	9.74±0.1(V) (61~80%)		
	下 限 ア ラ ー ム	1.67±0.1(V) (0.87×10 ⁻³ ~1.2×10 ⁻³ %)		
	動作不能	上 限	4.90±0.1(V) (240~250V)	
		下 限	3.10±0.1(V) (150~160V)	
	ペリオドスクラム	6.37±0.1(V) (4.9~5.1秒)		
ペリオドスクラム	2.00±0.1(V) (23~28 秒)			

(ハ) 波高弁別特性試験

前置増幅器からパルス信号を入力し、モニタの波高弁別電圧を可変してカウンタ出力が0 Hzになるときの弁別電圧を測定した。この結果はパルス波高が $-3.75\text{mV}_{\text{P-P}} \sim -37.5\text{mV}_{\text{P-P}}$ の範囲に対して、この時の弁別電圧は $-75 \sim -750\text{mV}$ で、基準値の $\pm 5\% \text{F.S.} (\text{F.S.} = -1500\text{mV})$ を満足した。

(ニ) 入出力直線性試験

モニタに模擬信号を入力したときの出力電圧が次表の関係になっていること及び $\pm 2\% \text{F.S.}$ 以内の直線性を有していることを確認した。

この結果、直線性は最大誤差が $+1.7\% \text{F.S.}$ であり、設定利得も良好であることを確認した。

モニタ利得設定条件

項 目	モニタ 入力 出力電圧	CH-3	CH-4	CH-5
	L C R M 系			
10 V (10^6 cps)		10^6 cps	10^6 cps	10^6 cps
I R M 系	0 V (10^{-4} %)	$3.87 \mu V_{rms}$	$3.87 \mu V_{rms}$	$3.87 \mu V_{rms}$
	10 V (10^2 %)	$3.87 mV_{rms}$	$3.87 mV_{rms}$	$3.87 mV_{rms}$

ここで、入力信号（LCRM及びIRM）はいずれも前置増幅器から入力した。
 なお、これらのIRMの利得設定は「常陽」の中性子検出器据付位置における
 原子炉出力と中性子束の関係から決定したもので、最終的には原子炉の運転時に
 調整する必要がある。従って、本検査の時点では仮の設定利得である。実際に据
 えつけたときの利得の決定および調整方法に関しては後に述べる。

(ホ) 電源出力電圧検査

モニタ及び前置増幅器の作動電源である低圧電源回路の出力電圧の検査を行っ
 た。結果は全て次表に示した基準を満足した。

低圧電源出力電圧基準

電 源 回・路	基 準 値
正 15 V - 1	+ 15 V ± 0. 15 V
負 15 V - 1	- 15 V ± 0. 15 V
正 15 V - 2	+ 15 V ± 0. 15 V
負 15 V - 2	- 15 V ± 0. 15 V
正 5 V	+ 4. 9 V ± 0. 1 V

(へ) 高圧電源電圧可変範囲検査

モニタの高圧電源電圧の可変範囲を検査した。この結果、次表の基準を十分に満足する可変範囲を有していることが確認できた。

高圧電源電圧可変範囲検査結果

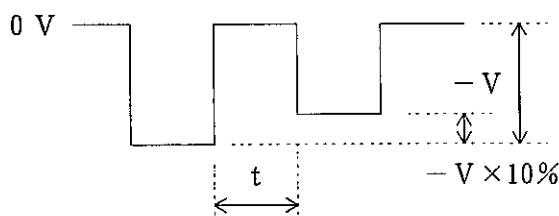
測 定 値			可変範囲基準値
CH-3	CH-4	CH-5	
1.2~533(V)	1.1~533(V)	1.0~542(V)	+50~+500(V)

(ト) 動作不能インターロック試験

高圧電源の出力電圧がトリップ作動試験内容に示した動作不能アラーム設定値を超えた場合及びモニタ内の基板のいずれかを引き抜いたときに動作不能アラームが発報されることを確認した。結果は、いずれも正常に作動した。

(チ) 前置増幅器の分解能検査

前置増幅器の入力端子からダブルパルスを入力し、2つのパルス間隔を小さくしていったときの出力波形を検査した。この結果は下図の基準を満足した。



前置増幅器出力波形

前置増幅器の出力波形が左図のようになったときの2つの入力パルスの間隔 t が $0.5 \mu s$ 以下であること。

検査の結果は3台の前置増幅器とも $t = 0.1 \mu s$ で基準を充分満足した。

(リ) 前置増幅器の利得試験 (入力出力直線性試験)

前置増幅器の入力端子から正弦波の電圧を入力したときの出力電圧 (mV_{rms}) を測定し、設定利得が180倍になっていること及び直線性を良好であることを確認した。

② 現地検査

(イ) ケーブル交換工事

(イ) 外観検査・導通試験

外観検査は電線間、ケーブルとも各チェック項目について不良箇所はなく、良好であった。導通試験についてもケーブル1本毎に入念にチェックし、誤配線・未接続等はないことが確認できた。

(ロ) 絶縁抵抗及び静電容量検査

ケーブルは同軸ケーブル (信号・高圧電源) と制御用ケーブル (低圧電源・インターロック) の2種類である。絶縁抵抗はこれらのケーブル1本ずつ検査し、すべて $100M\Omega$ 以上で良好であった。

静電容量については、同軸ケーブルの全数について、ケーブル長に比例した静電容量を有しており、何ら問題のないことが確認できた。以上の結果のうち同軸ケーブルに関する絶縁抵抗及び静電容量の測定結果を次の表に示す。ここで、絶縁抵抗は $1 \times 10^8 \Omega$ 以上、静電容量は $67.0 pF/m \pm 10\%$ 以内が基準である。

ケーブル試験結果

チャンネル No.	ケーブルの種類	絶縁抵抗 (Ω)	静電容量 (pF)	ケーブル長 (m)	単位長さ当りの 静電容量(pF/m)
CH-3	信号ケーブル①	1.2×10^{11}	1190	17.3	68.8
	高圧電源ケーブル	1.9×10^{13}	4000	58.3	68.6
	信号ケーブル②	4.0×10^{12}	4040	58.26	69.3
CH-4	信号ケーブル①	3.0×10^{13}	930	13.54	68.7
	高圧電源ケーブル	4.0×10^{11}	3200	45.9	69.7
	信号ケーブル②	2.0×10^{13}	3160	45.7	69.1
CH-5	信号ケーブル①	3.0×10^{13}	450	6.8	66.2
	高圧電源ケーブル	1.28×10^{13}	4240	63.4	66.9
	信号ケーブル②	1.5×10^{14}	4250	63.2	67.2

信号ケーブル①：前置増幅器～中性子検出器駆動装置間ケーブル

信号ケーブル②：モニタ～前置増幅器間のケーブル

(ハ) 撤去ケーブルの目視検査

今回の工事で撤去したCH-3、4、5用ケーブル全数の目視検査を行った。この結果、ケーブル据付時あるいはそれ以降についたと思われる傷が発見された。この内容を次に示す。なお、ケーブルは同軸ケーブルである。

(a) CH-3用高圧電源ケーブル (Tag.No. N07S03)

付属建家側のケーブル被覆にピンで刺したような傷が1カ所あり、ケーブル内部のシールド線が露出していた。この部分はビニールテープでテーピングされていた。

(b) CH-4用高圧電源ケーブル (Tag.No. N08S03)

付属建家側のケーブル被覆に溶けたような傷が1カ所あり、ケーブル内部のシールド線が露出していた。この部分はビニールテープでテーピングされていた。

(ii) 機器据付工事

モニタ及び前置増幅器の据付工事にあたって実施した試験検査はTable. 3に示したとおりである。このうちのいくつかの試験検査内容は(2). (a)工場検査結果と重複

しているので、ここでは据付工事に関連した試験検査項目についてのみその結果を述べる

(イ) 外観検査

盤内の機器の取付状態、アース線の配線状態及び盤内不要配線類の撤去、整理状態等に留意して検査を行い、問題のないことを確認した。

(ロ) 特性試験

(a) 応答速度試験

モニタのキャンベル出力及びペリオド出力の応答速度の測定を行った。キャンベル出力の応答速度は、モニタの出力が $10^{-3}\%$ から $10^{-2}\%$ まで変化するステップ状の入力信号を加えて測定した。また、ペリオド出力の応答速度は、適当な信号発生器がないためペリオド校正回路の3秒校正用の出力を使用した。すなわち、ペリオド計に3秒相当のペリオドを入力したときの応答速度を測定した。この測定結果は次の表に示したとおりである。

キャンベル出力及びペリオド出力の応答速度

モニタ	キャンベル出力 (mS)	ペリオド出力 (Sec)
CH-3	56.0	6.66
CH-4	54.5	6.46
CH-5	55.0	5.04

(b) 入出力直線性試験

本試験は、モニタに模擬信号を入力し、このときの出力電圧を測定して直線性が $\pm 3\%F.S$ 以内に調整することを目的とした試験である。ここで、各モニタの利得は後で述べるモニタの利得調査方法により決定した利得になるよう調整してある。従って、前項の工場試験での設定利得とは異なっている。この結果は入出力直線性試験結果に示したとおり、基準値内であることを確認した。

(c) 作動試験

第17サイクル運転開始時に各モニタの出力を原子炉の出力に合わせるための微調整を行った。この結果、各モニタの指示値、作動状態等いずれも正常に作動することを確認した。

(iii) 使用前検査

本検査の内容及び結果はこれまでに述べた内容と重複しているため詳細は割愛する。

本検査は昭和63年11月25日に科学技術庁による現地立会検査を受験し、すべて合格した。

入出力直線性試験結果

モニタ	入力電圧 (mV_{rms})	ATT. (dB)	モニタ 入力電圧 (mV_{rms})	モニタ出力 基準値 (V)	モニタ出力電圧	
					測定値 (V)	誤差 (%)
CH-3	610 mV_{rms} 一定	-20	61.0	10.000	9.943	-0.57
		-30	19.3	8.333	8.247	-0.86
		-40	6.10	6.667	6.577	-0.90
	100KHz一定	-50	1.93	5.000	4.930	-0.70
		-60	0.610	3.333	3.316	-0.17
		-70	0.193	1.667	1.679	-0.112
		-80	0.0610	0.000	0.196	1.96
CH-4	566 mV_{rms} 一定	-20	56.6	10.000	10.000	0.00
		-30	17.9	8.333	8.285	-0.48
		-40	5.66	6.667	6.603	-0.64
	100KHz一定	-50	1.79	5.000	4.963	-0.37
		-60	0.566	3.333	3.265	-0.68
		-70	0.179	1.667	1.516	-0.71
		-80	0.0566	0.000	0.070	-0.70
CH-5	585 mV_{rms} 一定	-20	58.5	10.000	10.000	-0.00
		-30	18.5	8.333	8.321	-0.12
		-40	5.85	6.667	6.657	-0.10
	100KHz一定	-50	1.85	5.000	4.999	-0.01
		-60	0.585	3.333	3.321	-0.12
		-70	0.185	1.667	1.706	0.39
		-80	0.0585	0.000	0.215	2.15

4.6.5 中間出力系モニタの利得の設定

今回の中間出力系モニタ及び前置増幅器の更新にあたって、これらのモニタ及び前置増幅器の利得を確認し、決定する必要があった。この理由は、前項4.4で述べたようにこれらの機器の周波数帯域が更新前の機器と異なっているため、同一の入力信号による利得の比較ができないことによる。このため「常陽」に設置されている予備チャンネル（Ch-9）の中性子検出器を使用して、製作した中間出力系モニタ（以下、新モニタと略す）について更新前の中間出力系モニタ（Ch-3）を基準とした実機ベースでの特性試験及び相対校正を行うこととした。基準としてCh-3を選択した理由は、Ch-3の中性子検出器が中間出力系3チャンネルのうち予備チャンネル（Ch-9）の中性子検出器に最も近い位置に設置されているためである。なお、予備チャンネル（Ch-9）の中性子検出器は、既設Ch-1～5に使用されているものと同一の型式（KSA-51）である。

試験はCh-9の中性子検出器の信号を入力として新モニタと次に示した各モニタの出力との比較を行った。なお、(b)、(c)については原子炉の高出力領域及び低出力領域での新モニタの特性を確認するために行ったものである。(d)については新モニタにはFig. 4.6.1に示したようにパルス計数率の測定回路も有しており、ディスクリ特性はモニタを含めた測定系全体のノイズレベルの確認及び中性子検出器の特性のチェックに必要なため測定を行ったものである。また、(f)についてはペリオド出力について既設の中間出力系モニタと比較・確認する目的で実施した。

- (a) 中間出力系Ch-3と新モニタとの比較
- (b) 線形出力系Ch-6と新モニタとの比較
- (c) 起動系Ch-1と新モニタとの比較（パルス系）
- (d) ディスクリ特性の確認（パルス系）
- (e) 原子炉出力に対する前置増幅器の出力特性の確認
- (f) ペリオド出力の中間出力系Ch-3、5と新モニタとの比較

以上の項目のうち(a)のみについては昭和63年6月の第15^レサイクル運転時に、同年8月の第16サイクル運転開始時に(a)～(f)について予備試験を行なった。

(1) 予備試験

予備試験は第15^レサイクル（6/14、15、6/19及び6/23）運転の起動時及び8/7の第16サイクル起動時に実施した。この試験では原子炉出力が約1MWまでの範囲で主として中間出力系Ch-3と新モニタとの相対校正を行なった。この結果、6/14～

15の最初の試験時に前置増幅器を含めた新モニタ全体の利得が約10倍低いことが判明した（既設の中間出力系モニタとは入力信号の周波数が異なるため直接比較することができない）。このため次の対策を行なった。

(i) 前置増幅器の利得変更（約1.4倍増、 $G=180$ 倍）

(ii) モニタ内交流増幅器の利得変更（定数の変更により、約7.8倍に増加）

この結果、全体の利得を約10.9倍増加させ、これにより新モニタの出力が原子炉出力1 MWにおいてCh-3モニタと良い一致を示すことが確認できた。その後、6/23の原子炉起動時に起動から1 MWまでの原子炉出力に対するCh-3との比較を行なった。この結果をFig. 4.6.3に示す。

この図から新モニタの出力はCh-3に対して原子炉起動時から約1 MWまで良い一致を示すことが確認できた。ここで、原子炉出力（Ch-3）が約 7×10^{-2} %付近で不連続になっている原因は新モニタの交流増幅器内で入力信号のレベルに応じた利得の切り替えを行っており（4.6.3項参照）、この切り替え前後の出力にズレがあったためである。これについてはその後調整を行ない良好となった。

次に8/7の第16サイクル起動時の試験結果について述べる。

(a) 中間出力系Ch-3と新モニタとの比較

Fig. 4.6.4に原子炉出力（Ch-3）約15 MWまでの比較結果を示す。この図より、 1×10^{-3} %以下で若干ズレがあるものの全体的にみて良い一致を示している。この 1×10^{-3} %以下での違いは主として新モニタの前置増幅器の出力信号レベル（後に述べる）及びCh-3の特性（中間出力系の使用領域における出力の直線性を得るために、低出力領域の出力が若干大きくなるように調整してあることによる測定誤差）に起因するものである。

(b) 線形出力系Ch-6と新モニタとの比較

Fig. 4.6.5に原子炉出力100 MWまでの測定結果を示す。ここで、Ch-6の出力は黒鉛温度フィードバックシステム（GAPS）による補正を行なった値であり、この値は原子炉出力90 MWで熱出力に対し -0.92 MWの差がある（90 MWでの熱出力校正で調整した）のみで、その後は ± 0.5 MW以内で一致していることが確認されている。

この図より、Ch-6の測定誤差の大きい低出力側でやや差が大きいものの、原子炉出力100 MWまで良く一致している。

(c) 起動系 Ch-1 と新モニタとの比較 (パルス系)

Fig. 4.6.6 に新モニタのパルス計数率出力と起動系 Ch-1 のパルス計数率の比較を示す。この図で、新モニタのパルス計数率が低めになっているが、この原因として次のことが考えられる。

- (i) 中性子検出器の特性の違い
- (ii) 上記 (i) に伴うディスクリ特性の変化に対する設定電圧が不適當
- (iii) 中性子検出器の据付位置の違いによるもの

などが考えられるが、いずれにしても新モニタの特性上の問題とはならない。なお、この図から新モニタの計数率出力は約 3×10^8 cps まで計測できることが確認された。

(d) ディスクリ特性の確認

前述したように、モニタを含めた測定系全体のノイズレベルを調べ、運転時にノイズによる支障をきたさないことを確認するために本モニタに付加してある対数計数率回路 (LCRM) を使用してディスクリ特性 (積分波高分布特性) を測定した。この結果を Fig. 4.6.7 及び Fig. 4.6.8 に示す。Fig. 4.6.7 は新モニタによる特性を計数率が 1 cps 付近になるまでのディスクリ電圧について測定したものである。この図でディスクリ電圧が 0 ~ 約 -100 mV の範囲で計数率出力が小さくなっている原因は、ディスクリ電圧が入力パルス波高より低くなったためにモニタのアンプが飽和したことによるものである。また、このディスクリ特性が妥當であることを確認するために、新モニタとは別の試験装置により以前に測定したデータと比較を行った。Fig. 4.6.8 は Fig. 4.6.7 のデータをディスクリ電圧が -300 mV までについて比較したものである (中性子検出器は共通)。この結果はディスクリ特性に若干の違いがみられるもののほぼ同様の結果が得られ、データに間違いのないことを確認した。

以上の結果、ノイズレベルについては殆ど同じであり、データは示していないが起動系 Ch-1、2 と比較してもほぼ同じであるので、ノイズレベルについては問題となることはないと考えられた。

(e) 原子炉出力に対する前置増幅器の出力特性

Fig. 4.6.9 及び Fig. 4.6.10 にそれぞれ Ch-3、Ch-6 のモニタ出力に対する前置増幅器の出力特性を示す。両図とも約 3×10^{-3} % 以上から 100% (100 MW) まで良い直線性を有しており、Fig. 4.6.10 からわかるように 100 MW においても飽和していない。約 3×10^{-3} % 以下の範囲で直線性が悪くなる原因は、前置増幅器の出力レベル

がこの付近で約 $1.5\text{mV}_{\text{rms}}$ 以下（原子炉停止中で約 $3\text{mV}_{\text{p-p}}$ ）となり、ノイズ（内部ノイズ）の影響がでてくるためである。この値は既設の中間出力系の前置増幅器のノイズレベルが大きい時で約 $0.2\text{V}_{\text{p-p}}$ であることと比べると大幅に改良されたと言える。

(f) ペリオド出力の中間出力系Ch-3、5と新モニタとの比較

Fig. 4.6.11及びFig. 4.6.12にそれぞれ新モニタのペリオド出力、中間系Ch-3及び5のペリオド出力の記録を示す。本データは第16サイクル起動時の制御棒校正試験時の記録である。両図を比較してわかるとおり、ペリオド出力の大きさにほとんど差がなく、問題はないと考えられた。

(2) 中性子検出器の設置位置の違いによる利得の評価

前項で述べた予備チャンネル（Ch-9）の中性子検出器を使用した中間出力系（Ch-3）との相対校正により、更新用モニタ及び前置増幅器の利得を決定したが、炉容器周囲方向での中性子束密度の分布に違いがあることが考えられるため、この結果にはさらに次の2点の差異が含まれている。

(a) 中間出力系Ch-3と新モニタ（CH-9）の中性子検出器の据付位置の違いに起因する差異。

(b) 中間出力系Ch-3と他のチャンネル（Ch-4及びCh-5）の中性子検出器の据付位置の違いに起因する差異。

この2点の差異については、(b)の違いがどの程度あるかを更新前のモニタについて調べた結果、Ch-3に対するCh-4の利得の差が一番大きく、7.2%Ch-4の利得が高いことが明らかになった。この原因は主として中性子検出器の据付位置の違いによるものと考えられた。この据付位置の違いはCh-3とCh-4の据付位置が最も離れており、Ch-3に対するCh-5及び予備チャンネル（Ch-9）とはほぼ同じ距離になっている。このことから、(a)のCh-3と予備チャンネル（Ch-9）との違いはこれ以下と考えられたが、安全を見込んで±20%の違いがあるものとした。即ち、Ch-3と予備チャンネル（Ch-9）に±20%の違いがあっても新モニタの利得が調整可能のように調整可能範囲に余裕をもたせた。また、他のチャンネル（Ch-4、5）については更新前のCh-3モニタを基準とした利得の違いを相対校正により求め、それぞれ調整することとした。Ch-3を基準とした他のモニタとの利得の違いは次の表に示したとおりである。

中間出力系モニタ各チャンネル間の利得の相違

モニタ	CH-3	CH-4	CH-5
利得差(倍)	1.000	1.072	1.041

(3) 更新後の原子炉運転中における校正

前項で述べたように、設定した中間出力系モニタの利得には基準としたCH-3の中性子検出器と比較した予備中性子検出器との設置位置の違いによる誤差が含まれている。このため更新後の最初の原子炉運転時にこの誤差の確認を行うとともに、必要時の調整、更に設備としての性能の確認を行った。これらの結果を次に述べる。

試験は、原子炉の起動、臨界点 (5×10^4 cps) から約1 MWまで原子炉出力を変化させ、次の確認及び調整を実施した。

- ① 中間出力系 (CH-3、4、5) の出力の相互比較及び調整 (同一指示を示すように調整する)。
- ② 起動系 (CH-1) と中間出力系とのオーバーラップ特性の確認。
- ③ 線形出力系 (CH-6) と中間出力系とのオーバーラップ特性の確認。

(a) 試験回路

Fig. 4.6.13に試験回路を示す。起動系及び線形出力系との比較は、起動系はCH-1、線形出力系はCH-6のモニタ出力で行った。これらのモニタ出力は既設のアイソレータの出力 (0-10V) をレコーダで記録することにより、レコーダ側のトラブルがプラントに影響しないよう配慮した。なお、本アイソレータは今回の定期点検で校正済みである。

(b) 試験結果

① 中間出力系 (CH-3、4、5) の出力の比較及び調整

原子炉出力が 5×10^4 cps (臨界点) での中間出力系モニタの各指示値はCH-3、4、5がそれぞれ $2.0 \times 10^{-3}\%$ 、 $2.2 \times 10^{-3}\%$ 、及び $1.6 \times 10^{-3}\%$ であった。臨界点における中間出力系の各指示値は、これまでのデータから約 $1.1 \times 10^{-3}\%$ であることが明らかになっており、本来はこの値に調整すべきであるが、今回は原子炉を安全に運転すること及び熱出力校正後の線形出力系モニタの出力に合わせる方がより精度の良い調整が可能と考え、やや高めの指示である $1.6 \times 10^{-3}\%$ に調整した。この結果はFig. 4.6.14に示してあるように、CH-3、4、5ともほぼ同一の指示と

なるように調整できた。

② 起動系 (Ch-1) 及び線形出力系 (Ch-6) とのオーバーラップ特性の確認

Fig. 4.6.15に中間出力系及び起動系 (Ch-1) の出力を線形出力系 (Ch-6) に対してプロットした図を示す (正確には原子炉熱出力に対する起動系・中間出力系・線形出力系の各出力を比較するのが良いのであるが、起動系・中間出力系の領域では原子炉熱出力が正確に測定できないので線形出力系を基準とした)。この図からわかるように、起動系 (Ch-1) とのオーバーラップは線形出力系 (Ch-6) の出力で約 $2 \times 10^{-3}\%$ から $2 \times 10^{-2}\%$ までの1デカドを有している。ここで、Ch-6の出力が約 $2 \times 10^{-3}\%$ の以下の範囲でCh-1の出力が急速に下がっている理由は、この領域は線形出力系モニタの測定領域外のため、Ch-6モニタの出力がほとんど変化しないことによるものである。

また、線形出力系 (Ch-6) とのオーバーラップは、この図で直線になっている領域、すなわち約 $1 \times 10^{-2}\%$ 以上から18%での中性子検出器の上限引抜きまでの約3デカド以上を有していることが明らかである (中性子検出器を引き抜かなければ100MWまで直線性を有する)。

なお、参考として中間出力系モニタ・前置増幅器の校正後の利得及び線形出力系 (Ch-6) に対する中間出力系 (Ch-3、4、5) の各出力を原子炉出力100MWまでの範囲でプロットした図をそれぞれFig. 4.6.16に示した。また、この結果から予想される中間出力系モニタの中性子束に対する利得特性をFig. 4.6.17に示した。

4.6.6 据付工事に際して発生した問題と対策

今回の中間出力系モニタ、前置増幅器、ケーブル3式及びこれらの付属機器の更新に際して次の2件のノイズによる障害が発生した。このため、それぞれ必要な対策を施し解決した。

(1) 中間出力系モニタのペリオド短アラームの発生

機器の据付工事が完了した後、これらの機器の出力 (対数出力、ペリオド出力) をそれぞれ記録計にて監視を行った。この結果、Ch-4及び5にペリオド短アラームが頻繁に出ることがわかった (Ch-3については何ら問題なし)。この頻度は約12分の周期的なものであることから、外来のノイズによるものと推定された。このため、炉容器周囲、ケーブルペネトレーション、各配線ルート毎に入念に調べたが、発生源は特定で

きなかった。そこでこのノイズに対する防止対策を次のように行った。

① ケーブルペネトレーション部のケーブルのシールド

核計装に使用しているケーブルペネトレーションはPK-8のK-189 (CH-1、3、6)、K-190 (CH-4、7)、K-192 (CH-2、5、8)である。これらのケーブルペネトレーション内のケーブルは他の機器のケーブルと共にまとめてある。このためこれらのケーブルのいずれかから誘導によるノイズが進入している可能性があると考え、ケーブルを編素線によりシールドし、これをケーブルペネトレーションの外壁(金属製)にアースした。この結果、CH-4についてはペリオド出力が約半分になり、大きい効果が見られた。

② 前置増幅器のノイズ対策

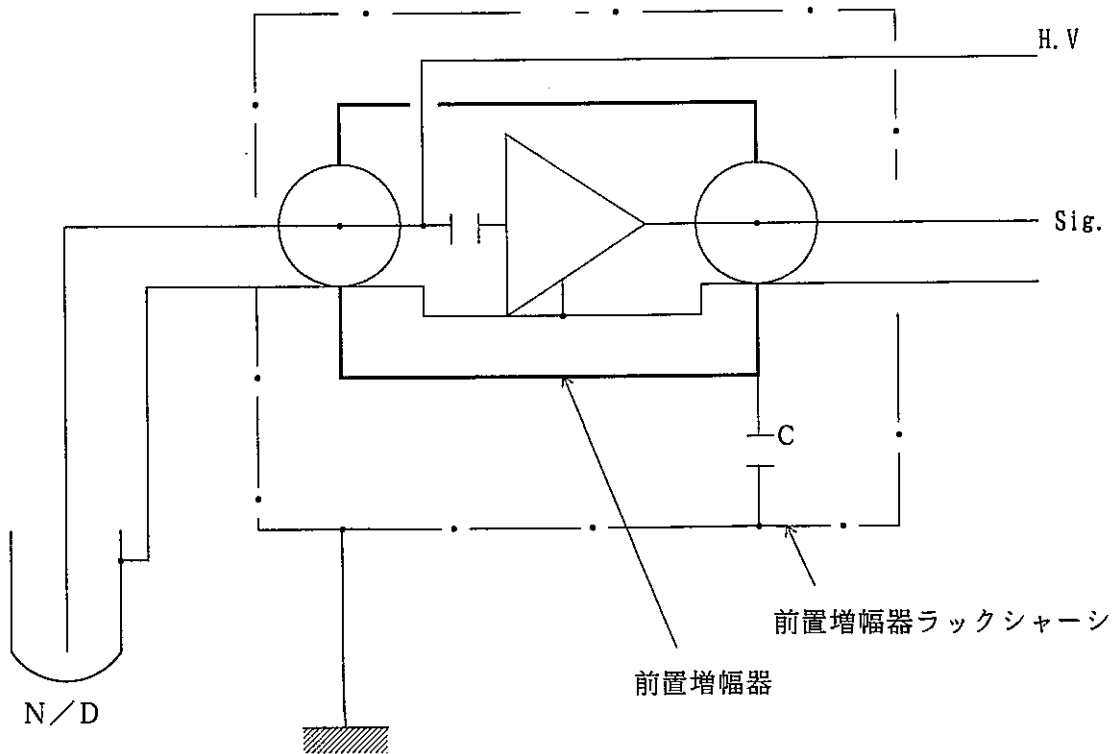
次に前置増幅器周りでノイズを除去することを種々試みた。このうち効果があったものは次の2点である。

(i) 前置増幅器の入力信号コネクタのコモン側のアース

中性子検出器からの信号は1本の同軸ケーブルで前置増幅器に入力されている。この同軸ケーブルのシールド側は前置増幅器のコモンに接続されており、このコモンは前置増幅器筐体を介して格納容器内のアース母線に接続されている。従って、同軸ケーブルのシールド側に重畳したノイズが前置増幅器内のコモンに入る前にアースすべく、信号入力コネクタのコモン側を前置増幅器筐体に直接接続した。

(ii) 前置増幅器のアースラインへのコンデンサの追加

前述のように前置増幅器の筐体は格納容器内のアース母線に接続されている(このアースを外すとノイズは逆に大きくなる)。このアース母線は信号レベルの電圧に対してはアース効果が小さく、逆にアース母線側から前置増幅器へノイズが進入してくる可能性が考えられた。ここで、問題となっているノイズは周波数が数10KHz~数100KHzの高調波であるので、この高調波を除去できればよい。このため、前置増幅器のアースラインに次の図のようにノイズ除去用のコンデンサを取りつけた。これらの内容を次の図に示す。



前置増幅器のノイズ対策

以上の①、②の対策の結果、CH-3、4についてはペリオド短アラームレベルに達するものは殆どみられなくなったが、まだCH-5については充分とはいえないためさらに次の対策を行った。

③ 中間出力系モニタ回路内の対策

(i) 中間出力系モニタの対数出力系の時定数変更

中間出力系モニタの対数出力系の最終段アンプのコンデンサを交換し、時定数を大きくした（回路図のC18を、 $C18=0.033\mu F \rightarrow 1\mu F$ とした）。

(ii) ペリオド計の高調波除去回路の時定数変更

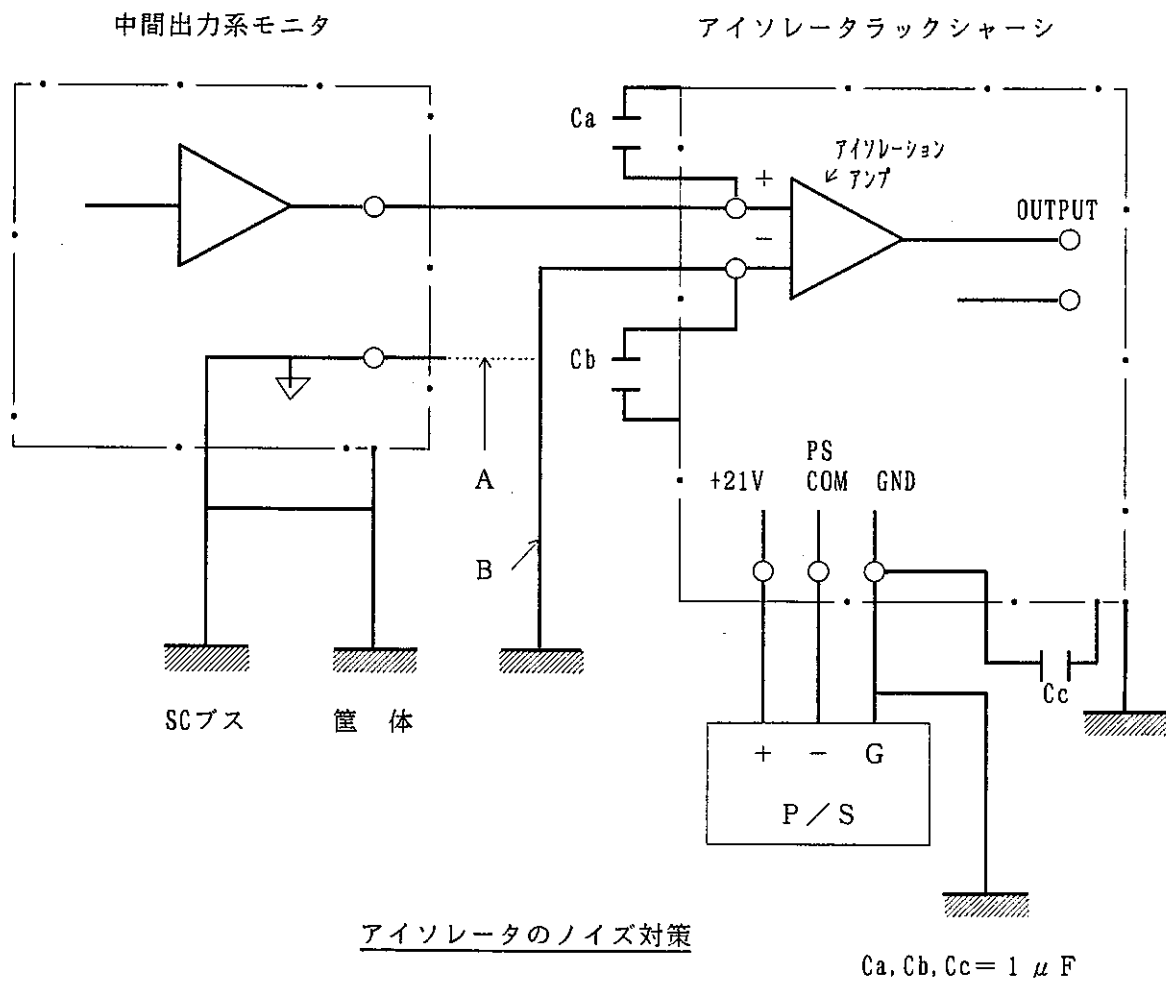
ペリオド計の微分回路に使用されている高調波除去用のコンデンサ（回路図のC7）を $0.0047 \rightarrow 0.01 \rightarrow 0.0147 (\mu F)$ と段階的に増加させ、最終的なコンデンサ容量を $C7=0.0147\mu F$ としたことで問題がなくなった。

これらの対策により、中間出力系モニタのペリオド計の外来ノイズの影響に関しては、問題のないレベルまで下げることができた。

(2) アイソレータのノイズによるLCRM系への影響

中間出力系モニタの対数出力及びペリオド出力はアイソレータを介して中央制御盤の指示計・記録計へそれぞれ送られている。このアイソレータはスイッチング回路を内蔵しているため、このスイッチングノイズがモニタ内のアンプに影響を与え、LCRM系信号に重畳してパルス波形の観察及びディスクリ特性の測定に障害を及ぼした。このため、アイソレータ周りに次のノイズ対策を施した。この内容を次の図に示す。

- ① アイソレータ側にノイズ除去用のコンデンサ（図のCa、Cb、Cc）を追加した。
- ② 中間出力系モニタからのアナログ信号のコモン線を外し（図のA部）、アイソレータ側の負側入力を筐体にアースした（図のB部）。



以上の対策により発生したノイズによる障害はすべて取り除かれた。その後、制御棒の引抜挿入操作、運転モードスイッチの切り替え操作及びアラーム発報時に作動する補助継電器盤のリレーの作動による影響について試験及び影響調査を行ったが、このすべてについて影響のないことが確認できた。

4.6.7 まとめ

核計装設備の老朽化対策として中間出力系モニタ及び前置増幅器各3台の更新を実施した。更新にあたってはこれまでの運転・保守経験を反映して、設備の信頼性のより一層の向上、メンテナンス性の向上に主眼をおいて実施した。

この結果、科学技術庁による使用前検査に合格、また、更新後最初の運転である第17サイクル起動時及び運転中のトラブルの発生は皆無で、十分な信頼性を有していることが確認できた。メンテナンス性に関しては、チェック端子・調整用ボリューム等をモニタの前面に配置し、検査のための模擬信号発生用回路をモニタに内蔵させて模擬信号発生計器を使用する必要を無くする等、通常必要な点検は可能な限り操作の簡素化をはかったので今後大幅な点検時間の短縮が可能であると期待できる。

(高須 宏雄)

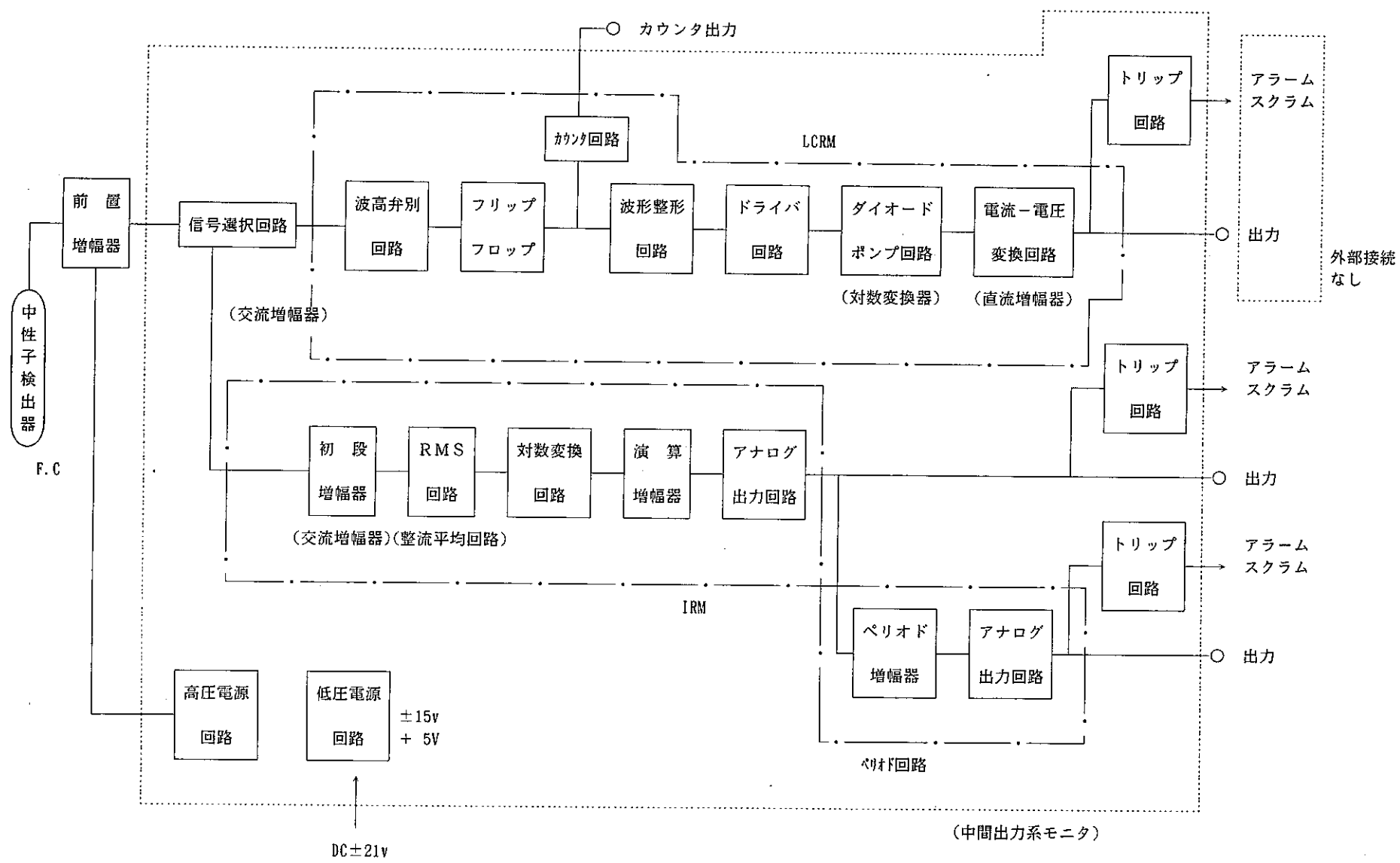
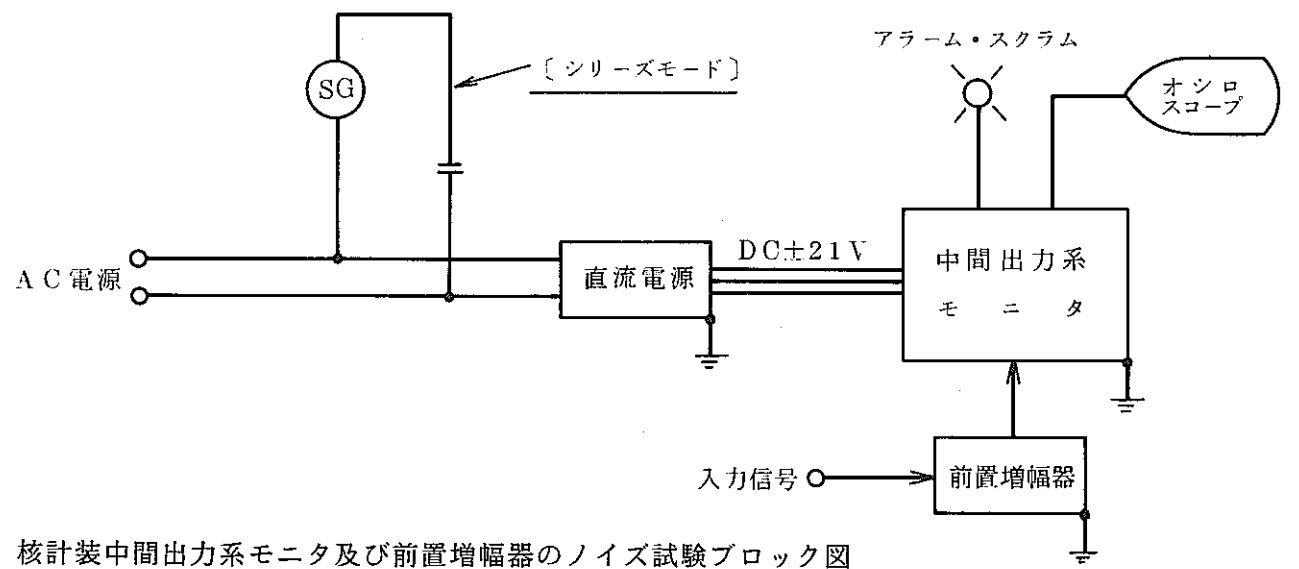
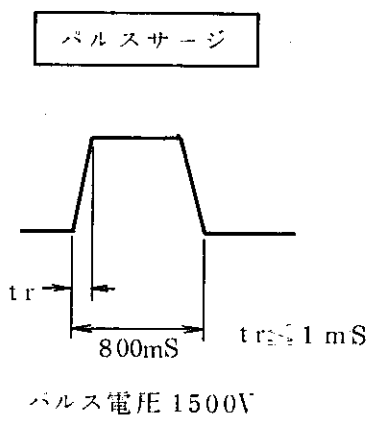
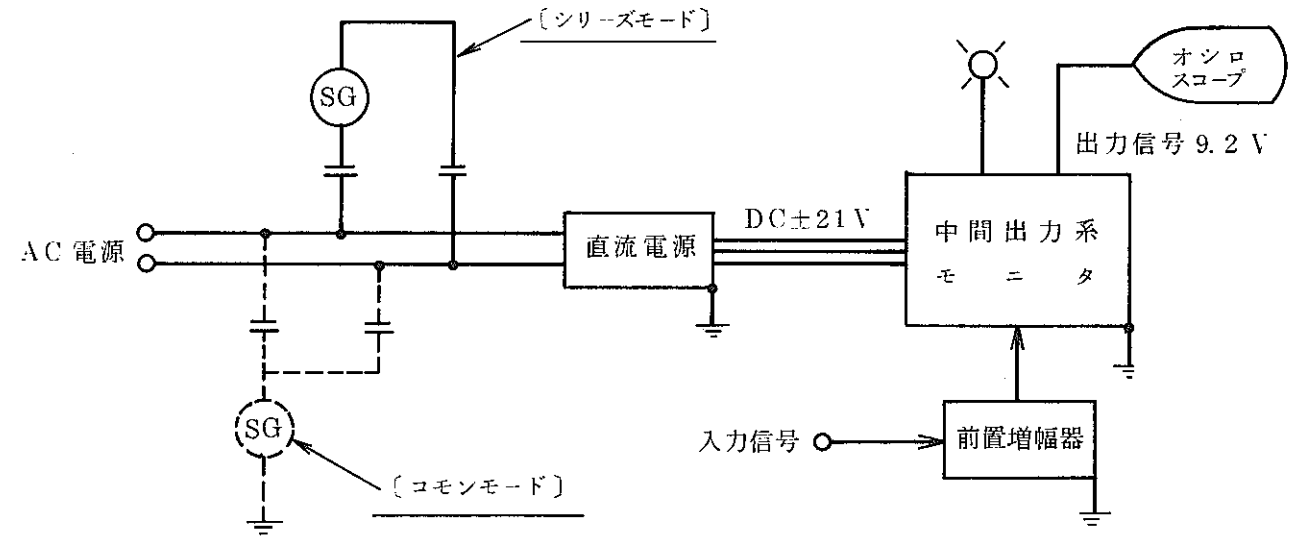
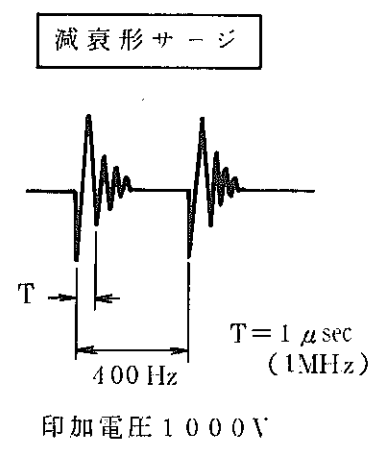


Fig. 4.6.1 核計装中間出力系モニタ回路ブロック図



ⓈG: ノイズ試験器

Fig. 4.6.2 核計装中間出力系モニタ及び前置増幅器のノイズ試験ブロック図

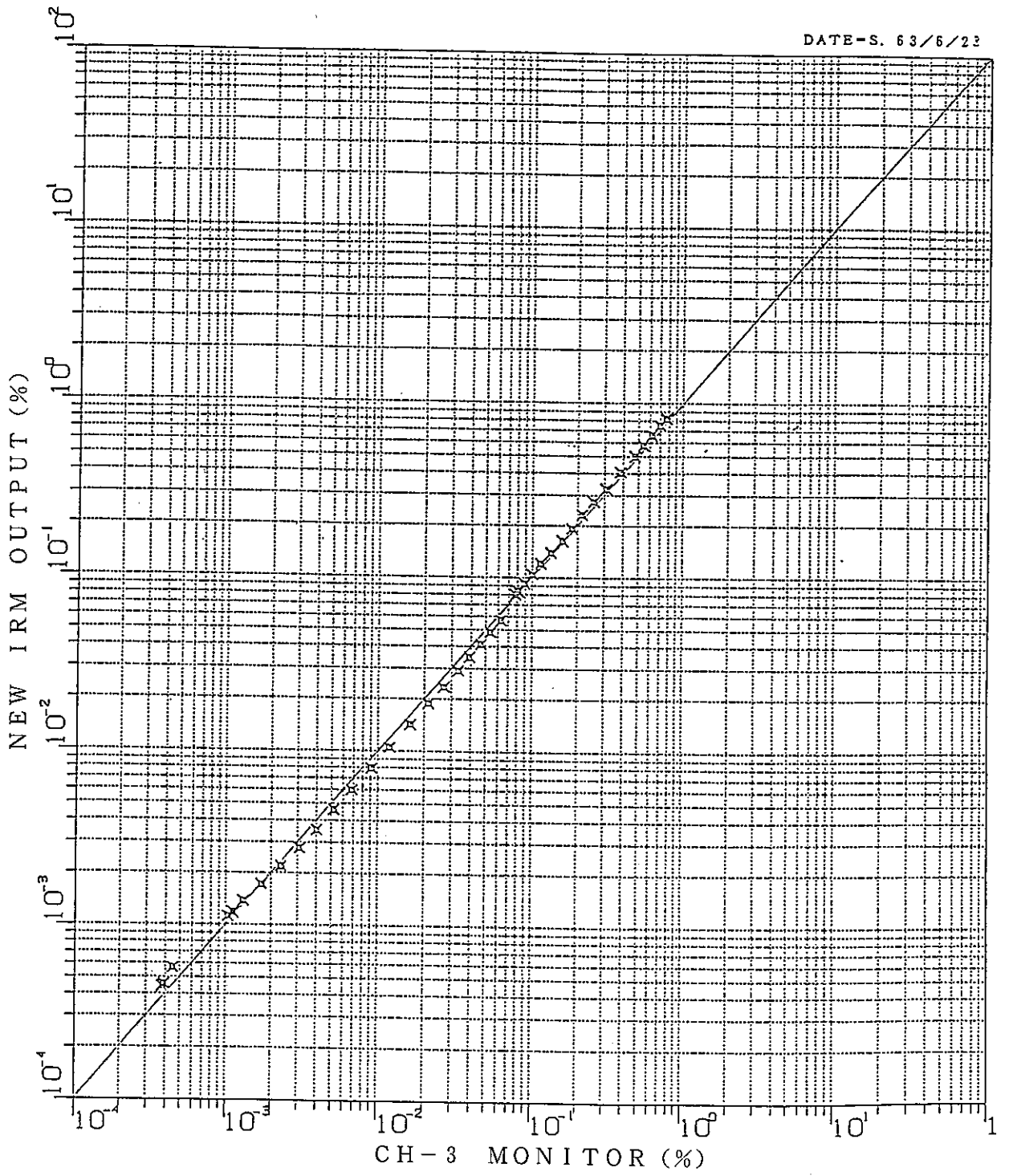


Fig. 4.6.3 核計装中間出力系特性 (起動~1MW)

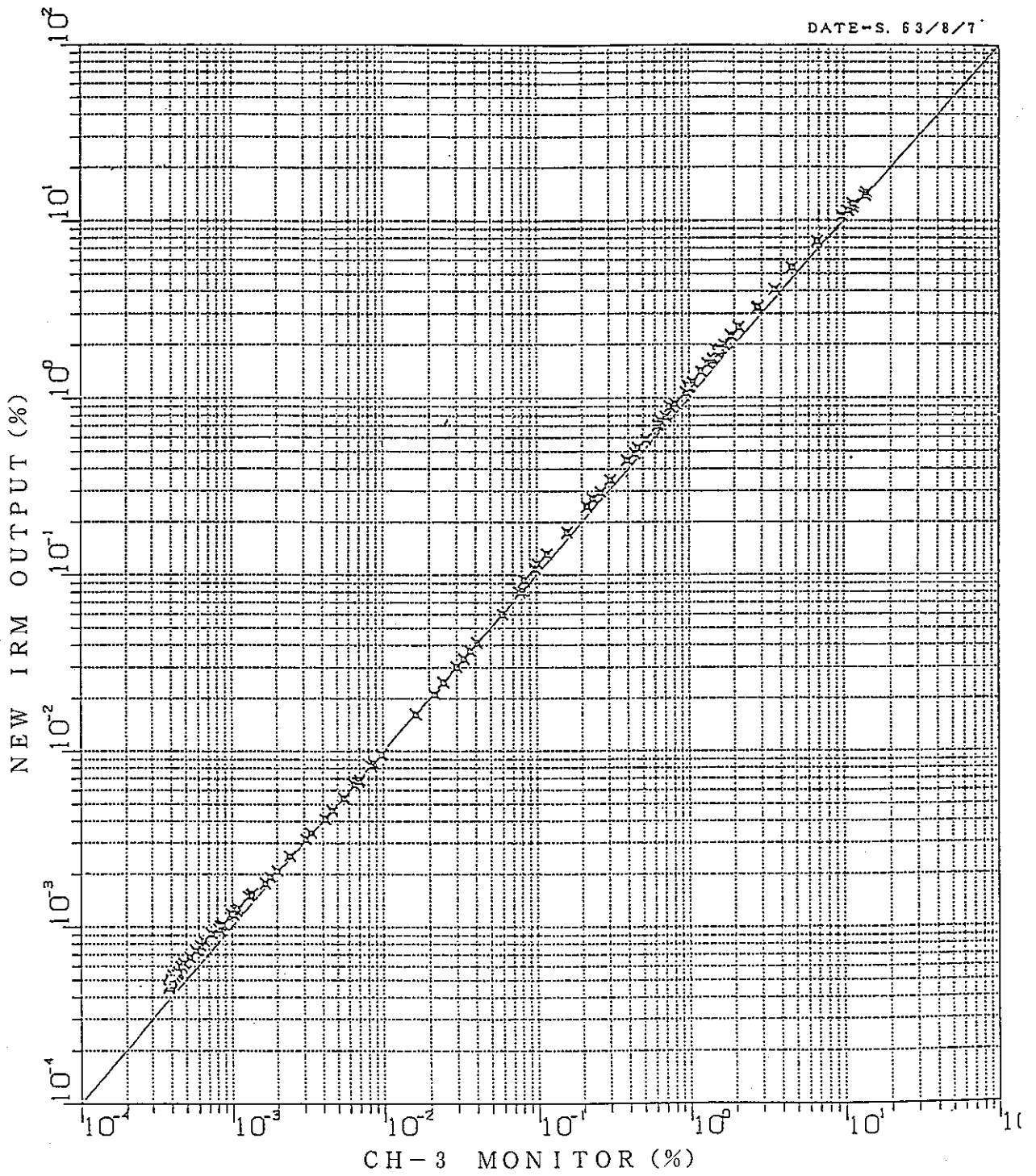


Fig. 4.6.4 核計装中間出力系特性 (起動~15MW)

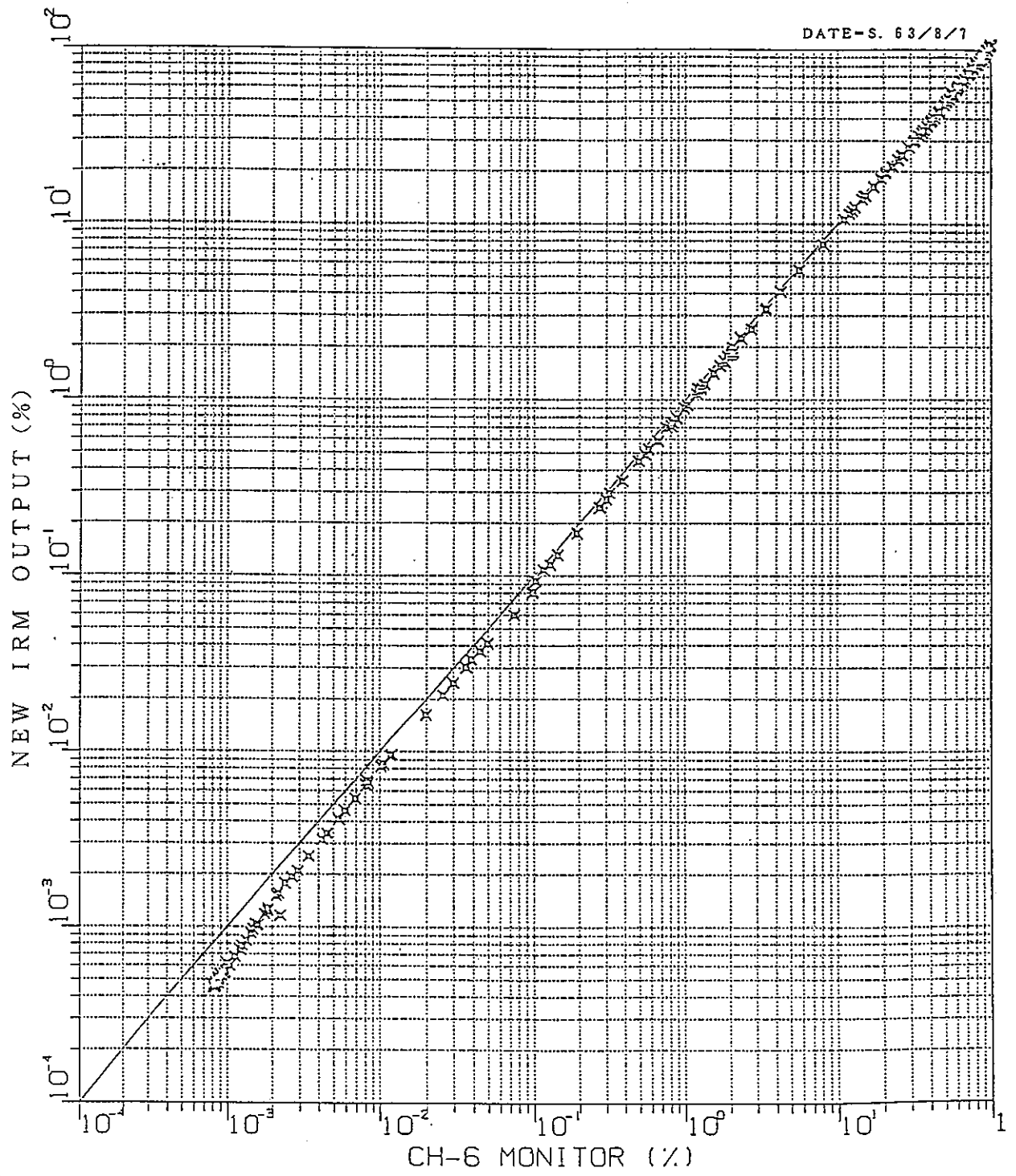


Fig. 4.6.5 核計装中間出力系特性 (~100MW)

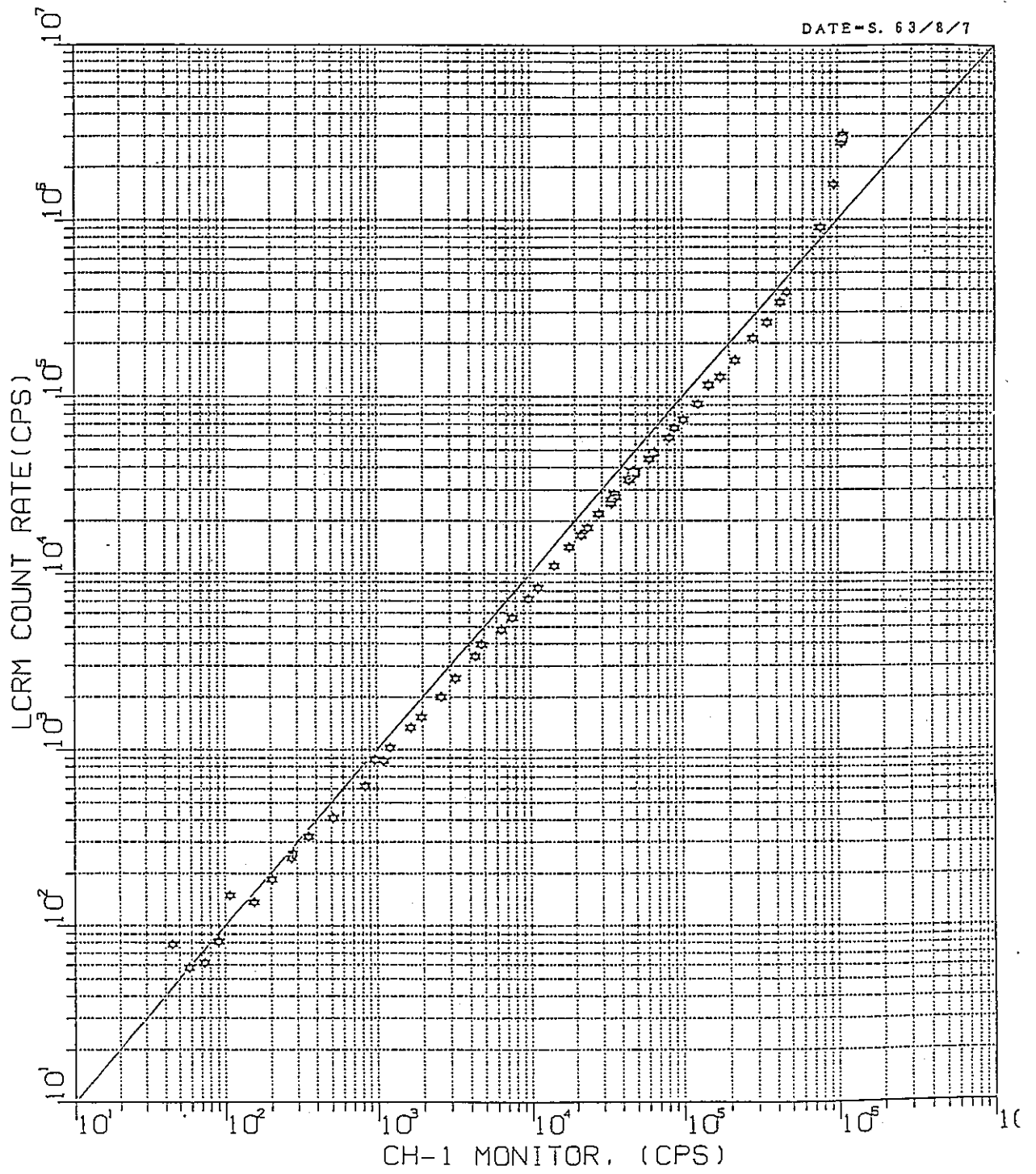


Fig. 4.6.6 核計装中間出力系特性 (LCRM出力)

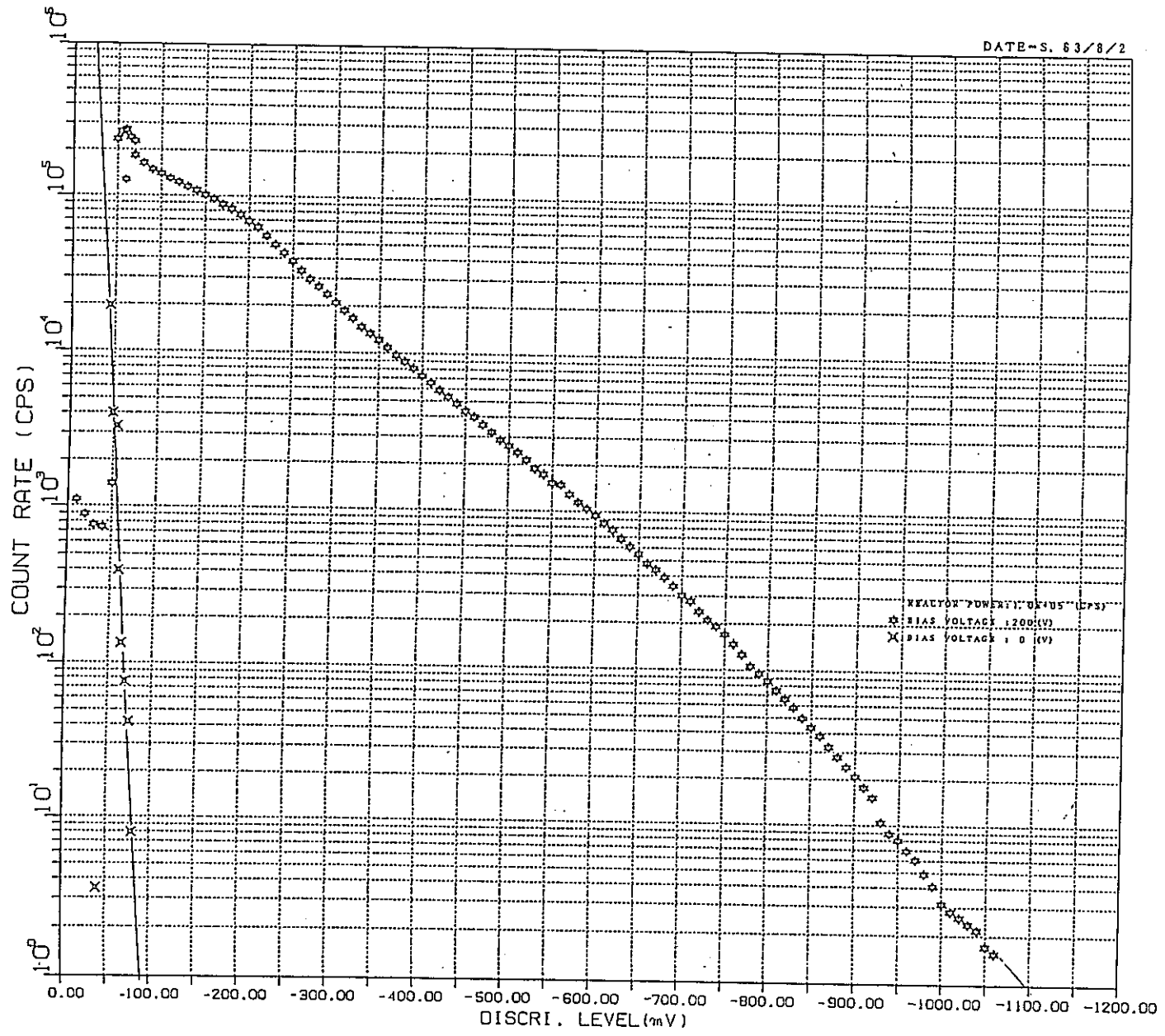


Fig. 4.6.7 ディスクリ特性 (LCRM)

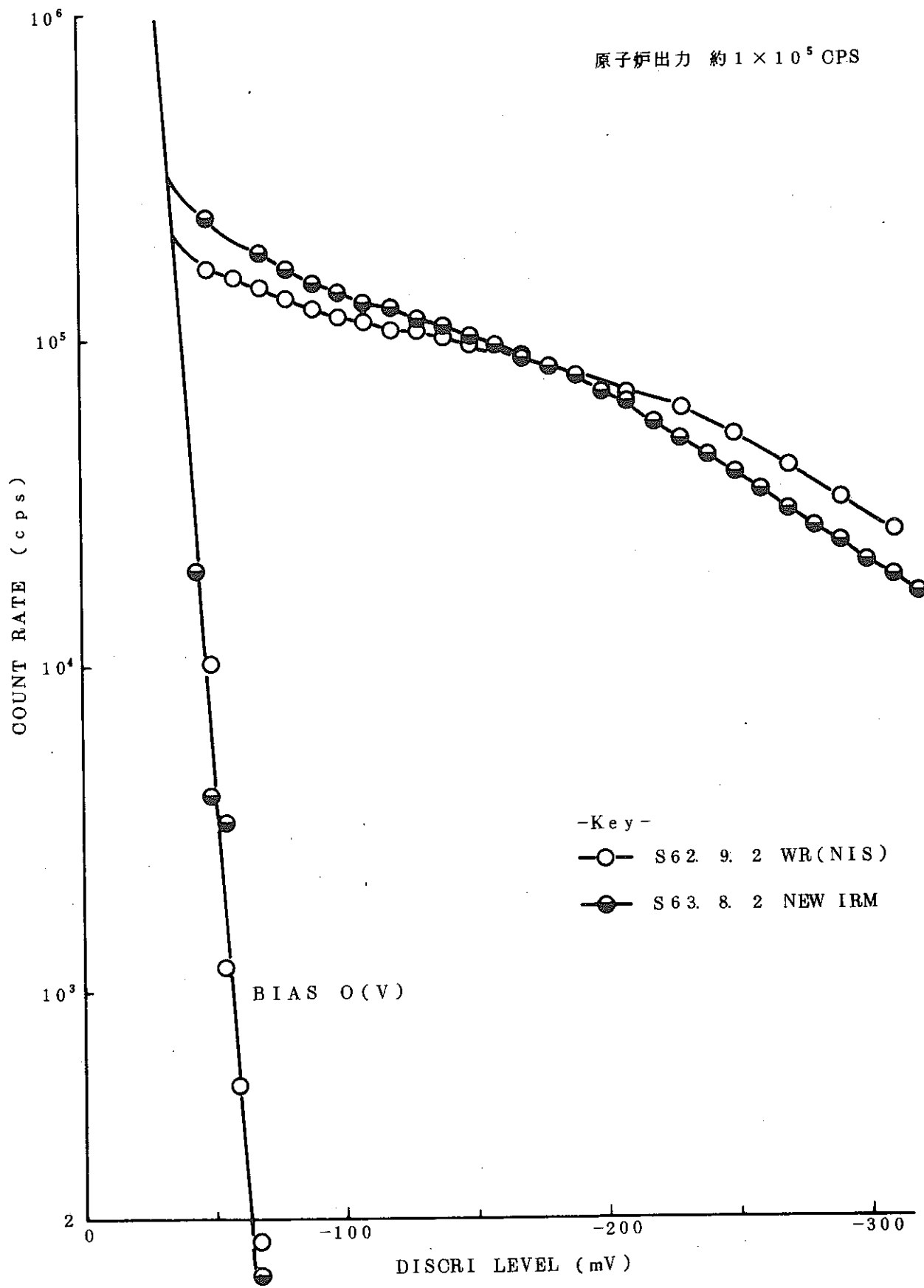


Fig. 4.6.8 ディスクリ特性の比較 (LCRM)

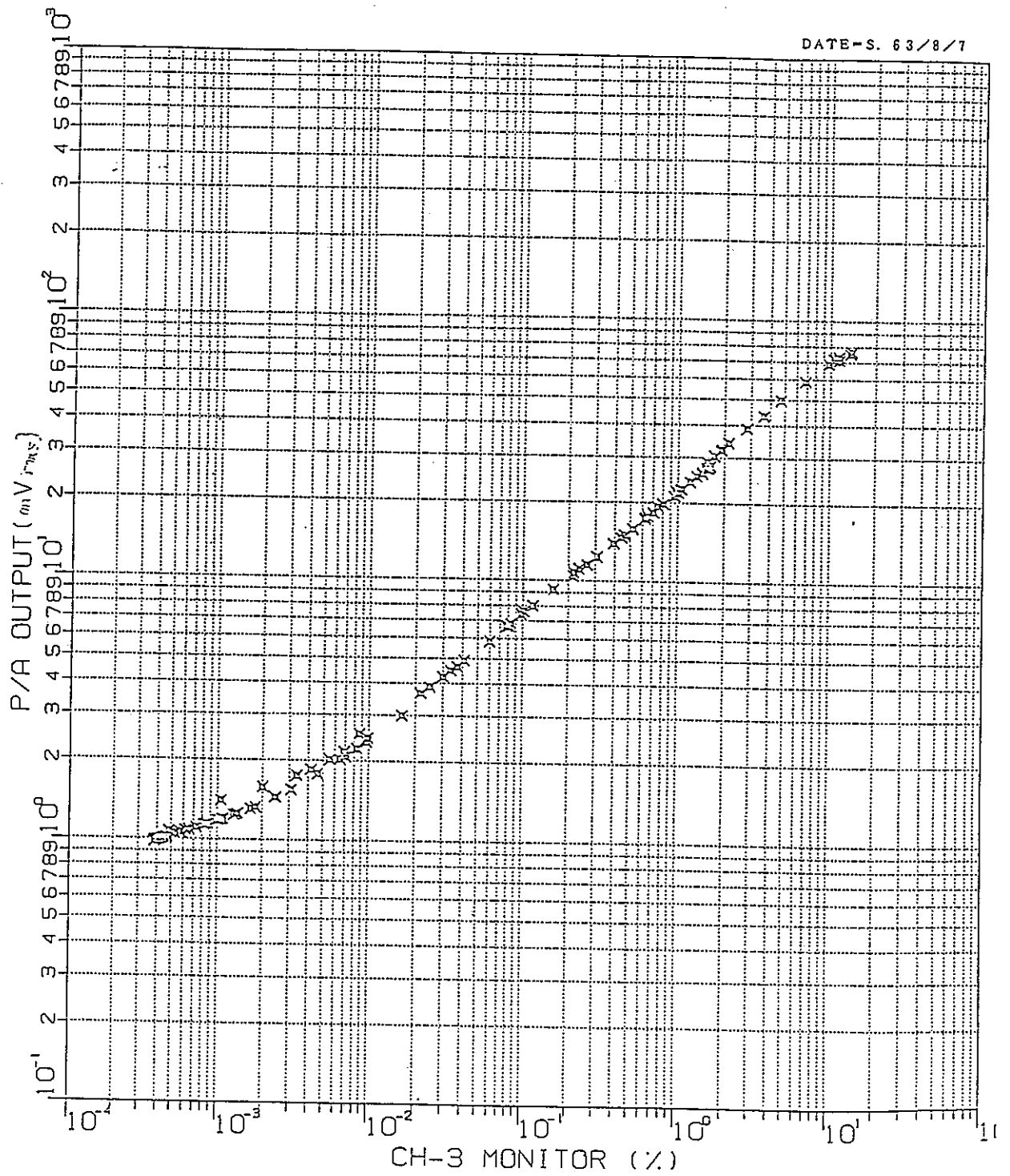


Fig. 4.6.9 前置増幅器特性 (中間出力系との比較)

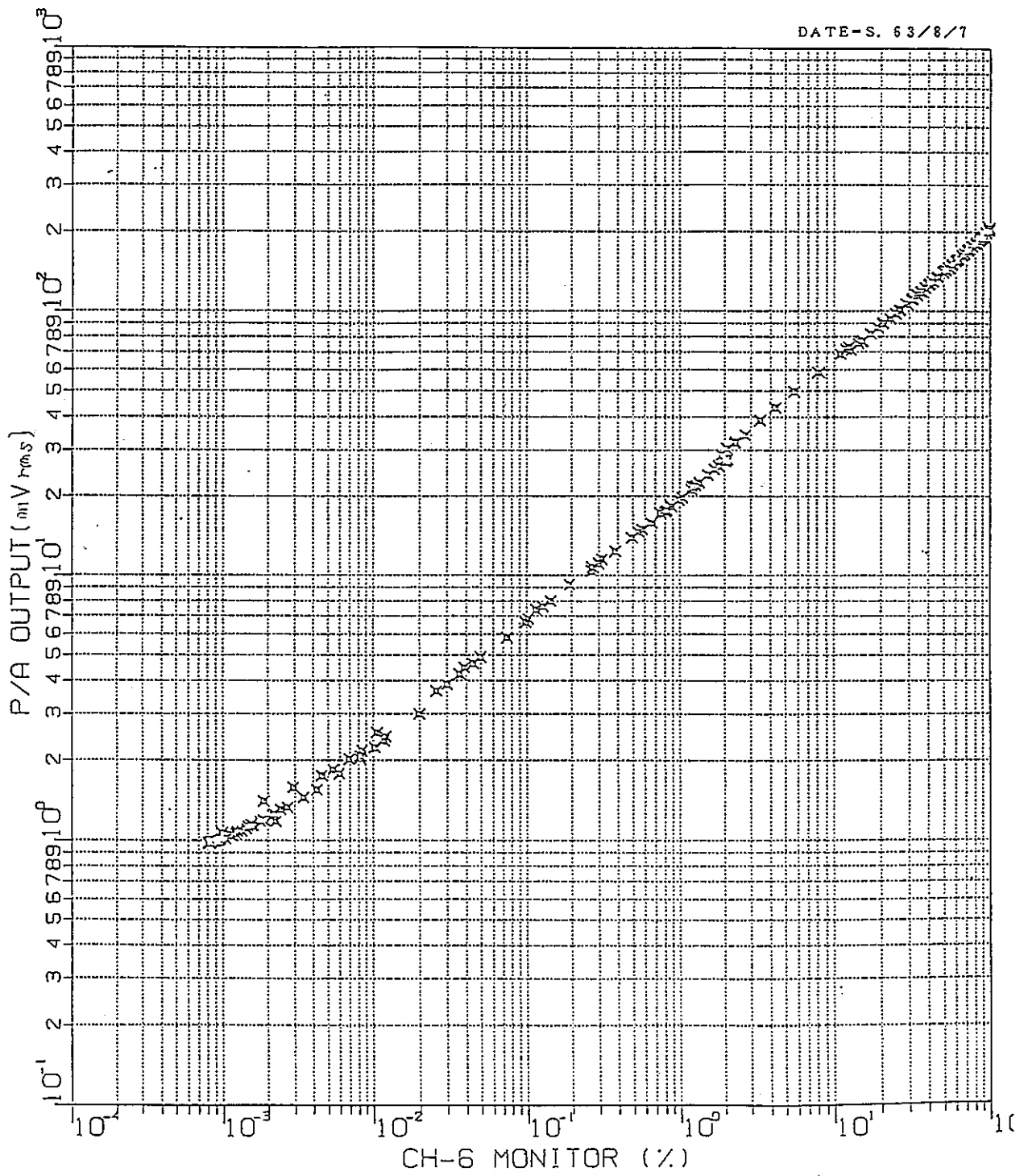


Fig. 4.6.10 前置増幅器特性 (線形出力系との比較)

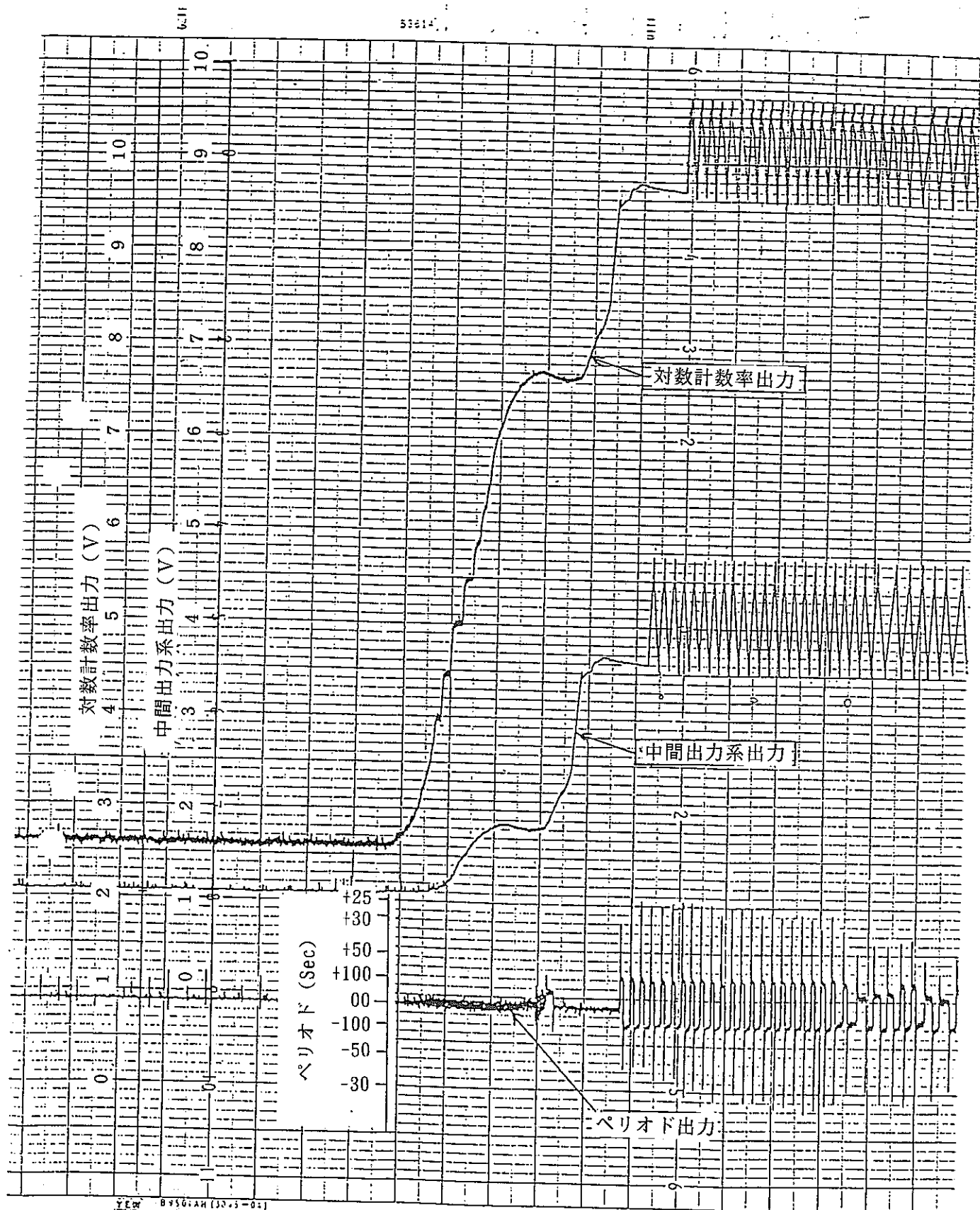


Fig. 4.6.11 ペリオド出力 (新モニタ)

70819

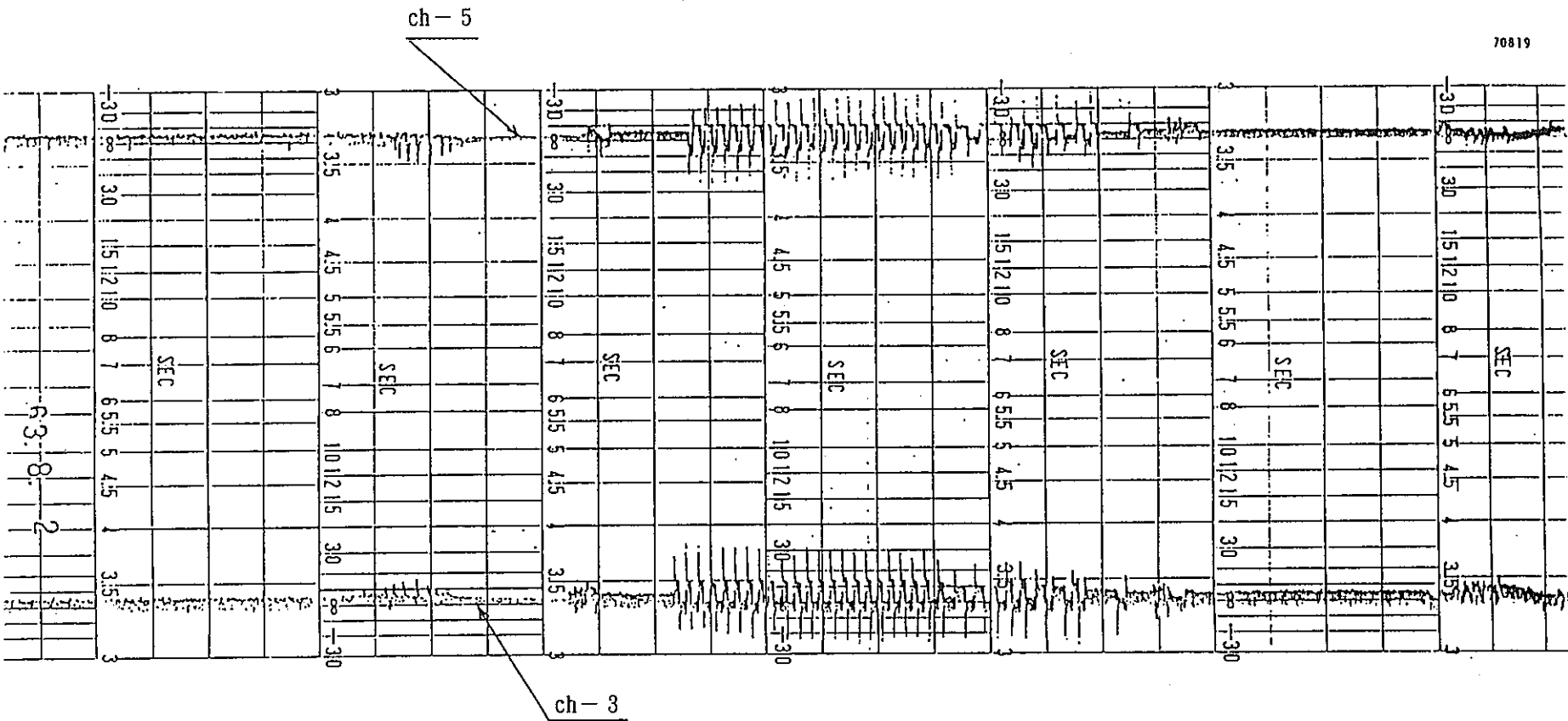


Fig. 4.6.12 ペリオド出力 (中間系 CH-3 及び CH-5)

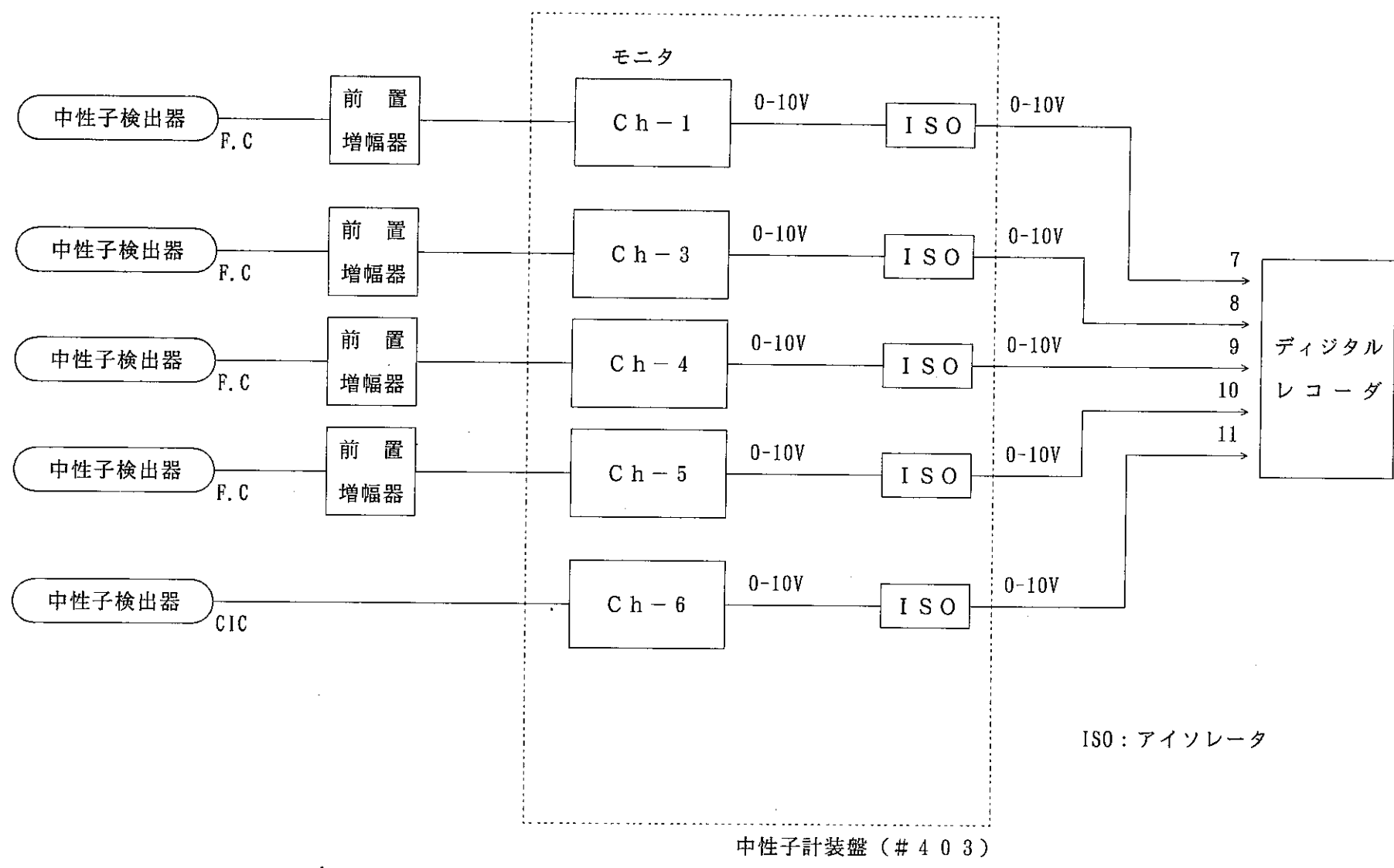


Fig. 4.6.13 中間出力系特性試験回路

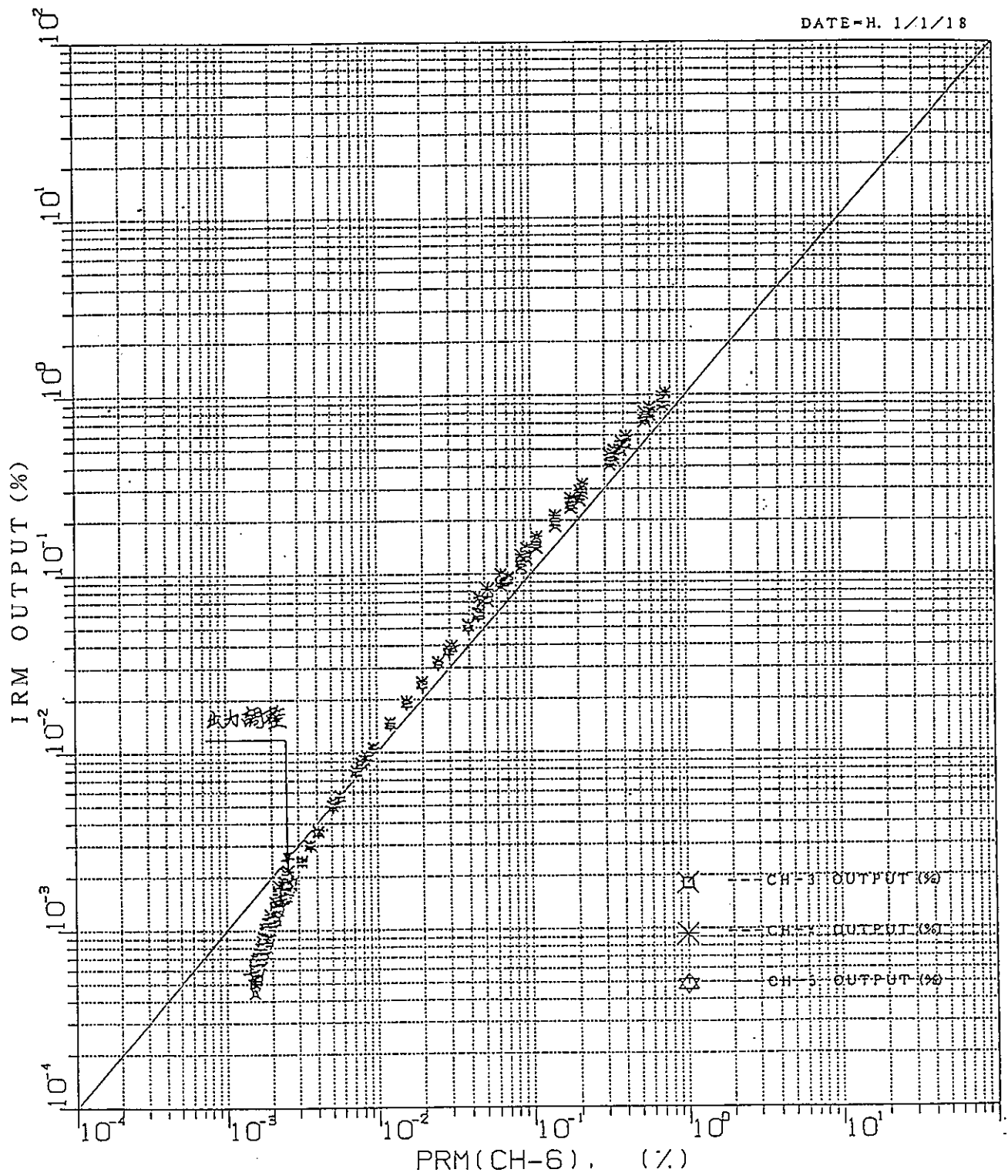


Fig. 4.6.14 核計装中間出力系特性 (起動~1 MW)

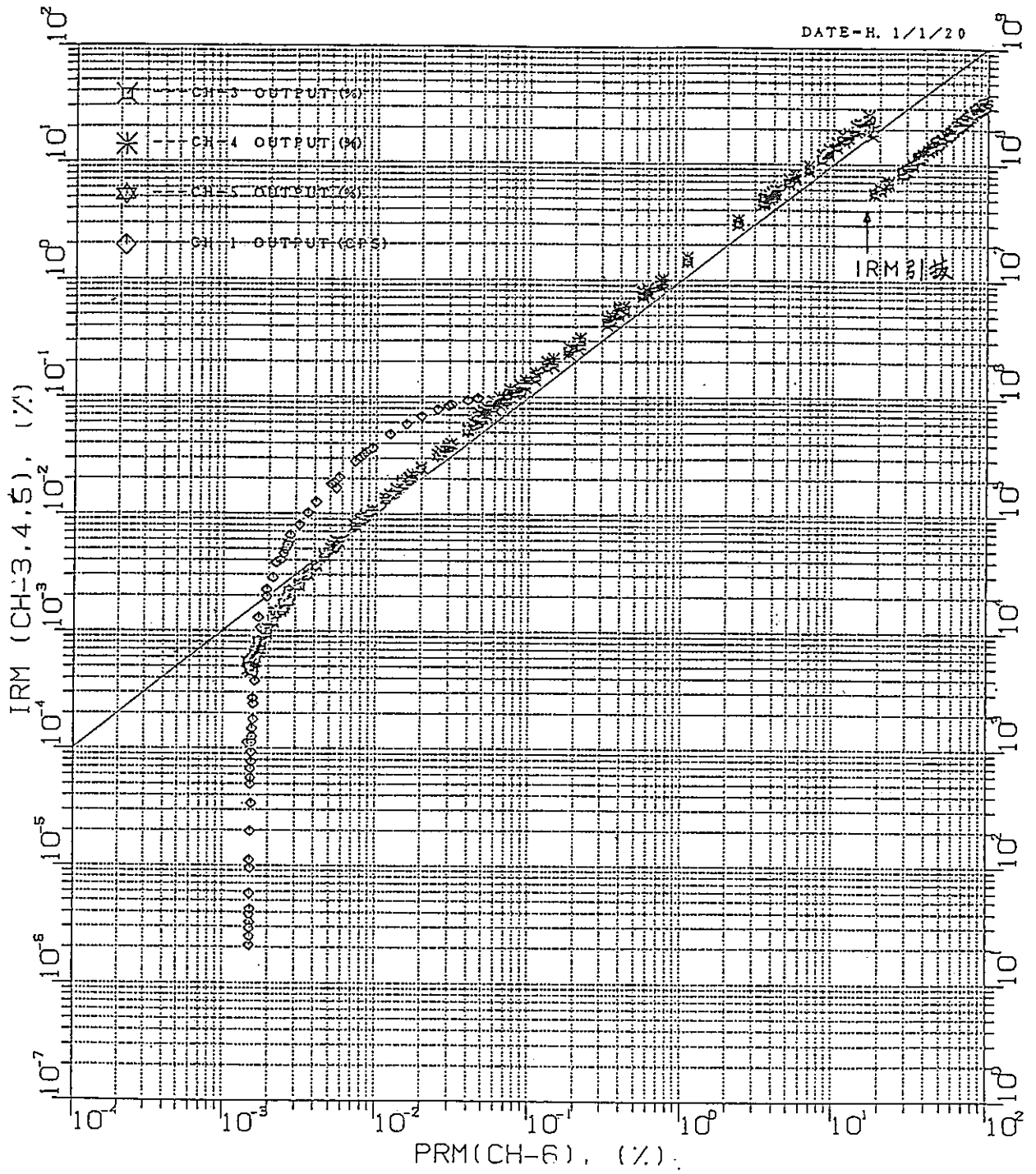


Fig. 4.6.15 中間出力系の起動系及び線形出力系とのオーバーラップ特性

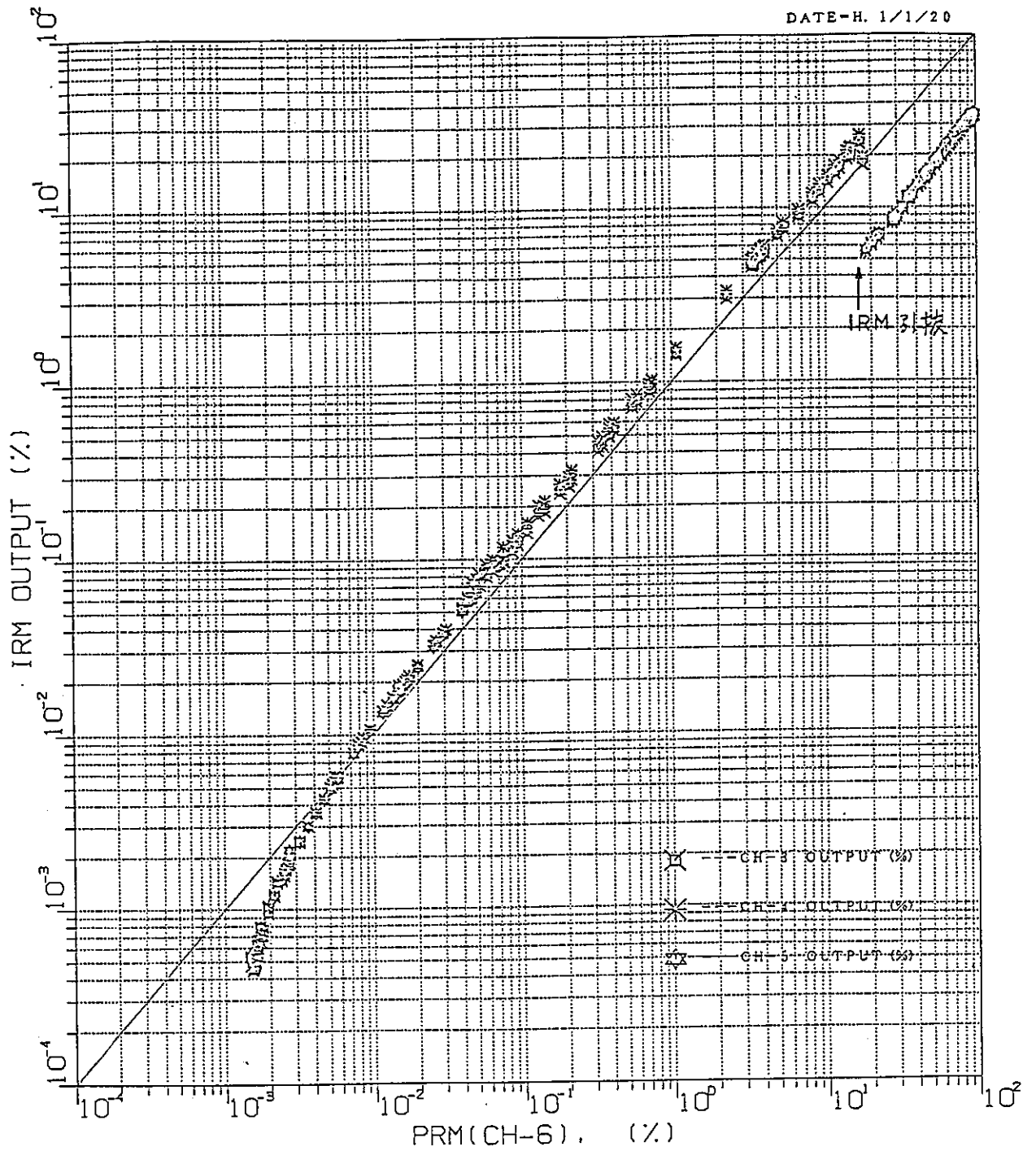


Fig. 4.6.16 核計装中間出力系出力特性 (起動~100MW)

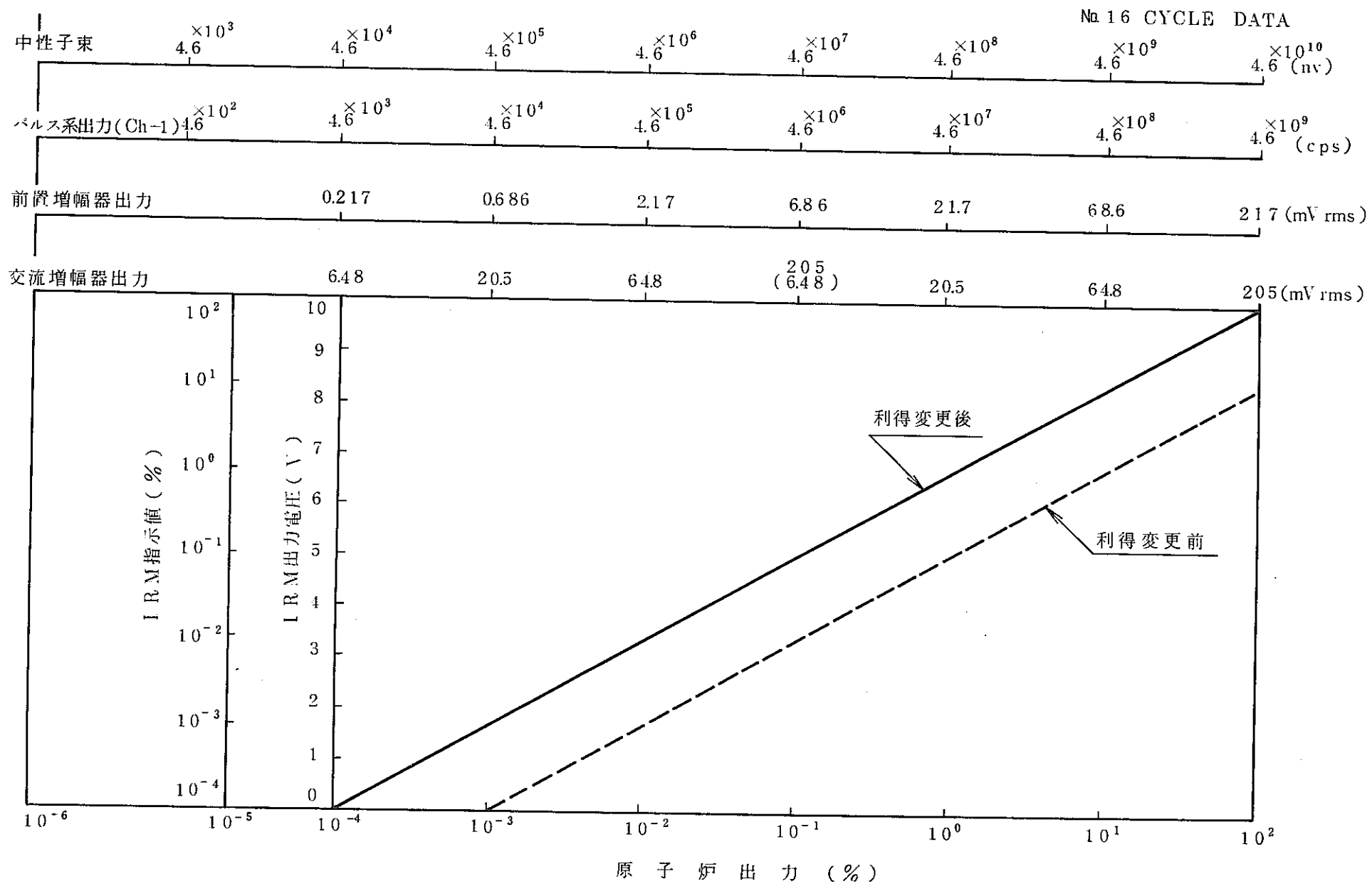


Fig. 4. 6. 17 核計装中間出力系モニタ及び前置増幅器利得

4.7 コンクリート遮蔽体冷却系ブロアの改造

4.7.1 目的

コンクリート遮蔽体冷却系窒素ガスブロア（以下「遮コンブロア」という）は、格納容器床下雰囲気を設置されておりメンテナンス時の作業スペースが狭い事、加えてモータ本体、自動給油装置及びカップリング等の保守性が悪いことなどが相まって分解点検工期に約45日を要していた。また、遮コンブロアは補助系での崩壊熱除去を行っている間はバックアップとしてスタンバイさせておく必要があることから定期検査（以下：定検という）に於ける本遮コンブロアの点検開始時期は補助系による崩壊熱除去運転が不要となる時点即ち、原子炉崩壊熱が60kw以下（原子炉運転停止後約60日）になってからでないと許されない。この結果、定検に入ってから本遮コンブロアの点検終了までに要する期間は定検開始日より少なくとも約105日を必要とするため、「常陽」の定検を短縮しようとする場合、本遮コンブロアの点検工期が直接「常陽」の定検工程のクリティカルパスとなることが考えられる。

以上のことから、「常陽」の定検工程の短縮化を図るためには現設備をより保守性の良いものにすることが必須であるとされていた。

これらのことを踏まえて以下のような改造を計画した。

- (1) 遮コンブロア用モータ（以下「遮コンモータ」という）の保守性を向上させることを考慮して小型化し、作業スペースを確保すること。
- (2) モータの冷却用ケーシング、軸シールカバー及びケーブル類の貫通部等のシール部の改善を図りシール性を向上させること。
- (3) 遮コンモータの冷却用ケーシングに内蔵されている自動給油装置を別置きにすること。
- (4) モータとブロアの従来のフランジ型たわみ軸継手をダイアフラムカップリングに変更すること。

これらの改造を実施した場合、本遮コンブロア（モータ含む）の保守性が向上し点検工期が大幅に短縮（従来の約1/3）できる見通しが得られた。また、この結果、点検に要する人工数も減ることから点検に係わる経費の大幅削減も期待できる。

以上のことを踏まえて前述したような本設備の改造工事を実施した。

4.7.2 設備概要

コンクリート遮蔽体冷却系統設備（Fig. 4.7.1に系統図を示す）は通常運転時においては炉容器ピット部及びペDESTAL部コンクリートの健全性を維持するために当該部の発熱

を強制的に除去することによりコンクリート温度を規定温度以下に保ち、また、床下メンテナンス時には炉心の崩壊熱を除去するため炉容器リークジャケット部を冷却する機能を持ち、更に、原子炉の仮想事故である再臨界事故時には安全容器を冷却する機能を併せ有することにより最終的なプラントの健全性を確保する役割を有する重要な設備である。冷却材には窒素ガスを用い、これを遮コンブローにより格納容器外へ導いて冷却器によって冷却水と熱交換される。

この遮コンモータ及び自動給油装置は前述した原子炉の仮想事故時にも機能を損なうことがないように、廻りの雰囲気と隔離して気密を保ち自己の冷却用窒素ガスの一部を供給して冷却を行っている。

4.7.3 改造内容

遮コンモータ及び自動給油装置の設計・製作は前年度に行っており、今年度はこれらの残りのカップリングの変更などを含めた据付工事を実施した。

以下に前年度及び今年度の実施内容について示す。

(1) 前年度実施内容

① 遮コンモータの製作

遮コンブローの保守性を向上させるためには作業スペースを確保することが必要であるためモータは極力小型化した。

従来、モータの冷却用ケーシングに内蔵されていた自動給油装置を別置きとすること。合わせて、モータ本体に気密性を持たせ冷却用配管を本体に直接接続しモータ内部を冷却できるようにしたことにより従来のような大きな冷却用ケーシングは不要とした。また、シール性の向上を図るために軸シールカバーの取付方法をフランジ方式とした。

これらの結果、モータを大幅に小型化することができ、重量は1/2になった。既設及び新設モータの外形寸法及び重量を下表に示す。(Fig. 4.7.2に既設遮コンモータ外形図、Fig. 4.7.3に新設遮コンモータ構造図を示す)

	外形寸法 (mm)	重量 (kg)
既設遮コンモータ	1,120 ^W ×2,110 ^L ×1,400 ^H	3,000
新設遮コンモータ	700 ^W ×1,550 ^L ×785 ^H	1,500

② 自動給油装置

自動給油装置は、定検時に遮コンモータと並行作業ができるようにモータとは独立させて設置した。

この自動給油装置は、グリストンク、グリスポンプ、電磁弁、分配弁等をユニット化し気密性を保つために着脱可能なカバーで覆いユニット内部を冷却するための冷却用配管を接続するようにした。

(Fig. 4.7.4 に自動給油装置組立図、Fig. 4.7.5 に自動給油装置系統図を示す)

(2) 今年度実施内容

① 既設モータ及び自動給油装置の撤去

モータ及び自動給油装置は、モータケーシングに収納されているが、これらの接続物（冷却配管、給油配管、ケーブル、カップリング等）を取外した後、モータベースと一体で吊り上げ架台（コモンベース）より取外した。

② モータ架台取付

モータ架台はブロー軸との芯を合わせるようにしてコモンベース上にボルト及び溶接等により取付けた。（Fig. 4.7.7 参照）また、モータ単体試運転後、振動低減のために架台の補強をおこなった。

③ 自動給油装置架台取付

自動給油装置はモータ及びブローが設置してある部屋の隣室（R-101）の壁際に架台を設置した。（Fig. 4.7.9 参照）

架台は、床のライニング部を切取ってアンカーボルトで架台の脚を固定し、ライニング部と脚は溶接した。

④ 機器搬入・据付

(イ) モータ及び自動給油装置及び関連資材の搬入は以下の経路で行った。

格内オペフロ (R-501)

↓

機器搬入口 (茶筒)

↓

R-203

↓

R-205

↓

R-106

↓

R-107

↓

R-108

↓

R-102 (モータ設置場所)

↓

R-101 (自動給油装置設置場所)

(ロ) 搬入に際しては、既設のタラップ、サポート等干渉する部分は一時撤去し必要に応じチェーンブロック、コロ、台車等を使用して搬入した。

また、一部通路にあたる部分で壁の角の部分が張り出していてモータが通り抜け出来ない箇所 (R-106→R-107) があったが、ここは干渉する部分のライナ、コンクリートを削りとって (但し、鉄筋は切らないようにした) 通過させ、その後コンクリートの埋め戻し、ライナの取付・溶接を行った。

⑤ モータ及び自動給油装置据付

搬入終了後、モータ及び自動給油装置をそれぞれの架台上に取りつけた。

(Fig. 4.7.6に既設遮コンモータ・ブローア据付図、Fig. 4.7.7に改造後遮コンモータブローア据付図、Fig. 4.7.8に既設遮コンモータ・ブローア配置図、Fig. 4.7.9に自動給油装置据付図を示す)

⑥ 冷却配管、給油配管取付

モータ、自動給油装置の冷却配管及び給油配管を新設部も含めて取りつけた。

冷却配管は、フランジ部を解放してスチールワイヤ、ウェス等により内部を清掃した。

給油配管は、溶接前にウェス、アセトン等により内面を清掃し、溶接後、圧縮空気にてフラッシングし、更に自動給油装置を運転しグリスによりフラッシングした。

(冷却配管系統はFig. 4.7.1を、給油配管系統はFig. 4.7.5を参照)

⑦ 電気計装工事

モータ、自動給油装置の電源、計装等の配線を行った。

⑧ 保温、塗装

自動給油装置配管、冷却配管（保温は往路管のみ）、フィルタチャンバ等にグラスウール綿布等により保温施工し塗装を施した。塗装はこれらの他に冷却配管（還路管）、架台、サポート類にも施した。

4.7.4 試験・検査

試験・検査は以下に示す項目について実施し、全て異常の無いことを確認した。

- (1) 外観検査
- (2) 寸法検査
- (3) 材料検査
- (4) 液体浸透探傷検査（PT検査）
- (5) 耐圧漏洩検査
- (6) 気密試験
- (7) 絶縁抵抗測定検査
- (8) 巻線抵抗測定検査
- (9) 導通検査
- (10) 警報作動検査
- (11) シーケンス試験
- (12) 安全弁作動検査
- (13) グリス給油量測定試験
- (14) モータ単体作動試験
- (15) センタリング測定検査
- (16) 総合試運転

4.7.5 まとめ

本作業は、モータ及び自動給油装置など重量物を取扱い且つ搬入するために、搬入経路、手順等については特に注意をはらい、モータについては実物大のモックアップ（木製）を予め製作し搬入リハーサルを行い問題点を抽出し、それらの対策について対応出来るようにして作業に取り組んだ。この結果、実作業に際しては新たな問題が生じることなく順調に作業を進めることが出来た。

但し、当遮コンブローは高速回転で運転されるので、モータの振動低減の観点からは、架台の補強対策などに工夫を要した。

また、今回の改造における主要なものは以下の通りである。

- (1) 遮コンモータを小型化したこと。
- (2) 自動給油装置を別置ユニット化したこと。
- (3) カップリングをフランジ型たわみ軸継手よりダイアフラムカップリングに交換したこと。
- (4) シール性を向上させたこと。

これらの改造を施した結果、以下の効果が期待され、今後の本設備の分解点検工期が大幅に短縮（従来の約1/3）できる見通しが得られた。

- (1) 遮コンモータを小型化したためにモータ廻りのスペースに若干の余裕が出来取回しに余裕が生じたこと及びモータの冷却配管等の取合部は全てフランジ方式としたことなどが相まってモータの保守性が向上した。
- (2) 従来のモータに比べシール部が大幅に軽減されたのでシール作業を殆ど必要としなくなった。
- (3) ダイアフラムカップリングにしたことによりセンタリング公差に裕度が出来、従来のコールド、ホットでのセンタリング作業が簡略出来た。
- (4) 従来不可能であった遮コンモータと自動給油装置の並行作業が可能となり、この分の作業期間の短縮が図れた。
- (5) 新たに製作した自動給油装置は分配弁の機種変更及び電磁弁も含めてユニット化し、システムの簡素化を図ったために保守性が向上した。

尚、本改造を実施したことにより分解点検に要する経費の大幅な軽減も可能となり、分解点検1回当たり約1,400万円が節約でき、今後20年運転するとした場合、今回の設備改造費を差し引いても約2億円の経費節減が期待できる。

（小林 孝典）

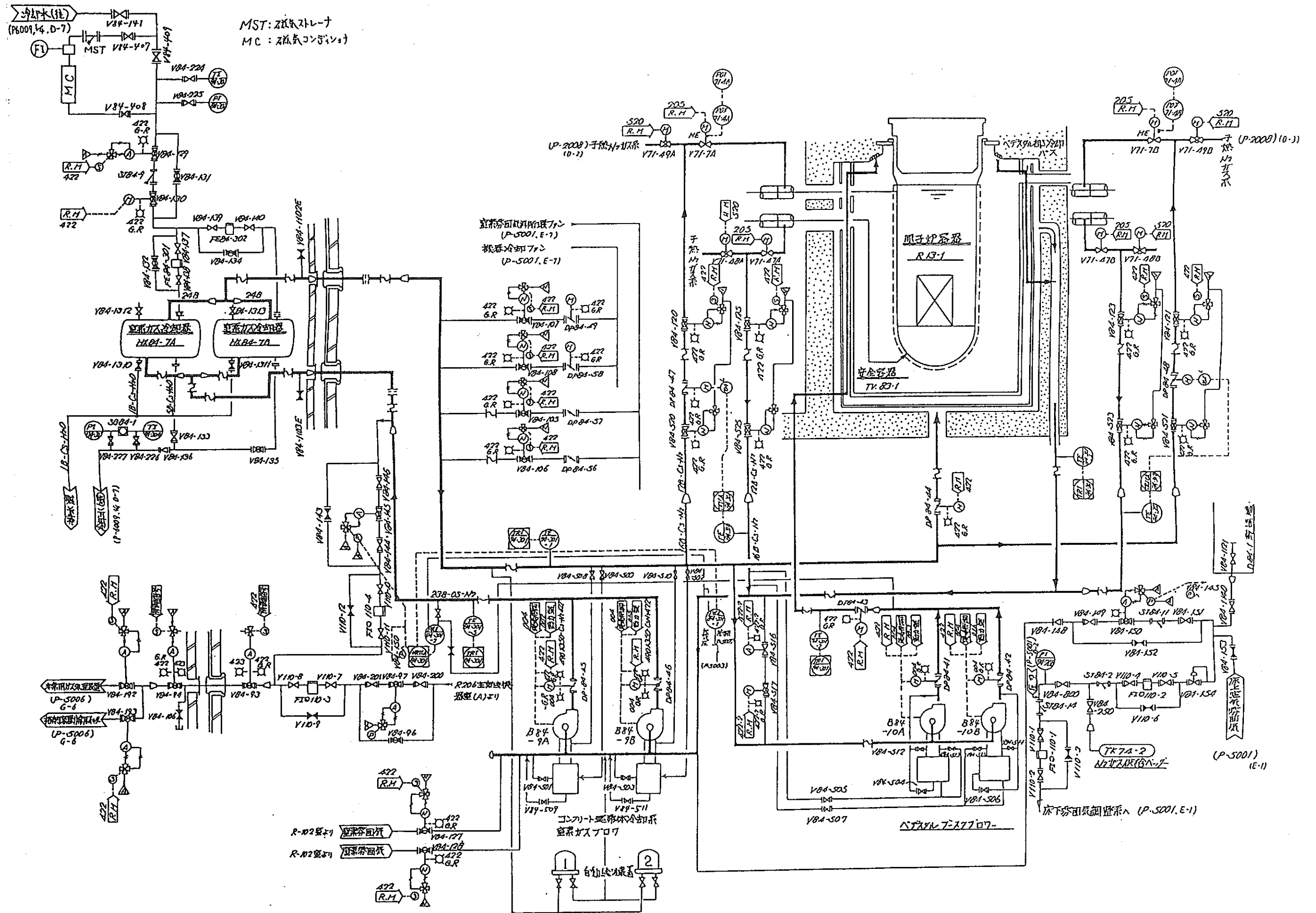


Fig. 4. 7. 1 コンクリート遮蔽体冷却系統図

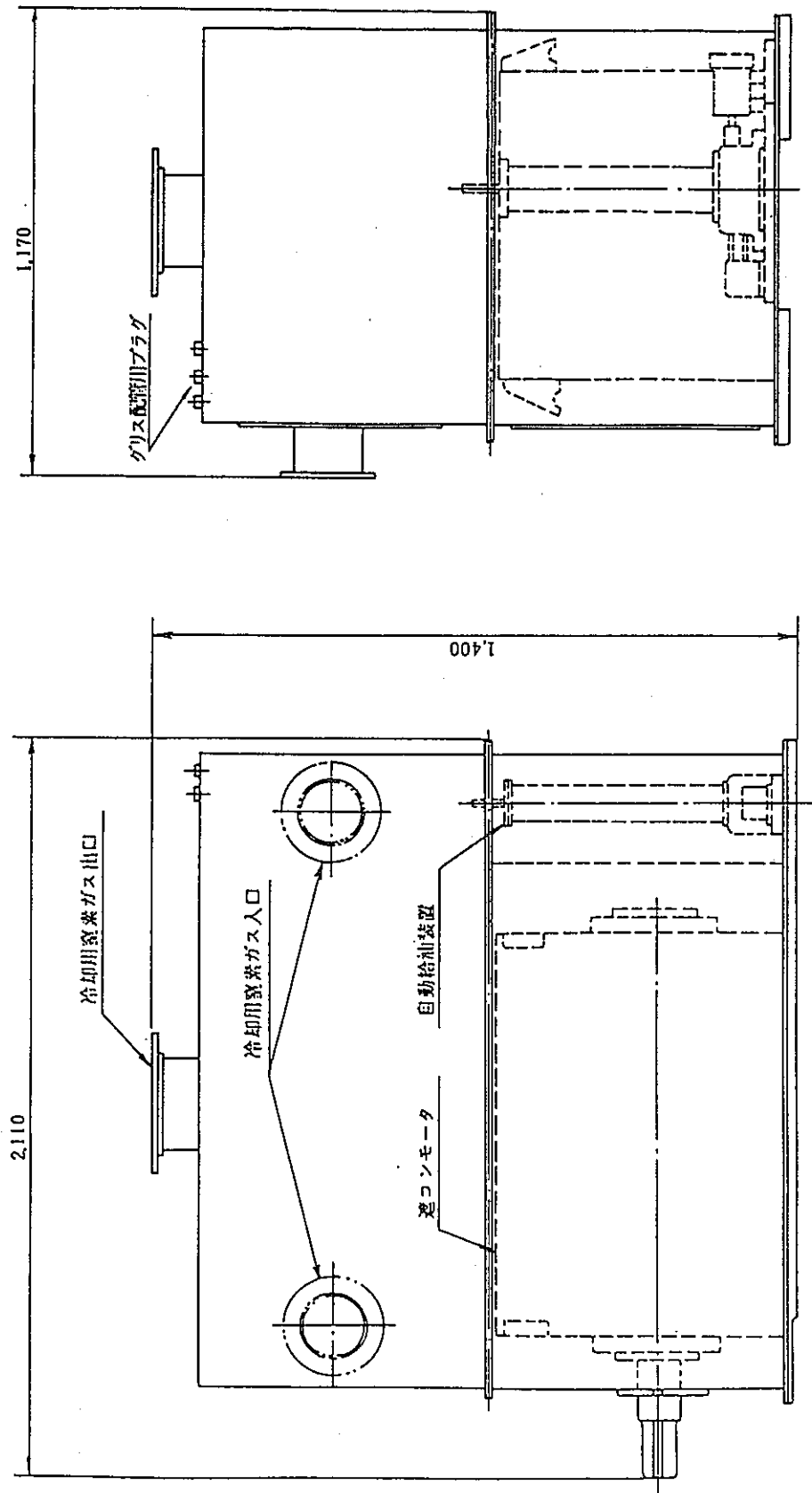
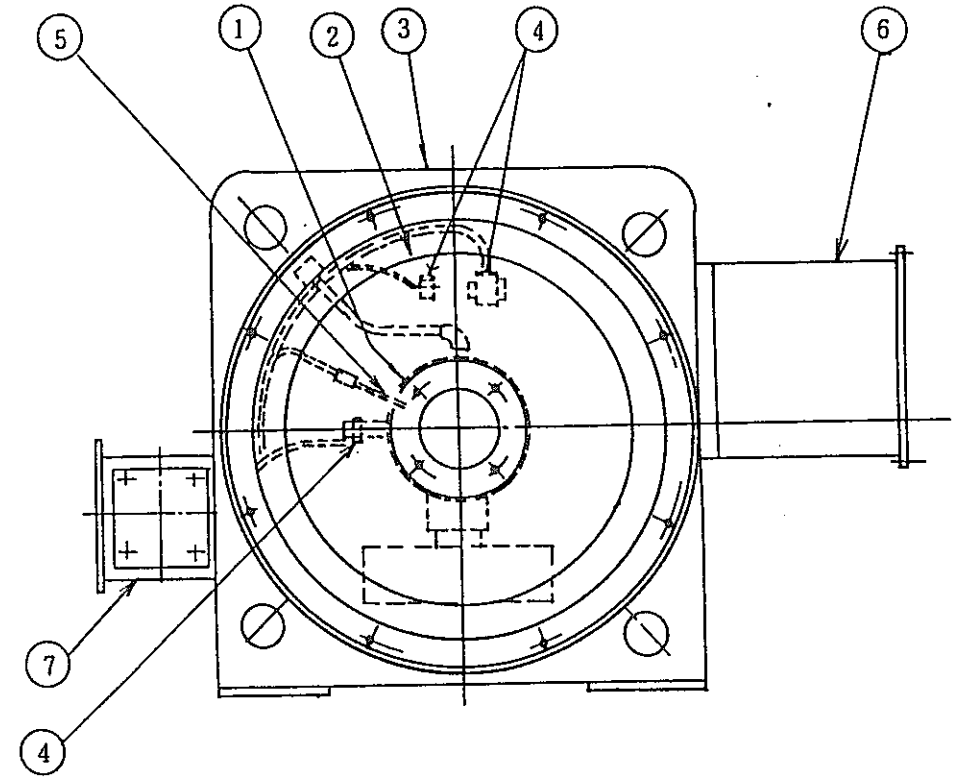
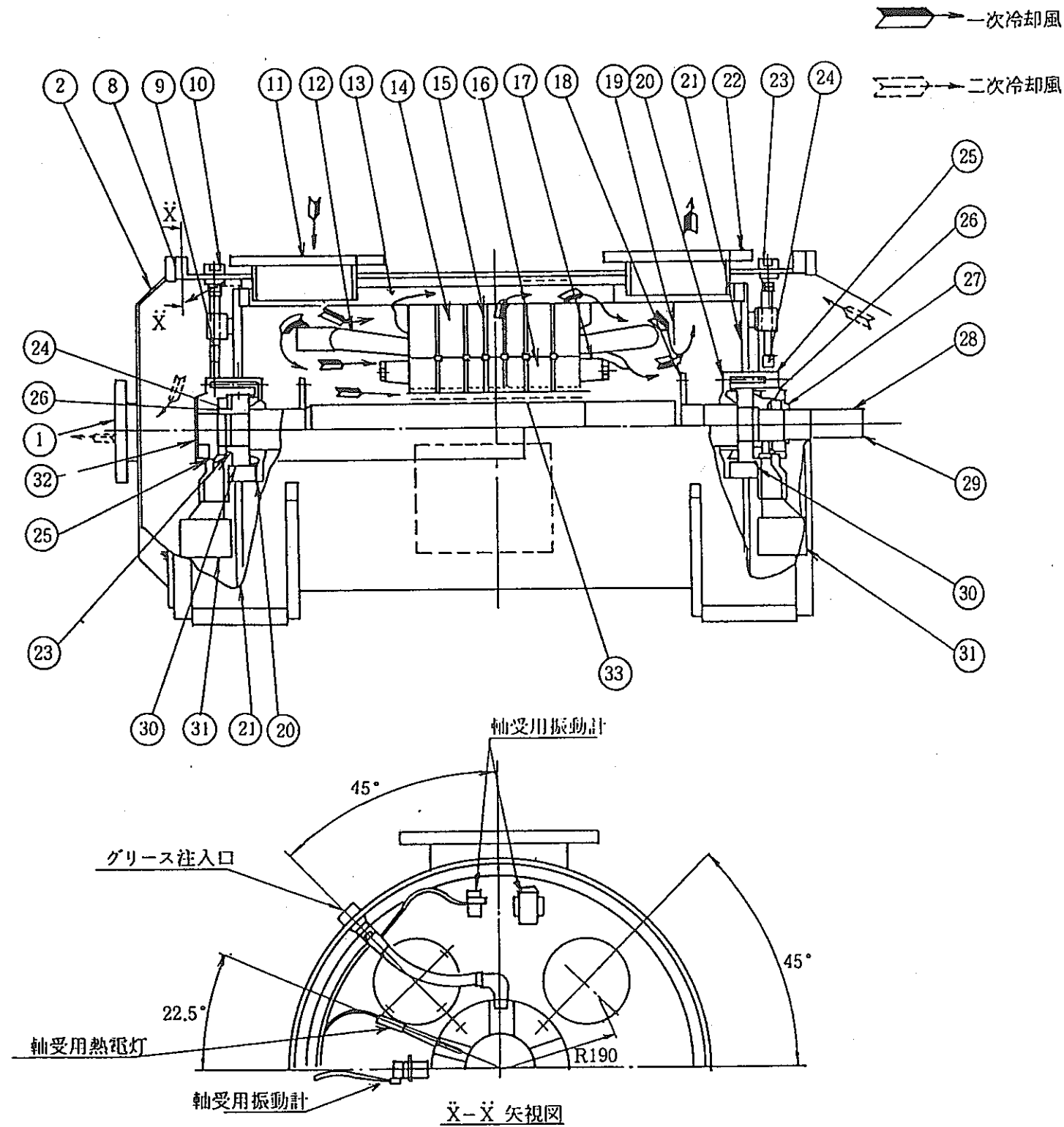


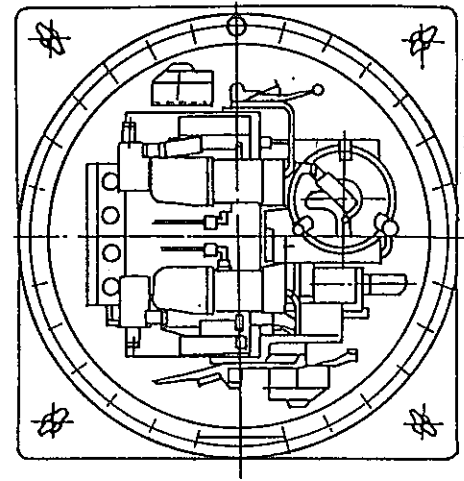
Fig. 4. 7. 2 既設遮コンモータ外形図



No	名 称
1	二次冷却風排気部フランジ
2	カバー
3	ステーターフレーム
4	軸受用振動計
5	軸受用熱電対
6	主端子箱
7	補助端子箱
8	Oリング
9	フレキシブルチューブ
10	グリース注入口 (自動給油装置用アダプター)
11	一次冷却風吸気吊フランジ
12	ステーターコイル
13	ステーター鉄心押え板
14	ステーター鉄心
15	ステーター鉄心内通風ダクト
16	ロータ鉄心
17	エンドリング

No	名 称
18	バランサー
19	防風板
20	内側油切り
21	ベアリングブラケット
22	一次冷却風排気用フランジ
23	軸受, ワッシャ
24	軸受, ナット
25	外側油切り
26	グリースバルブ
27	ラビリンスカラー
28	軸端キー
29	シャフト
30	軸受
31	グリース留め
32	カバー
33	ロータ鉄心内通風ダクト

Fig. 4.7.3 遮コンモータ構造図



番号	図面番号	名称	個数	
01	2961-3-T10257-01	AKA-20M-5400-Z ポンプユニット	1	
02	2941-4-T10258-01	リリーフ弁	1	設定圧力 210kg/cm ² DVDS6CT-K12/315
03	2942-4-T10259-01	逆止弁	1	HC-2A
04	2519-4-T10260-01	グリース電磁弁	2	コイル AC100V 50Hz LVS2-03T-AI-TB-6FN-H
05	2933-3-T10261-01 02	MX-3 分配弁	2	
06	2930-4-T10262-01	サイクルスイッチ	2	
07	2946-4-T10263-01	リセットインジケータ	6	1/4×17k
08	6962-3-T10264-01	端子箱	1	ユニットカバー分設置 18P
09	—	ユニットカバー	1	
10	—	ユニットベース	1	
11	2961-4-T10267-01	パッキン	1	バルーカーNo.6401 t'3
12	—	カバー取付用 ボルトナット	28	M20×80 S45C
13	—	脚	4	100A×Sch40
14	6962-3-T10269-01	端子箱	1	ユニットカバー外設置 24P

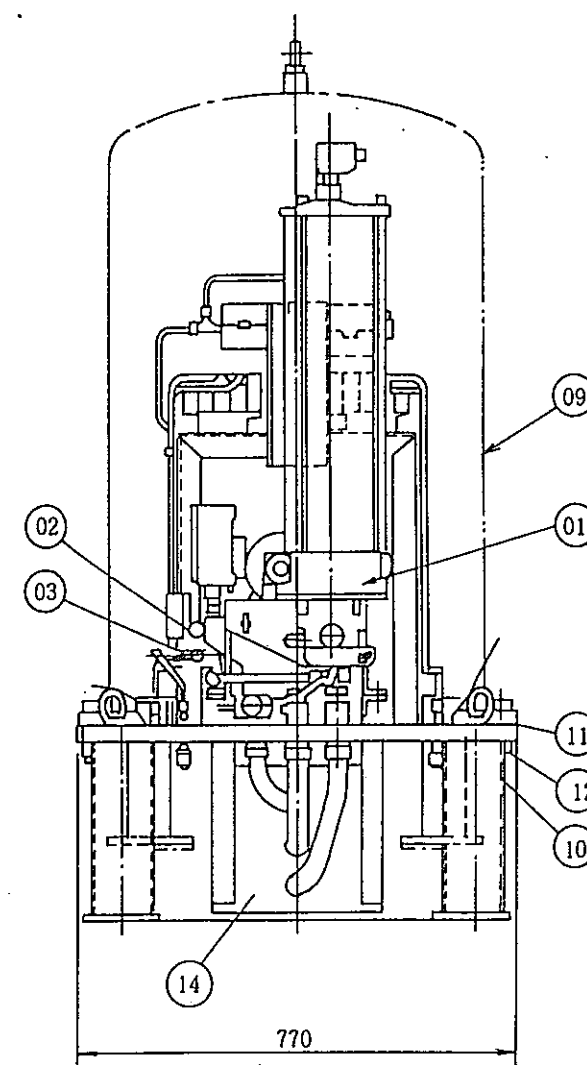
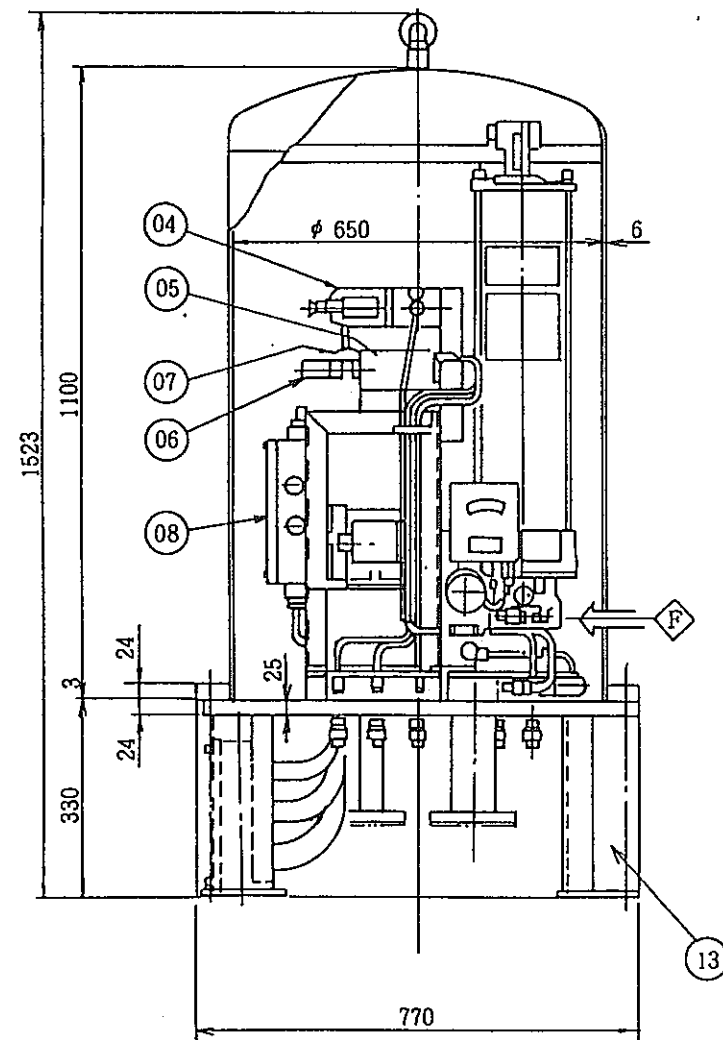
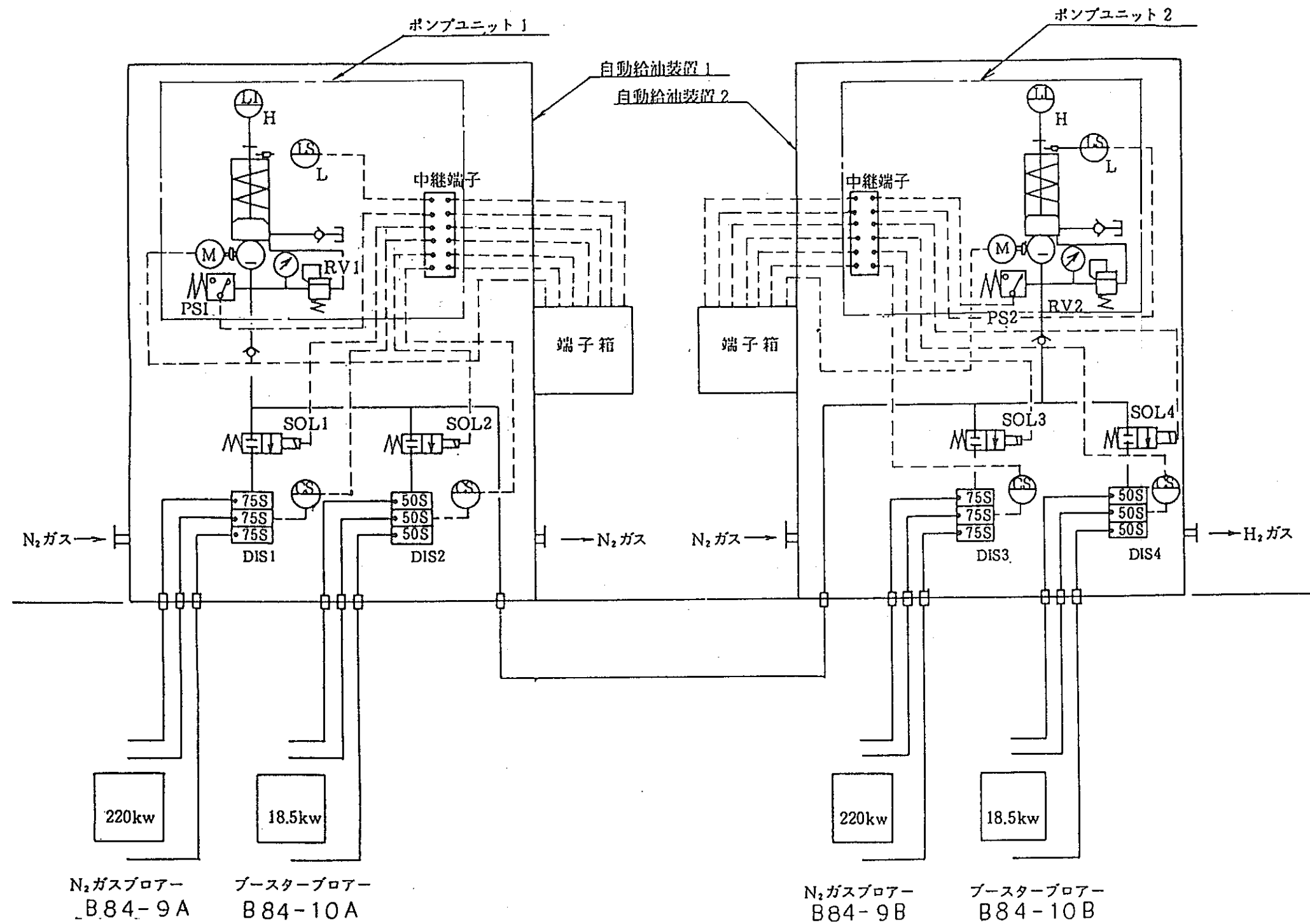


Fig. 4.7.4 遮蔽コンクリート冷却系ブロウ用自動給油装置組立図



記号	名称
	電磁弁
	分配弁 50:ピストンサイズ S:吐出口1ツ
	安全弁
	逆止弁
	圧力スイッチ
	レベルスイッチ
	サイクルスイッチ
	レベルインジケータ
	圧力計
	ポンプ
	電動機
	グリースタンク

Fig. 4.7.5 遮蔽コンクリート冷却系ブロワ用自動給油装置系統図

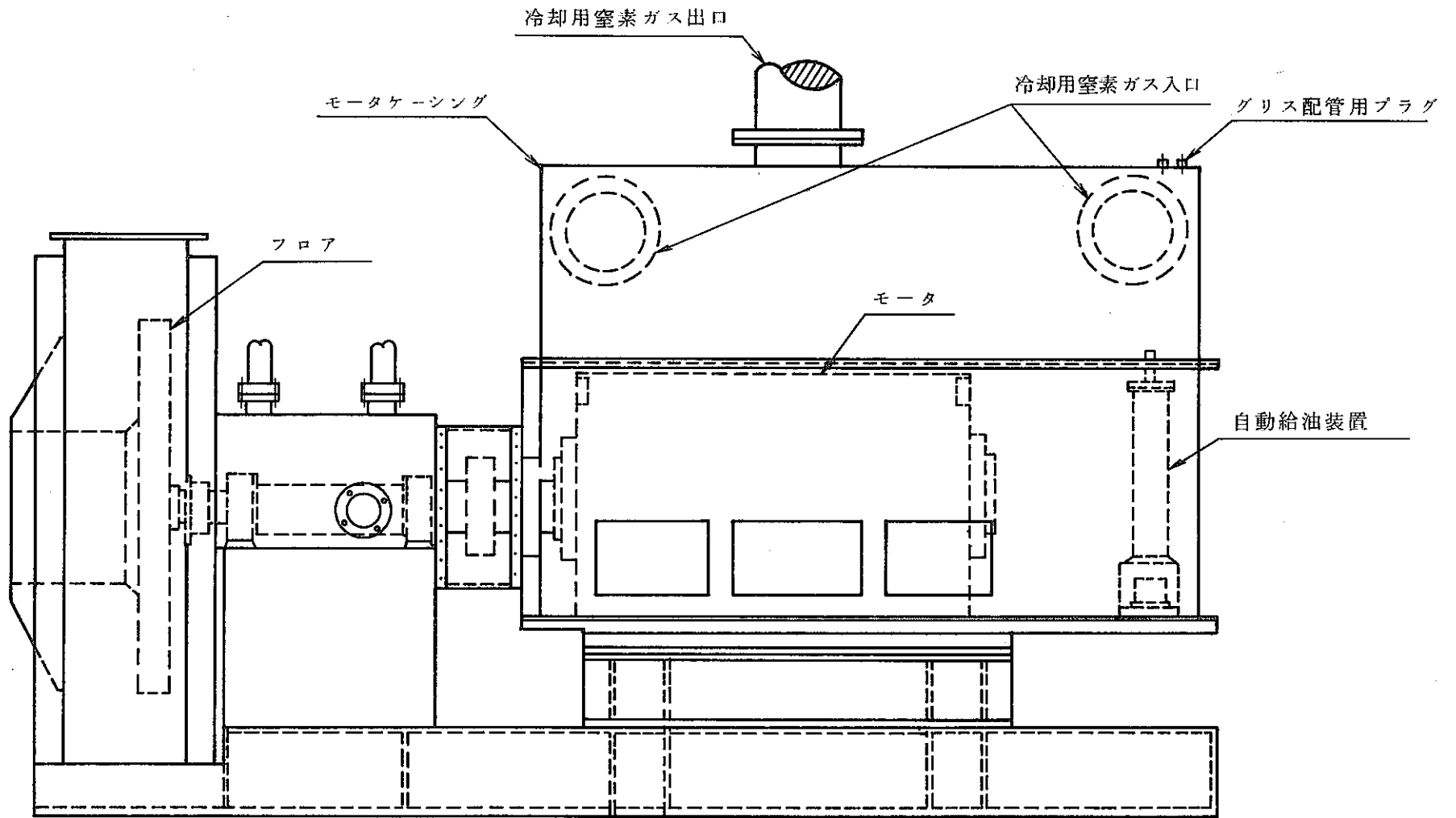


Fig. 4.7.6 既設遮コンモータ・ブロワ据付図

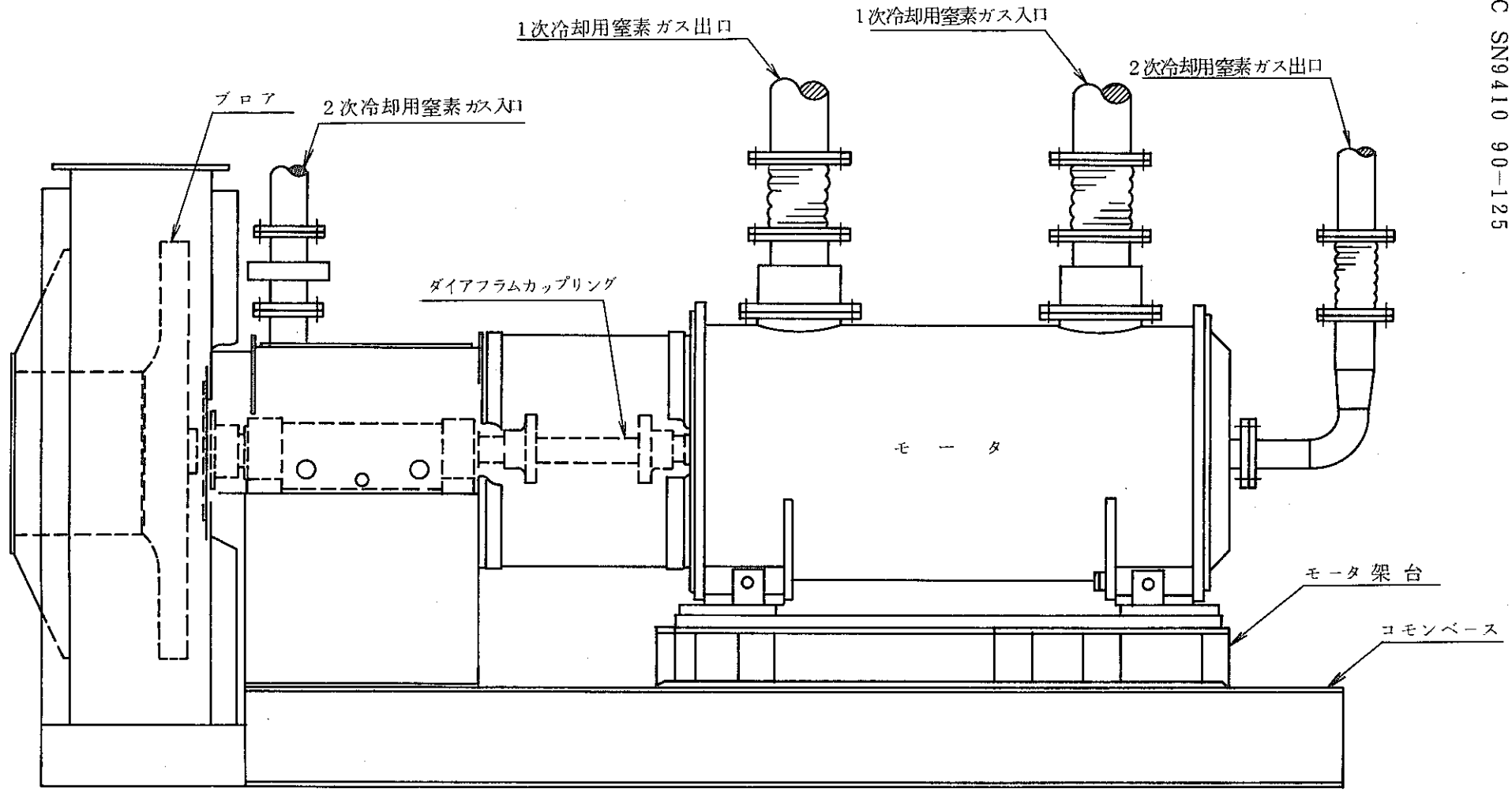


Fig. 4.7.7 改造後遮コンモータ・ブロワ据付図

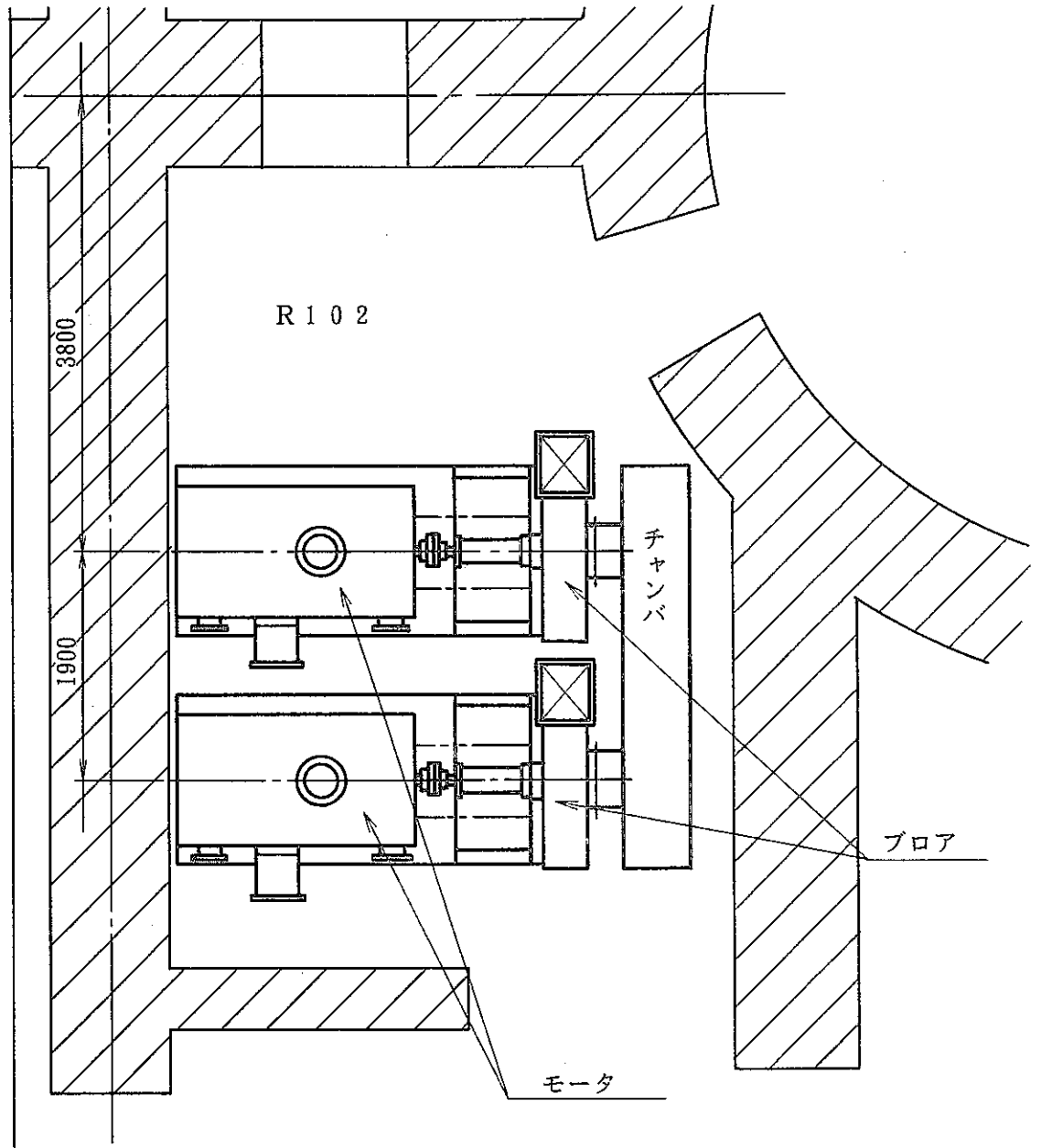


Fig. 4.7.8 既設遮コンモータ・ブロー配置図

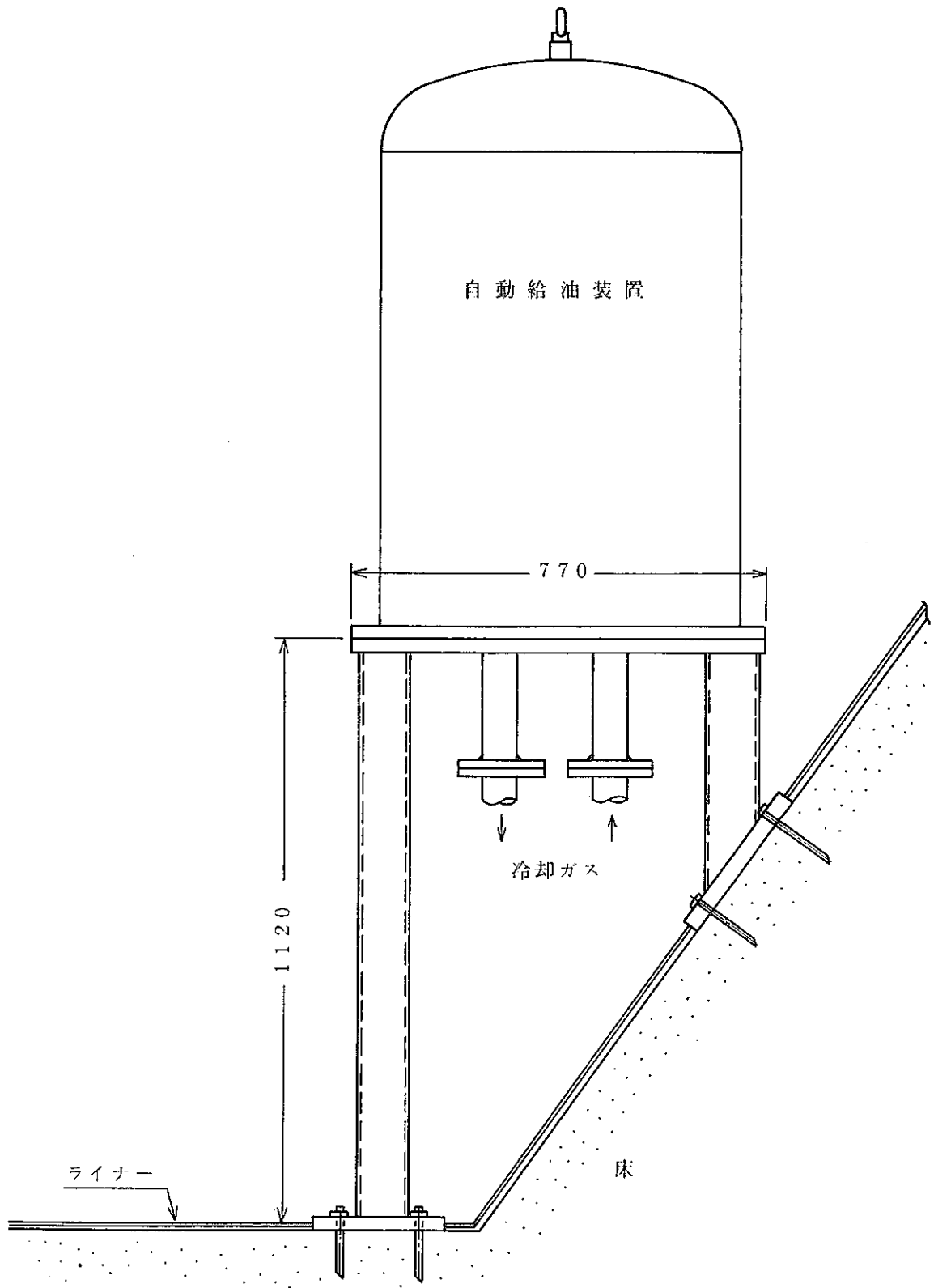


Fig. 4.7.9 遮蔽コンクリート冷却ブロワ自動給油装置据付図

4.8 2次系補助リレーの交換

4.8.1 概要

2次冷却系設備は、設置後既に10年以上経過しており、特に本設備に使用されている補助リレーについてはメーカーの保障する寿命年数（約10年）を越えるものが多数あり、今後不具合が増加することが懸念されていた。この為、これらの補助リレーの交換計画を立案し、その計画に従い今回の定検において交換した。

今回の交換対象は、主冷却系の主循環ポンプ、送風機等の機器及び、補助系、純化系の電磁ポンプ、ナトリウム弁等の機器の制御回路の補助リレーであり、上記系統に係わる安全保護系の回路のものも含めた回路の重要度を考慮して、交換対象を選定した。

交換した補助リレーの種類は、コンタクタ型電磁継電器、タイマー・リレー、ミニチュア・リレー、機械ラッチ式電磁継電器の4種類であり、その製作時において全て原子力級の品質管理を行っているものである。また、構造は4種類とも既設と若干異なり、耐振動性の優れているものを選定した。

交換工事に際しては、事前に配線経路、取付状態等の調査を行い、既存の問題点の抽出を行った。その結果、次の様な改善を要する箇所が発見された為、交換工事時に対策を行った。

- ① リレーの電源と共通になっている2次系警報回路用電源の遮断対策。
- ② ミニチュア・リレーのケーブル接続方法の改良。
- ③ 更新用タイマ・リレーの接点不足の対策。
- ④ タイマ・リレーの入力ケーブル側で発生する誘導電圧による誤動作防止対策。

ケーブルの配線、結線作業にはケーブル番号及びリレーの端子番号等を記載したチェックシートを設け、間違いの無いように心掛けた。

交換作業終了後には、リレーの動作、タイマーの設定に係わる機器の制御及びインタロック等のシーケンス試験を行い、異常の無いことを確認した。

4.8.2 交換対象

1) 交換対象リレー

補助リレー 系 統	コンタクト型	タイマ	ミニチュア	機械ラッチ付	計
2次主冷却系	76	18	20	0	114
2次補助系	13	1	2	3	19
2次純化系	10	5	6	0	21

合計 154台

2) 交換作業対象盤

- ① 2次補助継電器盤 (#432)
- ② 2次現場制御盤 (#661)

4.8.3 交換作業

1) 作業前調査

第7回定検において2次補助冷却系はNaドレンを実施しない為、補助リレーの交換作業を行うにあたって次の問題点が考えられた。

EMPの制御回路の補助リレーを交換する為、EMPの電源を遮断する必要があり、EMPの誘導予熱を行うことが不可能になる。この為、EMPのナトリウムダクト部の温度降下が懸念された。

よって本作業に先立ち、EMPの停止及び電源遮断時にFig. 4.8.1に示す、補助冷却系各部の温度を測定し検討した。尚、本測定を行う条件として2次補助充填弁(V32.2-3)を2%「開」、補助冷却器出入口ダンパを「閉」とし可能な限りEMP停止による温度降下の防止をはかった。その結果、Fig. 4.8.2に示すようにEMP停止後2時間までは変動があるものの、それ以降は著しい温度降下は見られずEMPナトリウムダクト温度とその出入口温度との $\Delta T 60^{\circ}\text{C}$ 以下の規定を十分満足できることが確認でき本作業を行える見通しを得た。

2) 交換作業

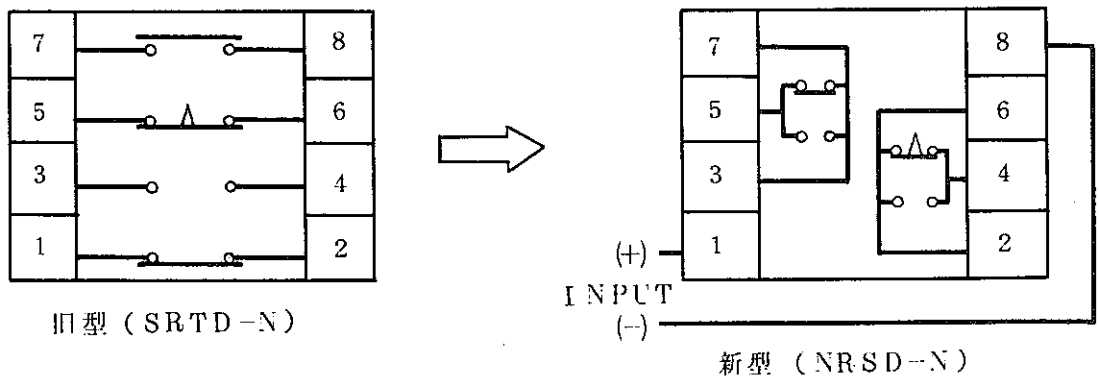
交換作業は、対象リレーのコイル及び接点に係わる電源の遮断から開始した。遮断を必要とする電源は制御電源、警報電源等があり制御電源を遮断する際には、主ポンプ、主送風機、電磁ポンプ等の機器の停止及び空気作動弁、ベーン・ダンパドライブユニット等への圧空の供給停止に対する対策を行った。また4.8.1①項で示した警報電源の遮

断対策については、2次系の各系統の電源が共用されている為、作業に係わる範囲のみ端子台にてリフトし、運転している設備を監視できる様にした。

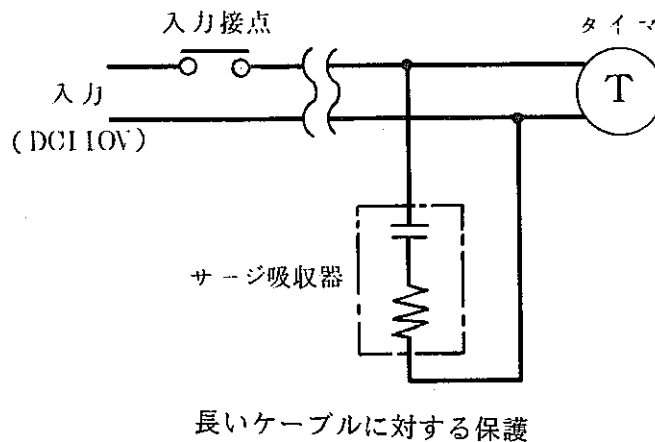
ケーブルの解線、結線作業については、全てチェックシートにより番号を管理し誤結線の無いように心掛けた。

また、リレーの更新に伴い4.8.1 ②～④項で示した改造を必要とする箇所があった為、それを実施した。その内容を以下に示す。

- ① ミニチュア・リレーは、既設のケーブルの接続が半田付けとされていた為、ソケット式に変更し次回の交換作業が容易に行える様にした。
- ② 新タイマ・リレーの接点構成が次の様に変更された為に一部のリレーが接点不足となった。よって、リレーを増設することにより対処した。



- ③ 下図の様に入力接点と操作入力端子までの距離が約100mと長いことから、タイマ・リレーの場合ケーブルの線間、グラウンド間の浮遊容量及びインダクタンスの作用によりタイマ操作入力端子に電圧が誘起してタイマを誤動作させることが考えられた為、タイマ操作入力端子にサージ吸収器を設けた。



4.8.4 試験・検査

試験・検査は交換作業途中及び作業完了後に行った。以下に試験・検査項目及び結果を示す。

1) 外観検査

目視により、ケーブルの配線及び結線状態、リレーの取付状態等を検査した。その結果、特に異常は確認されなかった。

2) 照合検査

リレーの配置及びケーブルの結線状態を設計図面と照合し、問題の無いことを確認した。

3) 接続確認

ケーブルを外す前のチェックシートとの照合及びテスターにより、各リレーの電源ケーブル及び信号ケーブルが正常に接続されていることを確認した。

4) 絶縁抵抗検査

各リレーの電源回路及び信号回路の絶縁抵抗を測定し、規定値を満足することを確認した。

5) タイマ設定値確認

タイマの設定値を既設タイマの設定値にセットし、各3～4回時限測定を行い下記の式により繰返し精度を求めた。その結果、全て規定値の±2%を満足していることを確認した。

$$\text{繰返し精度} = \pm \frac{T(\text{MAX}) - T(\text{MIN})}{2 \times \text{タイマー} \cdot \text{リレーの最大目盛値}} \times 100 [\%]$$

ここで、T(MAX) : 時限測定結果の最大値

T(MIN) : 時限測定結果の最小値

6) シーケンス試験

交換作業に係わる各制御回路のリレーのON-OFF動作により、負荷の機器類が正常に動作及びトリップすること、また警報が正常に動作することを確認する為、シーケンス試験を行った。その結果、これらは全て正常に作動し良好であることを確認した。

4.8.5 取外した補助リレーの試験・検査結果

第7回定検において交換した2次冷却系の補助リレーは、同系統全体の補助リレーの内約30%であり、その他の70%は今後計画的に交換する予定である。これらのリレーは設置

後約10年以上経過しており機構部及びコイルの劣化、接点の酸化等が考えられ、それによる不動作及び誤動作等が懸念される。よって、今回取外したリレー全数を試験・検査することにより機能の低下度を調査し、設置したリレー及び未交換のリレーの健全性について検討した。また、この結果を今後の交換計画に反映した。

1) 試験項目及び内容

① 外観検査

目視により、汚損、変形、変色等の無いことを確認する。

② 絶縁抵抗測定

絶縁抵抗計を用い下記部分間を測定する。

i. コイル～アース間

ii 異接点間

iii コイル～接点間

③ 動作電圧測定

コイル印加電圧を徐々に増加させ、リレーが動作する最低電圧を測定する。

④ 開放電圧測定

リレーを投入した状態よりコイル印加電圧を減少させ、開放する時の電圧を測定する。

⑤ 引外し電圧測定（機械ラッチ付リレーのみ）

引外し可能な最低電圧を測定する。

⑥ 動作時間測定

リレーのコイルに定格の励磁入力を加えた時点から接点が動作する時間を測定する。

⑦ 復帰時間測定

リレーのコイルから定格の電力を取り除いた時点から接点が復帰するまでの時間を測定する。

⑧ 作動試験

リレーのON-OFF動作を10回繰返し、ウナリ音、不動作等の有無を確認する。

⑨ 接触抵抗測定

各接点端子間の接触抵抗を測定する。

⑩ 耐電圧

各型式別に、メーカー初規格値の75%の電圧をコイルに1分間加圧する。

⑪ タイマ時限測定

タイマ・リレーのタイマがセットされている位置で3回連続して時限を測定する。

⑫ 繰返し精度

上記時限測定結果の精度を下式により求める。

$$\text{繰返し精度} = \pm \frac{T(\text{MAX}) - T(\text{MIN})}{2 \times \text{目盛最大値}} \times 100 [\%]$$

ここで、T (MAX) : 時限測定結果の最大値

T (MIN) : 時限測定結果の最小値

2) 試験条件

① 周囲温度

周囲温度20℃の雰囲気を実施した。

② リレーの位置

リレーの位置を通常取付位置（横向き）とした。

3) 結果

① 外観検査 (154台)

全体的にリレーの表面に塵埃の付着が見られたが、防塵構造（密封型）となっている為、機能上には影響していないと思われる。

ミニチュア・リレーの内、通常「ON」状態のリレーのコイル表面に変色が見られた。その他、特に異常なく良好であった。

② 絶縁抵抗測定 (154台)

全数100MΩ以上あり、規定値を満足した。

③ 動作電圧測定 (154台)

Tag. No.「BLS-2B-2SX」のみ規定値の84.0Vを上まわる89.6Vであった。その他は、コンタクタ型リレーに若干高い値を示すものがあったが、規定値を満足し良好であった。

④ 開放電圧測定 (154台)

コンタクタ型リレーの内、接点構成が3a1b及び2a2bのリレーが低い値を示し、その殆どが規定値の17.5V以上を満足していなかった。その他は特に異常なく良好であった。

⑤ 引外し電圧測定 (3台)

引外し用コイルの印加電圧を徐々に上げていき定格の110Vに達した時点で引外し動作しないものが2個あった。引外し電圧を瞬時に定格の110Vを印加すると正常に動作した。残りのリレーは、引外し動作したものの規定値の84Vを上まわる90.3Vであった。

⑥ 動作時間測定 (62台)

試験を行ったリレーの内、コンタクタ型リレーは17台中11台が作動しない接点を有していた。その他の型のリレーは規定値を満足した。

⑦ 復帰時間測定 (62台)

動作時間測定の結果と同様にコンタクタ型リレーのみ時間内に動作しない接点があり、試験したリレー17台の内15台も規定を上まわったものがあった。

⑧ 作動試験 (154台)

数回ON-OFF動作させたところ、動作しない時のあるコンタクタ型リレーが2台あった。その他は、異常音も無く正常に動作した。

⑨ 接触抵抗測定 (154台)

接点の接触抵抗をダブルブリッジにて測定した。それぞれのリレーの使用方法等により測定値が異なるが、全体的に接触抵抗が大きくなってきており高いもので数K Ω もの値が測定された。ただし、接触抵抗は接点に加わる電圧に反比例する為、ダブルブリッジによる測定の場合は印加電圧がDC1.5V程度であることから、実際の使用電圧DC110Vに換算するとその値は1~5 Ω 程度である。しかし、使用開始当時(10m Ω 以下)と比較すると接触抵抗はかなり大きくなってきている。また、測定時に抵抗値が安定せず、変化が激しいことから接点部に厚い皮膜が生成しているものと考えられる。

⑩ 耐電圧試験 (80台)

ミニチュア・リレーに、規定値より低い電圧で短絡するものが3台あった。その3台のリレーはいずれもコイルと金属ベース間で短絡していた。その他は特に異常無く良好であった。

⑪ タイマ時限測定 (24台)

タイマ・リレー24台を既設の設定状態で設定値の時限測定を行ったが、第4回定検時(昭和59年3月)の設定値に対する測定値と比較すると全体的にずれているものが多く、最大で9%もずれているものがあった。

⑫ 繰返し精度

全数規定の±10%を満足し良好であった。

4.8.6 まとめ

今回取外した補助リレーの試験・検査の結果、どのタイプのリレーも接点部の酸化皮膜の増加により接触抵抗が大きくなってきており、リレーの負荷である電磁接触器等の不動作につながる可能性があると思われる。

コンタクタ型リレーは、作動試験、動作電圧及び開放電圧の測定等のいずれの試験・検査にも規定値を満足しないものが数台あった。

タイマ・リレーについては、長期使用することにより設定値に対する時間にずれのする傾向にあったことがわかったが、既設品は旧型の空気作動式タイマーであり今回設置した新型リレーは半導体式を採用していることから設定値の維持については期待できる。

ミニチュア・リレーは、コイルに変色が見られたり、耐電圧試験で規定値を満足しないものが数台あった。

機械ラッチ付リレーは、コイル印加電圧を徐々に上げた場合に動作しないことから、機構部の円滑さに問題が生じたものと思われる。

以上のことから、既設品の使用期間では機能を維持できる期間を越えており、不具合の発生する可能性があったものと思われる。今回交換した補助リレーは、2次冷却系の機器の制御回路等に使用されており、重要な役割を有していることから、次回交換する時はメーカーの保障する耐用年数である10年以内に行うことが望ましいと考えられる。また、同系統の今回交換したリレー以外のリレーについても今後早期に交換を行う計画である。

(川原啓孝)

- Ⅲ-38, 40 : 電磁ポンプナトリウムダクト入口温度
- Ⅲ-42 : 電磁ポンプナトリウムダクト温度
- Ⅲ-38, 40 : 電磁ポンプナトリウムダクト出口温度

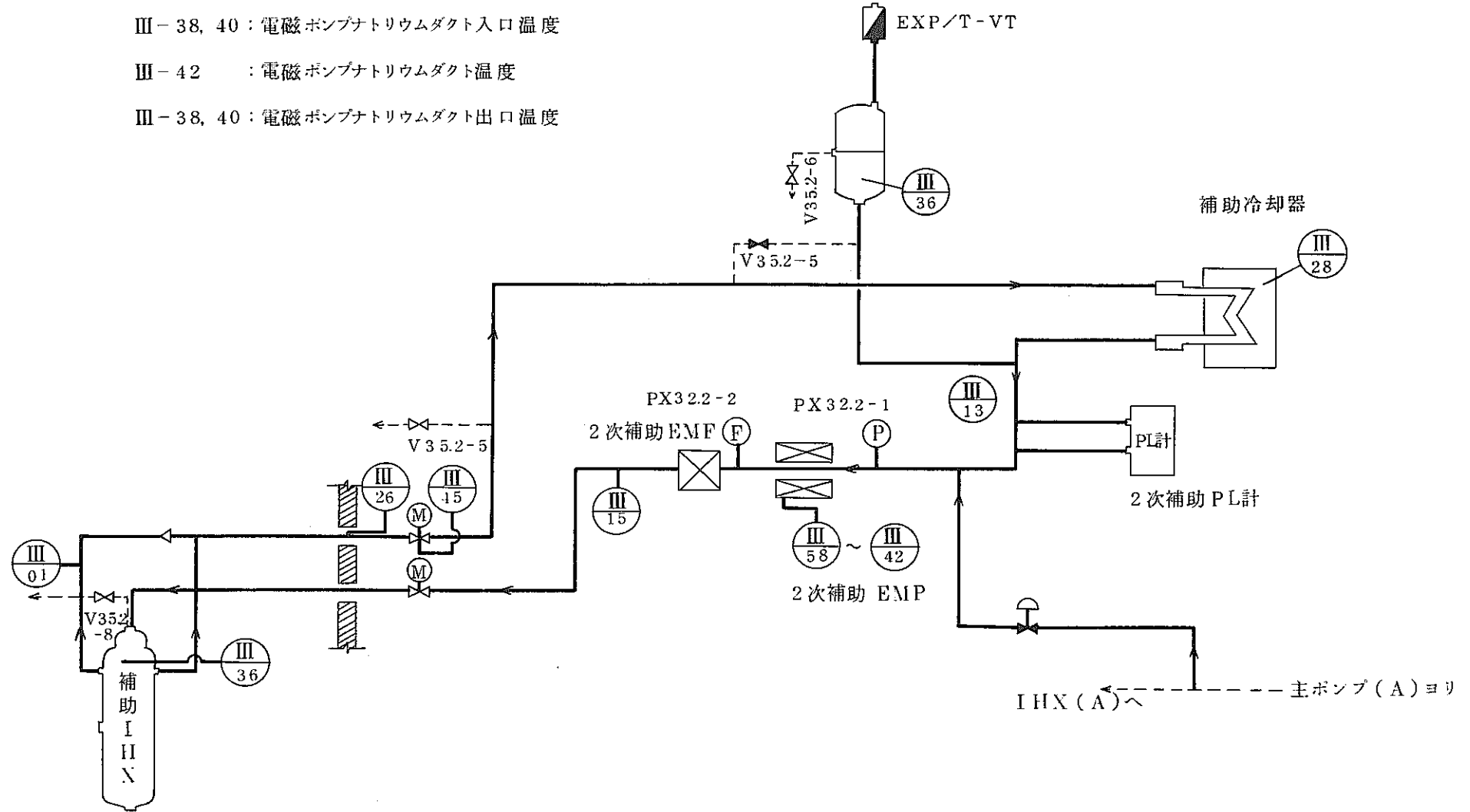


Fig. 4. 8. 1 2次補助冷却系Na温度検出箇所

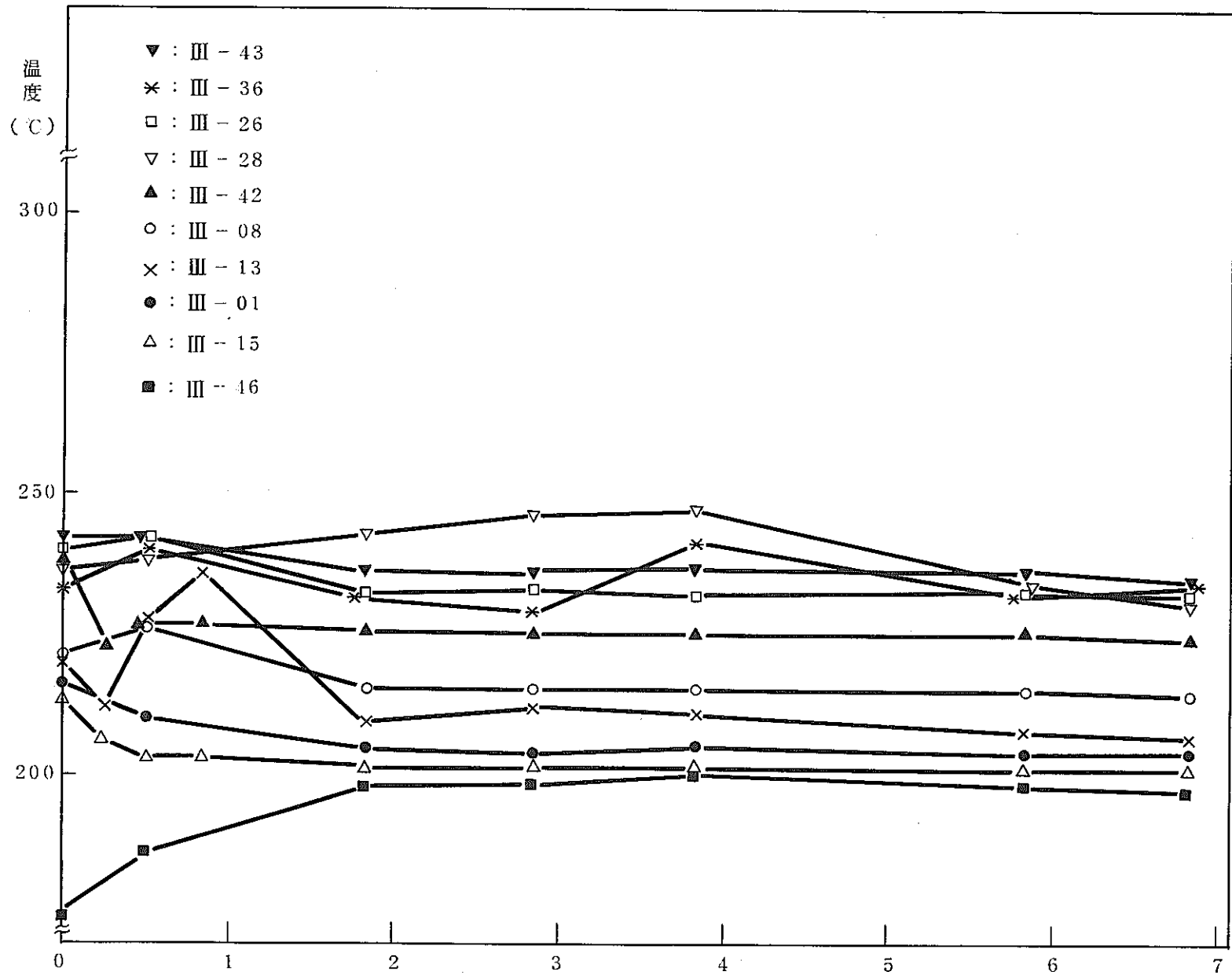


Fig. 4.8.2 2次補助電磁ポンプ・電源遮断時のNa温度 時間 (hr)

4.9 2次ナトリウム純化系コールドトラップ送風機更新

4.9.1 概要

2次ナトリウム純化系に設置されているコールドトラップ（以下C/Tと略す）の冷却用送風機は定検時のナトリウムドレン時を除き常時運転されている。本送風機については、これまでの運転において軸受部等の振動が大となり通常の振動値の5倍以上と大幅に変動することがしばしば観測され、機器の予防保全の観点から早急な原因究明及び対策が必要とされていた。この為第5、6回定検時にインペラのバランス調整、軸受各部等のはめ合せ法の調査など詳細な点検を行った。点検結果は特に異常なく良好であり、明確な原因を発見するには至らなかった。

そこで第6回定検後のプラント定格運転時にC/T送風機の風量を測定し、送風機の性能曲線との対比を行った。この結果Fig. 4.9.1に示すようにサージングを起しやすい領域で運転されていることが明らかとなり、振動が大きくなる原因はサージングによるものであると推定された。C/T送風機がサージングを起しやすい領域で運転されている原因はC/Tの冷却に必要な風量と比較して過大な容量の送風機を使用しているためと考えられた。

従って、実際に必要な風量に見合った容量の送風機の選定を行い、今回の第7回の定検時に更新を実施した。

4.9.2 旧C/T送風機の問題点

(1) 実風量・風道静圧測定結果

実風量の測定はFig. 4.9.2に示すようにC/T送風機入口ダクト部の①のポイントで測定を行った。又風道静圧はC/T送風機出口②、C/T出口③、排気ダクト④のポイントでそれぞれ測定した。結果は次に示す通りである。

	測定箇所	測定ポイント	測定値
送風機実風量	C/T送風機入口ダクト吸込部	①	※38 m ³ /min
風道静圧	C/T送風機出口	②	14mmAq
”	C/T出口	③	3mmAq
”	排気ダクト合流点	④	0mmAq

※ 吸込空気の温度は20℃～25℃である為、温度補正は行っていない。又測定値は夏季の最大値である。

(2) 旧C/T送風機仕様及び使用領域

上記(1)項の測定結果(実風量)を送風機の仕様・性能曲線と比較検討を行った。

送風機の仕様は次に示したとおりである。

- | | |
|---------|------------------------|
| ① 風量 | 120m ³ /min |
| ② 静圧 | 100mmAq |
| ③ 回転数 | 1450rpm |
| ④ モータ出力 | 3.7kw |

この結果、実風量は定格値と比べて大巾に少ない負荷となっており、このデータからも必要以上に大容量の送風機を使用していると言える。又Fig. 4.9.1の性能曲線の上で実風量をみると曲線は左下りの部分となる。これはサージング領域であり、あまり好ましくない領域で使用していたことが明らかである。この他Fig. 4.9.2に示すC/T送風機入口側にある手動ダンパは20°近辺(90°FS)の開度で固定しており、その下流にある自動制御ダンパの開度は約10~30%開度の範囲で制御しており風量を相当絞った状態で運転していたことになる。

冷却用の送風機の設計は風道各部の圧損を考慮して、冷却に必要な風量(除熱量)を求め、この結果に見合った容量の送風機及びモータを決定するが、通常は設計の余裕として必要風量よりも若干大きい容量の送風機及びモータを選定することが一般的である。本測定結果よりC/T送風機は必要風量の約3倍の容量を有していることが明らかとなったが、この原因の一つとして、設計時の除熱量の過大評価または設計余裕を大きく見積りすぎていたものと推定される。

4.9.3 新C/T送風機の選定

4.9.2の(2)項で明らかとなった問題点を解決する方法として実際に必要な風量に見合った容量の送風機に更新することを検討した。

検討項目としては風量、静圧、回転数、モータについて行い以下にこの詳細内容を示す。

(1) 風量

4.9.2の(1)項の実風量測定結果より選定計算の条件として15%の安全率をみることにした。

風量は $38\text{m}^3/\text{min}$ (実風量) $\times 1.15$ (安全率) $= 44\text{m}^3/\text{min}$ とした。

(2) 静圧

静圧は送風機吸込側、吐出側の圧力損失の和と仮定して計算した。

圧力損失は次の式より求めた。

$$\Delta P = \frac{\gamma \cdot V^2}{2 \cdot g} \cdot S$$

ΔP : 圧力損失	mmAq
γ : 空気の比重量	1.2kg/m ³
V : 風速	9.8m/s
S : 抵抗係数	

① 吸込側 (Fig. 4.9.2 ①、②迄) の圧力損失、 ΔP_1

まず新C/T送風機では手動ダンパ全開状態で、自動制御ダンパの開度は約55% (90° FSで50°) 開の状態で使用すると仮定して以下の計算を実施した。

- ・ ダンパの抵抗係数Sは

$$\left. \begin{array}{l} \text{手動ダンパ} \rightarrow \zeta_1 = 0.2 \text{ (全開状態)} \\ \text{自動ダンパ} \rightarrow \zeta_2 = 11 \text{ (50° 開状態)} \end{array} \right\} \left[\begin{array}{l} \text{空調・衛生便覧の円形} \\ \text{バタフライダンパより} \end{array} \right]$$

- ・ ダンパの断面積 A_1 は、0.22m²である。

- ・ 風速 V_1 は $V_1 = \frac{Q}{60 \cdot A_1} = 3.33\text{m/s}$ である。

従って、吸込側の圧力損失 ΔP_1 は

$$\Delta P_1 = \frac{\gamma \cdot (V_1)^2 \cdot (\zeta_1 + \zeta_2)}{2 \cdot g} = 7.6\text{mmAq}$$

となる。

② 吐出側 (Fig. 4.9.2 ③～④迄) の圧力損失、 ΔP_2

4.9.2の(1)項の測定結果の実風量38m³/min、送風機出口風道静圧14mmAqから抵抗係数を算出し、44m³/min [上記(1)項で検討した新C/T送風機の風量] 時の圧力損失 ΔP_2 を計算した。

- ・ 風道の断面積 A_2 は0.13m²である。
- ・ 吐出側の抵抗係数 ζ_3 は次の様に求めた。

まず風量38m³/min時の風速 V_2 は4.87m/sであるから実測の風道静圧 $\Delta P_3 = 14\text{mmAq}$ 時の抵抗係数 ζ_3 は

$$\zeta_3 = \frac{2g \cdot \Delta P_3}{\gamma \cdot V_2^2} = 9.64$$

である。

・ 風速 V_2 は $V_2 = \frac{Q}{60 \cdot A_2} = 5.64\text{m/s}$ である。

従って吐出側の圧力損失 ΔP_2 は

$$\Delta P_2 = \frac{\gamma \cdot (V_2)^2 \cdot \zeta_3}{2 \cdot g} = 18.77\text{mmAq}$$

である。

以上のことから送風機の静圧 ΔP は

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 = 26.37 \text{ mmAq}$$

$$\approx 27.0 \text{ mmAq}$$

である。

(3) 回転数

送風機の回転数は低いほど振動の許容値に余裕がある為、旧 C/T 送風機の 1450rpm より低いものとし、前記の(1)の風量、(2)の静圧に見合った回転数として 960rpm とした。

(4) モータ出力

モータ出力は送風機全圧を求め、前記(1)の風量より空気動力を求め、そこからモータ出力を以下の式より求めた。

・ 空気動力 A (kw)

$$A = \frac{Q \cdot P_{TF}}{6,120}$$

・ モータ出力 M (kw)

$$M = \frac{A \cdot (1 + \alpha)}{\eta_c \cdot \eta_f}$$

Q : 風量 44 m^3/min

P_{TF} : 送風機全圧 (mmAq)

α : 余裕率 10 %

η_c : 伝達効率

η_f : 送風機効率

} ≈ 0.8

① 送風機全圧

まず、送風機全圧は送風機の静圧と送風機吐出側の動圧との和であるから、ここで送風機吐出側の動圧 P_v (mmAq) を求めた。

- ・ 送風機吐出側の風速 V は8.15m/sである。
- ・ 空気の比重量は1.2kg/m³である。

送風機吐出側の動圧 P_v (mmAq) は

$$P_v = \frac{\gamma \cdot (V)^2}{2 \cdot g} = 4.0 \text{mmAq} \text{である。}$$

よって送風機全圧 P_{TF} (mmAq) は

$$\begin{aligned} P_{TF} &= \text{送風機の静圧 (27mmAq)} + P_v \\ &= 31 \text{mmAq} \text{である。} \end{aligned}$$

② 空気動力

空気動力 A (kw) は

$$A = \frac{Q \cdot P_{TF}}{6,120} = 0.22 \text{kw} \text{である。}$$

③ モータ出力 M (kw) は

$$M = \frac{A \cdot (1 + \alpha)}{\eta_c \cdot \eta_f} = 0.3 \text{kw} \text{となる。}$$

以上の様にモータの出力は最低0.3kw必要となり、規格品で相当するのは0.4kwとなる。しかし、モータ起動から定格回転数に至る迄の立上り時間は4 sec以下（メーカー基準）となっている為、0.4kwより上の0.75kwの出力のモータを選定した。

以上新C/T送風機の選定仕様は以下の通りとなった。

1	風 量	44 m ³ /min
2	静 圧	27mmAq
3	回 転 数	960rpm
4	モ ー タ 出 力	0.75kw

4.9.4 更新作業

(1) 更新

更新は2次純化系C/T送風機の送風機本体、モータ（サーマル含む）、架台を対象とした。その他吸込ダクト、ダンパー等は既設品を再使用した。外観図はFig. 4.9.3に示す。又、以下に新C/T送風機の仕様を記す。

① 送風機メーカー及び型番	朝倉製作所(株) 302L (ターボ)
② 風量	44m ³ /min
③ 静圧	27mmAq
④ 回転数	960rpm
⑤ モータメーカー及び型番	(株)東芝 IKFBK9
⑥ モータ出力	0.75kw
⑦ 電圧	400V
⑧ 極数	6P
⑨ モータ回転数	920rpm
⑩ モータ定格電流	2.1A
⑪ サーマル設定値	2.3A

(2) 試験検査

① 工場単体試験

新C/T送風機に要求する以下の仕様は十分に満足出来るものであった。結果はFig. 4.9.4に示す。

② 現地据付後の試運転

プラントの定格運転時（元年1月24日）におけるC/T送風機の実風量を測定した結果26m³/minであり手動ダンパは全開、自動制御ダンパの開度は22%又回転機器としての振動温度等その他モータの電流値全て良好であることを確認した。この記録はTable. 4.9.1に示す。

4.9.5 まとめ

C/T送風機は定検毎に点検を実施してきたがプラント定格運転時しばしば振動が通常の振動値の5倍以上と大幅に変動することが観測された。

この為、本送風機の予防保全の観点から早急な原因究明と対策が必要とされていた。第5、6回定検では詳細点検を実施したが原因を究明するには至らなかった。そこで第6回

で制御されているものであり、かなり風量を絞った状態で運転していたものであった。

これらのことから振動値が大幅に変動する原因は、サージング領域でないと運転出来ないようなC/Tの冷却に必要な風量と比較して過大な容量の送風機を使用していたためである。

従って実際に必要な風量に見合ったC/T送風機を選定し更新した。更新後の性能試験では実風量 $26\text{ m}^3/\text{min}$ 、手動ダンパ全開、自動制御ダンパ22%開、性能曲線上も右下りの部分で運転し、回転機器としての振動、温度、モータ等必要な性能を全て満足出来ることが確認出来、本更新によりこれまでの不具合が解消され信頼性が向上した。

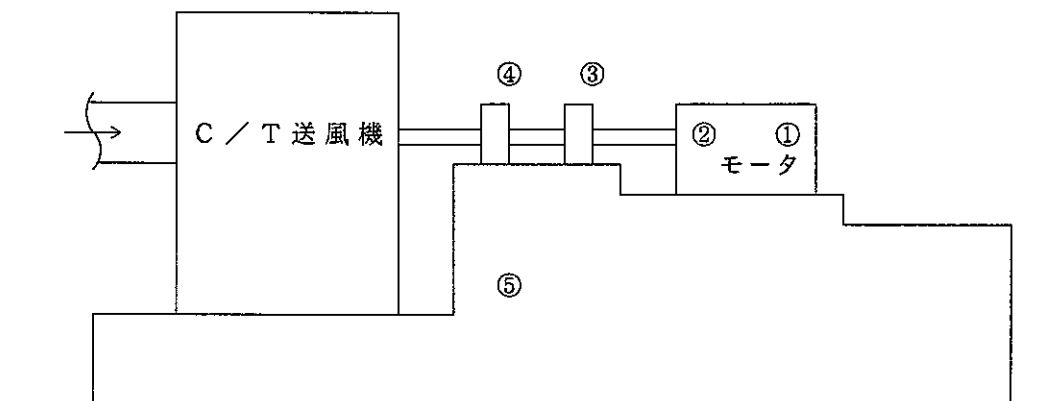
この結果、これまでサージングによる振動のため定検毎にベアリング等細部にわたる分解点検を余儀なくされていたが、今回の更新によりこれらの分解点検の周期を従来の1回/1定検から長くできる見通しが得られた。

(上田多生豊)

Table. 4.9.1 2次Na純化系新C/T送風機試運転記録表(1/2)

試運転記録

- (1) 風量 26m³/min
- (2) 回転数 988rpm
- (3) モータ電流 R 0.8A S 1.1A T 1.1A
- (4) 手動ダンパ開度 全開
- (5) 自動制御ダンパ開度 22%開
- (6) 振動



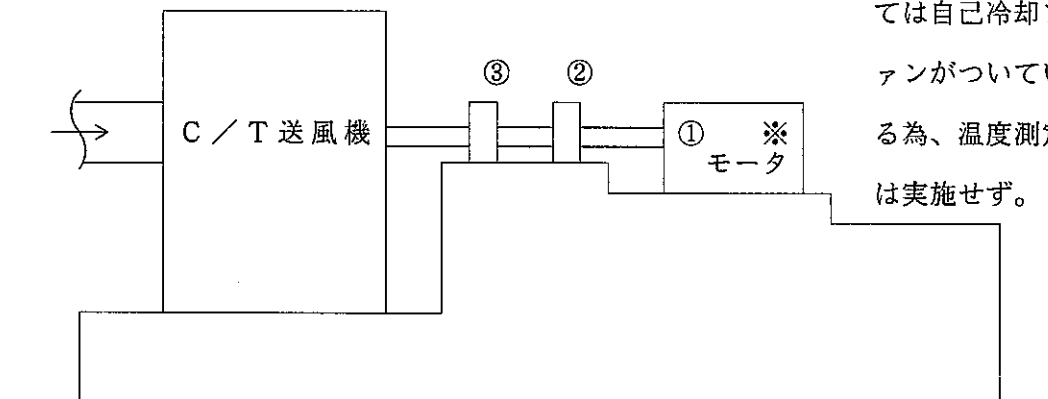
単位 $\mu\text{m}^{\text{P-P}}$

ポイントNo. 方向 経過時間(分)	①			②			③			④			⑤		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
起動時	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
20分	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
40分	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
60分	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Table. 4.9.1 2次Na純化系新C/T送風機試運転記録表(2/2)

(7) 温度

④ 外気温度



単位℃

ポイントNo. 経過時間(分)	①	②	③	④
20分	28	26	22	16.3
40分	30	28	25	16.3
60分	31	28	26	16.3

コールド・トラップ用旧送風機

仕 様

風 量 120 m^3/min

風 圧 100 $mm Ag$

回 転 1450 RPM

電 動 機 3.7 kW 4 P

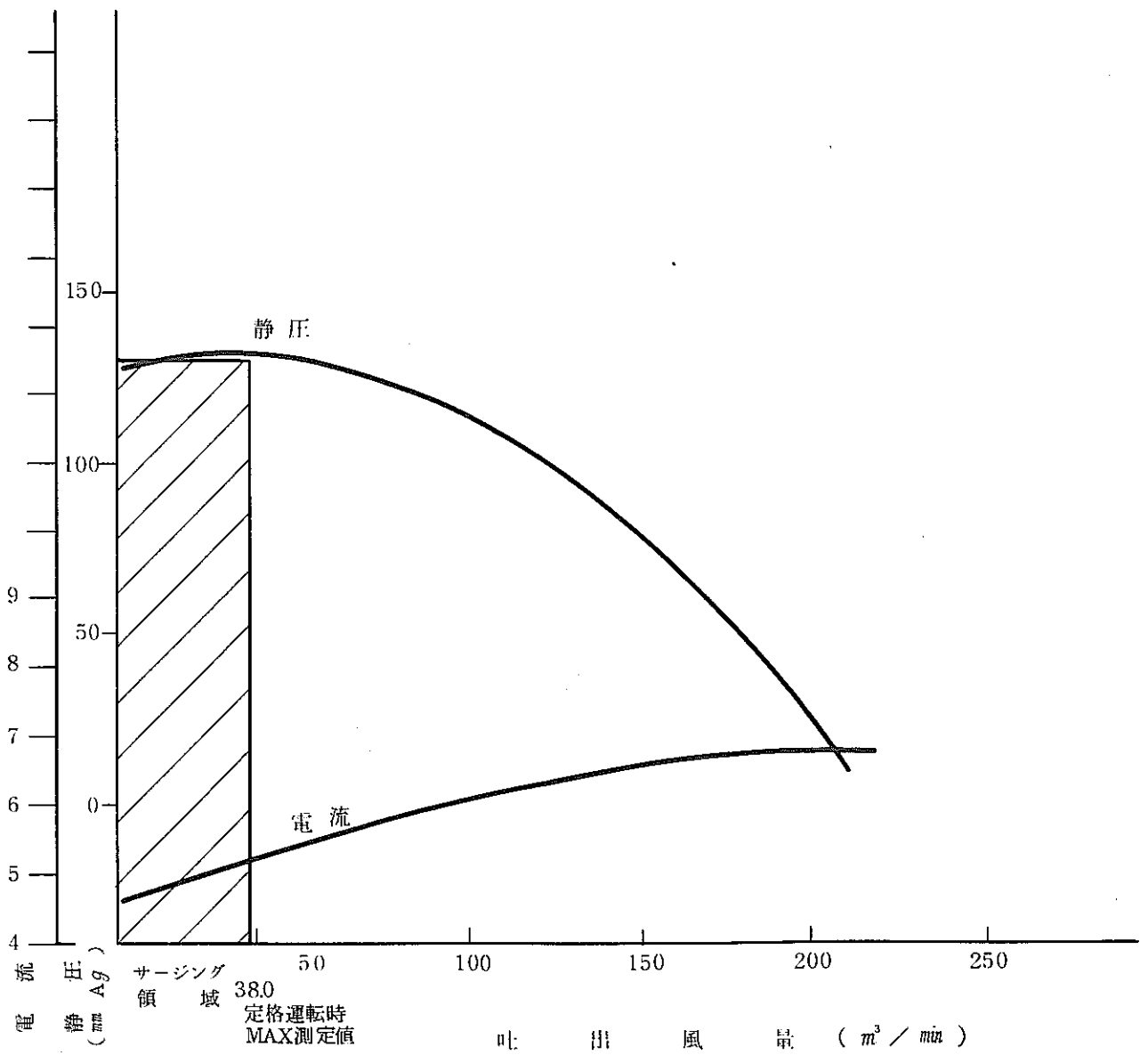


Fig. 4.9.1 2次純化系C/T旧送風機性能曲線図

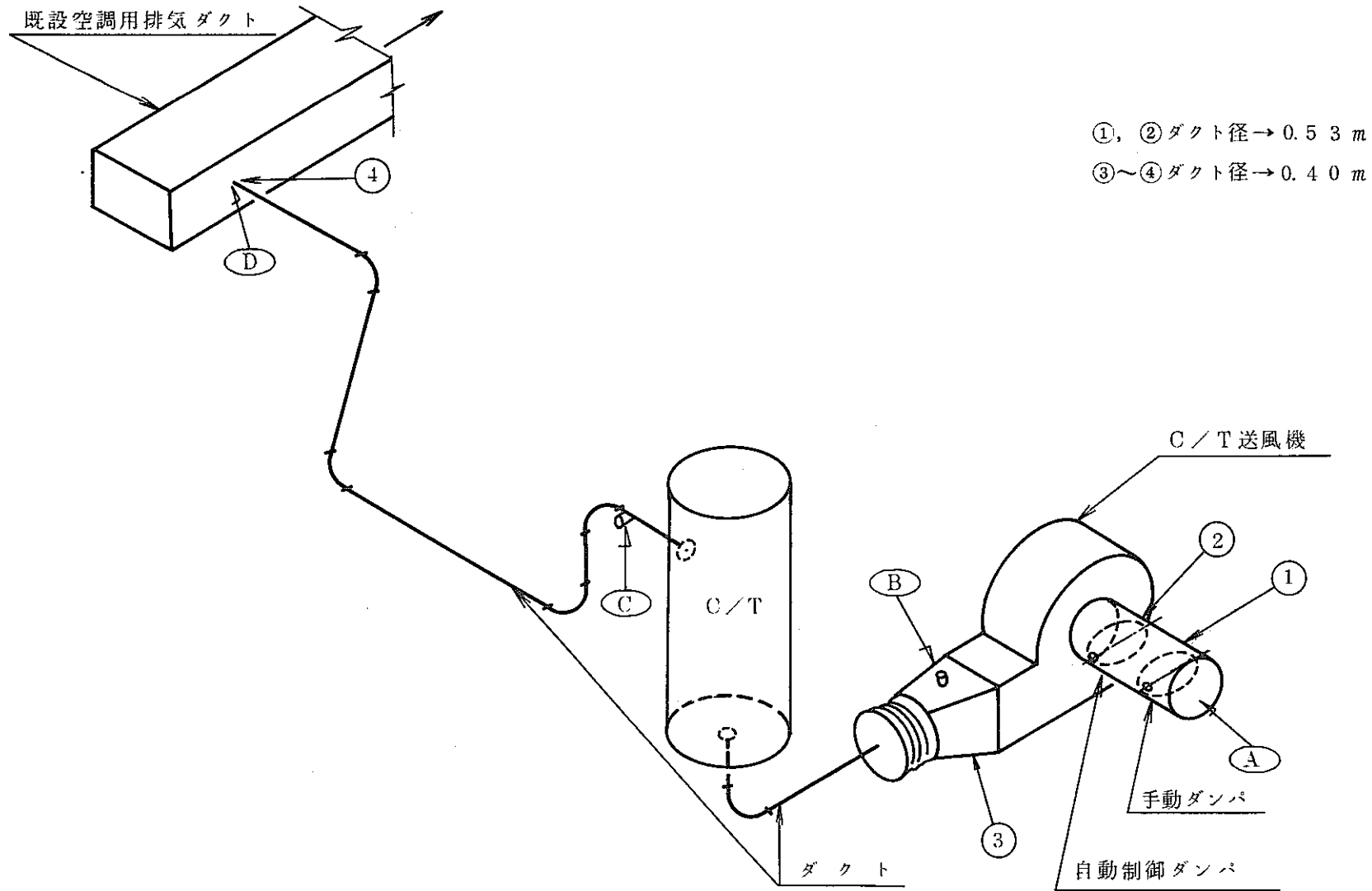


Fig. 4.9.2 2次純化系C/T送風機廻り概略図

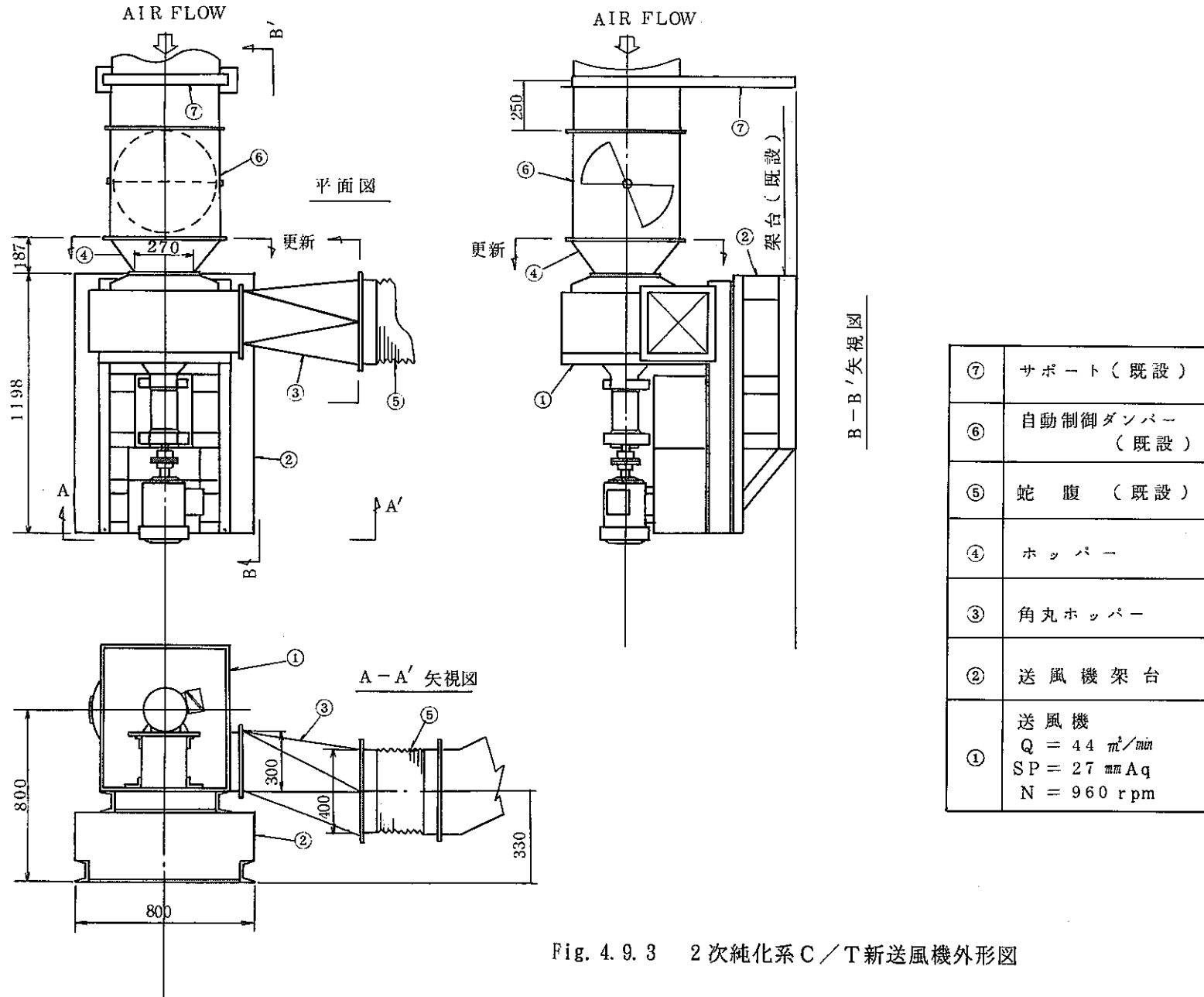


Fig. 4.9.3 2次純化系C/T新送風機外形図

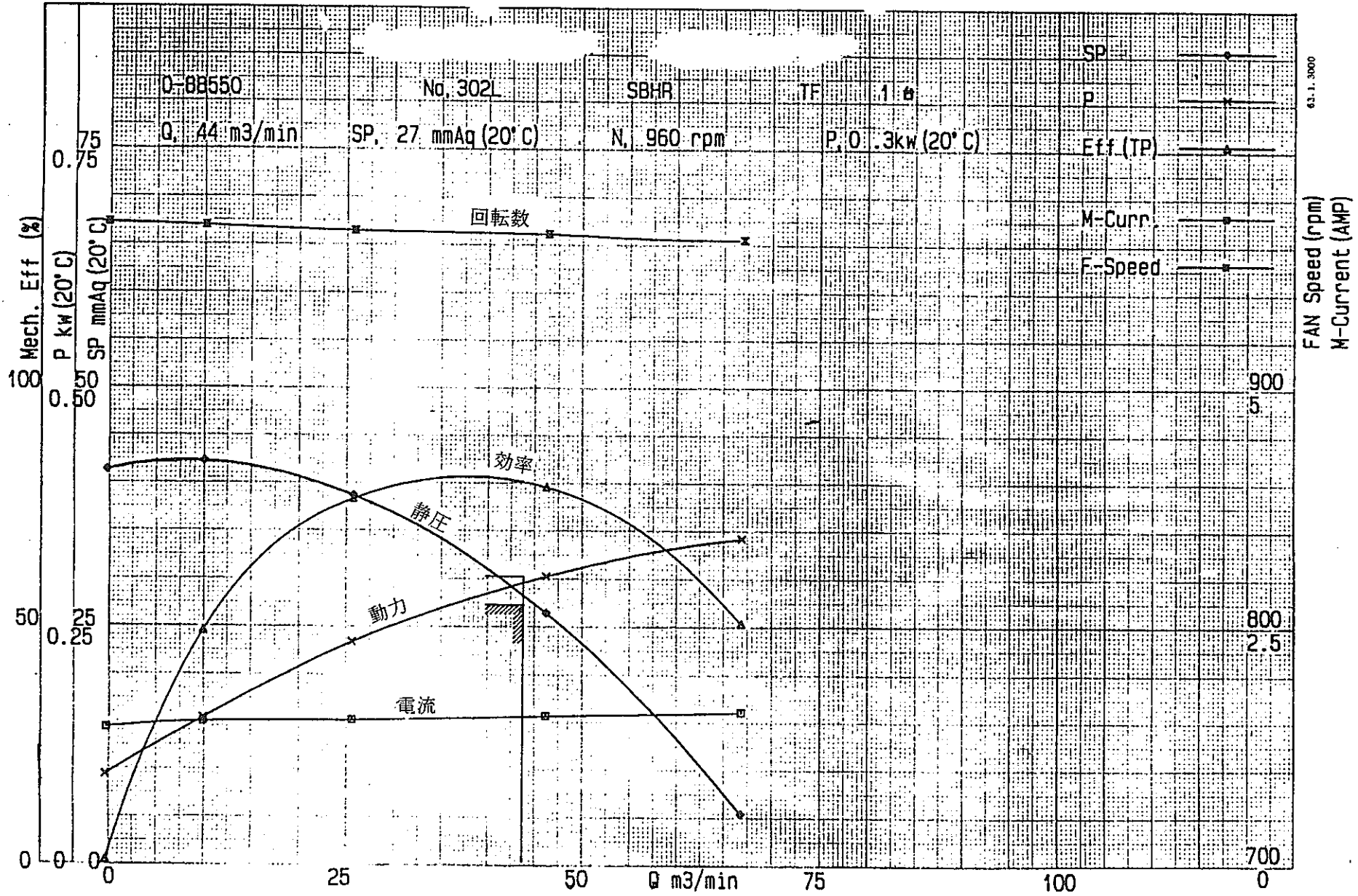


Fig. 4.9.4 2次純化系C/T新送風機性能曲線図

4.10 炉外照射装置に伴う安全容器内調査工事

4.10.1 概要

本報告書は、「常陽」の原子炉容器と安全容器内黒鉛遮へい体との間の空間を利用して構造材料照射試験の実現性の検討のために実施した安全容器内の調査工事についてまとめたものである。

本調査工事は、「常陽」炉外照射装置開発の前準備として、安全容器内へ通じているM3マンホール内の整備および原子炉容器と黒鉛遮へい体との間の空間状態の観察を目的として「常陽」第7回定期点検期間中に実施した。

「常陽」炉外照射装置は、実証炉用構造材料の照射データ取得および高速炉材料強度基準の整備のためのデータ取得を目的に開発を行うものである。

本装置による照射では、現在「常陽」原子炉容器における炉上部照射プラグリグ（UPR）の高温・低中性子照射量条件（530℃， $\sim 10^{18}$ nvt： $E \geq 0.1$ MeV）および構造材料照射用反射体の中・高温、高中性子照射量条件（400℃～600℃， $10^{20} \sim 10^{22}$ nvt： $E \geq 0.1$ MeV）でカバーできない高温度領域、かつ、低中性子照射量の条件（200℃～700℃， $\sim 10^{18}$ nvt： $E \geq 0.1$ MeV）が得られる。

また、現状の照射試験は液体金属ナトリウムを内包した原子炉容器内で実施しているために、試験片の装脱荷に時間および経費がかかるのに対し、本装置では試験片の装脱荷が容易であることから、経費の削減および原子炉稼働率の向上が図れる。

さらに、本装置は、新型転換炉実証炉等の材料照射試験にも適していることから、実験炉「常陽」の利用拡大に役立つものである。

「常陽」炉外照射装置の概略構造をFig. 4.10.1に示す。

4.10.2 安全容器調査工事の方法

本調査工事は、「常陽」炉上部ピット室の狭い作業空間と高い放射線線量の環境下で行うため、昭和63年5月に原子炉容器と安全容器の1/8セクター実寸大模型を用いて工事要領および照射装置の挿入性をモックアップ試験で把握し実施した。

本調査の内容は、安全容器内空気置換、M3マンホール内整備工事、原子炉容器と黒鉛遮へい体との空間への照射装置挿入および空間状態の観察を実施した。

(1) 安全容器内空気・窒素置換

本調査は、安全容器のバウンダリーを開放するため窒素ガス雰囲気である安全容器内を空気雰囲気に置換し、工事完了後、再び窒素ガス雰囲気に復旧する。

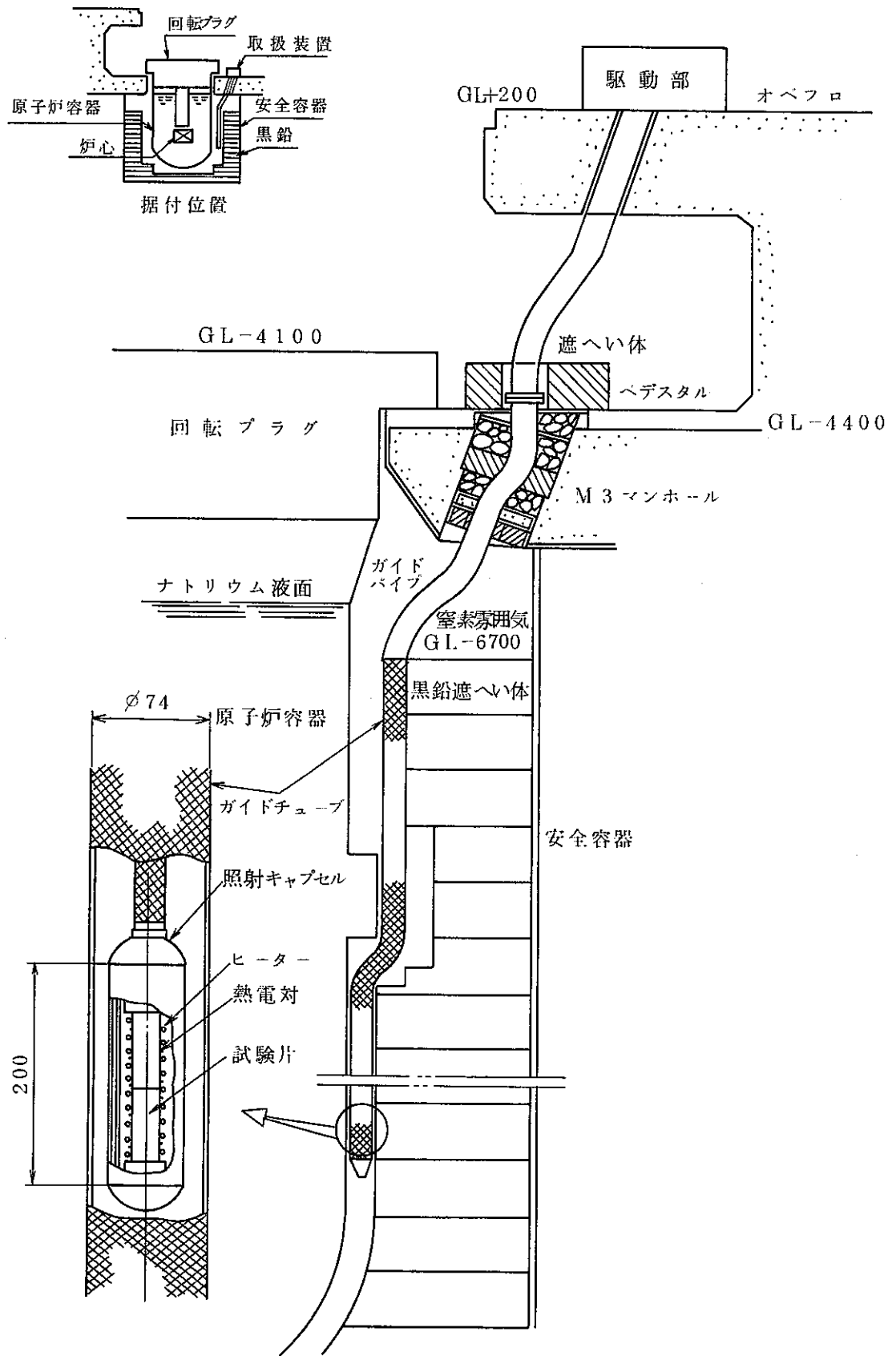


Fig. 4.10.1 「常陽」炉外照射装置概略構造図

安全容器内の置換は、置換効率を上げるために安全容器内の圧力制御設定値範囲を300mmAq-175mmAqから300mmAq-60mmAqに変更し、また、安全容器内の放射能濃度を既設のスタックモニタで監視しながら実施する。

安全容器内の置換系統をFig. 4.10.2に示す。

① 空気置換

安全容器内の空気置換は、既設の安全容器窒素ガス供給系に仮設圧縮空気供給配管を接続し、安全容器内下部から6 m³/hの圧縮空気を供給して安全容器内の酸素濃度が20%以上に到達するまで置換を継続した。

安全容器内の酸素濃度測定は、安全容器窒素ガス排気系に仮設の酸素濃度分析計を設置して行った。

排気は、通常の安全容器排気系を使用し窒素ガス処理系へ排出した。

② 窒素ガス置換

安全容器内の窒素ガス置換は、安全容器とのバウンダリを形成し、バウンダリ部の健全性を確認後、既設の安全容器窒素ガス供給系で6 m³/hの窒素ガスを安全容器内下部から供給し、安全容器内の酸素濃度が1%以下に到達するまで置換を継続した。

(2) M3 マンホール内整備

「常陽」の原子炉容器と安全容器内黒鉛遮へい体との間の空間への照射装置をM3 マンホールを介して挿入するため、マンホール内の整備を行う。

本作業は、狭い空間と高い放射線線量が予想されたためモックアップ試験の結果に基づいて詳細な作業計画を立案し遠隔操作で実施した。M3 マンホールの位置をFig. 4.10.3に示す。

また、整備前後のM3 マンホール構造をFig. 4.10.4およびFig. 4.10.5に示す。

① 作業手順

(i) 上部遮へい体撤去

M3 マンホール上部に設置されている中性子遮へい体（ポリエチレンブロック）およびγ線遮へい体を撤去する。上部γ線遮へい体（1000×800×100' × 2枚）の撤去、移動は、旋回クレーンが使用不可能であるため仮設の2台のチェーンブロックを用いて行う。

(ii) 上部プレート撤去

ソールプレートに溶接固定されている上部プレートの溶接部をガス溶断し、上部

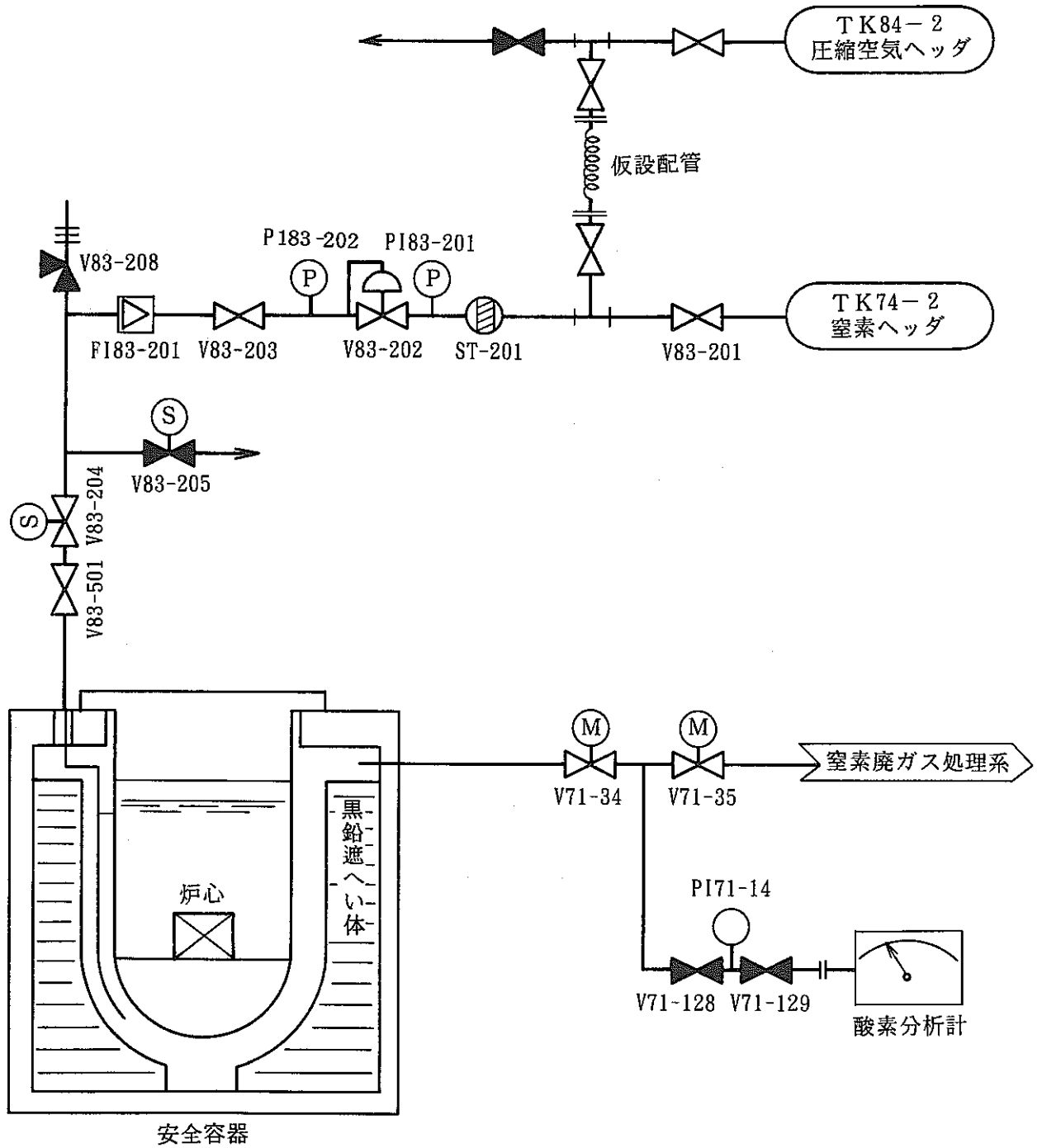


Fig. 4.10.2 安全容器内置换系統

プレートを撤去してマンホールを開放する。ソールプレートの溶断面はグラインダにより仕上げる。

マンホールを開放する前にマンホール内の放射能濃度をサンプリングし測定する。

(iii) 中性子遮へい体（上）取出し

マンホール内から中性子遮へい体（グラスウール入ボロン含有ポリエチレン粒子）を取出す。

(iv) γ 線遮へい体取出し

マンホール内から γ 線遮へい体（鉛ブロックおよび鉛粒袋）を取出す。

(v) 中性子遮へい体（下）取出し

マンホール内から中性子遮へい体（グラスウール入ボロン含有ポリエチレン粒子）を取出す。

(vi) コンクリート遮へい体撤去

マンホール本体に点付溶接（4箇所）されているコンクリート遮へい体を撤去する。

撤去方法は、鉄板遮へい体（厚さ75mm）をマンホール内に入れ、作業員がマンホール内に入って溶接部をグラインダで切断しチェーンブロックを用いコンクリート遮へい体を撤去する。切断部は遠隔操作によりグラインダで仕上げる。

本作業よりグリーンハウスを設置し、作業員はタイベックスーツにエアラインマスクを着用する。

(vii) レベル調整板撤去

マンホール本体に全周溶接固定され、安全容器とのバウンダリーを形成しているレベル調整板を撤去する。

撤去作業は、鉄板遮へい体をマンホール内へ吊り込み、作業員が溶接部をガス切断して切断部をグラインダで仕上げる。溶接部の切断、仕上げ状態を確認後、遮へい体を撤去して遠隔操作によりレベル調整板に玉掛けを行いチェーンブロックを用い引抜く。

(viii) 保温材撤去

マンホール最下端に設置されている保温材の締付ボルト（M12×40×8本）を遠隔操作により取外し、保温板にアイボルトを取付けて引抜きマンホールを開孔する。

(ix) ガイドパイプ (下) 据付調整

照射装置を原子炉容器と黒鉛遮へい体との間の空間へ導くためのガイドパイプ (下) をマンホール内の保温材に据付け締付ボルトで固定する。

ガイドパイプ (下) の先端が原子炉容器と黒鉛遮へい体との空間入口に位置するように振り下げを用いて調整する。

振り下げによる調整は、モックアップ試験により数mm程度の誤差範囲内で調整可能であることを確認している。

(x) 新レベル調整板取付け

新レベル調整板をマンホール内に吊り込み、設置し遠隔操作によりマンホール本体に溶接固定する。

(xi) 新コンクリート遮へい体をマンホール内に吊り込み、設置し遠隔操作によりマンホール本体に点付溶接で固定する。

(xii) ガイドパイプ (上) 据付け

ガイドパイプ (上) をガイドパイプ (下) に接続固定する。

(xiii) 中性子遮へい体 (下) 取付け

マンホール内に中性子遮へい体 (ガラスウール入ボロン含有ポリエチレン粒子) を遠隔操作により取付け復旧する。

(xiv) γ 線遮へい体 (鉛ブロックおよび鉛粒袋) をマンホール内へ4段重ねに取付け復旧する。

(xv) 中性子遮へい体 (上) 据付け

中性子遮へい体 (ガラスウール入ボロン含有ポリエチレン粒子) をマンホール内へ取付け復旧する。

(xvi) シールプレート取付け

シールプレートをマンホール本体およびガイドパイプ (上) に溶接固定し、安全容器との新バウンダリーを形成する。

(xvii) 新上部プレート取付け

新上部プレートをシールプレート及びガイドパイプ (上) に溶接固定し、マンホールを封鎖する。

(xviii) 新上部 γ 線遮へい体取付け

新上部 γ 線遮へい体をマンホール上に取付け、さらに鉛ブロックを1段取りつける。

(xix) 上部中性子遮へい体取付け

上部γ線遮へい体の上部および周囲にポリエチレンブロックを取付けマンホールを復旧する。

(3) ガイドチューブ挿入性試験

ガイドチューブは、複雑な段差形状をしている原子炉容器と黒鉛遮へい体との空間の所定位置へ照射キャプセルを導くための案内管である。ガイドチューブには自在性のあるフレキシブルチューブを用いた。ガイドチューブをM3マンホールを介して空間へ挿入する際、最大の障害となるのがマンホール下方3000mm付近の曲折部である。曲折部は上方から見て79mmの間隙しかないため、ガイドチューブの外径は74mmとする。

ガイドチューブの空間への挿入方法は、モックアップ試験によりガイドチューブの先端におもり(約4kg)を吊り下げて、おもりの重量を利用し手動で挿入する。

① ガイドチューブ仕様

「常陽」の原子炉容器と安全容器内黒鉛遮へい体との間の空間へ挿入可能なガイドチューブ仕様を以下に示す。

(i) ガイドチューブ

フレキシブルチューブ : インターロック(平山形)チューブ
一重ブレード付アスベストパッキン入り

(ii) 寸法

外径 : $\phi 74\text{mm}$ (最大外径 $\phi 78\text{mm}$)

内径 : $\phi 63.5\text{mm}$

(4) 安全容器内観察

ガイドチューブ挿入性試験の前後に原子炉容器保温材および黒鉛遮へい体の表面状態を観察する。

観察は、M3マンホールから原子炉容器と黒鉛遮へい体との間の空間へファイバースコープを挿入して行う。観察範囲はファイバースコープの挿入性より黒鉛遮へい体の曲折部までとする。

安全容器内観察方法をFig. 4.10. 6に示す。

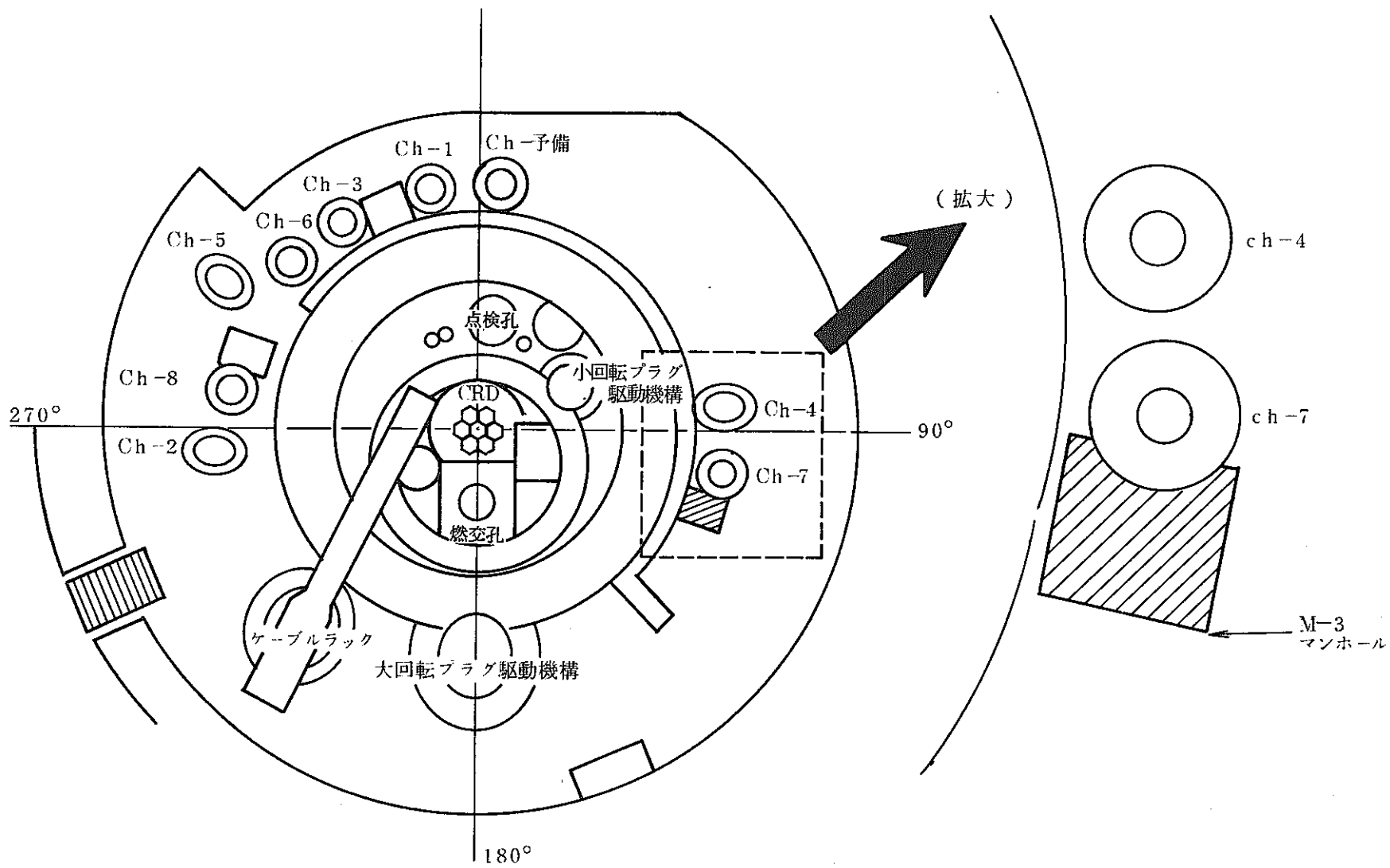


Fig. 4.10.3 M3マンホール位置

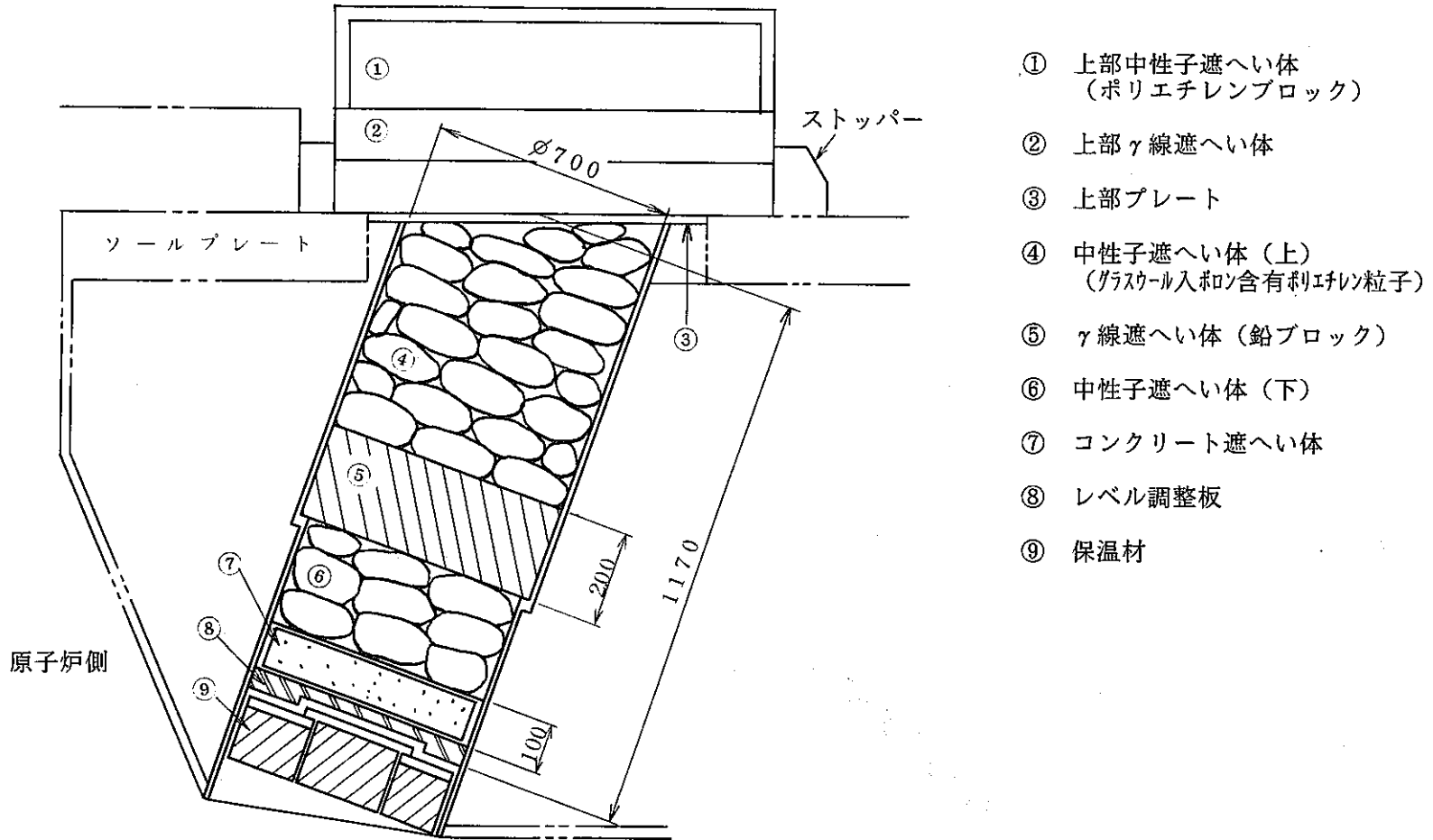


Fig. 4.10.4 M3 マンホール構造 (整備前)

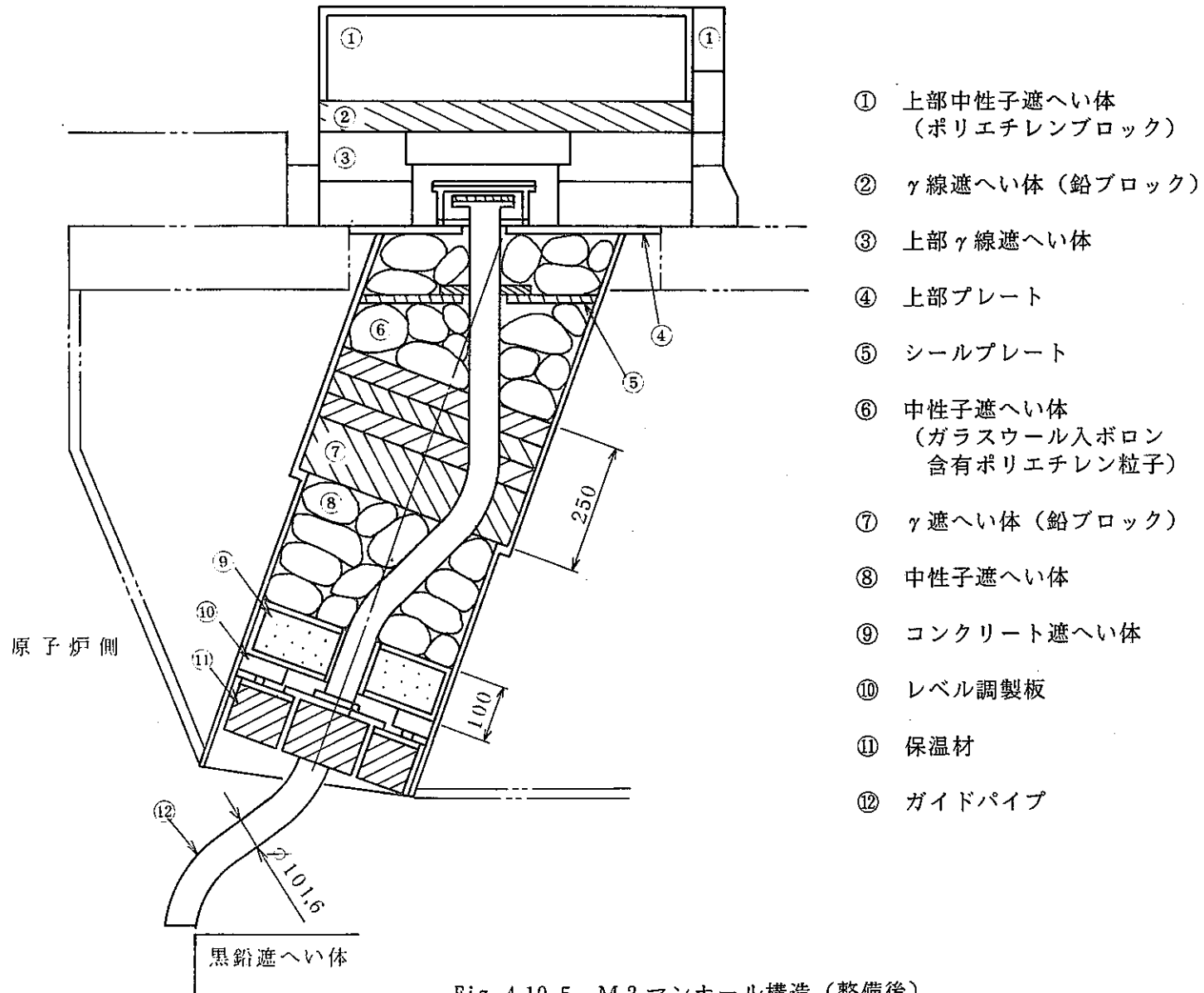


Fig. 4.10.5 M3 マンホール構造 (整備後)

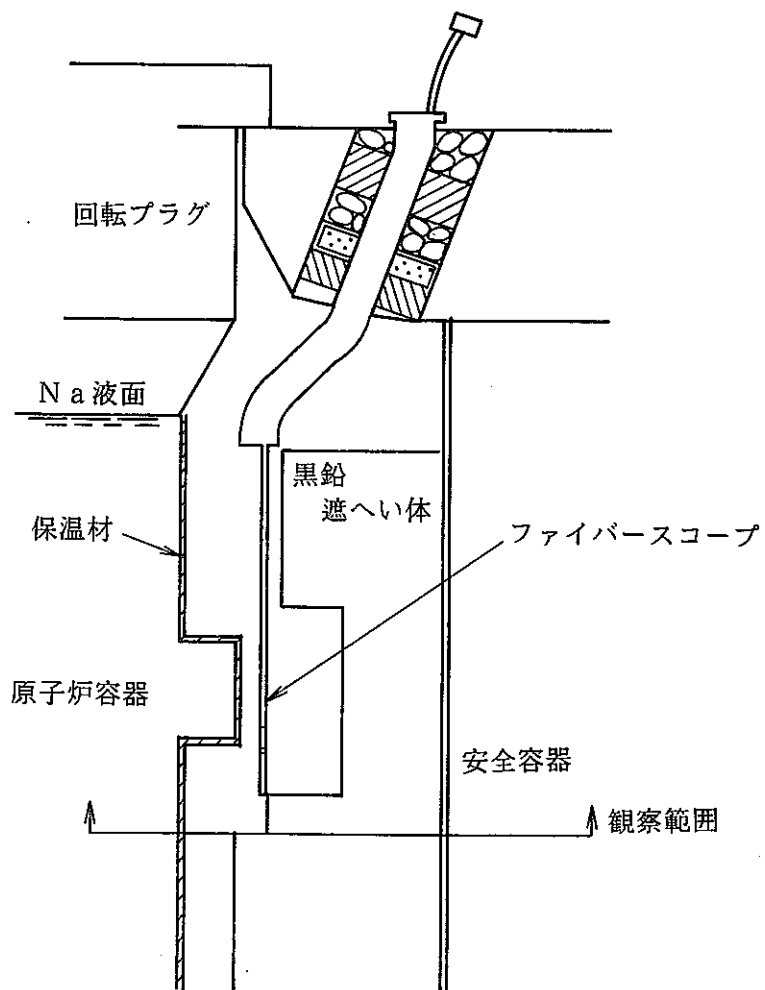


Fig. 4.10.6 安全容器内観察方法

4.10.3 安全容器調査工事の結果

本調査工事は、狭い作業空間と高放射線線量の厳しい環境下ですべて順調に計画通り進
行したのはモックアップ試験の成果が十分に発揮されたためである。

本調査工事の結果を以下に示す。

(1) 安全容器内置換

本調査工事により「常陽」安全容器内の空気置換および窒素ガス置換系統、置換要領
が明確になった。

安全容器内（約20 m^3 ）の空気置換は、6 m^3/h の圧縮空気を供給し、安全容器内酸素濃
度が20%以上に到達するまでに48時間を要した。

また、窒素ガス置換は安全容器内の酸素濃度が1%以下に到達するまでに78時間を要
した。

安全容器内窒素ガス置換時の酸素濃度変化をFig. 4.10. 7に示す。

(2) M3 マンホール内整備

照射装置をM3 マンホールを介して、原子炉容器と黒鉛遮へい体との間の空間へ導く
ため、マンホール内にガイドパイプを据付けた。

① マンホール内の酸化

上部プレートを撤去し、マンホールを開放した際、上部プレートの内側およびマン
ホール上部内面（反原子炉側）が激しく酸化されているのが観察された。

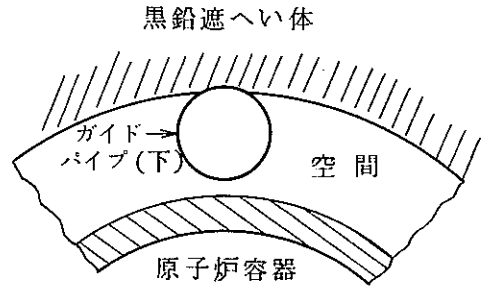
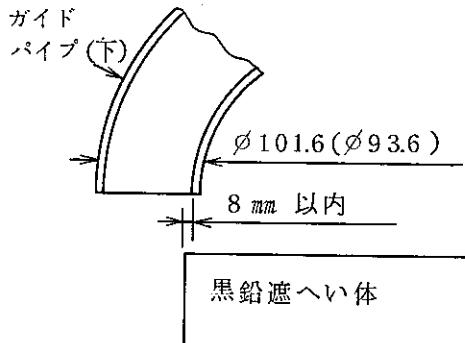
酸化の原因は、ソールプレートとコンクリートとの間の隙間から空気がマンホール
内に入り、原子炉運転中に加熱されたと考えられる。

M3 マンホール以外のM1、M2 マンホールも同様に酸化されていると考えられる。

② ガイドパイプ（下）据付調整

ガイドパイプ（下）据付調整は、外径8mmのおもりを用いた振り下げにより実施し
た。ガイドパイプ（下）据付調整後、ファイバースコープを挿入してガイドパイプ
（下）の先端と黒鉛遮へい体の隙間を確認した。

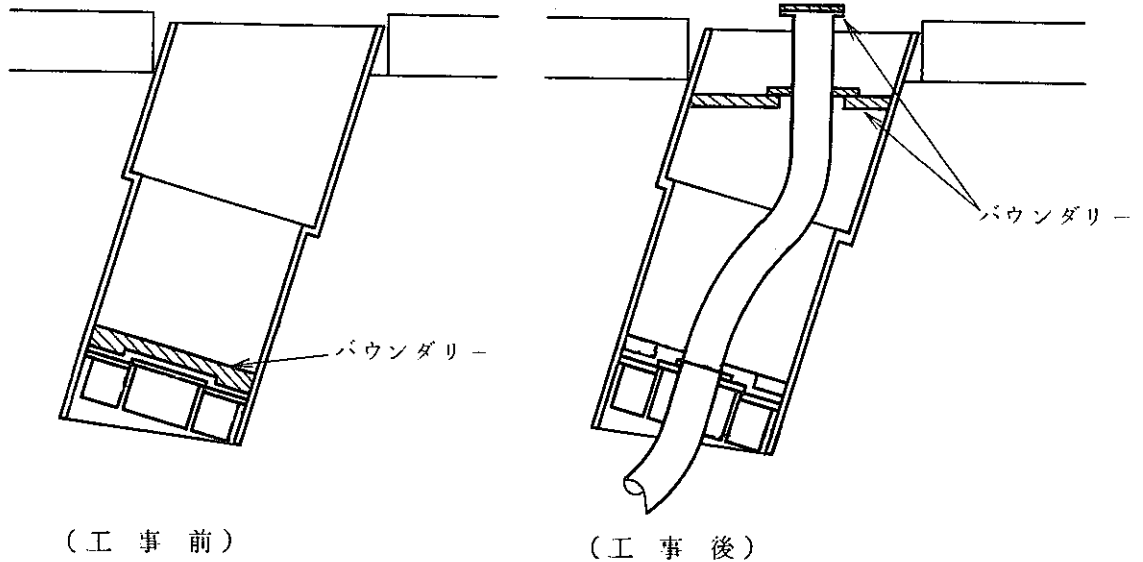
確認結果、ガイドパイプ（下）先端と黒鉛遮へい体の端面は次頁上図の通りほぼ一
致していた。



③ バウンダリーの変更

本調査工事で安全容器とのバウンダリー部をマンホール下部から上部へ変更した。

本工事でマンホール内へガイドパイプを取付けたため、バウンダリー部の構造が複雑になり、また、マンホール下部は放射線線量が高いため、従来の位置でのバウンダリー形成は不可能であるため、下図に示すように作業性の良い上部へ変更した。



(i) 溶接部試験・検査

シールプレート (バウンダリー) および上部プレートの溶接部について下図に示す箇所の試験、検査を行い健全性を確認した。

① 溶接部外観検査

溶接部に有害な傷、ピット等が無いことを目視により検査を行った。

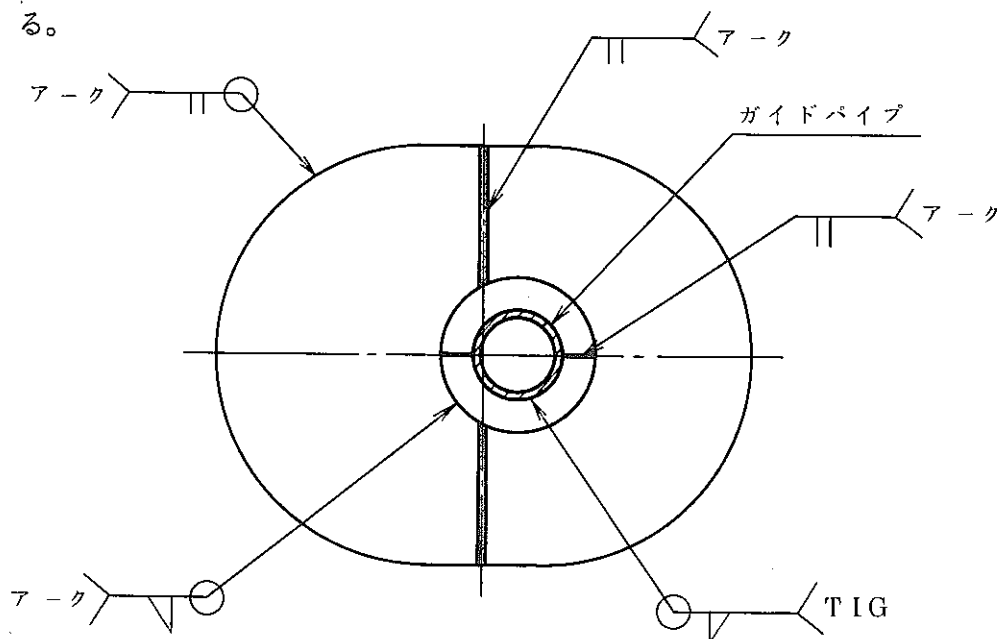
② 欠陥検査

溶接部について液体浸透探傷法により欠陥検査を行った。

㉔ 漏洩試験（バウンダリー部のみ）

安全容器内を300mmAqまで加圧し、ソーブバブル法で漏洩試験を行った。

シールプレートおよび上部プレートの溶接部は、試験、検査に合格し健全である。



シールプレートおよび上部プレート溶接部

(3) ガイドチューブ挿入性試験

ガイドチューブ挿入性試験により、「常陽」の原子炉容器と安全容器内黒鉛遮へい体との間の空間（最小間隙79mm）へM3マンホールを介して、外径74mmのフレキシブルチューブを手動で容易に挿入、引抜きできることを確認した。

本試験の結果、前記空間への照射キャプセルの装、脱荷は容易に行えることが確かめられた。

① 照射キャプセル構造

「常陽」炉外照射装置の照射キャプセルは、ガイドチューブ仕様および空間構造により形状、寸法が決定される。照射キャプセルは、装脱荷性を考慮して円筒に半球状の上、下部蓋を溶接密封した構造である。キャプセル内部はヒーター、外筒、ホルダ、試験片、熱電対等から構成される。キャプセルの上部蓋はフレキシブルチューブに接続され、フレキシブルチューブでキャプセルを吊り下げるとともに計測線を保護する。

照射キャプセルの構造をFig. 4.10.8に示す。

照射キャプセルの原子炉容器と黒鉛遮へい体との間の空間への装脱荷は、模擬体を用いモックアップ試験により容易に行うことを確認している。

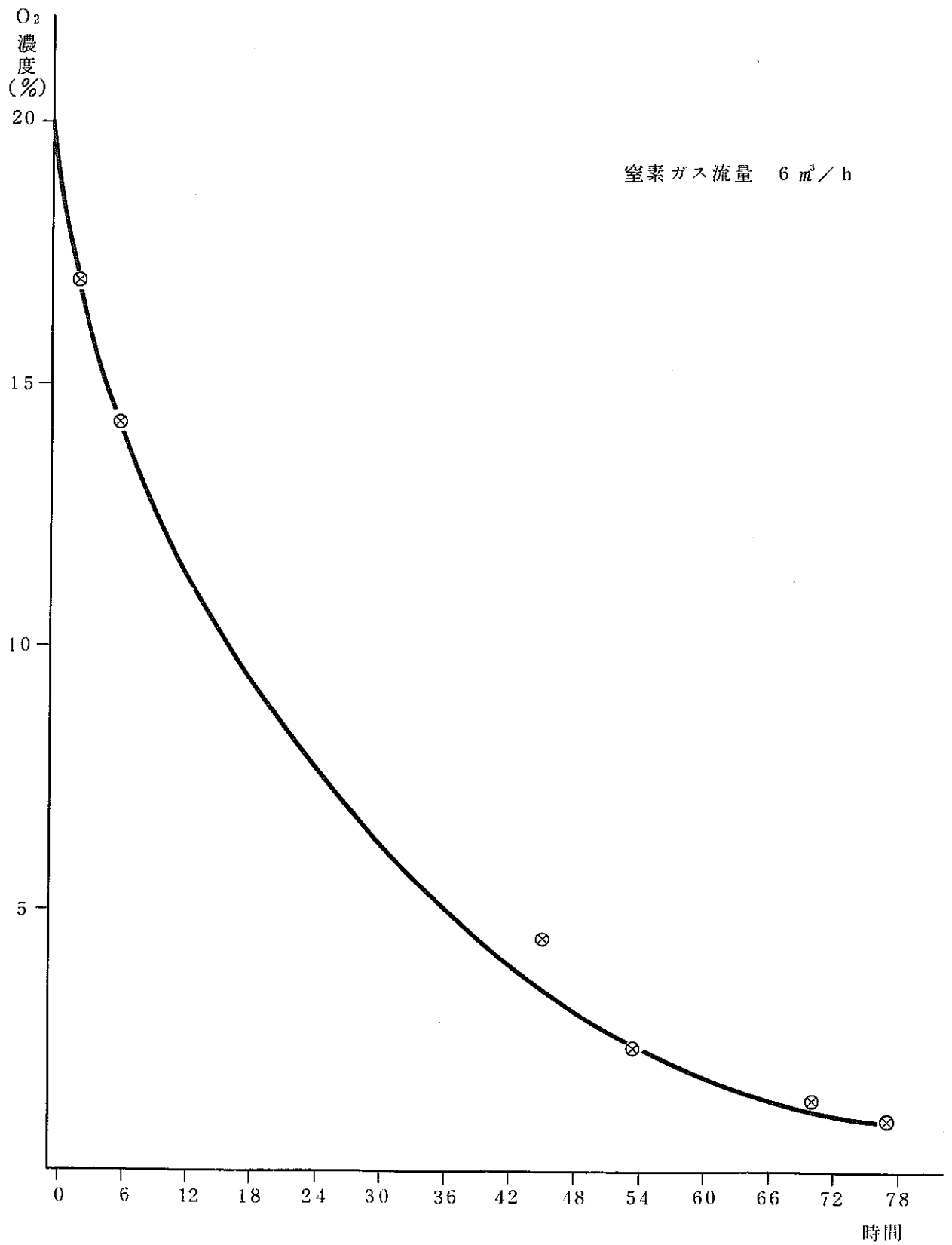


Fig. 4.10.7 安全容器内窒素ガス置換結果

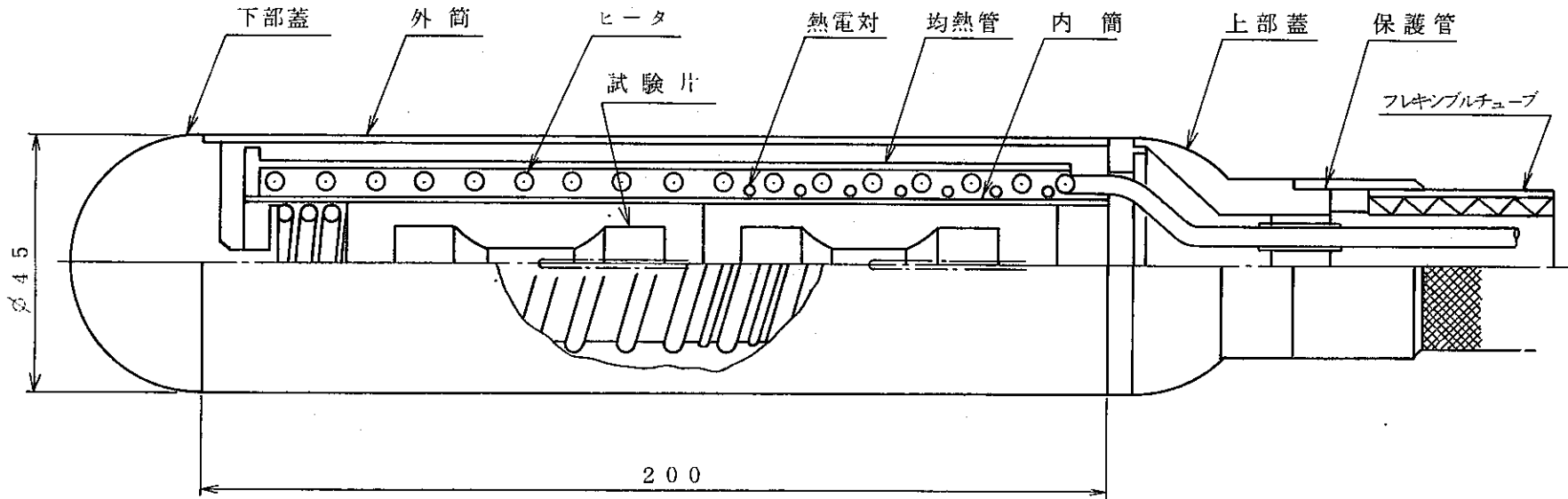


Fig. 4.10.8 照射キャプセル構造

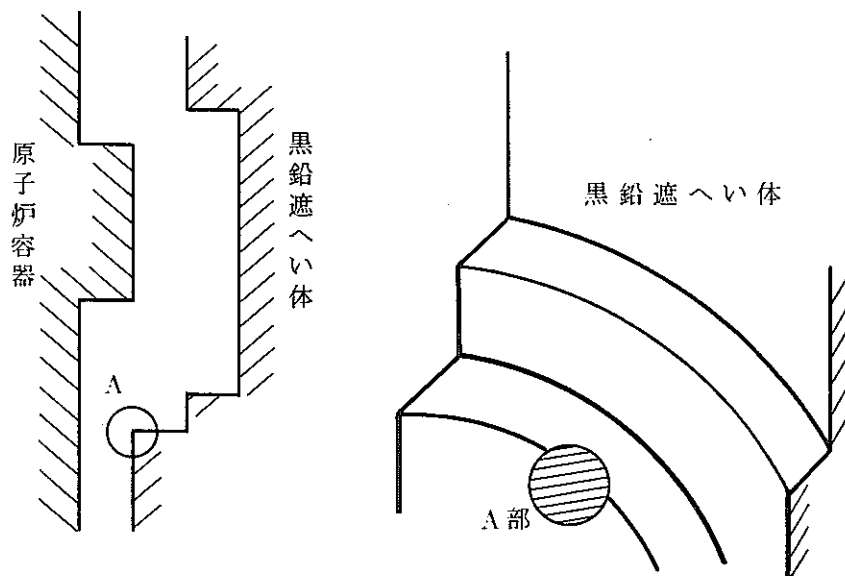
(4) 安全容器内観察

ガイドチューブ挿入試験後の原子炉容器と黒鉛遮へい体との空間へM3マンホールを介してファイバースコープを挿入し、原子炉容器保温材および黒鉛遮へい体の表面を観察した。

観察の結果、下図に示すA部の黒鉛遮へい体の曲折部にガイドチューブによるスリ傷が観測されたが黒鉛遮へい体の性能には影響がない。

また、ガイドチューブのおもりによる黒鉛遮へい体の破損はなかった。

原子炉容器保温材（ステンレス鋼板）の表面については異常が観察されなかった。



ガイドチューブによるスリ傷観察位置

4.10.4 検討課題

本調査工事の結果、「常陽」の原子炉容器と安全容器との間の空間を利用して構造材料の照射試験が可能であるが、「常陽」炉外照射装置を実現するには以下に示す課題がある。

(1) バウンダリ形成

照射キャプセルの装脱荷および照射中において、安全容器とのバウンダリを形成する機能を装置が具備する必要がある。

(2) 放射線遮へい

照射キャプセルの脱荷時においては、バウンダリを形成しながら放射線遮へいした状態でキャプセルの切離し、キャプセル輸送カスクへの収納を行う必要がある。

(3) 照射キャプセル位置決め

照射キャプセルを挿入する際、キャプセルが所定位置に挿入されていることを確認する必要がある。

(4) 計測線の切離し、接続

照射キャプセルの装脱荷時に計測線の切離し、および接続をコネクタ等を用いて行う必要がある。

(5) 計測器等の小型化

照射キャプセルの寸法は、原子炉容器と黒鉛遮へい体との間の空間形状より決ってしまうためにキャプセル内に収納する試験片およびヒータ等の計測器を小型化する必要がある。

(6) 照射キャプセルの複数化

照射キャプセル1体に収納できる試験片本数は最大2本であり、照射キャプセルを軸方向に複数化し試験片の本数を増加する。

照射キャプセルの複数化に伴い計測線の配置、接続および挿入性等の検討が必要になる。

(7) 装置の設置場所

M3 マンホールのまわりには中性子検出器等の重要機器が多く、スペースも狭いので装置の設置場所を検討する必要がある。

「常陽」炉外照射装置の詳細設計、製作においては、上記検討課題の見直し、評価を行いながら開発を進めていきたい。

(野口 好一)

4.11 定置式放射線モニタの更新

4.11.1 概要

定置式放射線モニタ（以下「放射線モニタ」という）は、昭和49年に据え付けを完了して以来約14年間にわたり作業者の安全確保に極めて重要な役割を果たすと共に、プラントの放射線監視、放射線物質の放出管理等、数多くの貴重なデータを提供してきた。

しかしながら、放射線モニタ設置後10年を迎える頃から老朽化に起因した故障、誤警報等が増加し始めると共に、昭和61年度に実施した放射線モニタの信頼性及び寿命評価の調査から、放射線モニタに使用している部品については全体の約60%が製造中止になっており、その内の7%が代替品の使用が不可能であることが明らかとなった。従ってこのまま

ではプラントの運転及び放射線管理上、重大な支障をきたすことが予想された。

以上を踏まえ、今後も信頼性の高い放射線情報の提供及びプラントの放射線監視を行っていくため、第7回定検時に放射線モニタの更新を行った。更新に当たっては放射線監視機能の強化、放管業務の効率化を目指すと共に、新技術を積極的に導入し現時点で最適な計測、管理方法を採用した。

4.11.2 更新概要

(1) 更新範囲

更新するモニタは設置後10年以上経過したものを対象とし、10年に満たないものについては放射線監視システムとして整合性を持たせると共に、スムーズに更新、移行出来るよう最小限の改造を行った。主な放射線モニタの更新範囲の一覧をTable. 4.11.1に示す。

尚、検出器、遮へい体、ケーブル等については、昭和61年度に実施した放射線モニタの信頼性及び寿命評価の調査結果から、今後とも使用に十分耐えうる事が明らかとなったためそのまま使用することとした。

(2) 更新内容

主な更新内容を以下に示す。

- ① 中央制御室放射線監視盤の全面更新を行い、使用するメータも従来のアナログメータからデジタルレートメータに変更した。また、同盤には放射線監視用のCRTを設置した。放射線監視盤をFig. 4.11.1に、デジタルレートメータの外観をFig. 4.11.2に示す。
- ② 従来、分散配置されていた燃取設備放射線監視盤及び廃棄物処理建家監視盤を中央制御室放射線監視盤に移設した。また、同場所に放射線監視盤の替わりとして壁掛式のモニタ指示パネルを設置し、放射線量の変化及び放射線警報などを知らせることができるようにした。
- ③ 「発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針」に従った格納容器内 γ 線モニタを2基、排気筒高濃度ガスモニタを1基新たに設置した。また、廃棄物処理建家の放射線監視の強化を目的に、制御室に γ 線エリアモニタ1基を新たに設置した。
- ④ 計算機を利用した放射線監視システムを導入し、放射線モニタの管理及び監視を集中的に行えるようにした。また、放射線管理業務の合理化及び効率化を図るため、本

システムを使用して各種帳票の作成、放射線モニタの点検及び異常診断等を可能にした。

- ⑤ I R A F放射線モニタは設置後10年を越えておらず、雑排水モニタについても更新済であるため、今回の更新対象外とした。ただし、放射線監視システムへのデータの取り込みを実施し、放射線監視システムによる監視を可能とした。
- ⑥ 管理区域入口付近の1階ホールに管理区域内放射線状況図を設置し、作業者にリアルタイムの放射線情報を提供できるようにした。

(3) 更新工事期間中の放射線モニタリング

放射線モニタ更新工事期間中は、18系統のモニタリングが可能な仮設の放射線監視盤（以下「仮設モニタ」という）を製作し、必要最小限の放射線モニタリングを実施した。尚、仮設モニタで監視するモニタの選定にあたっては以下の点を考慮した。

- ① 保安規定で連続測定が義務づけられている排気モニタ、及び廃ガス処理系ガスモニタを最優先とした。
- ② 定検中であるため、作業環境を監視しているモニタを優先とした。

また、仮設モニタ対象以外の場所については、以下の方法により放射線監視を行った。

- (i) 人が常時立ち入る場所の線量当量率を毎日1回測定し、異常のないことの確認を行った。
- (ii) 作業等で線量当量率を連続監視する必要が生じた場合は、ポータブル γ 線エリアモニタで連続監視を行った。
- (iii) 作業等で空气中放射性ダスト濃度及び空气中放射性ガス濃度の連続監視を行う必要が生じた場合は、移動型ダストモニタ及び移動型ガスモニタで連続監視を行った。

4.11.3 放射線モニタ

(1) モニタ仕様

① 格納容器内高線量当量率 γ 線モニタ

- (i) 測定対象： γ 線
- (ii) 検出器：電離箱
- (iii) 指示範囲： $10^{-2} \sim 10^5$ Sv/h
- (iv) エネルギー特性： $\pm 20\%$ 以内
- (v) 指示精度：フルスケールに対し $\pm 4\%$ 以内

② 原子炉保護系 γ 線エリアモニタ

- (i) 測定対象： γ 線
- (ii) 検出器：電離箱
- (iii) 指示範囲： $10^{-2} \sim 10^2 \text{mSv/h}$
- (iv) エネルギー特性： $\pm 20\%$ 以内
- (v) 指示精度：フルスケールに対し $\pm 4\%$ 以内

③ γ 線エリアモニタ

- (i) 測定対象： γ 線
- (ii) 検出器：電離箱
- (iii) 指示範囲： $10^{-4} \sim 10^0 \text{mSv/h}$ (γ_L)
 $10^{-2} \sim 10^2 \text{mSv/h}$ (γ_{M1})
 $10^{-1} \sim 10^3 \text{mSv/h}$ (γ_{M2})
 $10 \sim 10^5 \text{mSv/h}$ (γ_H)
- (iv) エネルギー特性： $\pm 20\%$ 以内
- (v) 指示精度：フルスケールに対し $\pm 4\%$ 以内

④ 中性子線エリアモニタ

- (i) 測定対象：中性子線
- (ii) 検出器： ^3He 比例計数管
- (iii) 指示範囲： $10^{-5} \sim 10 \text{mSv/h}$
- (iv) エネルギー特性： $\pm 20\%$ 以内
- (v) 指示精度：フルスケールに対し $\pm 4\%$ 以内

⑤ ダストモニタ

- (i) 測定対象： α 線
 β (γ) 線
 γ 線
- (ii) 検出器：ZnSシンチレーション検出器 (α 線)
GM計数 (β γ 線)
NaIシンチレーション検出器 (γ 線)
- (iii) 指示範囲： $0.1 \sim 10^5 \text{cps}$
- (iv) 指示精度：フルスケールに対し $\pm 4\%$ 以内

- (v) 計 数 効 率： α については8%以上
 β (γ) については10%以上
 γ 線については3%以上

⑥ 排気筒高濃度ガスモニタ

- (i) 測 定 対 象： γ 線
- (ii) 検 出 器：電離箱
- (iii) 指 示 範 囲： $4 \times 10^{-8} \sim 10^{-2} \mu A$
(^{133}Xe に対し $3.0 \times 10^1 \sim 7.4 \times 10^6 Bq/cm^3$)
- (iv) エネルギー特性： $\pm 20\%$ 以内
- (v) 指 示 精 度：フルスケールに対し $\pm 4\%$ 以内

⑦ ガスモニタ

- (i) 測 定 対 象： β (γ) 線
 γ 線
- (ii) 検 出 器：プラスチックシンチレーション検出器 (β γ 線)
NaIシンチレーション検出器 (γ 線)
- (iii) 指 示 範 囲： $0.1 \sim 10^5 cps$
- (iv) 指 示 精 度：フルスケールに対し $\pm 4\%$ 以内

⑧ 雑排水モニタ

- (i) 測 定 対 象： α 線
 β (γ) 線
- (ii) 検 出 器：ガスフロー検出器
- (iii) 指 示 範 囲： $0 \sim 10^6 - 1$ カウント

(2) モニタ構成

各モニタの計装ブロック図をFig. 4.11.3に示す。

4.11.4 放射線監視システム

(1) システムの構成及び機能

放射線監視システムは、CPU (PFU-A-50)、コンソールCRT、キーボード、カラーグラフィックディスプレイ、ラインプリンタ、データバックアップパソコン等で構成されている。全体機能構成図をFig. 4.11.4に示す。

放射線モニタ等のオンラインデータは、0.5秒周期でプログラマブルコントローラ

(以下「MICREX-F」という)に送られ、MICREX-Fではそのデータを10秒毎に演算し、CPUに転送する。CPUは、10秒周期に送られるデータをグラフィックディスプレイに表示する他、そのデータを1分値及び10分値に演算処理し、各モニタの10分値、1分値トレンドグラフ等の作成及び日報、月報等の各種帳票を作成する。また中央演算処理装置が停止した際には、バックアップパソコンにより、データのバックアップができるようなシステムとした。

中央制御室放射線監視盤及び放射線監視室にはカラーグラフィックディスプレイを設置し、各モニタの現在値及びトレンドグラフがオンラインで集中監視できると共に、カラープリンタによりハードコピーが取れるシステムとした。

(2) ソフトウェア構成

Fig. 4.11.5に放射線監視システムのソフトウェア構成を示す。また、本システムのCRT出力例をFig. 4.11.6に示す。

4.11.5 まとめ

放射線モニタの老朽化対策として実施した定置式放射線モニタの更新は、国の使用前検査等含め、ほぼ工程通り終了した。

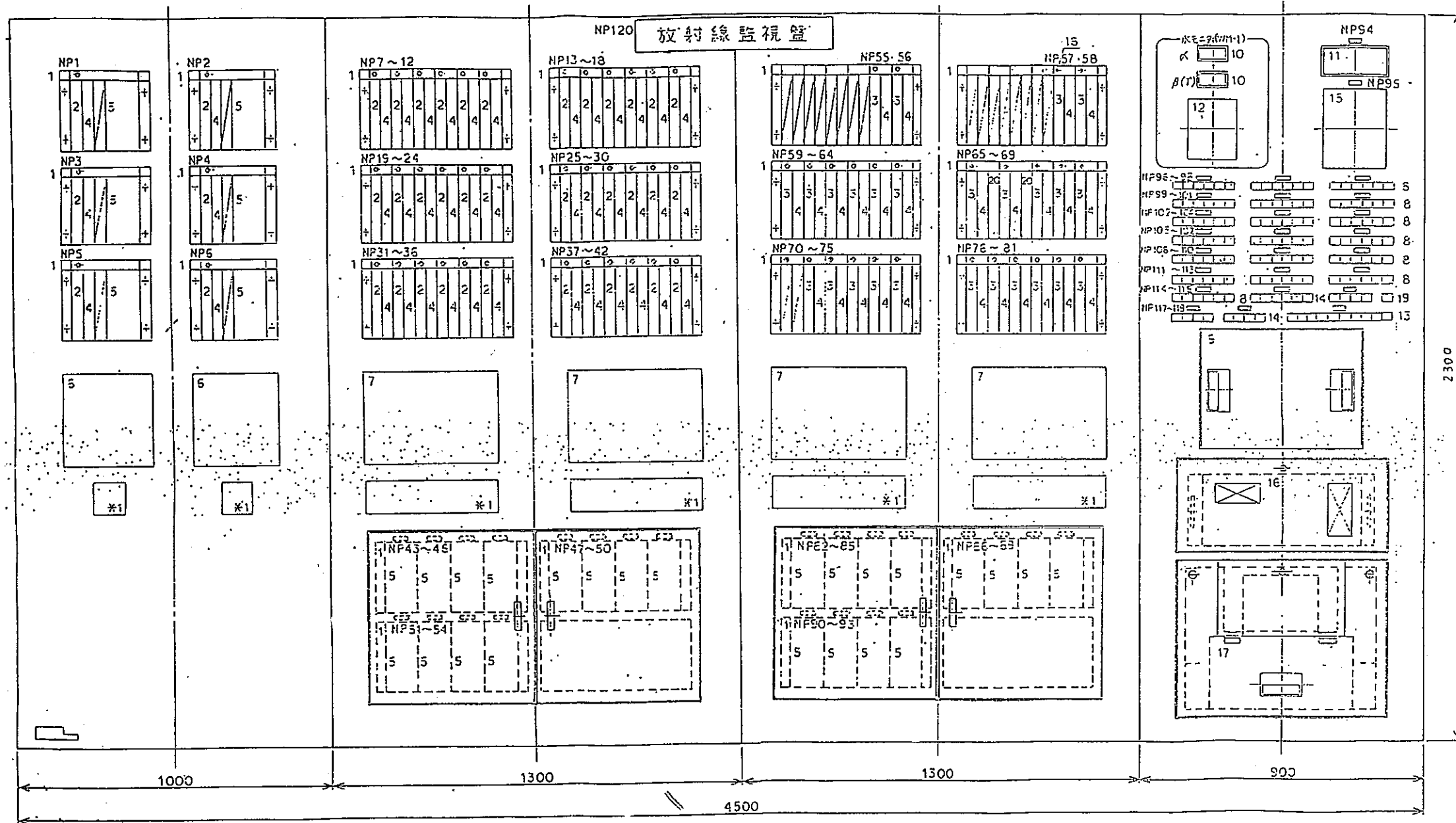
今回の更新では放射線モニタの集中管理及び計算機を利用した放射線監視システムの導入を行い、より迅速かつ的確な放射線情報が把握できるようになった。更に、更新に合わせて実施した新規モニタの設置により、放射線管理をより強化することができた。

以上により、今後共、放射線モニタは「常陽」の安定かつ安全な運転に十分な役割を果たしていくものと考えられる。

〔千場 英明〕
〔人見 順一〕

Table. 4.11.1 放射線モニタ更新範囲一覧

No.	対象機器	数量	内容	備考
1	格納容器内γ線エリアモニタ	2系統	追加	<p>*1. 検出器については、現状のものを使用し、プリアンプのみを更新した。</p> <p>*2. 燃取系プロセスモニタ3チャンネルについては、指示範囲が1~10⁴msv/hであったものを10⁻¹~10³msv/hに変更した。</p> <p>*3. 検出器をBF₃から³Heに変更した。</p> <p>*4. 中央制御室放射線監視室に移設した。</p> <p>*5. ただし床下エリアモニタケーブルについては劣化が著しいため更新した。</p>
2	原子炉保護系エリアモニタ	3系統	更新*1	
3	γ線エリアモニタ	35系統	更新*1,2	
4	中性子線エリアモニタ	2系統	更新*3	
5	ダストモニタ	11系統	更新*1	
6	ガスモニタ	13系統	更新*1	
7	排気筒高濃度ガスモニタ	1系統	追加	
8	廃棄物処理建家γ線エリアモニタ	1系統	追加	
9	中央制御室放射線監視盤	一式	更新	
10	警報表示盤	一式	更新	
11	副警報表示盤	一式	更新	
12	放射線監視システム	一式	追加	
13	燃取及び廃棄物処理建家監視盤	一式	撤去*4	
14	燃取及び廃棄物処理建家放射線表示盤	一式	追加	
15	メンテナンス建家、使用済燃料貯蔵建家表示盤	一式	更新	
16	照射装置組立検査施設放射線モニタ及び雑排水モニタデータ収集装置端末	一式	追加	
17	管理区域内状況図	一式	追加	
18	ケーブル	一式	既設使用*5	



No.	機器名称
1	AEC-NIMピン
2	デジタルDC指示計モジュール
3	デジタルレートメータモジュール
4	高圧電源モジュール
5	低圧電源モジュール
6	記録計
7	インテリジェント記録計
8	ダストコントロール
9	CRT
10	LEDカウンタ(6ケタ)
11	LEDデジタル表示器
12	記録計
13	電磁弁コントロール
14	ガスコントロール
15	風向風速計
16	キーボード
17	ハードコピー
18	バイパス表示ランプ
19	照光押釦スイッチ
20	波高分析モジュール

Fig. 4.11.1 放射線監視盤外観図

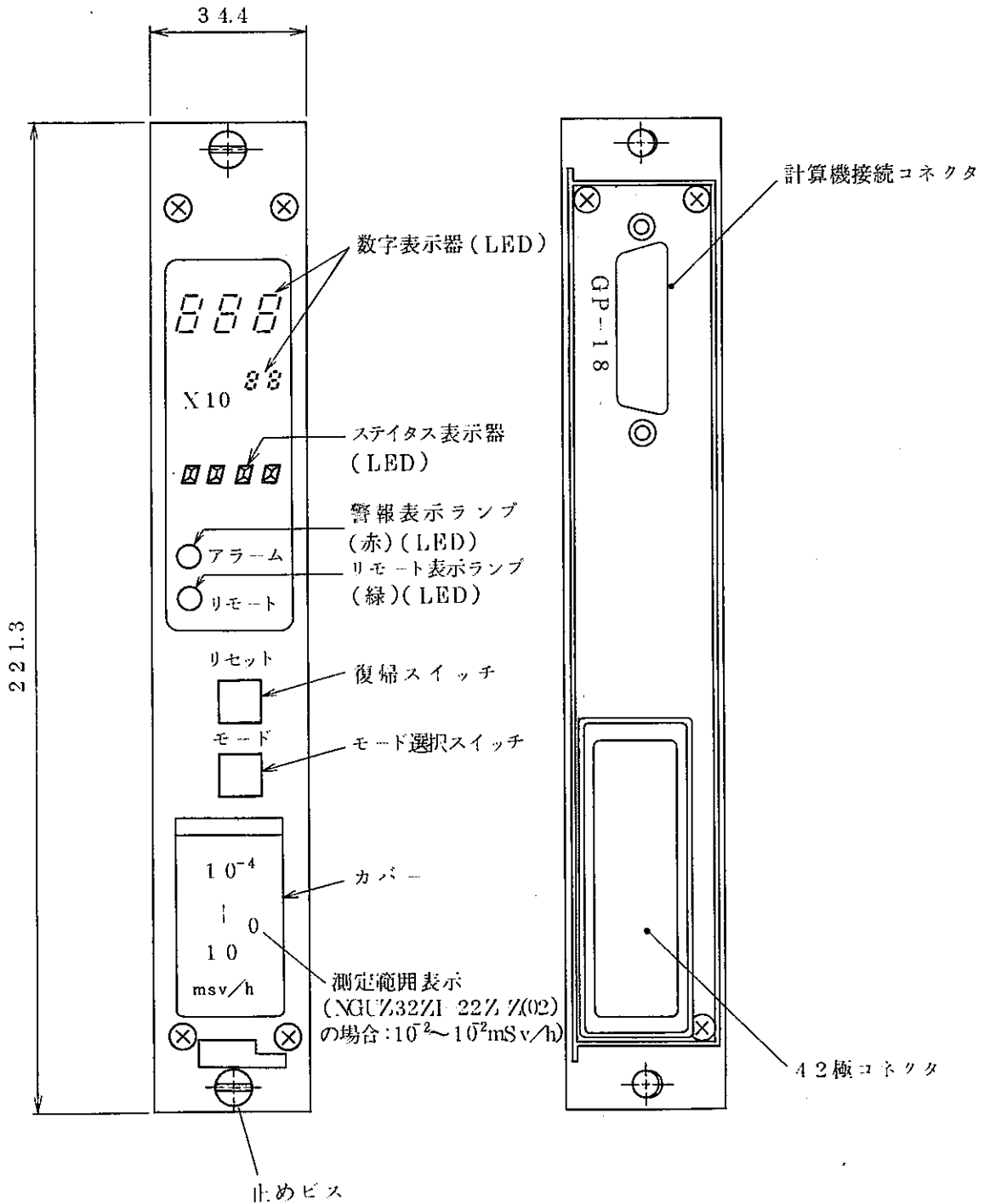
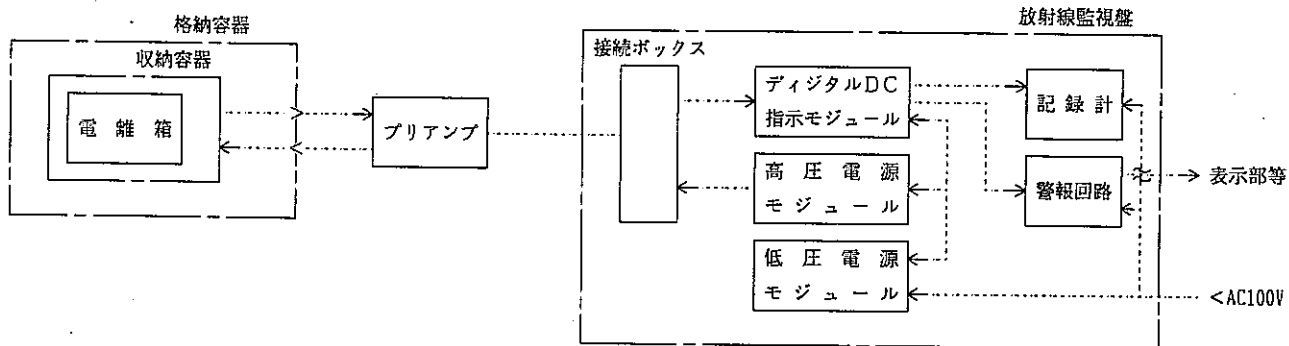
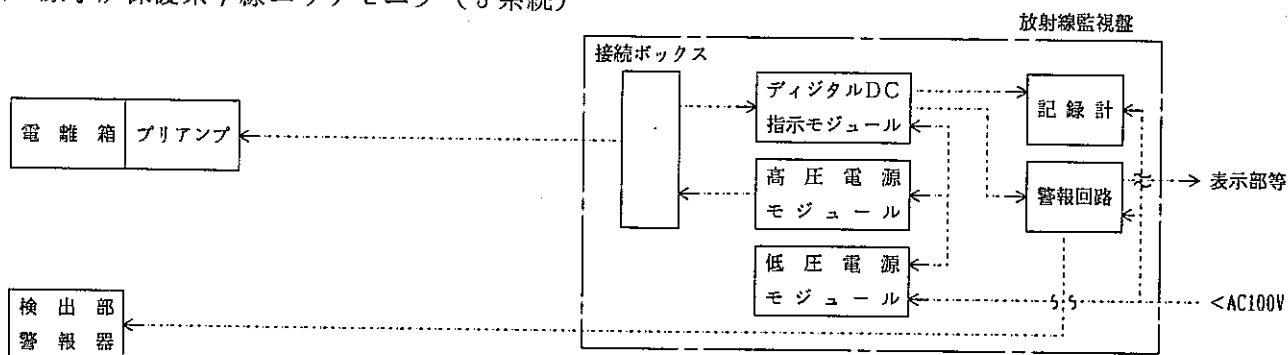


Fig. 4.11.2 デジタルレートメータ外観図

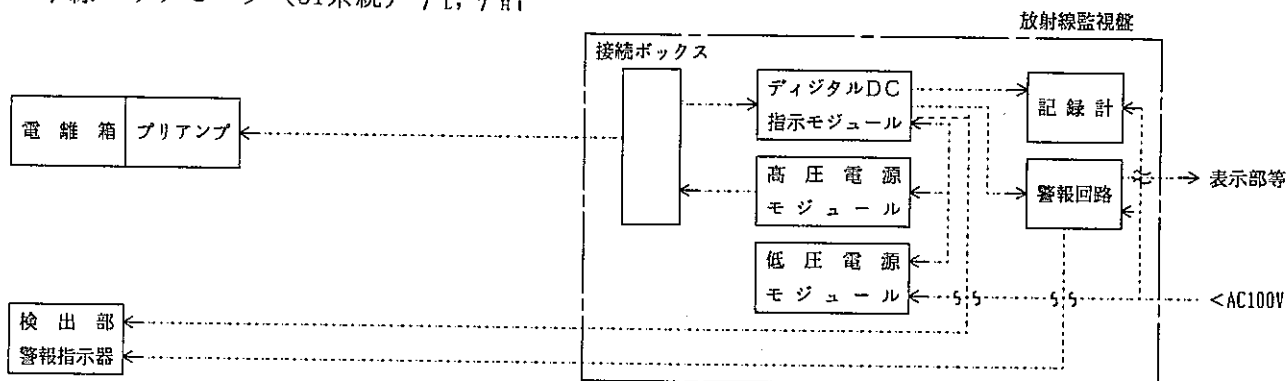
(1) 格納容器高線量当量率 γ 線モニタ (2系統)



(2) 原子炉保護系 γ 線エリアモニタ (3系統)



(3) γ 線エリアモニタ (31系統) γ_L, γ_H



(4) γ 線エリアモニタ (3系統) : γ_{M2}

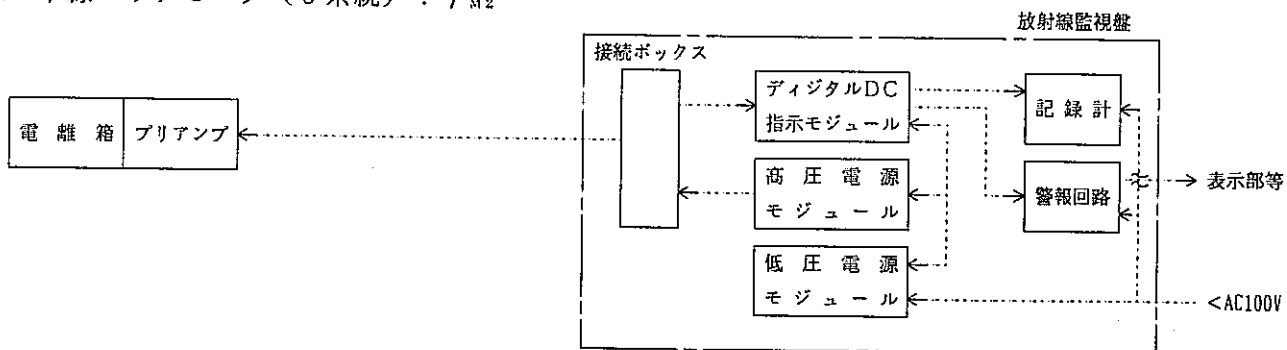
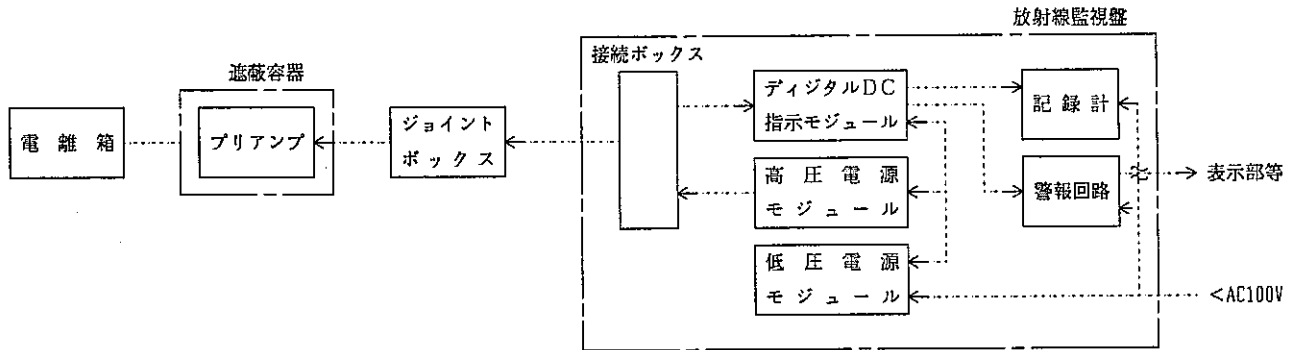
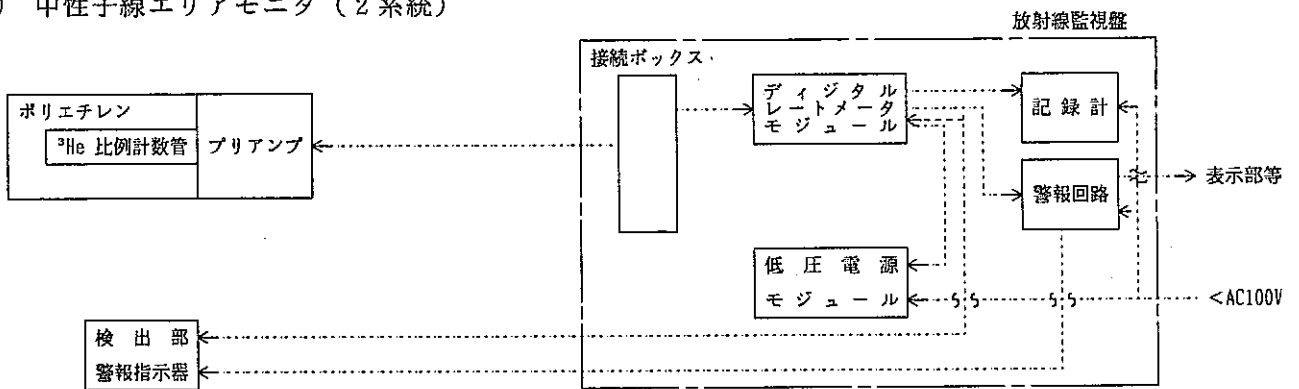


Fig. 4.11.3 各モニタ計装ブロック図 (1/3)

(5) γ 線エリアモニタ (2系統) : γ_H



(6) 中性子線エリアモニタ (2系統)



(7) ダストモニタ (11系統)

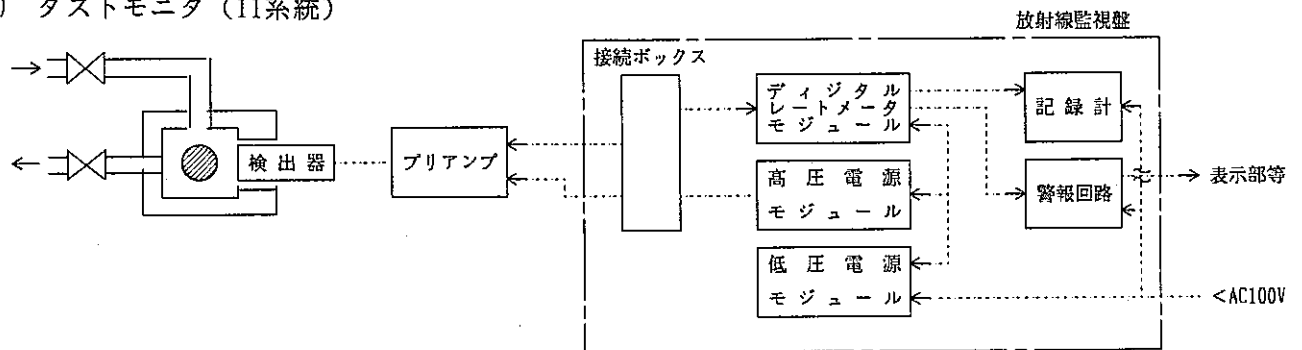
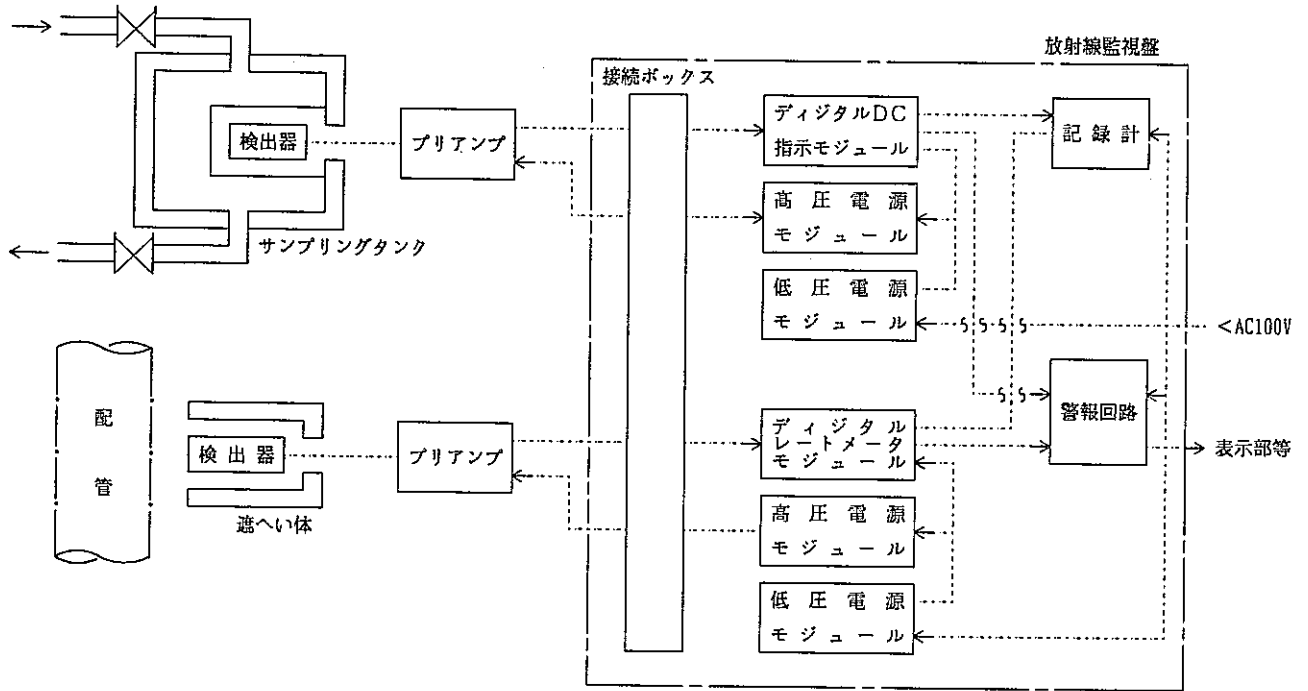


Fig. 4.11. 3 各モニタ計装ブロック図 (2 / 3)

(8) ガスモニタ (14系統)



(9) 雑排水モニタ (1系統)

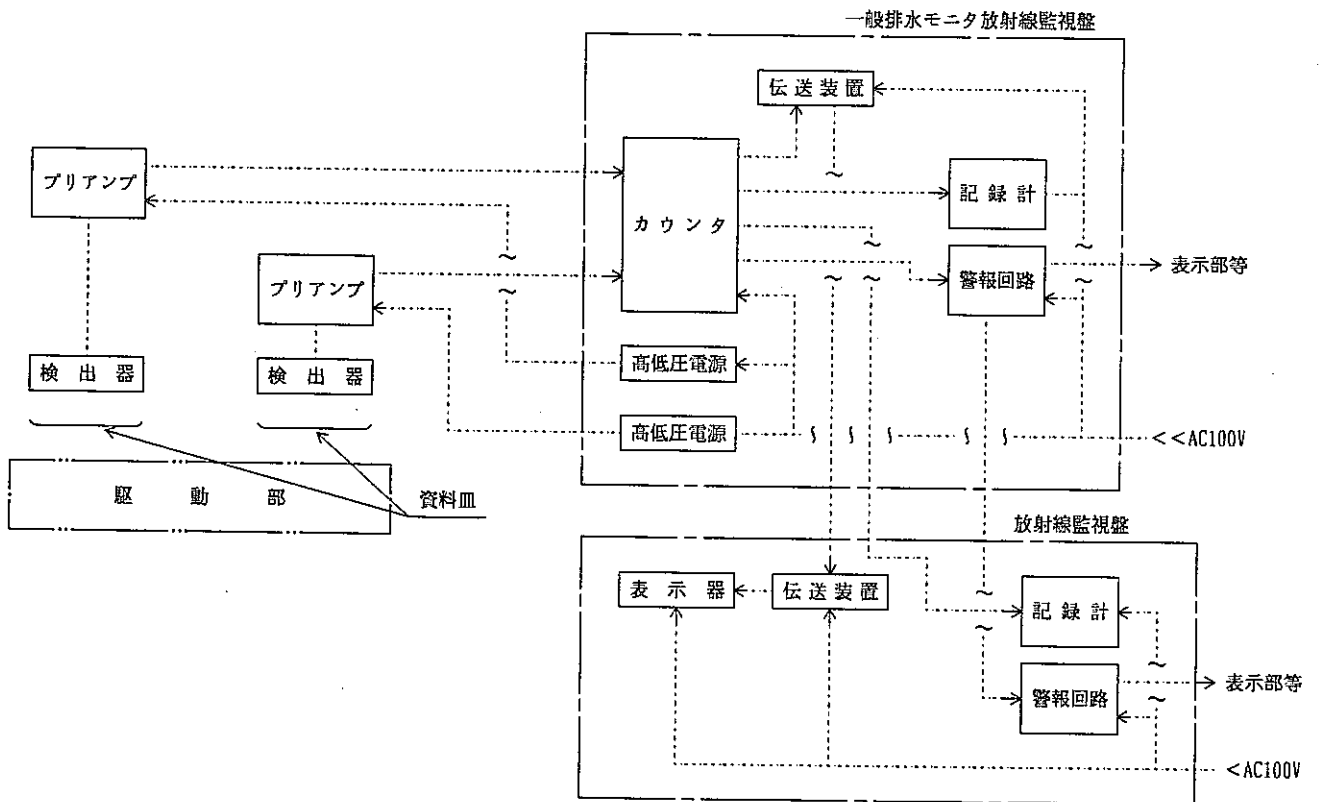


Fig. 4.11.3 各モニタ計装ブロック図 (3 / 3)

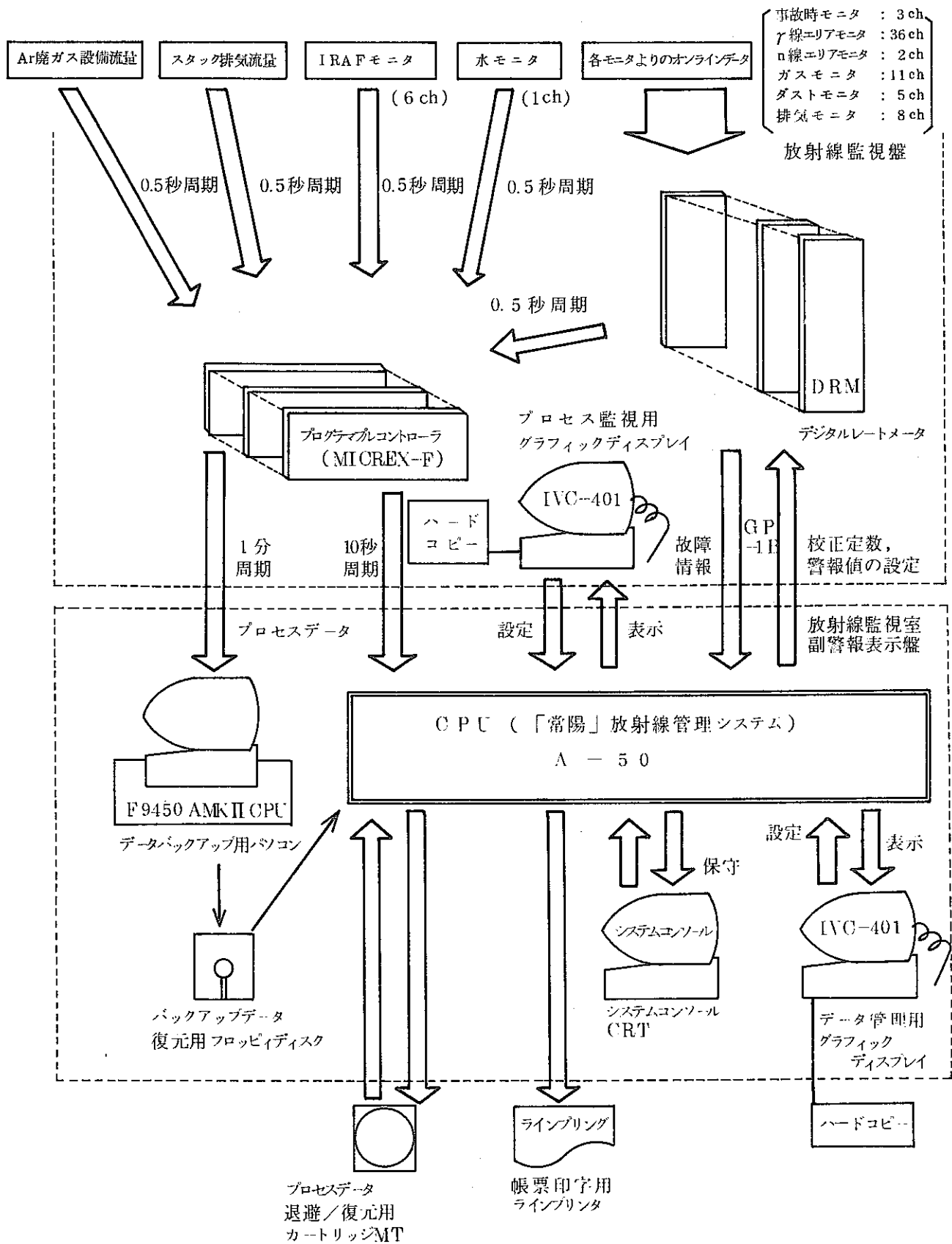
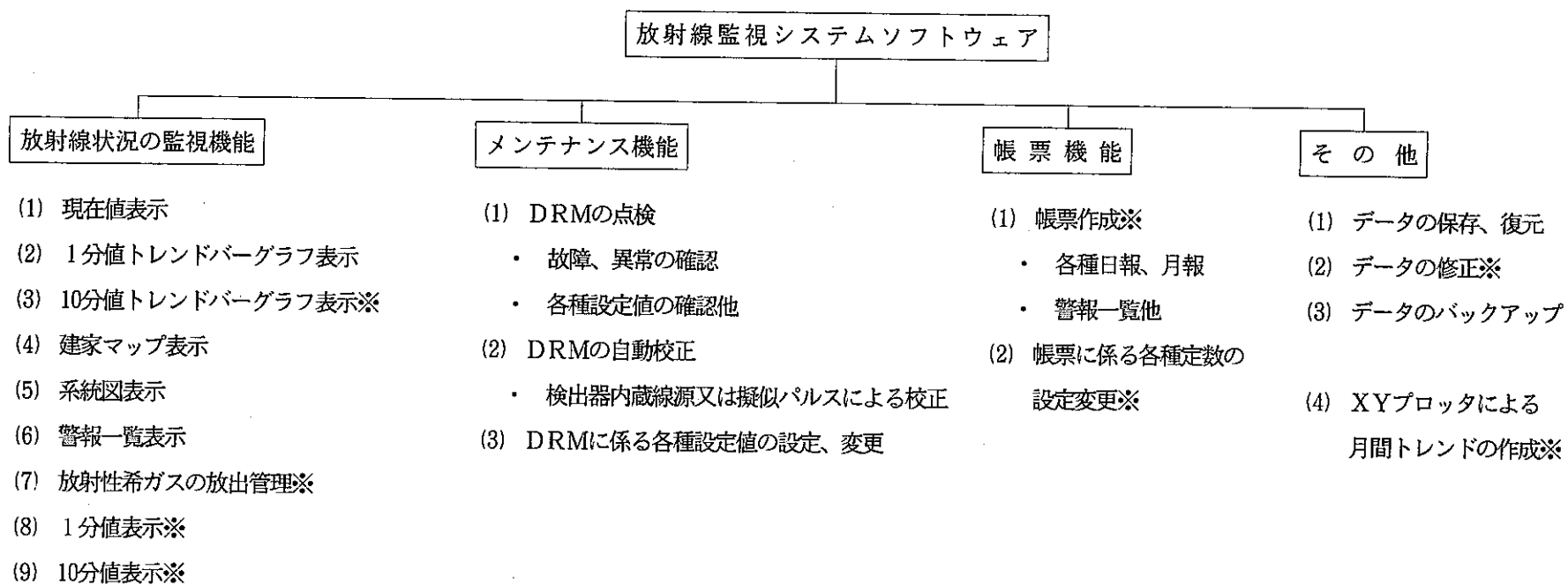


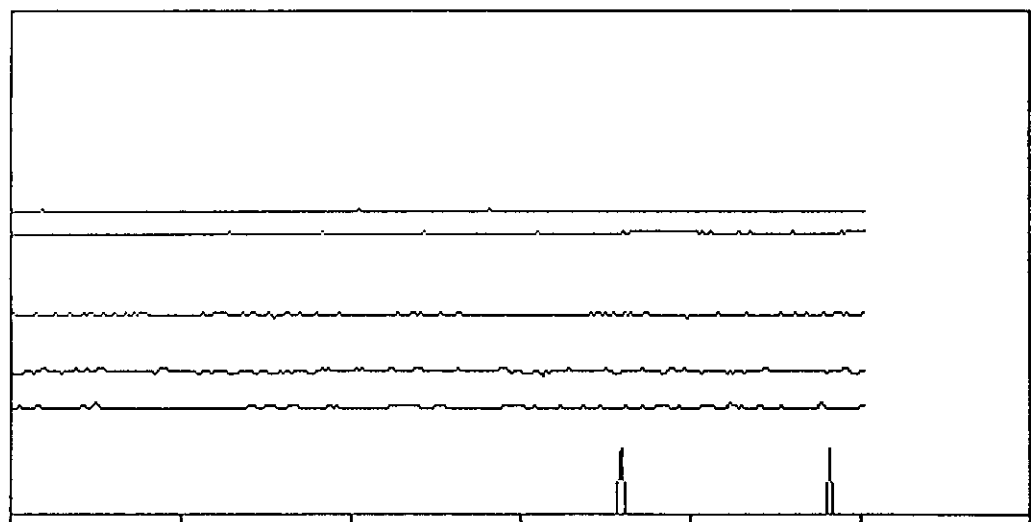
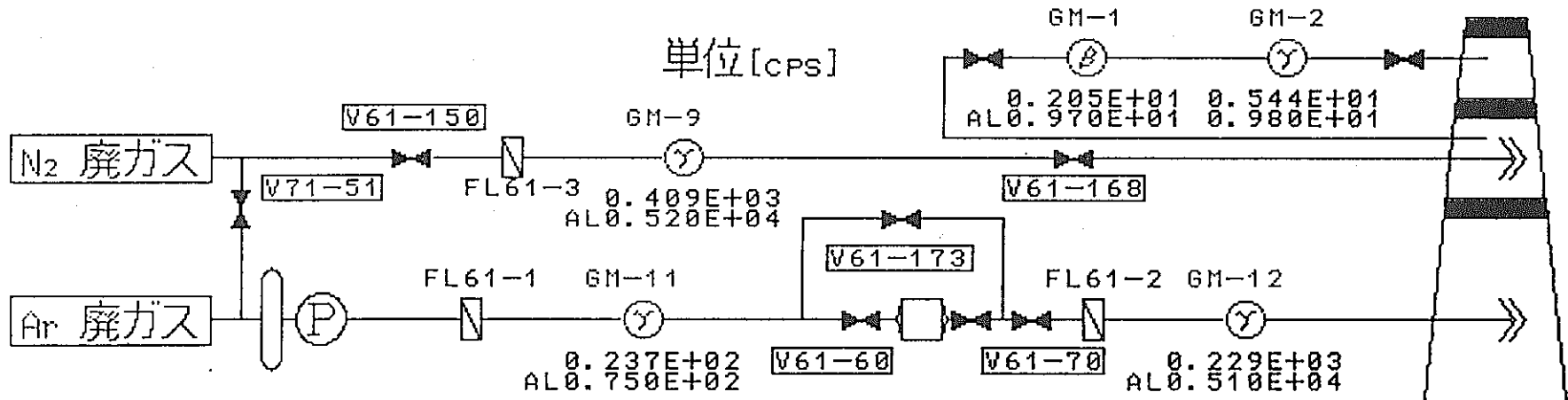
Fig. 4.11.4 放射線監視システムの全体機能構成図



注) ※印を付したものは、ヒストリカル機能を有する。

Fig. 4.11.5 放射線監視システムのソフトウェア構成

原子炉建家・付属建家排気モニタ，廃ガス系モニタトレンドグラフ 89. 5. 29 16:35



- GM- 1: 原子炉建家排気 (βγ)
- GM- 2: 原子炉建家排気 (γ)
- GM- 9: N₂ 廃ガス処理系 (γ)
- GM-11: 廃ガスタンク入口 (γ)
- GM-12: 廃ガスタンク出口
低レベル (γ)
- QW- 1: Ar 廃ガス標準流量計

表示
14: 8 IM-3 モニタ放射線高 復帰
LP4

Fig. 4.11.6 放射線監視システムGRT出力例 (2/2)

5. 保守経験と得られた成果

「常陽」は7回の定期検査を実施してきており、日本唯一の高速炉として貴重な保守経験を積んできている。その中でも特に高速炉特有の系統・機器に関する保守経験は、技術成果として「もんじゅ」等に反映させる必要がある。

本章では第7回定期検査中に得られた保守に係る主な技術成果について述べる。

5.1 格納容器局部漏洩率試験

5.1.1 概要

格納容器局部漏洩率試験は、J E A C 4 2 0 3 - 1 9 7 4（電気技術規程）に準じた『高速実験炉「常陽」の原子炉格納容器の漏洩率試験規程』（運用内規59炉規第1号）に則って格納容器貫通部、隔離弁の健全性を確認する試験である。

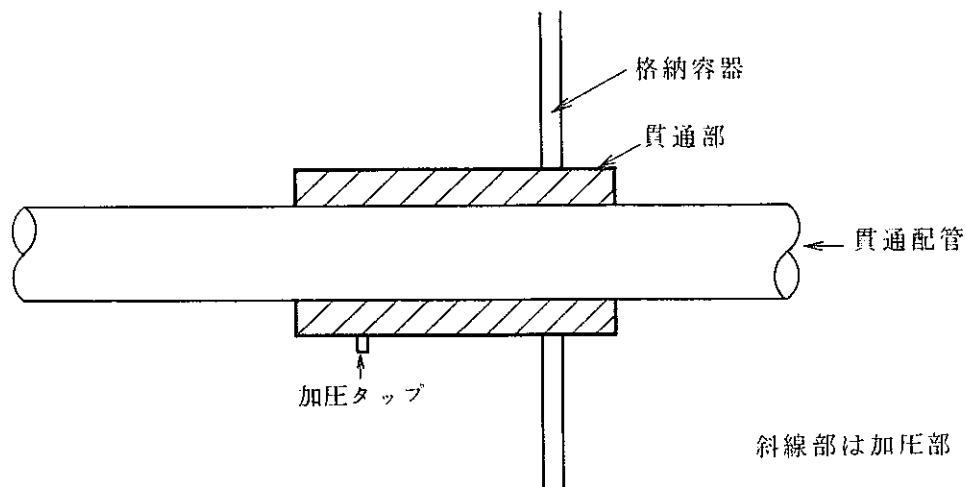
本試験は、定期検査の一貫として昭和63年9月10日から3ヶ月間に渡り逐次実施された。この試験の結果から局部漏洩率0.014288%/dayという良好なデータが得られ、格納容器局部の健全性が確認された。

5.1.2 試験要領

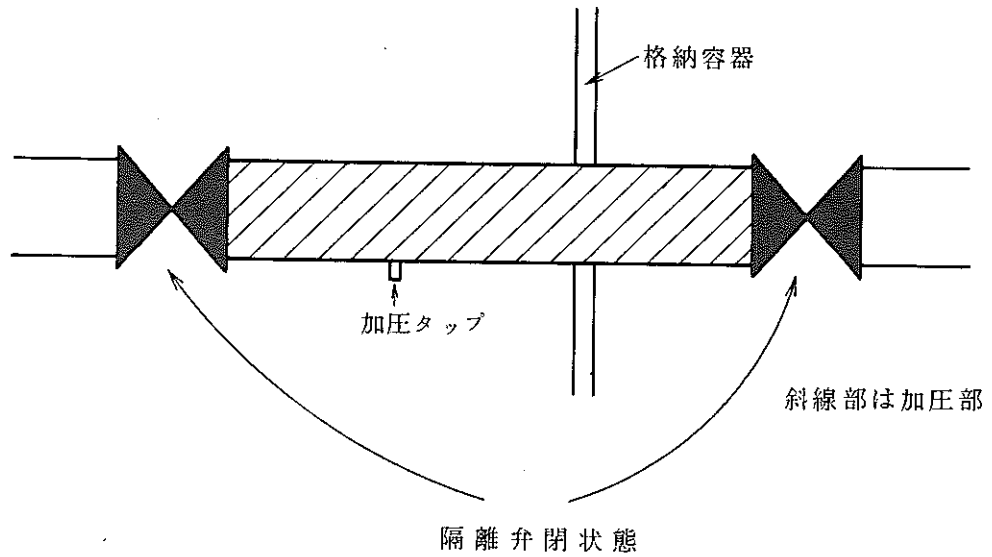
格納容器貫通部あるいは隔離弁間を窒素、アルゴンまたは乾燥空気により試験圧（格納容器の設計圧力： $1.35\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ ）まで加圧タップから加圧した後、隔離放置して試験部の圧力、温度及び大気圧の変化を測定して漏洩率を算出する。

(1) 測定例

① 貫通部



② 隔離弁



(2) 漏洩量の算出

漏洩量の算出にはボイル・シャルルの法則を適用して求める。

$$P_1 V = G_1 R T_1$$

$$P_2 V = G_2 R T_2$$

$$P_1 V t = G t R T_1$$

$$Q (\%) = \frac{G_1 - G_2}{G t} = \frac{V}{V t} \left(1 - \frac{P_2 T_1}{P_1 T_2} \right) \times 100$$

P : 試験部気体の絶対圧力 (kg/cm²)

V : 試験部容積 (m³)

G : 試験気体の重量 (kg)

R : 気体常数 (kg · m/kg K)

T : 試験部気体の絶対温度 (° K)

V t : 格納容器内容積 (m³)

G t : 格納容器内気体の重量 (kg)

Q : 試験経過時間中の漏洩気体重量と試験状態の格納容器内気体重量の比をパーセントで示した値 (%)

添字

1 : 試験開始基準時刻における値

2 : 経過時間後の値

(3) 平均漏洩率の算出

平均漏洩率の算出は、前記で求めた単位時間当りの%漏洩量Qを統計処理し、平均漏洩率を算出する。

① 回帰直線の決定

格納容器から漏洩があれば、単位時間毎に求めた%漏洩率Qは経過時間Hに対し直線的に増加し次式で表わされる。

$$Q_i = a + b H_i$$

a : 基準点における%漏洩量

b : 単位時間当りの%漏洩量

各経過時間を H_i 、%漏洩量を Q_i 、測定回数をNとすれば、aおよびbの最高値は次式にて求まる。

$$a = \frac{(\sum Q_i) (\sum H_i^2) - (\sum H_i) (\sum H_i Q_i)}{N (\sum H_i^2) - (\sum H_i)^2}$$

$$b = \frac{N (\sum H_i Q_i) - (\sum H_i) (\sum Q_i)}{N (\sum H_i^2) - (\sum H_i)^2}$$

② 直線性の検討

回帰係数bの有意差の検定、すなわち回帰係数bの真の値 β が0であるという仮説の検定を次式より行う。その不等式が成り立てば有意差があることになり回帰係数 $b \neq 0$ と評価される。

$$\frac{V_R}{V_{YX}} \geq F(\phi_R, \phi_{YX}, \alpha)$$

V_R : 回帰の不偏分散

V_{YX} : 残差の不偏分散

ϕ_R : 回帰の自由度 ($\phi_R = 1$)

ϕ_{YX} : 残差の自由度 ($\phi_{YX} = N - 2$)

α : 危険率 ($\alpha = 0.05$)

F : F分布

各経過時間を X_i 、%漏洩率を Y_i 、測定回数をNとすれば、分散比は下記の要領にて求まる。

$$S(X, X) = \sum \varepsilon X_i^2 - \frac{(\sum \varepsilon X_i)^2}{N}$$

$$S(Y, Y) = \sum \varepsilon Y_i^2 - \frac{(\sum \varepsilon Y_i)^2}{N}$$

$$\text{共変動: } S(X, Y) = \sum \varepsilon X_i Y_i - \frac{(\sum \varepsilon X_i)(\sum \varepsilon Y_i)}{N}$$

$$\text{回帰の平方和: } S_R = \frac{[S(X, Y)]^2}{S(X, X)}$$

$$\text{残差の平方和: } S_{YX} = S(Y, Y) - S_R$$

$$\text{回帰の不偏分散: } V_R = \frac{S_R}{\phi_R} = \frac{S_R}{1}$$

$$\text{残差の不偏分散: } V_{YX} = \frac{S_{YX}}{\phi_{YX}} = \frac{S_{YX}}{N-2}$$

$$\text{分散比: } F = \frac{V_R}{V_{YX}}$$

③ 平均漏洩率およびその信頼限界

前記の直線性の分散分析の結果有意差が認められれば平均漏洩率 \bar{L} 及びその95%信頼限界を次式にて算出する。

$$\bar{L} = 24 \{ b \pm t(\phi, \alpha) \sigma \} \quad (\%/day)$$

σ : 標準偏差の推定値

$$\sigma = \sqrt{\frac{Y_{YX}}{S(X, X)}}$$

$t(\phi, \alpha)$: 自由度、 $\phi = N - 2$ 、危険率 α のt分布関数

5.1.3 試験結果

今回の局部漏洩率試験の結果は、0.014288%/dayであった。これは、判定基準値の1.14%/day（全体漏洩率の判定基準値1.9%/dayの60%）を充分満足するものであった。この結果から、格納容器局部の健全性は、充分維持されているものと判断できる。Table 5.1.1に各系統毎のデータを示す。

また、Table 5.1.2に第2回～第7回までの局部漏洩率試験合計漏洩率の推移を示す。

5.1.4 まとめ

常陽において全体漏洩率試験（A種試験）は、プラント作りのために長いクリティカルパスとなっているため、3回/10年に合理化し、局部試験（B、C種試験）を毎年の検査で行っている。局部試験は、それ自体クリティカルパスとはならないので、B、C種試験でリークの担保を図るのは、定検期間短縮のためにはよいが、システムを止める必要からプラント状態に合わせて行わなくてはならないため、綿密な工程調整が必要となる。

今回実施した局部漏洩率試験（B、C種試験箇所、合計75箇所）は、実施期間が約3ヶ月間と短かかったにもかかわらず、特に大きなトラブル等も無く予定通り完了することができた。

以下に今回の試験にて得られた知見（次回試験時にて注意すること等）を記述する。

- (1) 予熱N₂ガス系C種試験用のフランジ取付用のボルト及びナットに変形が認められた。今回の試験及びシステムの復旧には支障はないが、次回定検時には交換が必要である。
- (2) 今回の試験における作業人工は、前回と比較して約30人工減らすことができた。これは、測定場所が同じ場合、数箇所同時に行うなど効率良く作業工程を立てられたことと作業前の打ち合わせを十分持てたことによるものと考えられる。今後さらに、作業方法（数カ所同時計測等）：計測方法（自動計測）等の見直しにより作業期間及び作業人工の削減が可能と考えられる。
- (3) 今回の試験データと過去に実施した試験データの推移を比較すると貫通部においては、著しい漏洩率の増加は見られなかった。しかし、隔離弁においては、1次Arガス系（出口側）が許容値の範囲内ではあるものの、除々に漏洩率が大きくなっている。（Fig. 5.1.1参照）本弁は定検時に駆動部の点検は行われているが、内部（弁座等）の分解点検は行われておらず、次回定検までにバルブの点検等が望まれる。
- (4) 局部漏洩率試験の総漏洩率は、前回の値よりも大きい値であったが、許容値を充分満足する値であり、また、個々のデータにおいても、前回値と比べてほとんど大差のない値であるため、格納容器の健全性が充分維持されているものと判断できる。

（山崎 昇）

Table 5.1.1 各系統毎の局部漏洩率測定結果 (1/4)

B種 試験結果一覧表 (1/2)

貫通部 番号	系 統 名	体 積 (m^3)	試 験 部 加圧流体	試験時間 (h)	漏 洩 率 (%/day)
—	所員用エアロック	17.5	A i r	24	1.29675×10^{-4}
—	非常用エアロック	17.5	"	"	4.89776×10^{-4}
—	機器搬出入口	0.006	N ₂	4	7.79835×10^{-6}
—	トランスファロータ	0.0369	"	2	1.59760×10^{-5}
P101	2次主冷却系 (入口)	1.302	"	24	8.83696×10^{-4}
P102	" (入口)	1.303	"	"	1.73028×10^{-4}
P103	" (出口)	1.403	"	"	1.60856×10^{-4}
P104	" (出口)	1.404	"	"	2.75813×10^{-5}
P106	2次Na充填ドレン系	0.575	"	"	9.37385×10^{-5}
P108	2次補助冷却系 (入口)	0.734	"	"	1.03073×10^{-4}
P109	" (出口)	0.767	"	"	1.51458×10^{-5}
P202	A r ガス供給系	0.0059	"	2	4.37621×10^{-7}
P203	燃取A r ガス系 (排気)	0.048	"	24	2.99662×10^{-6}
P204	燃料つかみ部洗浄設備	0.032	"	8	4.51024×10^{-7}
P307	コンクリート遮蔽体冷却系 (入口)	0.3679	"	24	-4.17322×10^{-6}
P308	" (出口)	0.3679	"	"	-2.20462×10^{-6}
P309	格納容器床上予備N ₂ 供給系 (入口)	0.0264	"	4	2.07641×10^{-7}
P310	格納容器BMI予備N ₂ 供給系 (入口)	0.0254	"	"	1.05603×10^{-5}
P311	窒素ガス供給系	0.127	"	24	4.38096×10^{-6}
P312	格納容器N ₂ ガス排気系	0.067	"	"	1.34554×10^{-6}
P400	格納容器雰囲気調整系空気供給 (入口)	0.3454	"	"	9.94392×10^{-6}
P401	" (出口)	0.1747	"	6	1.28851×10^{-5}
P402	圧縮空気供給系	0.0095	"	2	3.96691×10^{-6}
P500	燃料つかみ部洗浄設備	0.0052	"	"	1.29284×10^{-6}
P501	格納容器差圧検出端	0.0147	"	3	6.95430×10^{-7}

Table. 5.1.1 各系統毎の局部漏洩率測定結果 (2/4)

B種 試験結果一覧表 (2/2)

貫通部 番号	系 統 名	体 積 (m^3)	試 験 部 加圧流体	試験時間 (h)	漏 洩 率 (%/day)
P600	フロン冷却系 (液)	0.0624	N_2	7	3.39557×10^{-6}
P602	" (ガス)	0.0786	"	6	5.17383×10^{-6}
PK1	ケーブルペネトレーション	1.606	"	8	8.06247×10^{-5}
PK2	"	0.722	"	"	4.49396×10^{-5}
PK4	"	0.804	"	"	6.79243×10^{-5}
PK5	"	0.236	"	"	2.30379×10^{-5}
PK6	"	0.512	"	"	1.72943×10^{-5}
PK7	"	0.275	"	"	2.43581×10^{-5}
PK8	"	0.314	"	"	1.08673×10^{-5}
—	B種漏洩率試験合計	—	—	—	6.8351×10^{-3}

Table 5.1.1 各系統毎の局部漏洩率測定結果 (3/4)

C種 試験結果一覧表 (1/2)

貫通部 番号	系 統 名	隔離弁番号	体 積 (m^3)	試 験 部 加圧流体	試験時間 (h)	漏 洩 率 (%/day)
P106	2次Na充填ドレン系	V35.2- 7, 8, 9A, 9B	0.0235	Ar	2	2.89152×10^{-4}
P107	1次Na充填ドレン系	V35.1- 13, 14	0.0367	"	3	1.76406×10^{-6}
P200	1次Arガス系 (入口)	V36.1- 6, 7	0.0198	"	2	1.41159×10^{-6}
P201	1次Arガス系 (出口)	V36.1- 37, 38	0.113	"	"	2.97693×10^{-3}
P202	Arガス供給系	V73- 12, 13	0.01187	"	"	9.32793×10^{-7}
P203	燃料取扱系Arガス設備	V24- 215, 216	0.016	N ₂	"	8.41038×10^{-7}
P204	燃料つかみ部洗浄設備	V21- 35, 36	0.0036	"	"	6.53769×10^{-5}
P300	予熱N ₂ 系	V71-5	0.160	"	4	2.83686×10^{-4}
P301	"	V71-4	0.195	"	"	7.13236×10^{-5}
P302	"	V71-10	0.163	"	"	8.38398×10^{-4}
P303	"	V71-9	0.313	"	"	2.45832×10^{-4}
P304	1次Na純化系 (入口)	V34.1- 22, 24	0.256	"	2	1.10648×10^{-3}
P305	1次Na純化系 (出口)	V34.1- 24, 35	0.229	"	"	8.00160×10^{-4}
P306	安全容器呼吸系	V71- 34, 35	0.0256	"	6	2.56172×10^{-6}
P309	格納容器床上予備N ₂ 供給系 (入口)	V84-20	0.0226	"	7	4.53732×10^{-6}
P310	格納容器BMI予備N ₂ 供給系 (入口)	V84-21	0.0226	"	"	-3.83808×10^{-7}
P311	窒素ガス供給系	V74- 5, 6	0.1467	"	2	6.56271×10^{-6}

Table 5.1.1 各系統毎の局部漏洩率測定結果 (4/4)

C種 試験結果一覧表 (2/2)

貫通部 番号	系 統 名	隔離弁番号	体 積 (m^3)	試 験 部 加圧流体	試験時間 (h)	漏 洩 率 (%/day)
P312	格納容器 N_2 ガス排気系 (出口)	V84- 93, 94	0.034	N_2	2	1.46230×10^{-5}
P400	格納容器雰囲気調整系空気 供給 (入口)	V84- 17, 18	1.114	"	3	-7.64400×10^{-5}
P401	格納容器雰囲気調整系空気 供給 (出口)	V84- 39, 40	1.163	"	"	1.50169×10^{-4}
P402	圧縮空気供給系	V84- 190, 191	1.039×10^{-2}	"	2	1.08654×10^{-5}
P500	燃料つかみ部洗浄設備	V21- 62, 63	8.6×10^{-4}	"	"	-5.14941×10^{-2}
P501	格納容器差圧検出器	V84- 202, 203	0.0147	"	"	1.95855×10^{-6}
P600	フロン冷媒系 (液)	V84- 76, 78	0.0142	"	"	1.04505×10^{-6}
P602	" (ガス)	V84- 77, 85	0.1331	"	"	-2.89408×10^{-5}
V-100 101 102	真空破壊弁	V81- 202, 205 207	0.208	" (真空)	"	5.78263×10^{-4}
—	C種試験合計	—	—	—	—	7.45287×10^{-3}

Table 5.1.2 局部漏洩率試験合計漏洩率の推移

(単位: %/day)

試験実施時期 (定検時)	昭和57年 1月～3月 (第2回)	昭和57年 7月～9月 (第3回)	昭和58年12月 ∩ 昭和59年4月 (第4回)	昭和60年 5月～11月 (第5回)	昭和61年12月 ∩ 昭和62年6月 (第6回)	昭和63年 9月～12月 (今回)	許容漏洩率
B種試験合計漏洩率	8.6013×10^{-2}	2.305×10^{-3}	6.011×10^{-3}	3.2×10^{-3}	4.4×10^{-3}	6.83×10^{-3}	0.57
C種試験合計漏洩率	9.8021×10^{-2}	7.882×10^{-3}	8.416×10^{-3}	5.7×10^{-3}	4.3×10^{-3}	7.45×10^{-3}	0.57
B種+C種合計漏洩率	1.840×10^{-1}	1.0187×10^{-2}	1.4427×10^{-2}	8.9×10^{-3}	8.7×10^{-3}	1.428×10^{-2}	1.14
A'種	1次Arガス系(供給)	5.330×10^{-4}	5.3111×10^{-4}	—	—	3.4806×10^{-4}	0.015
	"(低圧)	1.146×10^{-3}	6.1956×10^{-4}	—	—	8.3276×10^{-4}	"
	フロン冷媒系	1.173×10^{-3}	1.4544×10^{-3}	—	—	2.3879×10^{-4}	"
B'種試験漏洩率	1.939×10^{-3}	8.4202×10^{-4}	—	—	4.1778×10^{-4}	—	0.02

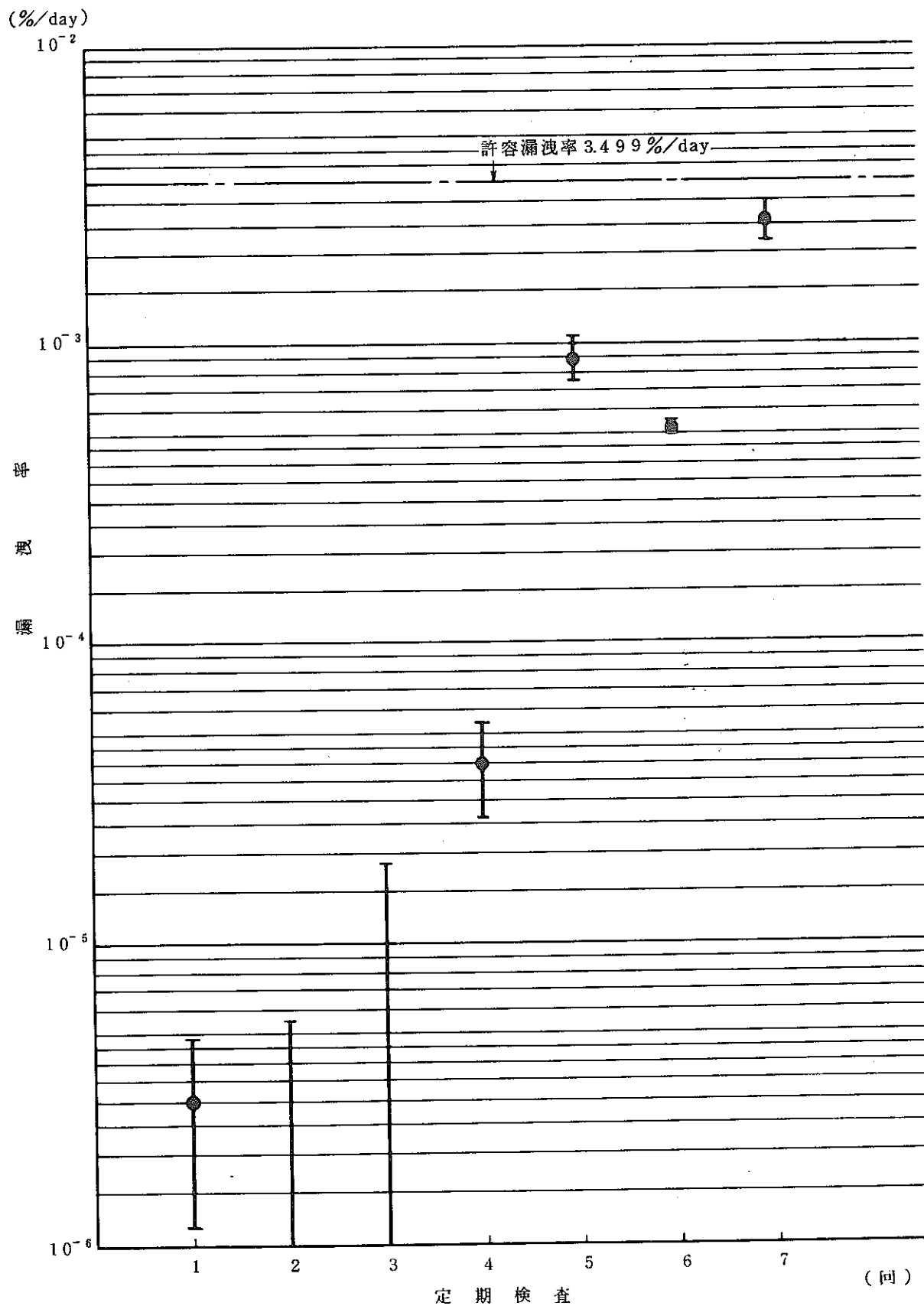


Fig. 5.1.1 1次Arガス系出口側隔離弁の漏洩率の推移

5.2. 1次主ポンプモータ分解点検

5.2.1 点検内容

1次主循環ポンプモータ分解点検は点検周期を5年と定めており、第4回定検時に実施した後今回第7回定検がその時期にあたることからA、B号機の計2台について製作メーカーの工場での全分解点検を実施した。同時にモータと一体構造であるパイロットの発電機及び冷却ファンモータについても分解点検を実施した。今回の工場での全分解点検（オーバーホール）は、従来の検査項目に加えて、新たに絶縁診断も実施した。

5.2.2 主モータ（ポニーモータ含む）点検結果

(1) 外観、全体

- ① 外観全体及び手廻しによる回転子の異常音はなく良好であった。
- ② ブラシ及びスリップリングの機能は、滑らかに動き異常は認められなかった。
(Fig. 5.2.6のNo.6)
- ③ 固定子、回転子の巻線及び絶縁抵抗測定の結果、問題は無かった。(Fig. 5.2.6のNo.10、11及び23、28)
- ④ AC・PGスペースヒータ、メタローチスイッチ（ストロボ式回転検出器）の口出線が劣化していた。(Fig. 5.2.6のNo.1、29)
- ⑤ 丸形温度計のキャピラリーチューブが劣化していた。(Fig. 5.2.6のNo.38)
- ⑥ ポニーモータコンミテーターの振れが（直径で）A号機0.15mm、B号機0.05mmとなり判定値0.03mmを越えていた。(Fig. 5.2.6のNo.8)

(2) 負荷側軸受部

- ① ハウジングと軸受のはめ合いは判定基準内寸法であり問題なかった。(Fig. 5.2.6のNo.34)
- ② ベアリングブラケットの軸受シート面寸法はB号機で摩耗が進行し寸法公差上限になっていた。(Fig. 5.2.5のNo.4)

(3) 主電動機の固定子

- ① 錆の発生、ワニスの剥がれは無いが、全体的に若干の塵埃が付着していた。(Fig. 5.2.6のNo.23、24)
- ② 巻線の縛り糸の緩み、渡り線、口出し線の損傷は無かった。(Fig. 5.2.6のNo.23)
- ③ 2次側リード線被覆にA、B号機とも割れが発見された。(Fig. 5.2.6のNo.23)

(4) スラスト軸受部

- ① スラスト軸受内部機構の目視及び、寸法に異常は無かった。(Fig. 5. 2. 6のNo.18)
- ② スラスト軸受に、A、B号機とも3～5本のスジ傷があった。(Fig. 5. 2. 6のNo.18)
- ③ ガイド軸受に、A、B号機とも潤滑油中の異物の噛み込みと思われる断続的なスジ傷が3～5本発生していた。(Fig. 5. 2. 6のNo.17)
- ④ スラスト軸受、ガイド軸受部PT検査実施の結果A、B号機ともインジケーションがスラスト軸受に見られ、メタルのダブテール(メタルとブラケット接合端部)近傍に進展があった。(Fig. 5. 2. 6のNo.17、18)

(5) ポニーモータ継鉄部

- ① 主極の鉄心及び巻線の錆、コイル表面の傷もなく、付着の塵埃も少なかった。(Fig. 5. 2. 6のNo.11、13)

(6) 回転子

- ① 鉄心表面に若干の錆がA、B号機ともに発生していた。(Fig. 5. 2. 6のNo.12)
- ② リード線の先端で被覆と芯線がA、B号機とも剥離していた。(Fig. 5. 2. 6のNo.10)
- ③ スリップリング表面がA、B号機ともに荒れていた。(Fig. 5. 2. 6のNo.6)

(7) 電機子部

- ① 鉄心表面に若干の錆がA、B号機ともに発生していた。(Fig. 5. 2. 6のNo.13)
- ② コンミテーターの振れが直径でA号機0.15mm、B号機0.05mmで判定値0.03mmを越えていた。(Fig. 5. 2. 6のNo.8)

(8) 潤滑油ライン

- ① 配管接続部の割れ、変形は見られなかった。(Fig. 5. 2. 6のNo.20)

(9) パイロット発電機

- ① 全体の変形、損傷、カップリングの損傷もなく良好であった。(Fig. 5. 2. 6のNo.2、3)
- ② 口出線からのリード線が劣化していた。(Fig. 5. 2. 6のNo.2)

5.2.3 冷却ブロワ駆動用モータ点検結果

(1) 外観、全体

- ① 外観、手廻しによる異常確認の結果問題は無く良好であった。(Fig. 5. 2. 6のNo.25)

(2) 固定子巻線

- ① 巻線抵抗、絶縁抵抗に異常は無かった。

- ② 発錆及びワニスの剥がれはなかったが、全体的に若干の塵埃が付着していた。
 - (3) 軸及び回転子
 - ① 軸受カラーが若干発錆していたが、鉄心表面の発錆、損傷等は無かった。
 - ② 軸振れ、軸径寸法及び軸受下寸法とも基準内であり異常なかった。
 - (4) 軸 受
 - ① 負荷側及び反負荷側ともコンタクトエロージョンが発生しグリースが劣化変色していた。
 - (5) エンドブラケット
 - ① エンドブラケット軸受シート面の寸法は、負荷側、反負荷側とも基準値内であり、発錆、損傷等も無かった。
 - (6)ハウジングガイド
 - ① B号機の加工部に若干発錆があった。
 - (7) ファンガイド
 - ① 変形、損傷等異常はなかった。
 - (8) 電源接続部
 - ① B号機のゴムブッシュがハウジング貫通部からはずれ損傷していた。
 - ② 端子箱、端子及び口出線等の損傷はなく良好であった。
- 5.2.4 分解点検時に実施した修理、処置内容
- (1) AC・PGスペースヒータ、メタローチスイッチの口出し線を交換した。
 - (2) 丸形温度計の交換を行った。
 - (3) 主電動機固定子のスチーム洗浄、乾燥及びワニス処理を実施した。
 - (4) 主電動機固定子の2次側リード線を交換した。
 - (5) スラスト軸受及びガイド軸受のスジ傷を手仕上げで修復した。
 - (6) 回転子の錆を落とし、ワニスを塗布した。
 - (7) 回転子リード線の交換をした。
 - (8) 回転子スリップリング摺動面を削正した。削正代は直径差で0.3~0.4mmである。
 - (9) ポニーモータ電機子部コンミテータの振れを修正し、最大振れ値を0.02mmに押さえた。
 - (10) パイロット発電機のリード線を交換した。
 - (11) 冷却ブロワ駆動用モータ固定子の洗浄、乾燥ワニス処理後、再乾燥を実施した。
 - (12) 冷却ブロワ駆動用モータ軸受カラーを交換した。

- (13) 冷却ブロウ駆動用モータハウジングの錆を落としワニスを塗った。(B号機)
- (14) 冷却ブロウ駆動用モータB号機の口出線ゴムブッシュの交換を行った。
- (15) 主電動機及び冷却ブロウ関係の軸受部のベアリング交換をした。
- (16) パッキン類については全数交換を実施した。

5.2.5 主電動機電気試験結果

主電動機は製作後17年以上を経過し、運転中にうける種々のストレスによって初期に備えていた機能が減退して来ていると考えられる。このため各部の余寿命の推定を行い今後の点検方法の検討と、健全性の確認を行うため、主電動機の絶縁診断を実施した。

(1) 試験内容

5年毎の分解点検においては、一般的な試験として、巻線抵抗測定、無負荷試験等を行っている。各モータ毎の試験項目をTable 5.2.1～5.2.3に示す。

今回初めて実施した絶縁診断試験は上記の項目に加えて実施したものであり、その項目をTable 5.2.4に、その試験内容をTable 5.2.5に示す。

(2) 試験結果

巻線抵抗測定、無負荷試験等通常の点検で実施している項目については、製作直後のデータから大きな変化もなく良好である。各結果の内容のうちA号機データを参考としてTable 5.2.6～5.2.9に示す。

一方、主電動機固定子コイルに対して実施した絶縁診断は、電気的非破壊試験が主なものであるが、経年劣化状況を把握しておく上で重要なものである。試験は三相一括にて実施した。

① 絶縁層の吸湿及び汚損状況

これらの状態を示す絶縁抵抗、成極指数及び $\tan \delta$ は、管理値を満足しており問題はなかった。但し、コイル外観目視点検時に少量の油分及びカーボンを含んだダストがスロット出口、コイル頭部に付着していたため洗浄、乾燥ワニス処理を実施した。

② 絶縁層の劣化状況

これらの劣化状態を示す交流電流特性及び部分放電特性は管理値を満足しているが管理値上限に近く余裕がない程度まで特性が低下していた。製造後17年を経過し経年劣化が生じて来ていると思われる。絶縁は、一般に稼動15年頃から特性の急激な低下が認められる傾向にあり、今後コイルの更新を計画する必要があると考えられる。

③ 各データの管理値決定方法

$\Delta \tan \delta$ 、 ΔI 、 V_i については管理値は定められていない。又、各試験管理値は国内における規格基準がないためメーカ管理目標値を採用している。管理値を越えた場合は、絶縁低下（吸湿、劣化）が考えられ即座に故障、異常に結び付くものではないがコイル更新の時期と判断される。

(3) 絶縁診断データ

絶縁診断により得られたデータをTable 5.2.10に、洗浄乾燥前後の特性をFig. 5.2.1～5.2.4に示す。

5.2.6 総合評価及び考察

(1) 主電動機負荷側軸受部ベアリングブラケットの軸受シート面寸法

ベアリングブラケットの軸受シート面寸法は、下記に示す。

軸受シート面寸法

(mm)

	図示寸法	実寸法(平均値)
A機	280 +0.032	$\phi 280 +0.018$
B機	0	$\phi 280 +0.031$

B号機の寸法は上記表に示すように公差上限に達しており前回昭和57年点検時より0.009 mm拡大している。一方A号機は58年点検時より0.003 mmの摩耗進行に止まっており、次回点検時にB号機ベアリングブラケットの新規製作、交換が必要と考えられる。下部軸受部の構造図をFig. 5.2.5に示す。

(2) 上部の各軸受部メタルの非破壊検査 (PT)

スラスト軸受部のPTによるインジケーションはメタルのダブテール近傍に進展が見られる。ガイド軸受部のメタルは剝離の進展は無かったが次回点検時には、A、B号機スラスト軸受部のメタル交換及びガイド軸受部についてはPT検査結果を参考とし欠陥の進展性等その推移に注意する必要がある。

(3) 運転時に発生する下部軸受部の異音

主電動機は軸受に単列円筒ころ軸受を使用しているため軸受特有のキシリ音が発生する。軸受の異常の有無を判断する試験として、ベアリングチェッカーによる衝撃レベルの計測及び振動振巾を採取した。A号機衝撃レベルは8 d B N、B号機は13 d B N、振巾はA、B号機最大値6.5 μ mで判定値である20 d B N、60 μ m以下で問題は無かった。

軸受のキシリ音はグリスを注入することにより一時的に止めることが可能であるが、軸受部へのグリス補給量が過剰となって温度が上昇するため、現在は規定量を定期的に補給している。又、B号機のグリス掻き出し棒を改造し、掻き出し性を改善した。なおA号機は前回点検時に改造済である。

(4) 主電動機上部軸受温度計の追加

今回点検時に上部軸受温度計を1台追加し2台で同一箇所を監視出来る様にするともに、シーケンス回路を改造し、1 out of 1の上部軸受温度高々主電動機トリップを2 out of 2へ変更し、温度計測の信頼性を向上させるとともに、誤信号による無用な主ポンプトリップを防止することとした。

(5) 主電動機固定子の寿命評価

5.2.5に記した様に固定子の絶縁診断を製作後初めて実施した。電動機固定子は構造上及び特性上始動時の電磁力による機械的ストレスがコイルエンドに集中する。コイルエンド部に作用する電磁力は、電流の大きさの二乗に比例し電流周波数の2倍で振動するため始動時に最大となり、その大きさは定格運転時の20倍以上にも及ぶ。主電動機の場合、起動及び瞬停再起動が劣化を促進させる大きな要因である。一般的には20年毎にコイルの巻き替えが必要と言われており、主電動機の場合も劣化が進行しており次回点検時には、コイル巻き替えの時期と判断される。また、絶縁診断は、電動機をポンプに据付けたままで行うことができるので、次回オーバーホール時期が来る5年間の定検期間を利用して適宜診断を行い、寿命の終盤にさしかかった電動機の健全性をきめ細く把握するよう保守計画に反映していく。

(6) 冷却ブロワ駆動用モータの錆

軸受部分及びハウジングガイドに発錆が見られた。冷却ブロワは主電動機を冷却するためのものであり、フロン冷凍機よりの冷媒を冷却器により雰囲気空気と熱交換させ、冷やされた雰囲気空気を冷却ブロワで主電動機へ送り込んでいる。したがって比較的湿度の高い空気を用いているため錆が発生しやすい環境を作り出している。長期的に見ればコイルの絶縁劣化を促進させることになるが、5年毎の点検では大きな不具合には至ることは無いと考えられる。今後主電動機が設置されている環境に大きな変化が無い限り5年毎に点検をしていくことで問題ない。

(7) 主電動機内オイルのトリチウム濃度

主電動機内のオイルは定検毎のオイルプレッシャーユニット点検により交換を行って

いるが、オイル中のトリチウム濃度が「常陽」での管理値 $1 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ の限界に達しており、次回点検時にはこの値を越えることが予想される。法令値は $3 \times 10^{-2} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ でありこれを満足することは可能と思われるが、主電動機をメーカー工場へ搬出する際は、オイルのドレン及びフラッシングをする必要が生じてくることを考慮し、事前にサンプリングを行い、トリチウム濃度を把握しておくことが重要と考えられる。

〔トリチウムはArカバーガスに含まれているもので、ポンプを長時間
運転していると系内から上昇してくるものと考えられる。〕

(8) パイロット発電機固定子の磁力

パイロット発電機出力（回転計）は、長期間の使用に伴い固定子の磁力が低下することから発生する電圧が徐々に低くなる。この対策として固定子を着磁し出力電圧を改善する方法をとっている。A号機については、昭和58年度の点検時に着磁しているがB号機は着磁をしておらず今回判定値下限の85.5V（主ポンプ回転数930rpm時）に出力電圧が低下していた。次回点検時はB号機の着磁を実施する必要がある。着磁に伴い制御装置への出力電圧も上昇するため、回転数計装ループをA号機と同様調整する作業が生じ制御回転数を実回転と一致させなくてはならない。

(9) 主電動機交換部品

点検時において交換した部品をTable 5.2.11に示した。

（今村 弘章）

Table. 5. 2. 1 主電動機電気試験項目 (1 / 2)

検査項目	内容及び判定基準
巻線抵抗測定	<p>巻線の抵抗の任意の周囲温度（常温の範囲）のもとでダブルブリッジ法又は直流電圧降下法により各巻線間の抵抗を測定し次式により基準温度における抵抗値に換算する。</p> $R = \frac{234.5 + T}{234.5 + t} \times R_t$ <p>ここに</p> <p>T : 基準温度 (115°C)</p> <p>R : 115°C (基準温度) に於ける抵抗値 (Ω)</p> <p>t : 抵抗測定時の巻線温度 (°C)</p> <p>R_t : t°C に於ける巻線抵抗値 (Ω)</p> <p>判定 ; 抵抗値が設計値の±10%以内であること。</p>
無負荷試験	<p>電動機を定格周波数 (50Hz)、定格電圧 (3000V) のもとで無負荷運転しベアリング回り異常音、回転部と固定部の接触の有無、異常振動の有無などを確認し入力が一定となった後に、次の測定を行ない無負荷電流、無負荷入力を求める。</p> <p>① 定格一次電圧 (V)</p> <p>② 無負荷一次電流 (A)</p> <p>③ 無負荷入力 (Kw)</p> <p>判定 : 異常音および接触がないこと。また①、②、③が各々3000V 28A ±20%、16Kw ±20%以内であること。</p>
二次電圧測定	<p>電動機を定格周波数、定格電圧のもとで二次側を開放させ二次電圧を測定する。</p> <p>① 定格電圧 (V)</p> <p>② 二次電圧 (V)</p> <p>判定 : 設計値の±3%以内であること。</p>

Table. 5.2.1 主電動機電気試験項目 (2 / 2)

検査項目	内容及び判定基準						
絶縁抵抗測定	<p>各巻線と大地間の絶縁抵抗を測定する。</p> <p>測定は絶縁耐力試験の前後について1分値を測定する。絶縁抵抗計は使用電圧により下記の通り分類する。</p> <table border="1" data-bbox="581 600 1208 779"> <thead> <tr> <th data-bbox="581 600 895 660">メ ガ ー</th> <th data-bbox="895 600 1208 660">使用交流電圧</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="581 660 895 721">500Vメガー</td> <td data-bbox="895 660 1208 721">600V未満</td> </tr> <tr> <td data-bbox="581 721 895 779">1000Vメガー</td> <td data-bbox="895 721 1208 779">600V超過</td> </tr> </tbody> </table> <p>判 定 : 5 MΩ以上であること。</p>	メ ガ ー	使用交流電圧	500Vメガー	600V未満	1000Vメガー	600V超過
メ ガ ー	使用交流電圧						
500Vメガー	600V未満						
1000Vメガー	600V超過						
絶縁耐力検査	<p>導電部と大地間に商用周波数 (50Hz) の交流電圧を1分間印加し異常のないことを確認する。</p> <p>印加電圧 = (2 E + 1000 V) × 0.6</p> <p style="text-align: right;">E ; 定格電圧</p> <p>判 定 : 異常のないこと。また、本検査後絶縁抵抗を測定する。</p> <p style="text-align: center;">5 MΩ以上であること。</p>						

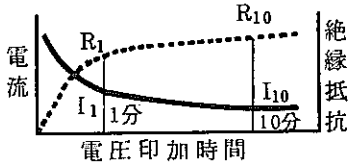
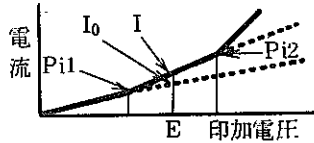
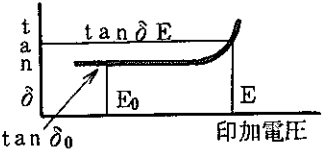
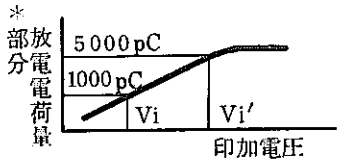
Table. 5.2.2 ポニーモータ及び主電動機冷却ブロワ電動機試験項目

検査項目	内容及び判定基準				
無負荷試験	<p>定格電圧のもとで無負荷運転し、ベアリング回り異常音、回転部と固定部の接触の有無、異常振動の有無などを確認し、次の測定を行ない無負荷電流、回転速度を求める。</p> <p>① 定格入力電圧 (V)</p> <p>② 無負荷入力電流 (A)</p> <p>③ 回転速度 (RPM) (電動機冷却ブロワを除く)</p> <p>判定 : 異常温、異常振動および接触がないこと。また、①、②及び③が各々100V、10A±20%、130rpm±1rpm 以内であること。</p>				
巻線抵抗測定	<p>巻線の抵抗を任意の周囲温度(常温の範囲)のもとでダブルブリッジ法又は直流電圧降下法により各巻線間の抵抗を測定し次式により基準温度における抵抗値に換算する。</p> $R = \frac{234.5 + T}{234.5 + t} \times R_t$ <p>ここに</p> <p>T : 基準温度 (75℃)</p> <p>R : 75℃ (基準温度) に於ける抵抗値 (Ω)</p> <p>t : 抵抗測定時の巻線温度 (℃)</p> <p>R_t : t℃における巻線抵抗値 (Ω)</p> <p>判定 : 抵抗値が設計値の±10%以内であること。</p>				
絶縁抵抗測定	<p>各巻線と大地間の絶縁抵抗を測定する。</p> <p>絶縁抵抗計の使用電圧は以下の通りとする。</p> <table border="1" data-bbox="566 1805 1177 1928"> <tr> <td data-bbox="566 1805 874 1868">メ ガ ー</td> <td data-bbox="874 1805 1177 1868">使用交流電圧</td> </tr> <tr> <td data-bbox="566 1868 874 1928">500Vメガー</td> <td data-bbox="874 1868 1177 1928">600V未満</td> </tr> </table> <p>判定 : 1MΩ以上であること。</p>	メ ガ ー	使用交流電圧	500Vメガー	600V未満
メ ガ ー	使用交流電圧				
500Vメガー	600V未満				

Table. 5.2.3 1次主ポンプ回転計（PG）用発電機試験項目

検査項目	内容及び判定基準				
発電機出力 電圧測定	発電機を定格速度で運転し、発電機端子電圧を測定する。 判定 : 90V $\begin{matrix} +10\% \\ -5\% \end{matrix}$ 以内であること。				
絶縁抵抗測定	各巻線と大地間の絶縁抵抗を測定する。 絶縁抵抗計の使用電圧は以下の通りとする。 <table border="1" data-bbox="581 719 1208 842" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">メ ガ ー</td> <td style="text-align: center;">使用交流電圧</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">500Vメガー</td> <td style="text-align: center;">500V未満</td> </tr> </table> 判定 : 1M Ω 以上であること。	メ ガ ー	使用交流電圧	500Vメガー	500V未満
メ ガ ー	使用交流電圧				
500Vメガー	500V未満				

Table. 5.2.4 主電動機絶縁診断項目

No.	試験項目	目的	測定項目及び定義	試験装置	備考
1	絶縁抵抗試験	絶縁層の吸湿具合	絶縁抵抗 R1 (1分値)	絶縁抵抗計 又はメガー	
2	耐電圧試験	絶縁耐力の確認	—————	耐電圧試験機	
3	直流試験	絶縁層の吸湿具合	成極指数PI = $\frac{I_1}{I_{10}} \left(= \frac{R_{10}}{R_1} \right)$ 	直流試験装置 又は絶縁抵抗計	
4	交流電流試験	絶縁内部の劣化判定	第一次電流急増点 P i 1 第二次電流急増点 P i 2 電流急増率 $(\Delta I) = \frac{I - I_0}{I_0} \times 100(\%)$ 	耐電圧試験機 交流電流計	E : 定格電圧 (V)
5	誘電正接試験 (tan δ 試験)	絶縁層の吸湿具合 絶縁内部の劣化判定	tan δ。 $\Delta \tan \delta = \tan \delta E - \tan \delta_0$ 	耐電圧試験機 tan δ メータ	E : 定格電圧 (V)
6	部分放電試験 (コロナ試験)	絶縁内部の劣化判定	部分放電開始電圧 Vi 最大放電電荷量 Qmax { 常規電圧 E (E/√3) に おいて1ヶ/秒発生する最大 部分放電 } 	コロナ試験器 耐電圧試験機	

* 1 ∞ 当り 1ヶ発生する部分放電

Table 5.2.5 主電動機絶縁特性試験内容

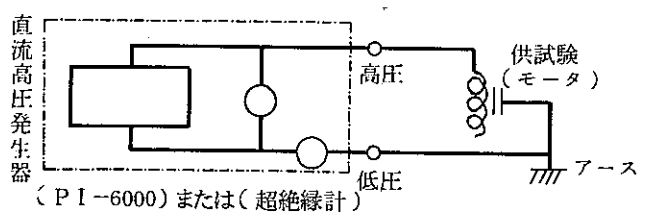
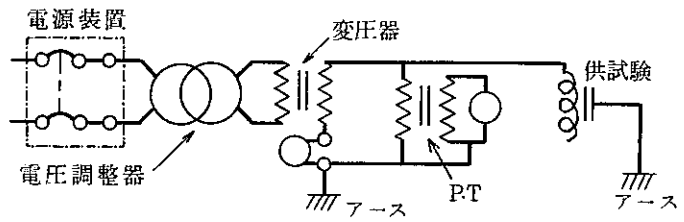
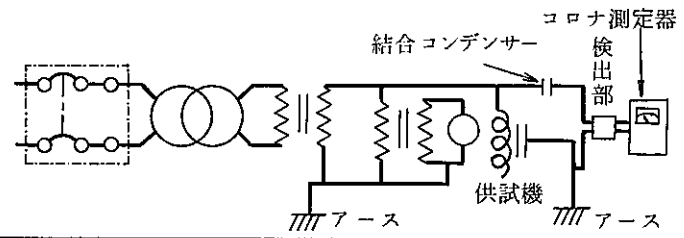
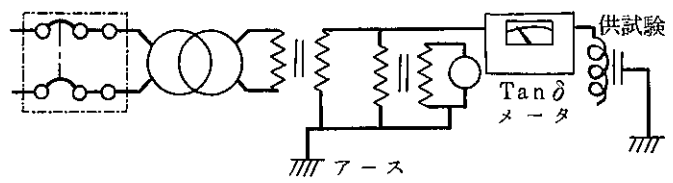
No.	試験項目	測定回路	試験内容	測定器具
1	絶縁抵抗試験	—	電動機端子3相一括で1000V-メガーにて測定する。(特性試験前後)	1000Vメガー
2	直流試験	 <p>直流高圧発生器 (PI-6000) または (超絶縁計)</p> <p>高圧</p> <p>供試験 (モータ)</p> <p>低圧</p> <p>アース</p>	電動機端子3相一括で直流電圧1000Vを印加し、10分間の充電電流を測定する。成極指数 (PI) を求める。	直流試験装置
3	交流電流試験 耐電圧試験	 <p>電源装置</p> <p>電圧調整器</p> <p>変圧器</p> <p>PT</p> <p>供試験</p> <p>アース</p>	電動機端子3相一括で0~定格電圧の交流電圧を印加し、交流電流を測定し第一電流急増点 (PI ₁)、電流急増率 (ΔI) を求める。 耐電圧試験：定格電圧/1分間	耐電圧試験機
4	部分放電試験	 <p>結合コンデンサー</p> <p>コロナ測定器</p> <p>検出部</p> <p>供試験機</p> <p>アース</p>	電動機端子3相一括でコロナ (部分放電) 測定器により1000Vから定格電圧まで測定する。	耐電圧試験機 コロナ測定器
5	tan δ 試験	 <p>Tan δ メータ</p> <p>供試験</p> <p>アース</p>	電動機端子3相一括でtan δメータにより1000Vから定格電圧までのtan δを測定する	耐電圧試験機 tan δメータ

Table. 5.2.6 主電動機電気試験結果 (A号機) (1/3)

巻線抵抗測定

(温度℃) は巻線表面温度を示す

固定子巻線：ダブルブリッジ
測定法回転子巻線：電圧降下法

部分	抵抗測定値 (Ω)		115℃換算値 (Ω)		判定結果	
	社内検査	立会検査	社内検査	立会検査	社内検査	立会検査
固定子巻線 (線間)	(温度16℃) 0.464	(温度11℃) 0.460	平均値 0.6474	平均値 0.6549	良	良
回転子巻線 (線間)	(温度16℃) 0.0264	(温度11℃) 0.0260	平均値 0.0368	平均値 0.0370	良	良
判定値	計画値の±10%以内					

※ () 内は立会検査記録を示す

固定子巻線抵抗 計画値 (工場完成納入時の値) 0.64 Ω (115℃)

$$115^\circ\text{C換算値} = \frac{234.5 + 115}{234.5 + 16} \times \frac{0.464}{(0.460)} = \frac{0.6474}{(0.6549)} \Omega$$

(11)

回転子巻線抵抗 計画値 (工場完成納入時の値) 0.0363 Ω (115℃)

$$115^\circ\text{C換算値} = \frac{234.5 + 115}{234.5 + 16} \times \frac{0.0264}{(0.0260)} = \frac{0.0368}{(0.0370)} \Omega$$

(11)

線間抵抗バランス 判定値、平均値の±3%以内

部分	線間抵抗 (115℃) Ω						判定結果	
	社内検査			立会検査			社内検査	立会検査
	U-V	V-W	U-W	U-V	V-W	U-W		
固定子巻線	0.6474	0.6474	0.6474	0.6549	0.6549	0.6549	良	良
回転子巻線	0.0368	0.0368	0.0368	0.0370	0.0370	0.0370	良	良
アンバランス	0%			0%			良	良

Table. 5.2.6 主電動機電気試験結果 (A号機) (2/3)

無負荷試験

試験時の入力周波数 50Hz
回転速度 1000RPM

区分	入力	電圧 (V)	電流 (A)	電力 (KW)	判定結果
社内検査		3000	平均値 28.0	17.55	良
立会検査		3000	平均値 28.0	18.30	良
判定値		3000	28A ± 20%	16Kw ± 20%	——

相電流バランス 判定値、平均値の±3%以内

部分	電流	相電流 (A)						判定結果	
		社内検査			立会検査			社内検査	立会検査
		U	V	W	U	V	W		
1次電流	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	良	良	
アンバランス		0%			0%			良	良

二次電圧測定

試験時の入力周波数 50Hz

区分	部分	1次電圧 (V)	2次電圧 (V)	判定結果
社内検査		3000	平均値 611	良
立会検査		3000	609	良
判定値		——	612V ± 3%	——

二次電圧バランス 判定値、平均値の±3%以内

部分	電圧	線間電圧 (V)						判定結果	
		社内検査			立会検査			社内検査	立会検査
		U-V	V-W	U-W	U-V	V-W	U-W		
2次電圧	611	611	611	609	609	609	良	良	
アンバランス		0%			0%			良	良

Table. 5.2.6 主電動機電気試験結果 (A号機) (3/3)

絶縁抵抗測定

判定値 5 MΩ以上

区分 部分	絶縁抵抗 (MΩ)		判定結果	
	社内検査	立会検査	社内検査	立会検査
固定子巻線	2000	2000	良	良
回転子巻線	2000	2000	良	良
スペースヒータ	1000	1000	良	良

絶縁耐力検査

導電部と大地間に適用周波数 (50Hz) の交流電圧を1分間印加し異常のないことを確認する。

区分 部分	試験電圧と時間	判定結果	
		社内検査	立会検査
固定子巻線と大地間	4200V 1分間	良	良
回転子巻線と大地間	1335V 1分間	良	良

試験電圧

固定子巻線と大地間

$$\text{印加電圧} = [(2 \times \boxed{3000}) + 1000] \times 0.6 = \boxed{4200} \text{ V}$$

回転子巻線と大地間

$$\text{印加電圧} = [(2 \times \boxed{612}) + 1000] \times 0.6 = \boxed{1335} \text{ V}$$

Table. 5.2.7 ポニーモータ電気試験結果 (A号機)

無負荷試験

区分	入力 電圧 (V)	電流 (A)	電力 (KW)	回転速度 (RPM)	判定結果
社内検査	100	11.0	1.1	130	良
立会検査	100	9.8	0.98	130	良
判定値	100	10A ± 20%	1.0Kw ± 20%	130	—

巻線抵抗測定

(温度℃) は巻線表面温度を示す

分巻巻線：ホイートストーンブリッジ
測定法 電機子巻線：電圧降下法

部分	抵抗		抵抗測定値(Ω)		75℃換算値(Ω)		判定結果	
	社内検査	立会検査	社内検査	立会検査	社内検査	立会検査	社内検査	立会検査
分巻巻線 (B-C)	(温度16℃) 12.6	(温度11℃) 12.68			15.57	15.98	良	良
電機子巻線 (A-C)	(温度16℃) 0.282	(温度11℃) 0.268			0.348	0.3379	良	良

※ () 値は立会検査記録を示す

分巻巻線抵抗

$$75^\circ\text{C換算値} = \frac{234.5 + 75}{234.5 + 16} \times \frac{12.6}{(12.68)} = \frac{15.57}{(15.98)} \Omega$$

(11)

電機子巻線抵抗

$$75^\circ\text{C換算値} = \frac{234.5 + 75}{234.5 + 16} \times \frac{0.282}{(0.268)} = \frac{0.348}{(0.3379)} \Omega$$

(11)

抵抗値 計画値 (工場完成納入時の値)

分巻巻線 16Ω (75℃)

電機子巻線 0.34Ω (75℃)

絶縁抵抗測定

判定値 1MΩ以上

部分	区分	絶縁抵抗(MΩ)		判定結果	
		社内検査	立会検査	社内検査	立会検査
電機子巻線		1000	1000	良	良
分巻巻線		1000	1000	良	良

Table. 5.2.8 1次主ポンプ回転計(PG)用発電機試験結果(A号機)

発電機出力電圧測定

測定回転速度 1000RPM

出力	区分	測定値(V)		判定結果	
		社内検査	立会検査	社内検査	立会検査
出力電圧		平均値 94.5 (+5.0%)	平均値 94.5 (+5.0%)	良	良
判定値		90V $+10\%$ 以内 -5%		良	良

出力電圧バランス 判定値平均値の±3%以内

部分	電圧	線間電圧(V)						判定結果	
		社内検査			立会検査			社内検査	立会検査
		U-V	V-W	U-W	U-V	V-W	U-W		
出力電圧		94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	良	良
アンバランス		0%			0%			良	良

絶縁抵抗測定

判定値 1MΩ以上

部分	絶縁	絶縁抵抗(MΩ)		判定結果	
		社内検査	立会検査	社内検査	立会検査
電機子巻線		1000	1000	良	良

Table 5.2.9 電動機冷却ブロワ駆動用電動機試験結果 (A号機)

無負荷試験

電圧、電流測定

始動電流 (A)	無負荷電圧 (V)			無負荷電流 (A)		
	U-V	V-R	R-U	U	V	W
—	200	200	200	5.90	6.20	5.90

始動電流 (A)	負荷電圧 (V)			負荷電流 (A)		
	U-V	V-R	R-U	U	V	W
—	200	200	200	11.4	12.2	11.7

巻線抵抗測定

(at / 9°C)	U-V Ω	V-R Ω	R-U Ω	
コイル抵抗測定	0.569	0.573	0.569	測定。

絶縁抵抗測定

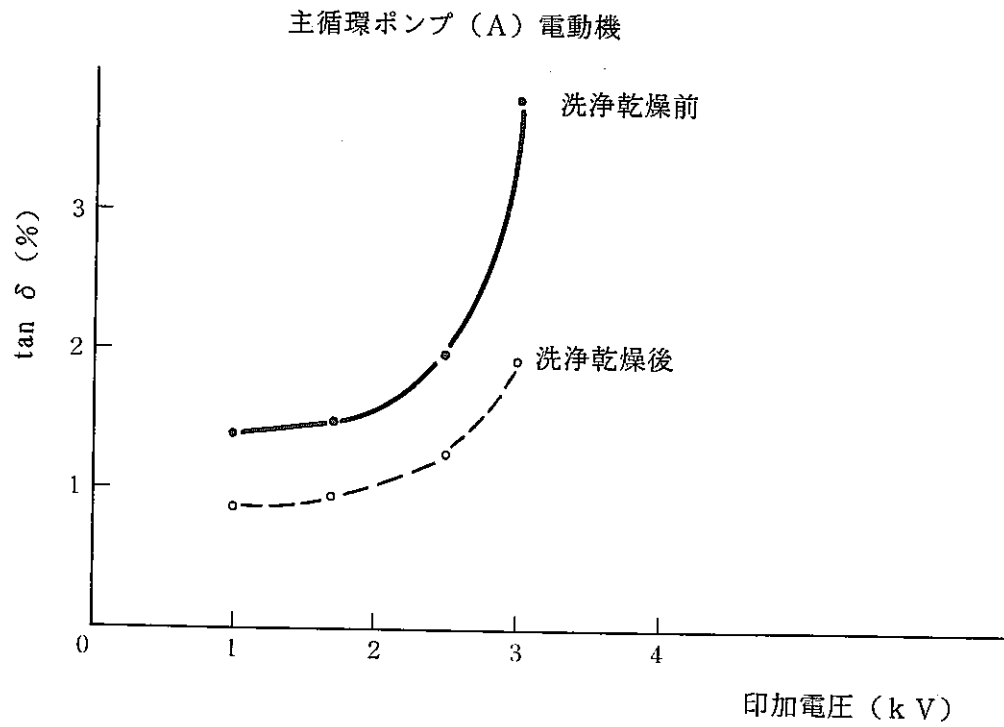
500Vメガー使用

	据付前 (単体)	据付後 (MCCより)
固 定 子	1000 MΩ	— MΩ
回 転 子	— MΩ	— MΩ

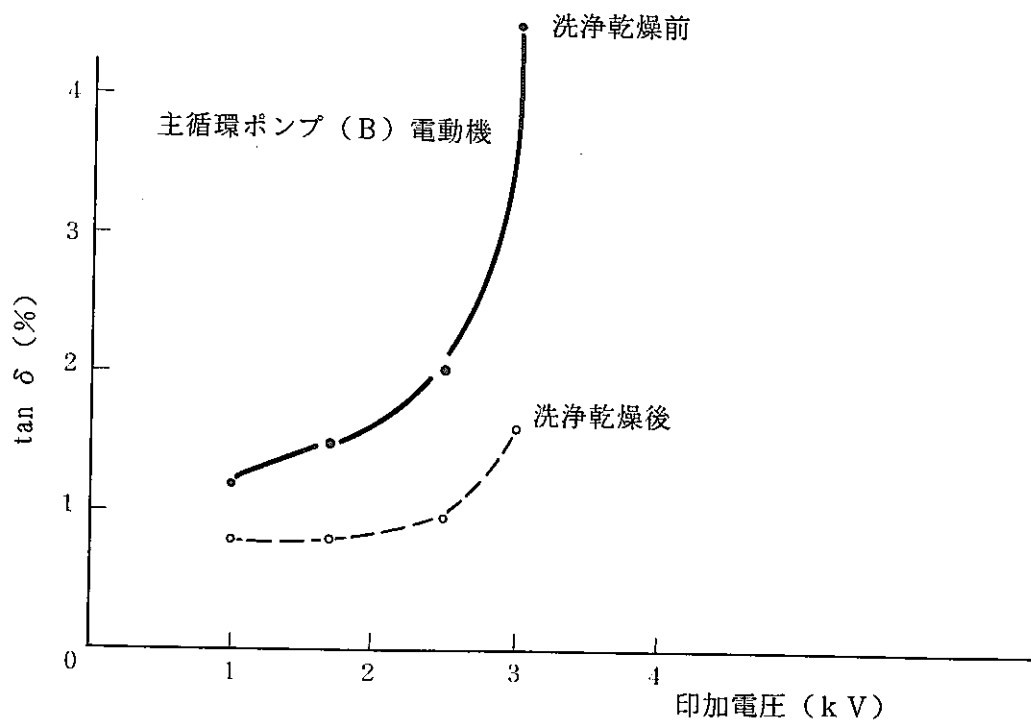
Table 5.2.10 主電動機絶縁診断結果一覧
 (一次循環ポンプ用330Kw 電動機)

機 種		3 6 0 8 7 5- 1 (A)				3 6 0 8 7 5- 2 (B)				主電動機管理値
試 験 状 態		洗浄乾燥前		洗浄乾燥後		洗浄乾燥前		洗浄乾燥後		
絶縁抵抗	(MΩ)	22000	○	22000	○	22000	○	22000	○	$\geq \frac{E \times 1000}{KW + 1000} (=2.3)$
tan δ 試験	tan δ ₀ (%)	1.4	○	0.88	○	1.2	○	0.8	○	≤ 10
	Δtan δ (%)	2.4	-	1.04	-	3.2	-	0.8	-	—
直流試験	P I (-)	3.0	○	6.25	○	2.5	○	6.1	○	≥ 1.5
交流電流試験	P i ₁ (kv)	1.7	○	2.0	○	1.7	○	2.0	○	$\geq E / \sqrt{3} (=1.7)$
	Δ I (%)	8	-	7	-	8	-	7	-	—
部分放電試験	V i (kv)	2.1	-	2.15	-	2.1	-	2.25	-	—
	V i' (kv)	1.8	○	1.8	○	1.9	○	1.95	○	$\geq E / \sqrt{3} (=1.7)$
	Qman* (pc)	7500	○	8000	○	8100	○	7800	○	≤ 10000

* $E / \sqrt{3}$ における値 (E : 定格電圧 3KV、KW : 定格出力 330KW)
 ○印は判定値に合格



(a) 製造番号 360875-1



(b) 製造番号 360875-2

Fig. 5. 2. 1 tan δ 1次主ポンプ電動機 の特性

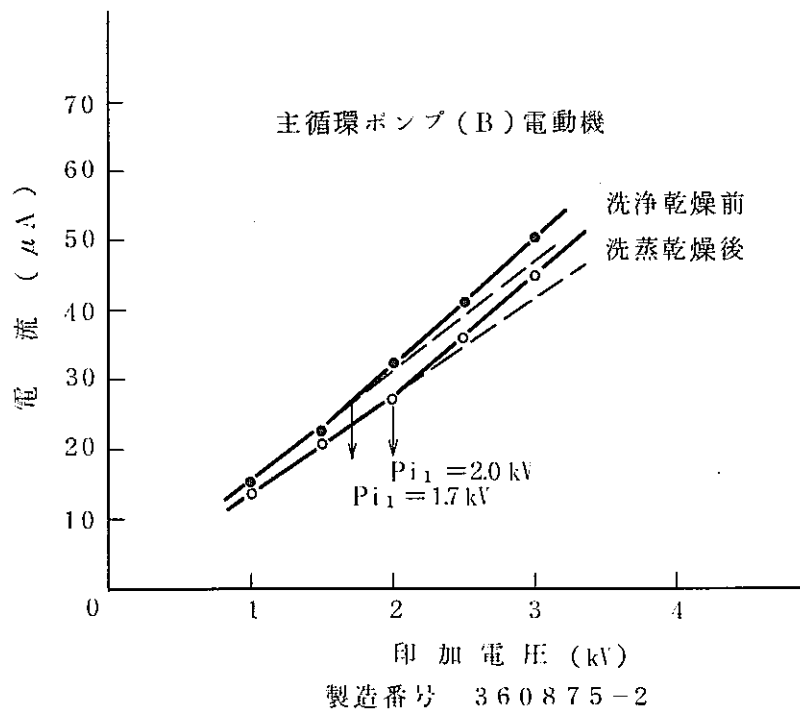
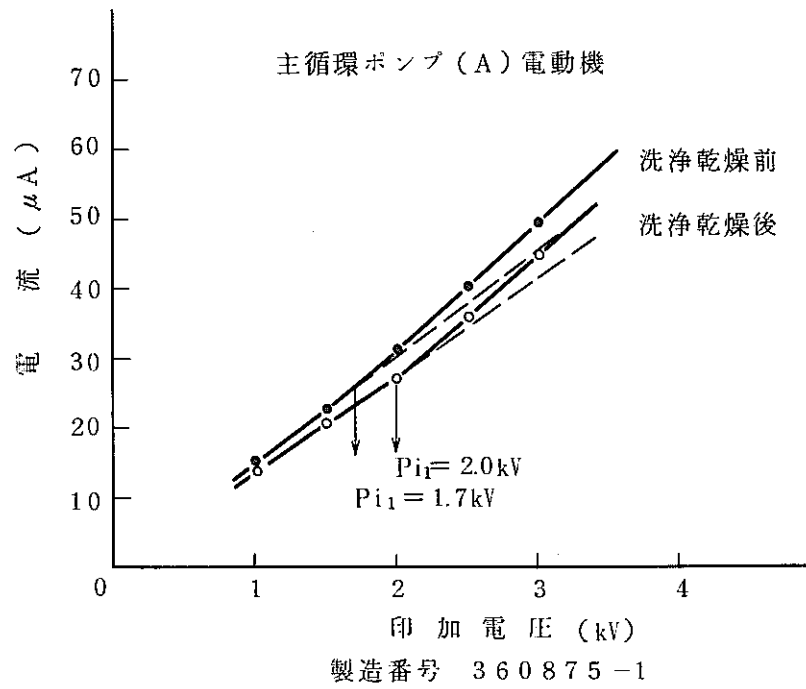


Fig. 5. 2. 2 1次主ポンプ電動機の交流電流特性

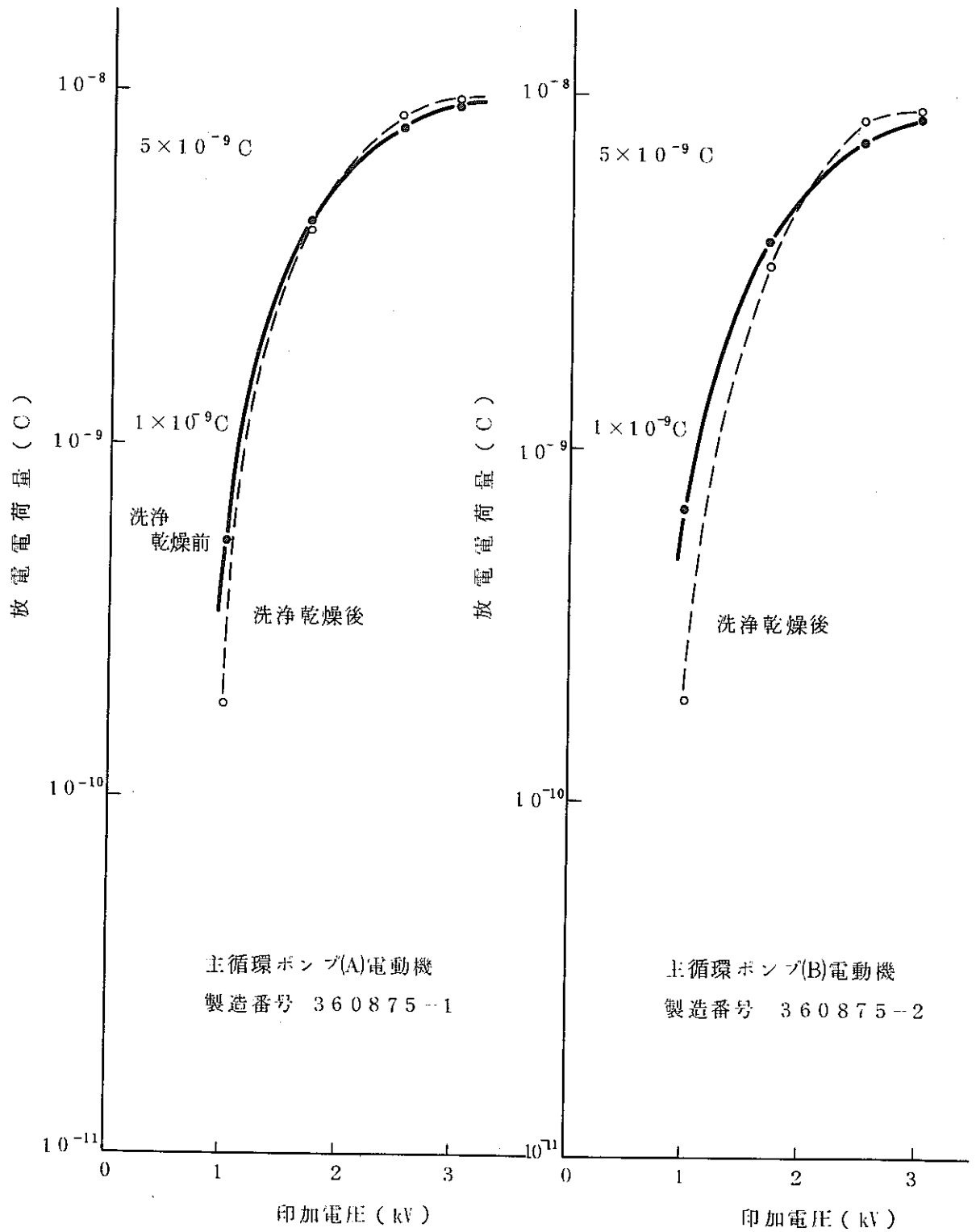


Fig. 5. 2. 3 1次主ポンプ電動機の部分放電特性

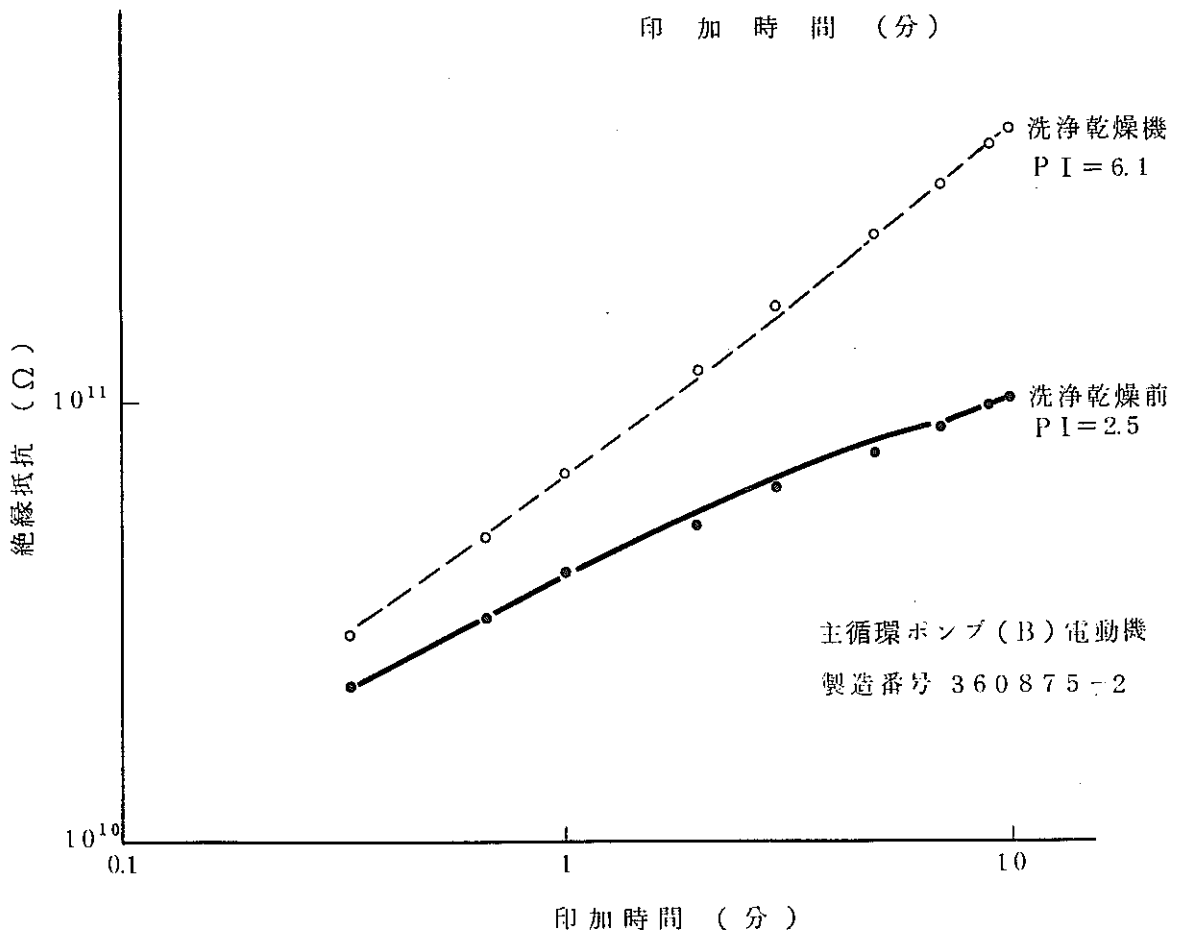
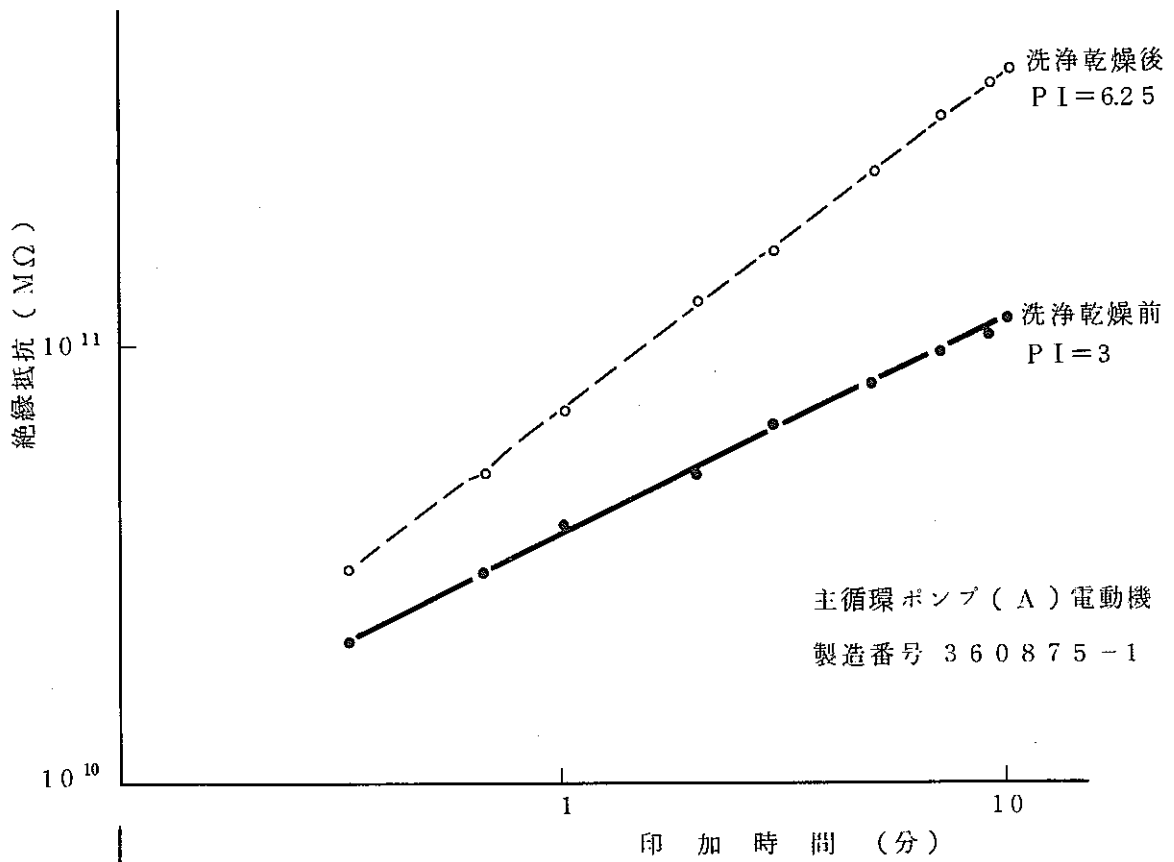
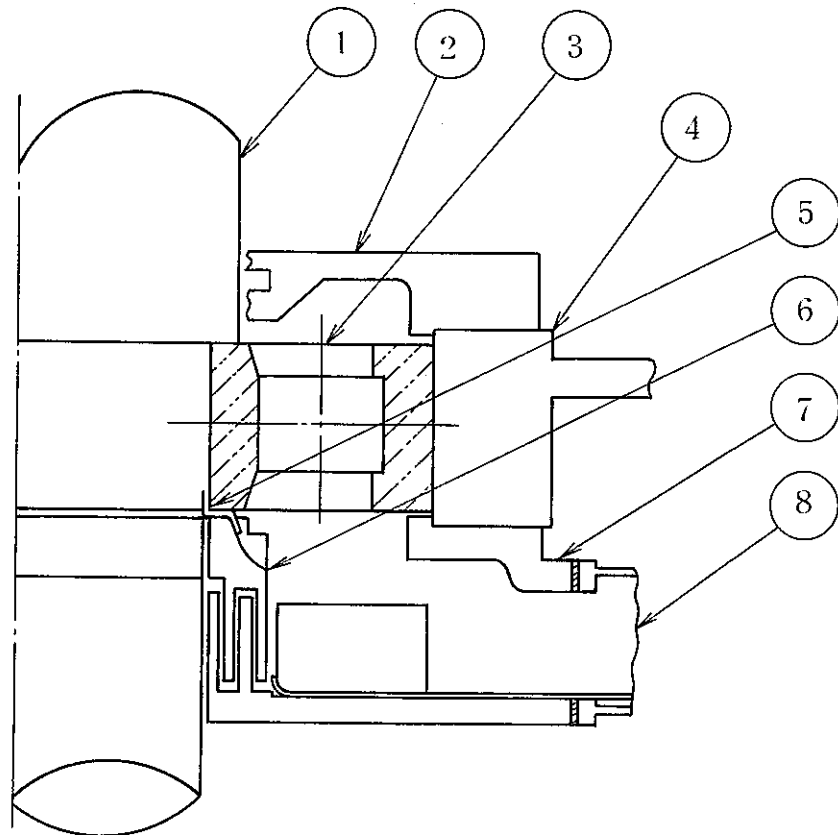


Fig. 5.2.4 1次主ポンプ電動機の直流吸収特性



No.	部 品 名
1	回転子軸
2	下部ベアリングカバー
3	下部ベアリング
4	下部軸受ハウジング (ブラケット)
5	ベアリングワッシャー
6	ベアリングナット
7	下部ベアリングカバー
8	グリース排油管

Fig. 5.2.5 下部軸受構造図

Table. 5.2.11 主電動機交換部品一覧表 (1/2)

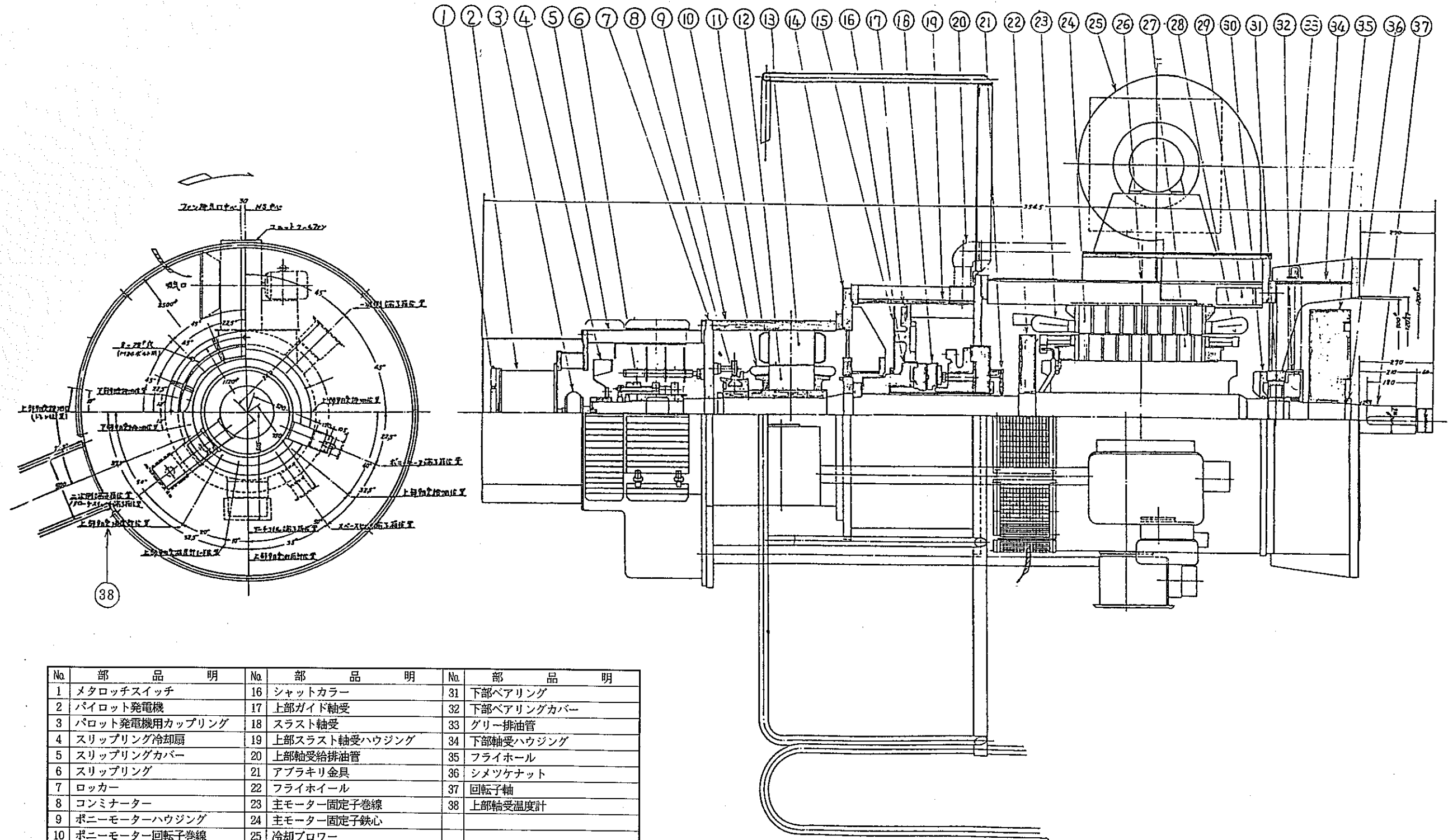
(1台分)

No.	使用箇所	品名	員数
1	パイロット発電機	ナット (M5 P0.8)	3
2	" "	スプリングワッシャ (M5)	3
3	" "	ワッシャ (M5)	3
4	" "	ボルト (M5 P0.8 L12)	3
5	" "	ボルト (M10 L20)	19
6	" "	ソルダーレス、ターミナル (2-5)	6
7	" "	マークバンド (NI-L36)	6
8	" "	リード線 (2mm ²)	5M
9	スリップリング絶縁用	ガラステープ (EGT-0.18)	30M
10	上部軸受	温度計 (BNFW-2)	2
11	上部軸受スラストリング	ロックワッシャ	3
12	パイロット発電機直結用カップリング	ロックワッシャ	6
13	ファン (スリップリング)	ロックワッシャ	4
14	PG吊上用 (現地)	アイボルト (M10)	2
15	スリップリング	カーボンブラシ (BC#438K, MH-35C)	12
16	コンミテーター	カーボンブラシ (BC#7512-C-GH125)	6
17	スリップリングボス	ロックワッシャ	1
18	" "	シメ付リング	1
19	フライホイール	ロックワッシャ	1
20	"	シメ付リング	1
21	ポニーモーター	ロックワッシャ	1
22	" "	シメ付リング	1
23	下部軸受	ローラーベアリング (NU326UMCM)	1
24	"	ロックワッシャ	1
25	スリップリングカバー	ボルト (M12 L32)	17
26	ロッカー	ボルト (M16 L25)	6
27	ポニーモーター	ボルト (M16 L40)	8
28	上部軸受ハウジング	ボルト (M16 L45)	8
29	ポニーモーター取付台	ボルト (M16 L55)	4
30	プラットホーム	ボルト (M10 L25)	8
31	給油パイプ	ボルト (M12 L55)	4
32	排油パイプ	ボルト (M16 L32)	4
33	ポニーモーターターミナルカバー	ボルト (M6 L10)	4
34	主モーター1次側ターミナルボックス	ボルト (M10 L20)	16
35	主モーター1次側ターミナルカバー	ボルト (M8 L16)	12
36	1次端子箱用中間座	ボルト (M10 L25)	4

Table. 5.2.11 主電動機交換部品一覧表 (2/2)

No.	使 用 箇 所	品 名	員 数
37	2次端子箱用中間座	ボルト (M10 L25)	4
38	1次端子箱内	ゴムブッシュ	3
39	2次側ロッカー	ゴムブッシュ (AC・PG 口出線用)	3
40	スペースヒータ端子箱内	ゴムブッシュ	2
41	スペースヒータ	リード線 (5.5mm ²)	5 M
42	〃	ソルダレスターミナル (5.5-5)	8
43	〃	マークバンド (NI-L36)	8
44	スペースヒータ及びボイモーターミナルカバー	ボルト (M6 L12)	20
45	下部ブラケット	ボルト (M16 L45)	8
46	冷却ブロワー取付用	ボルト (M10 L20)	5
47	〃	ボルト (M12 L20)	4
48	冷却ブロワー入気金アミ	ボルト (M10 L20)	12
49	上部軸受	排油管	3
50	冷却ブロワー駆動モータ	ボールベアリング (6306VV)	2
51	ステータフレームと下部ブラケット間	ノックピン (16 L32)	4
52	上部ブラケット	ノックボルト (M6 10L32)	4
53	上部ガイドメタル	絶縁ワッシャー	12

パッキン類は全数交換した。



No	部 品 明	No	部 品 明	No	部 品 明
1	メタロッチスイッチ	16	シャットカラー	31	下部ベアリング
2	パイロット発電機	17	上部ガイド軸受	32	下部ベアリングカバー
3	パイロット発電機用カップリング	18	スラスト軸受	33	グリー排油管
4	スリップリング冷却扇	19	上部スラスト軸受ハウジング	34	下部軸受ハウジング
5	スリップリングカバー	20	上部軸受給排油管	35	フライホール
6	スリップリング	21	アブラキリ金具	36	シメツケナット
7	ロッカー	22	フライホイール	37	回転子軸
8	コンミナター	23	主モーター固定子巻線	38	上部軸受温度計
9	ボニーモーターハウジング	24	主モーター固定子鉄心		
10	ボニーモーター回転子巻線	25	冷却ブローワ		
11	ボニーモーター主極巻線	26	主モーター固定子フレーム		
12	ボニーモーター回転子鉄心	27	主モーター回転子鉄心		
13	ボニーモーター主極鉄心	28	主モーター回転子巻線		
14	ボニーモーター取付台	29	スペースヒーター		
15	オイルガイド	30	下部ベアリングカバー		

Fig. 5.2.6 1次主循環ポンプモータ構造図

5.3 1次系電動弁、電動ダンパ駆動部点検

5.3.1 概要

本点検は高速実験炉「常陽」1次系に設置されている電動弁及び電動ダンパの駆動部について点検を実施し円滑な弁操作並びに健全性の維持を目的とする。今回の定期点検では、電動駆動部の点検に加え、格内床下区域へ貫通している電動式、手動式のエクステンション部も併せて点検を実施した。

本点検はプラント状態により、前期、後期に分けて実施し、前期は付属建家に設置されている主に予熱窒素ガス系のものについて、また、後期は主に1次冷却系に設置されているものについて実施した。

5.3.2 点検内容

(1) 電動弁、電動ダンパ駆動部点検

1次冷却系に設置されている電動式の駆動機構の弁および冷却ダンパは計51台である。今回は、51台全数についてA級、B級点検のいずれかを予定していたが、プラントの制約により、点検できなかったものや、外観点検のみ実施したものが9台あった。Table 5.3.1に点検弁リストと点検内容を示す。A級、B級点検内容について以下に示す。

① A級点検

(i) 点検前電動開閉試験

作動時の電圧値、電流値の測定及び、開閉時間測定、現場開度計指示、操作盤開時計指示、開閉表示ランプの点灯確認、リミットスイッチ、トルクスイッチ作動確認を実施した。

(ii) 電気品点検、清掃

動力及び、制御系の絶縁抵抗測定、リミットスイッチファンが一部の清掃、端子

(iii) グリスの交換

グリスの状態（グリス量の減少、汚れ、油脂分の分離、粘性の低下）による交換を実施した。

(iv) グリス漏れの有無確認

駆動部電気室内、開時計用ギヤボックス内へのグリス漏れの有無の確認、駆動部外へのグリス漏れの有無の確認及び、清掃を実施した。

(v) 手動開閉試験

手動操作により弁の開閉がスムーズに行えることを確認した。

(vi) 点検後電動開閉試験

(i) と同様の試験を行い、点検後の作動状態の確認を実施した。

② B級点検

A級点検に加え、駆動部を全て分解し各構成部品について異常の無いことを確認し、各種消耗部品（Oリング、ガスケット等）の交換を実施した。

(2) エクステンション部点検

1次冷却系では、原子炉運転中入立禁止となる床下区域に設置されている弁はエクステンション部に軸継手を採用しており、数にして手動弁79台電動弁21台がある。Table 5.3.2にエクステンション弁のリストを示す。本点検ではそのエクステンション部について、外観点検と潤滑剤の塗布を実施した。なお、潤滑材については耐放射性グリスモレスコハイラッド（松村石油）を採用した。点検内容を以下に示す。

① 床貫通部の点検

床貫通部で弁操作に支障を来すほどの接触がないか。

② 軸継手部

ピンのゆるみ、脱落がないか。潤滑剤の有無の確認及び補充。

③ ドライブシャフト部

歪み、スリーブへの接触等操作に支障を来す変形はないか。

④ 伸縮継手部

カジリ、固着等操作に支障を来す異常はないか。

⑤ 弁棒ネジ部

グリースの有無及び補充

5.3.3 点検結果

本点検の中で確認された不具合内容について、Table 5.3.3に示す。また、1次Arガス系、1次Na純化系、予熱N₂ガス系の隔離弁の14台については、点検事前にリミットスイッチの接点に酸化皮膜が形成されていることが確認され、清掃、手入れのみでは不具合作動しないことが予測されたため、全てのリミットスイッチの交換を実施した。

エクステンション部点検では、第8回定検の中で報告されたように、サイフォンブレード弁にスリーブに接触している可能性がある他は、特に不具合箇所は確認されなかった。

5.3.4 検 討

(1) 不具合の原因と対策

これまで点検の中で確認されてきた不具合の原因と対策は、弁駆動部の設置場所、動力伝達方式等によって次の2つに分類できる。

① 格納容器床下に駆動部のあるもの

対象は、電磁ポンプ冷却ダンパ、予熱N₂系切換弁、コールドトラップN₂冷却弁等がある。これらは放射線又は高温環境に駆動部が直接曝らされるため、単独あるいは両者の相乗作用によって劣化が促進される。劣化が著しい個所は駆動部のターミナル、フィンガー、ベース、リミトルク、セルシン等の放射線や高温に対する耐性の低い樹脂部分である。これら駆動部の劣化部品の交換、その後の調整には、床下の線量率の高い場所で、長時間作業となるために、保守要員の被曝増大が避けられず被曝低減の面から問題となっていた。これを解決すべく1次主冷却機器、配管に近く、特に劣化の著しい予熱N₂系切換弁4台について弁駆動方法を、直接電動方式から空気作動方式に変更する。又、オーバフロータンクに隣接しているオーバフロー系、純化系電磁ポンプ冷却ダンパについては線量、室温共に低い隣りのR106室へ駆動部のみを移設し伝達をフレキシブルシャフトで行う方式を検討中であり、いずれも第8回定検中に改造を施す。(本内容については6.2参照のこと。)

② 駆動部が床上にありエクステンションによって動力伝達するもの

「常陽」の床下に設置されている1次系の電動弁、手動弁は上記を除き基本的には操作部を床上に置き、弁駆動にエクステンションを採用している。エクステンションには、ユニバーサルジョイントを設け、ある程度弁自体の3次元的な移動に対処している。エクステンション本体については、今まで経験したトラブルは、ピン脱落程度であり、保守の中心はユニバーサルジョイント部の注油である。しかしながら、配置の都合上、駆動部と弁がエクステンションによって軸垂直に締結されていない場合は、弁作動時にユニバーサルジョイント部で一種のミソ摺り運動が発生し、トルク過大となって電動弁の作動に支障を来たしている。又、サイフォンブレイク弁のように、エクステンションが非常に短く(約2m)配置上、弁上部が床貫通スリーブに近接している場合は、配管が多少移動してもエクステンションのたわみ性によって移動分が吸収されず、エクステンションと床貫通スリーブとの接触によって、弁の作動が阻害されてしまう。

このうち前者の弁については①で述べた電磁ポンプ冷却ダンパの改造結果と運用実績を見て、フレキシブルシャフトを採用するか否か判断したいと考える。サイフォンブレイク弁の対策については、第8回定検中に配管自体の移動（10cm程度の移動で解決できる見込みである。）を考えているので、配管系の構造健全性に十分配慮しながら、作業を進めて行く予定である。

(2) もんじゅエクステンション弁設計への反映

もんじゅに於いても格納容器内で床下での弁の駆動には、電動、手動に拘らずエクステンションが採用されており、駆動部が床下の窒素雰囲気気中に設置されているものはないので「常陽」で発生している駆動部の放射線や熱による劣化はないと考えられるが、エクステンションの構造について、「常陽」で今まで得られた保守経験に基づき具体的な設計、施工上の反映を行っている。

その内容は次の通りである。

- ① ユニバーサルジョイント等の接合部ピンは確実な抜け止め防止策を施す。
- ② 空気雰囲気と窒素雰囲気気をエクステンションが貫通する場合のシールは、ダブルプラグシール構造とし、リーク試験が可能とする。更にシール構造の交換を行ない易いように貫通スリーブ内に、シールを置かない。
- ③ 保守時のエクステンション落下防止のため、ストッパを取付けられるようにするとともに、保守時のアクセス性を確保するため、バルブスタンドにハンドホール（メンテナンス用の保守点検孔）を設ける。
- ④ エクステンションは極力弁と軸直角に設置するが、配管の移動や、配置上の制約があっても最大折れ角度は15°以内とする。
- ⑤ ユニバーサルは貫通スリーブ内に入らないように施工する。ただし、配管施工上の関係から、弁頭部がスリーブ内にやむを得ず入る場合は、スリーブ径を大きくして、接触しないようにする。
- ⑥ 電動弁駆動部を横置きとする場合は、端子部を上側とし、内部のグリスが端子部へ流出しない据付法を採る。

5.3.5 まとめ

今回の第7回定検の中で確認された不具合箇所は、これまで、報告された内容と同様のものであり、今後その対策を進めていく。また、今回の点検で未処置のものは運転上直接支障を来すものではないが、十分に監視していく。

（谷山 定美）

Table 5.3.1 1次系電動弁リストと点検内容 (1 / 3)

弁番号	弁名称	仕 様				駆 動 設 備 仕 様					点 検 区 分		そ の 他
		型 式	口 径	液 体	取付場所 (部屋番号)	メーカ-	取付場所 (部屋番号)	遠隔操作場 所：盤番号	モ ー タ 入 力	定格電流 (A)	A 級	B 級	
V32.1-1	補助冷却系炉容器 出口弁	GL(B)	4B	N ₂	R-305	日本ギヤ工業 株式会社	RPU	424	DC110V	3.9	○		未実施
V32.1-3	補助冷却系炉容器 出口弁	GL(B)	3B	N ₂	R-305	"	RPU	424	DC110V	3.9	○		未実施
V32.1-6	補助冷却系1777 ブレー止弁 (A)	GL(B)	1B	N ₂	R-305	"	R-408	424	DC110V	1.8	○		外観点検
V32.1-7	同上 (B)	GL(B)	1B	N ₂ , Ar	R-305	"	R-408	424	DC110V	1.8	○		外観点検
V32.1-8	同上 (C)	GL(B)	1B	N ₂	R-305	"	R-408	424	AC220V	1.2	○		外観点検
V32.1-9	同上 (D)	GL(D)	1B	N ₂ , Ar	R-305	"	R-408	424	AC220V	1.2	○		外観点検
V34.1-3	N ₂ 純化系緊急汲 上切替弁	GL(B)	2B	N ₂	R-202	"	R-303	424	AC220V	1.2	○		
V34.1-11	オーバーフロー緊 急汲上弁	GL(B)	2B	N ₂	R-202	"	R-303	424	AC220V		○		
V34.1-22	C/T入口冷却ガ ス外側隔離弁	GL(B)	14B	N ₂	R-306	"	A-306	424	DC110V	27.5	○		
V34.1-23A	A C/T冷却ガス 入口弁	G	14B	N ₂	R-203	"	R-203	424	AC220V	4.2	○		
V34.1-23B	B C/T冷却ガス 入口弁	B	14B	N ₂	R-203	"	R-203	424	AC220V	4.2	○		
V34.1-24	C/T出口冷却ガ ス外側隔離弁	B	14D	N ₂	R-306	"	A-306	424	DC110V	27.5	○		
V34.1-31	C/T入口冷却ガ ス内側隔離弁	G	8B	N ₂	R-203	"	R-203	424	AC220V	8.7	○		
V34.1-35	C/T出口冷却ガ ス内側隔離弁	G	8B	N ₂	R-203	"	R-203	424	AC220V	8.7	○		
V36.1-6	供給Arガス外側 隔離弁	G	2 1/2 B	Ar	R-206	"	A-206	424	DC110V	3.9	○		
V36.1-7	供給Arガス内側 隔離弁	GL	2 1/2 B	Ar	R-202	"	R-303	424	AC220V	2.4	○		
V36.1-37	排出Arガス内側 隔離弁	GL(B)	6B	Ar	R-202	"	R-303	424	AC220V	5.8	○		

[GL (B) : グローブ弁 (ベローズシール) G : ゲート弁 B : バタフライ弁 GL : グローブ弁 N : ニードル弁]
 ※印 : エクステンション弁 (床貫通弁)

Table 5.3.1 1次系電動弁リストと点検内容(2/3)

弁番号	弁名称	仕 様				駆 動 設 備 仕 様					点 検 区 分		そ の 他
		型 式	口 径	液 体	取付場所 (部屋番号)	メーカー	取付場所 (部屋番号)	遠隔操作場 所：盤番号	モータ 入 力	定格電流 (A)	A 級	B 級	
V36.1-38	排出Arガス外側 隔離弁	GL(B)	6B	Ar	R-206	日本ギヤ工業 株式会社	R-206	424	DC110V	11.0	○		
V71.1	予熱N ₂ ガスプロ ワ出口弁	G	16B	N ₂	R-208	"	R-208	205	AC400V	1.5	○		
V71.4	予熱N ₂ ガスAル ープ入口隔離弁	G	12B	N ₂	R-206	"	R-206	205	DC110V	6.0	○		
V71-5	予熱N ₂ ガスBル ープ入口隔離弁	G	12B	N ₂	R-206	"	R-206	205	DC110V	6.0		○	
V71-6A	予熱N ₂ ガス主冷 却系Aループ出口弁	GL	10B	N ₂	R-206	"	R-412	205	AC220V	3.4	○		
V71-6B	予熱N ₂ ガス主冷 却系Bループ出口弁	GL	10B	N ₂	R-205	"	R-410	205	AC220V	3.4	○		
V71-7A	予熱N ₂ ガス炉容 器Aループ出口弁	GL	10B	N ₂	R-410	"	R-412	205	AC220V	3.4	○		
V71-7B	予熱N ₂ ガス炉容 器Bループ出口弁	GL	10B	N ₂	R-412	"	R-410	205	AC220V	3.4	○		
V71-8	予熱N ₂ ガス補助 系出口弁	G	4B	N ₂	R-203	"	R-203	205	AC220V	2.4	○		
V71-9	予熱N ₂ ガスAル ープ出口隔離弁	G	12B	N ₂	R-206	"	R-206	205	DC110V	6.0	○		
V71-10	予熱N ₂ ガスBル ープ出口隔離弁	B	12B	N ₂	R-206	"	R-206	205	DC110V	6.0		○	
V71-11	予熱N ₂ ガスプロ ワバイパス弁	GL	12B	N ₂	R-208	"	R-208	205	AC400V	1.5	○		
V71-34	予熱N ₂ ガス排気 内側隔離弁	GL	3B	N ₂	R-203	"	R-203	424	AC220V	3.4	○		
V71-35	予熱N ₂ ガス排気 外側隔離弁	GL	3B	N ₂	R-206	"	R-206	424	DC110V	5.9	○		
V71-42	予熱N ₂ ガス補助 系入口弁	GL	4B	Ar	R-203	"	R-203	205	AC220V	2.4	○		
V71-46A	予熱N ₂ ガス主冷 却系Aループ入口弁	GL	10B	Ar	R-206	"	R-412	205	AC220V	3.4	○		
V71-46B	予熱N ₂ ガス主冷 却系Bループ入口弁	GL	10B	N ₂	R-305	"	R-408	205	AC220V	3.4	○		

[GL(B) : グローブ弁 (ベローズシール) G : ゲート弁 B : バタフライ弁 GL : グローブ弁 N : ニードル弁]
 ※印 : エクステンション弁 (床貫通弁)

Table. 5.3.1 1次系電動弁リストと点検内容(3/3)

弁 仕 様					駆 動 設 備 仕 様						点 検 区 分		そ の 他
弁 番 号	弁 名 称	型 式	口 径	液 体	取付場所 (部屋番号)	メーカー	取付場所 (部屋番号)	遠隔操作場 所：盤番号	モーター 入 力	定格電流 (A)	A 級	B 級	
V71-47A	予熱N ₂ ガス炉容器Aループ入口弁	GL	10B	N ₂	R-206	日本ギヤ工業株式会社	R-412	205	AC220V	3.4	○		
V71-47B	予熱N ₂ ガス炉容器Bループ入口弁	GL	10B	N ₂	R-305	"	R-205	205	AC220V	3.5	○		
V71-48A	予熱N ₂ ガスAループ炉容器入口弁	B	10B	N ₂	R-206	"	R-206	521	AC210V	1.3	○		
V71-48B	予熱N ₂ ガスBループ炉容器入口弁	B	10B	N ₂	R-305	"	R-305	521	AC210V	1.3	○		
V71-49A	予熱N ₂ ガスAループ炉容器出口弁	B	10B	N ₂	R-206	"	R-206	521	AC210V	1.3	○		
V71-49B	予熱N ₂ ガスBループ炉容器出口弁	B	10B	N ₂	R-206	"	R-206	521	AC210V	1.3	○		
V71-41	予熱系連通弁	GL	2B	N ₂	R-203	"	R-303	連通弁操作盤	AC200V	1.22	○		
V83-8	"	GL	2B	N ₂	R-202	"	R-303	"	AC200V	1.22	○		
V83-12	格霧囲気連通弁	GL	2B	N ₂	R-202	"	R-300	"	AC200V	1.22	○		
DP32.1-1	EMP冷却ダンパ	B	12B	N ₂	R-205	"	R-205	424	AC200V	2.9	○		
DP33-1	"	B	12B	N ₂	R-105	"	R-105	424	AC200V	2.9	○		
DP34.1-1	"	B	12B	N ₂	R-105	"	R-105	424	AC200V	2.9	○		
DP34.1-3	PL計冷却ダンパ	B	12B	N ₂	R-103	"	R-103	421	AC200V	1.5	○		
V34.1-101	Cストラップ入口弁	GL(B)	2B	Na	R-203	"	R-203	Cストラップ盤	AC200V	1.0	○		外観点検
V34.1-103	Cストラップ流調弁	N(B)	2B	Na	R-203	"	R-203	"	AC200V	1.0	○		外観点検
V34.1-104	CストラップNaドレン弁	GL(B)	1B	Na	R-203	"	R-203	"	AC200V	1.0	○		外観点検
—	PL計絞り弁	N	1B	Na	R-103	"	R-103	421	AC200V	1.5	○		

{ GL(B) : グローブ弁 (ベローズシール) G : ゲート弁 B : バタフライ弁 GL : グローブ弁 N : ニードル弁 }
 ※印 : エクステンション弁 (床貫通弁)

Table. 5.3.2 1次系エクステンション弁リスト (手動バルブ)

弁番号	ボールジョイント型番	テーパーパーンサイズ	E X T. 構造図	流 体	備 考
V31.1-80A	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72047-2-1	Na/N ₂	二重管 R-412 R-205
V31.1-80B	"	"	"	"	" R-410 R-206
V32.1-4	"	"	"	"	" R-408 R-305
V32.1-80	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72047-2-1	Na/N ₂	" " "
V33-1	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-73057-2-1	Na	R-304 R-105
V33-4	B-25	$\phi 8 \times 56 \ell$	R-73058-2-1	"	" "
V33-6	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-73056-2-1	Na	" "
V33-80	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72055-2-1	Ar	" "
V34.1-1	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-73056-2-1	Na	" "
V34.1-2	"	"	R-73056-2-1	"	" "
V34.1-4A	"	"	R-72051-2-1	"	R-303 R-202
V34.1-4B	"	"	"	"	" "
V34.1-5A	"	"	"	"	" "
V34.1-5B	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-72051-2-1	"	" "
V34.1-6	S-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72048-2-1	"	" "
V34.1-7	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-72051-2-1	"	" "
V34.1-8	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72047-2-1	"	" "
V34.1-9	B-18	"	R-72047-2-1	"	" "
V34.1-10	S-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72048-2-1	"	" "
V34.1-12	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-72051-2-1	"	" "
V34.1-33	S-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72048-2-1	"	" "
V34.1-80	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-73056-2-1	"	R-304 R-105
V35.1-1A	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-72051-2-1	"	R-303 R-202
V35.1-1B	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-72051-2-1	"	" "
V35.1-2A	B-22	$\phi 7 \times 50 \ell$	R-72052-2-1	"	" "
V35.1-2B	B-22	$\phi 7 \times 50 \ell$	R-72052-2-1	"	" "
V35.1-3	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72047-2-1	"	" "
V35.1-4	B-22	$\phi 7 \times 50 \ell$	R-72052-2-1	"	" "
V35.1-5	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-73057-2-1	"	R-304 R-105
V35.1-6	"	"	R-72051-2-1	"	R-303 R-202
V35.1-7	"	"	R-73057-2-1	"	" "
V35.1-8A	"	"	R-72051-2-1	"	" "
V35.1-8B	"	"	"	"	" "
V35.1-9A	"	"	"	"	" "
V35.1-9B	"	"	"	"	" "
V35.1-10A	"	"	"	"	" "
V35.1-10B	"	"	"	"	" "
V35.1-11	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-72051-2-1	"	
V35.1-12	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-73056-2-1	"	R-304 R-105
V35.1-13	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-72051-2-1	"	R-303 R-202
V35.1-15	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72047-2-1	Na	" "
V35.1-16	"	"	"	Na/N ₂	二重管 RPU "
V35.1-17	B-18	"	R-72047-2-1	Na	R-303 "
V35.1-18	S-18	"	R-72049-2-1	"	R-408 R-305
V35.1-19	B-18	"	R-73056-2-1	"	R-304 R-105
V35.1-20	"	"	R-72047-2-1	"	R-303 R-202

弁番号	ボールジョイント型番	テーパーパーペン サイズ	EXT. 構造図	流 体	備 考	
V35.1-21	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72047-2-1	Na		R-410 R-206
V35.1-22	"	"	"	"		R-303 R-202
V35.1-23	"	"	"	"		" "
V35.1-24	"	"	R-72050-2-1	"		" "
V35.1-80A	"	"	R-72047-2-1	Na ⁺ -H ⁻ Ar		" "
V35.1-80B	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72047-2-1	Na ⁺ -H ⁻ Ar		" "
V36.1-1	B-20	$\phi 6 \times 45 \ell$	R-72054-2-1	Ar		R-304 R-205
V36.1-26A	S-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72056-2-1	"		R-303 R-302
V36.1-26B	"	"	"	"		" "
V36.1-28	S-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	"	"		" "
V36.1-29A	S-22	$\phi 7 \times 50 \ell$	"	"		" "
V36.1-29B	"	"	"	"		" "
V36.1-30	"	"	"	"		" "
V36.1-31	"	"	"	"		" "
V36.1-33	"	"	"	"		" "
V36.1-34	S-22	$\phi 7 \times 50 \ell$	R-72056-2-1	"		" "
V36.1-39	S-14	$\phi 4 \times 32 \ell$	R-73038-2-1	"		R-501 R-407
V36.1-40	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	"	"		" "
V36.1-41	B-14	$\phi 4 \times 32 \ell$	R-73038-2-1	"		" "
V36.1-42	B-14	$\phi 4 \times 32 \ell$	R-73039-2-1	"		" "
V36.1-43	B-22	$\phi 7 \times 50 \ell$	R-72054-2-1	"		R-304 R-204
V36.1-45	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	"	"		" "
V36.1-47	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	"	"		" "
V36.1-50	B-35	$\phi 10 \times 80 \ell$	"	"		" "
V36.1-52	B-25	$\phi 8 \times 56 \ell$	"	"		" "
V36.1-58	"	"	"	"		" "
V36.1-60	B-25	$\phi 8 \times 56 \ell$	R-72054-2-1	"		" "
V36.1-61	S-22	$\phi 7 \times 50 \ell$	R-72056-2-1	Ar		R-303 R-302
V36.1-106	S-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	R-72056-2-1	Na ⁺ -H ⁻ Ar		" R-202
V71-31	B-18	"	R-72055-2-1	N ₂		" "
V71-33	B-18	$\phi 5 \times 40 \ell$	"	"		" "
V83-9	B-20/D-20	"	"	"		R-303 R-202
V83-10	B-20	"	"	"		" "

Table. 5.3.2 エクステンション弁リスト (電動弁)

弁番号	ボールジョイント型番	テーパーパーピン サイズ	EXT. 構造図	流 体	備 考	
V32.1-1				Na		RPU R-305
V32.1-3				"		" "
V32.1-6				"		R-408 "
V32.1-7				"		" "
V32.1-8				"		" "
V32.1-9				"		" "
V34.1-3				"		R-303 R-202
V34.1-11				"		" "
V36.1-7				Ar		" "
V36.1-37			不明	"		" "
V71-6A				N ₂		R-412 R-206
V71-6B				"		R-410 R-205
V71-7A				"		R-412 R-206
V71-7B				"		R-410 R-205
V71-46A				"		R-412 R-206
V71-46B				"		R-408 R-305
V71-47A				"		R-412 R-206
V71-47B				"		R-408 R-305
V71-41	B-20/D-20	φ 6 × 45 ℓ	R-72055-2-1	N ₂		R-303 R-203
V83-8	B-20	"	"	"		" R-202
V83-12	B-20/D-20	"	"	"		" "

Table. 5.3.3 1次系電動弁の点検結果(1/2)

	不具合件名	不具合内容	弁 No.	処 置 : 対 策	備 考
1	リミトルク動作不良	開、閉方向共に電動操作においてトルクSWが作動し、停止してしまう。手動操作も非常に重い。	V71-46B	EXT部、ユニバーサルジョイント部、弁本体側で過大トルクが発生しているものと考えられる。このためトルクSWが作動し、弁操作が行えないものと考えられる。電動操作におけるトルクSWの設定値を変更し、調整する必要がある。	
2	トルクSW劣化	ローターシャフトのガタ付き及び接点が経年劣化による摩耗、酸化による変色	V34.1-3 V34.1-23A V34.1-23B V71-47B	接点部の清掃、手入れ実施。 次回、トルクSW交換予定。	
3	リミットSW劣化	リミットSWローターシャフト(可動接点)およびフィンガーベース(固定接点)が経年劣化による摩耗、酸化の変色が生じている	V34.1-11 V71-47B V83-12	接点部の清掃手入れ実施。 次回、リミットSW交換予定。	

Table. 5.3.3 1次系電動弁の点検結果(2/2)

	不 具 合 件 名	不 具 合 内 容	弁 No.	処 置 : 対 策	備 考
4	油漏れ	開度発信器部および減速機構部箱の内部に油脂分の付着が認められる。	V34.1-23A V34.1-23B V71-34	駆動部軸貫通部のOリングの劣化が原因。手入れ、清掃実施。次回Oリング交換予定。	
		リミットSW取付部より油漏れが認められる。	V32.1-8 V34.1-103 V34.1-104	手入れ、清掃実施。 次回Oリングおよびパッキン交換予定。	
5	端子台の劣化および 破損	リミトルクの端子台に放射線による劣化および破損が認められる。	DP33-1 DP34.1-1 V71-48A V71-48B V71-49A V71-49B	破損分については交換済。劣化分については、作業時間の制約により未実施。 端子台の材質については検討中。 次回交換予定。	
6	スペースヒータ劣化	スペースヒータとケーブルの接点 が外れている。	V34.1-22 V34.1-24	半田付けで接続した。 今後はスペースヒータは不要と考えられるため、次回撤去予定。	本リミトルクの設置場所はA306で屋外であるため、除湿装置として取り付けられている

5.4 2次系Na設備の非破壊検査

5.4.1 概要

「常陽」2次Na系設備は設置後、10数年の間に運転・停止（燃交・定換）を繰り返し使用されてきた。系統に設置されている各Na設備は十分な機能を維持しており、性能上の問題は特に見あたら無いが、様々なプラント状態とともに変化する熱応力等が、設備・配管溶接部にどのような影響を及ぼしているかは現状では具体的に把握されていない。このことから、2次Na設備の中でも特に熱変位による応力・衝撃荷重が発生しやすいと考えられる配管溶接部を中心にその健全性を目視や具体的に数値として確認するために、非破壊検査を実施した。その検査結果を報告する。

また、第6回定検時から定検時実施してきた主冷却器伝熱管非破壊検査も、併せて報告する。

5.4.2 使用規格

本非破壊検査は下記のJISに従って行った。

- | | | | |
|-----|------------|---------------------|---------|
| (1) | JIS Z 2343 | 浸透探傷試験方法及び欠陥指示模様の等級 | |
| | | 分類方法 | 以下 PT検査 |
| (2) | JIS Z 2344 | 金属材料のパルス反射法による超音波探傷 | |
| | | 試験 | 以下 UT検査 |
| (3) | JIS Z 3104 | 鋼溶接部の放射線透過試験方法及び透過 | |
| | | 写真の等級分類方法 | 以下 PT検査 |

5.4.3 検査対象箇所と検査方法

以下に今回検査した対象箇所を記す（Fig. 5.4.1参照）

- | | | |
|-----|--|----------------|
| (1) | ダンプタンクの柱脚溶接部と内装ヒータ取付溶接部 | PT検査、UT検査 |
| | （Fig. 5.4.2(1)(2)参照） | |
| (2) | ダンプタンクドレンヘッドと膨脹タンクO/Fライン溶接部及び2次主ポンプ吸込ラインと純化系汲み上げライン溶接部 | PT検査、UT検査 |
| | （Fig. 5.4.2(3)(4)参照） | |
| (3) | 主冷却器伝熱管 | PT検査、UT検査、RT検査 |
| | （Fig. 5.4.3(1)(2)参照） | |

5.4.4 非破壊検査の経緯、検査手順、及び結果

以下に非破壊検査を実施するに至った経緯、非破壊検査手順及び検査結果の報告を行う。

(1) ダンプタンクの柱脚溶接部と内装ヒータ溶接部

① 経緯

2次系ダンプタンク柱脚部は、タンクの軸方向に対しスライドする構造を有し、熱応力を吸収可能なものとなっているが、熱応力が発生した場合、タンクの規模から考えて、他の系統よりかなり大きなものであることが予想される。タンク内Na温度はプラントの要求に応じて200～270℃の範囲で制御されており、その温度変化が柱脚にどのような影響を及ぼしているかは現状では把握されていない。そこで柱脚部の健全性を確認すべく非破壊検査を実施した。

② 検査手順

ダンプタンク柱脚部、内装ヒータ取付部共、PT検査、UT検査を実施した。PT検査は探傷部表面清掃後、検査を実施した。

UT検査は、斜角一探触子法を採用した。

検査にあたっては、保温材を取外し、ダンプタンクに取付けられている熱電対信号をレコーダに取り込み、温度監視を行った。（詳細は、添付資料1参照）

③ 結果

PT検査、UT検査、損傷・キ裂箇所は確認されず良好な状態であった。

(2) タンプタンクドレンヘッドと膨脹タンクO/Fライン溶接部及び2次主ポンプ吸込ラインと純化系汲み上げライン溶接部

① 経緯

原子炉出力上昇時、ダンプタンクドレンヘッドは主ポンプオーバフロータンクからの高温（350℃）のNaの流入により昇温される。一方、このヘッドへは膨脹タンクからのNaも流入しているが、このNaはヘッドに達するまでに放熱、降温するため、実際には、ヘッド部で温度の異なるNaが合流している。

また、2次純化系汲み上げラインには、2次主ポンプ吸込ライン下部で主系統と合流しているが、当ラインはプラント状態とは無関係に200±20℃で制御されているため、当該箇所では主系統のNa（約340℃）と汲み上げラインのNa（約200℃）が合流することになる。

従って、これらの箇所においては温度の異なるNaによる熱応力の発生が予想されるが、その温度変化の影響がどのようなものか把握されていないため、非破壊検査を行い、配管溶接部の健全性の確認を行った。

② 検査手順

ダンプタンクドレンヘッドと膨脹タンクO/Fライン溶接部及び2次主ポンプ吸込ラインと純化系汲み上げライン溶接部共、PT検査・UT検査を実施した。

当該箇所を検査するに当って、保温材を取外す必要があるが、この部分（O/Fライン溶接部、汲み上げライン溶接部共）は、定検でNaドレン中に行ったため、特にヒータによる温度管理は実施しなかった。

UT検査は、斜角一探触子法を採用した。

③ 結果

PT検査・UT検査共、損傷・キ裂箇所は確認されず良好な状態であった。

(3) 主冷却器伝熱管

① 経緯

主冷却器は、配管表面にフィンを高周波抵抗溶接にて巻き付けている伝熱管とその伝熱管を保護するダクト、及び出入口ダンパで構成され、原子炉の熱出力を大気に放出する主要機器である。主冷却器は主送風機からの強制送風の空気によって冷却されているが、その空気に含まれる海塩粒子・塵埃等が伝熱管に付着し、それらが伝熱管の熱伝達率を下げることで、主冷却器全体としての性能が低下する状況が発生した。

（S61年・夏・入口ベーン開度が100%となる状況が発生）そのため、定検時において主冷却器の性能維持を目的に伝熱管の清掃を実施しているが、その際、伝熱管付着物と同時に表面の浮き錆も採集されるため、錆の減肉による伝熱管本体への影響が懸念されている。従って、主冷却器伝熱管の健全性を確認するため、定期検査毎に非破壊検査を実施し、伝熱管の減肉状態等の把握を行っている。

② 検査手順

(i) 伝熱管フィン部

伝熱管フィン部は、過去の非破壊検査では、レーザ法、ディスプゲージ法、UT法、レプリカ法等でその肉厚を測定したが、正確な値を得ることが困難であったため、今回の検査ではこれらの検査に替えて、RT検査を行い、その陰影より肉厚を推定する方法を採用した。フィルムには、作業上斜め方向からのフィン肉厚が映し出されることとなるが、角度、距離を考慮した補正を行った。X線発生装置セッティング状態をPhoto. 5.4.1に示す。

(ii) 伝熱管ヘッダ溶接部

伝熱管ヘッダ溶接部は、RT検査・PT検査を実施した。RT検査は、配管下部に水平にフィルムをあて、上方から溶接部を撮影した。PT検査は、表面清掃後、実施した。

PT検査・実施中のものをPhoto. 5.4.2に示す

(iii) 伝熱管直管部

伝熱管直管部は、表面清掃後、UT検査を実施した。

③ 結果

(i) 伝熱管フィン部

RT検査結果によると、伝熱管においては、減肉箇所、異常箇所は見あたらなかった。フィルムの陰影による肉厚測定によると、伝熱管の最小肉厚は2.10mmであり、設計肉厚（最小2.0mm）を十分満足していた。

ただし、モックアップ試験片にて同検査を実施したところ、その結果がUT検査と比べて（測定箇所に違いはあるが）、その誤差が5%と大きいものとなっている。

しかし、その結果は全て安全側（実際の肉厚よりも低い値）となっているため、伝熱管の健全性は保たれていると考える。

(ii) 伝熱管ヘッダ溶接部

RT検査写真、PT検査とも異常は確認されず健全性を保たれていた。

(iii) 伝熱管直管部

伝熱管直管部のUT検査結果によると、全ての測定値は2.2~2.4mmの範囲内にあった。入口上部の肉厚の平均値は2.28mm、出口下部の肉厚平均値2.36mmであり、特に問題点は無く、その健全性は保たれていた。

検査結果をTable. 5.4.1に示す。

5.4.4 作業に関して得られた知見

D/T内のNa温度は定検中約200℃で運転している。

非破壊検査（PT、UT）を実施するには温度が高すぎる為、検査可能であり、尚かつプラント的にも許される温度、作業環境上最も低く出来る温度等を考慮し、D/T内Na温度を約110℃~120℃として非破壊検査を実施した。尚PTは高温用（90℃~180℃）の液を使用し、UTも高温用の探触子（200℃迄）、グリス（500℃迄）を使用した。

D/TのNa温度を約200℃ → 115℃±5℃に降温させるにはD/Tのヒータを全て

OFFとしても約10日間を要した。

降温後のD/Tの温度制御は2次予熱制御装置が点検中（本装置の電源OFF時）であった為、本装置での温度制御は出来ず、作業者によるD/T各部の連続温度監視による、ヒータのON・OFF操作により保温を実施し、D/T非破壊検査を行う条件であるNa温度約115°C±5°Cに温度を保った。以下にその低温運転での温度制御要領を記す。

- 1) D/T各部の温度計測ラインの温度補償導線の端子部より仮設レコーダに信号を取り出し、そのレコーダーをヒータ手動ON・OFF SWの近くに設置した。
- 2) 仮設レコーダの各温度指示が120°C以上となったらそれに対応するヒータをOFFとする。又、110°C以下となったらそれに対応するヒータをONとする。

非破壊検査時の温度グラフはFig. 5.4.4に示す。温度が低下している箇所は、検査対象箇所の保温材を取外した部分であるがD/Tの当該部分の表面温度は、表面温度計による測定で119°Cであり温度制限値を十分に満足することが出来た。

5.4.5 まとめ

ダンプタンク柱脚部に関しては、タンクの柱脚取付部がタンクの熱変位に対してフレキシブルに対応できる構造となっているため、柱脚溶接部には応力の発生は無く健全性も保たれていると考える。

ダンプタンク内装ヒータ取付部は、ヒータの発熱部が実際にはタンク内部であり、直接溶接部を加熱する構造となっていないため、局部が加熱される際に発生する熱応力も無く良好な状態を保っていた。

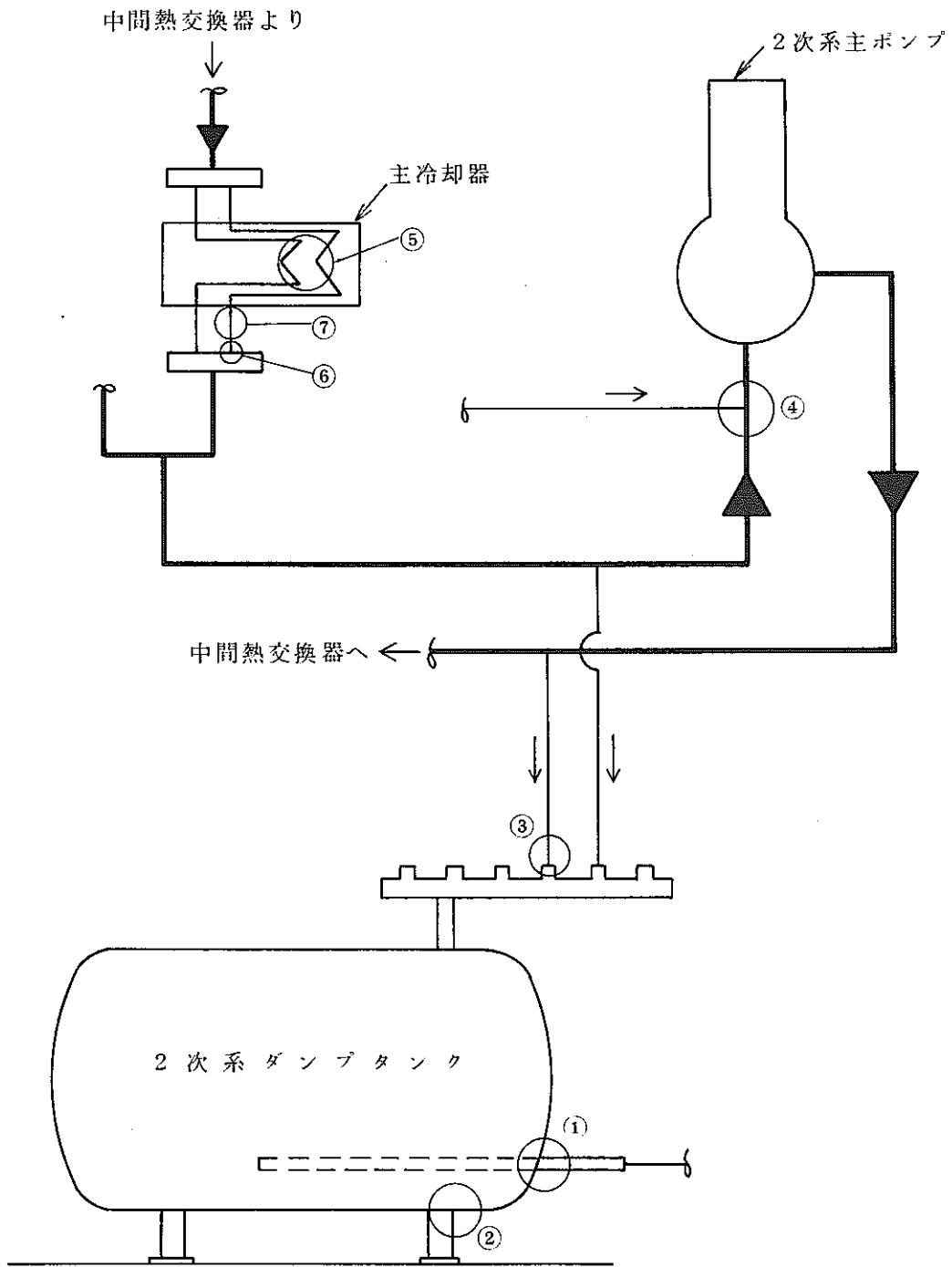
ドレンヘッドと膨脹タンクO/Fライン取合部、2次主ポンプ吸込ラインと純化系吸み上げライン取合部は、温度の異なるナトリウムが合流している箇所での健全性が懸念されていたが、溶接部は保温材により熱変位が発生しにくい構造となっており、熱変位が発生しても防振器により吸収されるため、その健全性は保たれていると考える。

今回の伝熱管非破壊結果から、伝熱管の健全性は保たれていると判断される。また、定検時における清掃の際、錆を含有した表面付着物（1A：37kg、2A：35kg、1B：25kg、2B：23.5kg）が採集されたが、これらが伝熱管表面から一様に採集されたと仮定して、伝熱管の減肉量を算出すると、1A：0.017mm、2A：0.016mm、1B：0.016mm、2B：0.011mmとなる。従って、これらの厚み分だけ去年の清掃作業後から減肉していることとなるが、実際の減肉がフィンの部分で著しく、管部においては少ないことを考えると、管全体としての健全性は保たれていると考える。

また、今非破壊検査においては、UT検査、RT検査、採集物による分析、全てにおいて設計肉厚2.0mmを満足していることが確認された。よって、伝熱管の健全性は保たれていると考える。

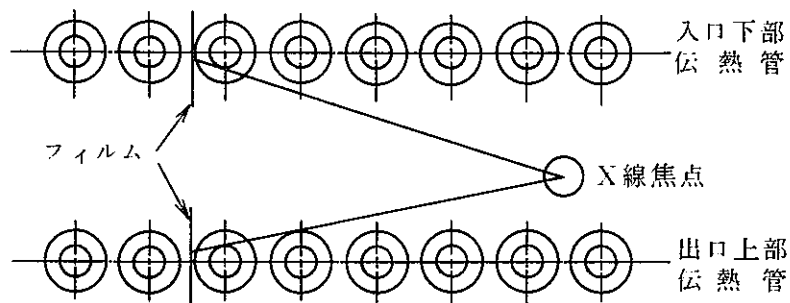
最後に、今定検において様々な箇所の非破壊検査を行い、その健全性を確認したが、今後も、熱応力等が発生しやすい箇所の非破壊検査を定検毎に実施し、常陽の安全運転に寄与したい。

(佐藤 光亮)

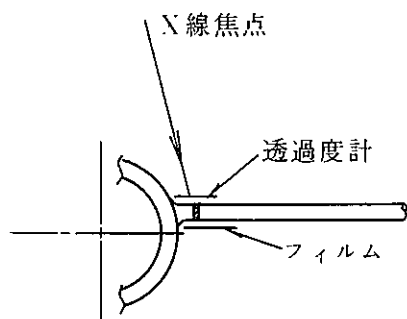


- ① ダンプタンク柱脚溶接部
- ② ダンプタンク内装ヒータ溶接部
- ③ ダンプタンクドレンヘッダと膨張タンクO/Fライン溶接部
- ④ 2次主ポンプ吸込ラインと純化系汲み上げライン溶接部
- ⑤ 主冷却器伝熱管：伝熱管フィン部
- ⑥ 主冷却器伝熱管：伝熱管ヘッダ溶接部
- ⑦ 主冷却器伝熱管：伝熱管直管部

Fig. 5. 4. 1 2次系ナトリウム設備非破壊検査箇所説明図



(1) 主冷却器伝熱管検査 フィン部RT検査



(2) 主冷却器伝熱管検査 ヘッド部RT検査

図 5.4.3 主冷却器伝熱管検査対象箇所説明図

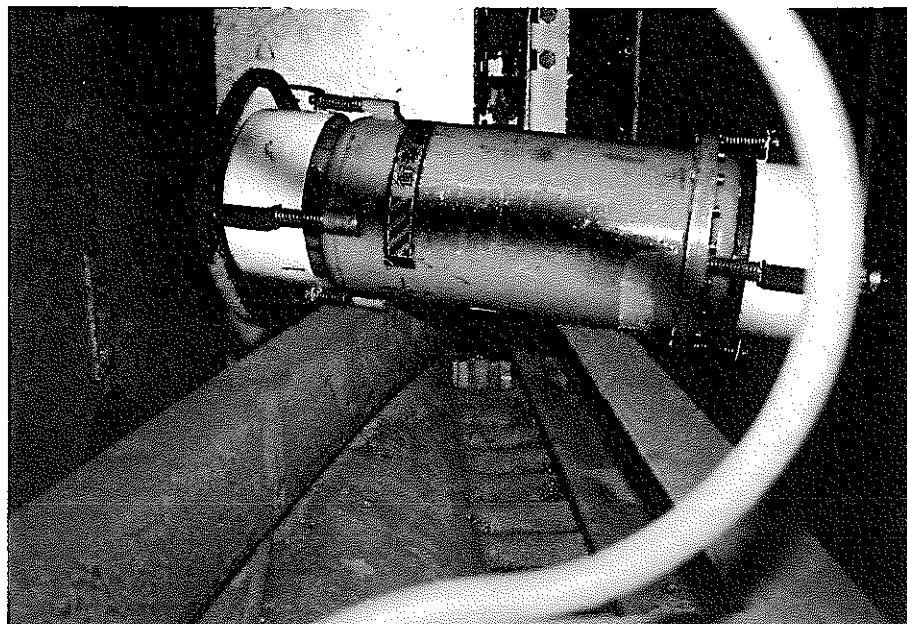
Table. 5.4.1 主冷却器伝熱管UT検査結果

測定箇所			平均肉厚 (mm)	測定箇所			平均肉厚 (mm)		
1 A	入口上部	ヘッダー側	2.3	2 A	入口上部	ヘッダー側	2.3		
		ベンド側	2.2			ベンド側	2.3		
	入口下部	ヘッダー側	2.3		入口下部	ヘッダー側	2.3		
		ベンド側	2.3			ベンド側	2.3		
	出口上部	ヘッダー側	2.4		出口上部	ヘッダー側	2.4		
		ベンド側	2.3			ベンド側	2.4		
	出口下部	ヘッダー側	2.4		出口下部	ヘッダー側	2.4		
		ベンド側	2.4			ベンド側	2.4		
	1 B	入口上部	ヘッダー側		2.3	2 B	入口上部	ヘッダー側	2.2
			ベンド側		2.3			ベンド側	2.3
		入口下部	ヘッダー側		2.4		入口下部	ヘッダー側	2.3
			ベンド側		2.4			ベンド側	2.2
出口上部		ヘッダー側	2.3	出口上部	ヘッダー側		2.3		
		ベンド側	2.4		ベンド側		2.3		
出口下部		ヘッダー側	2.3	出口下部	ヘッダー側		2.4		
		ベンド側	2.3		ベンド側		2.3		

平均 2.3mm

(1) 2次系空気冷却器伝熱管

2Bヘッダー部 出口上部 X線検査



(2) 2Bフィンチューブ 入口下部 X線検査



Photo. 5.4.1 主冷却器伝熱管X線検査

(2) 2次系空気冷却器伝熱管

2Bヘッダー部 出口上部 PT検査

(1) 浸透処理

(2) 現象処理

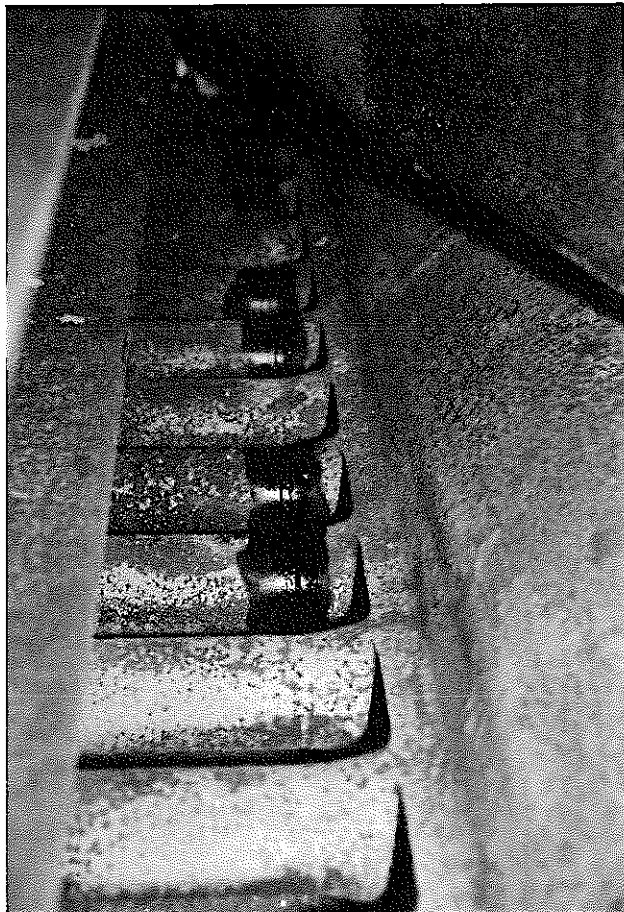


Photo. 5.4.2 主冷却器伝熱管PT検査結果

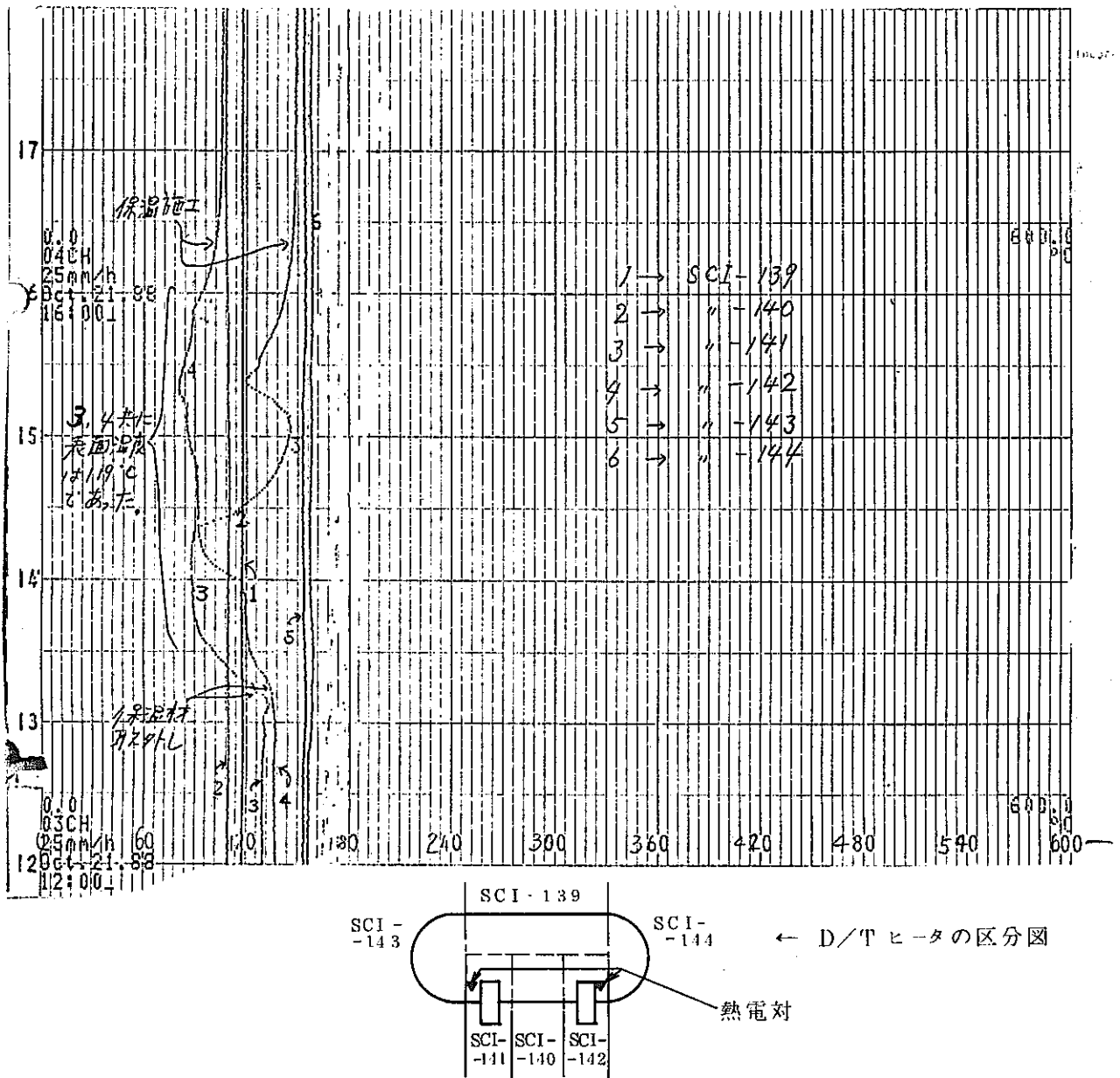


Fig. 5.4.4 2次系ナトリウム設備非破壊検査時のD/T各部の温度グラフ

5.5 制御棒駆動機構上部案内管交換作業

5.5.1 目的と作業概要

第7回定期点検の制御棒駆動機構（以下CRDMと略す）据付・調整作業時にラッチフインガの不具合が発生したため、制御棒駆動機構上部案内管（以下U. G. Tと略す）を交換した。

本作業は、炉上部ピット蓋に据付けた上部案内管取扱機（以下U. G. Tキャスクと略す）で、不具合の発生したCRDM-3のU. G. T（炉心アドレス:3C3）を引抜き、U. G. Tキャスク収納後メンテナンス建屋に搬出する作業と新U. G. Tを炉内機器取扱装置（以下、特性試験キャスクという）に収納後、炉上部ピット蓋に据付け延長管にて装荷する作業とからなる。メンテナンス建屋に搬出したU. G. Tは、高レベル機器洗浄槽に装荷して洗浄を行い、洗浄後メンテナンス建屋内固体廃棄物貯蔵プールに貯蔵する。

なお、今回の作業内容は、PNC N941 83-27の5.10 ACT-10 CRD上部案内管交換作業のFig. 5.10. 1(1)~(4)に記載されているので省略する。Fig. 5.5. 1にU. G. Tキャスクの概略図を、Fig. 5.5. 2に特性試験キャスクの概略図を示す。

5.5.2 作業実績

本作業は、U. G. Tキャスク及び特性試験キャスクの準備作業、U. G. Tの引抜・装荷作業、U. G. Tの洗浄・貯蔵作業、U. G. Tキャスク及び特性試験キャスクの整備・保管作業を含め昭和63年12月9日から昭和64年1月6日までの19日間を要した。

各作業の内訳は次の通りである。

(1) U. G. Tキャスク及び特性試験キャスク準備作業	3日間
(2) U. G. Tの引抜・装荷作業	13日間
(3) U. G. Tの洗浄・貯蔵作業	3日間
(4) U. G. Tキャスク及び特性試験キャスク整備・保管作業	4日間

上記(2)、(3)の作業は日程が非常に厳しかったため、装荷作業と洗浄・貯蔵作業を平行して行った。Table. 5.5. 1に実績工程表、Table. 5.5. 2にキャスク等漏洩率試験結果、Table. 5.5. 3にU. G. T交換作業記録を示す。

作業期間中のプラント状態及び作業前及び作業中の留意点は以下の通りとなる。

(1) プラント状態

- | | |
|-------------|---------|
| ① 炉容器内Naレベル | GL-7600 |
| ② 炉容器内Naレベル | 約200℃ |

ここで試験圧力は、シール装置が $0.5\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ 、その他は $0.4\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ 程度で行う事。

③ U. G. Tの引抜き及び新U. G. Tの装荷作業中は、キャスク上部より洗浄Arガスを炉内にブローダウン（流量約 $6.5\text{Nm}^3/\text{h}$ ）し、炉内カバーガスクラスク内に混入しない様にする事。

④ グリッパによるU. G. Tのつかみはなしの確認は、グリッパ単体にグリッパ操作装置を取付け操作装置駆動軸の回転数及び開度指示計の開度を確認（記録）しておく、それをもとにつかみ・はなしの判定を行う。

引抜き時、グリッパがハンドリングキャップ内に着地したかどうか、装荷時にU. G. Tが炉心上部機構に着地したかどうかは、延長管の実際の挿入寸法と設計値の挿入寸法を比較することにより判定を行う。この時、寸法と同時に 1.25ton ホイストのロードセルが荷重が0になることにより確認する。また、キャスクからブローダウンガスが流れることにより、引抜き時はU. G. Tの2重Oリング部が炉心上部機構から引抜かれたことが確認でき、装荷時は、ブローダウンガスが止まることにより、U. G. Tの2重Oリング部が炉心上部機構内に挿入されたことが確認できる。

⑤ U. G. T引抜き時は、炉上部ピット蓋より下はしゃへいがないため高線量となるので原子炉建屋地下1階、地下中1階及び炉上部への立入を禁止し、原子炉建屋1階への立入を制限する事。

5.5.3 今後の交換作業の作業性、安全性向上のための改造について

今後、CRDMの移設等に伴うキャスク等の改造について述べる。

(1) 下部ハウジング常設化に伴う改造

定検時、CRDMの分解点検のためにCRDMを炉上部より取外す際、現在はCRDMの下部ハウジングまで取外すがその状態ではスクラム検出コイルのMIケーブルを損傷する恐れがある。よって下部ハウジングを取外さないで、下部ハウジングにMIケーブルを巻付けて保護できる様な改造が必要である。ここで下部ハウジングを常設化した場合考えられる改造は、

① 延長管引上工具の短尺化：

現在の延長管引上工具では下部ハウジングを常設した場合、下部ハウジングの上に据付けできないため改造（据付可能短尺型）にする必要がある（Fig. 5.5.3参照）

② 下部案内筒（下）の新規製作：

下部ハウジングを常設した場合、U. G. Tキャスクの下部案内筒（下）の六角穴の大きさを下部ハウジングの付いた状態で交換できるように下部ハウジングの六角対辺194mmより大きくする必要がある。

また、下部ハウジングのフランジの六角対辺間距離194mmを192mm程度まで小さくしなければならない。また、下部案内筒（下）のフランジ部が下部ハウジングと干渉するためフランジ部を高くする必要がある。なお、この下部案内筒の製作は、INTA及びUPR等の交換作業時にU. G. Tキャスクで取扱うための対応事項があり、設計には諸条件を充分考慮する必要がある。なお、本改造は第8回定検で実施する予定である。

(2) INTAを設置したままU. G. Tを交換可能にするための改造

① INTA引上治具の新規製作

U. G. T交換作業には、回転プラグを回転させる必要がある。その時、INTA（炉心アドレス5F2）は試料部を炉心より引抜いた状態にする必要がある。燃料交換時にはINTAを引上げ保持させる治具を使用しているが、炉心アドレス3E3、3F3のU. G. T交換作業時は前述の治具では下部案内筒が干渉してしまうため使用できない。よって、U. G. T交換作業用の引上治具を新規製作する必要がある。U. G. T交換作業用の引上治具は従来の引上治具の下部案内筒フランジ部が干渉する部分を切欠いた形状のものであり、干渉部分の余裕、切欠き部の大きさ、H³の漏洩防止等を考慮して設計する必要がある。なお、本改造は第8回定検に実施する予定である。（Fig. 5.5.4参照）

② 超高真空ドアバルブの改造または、取付け位置の変更

前述①のINTA引上治具の改造を行っても、超高真空ドアバルブ（以下超高D/Vと略す）の取付け部分はINTAの外側延長管部と超高D/Vのフランジ部が干渉してしまうため超高D/Vのフランジ部を切欠く必要がある。

この場合、切欠いた部分のシール性及び取付け時のボルトの締付けに注意する必要がある。

また、超高D/Vを切欠かない方法として、取付け位置をINTA引上治具の上部に変更することが考えられるが、この場合、後に述べるNa除去装置の設計に影響してくる事を充分考慮する必要がある。

なお、本改造は第8回定検に実施する予定である。(Fig. 5.5.5 参照)

(3) 前述(1)、(2)の改造に伴う改造

① 新U. G. Tに取付けるCRDMの下部ハウジングの改造または新規製作

前述(1)のスクラム検出コイルのMIケーブルを保護する方法として、新U. G. TではU. G. T内部にMIケーブルを通す事により損傷を防ぐ様に対応した。この場合もケーブル保護のためCRDM下部ハウジングは常設しなければならず、また、CRDM下部ハウジングにケーブル貫通用孔を開けなければならない。

(Fig. 5.5.6 参照)

② ハンドリングキャップの新規製作

下部ハウジングを常設し下部案内筒を新規製作する場合、下部ハウジングごとU. G. Tを交換するためハンドリングキャップも新規製作する必要がある。新ハンドリングキャップは下部案内筒の六角穴部に掘ってあるセルフオリエンテーション用のキー溝に合う様に寸法を変更する。これは、INTA及びUPRも同様にU. G. Tキャスクを使って交換を行うのであるから、ハンドリングキャップのキーの大きさについて、INTA及びUPRに影響しないように考慮する必要がある。

また、前述①の下部ハウジングを新規製作する場合、下部ハウジングは常設となるのでU. G. Tに下部ハウジングを取付けた状態で装荷した方が、CRDMの据付・調整を行う時間を短縮でき、かつ、スクラム検出コイルの保護対策にもなる。この場合、現在使用しているハンドリングキャップと同じ長さにしなければ、超高D/Vと干渉するので注意する必要がある。(Fig. 5.5.7 参照)

(4) 交換作業時間の短縮を図るための改造

① キャスク全体リークテストの短縮を図るための改造

現在の交換作業では空気からArガスに置換した後16時間以上のリークテスト(以下L/Tと略す)を行っているが、実際の作業時はキャスクから炉内へ清浄Arガスをブローダウンしており、キャスク全体の漏洩率を厳密に管理する必要は無いと考えられる。ここで重要な部分は超高D/Vより下側であり、従って、超高D/Vより下側のL/Tを厳密に管理するかまたは、超高D/Vより下側を常時ブローダウンできる方法に改造すればよい。ここで、超高D/Vより下側のL/Tを行う場合でもブローダウンする場合でも改造方法は同じである。また、

この改造を行った場合キャスクのL/Tは簡易的な方法（パージメータの流量が停止することにより漏洩の有無を判断する等）か、短い時間（1hr程度）のL/Tに代替することができる。（Fig. 5.5.8参照）

② Na除去装置の新規製作

現在のNa除去装置はプラバック型で手作業によりNa除去を行っているため作業員の被ばく等が問題となる。このためNa除去装置を遠隔操作型にし、作業性と安全性の改善を図る必要がある。詳しくは次章の6.12「制御棒上部案内管交換時のNa除去方法の改善」で述べる。

(5) 交換作業時の作業性、安全性の向上について

① 引抜時のNaせん断装置の使用について

U. G. Tの地切り時Oリングの嵌合部分が固いため1.25tonのホイストでは荷重超過が発生する可能性が高い（Table. 5.5.3 引抜荷重参照）。よって、地切り時は既設のNaせん断装置を必ず使用する必要がある。これにより荷重超過が発生することなくU. G. Tを引抜くことができる。

② 高レベル機器洗浄槽への装荷時のNa酸化防止について

U. G. Tの高レベル機器洗浄槽への装荷作業時はグリッパを電動チェンブロックで下降させる。このとき、キャスク頂部はゴムパッキン及びベニヤを使用してシールしているが完全な密封状態ではないためU. G. Tに付着しているNaが酸化し洗浄しきれない場合がある。

よって、密閉型の電動ウィンチを製作または購入し、キャスクのシール性を向上させればNaの酸化を防止できる。（Fig. 5.5.9参照）

③ 固体廃棄物貯蔵プール装荷作業について

U. G. Tを固体廃棄物貯蔵プールへ装荷する場合、U. G. Tキャスクをプール台車上に据付けた後、U. G. Tをプール台車上に仮置きしてU. G. T吊り、キャスク下部に作業者が潜り込みハンドリングヘッド部の取外し作業を行うが、この作業は作業員の安全上問題がある。よって、台車の下部遮蔽体の中間（グリッパと吊り金具が台車上にのぞく程度）に仮置き台を設置しグリッパと吊り金具及びワイヤごと台車上に置いて、キャスク撤去後にハンドリングキャップの取り外し及びプール貯蔵用のアタッチメントの取付けを行う様に改善する必要がある。

（Fig. 5.5.10参照）

- ④ 高レベル機器洗浄槽及びプール台車上のU. G. Tキャスク据付け作業について
U. G. Tキャスクを高レベル機器洗浄槽（以下洗浄槽という）及びプール台車上に据付ける場合、ボルトで固定した後にワイヤで転倒防止の措置を行うが、既設設備（鉄骨等）を利用してワイヤを張っているため強度上問題がある。従って、専用の固定用金具の設置が望ましい。

尚、下部案内管交換作業時も同様に転倒防止を行うので共用できるよう考慮する必要がある。（Fig. 5. 5.11参照）

- ⑤ 格内1.25tonホイストの能力向上

U. G. Tを引抜く場合、(5)の①で述べたように荷重超過が発生する可能性があり、Naせん断装置を使用しなければならないが、1.25tonのホイストを2ton程度のホイストに交換すれば、Naせん断装置を使用しなくても引抜くことができる可能性が高くなり、作業時間の短縮化が図れる。（但し、Naせん断装置はバックアップのため取付け、準備しておかなければならない。）

但し、交換にあたっては、下部案内管交換時にも適切な荷重測定ができるよう荷重測定範囲を切換えられるようにする必要がある。

5.5.4 まとめ

今回のU. G. T交換作業は、緊急作業であり非常に厳しい工程であったが、2課全体で作業に取り組むとともに、関係各所の協力を得ることにより予定通りに作業を行うことができた。工程短縮のために新U. G. Tの装荷作業と旧U. G. Tの洗浄・貯蔵作業を平行して行うなどの工夫をしたが、前項で述べた改善を行うことにより、作業性及び安全性が向上し、効率の良い作業ができると考える。

今回得られた知見を反映し、次回の作業の効率化に努める。

（芦田 貴志）

Table. 5.5.1 実績工程表 (1/7)

作業項目	時間	実績																			
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21							
12月9日	1 第2倉庫より機材搬入																				
	2																				
	3																				
	4																				
	5																				
	6																				
	7																				
	8																				
	9																				
	10																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				
12月12日	1 第1倉庫より機材搬入																				
	2 各機材点検整備																				
	3 ①キャスク整備																				
	4 ②キャスク "																				
	5																				
	6																				
	7																				
	8																				
	9																				
	10																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				
12月13日	1 ①キャスク本体漏洩試験																				
	2 ②キャスク " "																				
	3 シール装置漏洩試験																				
	4 グリッパ一爪閉閉テスト																				
	5 付属機材点検整備																				
	6 格内使用機材搭載																				
	7																				
	8																				
	9																				
	10																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				

Table. 5.5.1 実績工程表 (2/7)

時間	実績													
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12月14日	作業項目													
	1 格内使用機材格内搬入													
	2 機器ビット架台取付													
	3 Na除去装置モックアップ													
	4 その他準備作業													
	5													
	6													
	7													
	8													
	9													
	10													
	11													
	12													
	13													
14														
12月15日	作業項目													
	1 (3C3) UGT廻り解体													
	2 H/C取付													
	3 下部案内筒(下)据付													
	4 " 漏洩試験													
	5 プラバック(B)取付													
	6 現場整理													
	7													
	8													
	9													
	10													
	11													
	12													
	13													
14														
12月17日	作業項目													
	1 機材搬入荷下し													
	2 高レベル洗浄槽洗浄前準備													
	3 ※ビット蓋搬入													
	4													
	5													
	6													
	7													
	8													
	9													
	10													
	11													
	12													
	13													
14														

Table. 5.5.1 実績工程表 (3/7)

作業項目	時間	実績																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21						
12月18日	1																			
	2																			
	3																			
	4																			
	5																			
	6																			
	7																			
	8																			
	9																			
	10																			
	11																			
	12																			
	13																			
	14																			
12月19日	1																			
	2																			
	3																			
	4																			
	5																			
	6																			
	7																			
	8																			
	9																			
	10																			
	11																			
	12																			
	13																			
	14																			
12月20日	1																			
	2																			
	3																			
	4																			
	5																			
	6																			
	7																			
	8																			
	9																			
	10																			
	11																			
	12																			
	13																			
	14																			

Table. 5.5.1 実績工程表 (4/7)

日	作業項目	時間																			
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21						
12月21日	1 延長管接続																				
	2 操作装置取付																				
	3 UGT、つかみ																				
	4 延長管引き上げ																				
	5 Arガス置換																				
	6 ベローズ切り離し																				
	7 支持パイプ(90°)取外																				
	8 ①キャスク撤去、M/Bへ																				
	9 支持パイプ(270°)取外																				
	10 アダプターフランジ取付																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				
12月22日	1 ①キャスク荷下し																				
	2 ②キャスク他機材R/Bへ																				
	3 ①キャスク洗浄槽へ搬付																				
	4 ②キャスク荷下し																				
	5 機器ピットへ新UGT装荷																				
	6 Na除去作業																				
	7																				
	8																				
	9																				
	10																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				
12月23日	1 ①キャスク起立据付																				
	2 " 機器ピット据付																				
	3 グリッパー組込																				
	4 電動巻上機セット																				
	5 新UGT収納																				
	6 落下防止、カバー取付																				
	7 洗浄槽よりVGT引き上げ																				
	8 VGTプール装荷																				
	9 ①キャスク撤去、転倒																				
	10																				
	11																				
	12																				
	13																				
	14																				

Table 5.5.1 実績工程表 (5/7)

作業項目	時間	実績																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21						
12月24日	1	特キャスク移動据付																		
	2	" センターリング																		
	3	ガス系接続																		
	4	Arガス置換、全体漏洩																		
	5	支持パイプ他、搬出																		
	6	特キャスク、除染、養生			M/B															
	7	G/P (シールド装置) 片付け							M/B											
	8	M-301整理								M/B										
	9																			
	10																			
	11																			
	12																			
	13																			
	14																			
12月25日	1	全体漏洩確認																		
	2	延長管接続																		
	3	UGT装荷																		
	4	UGT切り離し																		
	5	延長管引き上げ解体																		
	6	特キャスク、Arガス置換																		
	7	ベローズ切り離し																		
	8																			
	9																			
	10																			
	11																			
	12																			
	13																			
	14																			
12月26日	1	特キャスク撤去、M/Bへ																		
	2	アダプタフランジ等取外																		
	3	機器ビット架台取外																		
	4	各案内筒取外																		
	5	レール取外、機材上げ																		
	6	UGTボルト固定																		
	7	UGT据付面 L/T																		
	8	機材搭載 M/Bへ荷下し																		
	9																			
	10																			
	11																			
	12																			
	13																			
	14																			

Table. 5.5.1 実績工程表 (6 / 7)

作業項目	時間	実績													
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
12月27日															
1 ①キャスク用G/P分解															
2 " シール装置分解															
3 各案内筒類除染養生															
4 固定D/V等防錆養生															
5 支持パイプ等 " "															
6 カートン処理															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
12月28日															
1 プール台車上廻り															
2 高レベル洗浄槽復旧															
3 現場片付け															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
1月5日															
1 第2倉庫へ機材保管															
2 汚染物カートン処理															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															

Table. 5.5.1 実績工程表 (7/7)

作業項目	時間	実績																		
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21						
1 機材、第1倉庫へ保管																				
2 M-301片付け																				
3 汚染物カートン処理																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				

Table 5.5.2 キャスク等漏洩率試験結果

	測定日	試験開始時の圧力 P ₁ (Kg/cm ² G)	試験終了時の圧力 P ₂ (Kg/cm ² G)	容積 V(CC)	時間 t(sec)	大気圧 P ₀ (Kg/cm ² G)	試験開始時の圧力 T ₁ (°C)	試験終了時の圧力 T ₂ (°C)	絶対温度 T(°C)	判定値 (Acc/sec)	結果 (Acc/sec)	判定
U. G. T. キャスク本体 ※1	S63.12.13	0.541	0.544	315500	7200	1.033	9	9.8	273	1×10 ⁻¹ 以下	6.0×10 ⁻²	良
特性試験キャスク本体 ※1	S63.12.13	0.543	0.542	420000	7200		9.8	9.7		1×10 ⁻¹ 以下	2.41×10 ⁻²	良
U. G. T. キャスク全体 ※1 ※2	S63.12.21	0.346	0.354	505000	57600		18.2	18.6		1×10 ⁻¹ 以下	-4.85×10 ⁻²	良
特性試験キャスク全体 ※1 ※3	S63.12.25	0.350	0.339	423000	57600		20.8	19.9		1×10 ⁻¹ 以下	6.48×10 ⁻²	良
U. G. T. キャスクシールド装置 ※4	S63.12.13	0.528	0.512	1014	600		X			5 以下	2.65×10 ⁻²	良
特性試験キャスクシールド装置 ※4	S63.12.13	0.514	0.502	1014	600					5 以下	1.96×10 ⁻²	良
下部案内筒据付面 ※4	S63.12.15	0.340	0.339	400	600					1×10 ⁻³ 以下	6.45×10 ⁻⁴	良
U. G. T 据付面 ※4	S63.12.26	0.360	0.360	130	600					1×10 ⁻³ 以下	0	良

※1 計算式

$$Q = \frac{(P_1 \times \frac{T}{T+T_1} - P_2 \times \frac{T}{T+T_2})}{t} \times V \times \frac{1}{P_0}$$

※2 固定ドアバルブ及び案内筒類を含む

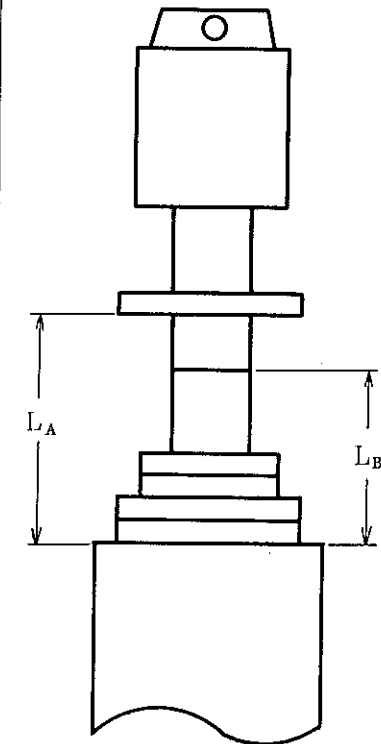
※3 超高ドアバルブ上面まで

※4 計算式 $Q = \frac{(P_1 - P_2)}{t} \times V \times \frac{1}{P_0}$

Table 5.5.3 U. G. T. 交換作業記録

No.	項目	制御棒 3	
		引 抜	装 荷
1	日 時		
2	炉心アドレス1	3C3	
3	大回転プラグ角度 (DEG)	215.39	215.39
4	小回転プラグ角度 (DEG)	58.73	58.73
5	グリップ挿入荷重 (kg) [高速]	—	930
6	” [低速]	—	910
7	全挿入寸法 L _A (mm)	359	499
8	” L _B (mm)	179	315
9	着地荷重 (kg)	(0)	(0)
10	グリップ引抜荷重 (kg) [高速]	970	—
11	” (kg) [低速]	950	—
12	グリップ駆動装置+グリップ+延張管 (3本) の引抜荷重 (kg)	約1300 ※1	—

1. 上部案内管自垂: 約 460kg
 2. 寸法図: 下図参照



(全挿入時)

※ Naせん断装置 (油圧ジャッキ) 使用
 Naせん断装置指示値 約800kg
 1.25ton ホイスト指示 約500kg

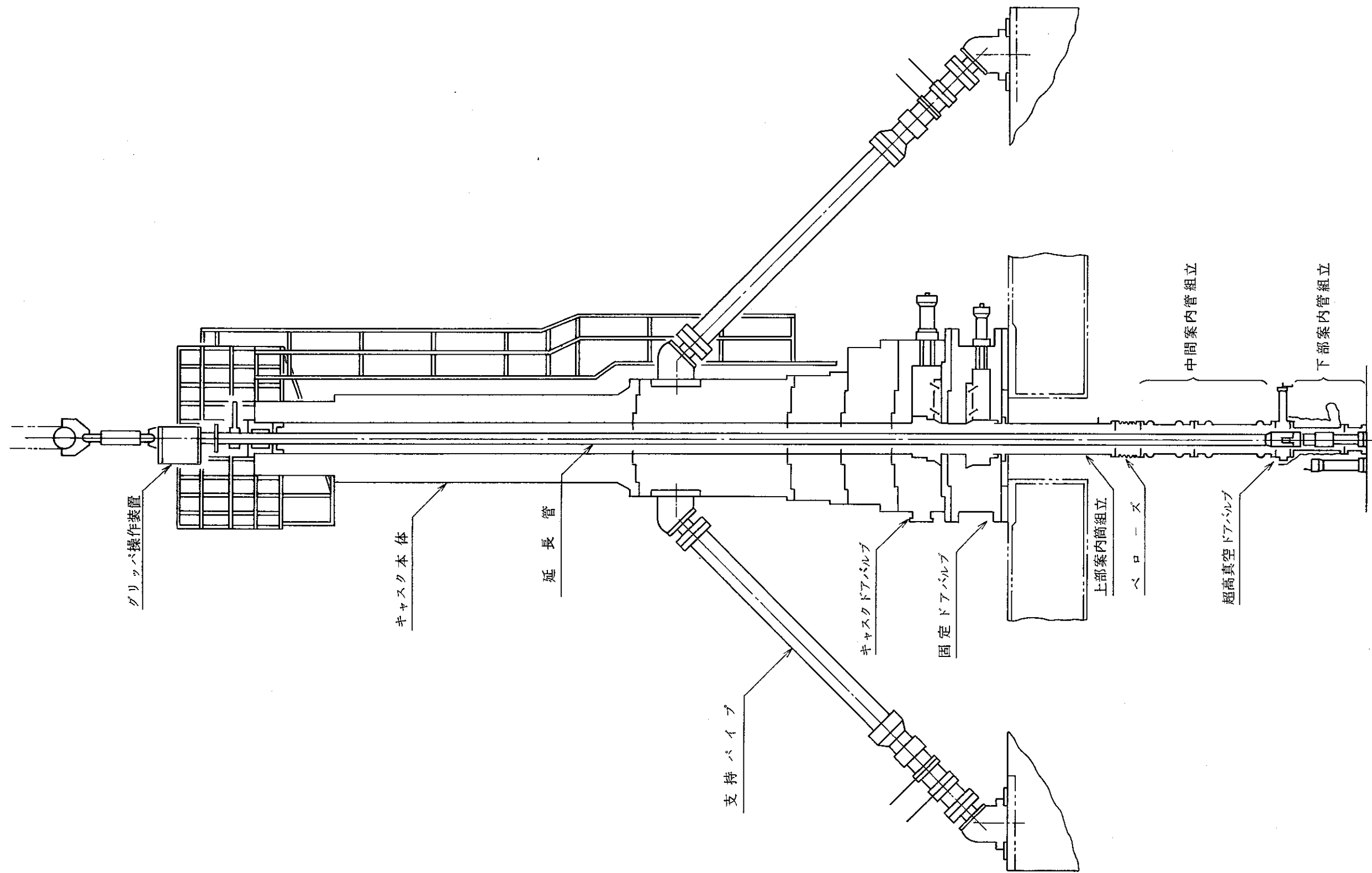


Fig. 5.5.1 UGTキャスク概略図

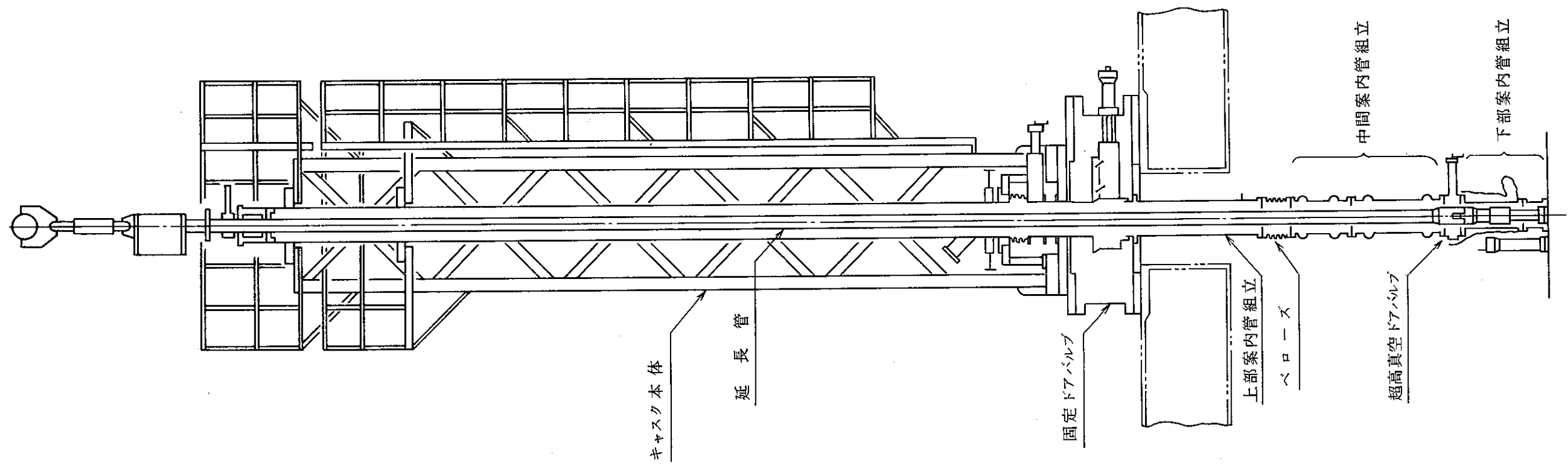


Fig. 5.5.2 特性試験キャスク概略図

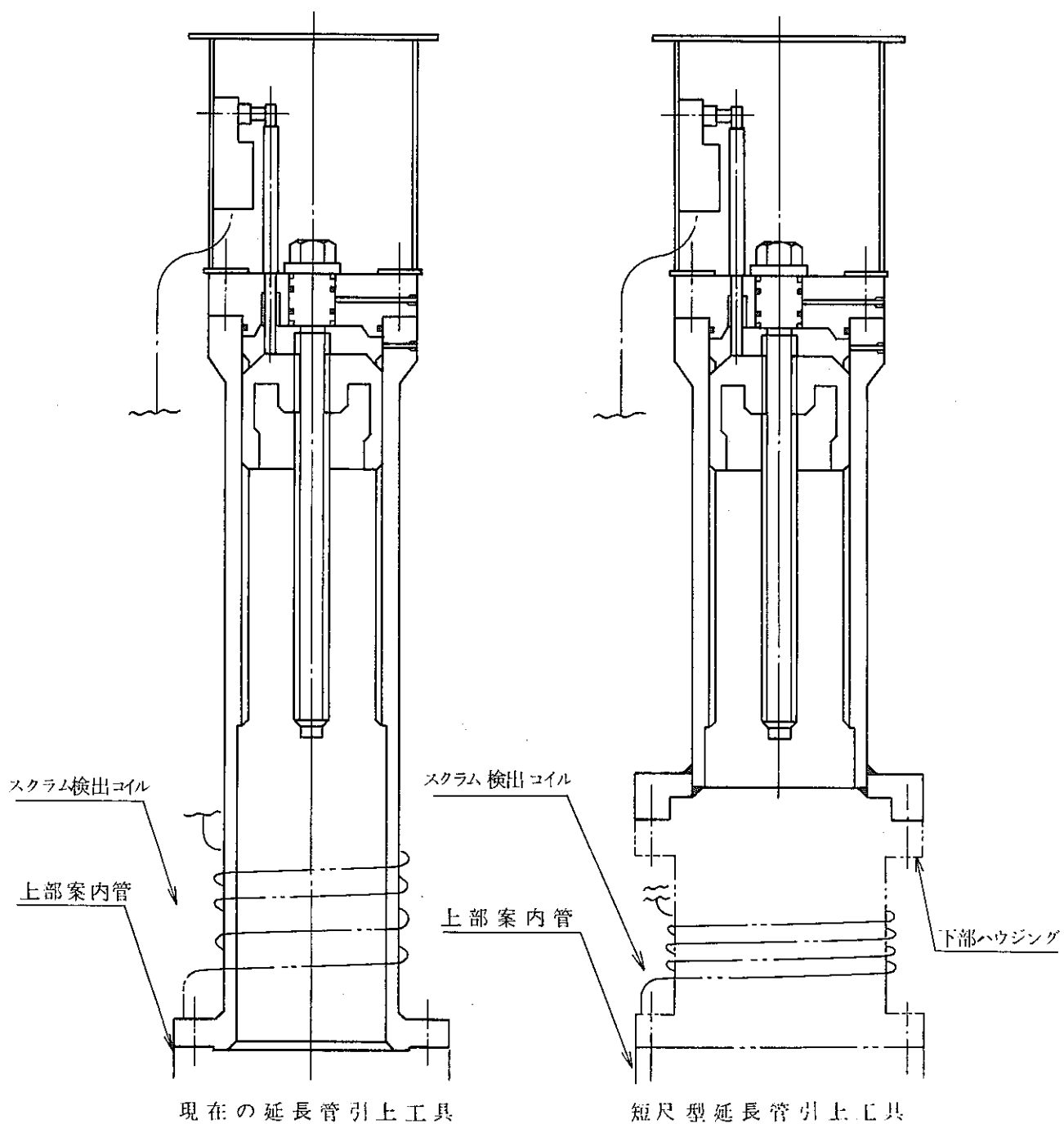


Fig. 5.5.3 短尺化した延長管引上工具の構造図

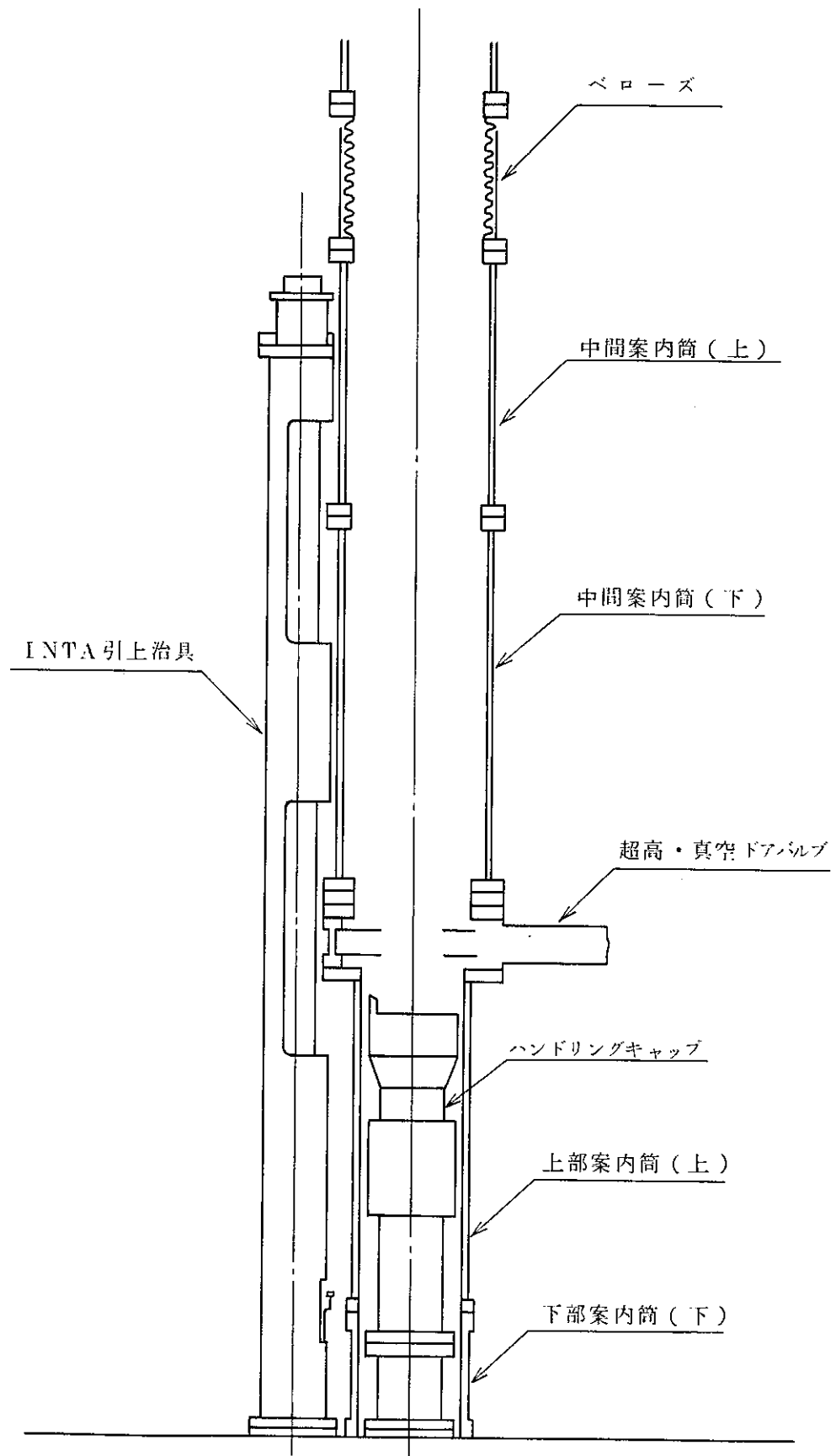


Fig. 5.5.4 UGT交換用INTA引上治具構造図

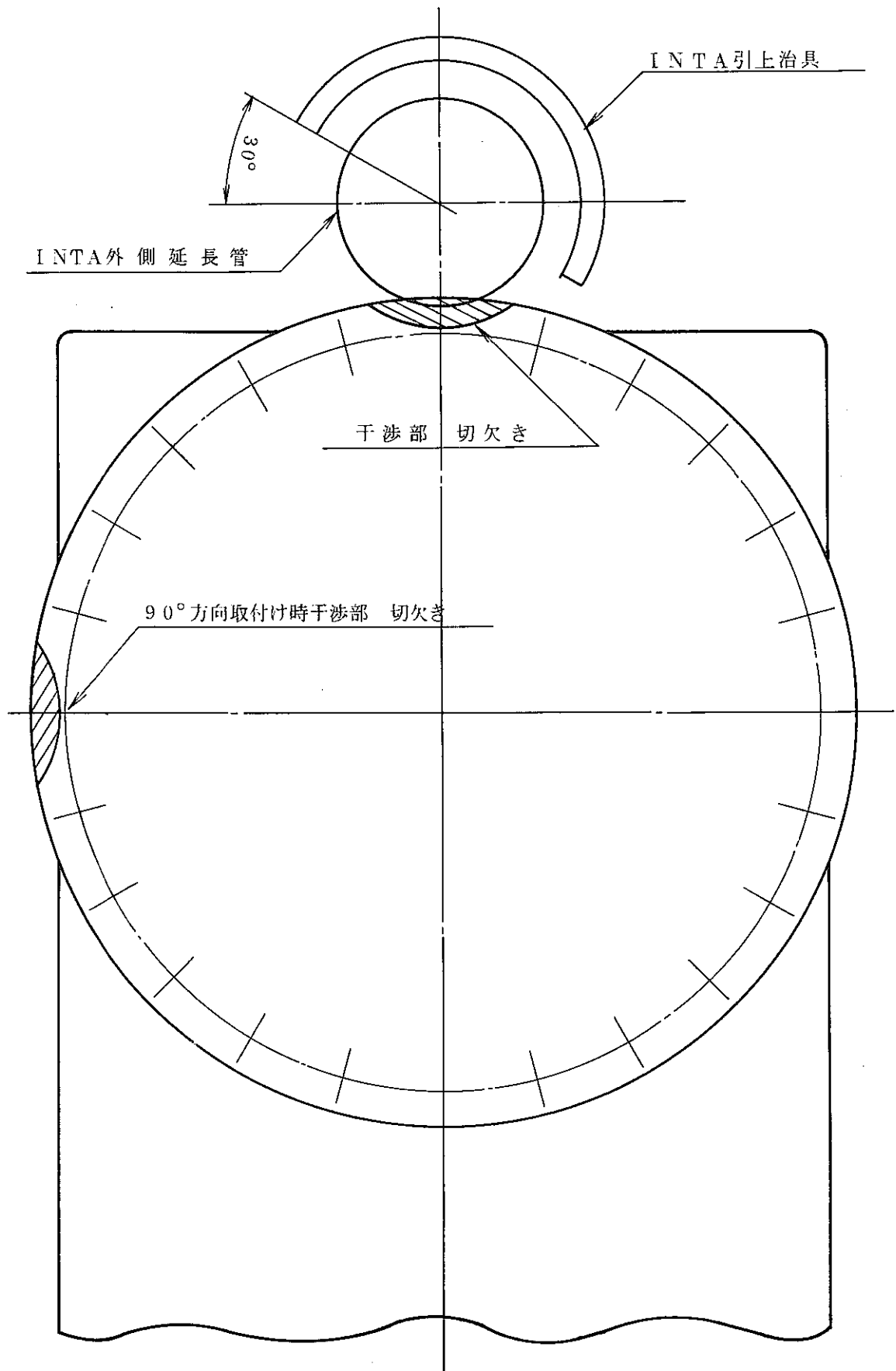
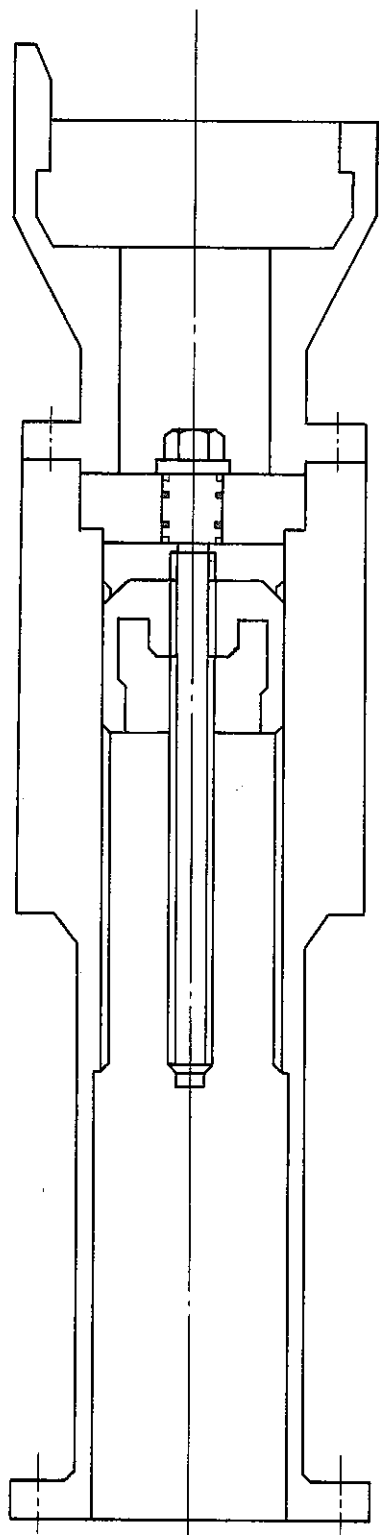
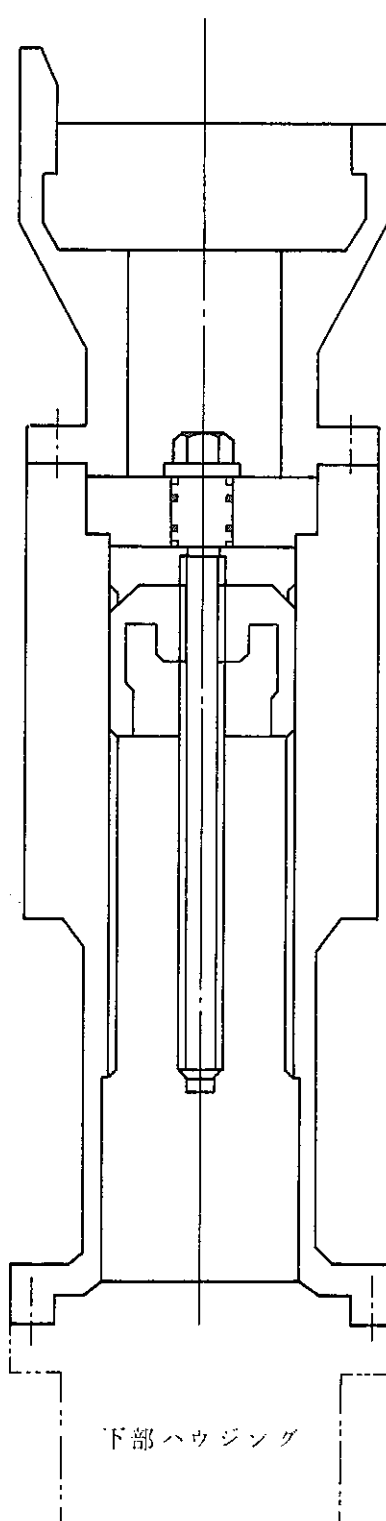


Fig. 5.5.5 超高真空ドアバルブの改造概略図

※下部ハウジングの上面に取付けるため
現在使用しているハンドリングキャップ
とフランジの位置が異なる。



現在使用している
ハンドリングキャップ



短尺型ハンドリングキャップ

Fig. 5.5.6 短尺化したハンドリングキャップの構造図

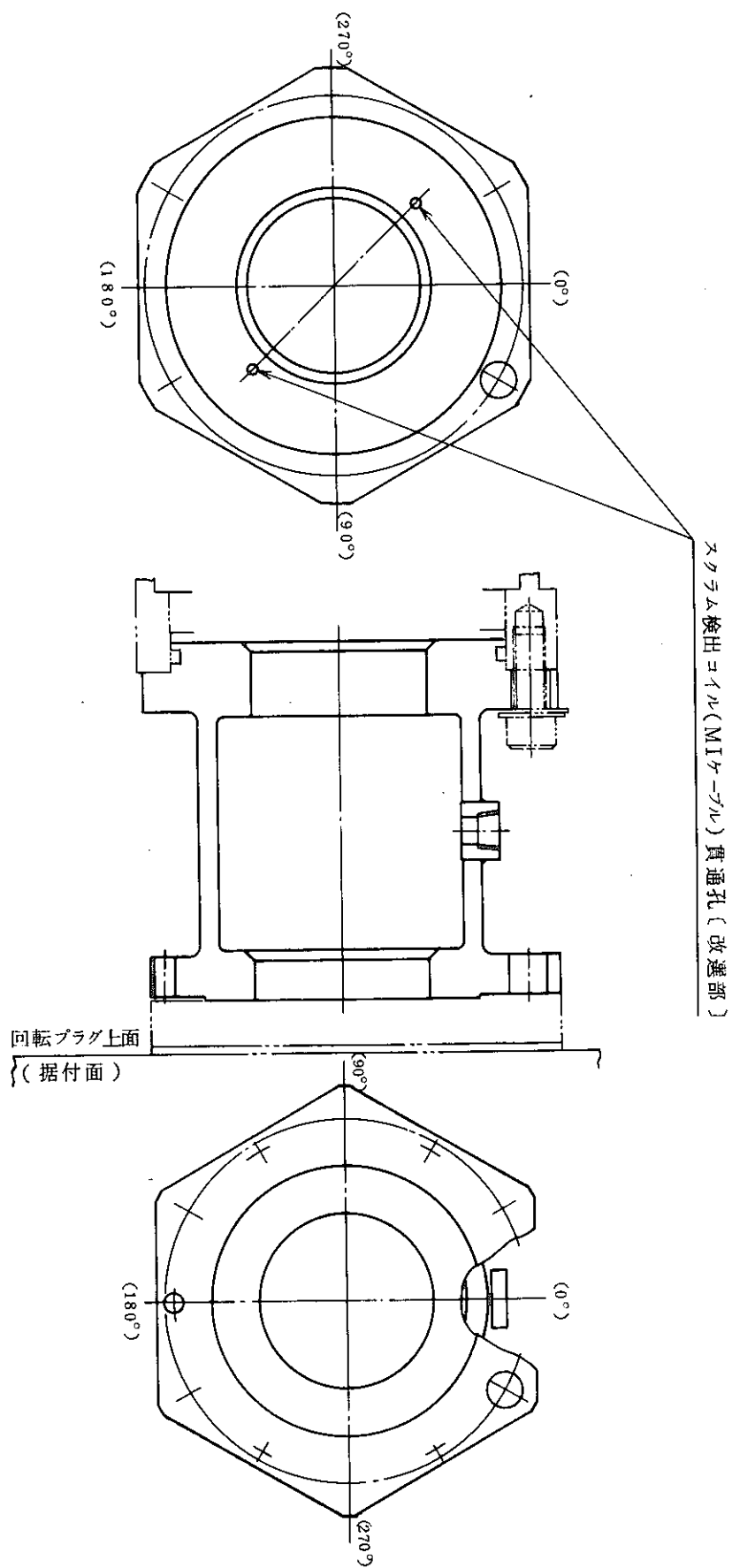


Fig. 5.5.7 CRDM下部ハウジングの改造

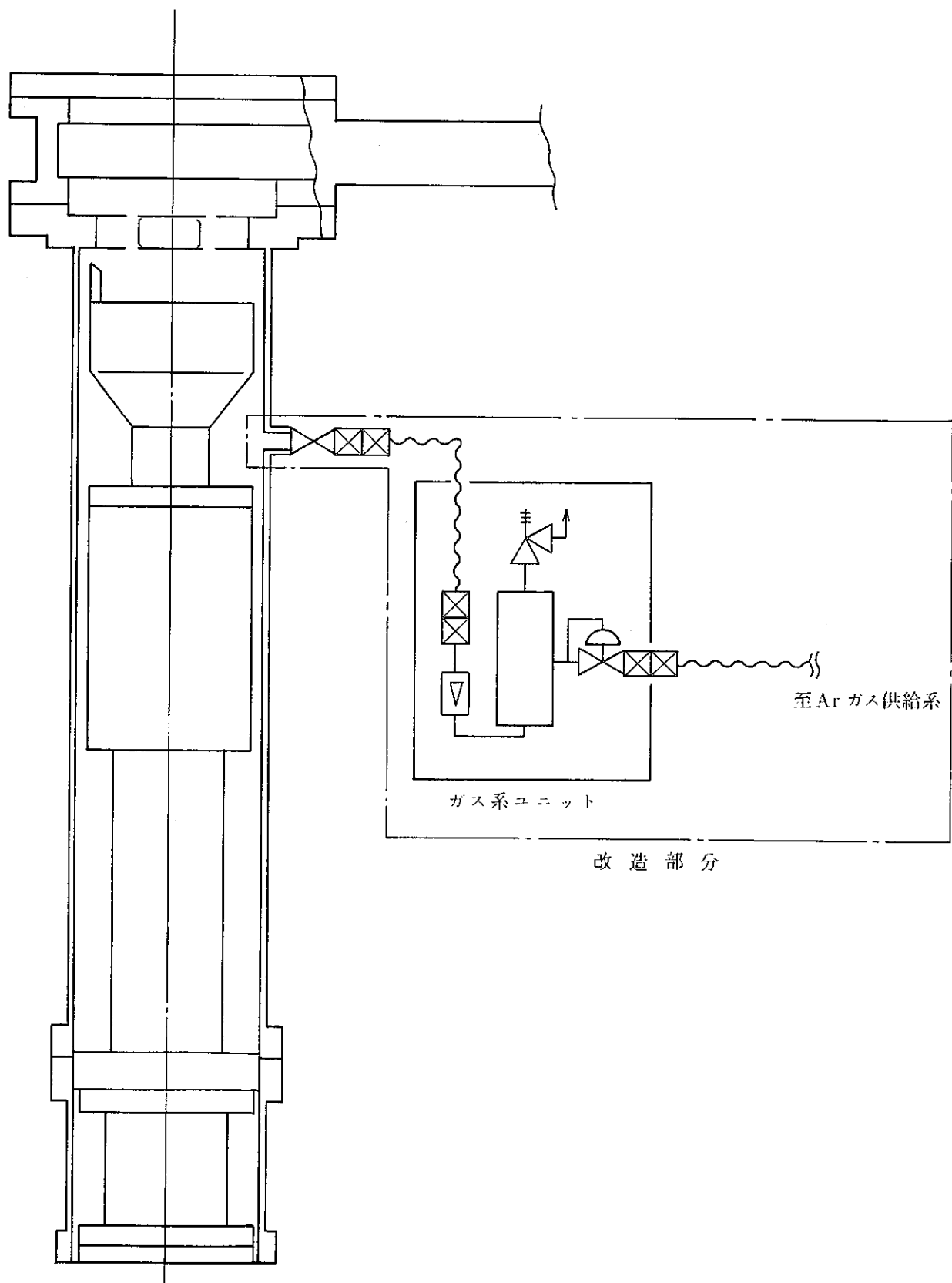


Fig. 5.5.8 UGT交換作業の短縮化を図る改造

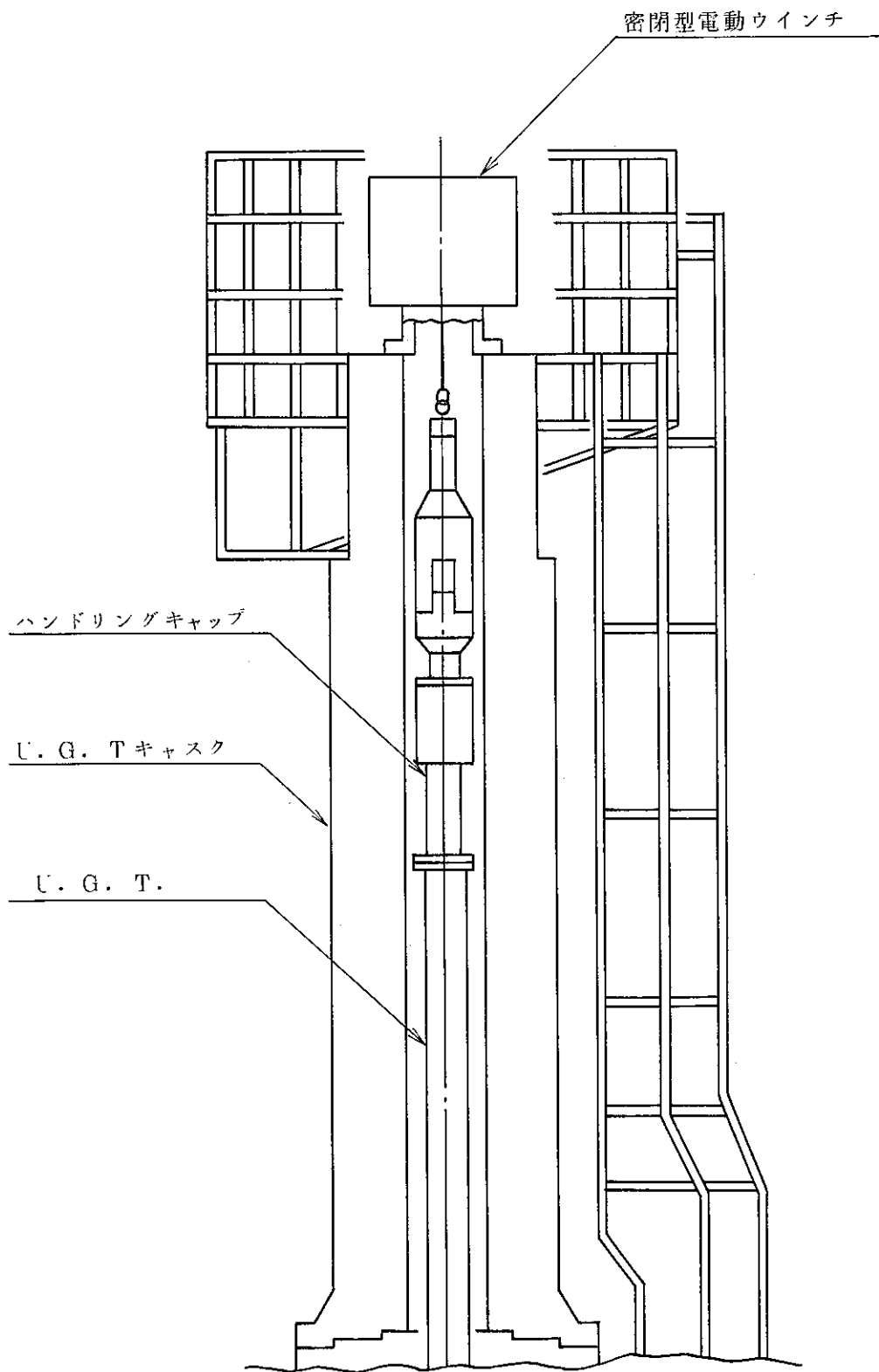


Fig. 5.5.9 UGTを高レベル機器洗浄槽へ装荷した時のシール性向上対策

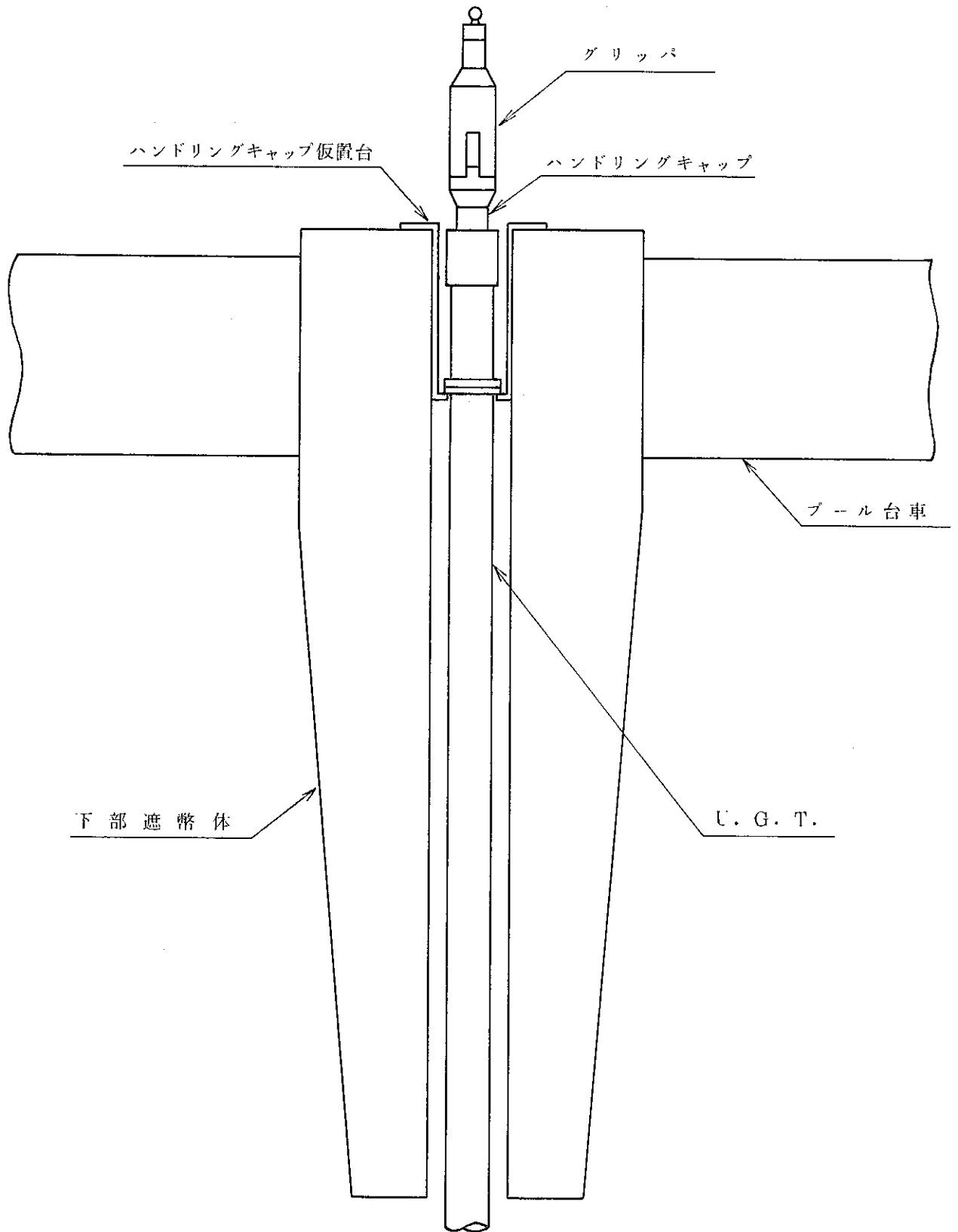


Fig. 5.5.10 プール台車上ハンドリングキャップ仮置台

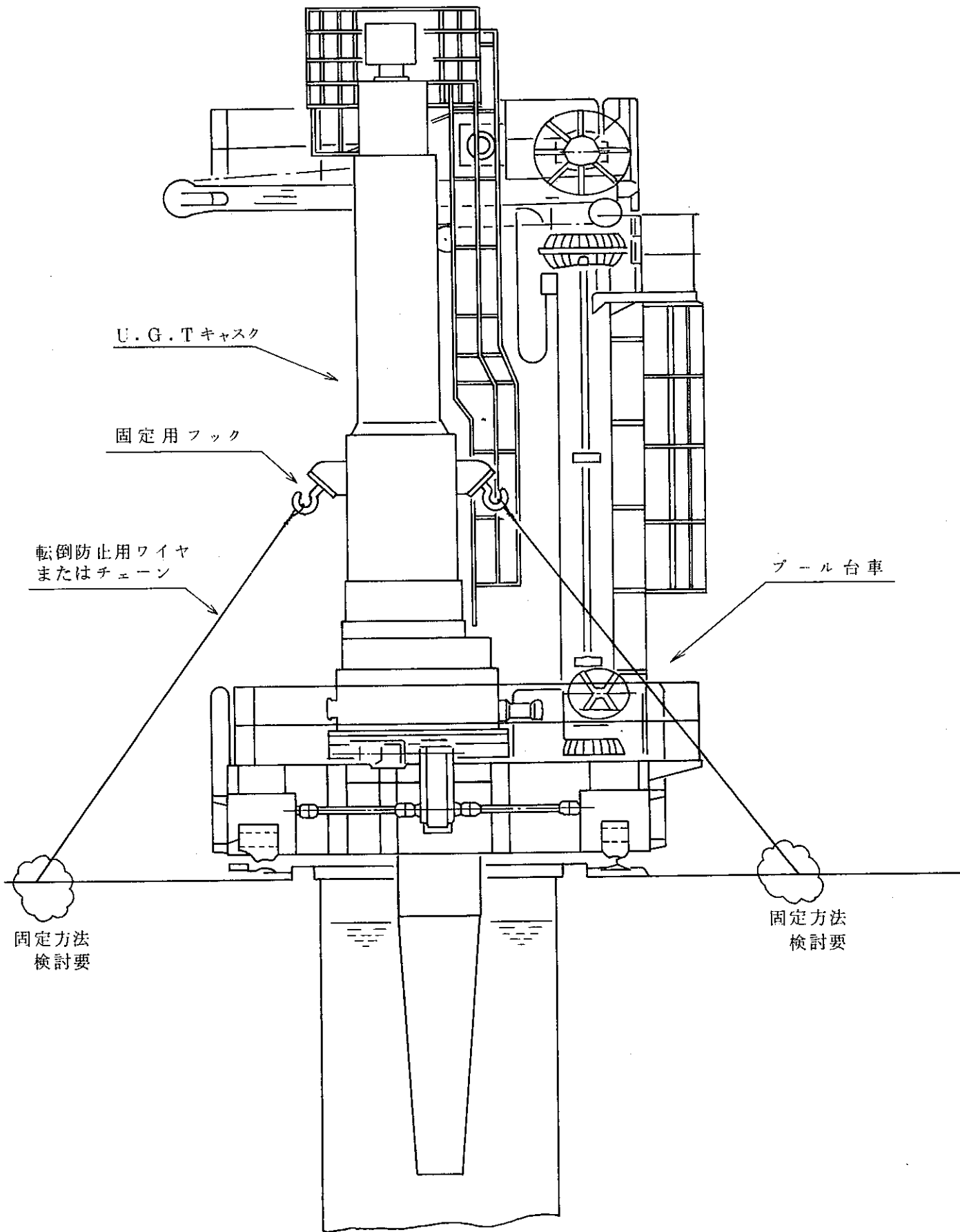


Fig. 5.5.11 UGTキャスク転倒防止対策概略図

5.6 フレオン冷凍機及びフレオン冷媒系の点検

5.6.1 設備の概要

格納容器雰囲気調整系は、常時空気雰囲気である床上区域と原子炉運転中は窒素雰囲気となる床下区域の調整系に分けられる。床下区域には原子炉容器、IHX、1次系主配管等の主要機器が設置されており、これらの機器からの発熱による温度上昇を防ぐため雰囲気を冷却する必要がある。本系統はこれらの区域に必要な冷却設備として、原子炉付属建家内にフロンガスを冷媒としたフレオン冷凍機、冷媒ポンプ及びこれらの運転制御機器等が設置されている。また、原子炉格納容器内には再循環空調機、回転プラグ冷却器、主ポンプ上蓋室冷却器等が設置されており、これらの機器には付属機器として膨張弁、ストレーナ、圧力計等が設けられている。フレオン冷凍機で冷却された冷媒は、冷媒ポンプによりこれらの冷却器に供給されるように構成されている。本系統の定期点検は原子炉付属建家のフレオン冷凍機廻りと原子炉格納容器内の各冷却器とに分け、それぞれフレオン冷凍機およびフレオン冷媒系の点検として実施している。

以下にこれらの点検結果について述べる。

5.6.2 フレオン冷凍機の点検

(1) 点検対象機器

- ① フレオン冷凍機 A、B号機
- ② 冷媒ポンプ A、B、C号機
- ③ 保安計器（温度、圧力スイッチ）

(2) 点検内容

① フレオン冷凍機 A、B号機

(i) 主電動機

目視点検、軸受交換、グリス交換、ワニス材塗布、絶縁抵抗検査、巻線抵抗検査、電動機単体試験

(ii) 圧縮機

目視点検、インペラPT検査、サクシオンベーン作動検査

(iii) 増速機

目視点検、メカニカルシール交換（A号機のみ）

(iv) 潤滑油装置

目視点検、油ストレーナ交換、潤滑油交換、油ヒータ絶縁抵抗検査、油タンク清掃、系統フラッシング

(v) KOドラム

目視点検、清掃

(vi) フロート室

目視点検、清掃、フロート弁作動検査

② 冷媒ポンプ A、B、C号機

目視点検、カーボン軸受交換、スラストカラー交換、スリーブ交換、絶縁抵抗検査、巻線抵抗検査、ローターおよびインペラバランス調整

③ 保安計器

温度、圧力スイッチ校正、制御回路絶縁抵抗検査

(3) 点検結果

① フレオン冷凍機 A、B号機

(i) 主電動機

イ. ステータコイル

表面にワニス材の塗布を行った。

破損、変形、剝離等は認められなかった。また、絶縁抵抗および巻線抵抗検査の結果は次に示す通りであり異常は認められなかった。

検査 号機	絶縁抵抗検査 (対地間3相供) 1000Vメガー使用	巻線抵抗検査 ダブルブリッジ使用		
		U-X	V-Y	W-Z
A号機 (室温24.5℃)	2000MΩ以上	1.640Ω	1.645Ω	1.645Ω
B号機 (室温28.0℃)	2000MΩ以上	1.640Ω	1.640Ω	1.640Ω

ロ. ローター・軸受

破損、変形、摩耗等は認められなかった。軸受はローター開放に伴い交換した。

(ii) 圧縮機

イ. ケーシング

変形、腐食、亀裂等は認められなかった。

ロ. インペラ

B号機インペラ先端部にドレンアタックによる浸食が認められたため予備品と交換した。その他は、変形、腐食、接触傷等は認められなかった。また、PT検査の結果も良好であった。

ハ. サクションペーン

破損、変形、接触傷等は認められなかった。また作動検査の結果も良好であった。

(iii) 増速機

A号機メカニカルシールのカーボン面に幅約1mm、深さ約0.5mm程度の破損が1箇所認められた。尚、同メカニカルシールはカーボンの材質を従来の含有カーボンよりも耐熱性が優れている無含浸カーボンに変更した（B号機は昭和63年7月に交換済である）。その他の増速歯車、メタル軸受、ラビリンスリング等は破損、変形、摩耗等認められなかった。

(iv) 潤滑装置

イ. 油ポンプ

破損、変形、亀裂等は認められなかった。また、絶縁抵抗検査および巻線抵抗検査の結果は次に示す通りであり異常は認められなかった。

検査 号機	絶縁抵抗検査 (対地間3相供) 500Vメガー使用	巻線抵抗検査 ダブルブリッジ使用		
		U-V	U-W	V-W
A号機 (室温24.5℃)	1000MΩ以上	4.120Ω	4.150Ω	4.155Ω
B号機 (室温28.0℃)	1000MΩ以上	4.337Ω	4.336Ω	4.308Ω

ロ. 油タンク

油タンク開放時に底部に鉄粉、鉄錆等が若干認められた。清掃後目視にて点検した結果、変形、腐食、亀裂等は認められなかった。尚、復旧時にフラッシングを行った後、新油を充填した。

ハ. 油ヒータ

変形、腐食、油漏れ等は認められなかったがヒータ表面にカーボンが付着していた。

清掃後、絶縁抵抗検査を実施した結果、A号機が30M Ω 、B号機が150Mであり異常がないことを確認した。

二、油ストレーナ

鉄粉および鉄錆による目詰まりが部分的に認められた。この目詰まりはこれまでの点検時と同じようなものであった。油ストレーナ分解に伴いストレーナエレメントを交換した。尚、今回交換したエレメントの仕様はメカニカルシール健全性確保のため、これまでの20 μ mメッシュから10 μ mメッシュとした。

(v) KOドラム

底部に若干の鉄錆が認められたため清掃した。尚、これは例年と同じようなものであり特に問題となるようなものではない。また、その他変形、腐食、亀裂等は認められなかった。

(vi) フロート室

室内に若干の発錆が認められたため清掃した。尚、これは例年と同じようなものであり特に問題となるようなものではない。その他、変形、腐食、亀裂等は認められなかった。また、フロート弁の作動検査を行った結果良好であった。

② 冷媒ポンプ A、B、C号機

(i) ケーシング

変形、亀裂、接触傷等は認められなかった。

(ii) カーボン軸受

破損、変形等は認められなかった。分解に伴い、スラストカラー、スリーブを含め全て交換した。

(iii) インペラ、ローター、およびローター軸

破損、変形、接触傷等は認められなかった。尚、インペラとローターを組んだ状態でバランス調整を実施した。

(iv) ステータコイル

破損、変形、接触傷は認められなかった。また、絶縁抵抗検査および巻線抵抗検査の結果は次に示す通りであり異常は認められなかった。

検査 号機	絶縁抵抗検査 (対地間3相供) 500Vメガー使用	巻線抵抗検査 ダブルブリッジ使用		
		U-V	U-W	V-W
A号機 (室温24.5℃)	1000MΩ以上	0.385Ω	0.385Ω	0.385Ω
B号機 (室温28.0℃)	1000MΩ以上	0.390Ω	0.390Ω	0.390Ω
C号機 (室温28.0℃)	1000MΩ以上	0.389Ω	0.390Ω	0.389Ω

③ 保安計器

(i) 温度、圧力スイッチの設定値校正

次に示す通り温度、圧力スイッチの設定値の校正を実施し正常に作動することを確認した。

項目	Tag. No.	設定値	校正前		校正後	
			A号機	B号機	A号機	B号機
蒸発冷媒圧力	LPS-1	-520mmHg	-525.2	-521.7	-519.5	-519.7
	LPS-2	-510mmHg	-515.2	518.6	-510.6	-509.3
凝縮冷媒圧力	HPS-1	1.00Kg/cm ²	1.051	1.009	0.997	-
	HPS-2	0.95Kg/cm ²	0.954	0.960	0.944	-
潤滑油圧力	OPS-1	0.30Kg/cm ²	0.320	0.324	0.294	0.300
	OPS-2	0.40Kg/cm ²	0.393	0.377	0.407	0.395
潤滑油温度	OTS-1	ON 70℃	70.2	71.5	-	-
		ON 65℃	65.0	66.1	-	-
油ヒータ	OTS-2	ON 55℃	55.7	57.2	-	55.6
		ON 60℃	60.5	60.5	-	59.0
抽気回収弁	PPS	ON 0.45Kg/cm ²	0.530	0.489	0.454	0.455
		OFF 0.20Kg/cm ²	0.226	0.235	0.200	0.197

注) -については校正前のデータを採用し校正は実施しなかった。

(ii) 制御回路の絶縁抵抗検査

制御回路の絶縁抵抗検査をおこなった結果、A号機が30M Ω 、B号機が70M Ω であり異常がないことを確認した。

④ その他

フロン冷凍機および冷媒ポンプの各フランジのボルト、ナットが長期間の使用で錆によりネジ部に減肉が認められた。このため、次に示す箇所のボルト、ナットを交換した。

(i) フロン冷凍機 A、B号機

- ・吸入管のフランジ部
- ・吐出管のフランジ部
- ・フロート室のフランジ部
- ・潤滑油配管のフランジ部

(ii) 冷媒系ポンプ A、B、C号機

- ・吸入管のフランジ部
- ・吐出管のフランジ部
- ・冷却用冷媒配管のフランジ部

(4) 試験、検査

① 加圧試験

分解点検終了後、フロン冷凍機および冷媒ポンプを隔離し内部を窒素ガスにて1.0kg/cm²に加圧しフランジ、弁のグランド、各接続部等からの漏洩がないことを石けん水にて確認した。また、30分間放置後圧力降下がないことを確認した。

② 真空試験

①の加圧試験終了後、同内部を-758mmHgに引き、12時間放置後圧力上昇が2 mmHg以内であることを確認した。

③ 試運転

フロン冷凍機および冷媒ポンプの試運転を行い各温度、圧力、液面、振動等全て許容値内であり正常に運転されることを確認した。

(5) KOドラムの保温材交換工事

KOドラムおよび圧縮機の吸入管、吐出管の保温材が長期間の使用により損傷が多く認められていたため、今点検において本保温材の交換を行った。詳細は以下に示す。

① 既設保温材の撤去

保温材モルブレン（発泡スチロール系）を撤去し、スクレッパー、ワイヤーブラシ等により付着物を除去し表面仕上げを行った。

② 錆止め塗装

錆止め塗装2回塗りを行った。

③ 保温材取付

既設品同様モルブレン（厚さ8mm）を3枚重ねて両面シールにて取付けた。

④ 保温材上塗り

既設と同色（マンセル値10G5/2）の塗装を行った。

(6) 考 察

① フレオン冷凍機のインペラについて

本インペラは、定検毎にドレンアタックによる浸食の進行が認められており、今定検でもインペラ先端部の浸食が認められた。特にB号機インペラに約3mmの浸食が認められた。尚、A号機インペラの浸食は約1mmであった。

また、これまで使用していたインペラ（A、B号機共）は第5回定検に交換されたものであり、第6回定検の結果でもインペラの浸食が認められており程度としてはB号機インペラが大きく、今定検での交換が望ましいとされていた。このため、B号機インペラは新たに予備品と交換した。尚、A号機インペラは浸食の程度が小さくインペラ出口部隙間検査、PT検査等の結果も正常であったため再使用した。

インペラの過去の交換実績は初臨界以降S.54年およびS.60年にA、B号機共に交換している。原因はいずれの場合も今回と同様ドレンアタックによる浸食であった。

尚、今後のインペラの交換については、3年程度を目安とすることが望ましいが、ドレンアタックによる浸食の進行度合い、出口部隙間検査、PT検査等の結果により判断すれば良いと思う。

インペラのドレンアタックによる浸食の進行を押さえるためにはインペラが吸込む冷媒ガスの乾き度が高い方が良いためKOドラムの液面を低目（液面0cm程度）で運転すること、およびKOドラムへの冷媒の液バックを避けるため負荷に応じて当冷媒系各冷却器の膨張弁の調整を行うこと等に注意して運転を維持することが望ましい。

② 冷媒ポンプのバランス調整について

冷媒ポンプは初臨界以降約12年を経過しており、近年は同ポンプの振動が高くなっ

てきている。特に第6回定検終了後の試運転においては同ポンプA号機の振動が最大 $40\mu\text{m}^{\text{p-p}}$ あり、若干高いと判断し、健全であるC号機（予備機）と入れ替えて運転していた。

このように振動が高くなってきた原因としては、長期運転によりインペラおよびロータに摩耗等が生じ、これらのバランスが崩れたものと推定される。

このため、今点検時に同ポンプA、B、Cの3台全てについてインペラとロータを組んだ状態でメーカ工場にてバランス調整をおこなった。尚、今回実施したバランス調整の基準は同ポンプの製作時と同様にJISで定める「回転機器のつり合い良さ」（JIS B0905）のG2.5級とした。この結果、同ポンプの最大の振動はA号機 $25\mu\text{m}^{\text{p-p}}$ 、B号機 $25\mu\text{m}^{\text{p-p}}$ 、C号 $20\mu\text{m}^{\text{p-p}}$ となった。

③ メカニカルシールについて

これまでのメカニカルシールのカーボンは、含有カーボンを使用しており、定検毎にカーボン面に小さい破損が認められていた。特にS.62年9月にA号機メカニカルシール、また、S.63年3月にはB号機メカニカルシールからの潤滑油漏洩量が規定量を遙かに上回り、フロン冷凍機の運転に支障を来す不具合が発生した。これらの原因は含有カーボンにおいて摺動面に熱が発生し含浸した樹脂の膨張の影響でカーボン表面に盛り上がり（プリスタ現象）が生じ破損したものと推定されている。尚、このときのカーボン表面の現象は顕微鏡で確認されている。このため、カーボンの材質をカーボン表面のプリスタ現象に対し優れた特性を持つ無含浸カーボンに変更した。また、メカニカルシール健全性確保の観点より潤滑油系統の油ストレーナエレメントをこれまでの $20\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ 変更した。本点検でこれらの変更を実施したのはA号機であり、B号機は既にS.63年7月に実施している。尚、B号機メカニカルシールはS.63年7月以降約7ヶ月間運転してきたがこれまでは異常な潤滑油漏洩等は認められていない。

④ 定検におけるフロン冷凍機の点検時期について

フロン冷凍機は、従来定検開始直後、直ちに点検を開始しA、B号機をシリーズに実施しておりこの間に冷媒系の点検も合わせて実施していた。しかしながら、今回は契約上の事情等により1基を従来と同様の定検初期に、残りの1基を定検中盤以降に実施した。このように、冷凍機間の隔離が完全にできる状態であれば、1基を運転しながら時期をずらして残りの1基の点検を行うということは充分可能であることが

実証できた。今後、点検上の制約がある場合などは今回のような点検方法も充分可能である。しかし、本冷凍機点検の効率（契約、工程立案、作業効率化等）を考えると従来と同様の定検初期に行うことが得策である。

5.6.3 フレオン冷媒系の点検

(1) 点検内容

① 点検対象機器

- | | |
|-------------------------|-----|
| (i) 再循環冷却器 (A、B) | 2 台 |
| (ii) 主循環ポンプ上蓋室冷却器 (A、B) | 2 台 |
| (iii) 回転プラグ冷却器 | 1 台 |

② 点検方法

上記 (i) ~ (iii) の各機器の弁、ストレーナの分解点検・清掃、圧力計の校正及び格納容器内側冷媒配管全体の漏洩試験を行った。また、再循環冷却器 A、B のそれぞれについて配管の錆による腐食状態を調べるため、X線による写真撮影及び超音波厚み計による厚み測定を行った。

(2) 点検結果

① 弁

今回点検を行った弁は手動弁 (20台) 及び電磁弁 (2台) の22台である。これらの弁のうち補修を行ったものおよび補修 (交換) を要するものは次の表に示したとおりである。

弁の補修状況

弁 No.	不 具 合 内 容	補 修 内 容
V 8 4 - 2 6	・全閉時に弁からのリークあり ・弁開閉時の回転が固い	・弁交換要
V 8 4 - 7 0	・弁開閉時の回転が固い	・グランドパッキン交換済 ・弁棒の研磨
V 8 4 - 8 1 5	・グランドからのリーク	・グランドパッキン交換済
V 8 4 - 8 1 6	・グランドからのリーク	・グランドパッキン交換済
V 8 4 - 8 2 9	・グランドからのリーク	・グランドパッキン交換済
V 1 1 2 - 1	・グランドからのリーク	・グランドパッキン交換済

これらの弁のグランドからの漏れは、グランドパッキンに接触している弁棒の錆によりグランドパッキンとの間に隙間ができる原因によるものが多い。この隙間は弁棒の周囲で均等ではないのでグランドパッキンで押さえても弁の開閉操作を行うと再び漏れ易くなる傾向にある。また、V84-26については溶接で取りつけるタイプの弁で、予備品もなく、通常開閉操作を行わない弁のため次回の定検時に交換することとした。他の弁についても全体的に錆が目立っているため本システムの弁は今後、計画的に交換を行う必要が認められた。

なお、膨張弁の分解点検はこれまでの点検実績から定検毎に行う必要はないと考えられたため、今回は実施していない。

② ストレーナ

スクリーンの変形、破損等はなかったが、約2～50ccの錆が付着していた。この錆は特に主循環ポンプ上蓋室冷却器A、Bにそれぞれ約50ccあり、他のストレーナ（2～5cc）と比べてかなり多かった。

③ 圧力計の校正

再循環冷却器A、Bに取りつけられている圧力計（18台）を取外し、1台ずつ校正を行った。この結果はすべて計器精度内にあり良好であることを確認した。

④ 冷媒系配管の漏洩検査

点検した各機器を取付た後、隔離弁（V84-76、85）を全閉とし、格納容器内の冷媒系配管全体の漏洩試験を行った。試験条件は次に示したとおりである。

加圧流体 ; N₂ガス

加圧圧力 ; 1.0kg/cm²G

保持時間 ; 30分

この結果、圧力降下は認められず、また、各弁等の締付部からのバブルテストによる漏洩も認められなかった。

⑤ X線透過試験

再循環冷却器A、Bのガス側配管に使用されているガス管部（配管、冷却器ヘッド、フランジ）の錆による減肉、欠陥の有無を調べるためX線による写真撮影を行った。この部分は再循環空調機のダクト内にあり、格納容器床下が空気雰囲気になったとき結露した水分による錆が発生しており、通常は目視点検の不可能な部分である。なお、冷却器入口配管側（液側）はヘッドを除きすべて銅管が使用されているため錆の心配

はない。このヘッダについてはガス側と同一条件と考えられるためX線写真撮影は1カ所とし、今回の調査はガス側に重点をおいた。

Fig. 5.6.1にX線写真撮影箇所を示す。この写真のフィルムを観察した結果、配管外表面の錆等による腐食は表面から0.1~0.5mm程度であった。また、進展性のある欠陥（割れ等）は認められなかった。

錆による減肉についてはX線写真のほかに超音波厚み計を使用して2½B及び½B配管の肉厚測定を行った。この結果は次に示すように0.1~0.4mmの減肉が認められたが、通常の使用条件での配管強度には問題がないと推定される。

- ・ 再循環冷却器A（2½B）； 4.1mm（規格値 4.2mm）
- ・ 再循環冷却器A（½B）； 2.6mm（規格値 2.8mm）
- ・ 再循環冷却器B（2½B）； 4.1mm（規格値 4.2mm）
- ・ 再循環冷却器B（½B）； 2.4mm（規格値 2.8mm）

また、目視による点検を行った結果では、配管のフランジ部及びフランジボルトの腐食が激しいことが明らかになった。特にフランジボルトについてはかなり腐食が進んでおり、可能な限り早い時期に交換等の対策が必要である。

⑥ 冷媒充填後の漏洩検査

冷媒系に冷媒を充填後、フロン検出器により各弁、ストレーナ、圧力計等の取付部の漏洩検査を行い、漏洩のないことを確認した。

(3) 温度計の交換

今回の点検で、冷媒系の膨張弁部に取りつけられている29本の温度計（測温抵抗体、Pt-100）の全数交換を行った。これは、配管の錆等により取付け状態が悪くなっているものがあり、正確な温度測定がおこなわれていないと考えられること、及びこれらの温度計用ケーブルの配線状態を手直しする必要があると認められたためである。これらの温度計はそれぞれの測定場所で最も適当と思われる場所に取りつけた。なお、これによるフローシートの変更・訂正はない。

(4) まとめ

① 弁、計器等の点検結果

今回行った弁、ストレーナ、圧力計の点検の結果、ストレーナ及び圧力計については何ら問題はないことが確認されたが、弁については補修を行ったもの、交換を要するもの等があった。これらの弁については長年の使用により主として弁棒の錆のため

にグラウンド部からのリークが発生し易くなっている。また、弁の開閉操作が困難になっているものが増える傾向にある。このため、今後はこれらの弁の計画的な交換を行う必要が認められた。

② 再循環冷却器及び冷媒配管の錆について

再循環空調機内の冷媒配管はその大部分は銅管で製作されているが、ヘッダ・フランジ部等、部分的にガス管（SGP）が使用されている。今回行ったX線透過試験では問題となる欠陥は発見されなかったものの、配管の減肉は確実に進んでいる。また、目視による点検結果ではフランジ及びフランジ用の固定ボルトの腐食が特に激しく、早急な対策が必要と考えられる。

この他、今回の温度計の交換のために配管の保温材を一部外したが、この部分のガス管部に腐食が認められた。従って、次回定検時に、現在わかっている不具合については交換等の対策を行うとともに、詳細な調査を行い、今後この結果に基づいて改めて交換等の作業を実施する計画である。現在わかっている不具合は次に示したとおりである。

(i) 弁の交換（特に必要なもの）

V84-26、V84-70、V84-815、V84-816、V112-1、その他

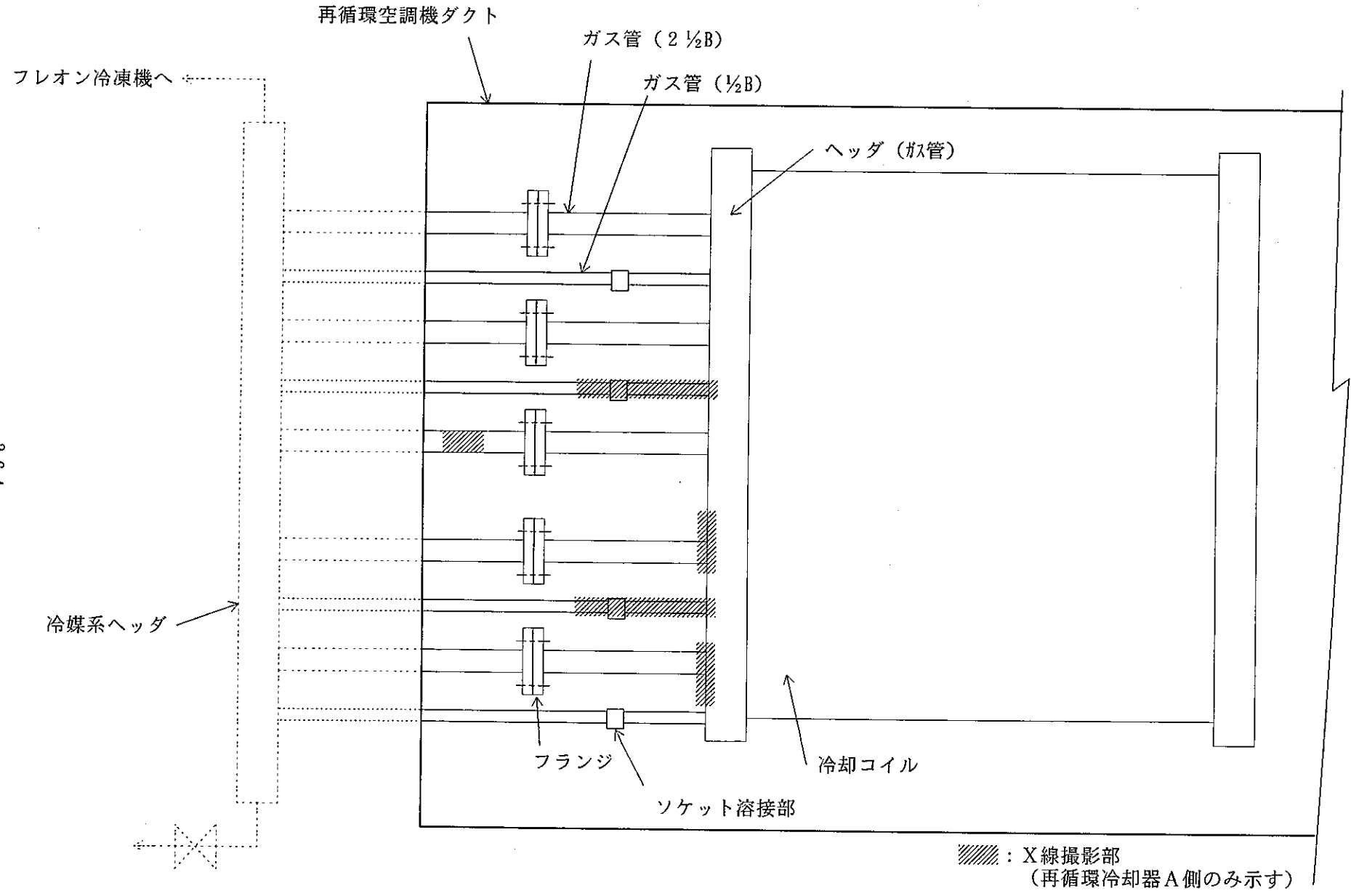
(ii) 冷媒配管の錆止め対策

再循環冷却器外部のガス側配管、ヘッダ及び膨張弁周りの配管の保温材をすべて取外し、錆落としの上、錆止め塗装を行う。また、この部分の配管はガス管と銅管が入り混じっているため、これらの配管の正確な図面を作成し、ガス管は可能な限り銅管に交換する必要がある。

(iii) フランジ部のボルト交換またはフランジの撤去

再循環空調機内のガス管、ヘッダの錆止め対策、フランジボルトの交換またはフランジの撤去（突合せ溶接またはソケット溶接とする）を行う。

〔高須 宏雄〕
〔村上 和彦〕



- 364 -

Fig. 5.6.1 再循環冷却器ガス側配管図

5.7 1次冷却系 I S I

5.7.1 はじめに

「常陽」では、供用期間中検査（I S I）を I S I 計画に従って定検毎に実施している。本項では第7回定検までに行われてきた I S I の結果を概括するとともに、「常陽」における I S I 計画決定までの経緯、軽水炉と F B R との I S I の考え方の相違等をまとめて述べる。

5.7.2 「常陽」 I S I に関する経緯

「常陽」に対する I S I 実施の要求は1972年（昭和47年）5月に第15、16回「高速実験炉専門家検討会」においてようやく I S I 実施要求の気運が高まってきた外部情勢を受けて、「常陽」の I S I について考え方をまとめる様指摘があった。

しかし、原子炉の冷却系の I S I を規定した ASME Boiler & Pressure Vessel Sec. XI は当時 Div. 1（軽水炉用の規定）に関するものしか発刊されておらず、またこの規定自体が検査の実施を拘束するという性質のものでないため、液体金属冷却炉である常陽への I S I の適用については軽水炉の規定を参考として、当時すでに設計、製作の進んでいた常陽で出来るだけのことを実施しようとして作成されたのが常陽の I S I 計画であり、第17回「高速実験炉専門家検討会」に報告し了承されている。

現在の「常陽」の I S I 計画は、本報告をもとに Mk - II 移行時にそれまでの定検（～第3回）における実績を考慮して策定されたもので、Table. 5.7.1 に当初 I S I 計画と現行 I S I 計画の対比を示す。

5.7.3 ASME CODE Sec, XI について

ここで前述の ASME CODE Sec, XI について若干の説明を加えることとしたい。

米国の A S M E (American Society of Mechanical Engineers) から発行されている BOILER AND PRESSURE VESSL CODE Sec, XI は原子力発電所に対する供用期間中検査（I S I）に関する基準として広く知られており、冷却材として液体金属を使用する系統に特有な運転環境をベースとして F B R の特徴である液体金属バウンダリ破損の保護をその目的としている。

ASME CODE に於いて I S I が取上げられたのは1970年のことであり、この時には Sec, XI は軽水炉の冷却材バウンダリに対する基準のみであった。その後1974年に大改訂が行われ、Div, 1 軽水炉用、Div, 2 ガス炉用、Div, 3 L M F B R 用の3つに分けられた。但し、この段階では Div, 2 及び Div, 3 は単に枠がとられたのみで準備中とされていた。Div, 3 は1974

年9月に最初のドラフトが作成されたが、これは軽水炉用のDiv, 1の水をナトリウムに置換えた程度で、LMFBR特有の性質を考慮したものではなく、その後検討が重ねられ1974年9月にドラフト8がコメントを求めるために発行された。この段階のDiv, 3はCRBRP (Crich River Breeder reactor plant) をモデルとしていた。その後各界のコメントを反映して調整が行われ1981, 12, 31付で正式に発行されたが、現在も項目の整備が進行中であって、年に2回ずつの補足的な改訂(差換え)が行われ、3年に1回改訂版が発行されている。Div, 3によればLMFBRの原子炉冷却材バウンダリのISIとして、溶接部に関して冷却材漏洩の有無を確認することを主体とする肉眼検査を行うこと及び冷却材漏洩の連続監視を行うことを基本的要求事項としている。

そこでASME Sec, XI Div, 3の「常陽」への適用を試みた。その結果をTable. 5. 7. 2(1)~(12)に示す。ここで、表中にあるガードベッセル、ガードパイプ又はタンクは「常陽」に於けるリークジャケット又は2重管外管と解釈した。

又、検査法で言う目視検査の定義は以下の通りである。

(1) VTM-2目視試験

- ① VTM-2目視試験は、外表面について液体金属の滞留、液体金属の流れ、液滴及び煙が識別できるように行うこと。
- ② VTM-2目視試験は、直接目視または補助機器により遠隔目視とすることができる。
- ③ VTM-2目視試験に対しては保温材のような外装の取外しは必要ない。

(2) VTM-3目視試験

- ① VTM-3目視試験は、試験対象物全体としての機械的および構造的状態を判別できるように行うこと。欠損、破片、ボルトまたは溶接による機器への接合部の喪失の有無が検出可能でなければならない。
- ② VTM-3目視試験は、構造健全性の確認への適用可能性に応じて、すきまの測定、物理的移動の検出、支持要素の構造妥当性、荷重を受ける構造部材の結合およびボルトの締めつけ強度の測定検出が要求される場合がある。
- ③ VTM-3目視試験は、遠隔光学機器、ナトリウム透視器または遠隔寸法測定機のような遠隔装置によって行うことができる。

- ・ 遠隔光学試験はペリスコープと照明装置を用いて行う。液体金属システム内部の試験として、通常ナトリウム液位以下の部分の目視はドレンを行ってカバーガスを満たした後に通例液体金属の凝固点以上の温度で行う。

- ・ ナトリウム透視試験は、液体金属中を走査できる1つまたは複数の超音波トランスデューサにより行われる。この装置は原理的には音波探知機に似ており、伝送波にはほぼ直角な面からの反射信号を受けとる方法である。ナトリウム透視試験は付録V（準備中）に従って行わなければならない。
- ・ 遠隔での寸法試験は、他の方法では接近できない部品や特徴部の寸法関係を確かめるため定められた場所に挿入する特殊ゲージや工具によって行う。このような装置は液体金属システムの内側に対する試験に使われる。

(3) CMNa、放射性カバーガスの連続監視（Continuous Monitoring）

「常陽」の設計、製作が行われていた当時では、ISIについてほとんど考慮されておらず、又、表でも判る通り「常陽」における1次系の主要な耐圧溶接部は殆ど2重構造の内側に存在しているので、Div, 3の適用は極めて困難である。

5.7.4 「常陽」ISIの基本的な考え方

本章では「常陽」の原子炉冷却材バウンダリと、軽水炉の原子炉冷却材圧力バウンダリに関するISIを対比し、その考え方の異いを明らかにしたい。基本的には「常陽」の1次冷却材であるナトリウムは沸点が高いので、冷却材を沸点より十分低い温度で使用することができる。従って、沸騰を防止するために冷却材を加圧する必要がない。

また、原子炉冷却材バウンダリの構造材料として、ナトリウム環境効果に対する適合性及び高温強度の観点から、オーステナイト系ステンレス鋼が用いられるので、使用材料が延性に富んでおり、脆性的挙動を示す恐れがない。従って、LBB（Leak Before Break）の様相が確保され、運転中に冷却材漏洩の有無を連続的に監視することにより、その発生を微小な漏洩の段階で検出することができる。

これに対して、軽水炉の原子炉冷却材圧力バウンダリについては、フェライト系鋼を使用している部分があること及び系統の内圧が高いことから、壁厚非貫通状態の欠陥から急速な伝播型破断が生じる可能性があるのでこれを未然に検出し、安全性確保のための対策を講ずる必要から特に溶接線の検査に重点がおかれていると考えられるが、法令上の位置付け、FBRの冷却材バウンダリの特徴、非破壊検査、肉眼検査、漏洩検査等の各カテゴリについて軽水炉と更に詳しく対比しながら述べる。

(1) 法令上の位置付け

I S Iに関連する法令上の規定として、原子炉等規制法では、第29条に「定期検査」についての規定があり、この検査は、「その原子炉施設の性能が主務省令で定める技術上の基準に適合しているかどうかについて行う」ものとしている。

これに関する技術基準として「試験研究の用に供する原子炉等の設計及び工事の方法の技術基準に関する総理府令」（昭和62年3月25日総理府令第11号）がある。本府令では原子炉施設に関して、第5条、第7条に「必要な設備の機能確認のための検査又は試験及び保守又は修理ができる構造」、「耐圧試験又は漏洩試験」、「監視試験片」について規程がある。

一方、民間規程としては、日本電気協会の電気技術規程として、「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査」（JEAC 4205-1980）があり、軽水炉機器について、I S Iを実施する頻度、試験を実施するために必要な接近性、検査員の資格、試験方法、試験結果の評価、処置及び補修等に関する原則を規定している。

前述の法令に基づく技術基準では、条文で、JEAC 4205 は直接参照されておらず、JEAC 4205によるI S Iは法令上明らかな位置付けがなされていない。これは、軽水炉においてもI S Iが比較的新しい技術分野であるために、当分の間、民間規程の下でその経験を積重ねて行くという考え方によるものと見られる。

更にF B Rについては前述のASME Sec, XI Div, 3があるが、米国の民間規程ということで、その位置付けはなされていない。

(2) 安全設計上の位置付け

原子炉施設の安全上重要な機器は、適切な規格、基準等に基づいて、設計、製作、検査等を行い、高い品質とすることにより、その破損の防止が計られている。

I S Iは、このような破損防止対策を補完し、破損の規模を限定することによって、当該機器に要求される安全上の機能を確保する手段として、位置付けられるものと考えられる。

従って、I S Iの方法としては、単に試験（examination、肉眼、表面及び体積試験）によって機器の欠陥を検出する方法のみならず、試験（test、耐圧試験及び漏えい試験）により漏えいの有無等を確認する方法、さらには冷却材漏えいの連続監視により漏えいを早期に検知する方法等が含まれる。

I S Iの基本方針を適切なものにするためには、対象とする原子炉施設の特徴を考慮し、適切なI S Iの方法を選択することが重要と考えられる。

(3) 「常陽」原子炉冷却材バウンダリの特徴

「常陽」の1次冷却材であるナトリウムは沸点が高いため、冷却材を沸点より十分低い温度で使用することができる。従って、沸とうを防止するために冷却材を加圧する必要がない。

また、「常陽」の原子炉冷却材バウンダリの構造材料として、ナトリウム環境効果に対する適合性及び高温強度の観点から、オーステナイト系ステンレス鋼が用いられるので、使用材料が延性に富んでおり、脆性的挙動を示す恐れがない。

そこで冷却材としてナトリウムを使用することから、ISIに関連する事項として、次に述べるような「常陽」の特徴が挙げられる。

「常陽」の原子炉冷却材バウンダリについては、使用材料が延性に富んでおり、脆性的挙動を示す恐れがないこと及び系統の内圧が低いことから、壁厚貫通以前の欠陥から急速な伝播型破断が生じる恐れがなく、漏えい先行型破損(Leak before Break、以下「LBB」という。)の様相が確保される。

これに対して、軽水炉の原子炉冷却材圧力バウンダリについては、フェライト系鋼を使用している部分があること及び系統の内圧が高いことから、壁厚非貫通状態の欠陥から急速な伝播型破断が生じる可能性に備え、これを防止する設計を行っているものと考えられる。また、「常陽」の原子炉冷却材バウンダリは、溶接一体構造であるので、常時微量の冷却材漏えいが生じることは考えられない。また、冷却材がナトリウムであるために、これが系外に出た場合は、微量であっても検出することができる。

従って、運転中に冷却材漏えいの有無を連続的に監視することにより、その発生を微小な漏えいの段階で検出することができる。

更に、1次冷却材として沸点の高いナトリウムを用いているために、万一原子炉冷却材バウンダリに破損が生じ、「1次冷却材漏えい事故」が発生したとしても、冷却材の減圧沸とうが生じない。従って、軽水炉の場合のように、外部から急速に冷却材を注入し、減圧沸とうによる炉心冷却材の減少を補う手段を講じる必要がない。

「常陽」では1次系機器配管を2重壁構造にするとともに、1次冷却系のいかなる個所で漏洩が起っても炉心が露出しないよう安全容器やサイフォンブレイカ等を設けることによって「1次冷却材漏洩事故」が生じて、冷却材の漏えいが停止し、炉心冷却のために必要な液位が確保され、崩壊熱除去運転を継続することができるよう設計されている。

(4) 非破壊試験、肉眼試験及び漏えい連続監視

電気技術規程JEAC 4205によれば、I S Iに用いる試験方法は、体積試験、表面試験及び肉眼試験とされている。ここでは、この内、前の2つを非破壊試験と呼ぶ。

JEAC 4205の規定から、軽水炉の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する第1種機器に関して、これらの試験方法の適用例を挙げると次のようになる。

- (a) 体積試験 原子炉容器の炉心領域にある胴の長手及び円周方向溶接部、呼び径100mm以上の配管の円周及び長手方向溶接部、等
- (b) 表面試験 呼び径100mm未満の配管の円周及び長手方向溶接部、等
- (c) 肉眼試験 圧力保持用ボルト締め付け部、等

なお、JEAC 4205では、第1種機器であっても、通常原子炉運転中その機器からの冷却材喪失という仮定の下で、原子炉冷却材補給系統のみで冷却材を補給することにより、原子炉を通常の手順で停止させ、かつ冷却できる場合等については、非破壊試験（体積及び表面試験）を免除してよいとしている。これは、原子炉冷却材圧力バウンダリに関するI S Iとしての非破壊試験の主たる目的が、冷却材漏えいの防止にあるのではなく、冷却材喪失事象に対する安全性の確保にあることを意味するものと解される。

(2)に示した考え方にに基づき、上記のような軽水炉の情况及び「常陽」の特徴である冷却材漏えいの連続監視という方法を考え合せると、非破壊試験、肉眼試験及び漏えい連続監視の位置付けは、壁厚非貫通状態の欠陥から急速な伝播型破断が生じる可能性がある場合は、壁厚非貫通状態のき裂状欠陥を検出して、安全性確保のための対策を講じるために、I S Iとして、非破壊試験が重要な役割を果たすこと、及びL B Bの様相が確保される場合は、欠陥が壁厚を貫通した時点で、冷却材漏えいの有無の連続監視により、これを検出すること、及び肉眼試験により冷却材漏えいの有無を確認することにより、安全性確保のための対策を講じることができるとすることができる。「常陽」の原子炉冷却材バウンダリは、L B Bの様相が確保されるから、前の後者に該当すると考えられる。

なお、JEAC 4205によれば、軽水炉では第3種機器に対しても、一定の非破壊試験及び肉眼試験が規定されているが、「最高使用圧力及び最高使用温度が各々19.3kg/cm²g以下、かつ93℃以下の系統」内の機器については、これらの試験をすべて免除し、系の漏えい及び耐圧試験のみを規定している。免除の対象とする系統は、内部流体が水の場合のいわゆる「中エネルギー流体系 (Moderate Energy Fluid System)」に相当し、L

BBの様相が確保されると考えられている。従って、この免除規定から、前述の后者の基本的な考え方は軽水炉のISIとも共通するものであるといえることができる。

「常陽」の原子炉冷却材バウンダリについては、(3)に述べたように、有意な冷却材の漏えいを伴う破損に至ったとしても、2重構造、安全容器、サイフォンブレイク等により、漏えいが停止し、冷却材が保持される。これに対して、上記によるISI（冷却材漏洩の連続監視）は、微小な段階で冷却材の漏えいを検出することができるので、安全性確保の観点からは、十分な時間的余裕を有する先行対策といえることができる。

(5) ISIとしての耐圧試験

軽水炉の原子炉冷却材圧力バウンダリについては、ISIの一環として、各検査間隔の終り又は終り近くにおいて、100%定格出力運転時の圧力の1.1倍（常温の場合）の水圧による耐圧試験を行うことが規定されている。これは、軽水炉では運転時の異常な過渡変化時あるいは事故時において、通常運転時の圧力を超える過渡的な圧力が生じる可能性があることを考慮し、その防護対策として、安全弁等の設置と共に規定したものとして位置付けることができる。

これに対して、「常陽」の1次冷却材は沸とうを防止するために加圧する必要がなく、原子炉冷却材バウンダリに作用する内圧は、a)冷却材の水頭圧、b)循環ポンプの吐出圧、及びc)原子炉カバーガス圧によって構成される。a)についてはほとんど変動する要因がなく、b)については循環ポンプの回転数の上限によって、過度の圧力上昇は防止される。c)の原子炉カバーガス圧は低圧であり、かつ圧力制御をするので、有意な過圧要因にならない。

従って、「常陽」の原子炉冷却材バウンダリでは有意な過圧状態が生じる恐れがないので、ISIの一環としての過圧条件での耐圧試験の実施及び安全弁等の設置については、これらを規定する必要はないと考えられる。

(6) ISIとしての漏えい試験

軽水炉の原子炉冷却材圧力バウンダリについては、ISIの一環として、燃料交換後、運転開始前に系の100%定格出力における定常運転圧力で漏えい試験を行い、保温材の外表面及び継手部を試験する等の肉眼試験により、漏えいの有無を確認することが規定されている。

この試験の役割は、圧力バウンダリを構成する機械式継手部（軽水炉圧力容器上蓋）における有意な冷却材漏えいの有無を確認することにあると考えられる。この点に関し

ては、「常陽」の原子炉冷却材バウンダリは溶接一体構造であるので、これを必要としない。

従って、冷却材漏えいの連続監視により、軽水炉における漏えい試験の役割は果たされると考えられる。

以上の検討結果をまとめたものをTable. 5. 7. 3に示す。

5. 7. 5 「常陽」における I S I 結果

「常陽」での今までの（第7回定検まで）I S I 結果の概略は次の通りであって、現在までの検査結果に異常は見られない。Table. 5. 7. 4に実績を、Table. 5. 7. 5にサーベランス材試験の結果を示す。

(1) 原子炉容器

① 漏洩検出

1次冷却材バウンダリの健全性を確認するために常時監視を行っており、これまで漏洩のないことを確認している。

② 材料確認

中性子照射及びナトリウム侵漬による材料の影響を調べ構造材の健全性を確認するためにTable. 5. 7. 5の項目について検査を実施し、健全性を確認している。

(2) 1次冷却系配管

① 漏洩検出

1次冷却材バウンダリの健全性を確認するために常時監視を行っており、これまで漏洩のないことを確認している。

② 材料確認

ナトリウム侵漬による材料の影響を調べ構造材の健全性を確認するために主ポンプのサーベイランス材を第3回定検時に取出し（1次主ポンプB分解点検時）、その健全性を確認しており、その後取出しの必要性を認めていない。

③ 固定金具・ハンガ類の検査

配管のサポート機器に対して毎定検ごとに検査を実施し異常のないことを確認している。

④ 配管の変位測定

配管の健全性を確認するためにコールド状態で配管サポートのトラベル値に十分余裕があることを確認している。

⑤ 肉眼検査

1次冷却材バウンダリの肉眼検査が可能なようエルボ部に設けた検査孔4ヶ所について、毎定検ごとに検査を実施し、異常のないことを確認している。

⑥ 体積検査

前項の検査孔を用いて行える超音波探傷検査を自主検査で実施し、異常のないことを確認している。

(3) 安全容器

① 材料確認

照射による材料の影響を調べ構造材の健全性を確認するためにTable. 5. 7. 5の項目について検査を実施し、健全性を確認している。

② 溶接部の耐圧漏洩検査

安全容器の溶接線の健全性を確認するため漏洩検査を実施している。

(富田 直樹)

Table 5.7.1 「常陽」 I S I 計画の対比

	検 査 方 法		変 更 理 由
	当初 I S I 計画	現行 I S I 計画	
原子炉容器	(1) 漏洩検出	漏洩検出	変更なし
	(2) リークジャケット耐圧試験	——	リークジャケット内での対流により温度分布が一定せず漏洩率の計測が不可能である。また、リークジャケットは全溶接構造であり、かつNaの列ではないので、実施の必要性はないと考えた。
	(3) 材料確認	材料確認	変更なし
1次主冷却配管	(1) 漏洩検出	漏洩検出	変更なし
	(2) 固定金具, ハンガ類の検査	固定金具, ハンガ類の検査	変更なし
	(3) 配管変位測定	配管変位測定	変更なし
	(4) 材料確認	材料確認	変更なし
	(5) 体積検査	体積検査	変更なし、ただし検査方法はUTとし、検査インターバルは当初未定だったものを、1回/3年とした。
	(6) 肉眼検査	肉眼検査	変更なし
	(7) 外管耐圧検査	——	2重配管内での対流により温度分布が一定せず漏洩率計測が不可能である。また、外管は全溶接構造であり、かつNaの列ではないので、実施の必要性はないと考えた。
安全容器	(1) 耐圧試験	——	安全容器全体耐圧試験は、安全容器上半分が耐圧設計となっていないので、機械構造上加圧が不可能である。
	(2) 材料確認	材料確認	変更なし
	(3) 溶接部の漏洩検査	溶接部の漏洩検査	変更なし
Naを内包する機器、配管	——	目視検査 (VTM-2相当検査)	ASME Sec. XI Div. 3 の検査項目反映

Table 5.7.2(1) 試験カテゴリ (1)

試験カテゴリ : ガードベッセルに保護されている液体金属を保持する溶接部								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B1. 10	(原子炉容器) 胴の長手・周溶接部、鏡板の溶接部、胴～フランジ溶接部、胴～鏡板溶接部、容器とノズル、ノズルと配管の溶接部	*	目視 VTM-2	*	全溶接部の33%	←	許容	物理的に接近することができず、実施は全く不可能である。
B1. 11	〃	*	CM	*	全溶接部	←	-	実施中
B1. 20	(1次主循環ポンプタンク) 液体金属を保持する全溶接部～ノズルとタンク、ノズルと配管溶接部	*	目視 VTM-2	*	全溶接部の33%	←	許容	VTM-2相当検査実施中
B1. 21	〃	*	CM	*	全溶接部	←	-	実施中
B1. 30	(中間熱交換器) 液体金属を保持する胴の溶接部～ノズル～配管溶接部、管板～胴溶接部、管板～ヘッド溶接部	*	目視 VTM-2	*	全溶接部の33%	←	許容	VTM-2相当検査実施中
B1. 31	〃	*	CM	*	全溶接部	←	-	実施中

*はASME Sec XI に関連事項の記載がないことを示す。

Table. 5.7.2(2) 試験カテゴリ (2)

試験カテゴリ : ガードベッセルに保護されていない液体金属を保持する溶接部								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B2. 10	(その他の容器) 液体金属を保持する溶接部-ノズルとタンク、 ノズルと配管溶接部	*	目視 VTM-2	*	全溶接部の33%	←	許容	VTM-2相当検査実施中
B2. 11	〃	*	CM	*	全溶接部	←	-	実施中

Table 5.7.2(3) 試験カテゴリ(3)

試験カテゴリ : カバーガスを保持する機器								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B3. 10	(原子炉容器蓋) シール溶接部 (非強度部材)	*	CM	*	外面又は表面 付近連続監視	←	-	実施中
B3. 11	シール溶接部 (強度部材、オースナイト鋼)	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 11	非溶接ガスシール	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 20	(CRD及びカバーガス上部の カバーガスを保持する機構) 外筒の溶接部	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 21	非溶接ガスシール	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 30	(1次カバーガス系) 容器の溶接部	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 31	配管の溶接部	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 32	弁 (含むステムシール)	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 33	圧力保持部の溶接部	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 34	その他ガスタイトの機器	*	CM	*	〃	←	-	〃
B3. 40	(1次カバーガスを包含するその他の機器) 容器の溶接部	*	CM	*	〃	←	-	〃

Table. 5.7.2(4) 試験カテゴリ(4)

試験カテゴリ : 炭素鋼製炉容器蓋の構造物溶接部								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延 期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B4. 10	(原子炉デッキ) 強度部材の溶接部	*	*	*	*	*	*	プール型炉を対象としているため 該当しない。
B4. 20	(回転プラグ) 強度部材の溶接部	*	*	*	*	*	*	Div3では検査詳細は未定である。

Table. 5.7.2(5) 試験カテゴリ(5)

試験カテゴリ : 異種金属の溶接部								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B5. 10	(原子炉容器) 胴の周溶接部	IMB- 2500-2	体積	*	全溶接部の100%	←	-	「常陽」はSUS同一金属溶接と なっている。
B5. 11	〃	*	CM	*	〃 (連続)	←	-	〃
B5. 20	(液対金属を保持する配管) 周溶接部	IMB- 2500-3	体積	*	全溶接部の100%	←	-	〃
B5. 21	〃	*	CM	*	〃 (連続)	←	-	〃
	(カバーガスを保持する配管1次系のみ) 異種金属の溶接部全て	*	CM	*	〃 (連続)	←	-	〃

Table. 5.7.2(6) 試験カテゴリ (6)

試験カテゴリ : ボルト締結部								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B6. 10	(カバーガス空間形成部) ボルト (原子内部構造のボルト) 試験カテゴリB-N参照	*	CM	*	全ての閉止部 (連続)	←	—	ポンプのフランジ部が該当する。 連続監視実施中

Table5.7.2(7) 試験カテゴリ(7)

試験カテゴリ : 容器の一体取付物								
項目 No.	検査対象部分 ¹⁾	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B7. 10	(原子炉容器) 一体溶接取付物	IMB-2500 -4, 5, 6	表面又は体積	*	溶接部	←		支持構造物としては存在しない。
B7. 20	(1次主循環ポンプタンク) 一体溶接取付物	"	"	*	1台のポンプ タンクの溶接部	←		"
B7. 30	(IHX胴) 一体溶接取付物	"	"	*	1台のIHX 胴の溶接部	←		"
B7. 40	(その他の容器) 一体溶接取付物	"	"	*	1つの容器の 溶接部	←		"

1) 試験はトップフランジサポートを除く添付図に示された容器支持のための支持構造物に限る。

Table. 5.7.2(8) 試験カテゴリ (8)

試験カテゴリ : ガードパイプ又はタンクに保護されている配管の液体金属を保持する溶接部								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延 期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B8. 10	(冷却系配管) 周溶接部 (配管へのノズル溶接部含む)	*	目視 VTM-2	*	33%以上	←	許 容	内管の直接目視検査を行っている。 却、VTM-2相当検査実施中。
B8. 11	〃	*	CM	*	全 溶 接 部	←	-	実 施 中
B8. 12	長手溶接部	*	目視 VTM-2	*	全 溶 接 部	←	許 容	VTM-2相当検査実施中
B8. 13	〃	*	CM	*	全 溶 接 部	←	-	実 施 中
B8. 14	分岐管溶接部	*	CM	*	全 溶 接 部	←	-	〃

Table. 5.7.2(9) 試験カテゴリ (9)

試験カテゴリ : ガードパイプ又はタンクに保護されていない配管の液体金属を保持する溶接部								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B9. 10	(冷却材配管) バウダリ	*	目視 VTM-2	*	バウダリの33%	←	許容	VTM-2相当検査実施中
B9. 11	〃	*	CM	*	全溶接部 100%	←		実施中
B9. 20	(その他の配管) バウダリ	*	CM	*	〃	←		〃

Table. 5.7.2(10) 試験カテゴリ (10)

試験カテゴリ : 配管、弁の一体取付物 (液体金属を保持する配管)								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B10.10	(配管) 一体溶接取付物 ^{注1)}	IMB-2500 -4, 5, 6	表面又は体積	*	全溶接部の100%	←		VTM-2相当検査実施中。
B10.11	補強部の溶接部 ^{注2)}	*	〃	*	〃	←		該当するものがない。
B10.20	(弁) 一体溶接取付物	IMB-2500 -4, 5, 6	〃	*	〃	←		Na弁には特に該当するものがない。

注1) 液体金属を保持するバウンダリに付属物を取付ける溶接部及び溶接部下部とその周辺
注2) サポート、スナップの取付けられる補強された配管やフルートヘッドの溶接部で液体金属を保持するバウンダリに属する部分

Table. 5.7.2(II) 試験カテゴリ (II)

試験カテゴリ : 液体金属を保持する弁								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延 期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B11.10	(1次主冷却ループ) 弁 箱	*	目視 VTM-2	*	原則として100%	←	許 容	逆止弁が該当する。 VTM-2相当検査実施中
B11.11	”	*	CM	*	連 続	←		実 施 中
B11.20	(1次主冷却ループ) 止 弁	*	CM	*	”	←		該当するものがない。
B11.30	(補助ナトリウム系) 止 弁	*	CM	*	連 続	←		実 施 中

Table. 5.7.2(12) 試験カテゴリ (12)

試験カテゴリ : 炉心構造物								
項目 No.	検査対象部分	検査要求 関連図	検査法	許容 基準	検査の程度と頻度		検査の 延期	「常陽」の現状
					第1回検査間隔	第2回以降		
B12.10	(一体溶接された炉心構造物) 炉心支持構造	*	目視 VTM-3	*	原則として100%	←	許容	Na透視器のような装置がないため、現状では不可能である。
B12.11	静的炉心拘束機構	*	〃	*	〃	←	〃	〃
B12.12	冷却材ダクト及びプレナム	*	〃	*	〃	←	〃	〃
B12.13	熱シャヘイ構造	*	〃	*	〃	←	〃	〃
B12.20	(取出可能炉内構造物) 炉心支持部	*	〃	*	〃	←	〃	〃
B12.21	その他の炉内構造物	*	〃	*	〃	←	〃	〃

Table. 5.7.3 軽水炉とFBRのISIの考え方の対比

項 目	軽 水 炉	F B R	解 説
(1) 規 則	ASME Sec, XI Div,1 JBAC4205	ASME Sec, XI Div,3	規制法、電事法で直接参照されていない。
(2) 非破壊検査	体 積 検 査 表 面 検 査	漏 洩 監 視	軽水炉では壁非貫通状態の欠陥から急速な伝播型破断が生ずる可能性があるが、FBRではLBBの様相が確保されるので、貫通欠陥を微小な漏洩の段階で検出することができるため、漏洩監視によって安全確保のための対策を講ずることができる。
(3) 肉眼検査	肉 眼 検 査	肉 眼 検 査	「常陽」の炉容器では2重容器のギャップが非常に狭く、かつアクセスする手段もなく、構造もアクセスできるようになっていないので、肉眼検査は物理的に不可能である。ただし、1次主配管では外管に設けた検査孔を通してバウンダリの肉眼検査を行っている。
(4) 耐圧試験 (ISIとしての)	定格出力時圧力×1.1倍の水圧試験	—	軽水炉では運転時の異常な過度変化あるいは事故時に通常運転時圧力を越える過度的な圧力が発生することが想定されているが、FBRでは冷却材バウンダリに作用する圧力は、Naのヘッド、ポンプ吐出圧、カバーガス圧であり、いずれも静的あるいは制御されているので有意な過圧要因とはならないため、耐圧試験の必要がない。
(5) 漏洩試験 (ISIとしての)	定格出力時圧力による漏洩試験	—	軽水炉では冷却材バウンダリを構成する機械式継手部における有意な漏洩の有無を確認することを目的としているが、常陽では冷却材バウンダリは全て溶接構造となっているのでこれを必要としない。

Table. 5.7.4 「常陽」 I S I の計画と実績一覧

対象機器	検査方法	検査頻度	
		計画	実績
原子炉容器	漏洩検出	常時監視	常時監視
	材料確認	5回/20年	2回取出し済
1次主冷却系配管	漏洩検出	常時監視	常時監視
	固定金具、ハンガ類の検査	100%/10年	100%/年
	配管変位測定	100%/10年	100%/年
	材料確認	必要の都度	注1) 1回取出し済
	肉眼検査	1回/年	注2) 1回/年
	体積検査	1回/3年	注3) 1回/3年
安全容器	材料確認	5回/20年	2回取出し済
	溶接部の漏洩試験	1回/3年	注3) 1回/3年

注1) 1次主ポンプ装荷分

注2) 定検毎実施

注3) 3定検毎実施

Table. 5.7.5 サーベイランス試験種類と第1回取出し材試験結果の評価

対象機器		材質	試験種類					第1回取出し材試験結果の評価
			引張	衝撃	クリープ	疲れ	金相	
原子 炉 構 造 材	炉容器	SUS304	○	○	○	○	○	<p>試験により得られたデータでは、十分な延性が保持されている。第1回取出し材の最大照射量は、約 $4 \times 10^{20} \text{n/cm}^2 (>0.1 \text{Mev})$ である。一般的に耐力及び引張強さは $10^{21} \text{n/cm}^2 (>0.1 \text{Mev})$ 程度から、延性は $10^{20} \text{n/cm}^2 (0.1 \text{Mev})$ 程度から照射の影響が現れ、耐力及び引張強さは増加傾向を、延性は若干低下する傾向を示すとされている。これらの傾向は、急激に低下するものではなく徐々に低下するものである。</p> <p>以上のことから原子炉構造材等は、所定の強度が確保されていることが確認され、今後のサーベイランス試験計画の変更あるいは炉の使用条件の見直しの必要性は生じていない。</p>
	炉心支持板	SUS316	○				○	
	バレル		○				○	
	一次系	1次主ポンプ	SUS304	○		○		
安全容器		S B 4 2	○	○				

5.8 炉内観察装置による炉内観察

5.8.1 目的

制御棒駆動機構（CRDM）の分解点検後の据付調整に際し、CRDM-3のフィンガが制御棒上端に接触し変形した可能性があった。このため、昭和63年12月16日にCRDM-3のフィンガの変形の有無及び制御棒CR-3（CR301M）の頂部に異常がないことを確認する為、炉内観察装置を用いて炉内観察を行った。

5.8.2 観察装置

観察装置は、炉容器内の高温、高放射線量及びナトリウムベーパーの混在するアルゴンガス雰囲気ですべて十分に機能すること、並びに効率良く観察を行え、取扱いが容易であることが要求される。これらを考慮して、観察装置は高純度石英ガラスをコアとした耐熱・耐放射線ファイバースコープ・ITVカメラ及び操作装置から構成されている。装置の主要仕様をTable. 5.8.1に観察時の状況をFig. 5.8.1に示す。

本装置は、対物アダプタの交換、昇降回転機構及び回転プラグの運転によって炉容器内の任意の部位を観察できるものである。装置の据付は、クレーンを使用し交換機孔ドアバルブ上及び炉検(A)ドアバルブ上に取付けられる。また、装置の撤去も同様にクレーンを使用して行われ、据付・撤去作業の所要時間は約2時間である。

5.8.3 炉内観察時のプラント状態

炉内観察時のプラント状態は以下の通りである。

- (1) 観 察 時 期 : 原子炉停止後101日
- (2) 炉内ナトリウム温度 : $\sim 250^{\circ}\text{C}$
- (3) 炉内ナトリウム液位 : GL-9540(燃料集合体頂部 (GL-9490) - 50mm)
- (4) 炉内カバーガス圧力 : $\sim 100\text{mm H}_2\text{O}$
- (5) ブローダウン流量 : $1\ell/\text{min}$

5.8.4 炉内観察結果

炉内観察時の条件を設定するために、ナトリウムドレン操作を行い炉内ナトリウム液面をGL-6100からGL-9540まで下げた。一方、炉内ナトリウム温度、炉内カバーガス圧力は観察条件を満足しているため、特に操作は行わなかった。ドレン操作終了後、炉内観察装置によりCRDM-3フィンガ部及び制御棒CR-3頂部の観察を行った。観察結果は以下の通りである。

(1) CRDM-3フィンガ部観察

側視用対物アダプタを使用してのモニタ観察において、CRDM-3フィンガが変形しているように見えた。しかし、CRDM-3フィンガにどのような異常があるのか、それを断定するには至らなかった。

原因として考えられることは、本装置の光源装置からの光度では不十分であったため、測定対象物の照度不足により鮮明な画像を得ることができなかつたためである。

(2) 制御棒CR-3頂部観察

観察開始時、炉内ナトリウム液位は燃料集合体頂部より-50mm（燃料集合体頂部GL-9490、炉内ナトリウム液位GL-9540）までドレンされていたはずであったが、ナトリウム液面の変動により燃料集合体頂部は露出していなかった。このため、1次補助冷却系のポンプを停止させた。その結果、燃料集合体の頂部は露出したが、制御棒頂部は露出しているようには見えず、制御棒頂部の状況を確認する事はできなかった。

炉心構成要素の位置関係をFig. 5.8.2に示す。

炉心構成要素の位置関係から当該液位では、制御棒はナトリウム液面より10mm程度露出するはずである。しかし、制御棒のハンドリングヘット内にドレンされず残っているナトリウムの影響により、制御棒頂部の状況が確認できなかったものとする。

5.8.5 まとめ

今回の炉内観察は、限られた工程の中で、しかも短時間のうちに炉内の状況を観察することができた。しかし、光源装置の光度等の不足により画像に鮮明さを欠いた。

今後は、より鮮明な画像を得るために、光源装置の性能（光度等）の検討・評価及び観察対象物との焦点距離を極力近づけるためにスコープの延長等の改善を図っていくことが必要であるとする。

(安 哲徳)

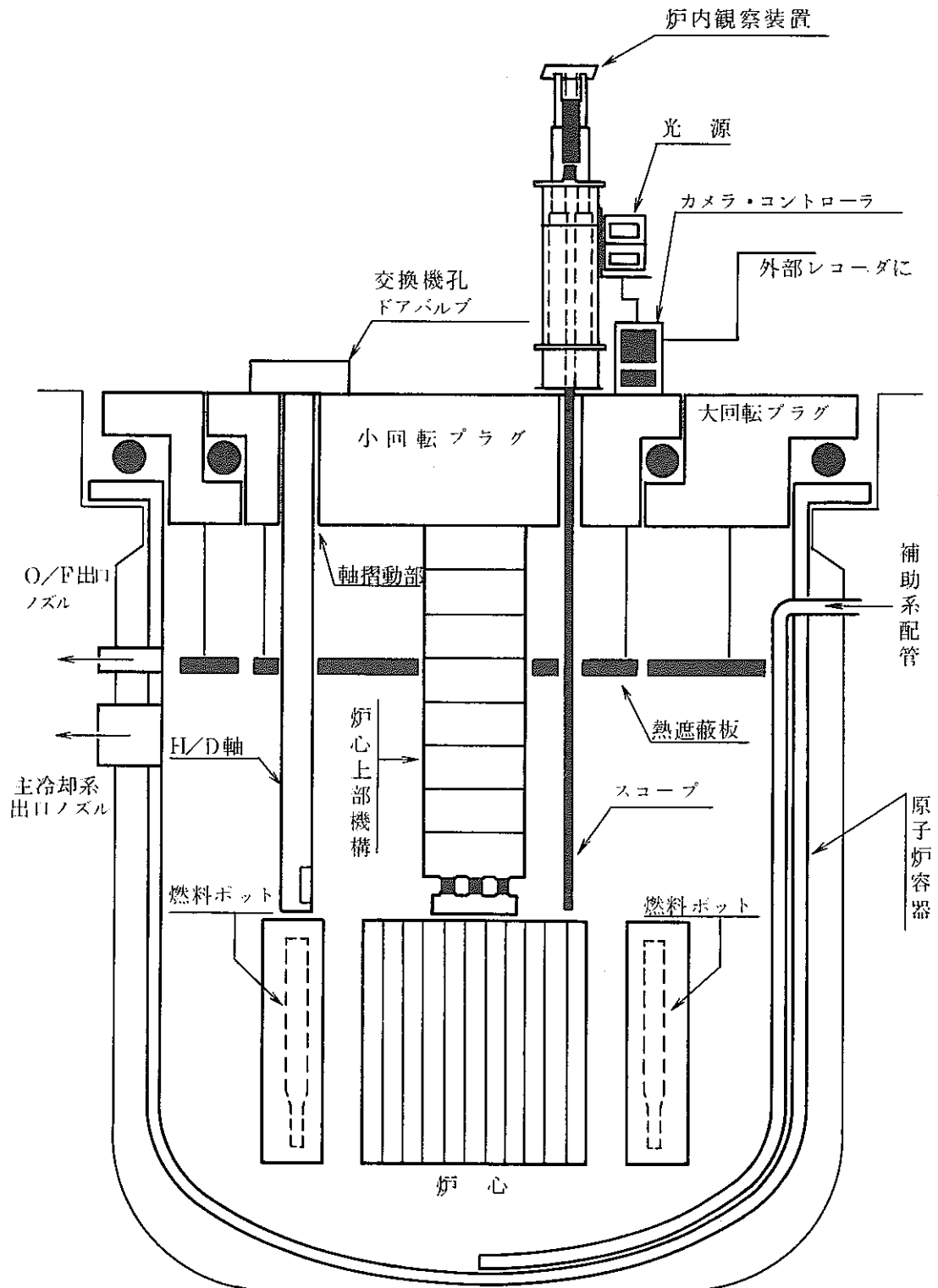


Fig. 5.8.1 炉内観察時の炉容器内概略図

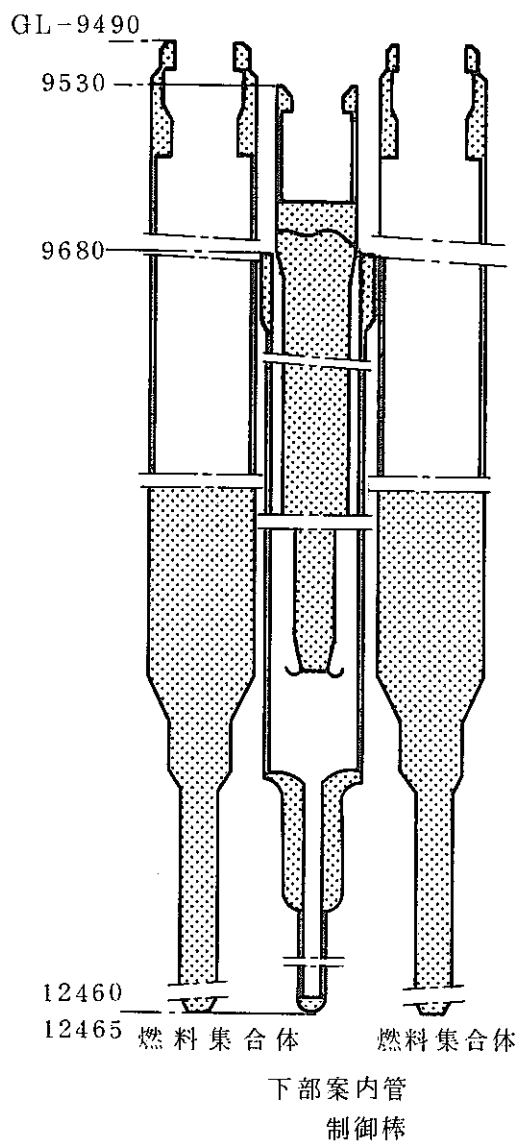


Fig. 5. 8. 2 炉心構成要素の位置関係

Table. 5.8.1 炉内観察装置主要仕様

項 目	仕 様															
装置全長、重量	9500mm、700kg															
スコープ寸法、重量	25mmφ×7500mm、70kg															
スコープ材質	ファイバー；高純度石英ガラス、外筒；ステンレス鋼															
ファイバー画素数	30000本															
照明用ファイバー数	1000本															
対物アダプタ	<table border="1"> <thead> <tr> <th>方 向</th> <th>視 野</th> <th>焦点距離</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>直 視 (0°)</td> <td>23°</td> <td>200mm～1000mm</td> </tr> <tr> <td>側 視 (90°)</td> <td>15°</td> <td>400mm～ 900mm</td> </tr> <tr> <td>斜 視 (70°)</td> <td>15°</td> <td>400mm～ 900mm</td> </tr> <tr> <td>斜 視 (110°)</td> <td>15°</td> <td>400mm～ 900mm</td> </tr> </tbody> </table>	方 向	視 野	焦点距離	直 視 (0°)	23°	200mm～1000mm	側 視 (90°)	15°	400mm～ 900mm	斜 視 (70°)	15°	400mm～ 900mm	斜 視 (110°)	15°	400mm～ 900mm
方 向	視 野	焦点距離														
直 視 (0°)	23°	200mm～1000mm														
側 視 (90°)	15°	400mm～ 900mm														
斜 視 (70°)	15°	400mm～ 900mm														
斜 視 (110°)	15°	400mm～ 900mm														
許 容 温 度	250℃															
耐 放 射 線 性	最大線量率 $1 \times 10^3 \text{ R/h}$ 、積算線量 $1 \times 10^6 \text{ R}$															
シ ー ル 機 構	2段パッキン、中間Arガス加圧															
Na蒸着抑圧策	Arガスブローダウン															
光 源 装 置	キセノンランプ 300W×2器															
昇降駆動装置	エアシリンダー駆動方式															

5.9.2 メカニカルシール交換にあたっての使用前検査

メカニカルシールの交換にあたって、パッキン類を含む予備品が使用可能な状態であることを確認する為、製造メーカーであるイーグル工業(株)において下表に示す予備品検査をラッピング前後について行い、その結果、使用する上で問題となる異常は認められなかった。

表中の部品番号についてはFig. 5.9.1のメカニカルシール構造図中に示している。

検査項目	対象部品番号	検査時期		結果
		ラッピング前	ラッピング後	
摺動面高さ、寸法検査	⑦ ⑧ ⑫ ⑬	○	○	異常なし
摺動面面粗さ測定	↓	○	○	異常なし
摺動面平坦度測定	↓		○	異常なし
パッキン類検査	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿	/		異常なし
気密試験	③～⑦の組立品 ⑧～⑩の組立品 ⑫⑬の組立品	○		異常なし
耐圧漏洩試験	アSEMBリ全体		○	異常なし

5.9.3 メカニカルシール交換作業

メカニカルシールの交換作業はTable. 5.9.1に示す工程の10月11日～11月12日にかけて実施された。

又、交換した部品の一覧をTable. 5.9.2に示す。

今回の交換作業において懸念された点は、メカニカルシールを取外しポンプ上部が開放されている期間中に、ポンプ内の1次Arカバーガスが作業雰囲気中に漏洩することであった。そこでカバーガスとのバウンダリーを確実にする為、Fig. 5.9.2に示す1次主循環ポンプメンテナンス用キャップを製作し、メカニカルシールが取外されている期間中のバウンダリーを確実にするカバーとした。ポンプ上部にメンテナンス用キャップが取付けられている状態をFig. 5.9.3に示す。キャップには内圧監視用の圧力指示計、キャップ内のガスサンプリングを行う為の取出し口(クイックコネクタ)、更にキャップを取外す際の空気置換用配管を設けた。

尚、メカニカルシールの取外し作業時は局所排気装置を使用し、雰囲気換気を行いながら実施した。

又、キャップが取付けられている状態で、キャップ内のガスをガスチェンバーにて採取し振動容量電位計及び γ 線核種分析装置にて放射能濃度を確認した結果、 ^3H が検出されその濃度は 26Bq/cc ($7 \times 10^{-4} \mu\text{ci/cc}$)であった。

これは若干のカバーガス漏洩があったことを示している。主ポンプでは、上部構造を撤去した後は、回転部分が数mm落ち込み、スリンガーとシールブッシュとの当り面で回転部分(シャフト+インペラ+N a軸受)の自重によってシールされる。この部分は単純な金属面であるため、完全なバウンダリーとはならず若干のカバーガス漏洩があったと考えられる。

今回、取外された部品のラッピング前検査をイーグル工業にて実施した結果をTable. 5.9.3に示す。メカニカルシール部品において特に重要なのは摺動面であるが、A号機については面荒れ、傷が発生しており、B号機は全周的な当りを呈し面荒れは少なく長期間の使用に対して比較的状态は良好であった。更に、ラッピング後の検査結果をTable. 5.9.4に示すが、手入れの後でも再使用可能な部分はA号機の上部回転環、B号機の上部回転環、下部固定環及び回転環だけとなった。

旧メカニカルシールの運転状況は、昭和61年1月から昭和63年9月までの運転データによると、A号機のメカニカルシール下部からの油漏洩量は 2cc/hr 、B号機同部からの漏洩量はほぼ 0cc/hr であり、今回取外された部品の検査結果も上記の使用状況をよく表わしておりA号機の損傷程度はB号機と比較して大きく、下部シール超硬摺動面に3本の線状傷が確認された。この傷の発生過程を推定すると、高速回転時に熱歪で外周当りとなり外周側が摩耗しやすく、低速になると熱歪が解放され外周部が開き気味となり、更に外周側の摩耗が進行し異物が摺動面に混入し傷の発生になったと考える。このフローをFig. 5.9.4に示す。

B号機に同様の現象があらわれない原因については、部品をポンプに組み込む際のアッセンブリとしての組立精度の相違、単品の製作精度の相違等によるものと思われる。

5.9.4 新メカニカルシールにおける運転状況

1次主循環ポンプは、メカニカルシールの新規交換及び電動機の分解点検が完了し、88年11月15日に手廻しトルク測定を行い、異常のないことを確認した後起動された。1次主ポンプ運転中におけるメカニカルシールの状態は、起動20日後の12月4日にA号機オイルプレッシャユニットの油ドレンタンクに1回目のドレンが生じた為、下部シールからの

油漏洩量を12月5日から12月10日の期間について調査した結果、旧メカニカルシール使用時の約10倍である20cc/hrの漏洩量であることが判明した。

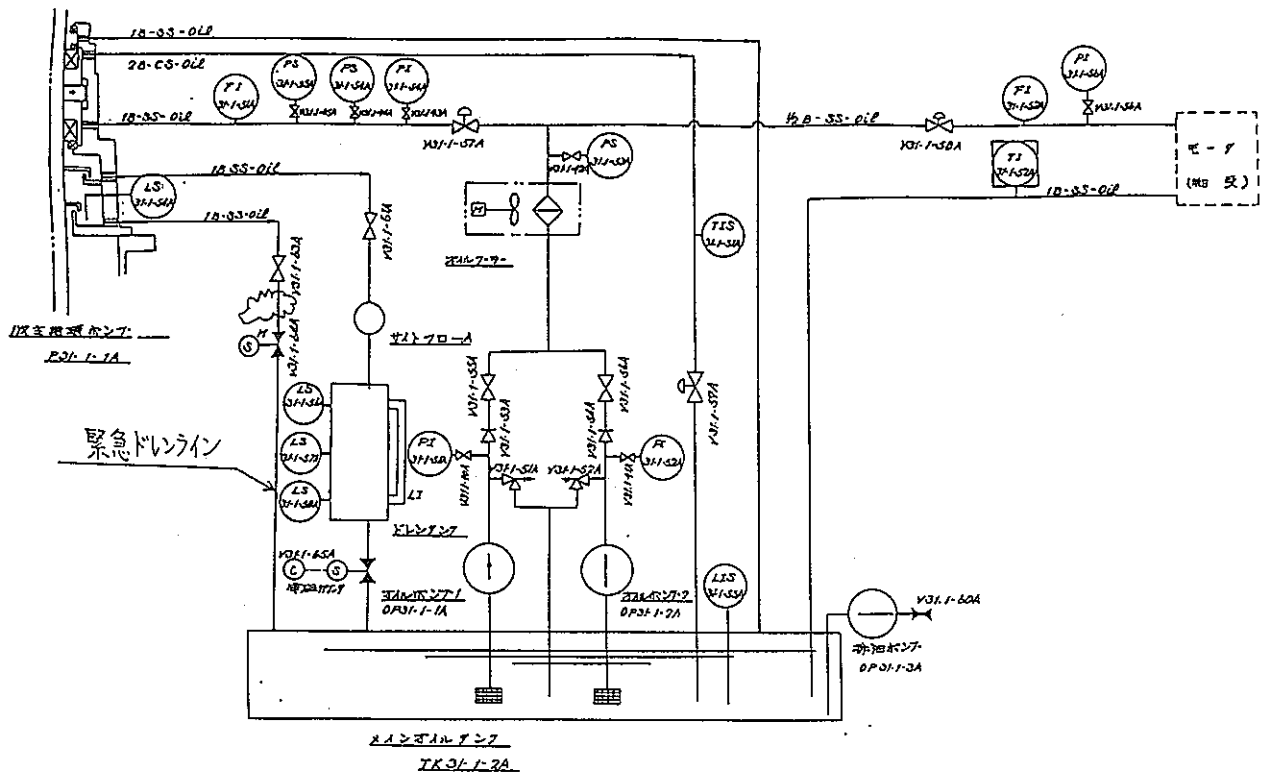
Fig. 5.9.1 にメカニカルシールの構造図を示したが、メカニカルシールは回転軸からの漏れ（1次主ポンプの場合はカバーガス）を回転軸に取付けた回転環とグランド蓋に固定された固定環との摺動面に、内圧より高い圧力で外部から給油することによって油膜を形成し漏れを防止する構造である。給油する油はシール材としての機能を有するばかりでなく、摺動面の冷却もしているため、摺動面からの油漏れは量の大小は別として構造上避けられない事象である。製作メーカーのスペックとしては通常10cc/hr、程度の漏洩は許容しており、1000cc/hr以上の漏洩があった場合は、何らかの異常がメカシールに発生したと考える目安としている。従って20cc/hr程度の漏洩は異常とはいえないがその現象を把握するため追跡調査を行った。その結果をFig. 5.9.5 に示す。この図は、A号機点検後の起動から第17サイクルが終了する89年3月末までの運転期間における油ドレンタンクの排油回数及び下部シールからの油漏洩率の推移を1次系Na流量すなわちポンプ回転数と合わせて示したものである。排油回数は下部シールからの油ドレンが行われた日を直線で結び、又油漏洩率は1回ドレンするまでの期間における漏洩率を算出し共に折線グラフで表わしたものである。図から1次系のNa流量が100%以外の流量を含む流量で運転されているドレン期間①（例11/5～12/4）と100%流量のみで運転されているドレン期間②（例12/4～12/11）では違いがあることが解かる。つまり回転数の違い（流量の違い）によって油漏洩率が異なり①の期間では7.6cc/hr、②の期間では20.8cc/hrである。従ってNa流量の増加とともに漏洩率も上昇し、100%流量にて最大値になると考えられる。これは、ポンプ回転数の上昇に伴ってメカニカルシール摺動面の温度が上昇し、摺動面に形成された油膜の粘度が低下し漏れやすくなる為と思われるが、回転数が増えると油膜にはたらく遠心力も大きくなる為、油が漏れにくくなる方向にもなり、単純に粘度の低下だけが起因しているとはいきれない。

更に、同じ100%流量における漏洩率でもポンプ起動初期は20.8cc/hrであったが1700hr後（89.1/26）あたりのそれは16.2cc/hrと低下し、第17サイクル中における漏洩率は約15cc/hrで安定している。これは、メカニカルシール摺動部のなじみによるものと考えられる。

尚、B号機についても同様に下部シールからの油漏洩率を調査したが、ポンプ起動当初から第17サイクル終了に至るまで2cc/hrと良好な状態で運転された。

5.9.5 A号機の油漏洩量増加に対する監視強化対策

A号機のメカニカルシール下部からの油漏洩量が増加したことに対する監視強化の観点から以下の対策を実施した。



上図は、1次主循環ポンプA号機オイルプレッシャユニットの構成図であるが、主ポンプはメカニカルシールからの油漏洩量大の異常によりトリップするインターロックを有している為、緊急ドレインラインにフローサイト（図中 部）を設け同ラインへの油流入の有無を確認できるようにした。

更に、油漏洩率が現在のところ最大の20cc/hrで運転されるとV31.1-65Aの開閉頻度は1回/1週間となる。オイルフレッシュユニット構成図から解かるようにドレンラインはドレンタンク内の油によって1次Arガス（ポンプのカバーガス）とのバウンダリー形成している。よってV31.1-65Aの不調（開固着）によりバウンダリーが破壊される懸念と高頻度の開閉によるバルブシート及びソレノイドの劣化を勘案し、同バルブの新規交換を実施した。

5.9.6 まとめ

第7回定検における1次主循環ポンプメカニカルシールの新規交換はA号機は4年ぶり、B号機は実に11年ぶりに実施された。交換にあたって予備品の各部品、Oリング類が使用可能な状態であることを確認する為、製造メーカであるイーグル工業(株)にて各種検査及び試験並びにラッピングを行い、その結果有害な異常はなく良好であることが確認された。

格内における交換工事は10月11日～11月12日の12日間にわたって順調に行われ、今回の交換に際して、メカニカルシールが取外されている期間中一次Arカバーガスの万一の漏洩を考慮して、ポンプ上部にメンテナンス用キャップを取付け放射線管理に努めた。

ポンプより取外されたメカニカルシール部品についてもイーグル工業にて検査及びラッピングを実施し、再使用可能な部品は予備品とした。

「常陽」では上述のようにメカシールをそのハウジングごと設備の整った製作メーカの工場へ持出が可能であり、保守作業について高い信頼性が確保できる。これは、ポンプ軸封ガスに清浄Arガスを用いる貫流式のため、汚染しないからである。従って、もんじゅのようにカバーガス系が再循環式の場合、汚染除去が困難となってサイトでのメンテナンスとなる可能性がある。

メカニカルシール交換後、1次主循環ポンプは1988年11月15日に起動されたがA号機において油漏洩量が20cc/hrであることが判明し、監視強化の観点からその対策として、①オイルフレッシュユニットの緊急ドレンラインにフローサイトの設置、②ドレンラインのV31.1-65Aの新規交換を実施した。漏洩量は起動初期の20cc/hrからやや低下し、第17サイクル運転中における値は15cc/hrでほぼ安定し、一方B号機は2cc/hrであった。

今回のメカニカルシール交換後の運転状態は概ね良好であると考える。

(永井 昌幸)

Table. 5.9.1 1次主ポンプ・メカニカルシール交換工程

PNC SN9410 90-125

		昭和63年															
		10/11	10/12	10/13	10/14		11/2	11/3	11/4	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9		11/12	11/13
分 解	カップリング取外/ センタリング確認	—															
	モーター取外/ 台車へ	—															
	モーターマウン トレベル測定		—														
	モーターマウント 取外		—														
	モーター→ →工場へ搬出			—													
	メカニカルシール 閉止板取付		—														
	メカニカルシール 仮組・発送			—													
	部品手入れ						—										
	メカニカルシール 搬入							—									
組 立	メカニカルシール カップリング取付							A	B								
	モーターマウン トレベル調整							A	A	B	B						
	モーター搬入/ 付/芯出し調整								A			A	B				
	油配管取付											A	B				
オイルフラッシング													—				
カップリング接続/ ロックボルト交換															—		
道具片付/ 搬出														—		—	

表中AはA号機、BはB号機を示す。

Table. 5.9.2 1次主ポンプメカニカルシール交換部品リスト (1/2)

部品番号 部品名称	材質	形状寸法
③~⑦ 下部シール固定環	超硬合金 SUS304	
⑧⑨⑩ 下部シール回転環	超硬合金 SUS304	
⑬~⑳㉓㉕㉖ 上部シール回転環	超硬合金 SUS304	
㉗ 上部シール固定環	カーボン	

Table. 5.9.2 1次主ポンプメカニカルシール交換部品リスト (2/2)

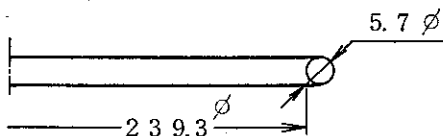
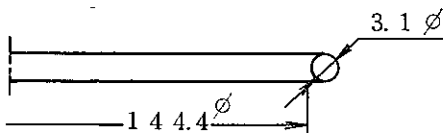
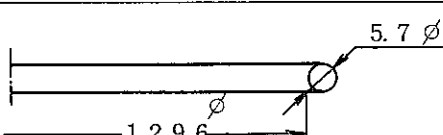
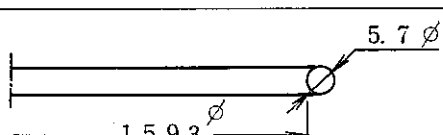
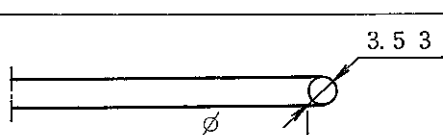
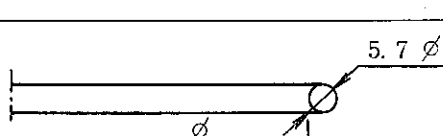
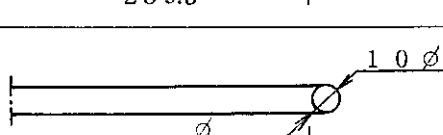
部品番号 部品名称	材質	形状寸法	備考
① オリング	NOK S503 (シリコンゴム)		JIS B2401 G-240
⑪ オリング	NOK S503 (シリコンゴム)		JIS B2401 G-145
⑫ オリング	NOK A103 (ニトリルゴム)		JIS B2401 P-130
⑬ オリング	NOK A103 (ニトリルゴム)		JIS B2401 G-160
⑭ オリング	NOK A103 (ニトリルゴム)		JIS W1516 AN6230-24
⑮ オリング	NOK A103 (ニトリルゴム)		JIS B2401 G-290
⑯ オリング	NOK S503 (シリコンゴム)		JIS B2401 V-530
⑰ ベアリング	N 6228		
⑱ 座金	AW 28		

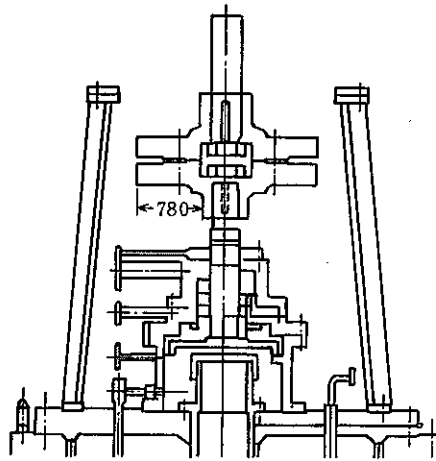
Table. 5.9.3 1次主ポンプメカニカルシール各部品の点検結果

検査項目	検査対象部品				A号機	B号機
					取外し部品	取外し部品
	区分	部品名	部品No.	材質	点検結果、判定	点検結果、判定
解放、外観検査	上部シール	固定環	27	カーボン	摺動部にカケ、及び傷が発生している。 その他の異常は見られない。	摺動部にカケ、及び傷が発生している。 その他の異常は見られない。
		回転環	26	超硬合金	摺動部は全周均一な当りを呈しており、 荒れは少ない。 その他の異常は認められない。	摺動部は全周均一な当りを呈しており、 荒れは少ない。 その他の異常は認められない。
	下部シール	固定環	7	超硬合金	摺動部には面荒れ、及び傷が発生している。 その他の異常は認められない。	摺動部はやや部分的な当りを呈しているが、 荒れは少ない。 その他の異常は見られない。
		回転環	8	超硬合金	摺動部には面荒れ、及び傷が発生している。 その他の異常は認められない。	摺動部はやや部分的な当りを呈しているが、 荒れは少ない。 その他の異常は見られない。
寸法検査 (摺動面摩耗量測定)	上部シール	固定環	27	カーボン	基準値以上(合格)	基準値以上(合格)
		回転環	26	超硬合金	基準値以上(合格)	基準値以上(合格)
	下部シール	固定環	7	超硬合金	基準値以上(合格)	基準値以上(合格)
		回転環	8	超硬合金	基準値以上(合格)	基準値以上(合格)
	—	スリーブ	12	SUS304	設計許容値内(合格)	設計許容値内(合格)
		フランジ	43	SUS304	設計許容値内(合格)	設計許容値内(合格)
摺動面面粗さ測定	上部シール	固定環	27	カーボン	—	—
		回転環	26	超硬合金	—	—
	下部シール	固定環	7	超硬合金	—	—
		回転環	8	超硬合金	—	—
ベローズ荷重測定	—	ベローズ	3~7	—	設計許容値内(合格)	設計許容値内(合格)
パッキン類検査	—	Oリング	1,11,24 28,29,42	ニトリル シリコン	異常なし	異常なし
ベアリング検査	—	ベアリング	15	—	異常なし	異常なし
部品組立品としての 耐圧、機密試験	上部シール	回転環	25, 26	—	嵌合部より漏れなし (合格)	嵌合部より漏れなし (合格)
	下部シール	固定環	3~7	—	嵌合部及びベロー部より漏れなし(合格)	嵌合部及びベロー部より漏れなし(合格)
		回転環	8~10	—	嵌合部より漏れなし (合格)	嵌合部より漏れなし (合格)

Table. 5.9.4 ラッピング後の1次主ポンプメカニカルシール各部品の点検結果

検査項目	検査対象部品				A号機	B号機
	区分	部品名	部品No.	材質	取外し部品	取外し部品
					点検結果、判定	点検結果、判定
ラッピング面の オプテカルフラット	上部シール	固定環	27	カーボン	ラッピングしてもカケ、傷はとり切れない。	ラッピングしてもカケ、傷はとり切れない。
		回転環	26	超硬合金	3HLB以内(合格)	3HLB以内(合格)
	下部シール	固定環	7	超硬合金	ラッピングしても傷はとり切れない。	3HLB以内(合格)
		回転環	8	超硬合金	ラッピングしても傷はとり切れない。	3HLB以内(合格)
アッセンブリとしての 耐圧、気密試験	組立品	—	—	—	—	
寸法検査	上部シール	固定環	27	カーボン	再使用不可につき実施せず。	再使用不可につき実施せず。
		回転環	26	超硬合金	基準値以上(合格)	基準値以上(合格)
	下部シール	固定環	7	超硬合金	再使用不可につき実施せず。	基準値以上(合格)
		回転環	8	超硬合金	再使用不可につき実施せず。	基準値以上(合格)
摺動面面粗さ測定	上部シール	固定環	27	カーボン	再使用不可につき実施せず。	再使用不可につき実施せず。
		回転環	26	超硬合金	基準値以上(合格)	基準値以上(合格)
	下部シール	固定環	7	超硬合金	再使用不可につき実施せず。	基準値以上(合格)
		回転環	8	超硬合金	再使用不可につき実施せず。	基準値以上(合格)

通常状態時の主循環ポンプ



モータ及びメカニカルシールメンテナンス時の状態

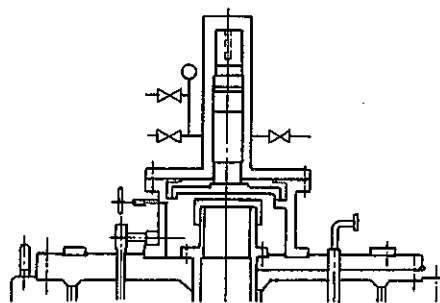


Fig. 5.9.3 1次主ポンプモータ及びメカニカルシールメンテナンス用シールキャップ
据付状態

超硬線状傷の発生過程 (推定)

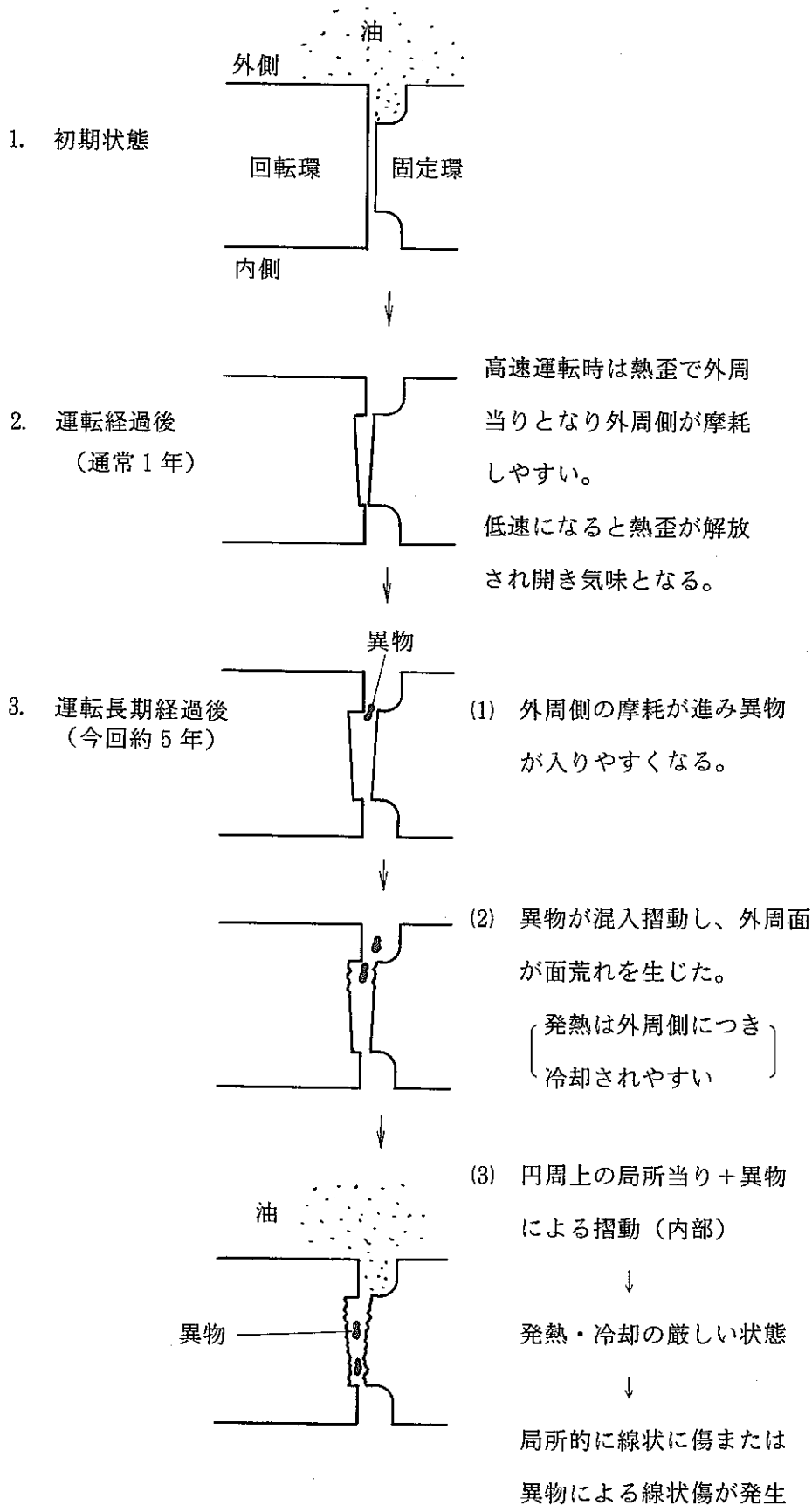


Fig. 5.9.4 1次主ポンプメカニカルシート下部シール摺動面の傷の発生過程の推定

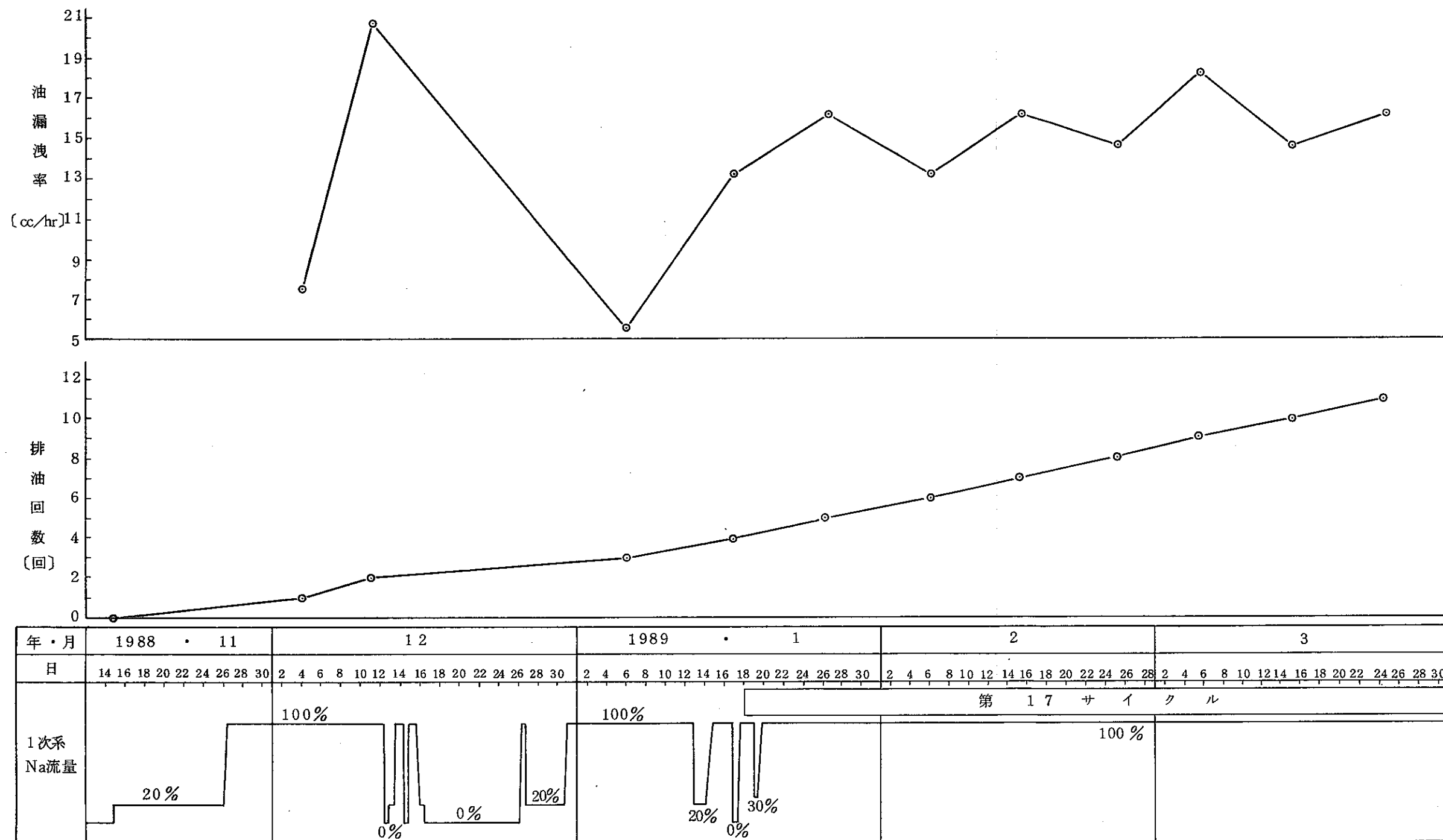


Fig. 5.9.5 1次主ポンプメカニカルシール部からの油漏洩量の推移

6. 保守性改善のための提言

第7回定期検査は、これまでの定期検査期間の最短で完了することを目標に工程が立案されたため、各作業の工程はタイトなものとなった。しかしながら、保守性を改善し各作業を出来るだけ短期間で実施するための種々のアイデアも出され、これらの内主なものについて本章にまとめた。

6.1 1次系電磁ポンプチクワドレン不要対策

6.1.1 対策の必要性

1次冷却系オーバフロ系及び純化系電磁ポンプは、据付位置が格納容器最深部の地下2階であるため自重によるNaドレンができず、系統のNaをドレンした時でも電磁ポンプダクト内にNaが滞溜してしまう。従って系統を停止している時はダクトの予熱が必要であるが、ダクト予熱はコイルの誘導加熱で行なわれるため、定検毎に実施している電磁ポンプ制御装置の点検では、7時間以上制御装置電源を停止すると、Na凍結温度に到達することが運転経験から判っている。しかしながら、IVRオーバホール等制御装置を長期に渡って停止させる場合が多いので、ダクト内Naを凍結せざるを得ないが、ダクト内Naの凍結、溶融のくり返しは、FFTFの純化系電磁ポンプの例からもわかる通り、ダクトの変形を生じさせ、キャビテーションやガス滞溜による大きな温度差によって、ダクト破損に至る可能性があるため極力これを避けなければならない。従って、「常陽」では電磁ポンプ制御装置の点検を行う場合には、ダクト内のドレンを行う、いわゆるチクワドレンを行い対処してきた。チクワドレンは、ダクト内へArガスを吹込みながら誘導加熱を停止し、あたかもチクワのようにNaを凍結させることによって、再溶融時のNa体積膨張に適応するドレン方法である。しかし、オーバフロー系電磁ポンプでは、チクワドレンを実施するために、3日間の作業工程と大量のArガスを消費し、更にパージに使用したArガスが炉容器のカバーガス空間を介して排気されるため、パージに伴って大量のNaベーパー、ミストを同伴し、カバーガス系下流側の弁に不具合を発生させる等の問題があった。又、純化系電磁ポンプでは、直管部が長いこと等配置配管上の問題から長時間のArガスブローを行っても、完全なチクワドレンができない場合があり、運転上も保守上も制約があった。そこで、制御系点検時にもダクト内Naを予熱状態で保持し、プラント上の対応を行なわなくても点検が行えるよう定検時コイル誘導加熱系を設ける。

なお、もんじゅでは同様の電磁ポンプに、上記の問題点を反映して、ダクトドレンラインと専用の小型ドレンタンクが設けられている。

6.1.2 対策

改造の対象となるオーバフロ系及び純化系電磁ポンプ制御装置について、現在使用している主要構成機器の仕様を下記に示す。

(1) 気中遮断器

遮断容量：40 [k A]

(2) 電動型三相誘導電圧調整器 (I V R)

入力電圧：210 [V]

出力電圧：220±220 [V]

容量：*¹20 [k V A] (*²27.5 [k V A])

(3) 進相コンデンサ

定格電圧：440 [V]

静電容量：*¹3200-2800-2400 [μ F]

*²2200-2000-1800 [μ F]

(4) 直列リアクトル

定格電圧：440 [V]

定格電流：*¹57.8 [A] (*²79.5 [A])

インダクタンス：*¹4.0-2.5-1.0 [mH]

*²5.0-3.0-1.0 [mH]

(注) *¹：オーバフロー系用機器仕様を示す。

*²：純化系用機器仕様を示す。

今回改造する内容は、基本的に上記機器とほぼ同一仕様の機器を、既設ライン（以下、本設ラインと略す）と並列に設置し（以下、誘導加熱ラインと略す）、本設ラインの機器メンテナンス時に、電源をこのラインへ切り替え、電磁ポンプの誘導加熱を行える様にするものであり、その改造をFig. 6.1.1に示す。改造の検討に当たっては、極力コストダウンを図る事を前提としたため、特に進相コンデンサ及び直列リアクトルについては、当初省略する方向でいたが、安全性を重視した場合リスクを負う可能性が大きい為、これらを設ける事とした。現時点で設置する各機器について、具体的な型式決定には至っていないが、上記観点からほぼ同一仕様の機器を採用するに到った理由を以下に述べる。

1. I V R

- (1) 本来、電磁ポンプダクト部の予熱用のみに使用するのであれば、既設と同一の容量を満足する必要は無いが、本設ラインを使用した定格流量での運転中に、当該設備に何らかの故障が発生し、運転継続が不可能となった場合、誘導加熱ラインへ電源を切り替え、これを使用する事によって、プラント復旧が容易に行える。
- (2) 電磁ポンプはその性格上、極端に力率が悪い為に、(1)項の条件を満たす事を考慮した場合、同一あるいはそれ以上の負荷容量を受け持つ事ができる I V Rを採用する事が必要である。

但し、誘導加熱ラインの I V Rは、長期間の使用は前提としない為、電圧の昇降操作はシンプルな手動式とし、コストダウンを図る事とする。

2. 進相コンデンサ

純化系電磁ポンプについては、昭和54年～55年にかけて特性試験（SN941 82-34参照）が行われており、これにおいて力率0.3～0.4というデータが得られている。このように電磁ポンプの力率が悪く、今回の改造後においても、電源の一次側配線（気中遮断器～断路器）は既設の状態で使用する為に、誘導加熱ラインにおいても、安全上進相コンデンサを挿入し、線路電流の低減を図る事が必要となった。

3. 直列リアクトル

前記した通り、進相コンデンサを回路に挿入した場合、力率が改善され線路電流が減少し、設備容量に余裕ができるが、反面次のデメリットが生じる。

- (1) 回路の電圧波形に歪みが生じ、基本波に高調波が重畳された分の余計な電流が流れる。
- (2) コンデンサ投入時の突入電流が大となり、これに対する対策が必要となる。

従来、電磁ポンプの誘導加熱に当たっては、I V Rの出力電圧をオーバフローEMPで約65〔V〕、純化系EMPで約70〔V〕に維持しておき、気中遮断器によるON-OFFによって温度制御を行っている。誘導加熱ラインにおいても、同様の操作による温度制御を行う事から、特に(2)項については、大きな問題となり、これらを抑制する直列リアクトルの設置が必要となる。

次に共用する気中遮断器の操作回路に対して、変更すべき内容をFig. 6. 1. 2に示すシーケンス図を基に述べる。図はオーバフロー系EMPの電源を「入」「切」する気中遮

断器の操作回路で、この内「入」及び「トリップ」回路のみを示したものであり、これらに対して以下の二点の変更が必要となる。

- (1) 33MYB 4 接点をバイパスする形で、83OF 接点を結線する。
- (2) 51接点をバイパスする形で、51M接点を結線する。

まず(1)項であるが、33MYB 4 リレーは本設 I VR の出力電圧を、65〔V〕以上に設定した場合、その接点が開き「入」操作を出来なくするものである。本設ラインのメンテナンス時、本リレー廻りもその対象となっており、この際リレーが ON-OFF する事によって気中遮断器が投入不可能となり、誘導加熱操作が行えなくなる。従ってこれを回避する為に、誘導加熱ラインに電源が切り換えられた時に励磁する 83OF リレーを取りつけて、その接点で 33MYB 4 接点をバイパスさせる事とした。

(2)項の 51接点は過電流継電器の接点であり、これが動作した際、気中遮断器をトリップさせるものである。誘導加熱ラインにおいても設備を保護する上で、同様の過電流継電器を設置するものとし、その接点を 51M と称し 51接点をバイパスする形で、設置する事とした。

尚、純化系の気中遮断器操作回路もオーバフロー系のそれと同一である為、同様の変更を行う。

(井上 設生)

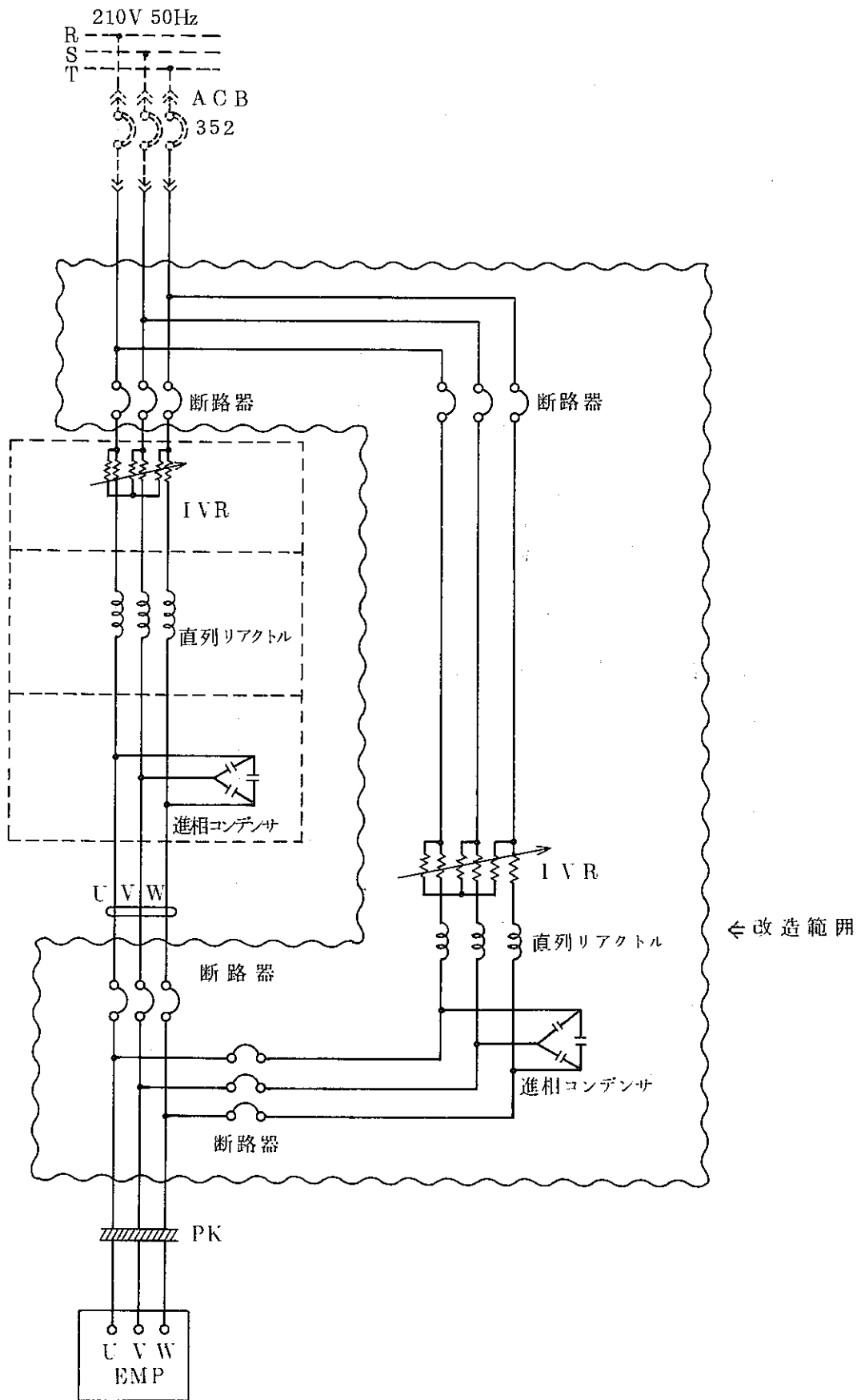


Fig. 6. 1. 1 1次系電磁ポンプ専用予熱装置概略図

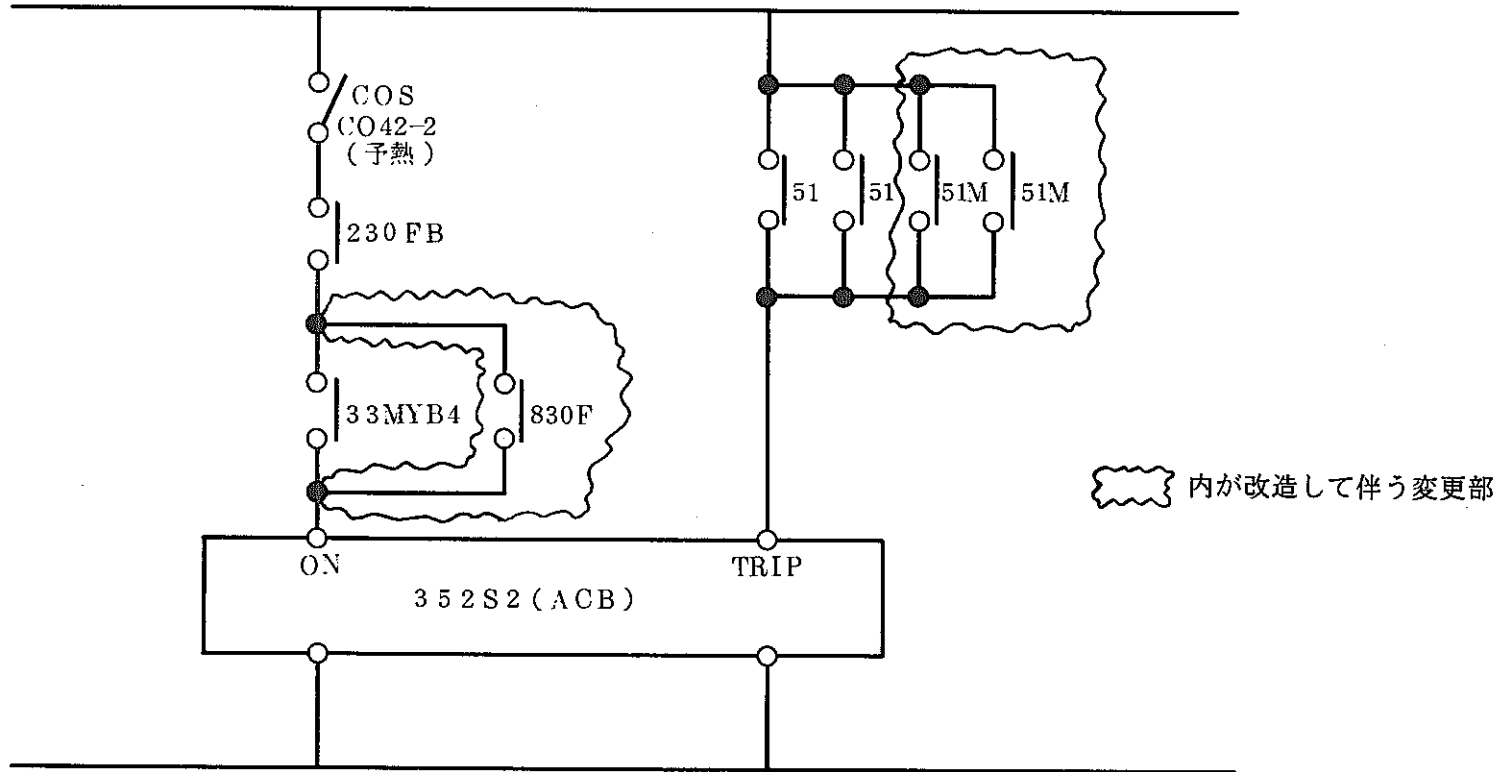


Fig. 6.1.2 1次系電磁ポンプ操作回路の変更部

6.2 床下設置電動弁の駆動方式変更

5.3章の電動弁点検の中で格納容器床下の1次主冷却系機器配管の近傍に駆動部とともに設置されている予熱N₂ガス系電動弁（V71-48A、48B、49A、49B、シャコン系-予熱N₂系切換弁）について、駆動部の劣化が著しいことを述べた。この原因は駆動部が前述のように床下にあるので、原子炉運転中高線量に曝されかつ、雰囲気温度も上昇することから、駆動部内部のリミトルク等の樹脂パーツ、Oリング、グリス、ケーブル等が、放射線損傷と長期間に渡る高温環境が複合したことによると考えられる。これらの電動弁の設置位置では定検中においても空間線量が高く（30～100mR/hr）劣化したパーツの交換、調整等に係わる作業員の被曝線量増大を招いていた。そこで4台の駆動方式を変更し、放射線による劣化を防止することとした。方式としては、放射線損傷に強く、調整やメンテナンスの要求が低い空気作動弁を採用することとした。改造にあたってはこの他にエクステンションロッドを使った在来式の遠隔操作電動弁、フレキシブルシャフトを用いた電動弁（駆動部はいずれも床上に設置）も検討したが、前者は弁軸上に床貫通口がなく、又、後者は長尺のフレキシブルシャフトの使用実績がないことから検討からはずした。空気作動弁については以前から床下で使用されている雰囲気調整系空気作動弁がアクチュエータの根本的な不具合を生じておらず、リミットスイッチや空気シリンダ内Oリングの材質を入念に選定すれば充分採用可能であると判断した。空気作動化にあたっては、弁本体はそのまま使用できるので電動部を取外し空気シリンダと交換する。また空気配管、開閉切換3方、電磁弁、操作回路変更も必要となる。特に電磁弁は床下に置くと劣化し故障の原因となることから、床上に設置する必要があるが、開閉速度が問題となる弁ではないので電磁弁と空気シリンダとの距離が長くなっても支障を生じることはない。

今までの保守経験から言えば、空気作動弁は、定常的なメンテナンスが容易で、電動弁に比べ保守が短時間で済み、トルクの調整も必要ないことから、床下作業での作業員の被曝を大巾に低減でき弁点検に要するコストの低減も図ることができると考えられる。

Fig. 6.2.1に空気作動化した時の系統図を示す。

6.3 格納容器局部漏洩率C種試験対策

「常陽」では定検毎に格納容器局部漏洩率C種試験（隔離弁漏洩率試験以後C種試験）を実施してきている。しかし、C種試験は系統の隔離弁を閉塞して行う必要があることから、その系統機能の一部を失なうため、FBRの特徴である定検中でも必要なNaの予熱やカバ

ーガスの呼吸機能の確保の点からは、その試験期間は極力短かくする要求が以前から高まっていた。

C種試験における漏洩率測定時間は隔離弁口径で決まっているが、C種試験を行うためのプラント操作や復旧等で時間を要している部分について、若干の試験用仕切弁を追加することによって、C種試験準備を合理化することができる。

今回は、特に1次系について、その対策を検討した。対策の一部は第8回定検中に実施する予定である。以下に系統ごとにその内容を述べる。

6.3.1 1次Arガス系

1次Arガス系供給側隔離弁のC種試験の際には、試験加圧条件を整えるために（供給タンクからの背圧の影響を排除するために）Ar供給タンク内のArガスを放出する必要があった。（約30m³）また、圧力を下げることによる放出終了後から試験終了までの間の系統への空気混入の恐れがあった。これに対してはFig. 6.4.1のように供給タンク出口側に仕切弁を追設すればV36.1-36から追設弁までの間だけ管内圧を降下させれば良いことになり、試験準備が大巾に合理化される。また、ストレーナの内部フィルタの交換も供給タンク内のArガスを放出しなくても実施出来るようになり、フィルタ交換に要する作業が省力化が計れる。

6.3.2 1次Na純化系

本系統も1次Arガス系と同じようにC種試験の際、コールドトラップ冷却のためのN₂ガスをサージタンクも含めて降圧する必要がある。そこでFig. 6.4.2に示すようにサージタンク出口に仕切弁を設置すれば、サージタンクを降圧する必要がなくなり放出ガス量を低く押さえることができるとともに系内への空気混入も防止できる。

6.3.3 予熱N₂ガス系

本系統の隔離弁は原子炉運転中は常時閉であることから、格納容器外側に1重に設けられており、隔離弁の外側に盲フランジを取付けてC種試験を実施してきた。盲フランジ取付けには保温撤去、配管切離し等の準備及び復旧作業が必要でありこのために長時間を要していた。更に系内がCPにより汚染しているため、フランジ取付作業で配管を切離す時周囲を汚染させる恐れがあり、作業エリアの養生とともに、作業員も汚染防護のために重装備を要求され、C種試験実施上の問題点となっていた。

この対策としてFig. 6.3.3に示すようにフランジの外側に仕切弁を追加し、フランジ取付作業をなくすことによって汚染作業を合理化する。ただし、他の系統と異って、予熱N₂

ガス系の運転温度が200℃と高温であること、仕切弁追加によって圧損が増加し予熱N₂ガスのブロワの交換等を要しないこと、配管口径が14Bと大きいこと等を考慮して弁の選定を行う必要がある。

(谷山 定美)

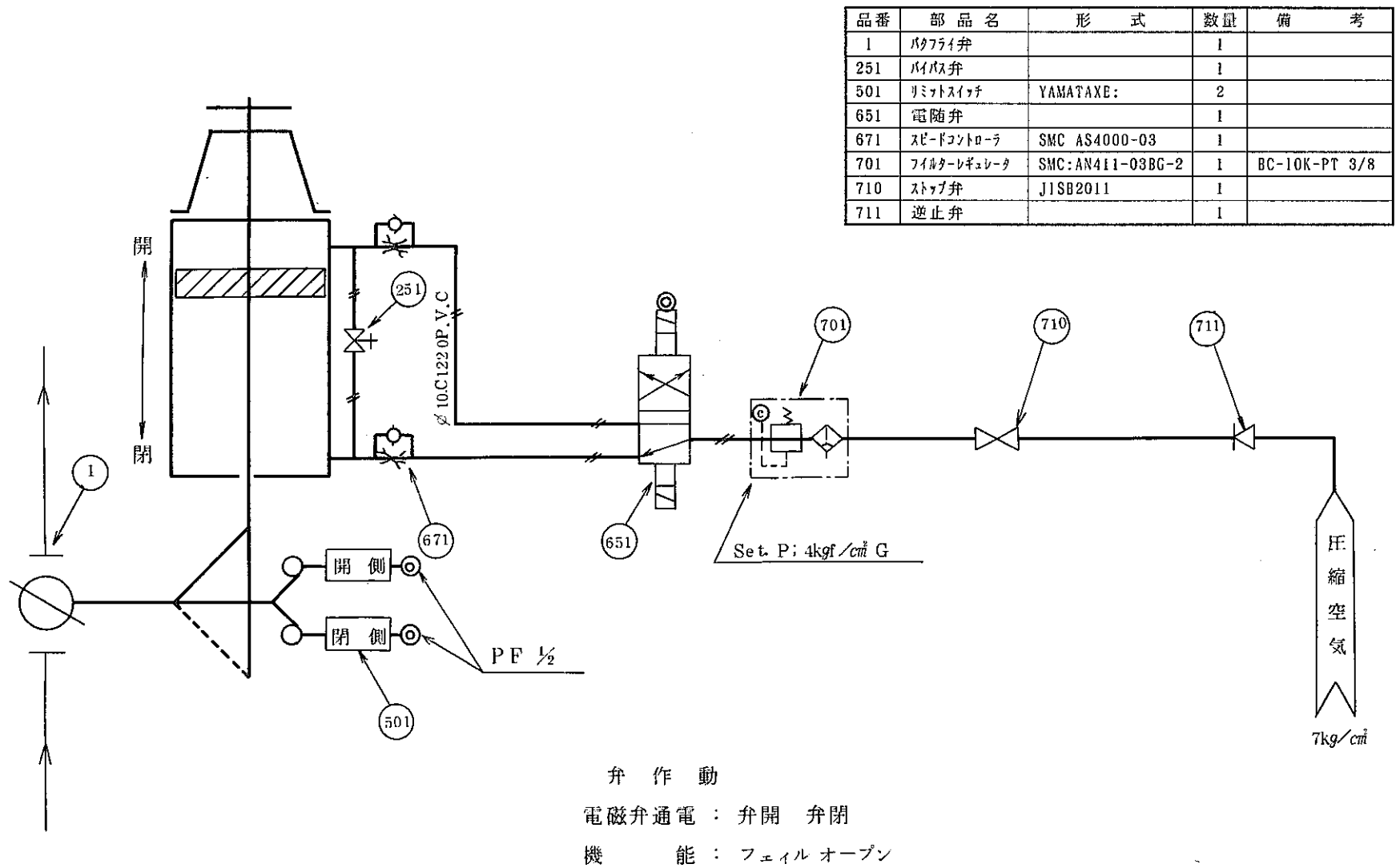
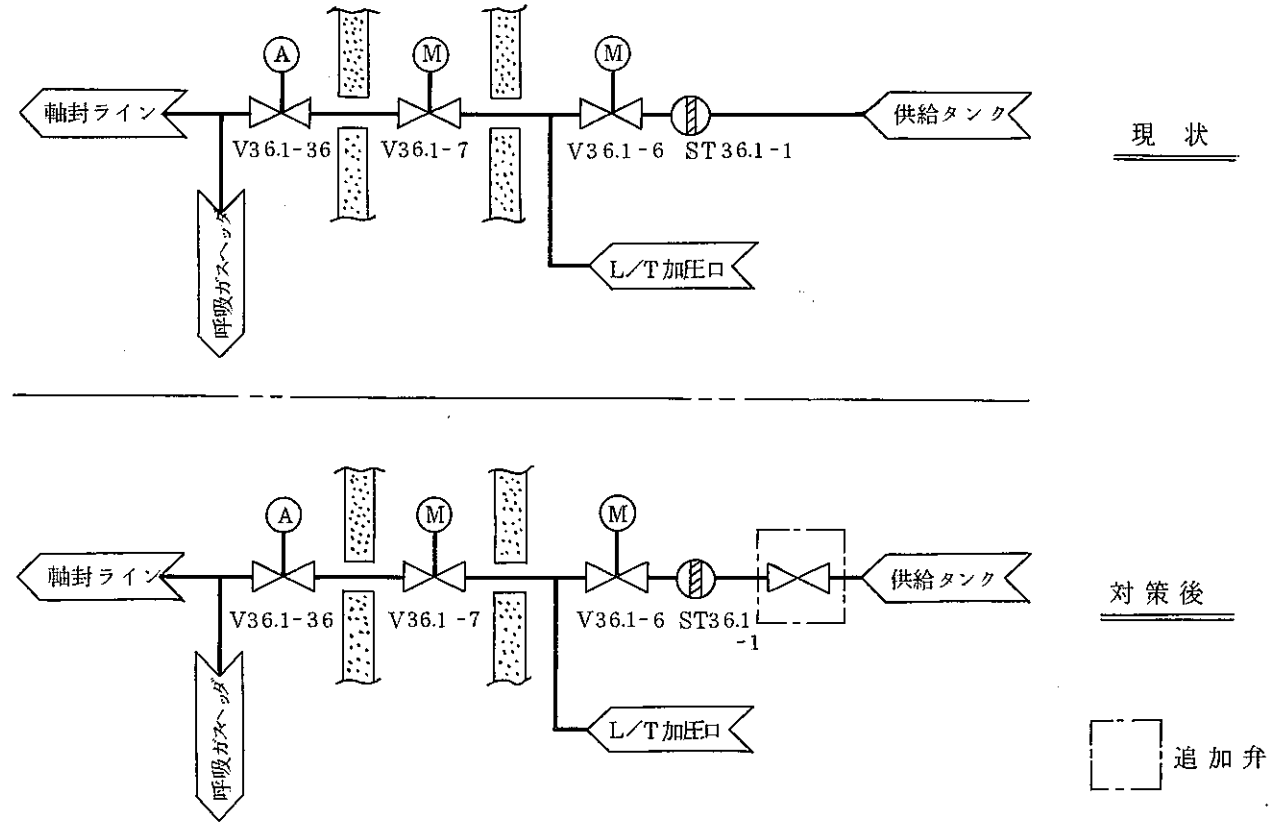
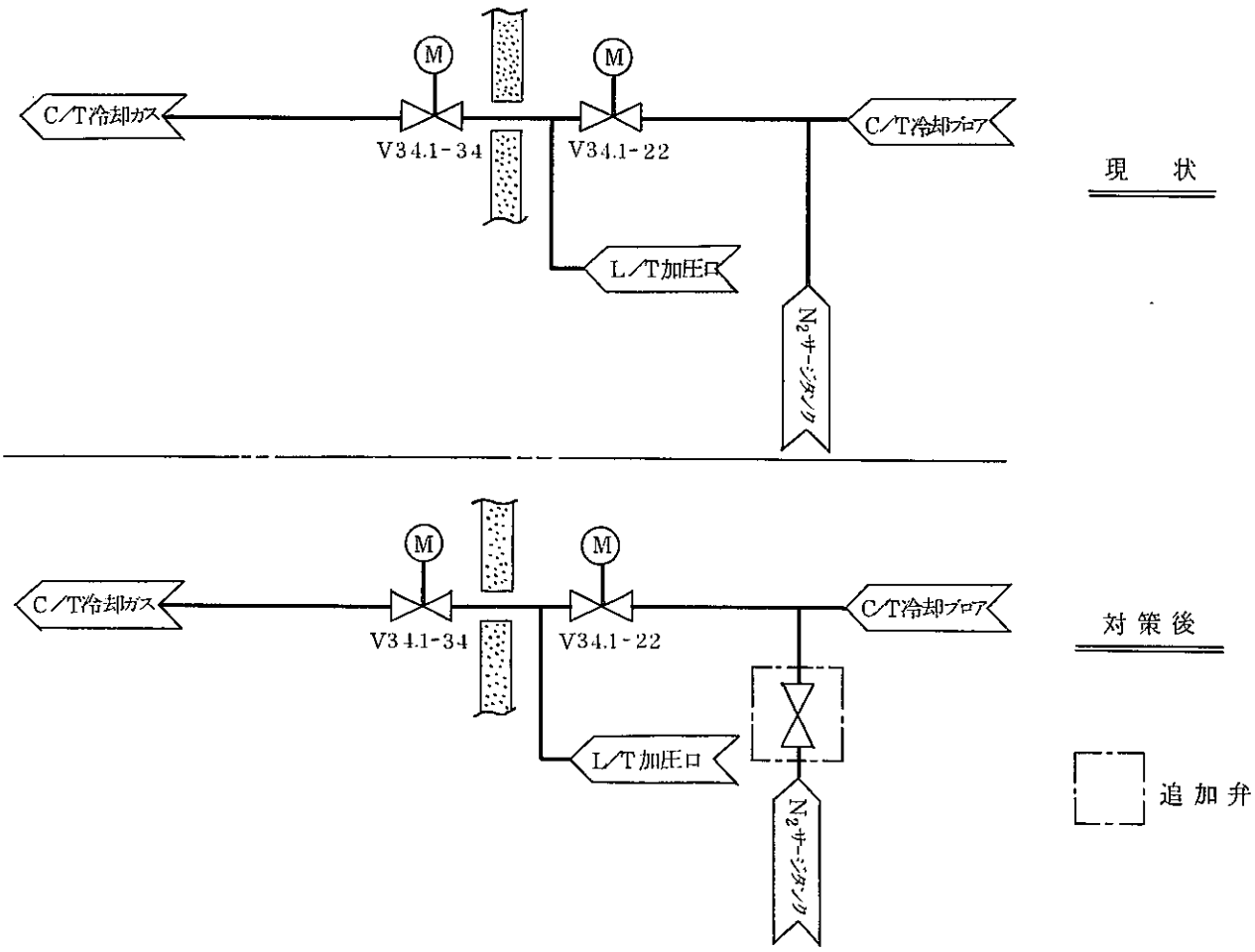


Fig. 6. 2. 1 床下設置電動弁を空気作動化した時のバルブのフローダイヤグラム



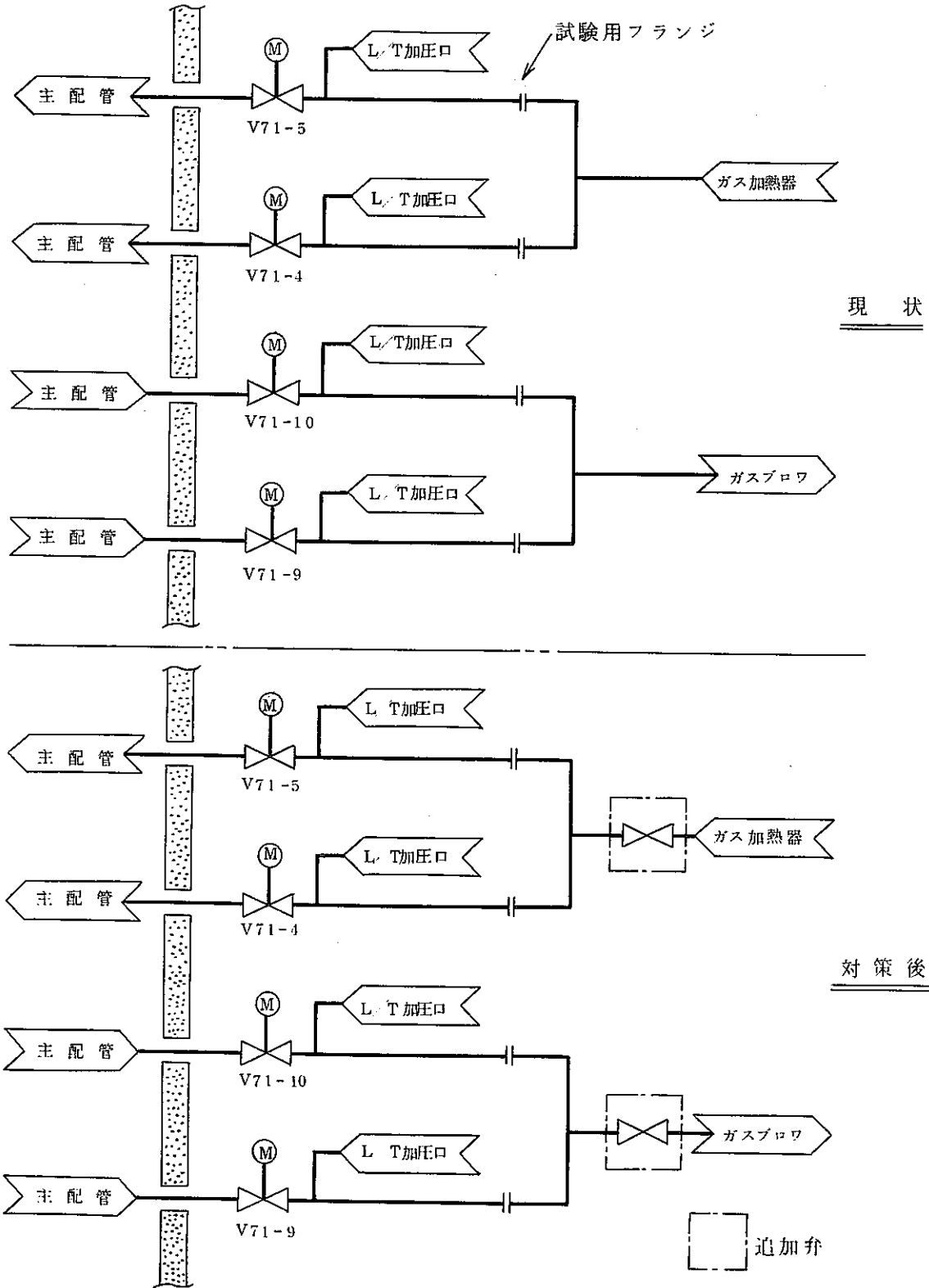
〔1次アルゴンガス系〕

Fig. 6.3.1 1次Arガス系供給側隔離弁C種試験対策



〔1次ナトリウム純化系〕

Fig. 6.3.2 1次Na純化系隔離弁C種試験対策



(予熱窒素ガス系)

Fig. 6.3.3 予熱 N_2 ガス系隔離弁C種試験対策

6.4 メンテナンス用予熱装置の設置

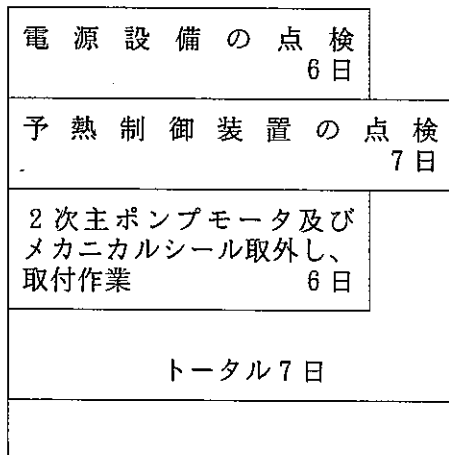
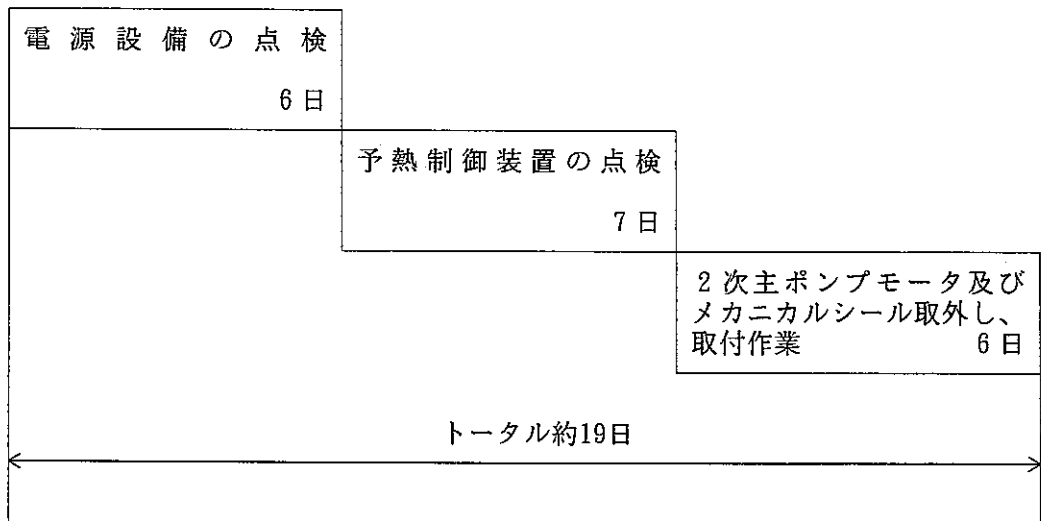
『常陽』の2次ナトリウム冷却系の一部にはドレンしたナトリウムを溜めるダンプタンクや、Na不純物を滞積させておくコールドトラップ等、プラントの運用上予熱保持の必要な機器がある。また、2次主ポンプモータ及びメカニカルシールの取外し、取付時には、ポンプのインペラ部等に付着しているナトリウムを溶解して、シャフトを回転及び軸方向に動かすことが可能な状態にする必要がある。

この為電源設備点検、予熱制御装置点検作業は、予熱対象箇所の温度を監視しながら、当該箇所の温度が120℃以下にならないようにして実施しなければならない。つまり、通電を断する際には、予め120℃になる迄の時間を予想して点検作業を行い、当該箇所の温度が120℃になったら作業を一時中断し再び通電して温度を上げ、温度が上昇したら再び通電を断として、作業を継続するという操作を繰り返し実施しなければならない。この通電の断にあたっては、プラントの運転側へ操作依頼を行って、当該箇所の通電の断を実施してもらい、それから点検作業開始前の確認として保守側で検電器により通電の断を確認するという手順を踏む必要がある。また、通電が必要となった時は点検作業を一時中断してプラントの運転側へ通電の操作を依頼し、当該箇所の温度を上昇させ、点検作業が行える温度となったら再びプラント側へ通電断操作を依頼するという手順を踏まなければならない。この為、点検作業の時間が制限され作業効率が課題となっていた。また点検工程については、次の図に示す様に、電源設備の点検、予熱制御装置の点検、2次主ポンプモータ及びメカニカルシールの取外し、取付作業をシリーズに行うことを余儀なくされ、点検に約19日が必要である。以上の問題の解決方法としては、常用ヒータと同一箇所に100%予備として布設されている予備ヒータに別系統の電源から電源を供給してメンテナンス時に使用する方法が最も適切であるという検討結果を得た。

Fig. 6.4.1にメンテナンス用予熱装置を示す。

このメンテナンス用予熱装置を使用することにより、点検時間の制限がなくなるとともに、電気作業の通電断毎に行う検電確認作業が点検作業開始時の1回のみとなる為、作業効率が向上する。また連続して点検作業を行うことによる作業効率の向上とともに、各設備の点検を同時期に実施出来ることから、点検に要する日数はトータル7日に短縮することが可能であり、メンテナンス予熱装置設置前の約19日より大巾な工程短縮を図ることができる。

(上田多生豊)



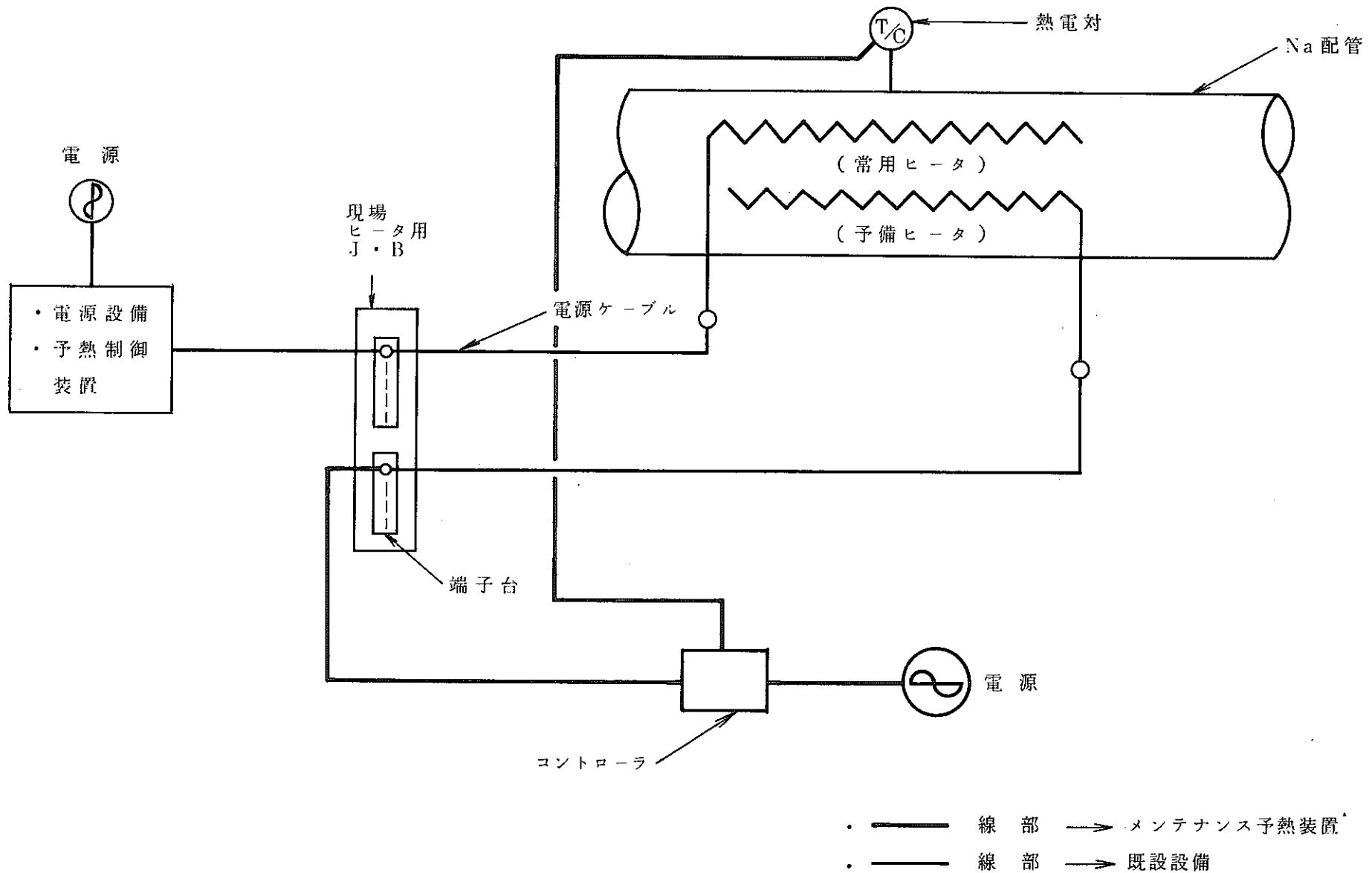


Fig. 6. 4. 1 メンテナンス予熱装置概略図

6.5 2次アルゴンガス系点検の省力化について

定期点検時の2次アルゴンガス系点検は、本システムに設置されている弁、圧力計類、流量計、バックアップフィルターの機器について、分解点検・部品交換・計器校正等を行っている。

Fig. 6.5.1に第7回定検時の点検対象を示す。

この点検に必要なプラント条件は、アルゴンガスの現場雰囲気への漏洩防止、2次系内圧の正圧保持及び過渡的な圧力変動防止の観点から、2次系ナトリウムはドレン状態、アルゴンガス系は通常圧力(0.2~0.3kg/cm²)を数mmAqまで降圧した低圧運転状態である。

この点検は、2次系の内圧数mmAqの状態を手動にて圧力調整する必要があるとともに、2次系内への空気の持ち込み防止の観点から、従来は点検対象機器に対応したガス系のプラント状態設定、終了後の系内パージ及びプラント状態の復旧を毎日実施する必要があった。

このため、これらの条件設定が本点検の全作業時間に占める割合は40~50%となり、作業効率が好ましいものではなかった。更に2次系バウンダリの開放を伴う作業(2次主ポンプメカニカルシールの取外し、取付け作業、サーベランス材取出し作業)の時期がこの点検期間中と重なった場合、2次系の内圧制御のために点検部によってはガス系プラント状態を復旧する必要がある。この結果、両者の点検、作業共に作業効率が悪く、点検工程が必要以上に長くなっていた。

以上の問題点を解決するために、本項では作業省力化の観点でその可能性を検討した結果、次の2通りの方法が考えられた。

- ① 点検用カバーガス呼吸ラインの仮設による2次系内圧の制御
- ② 2次系とアルゴンガス系盤廻りの配管とのバウンダリを受けもつ弁(V36.2-11A、11B、41A、41B、42、43)の閉によるガス系の給排気停止方法

以下、この2つの方法の成立性について検討する。

① 点検用カバーガス呼吸ラインの仮設による2次系内圧の制御

本方法は、当該バウンダリを受けもつ弁を閉とし、ガス系盤廻りの配管を隔離した状態で点検を行うと共に、呼吸ガスヘッドをバイパスして2次系の内圧制御(給排気)を行うものである。Fig. 6.5.2に点検用カバーガスラインの概念図を示す。

具体例としては、当該バウンダリを受けもつ各弁を仮設4方弁に取り替え、各弁間をフレキシブルチューブ等で接続して、給排気ラインを形成する方法が考えられる。Fig. 6.5.3に4方弁廻りの取合いの概念図を示す。

この方法によりガス系の点検と2次系バウンダリの開放に伴う作業とが並行して作業が行えるため、両者の作業時間の短縮化が大幅に図られる。

② 2次系とアルゴンガス系盤廻りの配管とのバウンダリを受けもつ弁の閉によるガス系の給排気停止方法

この方法は、点検開始日に当該バウンダリを受けもつ弁で遮断（給排気停止）し、最終日に2次系全体を含めた系統パージ等の復旧操作を行うものである。

この方法では、2次系の給排気停止状態に於ける予熱ヒータのON-OFFによる温度変化が2次系内のガス圧力変動を引きおこし、この程度がその実施の可否を決定するが、以下に示す通り系内ガスはその正圧保持または2次系の設計圧力の制限を満足し、十分に成立することが判った。

ケース1：予熱による圧力変動

ここでは、最も厳しい条件として、2次系の全予熱ヒータがONからOFF（温度は200℃から190℃まで降下）へ切替った場合の2次系内圧の降下量を求め、必要な初期圧力（封じ込めのガス圧力）を算出する。

仮定条件は次の通りとする。

- イ. 予熱ヒータ設定温度 200±10℃
- ロ. 2次系ガス温度が予熱ヒータ設定温度と同じ挙動を示す。
- ハ. 2次系内の200℃における圧力は大気圧（1013mAq）とする。

温度変化による圧力は次式で示される。

$$\Delta P_1 = P_1 - \frac{T_1}{T_2} P_1$$

P_1 : 大気圧 (mmAq)

T_1 : 予熱ヒータの上限温度 (°C)

T_2 : 予熱ヒータの下限温度 (°C)

$$\Delta P_1 = 1013 - \left[\frac{210+273}{190+273} \right] \times 1013$$

$$\approx -44 \text{ mmAq}$$

よって、初期圧力は正圧維持の観点から約50mmAq（44mmAq以上）が必要となる。

ケース2： 系統圧の上昇限度

ここでは、先の初期圧力を2次系が室温時に設定し、それが予熱で上昇する圧力の限度を求める。条件は以下の通りとする。

- イ. 2次系ナトリウムはドレン状態
- ロ. 2次系ガスの初期圧力 50mmAq
- ハ. 2次系のガス温度20℃（アルゴンガス供給系のガス温度と同温度と想定）

この状態は予熱ヒータが設定温度200±10℃で投入された場合、圧力上昇は次の通りになる。

$$\Delta P = \frac{T_1}{T_2} P_2$$

P_2 :	初期圧力	50 (mmAq)
T_1 :	最高到達温度	210 (°C)
T_2 :	初期温度	20 (°C)

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{210+273}{20+273} \times (1013+50) \\ &\approx 1752 \text{ (mmAq)} \end{aligned}$$

となり、2次系で定められている個々の設計圧力中の最小値10,000mmAqを下まわる。

以上、ケース1及びケース2より本方法は問題なく成立する。

尚、この2つの方法の適用基準は、ガス系点検時に2次系バウンダリの開放が伴う作業が重なった場合は方法①、そうでない場合は方法②を運用する。即ち、2次系の内圧制御の有無で判断する。また、この方法を採用すれば、作業時間が従来の1/2程度で済むものと考えられる。

(伊吹正和)

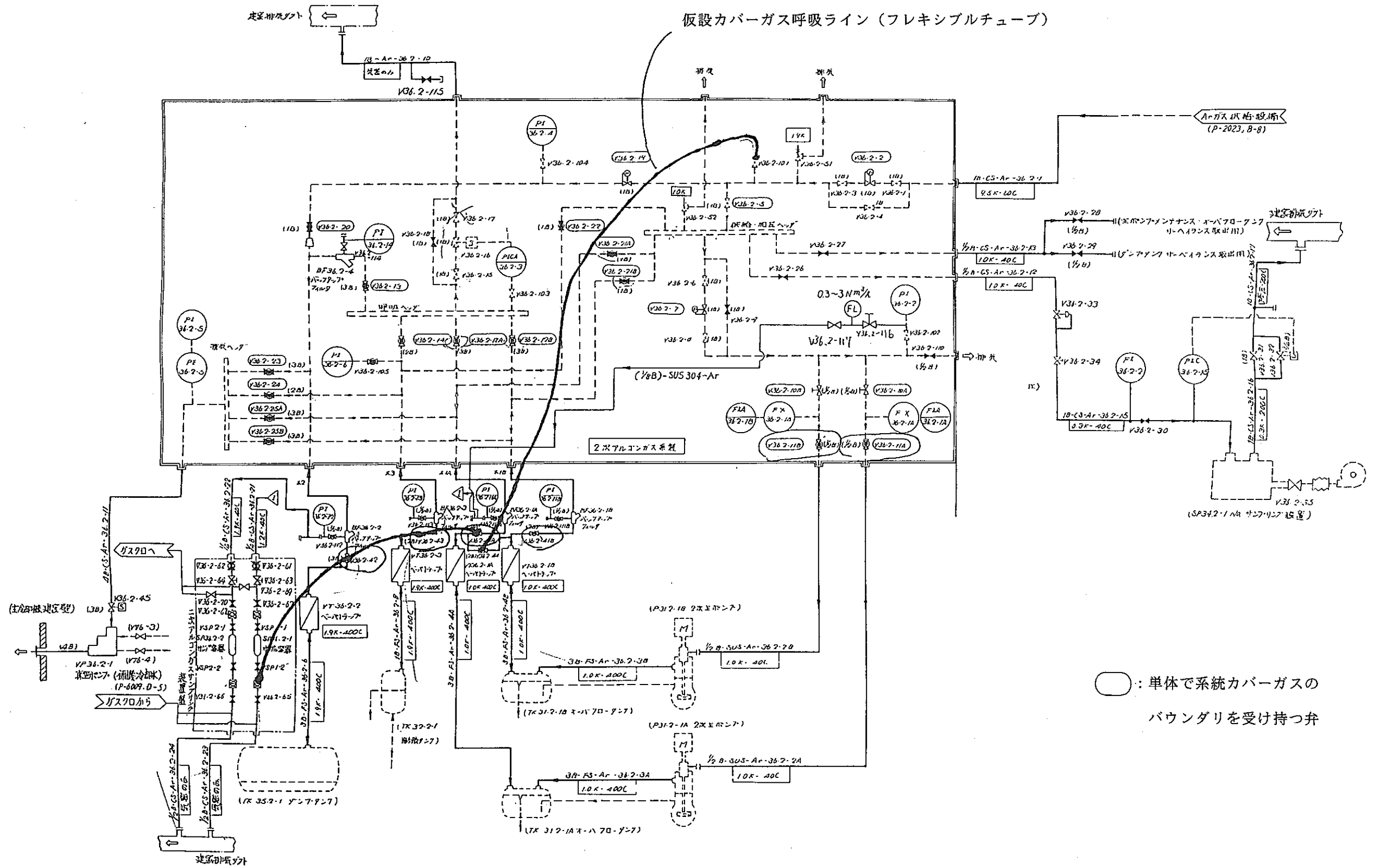


Fig. 6.5.2 2次Arガス系点検用カバーガス呼吸ラインの概念図

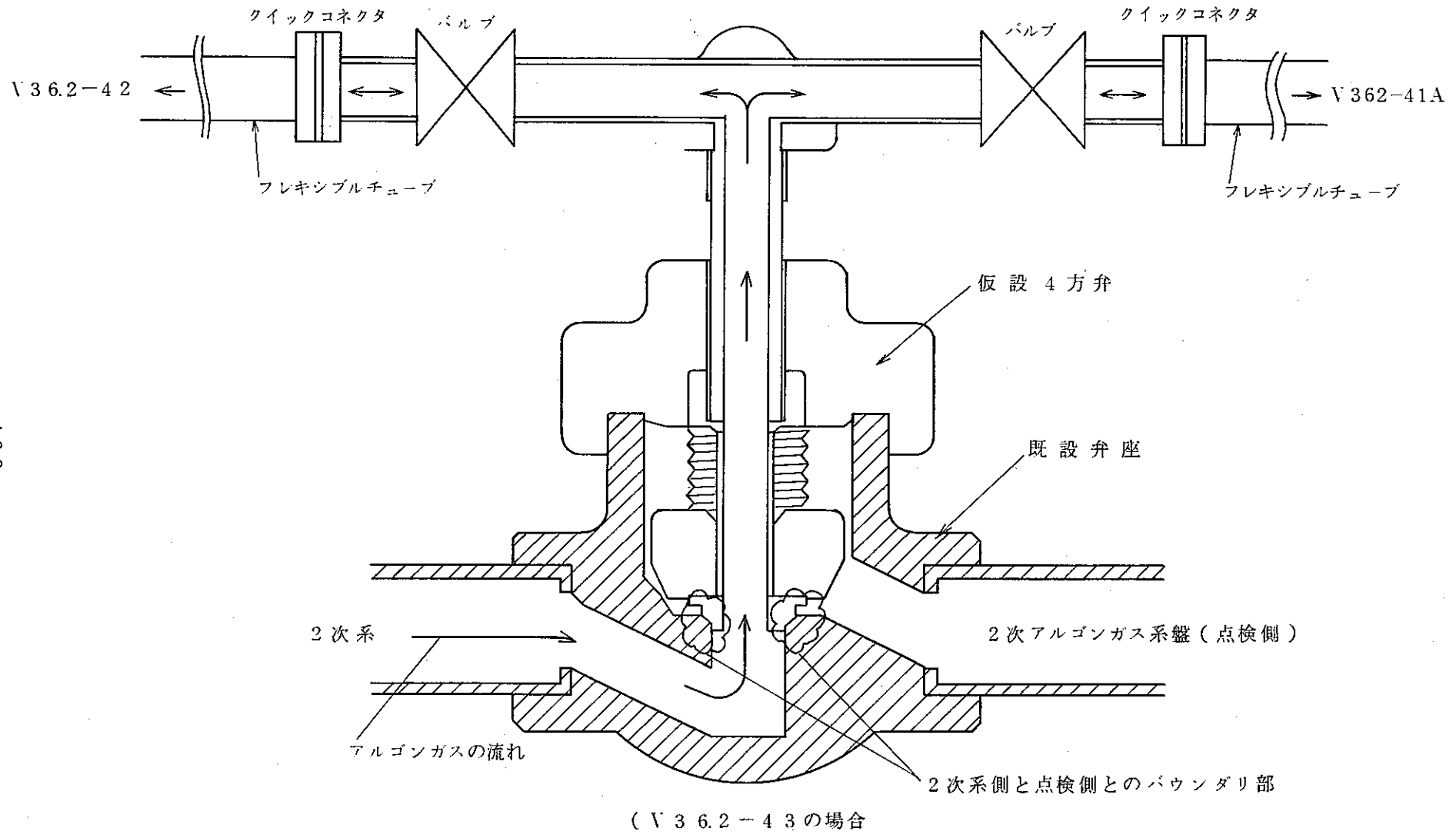


Fig. 6.5.3 2次Arガス系点検時の仮設4方弁廻りの取合い部の概念図

6.6 2次主循環ポンプモータ架台の改造

6.6.1 概要

2次主循環ポンプモータのメンテナンスを行なうには、モータと架台を一体として取外す必要があるが、架台には下部オイルタンクの油漏洩管が貫通しており、この管内はArガスで大気とバウンダリが保たれている。そのため当該作業を実施する際は、当該配管取外し作業が必然的に要求され、同時に、2次Arガスバウンダリ開放に伴う酸欠防止対策を実施しなければならない。従って、2次主循環ポンプモータのメンテナンス時の酸欠防止のための作業を無くし、作業の安全と効率の向上を目的に検討を行なった。その結果、2次主循環ポンプモータ架台を一部改造することにより、これら酸欠防止に伴う種々の作業が不要となる見通しを得た。これにより、安全性の向上が図れるとともに、約10人工分の作業を削減することができる。

6.6.2 内容

2次主ポンプモータのメンテナンスは、所定の位置に仮置または、工場へ運搬して行っており、モータの設置してある架台ごと取外す方法を採用している。この理由は、本モータは大型で重量物である為、設置してある架台ごと取外す方が作業が容易で効率が良く、また、メンテナンス時の専用架台が不用となるためである。

本作業では、Fig. 6.6.1に示すようにメカニカルシールの下部漏洩配管がモータ架台の開口部を貫通して布設されているため、この配管を取外した後でなければ、モータ架台及びモータを取外すことができない。しかし、このメカニカルシールの下部漏洩配管は、2次Arガス系統へ接続されており、従って0.2~0.3kg/cm²Gの圧力がかかっているため、次に示す手順から明らかなようにArガスバウンダリ開放のための対策が必要となる。

作業手順

- ① 他作業とのガス圧の取合調整
- ② 2次Arガス系統圧力を降圧(0.3kg/cm² → 数mmAq)し⑥の項目迄数mmAqの圧力で保持する。本作業は手動操作で行い、作業者が圧力を連続監視しなければならない
- ③ 系外へのArガス流出防止の為の養生及び酸欠対策
- ④ メカニカルシール下部漏洩配管の取外し及び盲フランジの取付
- ⑤ 他作業とのガス圧力の取合調整
- ⑥ ②で降圧した圧力を通常の圧力に戻す作業

本作業は手動操作で行い作業者が圧力を連続監視しなければならない。

⑦ ④で取付けた盲板部の漏洩確認

⑧ モータ・架台の取外し作業

上記の様に2次主ポンプのモータ・架台を取外すには①～⑧迄の作業を行う必要があり、モータ・架台の取付作業時にも同様の作業を行わなければならない。

この為、前記の①～⑧の作業（酸欠危険作業等）を無くし作業の効率を良くする為の検討を行った。

その結果、Fig. 6.7.1のモータ・架台の略図に示す様にモータ・架台を切除し、取外し可能な補強材で補強するように改造する方法が最適と考えられる。この方法により架台の取付け、取外し作業時は、この補強材を取外すのみで済むことになり、前記①～⑧の作業に要する約10人工が削減できるとともに酸欠作業をなくすことによる安全性の向上が期待できる。

(上田多生豊)

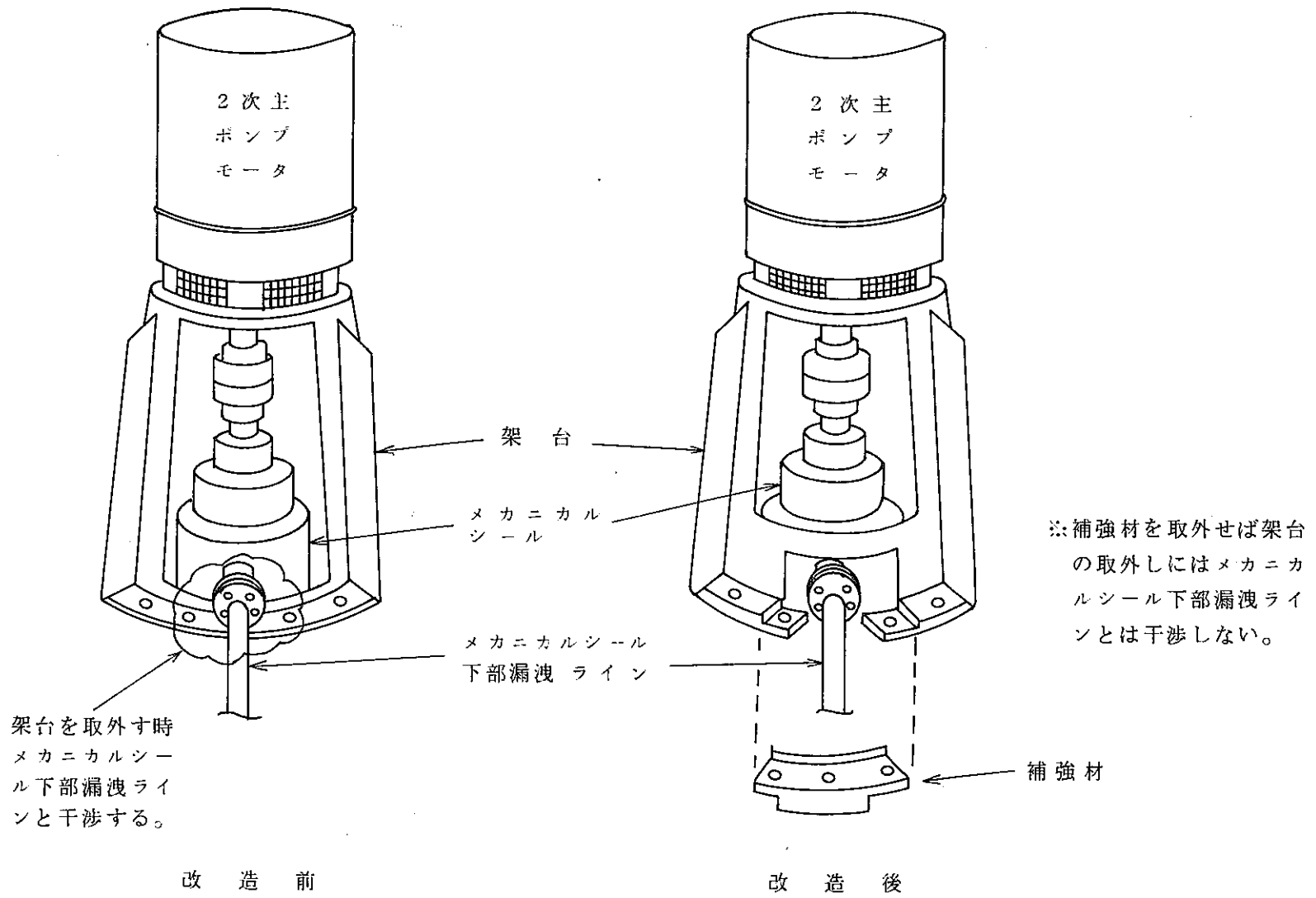


Fig. 6. 6. 1 2次主ポンプモータ架台概略図

6.7 制御棒駆動機構上部案内管交換時のNa除去作業の改善

6.7.1 概要

5.5で述べた制御棒駆動機構上部案内管交換作業（以下、UGT交換作業という）で炉上部から制御棒駆動機構上部案内管（以下、UGTという）を引抜いた後、UGT取付け孔にNaベーパーまたは引抜き作業時にUGTから滴下したNaが付着している可能性がある。この時、Naが付着した状態で新UGTを装荷しようとした場合、UGTとUGT取付け孔の嵌合部のギャップは0.007mmから0.027mmしか無いため、Naによる装荷不良及びUGTとUGT取付け孔のシール面を傷つけ気密性が保て無くなることが考えられる。また、Oリング部に塗ってあるグリスが新UGT装荷時に炉内へ入る可能性がある。

よって、UGT引抜き後はUGT取付け孔のNa除去及び内面清掃を行う必要がある。

6.7.2 現在の作業方法と問題点

現在、Na除去作業は、Fig. 6.7.1に示す装置をFig. 6.7.2に示す作業要領で作業を行うが、この作業には以下に述べる欠点がある。

- (1) プラバックを使用しているため、損傷させない様に取り扱わなければならない。
- (2) プラバックを使用しているため、超高真空ドアバルブ（以下、超高D/Vという）を開けている間炉内カバーガス圧力を極低圧（0 mmAqから5 mmAqの間）で制御（中央制御室#424盤で手動制御）しなければならない。
- (3) プラバック〔B〕を下部案内筒〔下〕及び下部案内筒〔上〕に取付ける場合に、他の機器（延長管引上工具、INTA駆動部ハウジング及び燃取設備等）で作業エリアが制限されるため、作業性が非常に悪い。
- (4) 下部案内筒〔上〕から上側を切離し下部案内筒〔下〕を取付けたままの状態、UGT取付け孔内のNa除去及び清掃を行うが、案内筒類の取外し作業はプラバック及びグローブ越しの作業であるため作業性が非常に悪い。
- (5) Na除去後、Na除去装置シールプラグを引上げる際、下部案内筒〔下〕内部に治工具類及びゴミ等が無いことを充分に確認しなければならない。
- (6) プラバックが超高D/Vで分割されているため
置換作業が2回行わなければならない。

6.7.3 新Na除去装置の考慮点

前項で述べた問題点を整理すると以下の様になる。

- (1) 作業リエアによる問題

- (2) プラバックによる問題
- (3) 下部案内筒〔上〕を切離すことによる問題
- (4) 手作業による問題

となる。各問題点の対処は以下の様になる。

- (1) 作業エリアによる問題は、炉上部に設置してある機器が作業エリアを干渉しているためによる問題であるから、干渉する機器を撤去するか、または干渉する機器を避けて作業が行えるようにすればよい。ここで、干渉する機器を撤去して作業を行うことはできないため機器の干渉のない位置で作業できるように考慮すべきである。(Fig. 6.7.3 改善点1 参照)
- (2) プラバックによる問題は、カバーガスバウンダリが薄いプラバックによって形成されるため作業中に破れる可能性があることと作業時にカバーガス圧を手動制御しなければならないという問題であるから、プラバックを厚くし強度を持たせる(材質変更を含む)か、プラバックを使用しない方法で作業が行えるようにすればよい。作業性の観点から考慮するとプラバックを使用しないで作業できたほうが、手動操作で炉内カバーガス圧力を極低圧しなくて作業できるのでプラント操作を待たなくてもよくなる。よって、プラバックを使用しないで作業できるように考慮すべきである。(Fig. 6.7.3 改善点2 参照)
- (3) 下部案内筒〔上〕を切離すことによる問題は、作業時間が長く煩雑であることによる問題であるから、超高D/V上に(または、固定ドアバルブ上に)カバーガスバウンダリが形成できる装置を考案すれば下部案内筒〔上〕を取外す事なく作業できる。ここで、カバーガスバウンダリを形成する部分を充分強度を持つ材料で製作すれば前述(2)の問題も解消できる。また、取付け位置によっては前述(1)の問題も解消できる。(Fig. 6.7.3 改善点3 参照)
- (4) 手作業による問題は、作業性が悪いことと炉内への異物の落下の可能性による問題であるから、前述(3)のカバーガスバウンダリをドアバルブ上に形成することを考えあわせると遠隔操作装置を考案することにより問題を解消することができる。(Fig. 6.7.3 改善点4 参照)

以上現在のNa除去装置の問題点に対する対処を述べたが前述(1)から(4)の実施にあたっては以下の点も考慮しなければならない。

- (1) 直接手作業で無くなるため、Na除去装置のNa除去部はUGT取付け孔の部分に挿

入しやすい形状でなければならない。また、UGT取付け孔から炉内に落下しない構造にしなければならない。(Fig. 6. 8. 3 改善点5 参照)

(2) UGT取付け孔の内面の状況がプラバックを使用している時のように観察できないため、窓またはファイバースコープ等を使用して内部の観察ができるようにしなければならない。(Fig. 6. 7. 3 改善点6 参照)

(3) Na除去部は、取付け孔に付着したNaおよびシール面に塗布してあったグリス等を除去できる構造にしなければならない。この場合、ミル、リーマおよびブラシを使用した構造のハードタイプまたは、布、綿およびスポンジを使用したソフトタイプそして、両者を併用したタイプが考えられるが、ハードタイプおよび併用タイプはUGT取付け孔の内面を傷付けOリングとのシール性が損なわれる可能性がある。また、ソフトタイプでは布、綿およびスポンジにアルコール等をしみこませて使用するため炉内への滴下防止を考慮しなければならない。(Fig. 6. 7. 3 改善点7 参照)

(4) 本Na除去装置は5. 5項で述べたUGT交換作業の改造案も考慮して設計しなければならない。

以上この項で述べた案をまとめた構造をFig. 6. 8. 3及びFig. 6. 8. 4に示す。

6. 7. 4 まとめ

本改善を行うことにより作業時間が短縮でき、かつ、安全性も向上される。本装置を製作するにあたってはモックアップ試験を充分に行い、取扱いの容易な装置となるよう設計して行きたい。

(芦田 貴志)

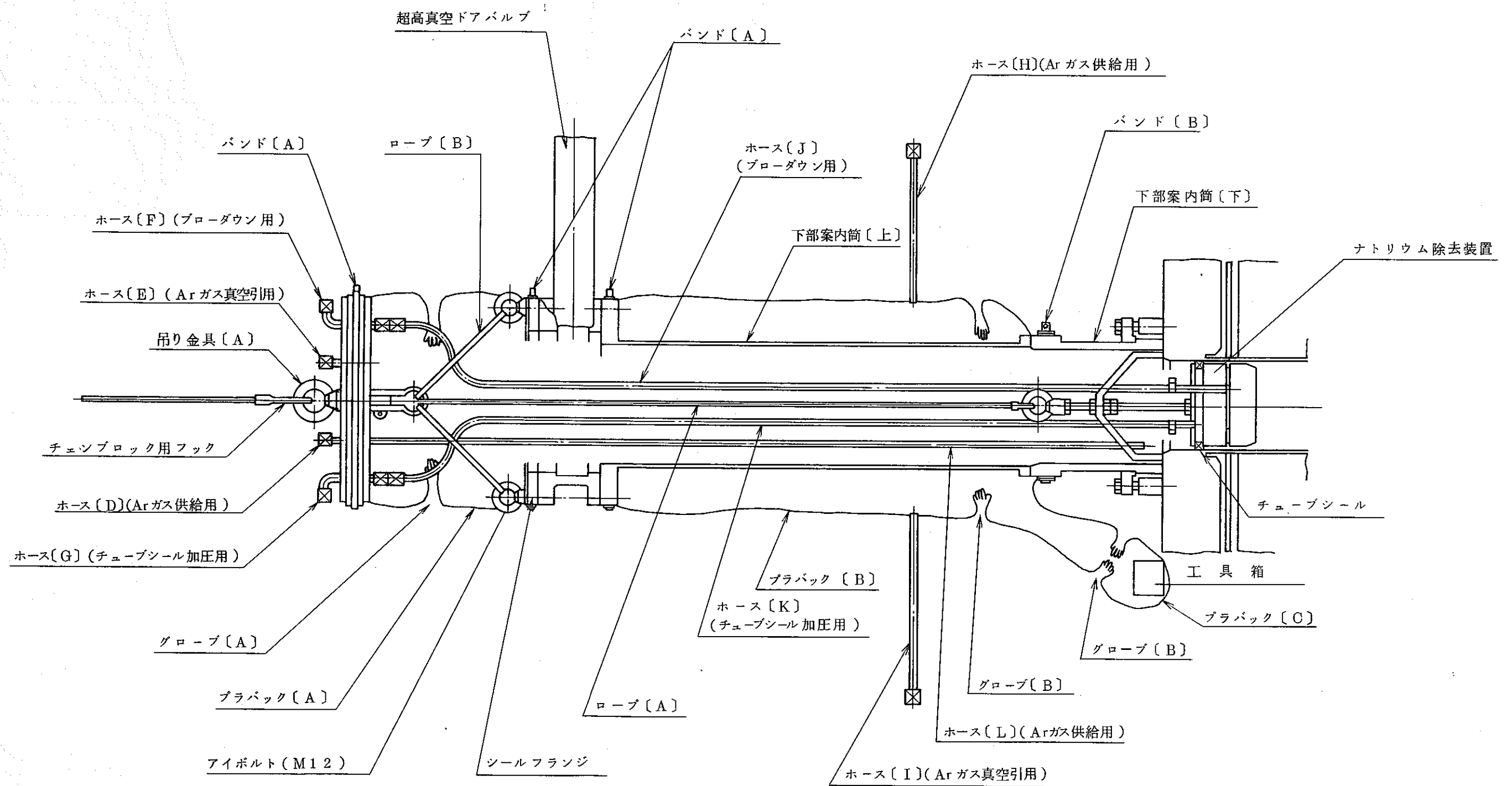


Fig. 6.7.1 UGT取付孔Na除去装置構造図

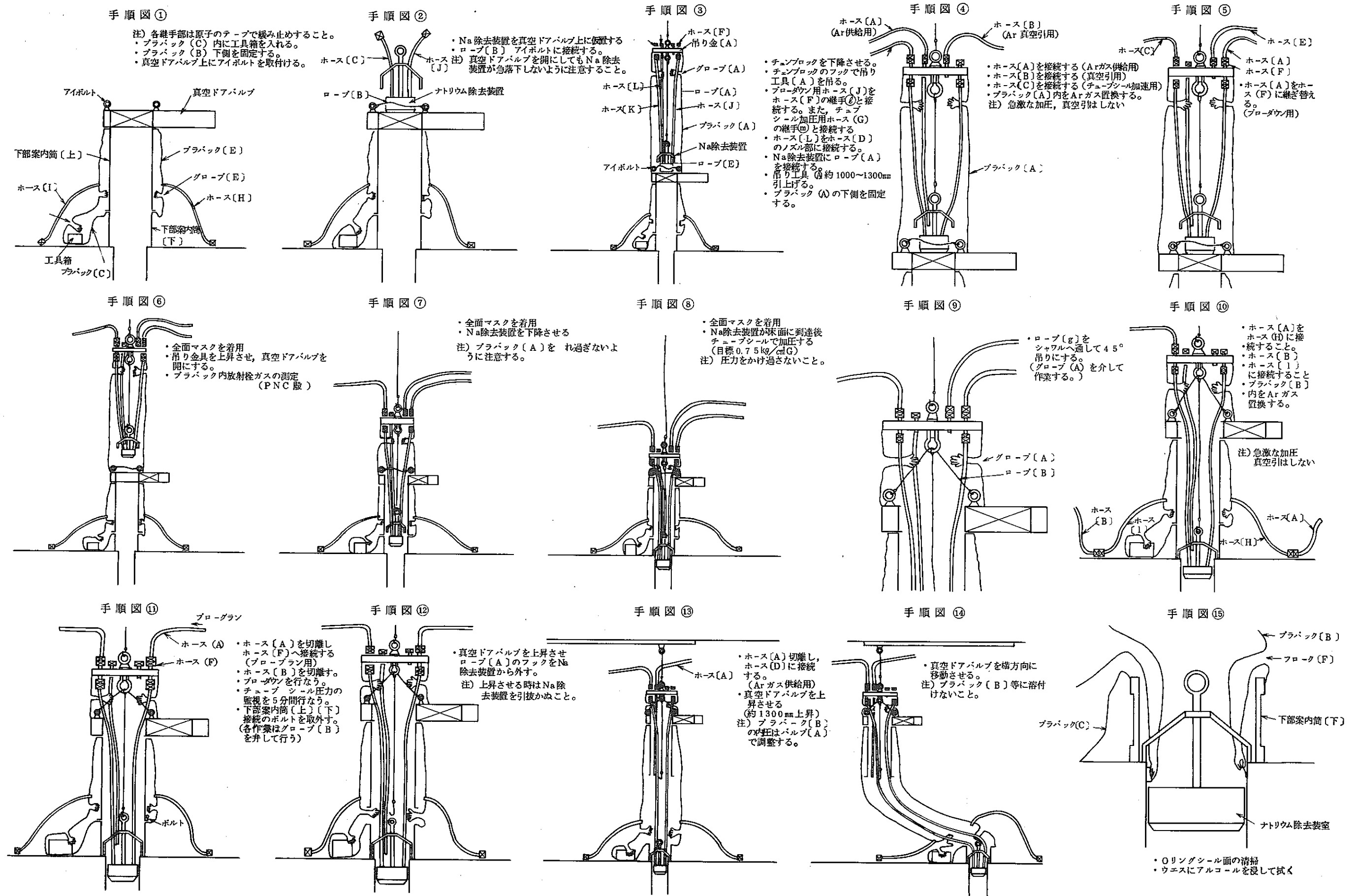


Fig. 6.7.2 UGT取付孔Na除去作業要領説明図 (1/2)

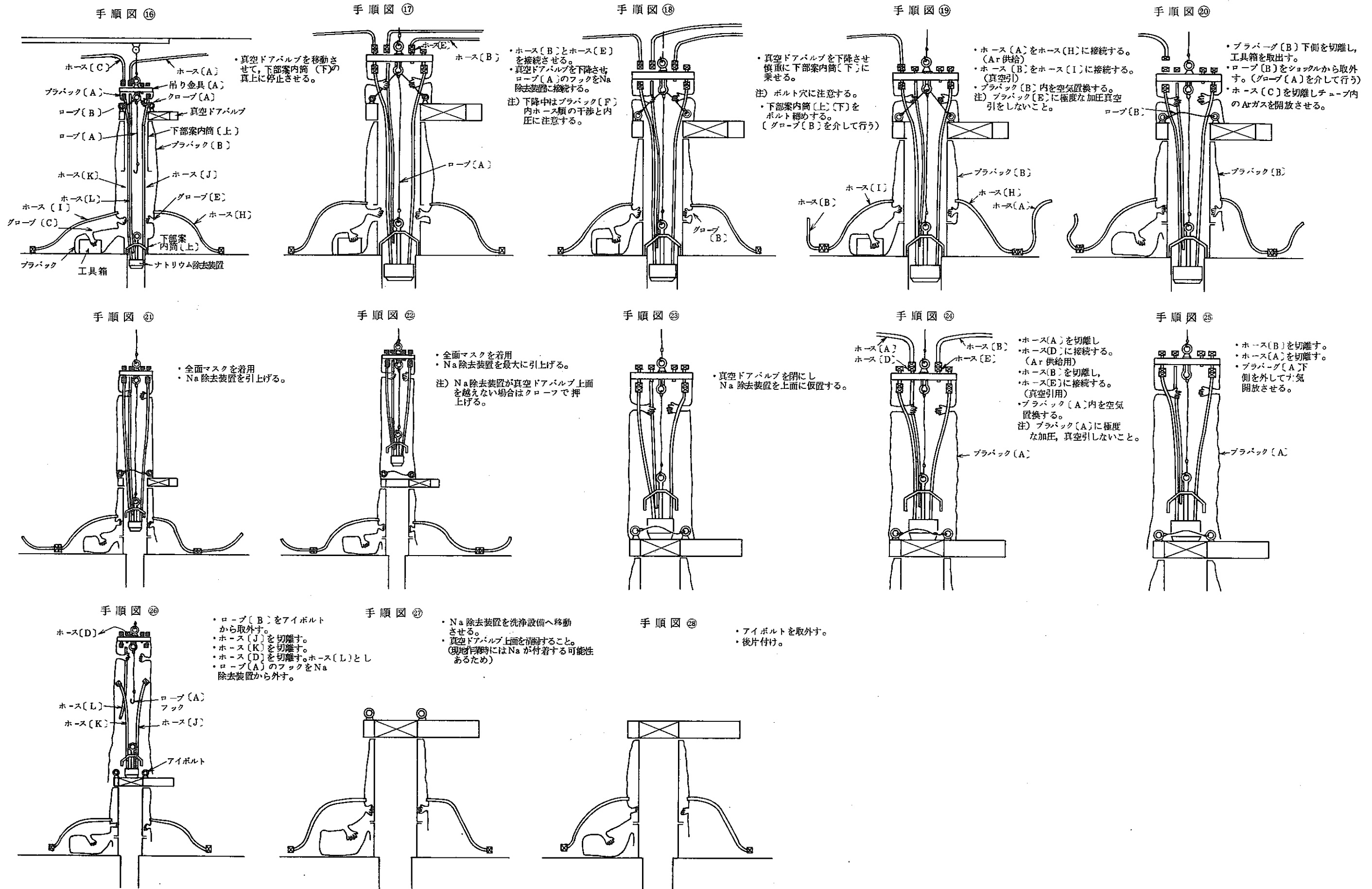


Fig. 6.7.2 UGT取付孔Na除去作業要領説明図(2/2)

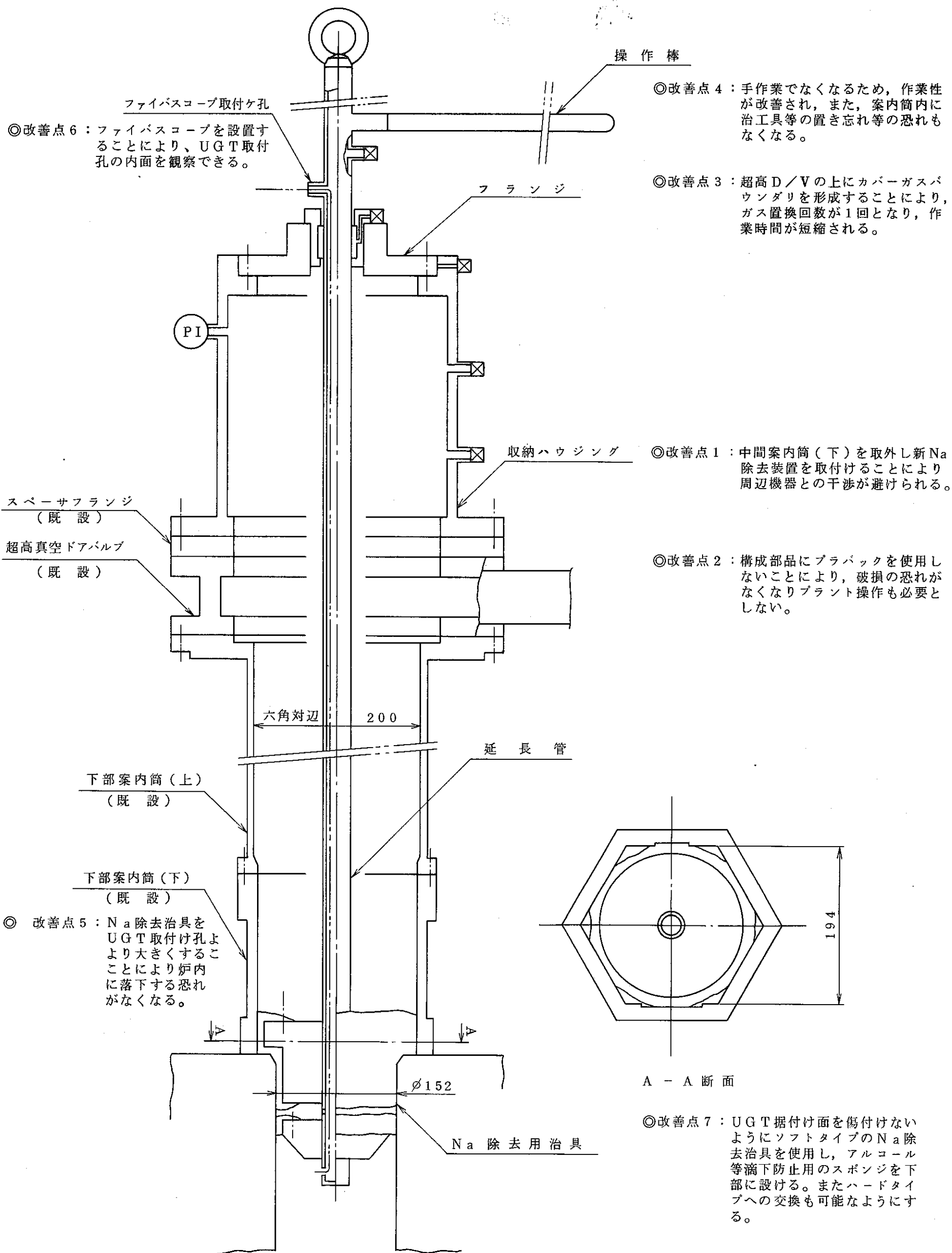


Fig. 6.7.3 UGT取付孔新Na除去装置(本体)

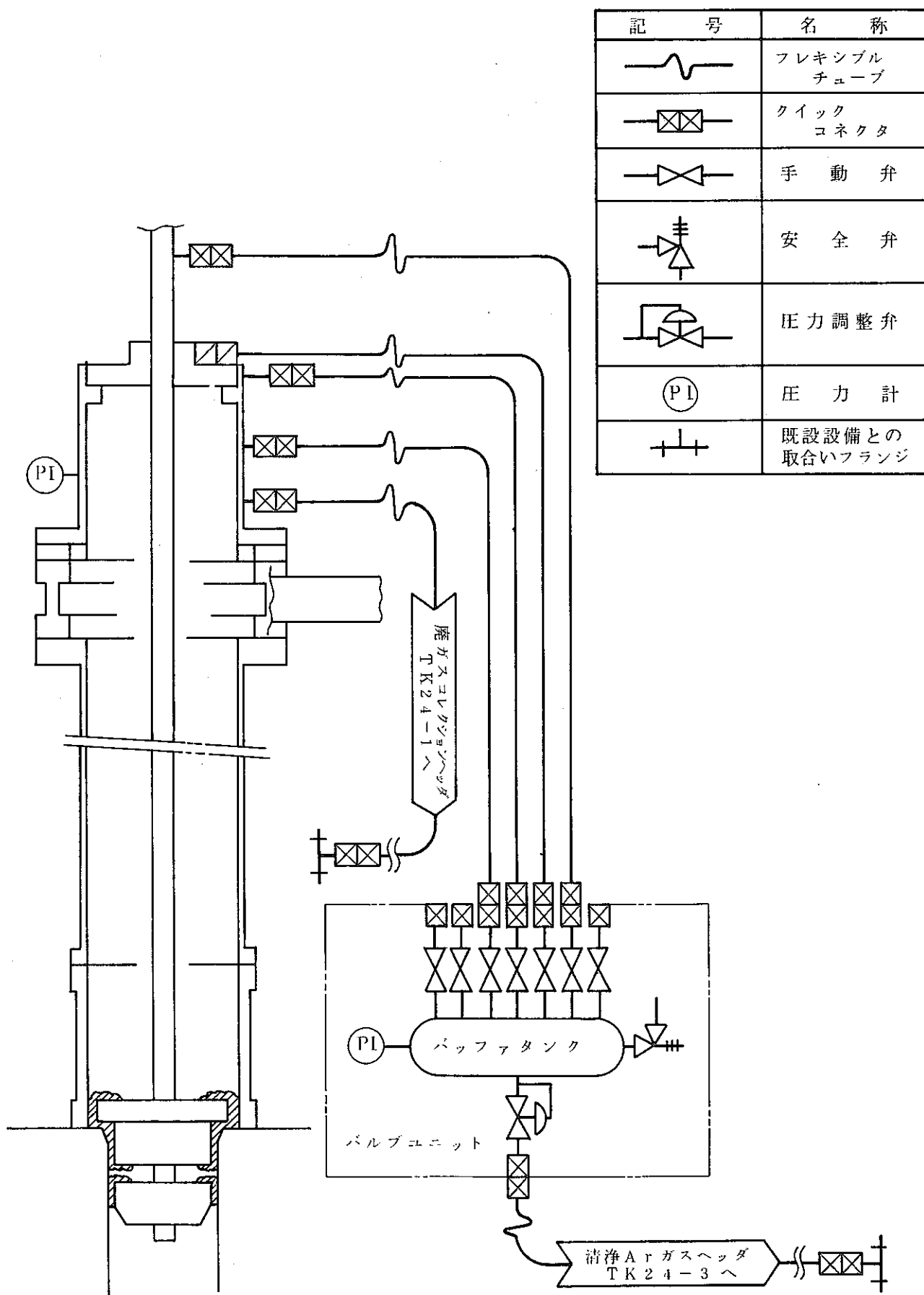


Fig. 6.7.4 UGT取付孔新Na除去装置 (ガス系フロー)

6.8 圧空供給系錆対策

6.8.1 経緯

圧縮空気は計装やバルブ駆動用等に使用され、プラントを制御する上で重要な役割を担っている。

圧縮空気供給系設備は用途に関係なく1系統で賄われている為、この系統に何らかの不具合が発生すれば「常陽」の圧縮空気を使用する制御設備全体に影響を及ぼしかねない。

（「もんじゅ」では圧縮空気供給系設備は計装用と所内用に独立した2系統が設けられている）「常陽」ではこれまで圧縮空気供給系における不具合の内容ではバルブの作動不良やシートリークが大半を占め、その不具合の発生原因は殆どが配管内で生成された錆であり、錆が粉塵となってバルブのシート部等に堆積し、作動不良やシートリークを起こしている。

第7回定検時に実施した圧縮空気供給系設備の点検において、バルブ交換のために制御用配管内の圧縮空気をブローしたところ、配管内から多量の錆の粉塵が放出された。このバルブはシート面から漏れが出ていたために交換したものであるが、新品のものに交換した後もシート面からの漏れは止まらなかった。この不具合原因は配管内の錆にあり、錆の粉塵がシート面に付着し、締切性が悪くなって起こったものである。他の箇所でも錆が発生していないか調査したところ、除湿装置除湿塔入口配管、空気貯槽ドレン配管にも錆が発生していることが分かった。

この経験から、今回、抜本的な錆対策を実施した。

6.8.2 対策

経緯の中で述べた錆発生箇所（制御用配管、除湿装置除湿塔入口配管、空気貯槽ドレン配管）について配管、バルブ、レシーバタンクをステンレス鋼鋼管（SUS）へ材質変更し、制御用配管には更に防塵対策としてフィルターを新設した。

新設フィルターは、Fig. 6.8.1の制御用配管中のFL75-6、7である。又、フィルターの設置に伴い、フィルターバイパスラインを設け、フィルターのメンテナンス時はフィルターバイパスラインを使用する。

材質変更の範囲は制御用配管、除湿装置除湿塔入口配管、空気貯槽（TK75-3）ドレン配管のFig. 6.8.1及びFig. 6.8.2に示す所であり、配管、バルブの仕様は材質以外は変更はない。配管サポートは既設のものを使用した。これらの対策によって、より安定した圧縮空気の供給が行えるものと考えられる。

（須藤 正義）

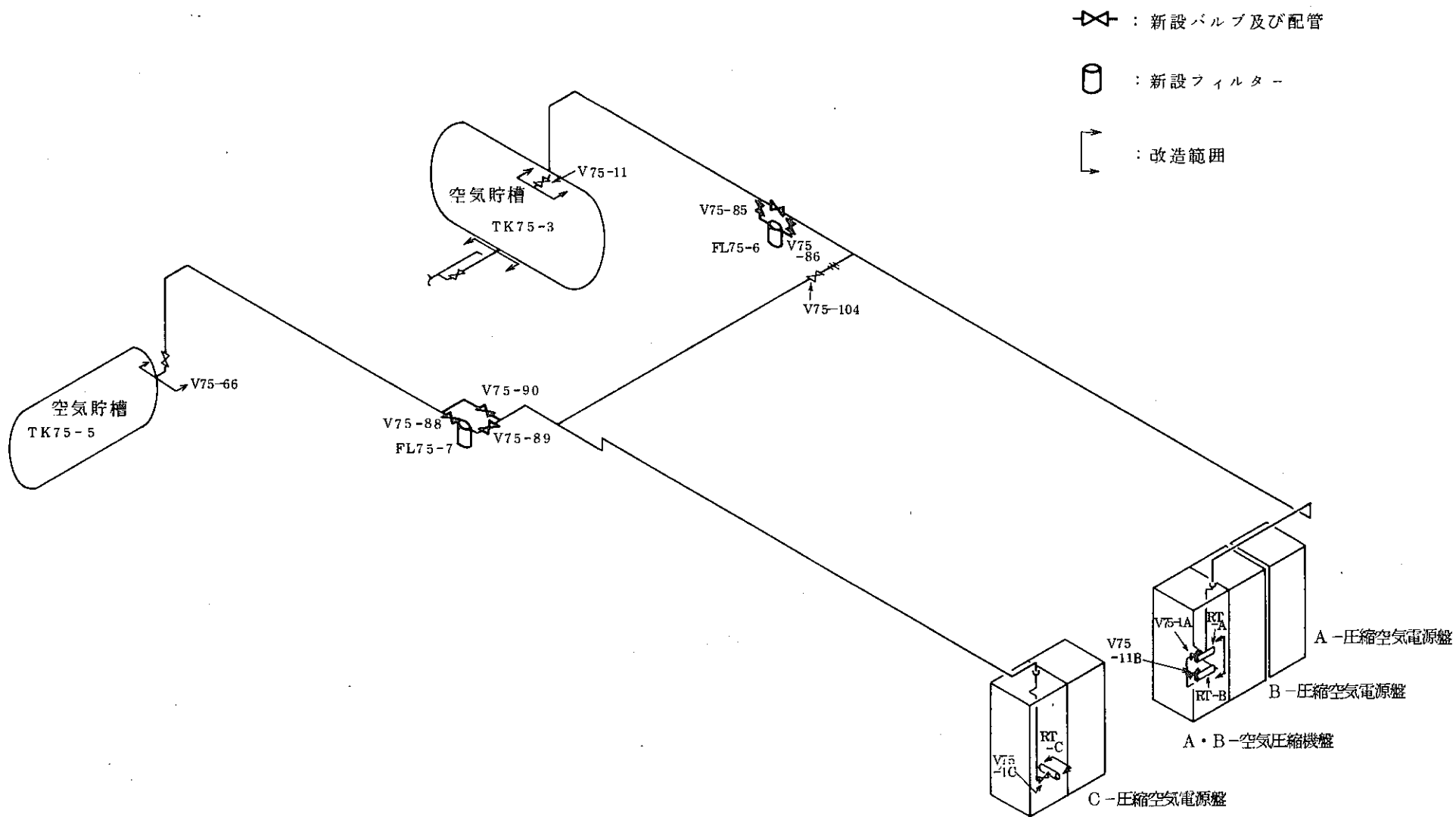


Fig. 6.8.1 圧縮空気供給設備制御用配管図

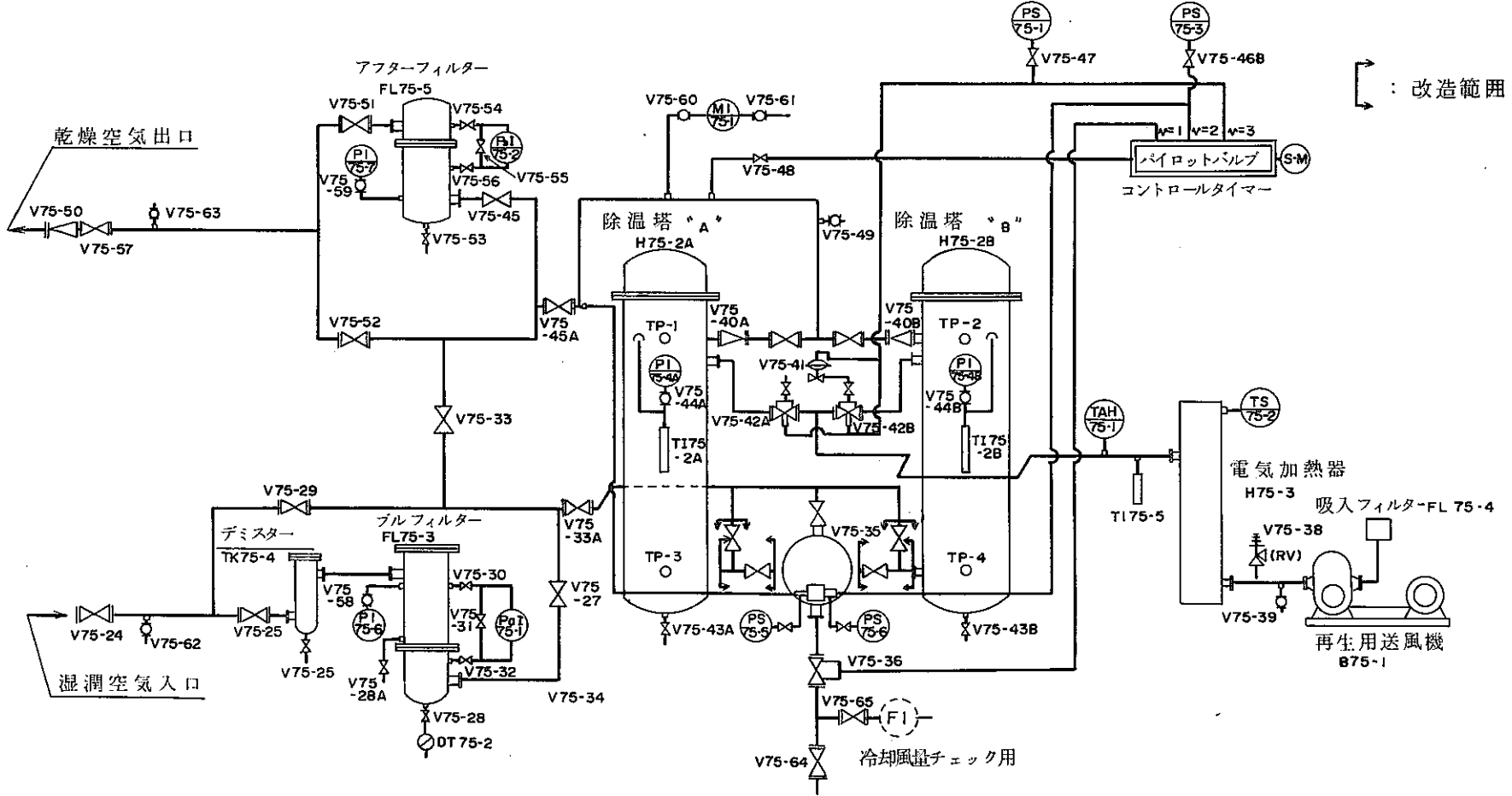


Fig. 6.8.2 圧縮空気供給設備除湿塔廻り配管図

7. 結 言

第7回定期検査は、通常実施される検査以外にクリティカルパスとなる作業が炉上部照射ブラグリグの試料部交換のみであったので、高速炉の標準的な定期検査をデモンストレーションするため、3.5ヶ月で全作業が終了するよう計画が立てられた。結果的には制御棒駆動機構の据付調整時の不具合により1ヶ月程度合格証の受領が遅れたが、その他についてはほぼ予定通り作業を終了させることが出来、「常陽」の実施体制で2.5ヶ月から3ヶ月程度で定期検査が実施出来る見通しを得た。

今回の定期検査で得られた数多くの技術成果を現在建設中の原型炉「もんじゅ」に反映することはもちろんのこと、高速炉の保守技術の確立を図るために役立てていきたい。

8. 謝 辞

第7回定期検査の実施にあたっては、原子炉第一課の運転直をはじめとして、実験炉部内各課、大洗工学センター内各部課室並びに本社安全部、動力炉研究開発本部（現動力炉技術開発部）の協力を得た。ここに感謝の意を表す。

付録1

第7回定期検査詳細実績工程

平成元年11月15日作成

1月実績工程表

原子炉第二課(1/2)

区分	作業場所	項目	条件	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			
				日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火			
点検	A112, 113	Ar廃ガスC/P(A)(B)プリー点検	停																																		
	S402	2次主プラグ温度計校正	停																																		
	主冷	空調設備自主点検	停																																		
	全域(床下除く)	火報点検	停																																		
	中制 R601, 409, 407	FFD-CG法点検																																			
	中制	A103, A202局立																																			
	A712	定期検査局立																																			
	中制他	原子炉起動前点検																																			
	中制	CRDM関係局立																																			
	中制 R501	原子炉保護系点検	停																																		
	格内	巡回クレーン保守点検	停																																		
	附属	エレベータ保守点検	停																																		
	外周	P, P設備点検																																			
	液り通路	磁気カードによる出入管理システム点検																																			
	附属 A505	クレーン性能検査	○																																		
R501, 403	クレーン年次点検																																				
A513	クレーン年次点検																																				
附属屋上, 第4倉庫	クレーン年次点検																																				
補修	A504	1次主Pケーシング温度記録計補修	停																																		
	R303, 202	Naサンプリングライン出口弁の補修	停																																		
	A712	Ar, N2ガス供給系盤内88の交換	停																																		
	SFF	SFF建家水封ダンパの補修	停																																		
	SFF	P-311火報補修	停																																		
	A117	油機系揚水ポンプ(B)不具合補修	停																																		
	R601	84系弁駆動用圧空ライン補修	停																																		
工事	格納容器頂部	点検用クランプ等塗装工事																																			
	保全区域	汚水槽汚物ポンプの交換工事	停, 酸																																		
その他	中制 A403	HTL受電試験																																			
条件	停: 停止依頼書あり		※: 巡回クレーン使用	電: 停電あり	N: Na取扱作業																																
	放: 放管立会		○: 労基署立会	◎: 局立	酸: 酸欠危険作業																																

昭和64年1月12日作成

12月実績工程表

原子炉第二課 (2 / 3)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	1	2	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				
				木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土			
補修	S121, 124	主冷雑排水槽レベル計の更新	停																																		
	A505	2次予熱ヒータ制御装置 (SC-III) の補修	停																																		
	共同溝	廃棄物処理建家用蒸気ライン補修	停																																		
	R102	進コンバックアップモード弁の補修	停																																		
	A305	格内床下N2供給調整弁の補修	停																																		
	R501, 406	84系差圧検出系ラインの補修	停																																		
	R303, 401他	84系隔離弁の補修	停																																		
	A102	84系非常ガス処理装置用電磁弁交換	停																																		
工事	A403	1次主P制御装置シーケンス改造工事	停																																		
	A104, 108, 712	発処系警報回路増設工事	停																																		
	A202	窒素ガス冷却器の更新工事	停																																		
	R102, 108, 109	進コンモータ交換工事	放, 停																																		
	A518, 712	末上O2計盤の更新	放, 停																																		
	格内, メンテナンス建家	E/H据付, 撤去作業	放																																		
	A505, 屋外	鋼製大扉補修工事																																			
	主冷 (西側)	風洞室内安全標等塗装工事	停																																		
	屋外, 共同溝	図書室空調設備蒸気配管更新工事	停																																		
	屋外	消火設備補修工事	停																																		
	R102, 109, 201他	状態監視用加速度計追加設置工事	停																																		
	その他	R410, 412	1次主P手廻し																																		
R410, 412		1次主ポンプOPU配管の調査	放, 停																																		
A403		1次主ポンプ3, 3kV計装ケーブル交換	放, 停																																		
R410, 412		1次系OPU配管シール材の交換	放, 停																																		
A504		自動P/L計ヒーター設定値変更	停																																		
S201, A208		予熱N2ガス起動前確認	停																																		
管理棟3F		火報設備誘導板交換	停																																		
ボイラ	ボイラ煤煙濃度測定	停																																			
条件	停: 停止依頼書あり ※: 巡回クレーン使用 電: 停電あり N: Na取扱作業 放: 放管立会 ○: 労基習立合 ◎: 局立 酸: 酸欠危険作業																																				

昭和64年1月12日作成

12月実績工程表

原子炉第二課 (3 / 3)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	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		
				木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土		
その他	A712	ベーンダンパ開度特性試験																																		
	S413	2次系送風機風量測定	停																																	
	A712	YEWPACKのオーバーホール	停																																	
	R501, RPU	CRDM振付, 調整	停																																	
	メンテナンス	UPR払出作業																																		
	RPU, R501, メンテナンス	UGT交換作業	停																																	
	中制	S/A記録計の校正及び警報作動	停																																	
	R501, RPU	CRDM振付調整	停																																	
	R501	CGCS真空断熱槽真空引き																																		
	中制, A605	遮断器監視盤改造	停																																	
	A704	補冷設備インバクタ盤シーケンス改造	停																																	
	S102	空調系補給水ポンプ振動調査	停																																	
	A405	空調系流量計調査	停																																	
	メンテナンス	上部案内管Na洗浄																																		
	アニュラス内	弁操作用圧空ラインエアフィルターの交換	停																																	
	A102	アニュラス排気系弁用電磁弁の交換	停																																	
	管理棟	84系定期検査局立	停																																	
	R501	N2再循環空調機切り替え	停																																	
	A102, 118	フレオン冷凍機 (A, B) 制御リレー交換	停																																	
	A712, 704, 102他	84系熱内ヒューズの交換	停																																	
	格内	炉上部ビット蓋取外し作業	※																																	
	屋外, モニタリング建屋	記録計及びPH電極点検校正																																		
	R205他	接着材試験片設置作業																																		
週間	A708, A603	バッテリー設備																																		
月例	全域	補冷・補冷水濾過設備																																		
	A704~A707, R601他	付属電源設備																																		
	S201	主冷電源設備																																		
条件	停: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 電: 停電あり N: Na取扱作業 放: 放管立会 ○: 労基署立合 ◎: 局立 酸: 酸欠危険作業																																			

昭和63年12月2日作成

11月実績工程表

原子炉第二課 (1/4)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	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				
				火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水				
点検	R303	1次系廻りバルブの点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A712	1次系プロセス計器の点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A207	1次系C/Tブロブ分解点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	R501, 410, 412	1次主Pモータ点検 (掘付, 試運転)	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	R410, 412	1次主P OPU点検 (試運転)	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A712, S402	Naレベル計校正試験	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A104, 712, 108	廃棄物処理系プロセス計器点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A712	呼吸ガスヘッダ設定値調整	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	SFF	SFF空調設備自主点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S403, 419	主送風機ブレーキ点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S402	2次系EMF電源装置点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S403, 419, 505他	主冷却器の清掃及びISI	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	主冷	2次主ポンプメカシOPU点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	主冷, 中制	2次系プロセス計器点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	中制, A505, S402	2次系遮断器の点検	電	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S402	2次主予熱制御装置点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S701, 702	2次主ポンプモータの分解点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	主冷	主送風機モータの分解点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	全域	2次系スナバ点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	中制他	2次系定期検査局立	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	A505	2次真空設備点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A505	2次補助予熱制御装置点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A505	2次補助送風機, 冷却器点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	主冷	2次系Na弁点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S402	2次系Naレベル計点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S414	2次Arガス系点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A712, 廃棄物処理建家	廃棄物処理建家火報の点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S102	補冷設備補給水ポンプB点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	S201	保護継電器点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	中制	原子炉制御設備改造及び点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	R409	F F D - C G 法機器点検	停	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
条件	停: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 電: 停電あり N: Na取扱作業 放: 放管立会 ○: 労基署立合 ◎: 局立 酸: 酸欠危険作業																																				

昭和63年12月2日作成

11月実績工程表

原子炉第二課 (2 / 4)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	1	2	③	4	⑤	⑥	7	8	9	10	11	⑫	⑬	14	15	16	17	18	⑱	⑳	21	22	㉓	24	25	26	㉖	28	29	30				
				火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水				
点検	R501	FFD-DN法計装点検	停																																		
	中制 R501	FFD-CG法計装点検	停																																		
	R409, 407	FFD-CG法機器点検	停																																		
	A707	補助電源設備直流電源装置点検	停																																		
	S125, 130	D/G発電機及び機関分解点検	停																																		
	S102	D/G系揚水ポンプB点検	停																																		
	A706, S202	電源盤点検 (1HC, 2HC P/C)	停																																		
	中制	中制御設置	停																																		
	附属屋上 (A802)	処理建家増圧ポンプ点検	停																																		
	SFF	SFF建家直流電源装置点検	停																																		
	A117	補機系揚水ポンプ (B) 点検	停																																		
	附属屋上 (A802)	補機系冷却塔 (B) 点検	停																																		
	附属屋上 (A802)	補機系冷却塔A点検	停																																		
	A104	空調系循環ポンプ, モータB点検	停																																		
	A802	空調系冷却塔B点検	停																																		
	附属屋上 (A802)	空調系冷却塔A点検	停																																		
	A502, 507B, R501	エアロックの点検	放																																		
	R102, 108109	蒸コン, ベデブロワの点検	停																																		
	A712, 704, 床下	84系計器点検	停																																		
	A102	84系床上ファンの点検	停																																		
	A102	フロン冷凍機 (A) 点検	停																																		
	R501	84系湿分計の点検	停																																		
	附属 (EV-1, EV-2)	エレベータ点検	停																																		
	A712他	原子炉保護系点検	停																																		
	アニュラス他	ベネトレーション L/T																																			
	R401, アニュラス, A401	圧空供給系C種L/T	停																																		
	運管棟 機械室	ターボ冷凍機点検	停																																		
	外周	P, P設備点検																																			
	常陽整備所	磁気カードによる出入管理システムの点検																																			
	A304, アニュラス, R303	格納容器空気供給系 (出口) C種L/T																																			
	R501, 出入口扉	エアロック (常用, 非常用) B種L/T																																			
条件	停: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 電: 停電あり N: Na取扱作業 放: 放管立会 ○: 労基署立合 ◎: 局立 酸: 酸欠危険作業																																				

昭和63年12月2日作成

11月実績工程表

原子炉第二課 (3/4)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	1	2	③	4	⑤	⑥	7	8	9	10	11	⑫	⑬	14	15	16	17	18	⑱	⑳	21	22	㉓	24	25	26	㉖	28	29	30				
				火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水				
点検	アニュラス, R404, 他	格納容器床上予備N2供給系B, C種L/T																																			
	アニュラス, R405, 他	格納容器BM1予備N2供給系BC種L/T																																			
	格内	旋回クレーン保守点検	停, ※																																		
	アニュラス, R201	コンクリート遮蔽冷却系B種L/T																																			
	A206, アニュラス, R203	安全容器呼吸系C種L/T	停																																		
補修	A403, 504	主P, EMP制御装置電気品交換	停																																		
	A504	1次系D/T高域Na(A)レベル計補修	停																																		
	A208	予熱N2ガス系温度記録計の補修																																			
	A306	A1ガス供給系外側隔離弁の電機弁交換	停																																		
	A311	東側蒸気ヘッドドレンライン漏れ補修	停																																		
	放管棟貯湯室	放管棟貯湯室蒸気ラインの補修	停																																		
	R103, 203	自動給油装置ケーブル補修	停																																		
	A102	アニュラス部圧力調整弁の補修	停																																		
	R205, 206	炉容器L/J部環気流量ダンプの補修	停																																		
	A401, アニュラス	圧空隔離弁の補修	停																																		
	R201	バックアップモード弁の補修	停																																		
	A103	チリングユニット冷水Pドレンライン補修	停																																		
	工事	A712	1次系警報設定器交換工事	停																																	
R501, A504, S402		Naレベル計ケーブル布設工事	停																																		
R601, 501, アニュラス		ケーブル布設工事	停																																		
A202		窒素ガス冷却器の更新工事	停																																		
R102, 108, 109		塩コンモータ交換工事	放, 停																																		
A518, 712		末上O2計盤の更新	停																																		
A514入口通路, 保全区域		金属製外装材更新工事	停																																		
附属, 主冷, 放管棟		出入扉状態監視装置の設置	停																																		
R102, 109, 201他	状態監視用加速度計追加設置工事	停																																			
条件	停: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 電: 停電あり N: Na取扱作業																																				
	放: 放管立会 ○: 労基署立合 ◎: 局立 酸: 酸欠危険作業																																				

- 457 -

昭和63年12月2日作成

11月実績工程表

原子炉第二課(4/4)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	1	2	③	4	⑤	⑥	7	8	9	10	11	12	⑬	14	15	16	17	18	⑱	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
				火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	
その他	R410, 412	1次主ポンプメカニカルシール取り付け	放, 停																															
	A712, 504, 403	主Pデータ採取																																
	A504	1次NaL/D作動試験	停																															
	A712, R303	1次Arガス系床下安全弁の作動試験	停																															
	A712, R401, 412	1次Arガス系呼吸ガスヘッダ圧力異常調査	放, 停																															
	R501, 407他	CGCS現地工事	停																															
	A104	発ガス系電磁弁の交換	停																															
	SFF	SFF空調フィルター交換	停																															
	S413	2次系C/T送風機ドライブユニット更新	停																															
	S701, 702	2次主ポンプ回転計校正	停																															
	A505	2次補助系C/Cの更新	停																															
	A505	2次補助系ヒューズ交換	停																															
	R501, RPU	CRDM据付, 調整	停																															
	A712	S/A盤の更新	停																															
中制	R501	FFD-DN法プラトー特性試験	停																															
	R601, 406	CGCS電気品設置	停																															
	R501	CGCS真空断熱槽真空引き	停																															
	S125	1号D/Gシールリング及び調圧弁交換	停																															
中制	A605	遮断器監視盤改造	停																															
	A712	核計装(IRM)更新	停																															
	A712	核計装IRMモニタの調整	停																															
	メンテナンス	UPR洗浄																																
	M105, 401	釜液移送	放																															
メンテナンス		ドリップパンNa洗浄	停																															
	R201, 205, 206	84系床下弁用電磁弁の交換	停																															
	A712	84系制御リレーの交換	停																															
	保全区域, 格内	炉上部ビット蓋撤去作業	※																															
	IRAF屋上	JOYDAS室空調設備冷却水ポンプ交換	停																															
中制		1次主冷却流量, 温度ゆらぎ信号収録	停																															

条件

停: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 電: 停電あり N: Na取扱作業
 放: 放管立会 ○: 労基署立合 ◎: 局立 酸: 酸欠危険作業

昭和63年11月1日作成

10月実績工程表

原子炉第二課 (1/5)

区分	作業場所	項目	条件	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			
				土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月			
点検	R303	1次系廻りバルブの点検	停																																		
	R501, 410, 412	1次主ポンプモータ点検撤去作業	放, 停																																		
	R410, 412	1次主ポンプOPU点検	放, 停																																		
	床下全域	1次系配管支持装置の点検																																			
	R501, 410, 412	1次主ポンプメカニカルシール点検	放, 停																																		
	R403	1次系主P制御用冷却ファン点検	停																																		
	R104	自動P/L計冷却ブロワ点検	停																																		
	A712	1次系プロセス計器の点検	停																																		
	R205, 206	1次主配管ISI	放, 停																																		
	R105, 303他	1次系現場計器点検	停																																		
	A207	1次系C/Tブロワ分解点検	停																																		
	A712	補助系リレー交換	停																																		
	A403	補助系EMP制御用PT交換	停																																		
	A108他	蒸ガス圧縮機の点検	放, 停																																		
	A108	A1蒸ガス系バルブの点検	放, 停																																		
	A108他	蒸ガスタンクの貯留試験	放, 停																																		
	A106	蒸液タンクの水張試験	放, 停																																		
	全域	火報設備点検	停																																		
	全域	消火設備点検	停																																		
	床下	ベージングの点検 (床下分)	停																																		
	主冷	主送風機点検	停																																		
	S403, 419	主送風機ブレーキ点検	停																																		
	S701, 702	2次主ポンプ速度制御器点検	停																																		
	S402	2次系EMP電源装置点検	停																																		
	S403, 419, 505他	主冷却器の清掃及びISI	停																																		
	主冷	2次主ポンプメカシOPU点検	停																																		
	主冷, 中制	2次系プロセス計器点検	停																																		
	中制, A505, S402	2次系遮断器の点検	電																																		
	S402	2次主予熱制御装置点検	停																																		
	S701, 702	2次主ポンプモータの分解点検	停																																		
	主冷	主送風機モータの分解点検	停																																		
条件	停：停止依頼書あり ※：旋回クレーン使用 電：停電あり N：Na取扱作業 放：放管立会 ○：労基署立合 ◎：局立 酸：酸欠危険作業																																				

PNC SN9410 90-125

昭和63年11月1日作成

10月実績工程表

原子炉第二課 (2 / 5)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	①	②	3	4	5	6	7	△	④	⑤	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
				土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月			
点検	A505	2次補助系C/C点検	停																																		
	A505	2次補助電磁ポンプ電圧調整器点検	停																																		
	A505	2次補助プロセス計器点検	停																																		
	A505	2次圧空設備点検	停																																		
	A505	2次補助予熱制御装置点検	停																																		
	中制, A505, S402	2次系NaL/Dの点検	停																																		
	S402	2次純化電圧調整器点検	停																																		
	R501, RPU	CRDM分解点検	停, ※																																		
	R501	地盤計点検	停																																		
	S102	補冷設備補給水ポンプB点検	停																																		
	S201	電源設備点検	停																																		
	R206	F/D-DN法検出器交換	停																																		
	S125, 130	D/G発電機及び機関分解点検	停																																		
	S102	D/G系揚水P (C) 点検	停																																		
	S705	D/G系冷却塔 (A) 点検	停																																		
	S704他	ローカル盤点検	停																																		
	S705	D/G系冷却塔 (B) 点検	停																																		
	S102	D/G系揚水ポンプB点検	停																																		
	A701, 707	無停電電源設備点検	停																																		
	S201, A705~707	保護継電器点検	停																																		
	SFF	SFF建家直流電源装置点検	停, ※																																		
	R501, RPU, A712	核計装設備の点検	停																																		
	A502, 507B, R501	エアロックの点検	放, 停																																		
	R102, 108109	濃コン, ベデプロワの点検	停																																		
	A102, R501	フロン冷媒系の点検	停																																		
	A102	フロン冷凍機点検	停																																		
	A102, 118, R501他	コントロールセンター盤の点検	停																																		
	R601	真空破壊弁点検	停																																		
	R-501	床下O2計の点検	停																																		
	R-501	ハロゲン計の点検	停																																		
	R501, 303	84系床下ファンの点検	停																																		
条件	停：停止依頼書あり ※：旋回クレーン使用 電：停電あり N：Na取扱作業 放：放管立会 ○：労基署立合 ◎：局立 酸：酸欠危険作業																																				

昭和63年11月1日作成

10月実績工程表

原子炉第二課 (3/5)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	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				
				土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月				
点検	A102	84系床上フェンの点検																																				
	第1, 3倉庫	クレーン性能検査	○																																			
	付属 (EV-1, EV-2)	エレベータ保守点検	○																																			
	R410, 412, アニュラス他	燃取系B, C種L/T																																				
	R501	トランスファロータB種L/T																																				
	A306, アニュラス, R406	2次補助冷却系 (出口, 入口) B種L/T																																				
	A306, 305, アニュラス他	2次主冷却系 (出口, 入口) B種L/T																																				
	A306, アニュラス, R203	1次Na純化系 (出, 入口) C種L/T																																				
	A306, アニュラス, R405	2次Na充填ドレン系B種L/T																																				
	A206, アニュラス, R202	1次Arガス系供給側C種L/T																																				
	A206, アニュラス, R202	1次Arガス系排気側C種L/T																																				
	A712他	原子炉保護系点検																																				
	アニュラス他	ベネトレーション L/T																																				
	R501, アニュラス, A306	Arガス供給系B, C種L/T																																				
	アニュラス, R501	N2ガス供給系B種L/T																																				
	A305, アニュラス, R501	N2ガス供給系C種L/T																																				
	外周	P, P設備点検																																				
	A704, アニュラス, R601	格納容器空気供給系 (入口) C種L/T																																				
	格内	巡回クレーン保守点検																																				
	A401, アニュラス, R401	フロン冷媒系B, C種L/T																																				
アニュラス, R601	真空破壊弁C種L/T																																					
A311, アニュラス, R412	差圧検出器B, C種L/T																																					
A401, アニュラス, R401	格納容器N2排気系C種L/T																																					
補修	A712	1次系自動PL計プロセス計器交換																																				
	R205, 206	1次系T/C交換作業																																				
	A712	1次系制御リレー交換																																				
	A403, 504	主P, EMP制御装置電気品交換																																				
	A208	予熱N2ガス系圧力計交換																																				
	R404, A305, S505	2次系接触式NaL/Dの補修																																				
条件	停: 停止依頼書あり		※: 巡回クレーン使用	電: 停電あり	N: Na取扱作業																																	
	放: 放習立会		○: 労基習立会	◎: 局立	酸: 酸欠危険作業																																	

昭和63年11月1日作成

10月実績工程表

原子炉第二課 (4/5)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	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				
				土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月				
補修	S403, 419他	主冷却機建家照明補修	停																																			
	A118	格内常用排気ファンのMC交換																																				
工事	A712	1次系警報設定器交換工事	停																																			
	R501, A504, S402	Naレベル計ケーブル布設工事	停																																			
	R410, 412, 205他	Naレベル計交換工事	放, 停																																			
	A202	窒素ガス冷却器の更新工事	停																																			
	R102, 108, 109	渡コンモータ交換工事	放, 停																																			
	附属, 主冷, 放管棟	出入庫状態監視装置の設置	停																																			
	附属, 渡り通路	磁気カードによる出入管理システム設置	停																																			
	渡り通路	電気錠設置工事	停																																			
	主冷却排風機室	屋根防水更新工事	停																																			
	その他	R501, 407他	CGCS現地工事	停																																		
		主冷	ボイラ給排水ライン更新	停																																		
		S413	2次系C/T送風機ドライブユニット更新	停																																		
S402		2次系D/T設定値変更	停																																			
主冷		2次系非破壊検査	停																																			
A505		2次系C/C電磁接触器交換	停																																			
A505		2次系補助リレー交換 (補助系)	停																																			
中制		2次補助系ヒューズ交換	停																																			
S402, A712		2次系補助リレーの交換 (主系)	停																																			
床下		消火器ホース交換	停																																			
A516		ホット実験室空調器交換	停																																			
A712		燃料集合体出口温度計装盤更新	停																																			
A712		FFD盤移設工事	停																																			
R601, 406	CGCS電気品設置	停																																				
A603, 708	バッテリー設備均等充電	停																																				
R601	2次主配管室逃し弁操作COS, 電磁弁交換	停																																				
条件	停: 停止依頼書あり		※: 巡回クレーン使用	電: 停電あり	N: Na取扱作業																																	
	放: 放管立会		○: 労基署立合	◎: 局立	酸: 酸欠危険作業																																	

昭和63年12月22日作成

9月実績工程表

原子炉第二課 (1/3)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	1	2	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	
				木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金
点検	A208他	1次系電動弁、空気作動弁点検(前期)	放、停																														
	A208, 712	1次系プロセス計器点検	停																														
	A207	C/T冷却ガスブロワ分解点検準備																															
	A305, R303	1次Na充填ドレン系C種試験	停																														
	A104, A712	蒸気タンク計装品点検	停																														
	A108他	蒸気圧縮機の点検	放、停																														
	A108	Ar麻ガス系バルブの点検	放、停																														
	A104, 712	蒸気タンク計装品点検	停																														
	A206	予熱系C種試験	放、停																														
	A207, 208	予熱系現場計器点検	停																														
	A405	圧空供給系設備点検	停																														
	全域(床下以外)	ページングの点検	停																														
	ボイラ室	ボイラ設備点検	停、○																														
	SFF	SFF空調設備自主点検	停																														
	S127, 128, A106他	ハロン消火設備点検	停																														
	主冷	主送風機点検	停																														
	S416	2次系真空ポンプ点検	停																														
	主冷	主冷却機出入口ダンパ点検	停																														
	S501, A505	2次主補助系ヒータC/Cの点検	停																														
	A505	補助出入口ダンパ点検	停																														
	A505	2次圧空設備点検	停																														
	R501, RPU	CRDM分解点検	停、※																														
	S201	電源設備点検	停																														
	R501, 409, M301他	FFD-CG注機点検	放、停																														
	A102, R501	フ里昂冷媒系の点検	停																														
	A102	フ里昂冷凍機点検	停																														
	A102, 118, R501他	コントロールセンター盤の点検	停																														
	A102	フ里昂冷凍機(B)計器点検	停																														
	付属	エレベータ保守点検	停																														
	放管棟	自動ドア保守点検	停																														
	A712他	原子炉保護系点検	停																														
条件	停：停止依頼書あり ※：旋回クレーン使用 電：停電あり N：Na取扱作業 放：放管立会 ○：労基習立合 ◎：局立 酸：酸欠危険作業																																

昭和63年12月22日作成

9月実績工程表

原子炉第二課 (2 / 3)

区分	作業場所	項目	条件	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							
				木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金
点検	外周	P, P点検																																						
	格内	旋回クレーン保守点検, 性能検査	停																																					
	R401, アニュラス	格納容器N2排気系B種L/T																																						
	R601, アニュラス	格納容器空気供給(入口) B種L/T																																						
	R303, アニュラス	格納容器空気供給系(出口) B種L/T																																						
工事	A104, 712	蒸気系警報表示回路増設工事	停																																					
	附属, 主冷, 放管棟	出入扉状態監視装置の設置	停																																					
	附属, 渡り通路	磁気カードによる出入管理システム設置	停																																					
	渡り通路	電気錠扉設置工事	停																																					
	運管棟	運管棟玄関天井塗装工事																																						
	運管棟	運管棟床タイル補修工事																																						
	外周	外周P, P設備一部改造																																						
	共同溝	共同溝水配管更新工事																																						
	その他	A509	1次冷却系電動弁分電盤リレー交換																																					
		R501, 407他	CGCS現地工事	停																																				
A712		カバーガス低圧運転設定値変更																																						
A108		A1腐ガス系減圧弁の交換	放, 停																																					
A504		予熱ヒータ警報回路の補修	停																																					
A405		圧空系制御リレー交換	停																																					
共同溝		共同溝内蒸気弁の交換	停																																					
主冷		ボイラ給排水ライン更新	停																																					
A701, 702		主冷軸流ファン文字入れ	停																																					
S416		2次系真空ポンプベルト交換	停																																					
A712, S402		2次系補助盤, 現場制御盤の調査	停																																					
A501		2次補助系温度調査	停																																					
A311, 215		附属空調フィルター交換及びベルト調整	停																																					
A713, 311	中制御調整装置品の交換	停																																						
条件	停: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 電: 停電あり N: Na取扱作業																																							
	放: 放管立会 ○: 労基署立合 ◎: 局立 酸: 酸欠危険作業																																							

PNC SN9410 90-125

昭和63年12月22日作成

9月実績工程表

原子炉第二課 (3 / 3)

PNC SN9410 90-125

区分	作業場所	項目	条件	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		
				木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金		
その他	A516	ホット実験室空調器交換	停																																
	A712	燃料集合体出口温度計装盤更新	停																																
	S405	CGCS仮組及び仮組試験																																	
	A712	FFD般移設工事	停																																
	R501, 409	FFD-CG法流量計取外し	停																																
	A707, 507	バッテリー液の搬出																																	
	S101	脱塩水設備不具合補修																																	
	A712	核計装 (IRM) 更新	停																																
	M301	第2V/T洗浄	放																																
	A202	窒素ガス冷却器更新準備作業	放, 停																																
	メンテナンス	LGTの切断及び搬出	放																																
	R501	E/H, アクリル傷撤去	※																																
	R410, 412	床上/床下バウンダリー開放																																	
	廃液トレンチ	廃液トレンチ内浸透水排水																																	
	週 間	A708, A603	バッテリー設備																																
月 例	A108他	廃棄物処理系設備																																	
	SFF	SFF空調設備																																	
	主冷	主冷空調設備																																	
	付属	原子炉付属建家空調換気設備																																	
	R501, RPU	制御棒駆動機構 (CRDM) 設備																																	
	全城	補冷水濾過設備																																	
	A712, R501	燃料集合体 (S/A) 出口温度計装盤																																	
	A712, R501	原子炉出力制御設備																																	
	A712, R501, R601	F/D設備																																	
	A704~A707, R601他	付属電源設備																																	
	S201, 変電所	主電源設備																																	
	主冷	非常用電源 (D/G) 設備																																	
条件	停: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 電: 停電あり N: Na取扱作業 放: 放管立会 ○: 労基署立合 ◎: 局立 酸: 酸欠危険作業																																		

付録 2

第 7 回定期検査時交換部品一覧

1 次 主 冷 却 系 (1/3)

名 称	Tag. No.	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
1 次 主 ポンプ(A) 潤滑油用液面計	LIS31.1-55A	KL-300-1LB (金子産業)	0 ~250 ℓ (AC125V)	1	
1 次 主 ポンプ(B) 潤滑油用液面計	LIS31.1-55B	"	"	1	
1 次 主 ポンプ(A) OPU油ポンプ出口リリ-7弁	V31.1-51A	TOP-4VBD (日本オイルポンプ)	set 5 kg/m ²	1	
"	V31.1-52A	"	"	1	
1 次 主 ポンプ(B) OPU油ポンプ出口リリ-7弁	V31.1-51B	"	"	1	
"	V31.1-52B	"	"	1	
1 次 主 ポンプ(A) OPU油ポンプ出口逆止弁	V31.1-53A	CN-T10-1-10 (NACHI)	1 ^B	1	
"	V31.1-54A	"	"	1	
1 次 主 ポンプ(B) OPU油ポンプ出口逆止弁	V31.1-53B	"	"	1	
"	V31.1-54B	"	"	1	
主ポンプメカニカルセル A 下部 ドレン (I) タンク入口弁	V31.1-65A	M30C-D44-BF11 (金子産業)	1 ^B F付, マイクロスイッチ付	1	
A ループ原子炉出口 Na 温度 警 報 計	TS31.1-5A	SDC2000D (山武ハネウエル)	設定・指示精度±0.2%FS	1	
A ループ原子炉入口 Na 温度 警 報 計	TS31.1-8A	"	"	1	
A 主 循 環 ポンプ Na 軸受温度警報計	TS31.1-12A	"	"	1	
A 主 循 環 ポンプ モータコイル温度警報計	TS31.1-13A	"	"	1	
B ループ原子炉出口 Na 温度 警 報 計	TS31.1-5B	"	"	1	
B ループ原子炉入口 Na 温度 警 報 計	TS31.1-8B	"	"	1	
B 主 循 環 ポンプ Na 軸受温度警報計	TS31.1-12B	"	"	1	
B 主 循 環 ポンプ モータコイル温度警報計	TS31.1-13B	"	"	1	
主 循 環 ポンプ A Na レベル計 (検出器)	LE31.1-4A	LL504 (東 芝)	測定スパン1493mm 誘導型連続式	1	
" (交換器)	LX31.1-4A	LL505 (東 芝)	温度補償回路付	1	

1 次 主 冷 却 系 (2/3)

名 称	Tag. No.	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
オーバフローコラム A Naレベル計 (検出器)	LE31.1-5A	LL504 (東 芝)	測定スパン2993mm 誘導型連続式	1	
" (交換器)	LX31.1-5A	LL505 (東 芝)	温度補償回路付	1	
主循環ポンプ B Naレベル計 (検出器)	LE31.1-4B	LL504 (東 芝)	測定スパン1493mm 誘導型連続式	1	
" (交換器)	LX31.1-4B	LL505 (東 芝)	温度補償回路付	1	
オーバフローコラム B Naレベル計 (検出器)	LE31.1-5B	LL504 (東 芝)	測定スパン2993mm 誘導型連続式	1	
" (交換器)	LX31.1-5B	LL505 (東 芝)	温度補償回路付	1	
主循環ポンプ A Naレベル指示演算器	LIC31.1-4A	TSDIC-211Dφ (東 芝)	入力: 1~5VDC 出力: 4~20mA	1	新規取付
主循環ポンプ B Naレベル指示演算器	LIC31.1-4B	"	"	1	"
オーバフローコラム A Naレベル指示演算器	LIC31.1-5A	"	"	1	"
オーバフローコラム B Naレベル指示演算器	LIC31.1-5B	"	"	1	"
主循環ポンプ A Naレベル計電源ユニット	PWS31.1-4A	TSDIC-265-5 (東 芝)	入力: AC85~250V 出力: 24VDC	1	"
主循環ポンプ B Naレベル計電源ユニット	PWS31.1-4B	"	"	1	"
オーバフローコラム A Naレベル計電源ユニット	PWS31.1-5A	"	"	1	"
オーバフローコラム B Naレベル計電源ユニット	PWS31.1-5B	"	"	1	"
主循環ポンプ A Naレベル計停電ユニット	BATT31.1-4A	TSDIC-268-5 (東 芝)	入力: DC24V 出力: DC24V	1	"
主循環ポンプ B Naレベル計停電ユニット	BATT31.1-4B	"	"	1	"
オーバフローコラム A Naレベル計停電ユニット	BATT31.1-5A	"	"	1	"
オーバフローコラム B Naレベル計停電ユニット	BATT31.1-5B	"	"	1	"
1次主ポンプ A モータ 上部軸受温度計	TIS31.1-6A	BNFW-2(10E) (千野機器製作所)	0~100°C 上限-接点	1	
"	TIS31.1-66A	"	"	1	新規取付
1次主ポンプ B モータ 上部軸受温度計	TIS31.1-6B	"	"	1	

2 次 系 (1/2)

名 称	Tag. No.	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
熱電対 (主冷却器内) 1 A	TE AC31.2-1A	岡 崎 製 作 所	シングル C-A0.5	7	
" 2 A	TE AC31.2-2A	"	"	7	
" 1 B	TE AC31.2-1B	"	"	7	
" 2 B	TE AC31.2-2B	"	"	7	
L/D (主冷却器) 1 B	S512-10-31.2	三 菱 電 器	接 触 式	1	
"	S512-08-31.2	"	"	1	
2 次系煙式NaL/D 投 光 用 ラ ン プ	※	11SC-1 (ウルトラバイオレット社)	DC800V	10	
2次Arガス系真空ポンプ ピ ラ ニ ー セ ン サ	PE36.2-5	WP-03	VLVAC社	1	
電 空 交 換 器	TXEP 31.2-2A-1	550-2(PK電空交換器) (横 河 電 気)	電 気 4~20mA 圧 電 0.2~1.0kg/cmf	1	
"	TXEP 31.2-2A-2	"	"	1	
"	TXEP 31.2-2A-3	"	"	1	
"	TXEP 31.2-2A-4	"	"	1	
"	TXEP 31.2-2B-1	"	"	1	
"	TXEP 31.2-2B-2	"	"	1	
"	TXEP 31.2-2B-3	"	"	1	
"	TXEP 31.2-2B-4	"	"	1	
"	TXEP 32.2-1	"	"	1	
"	TXEP 32.2--1	"	"	1	
"	TXEP 34.2--1	"	"	1	
圧 力 設 定 器	PIA 31.2-103A-LX	L404F.118 (山 武)	0 ~ 3.5kg/cmf	1	
"	PIA31.2- -103A-LLX	"	"	1	

2 次 系 (2/2)

名 称	Tag. No	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
圧 力 設 定 器	PIA 31.2-103B-LX	L404F.118 (山 武)	0 ~ 3.5kg/cm ²	1	
"	PIA31.2- 103B-LLX	"	"	1	
接 点 付 圧 力 計	PIC36.2-15	JM21-233-HL (長 野 計 器)	1 kg/cm ²	1	
"	PIA75.2-1A	JM21-133-L-15 (長 野 計 器)	0 ~ 15kg/cm ²	1	
"	PIA75.2-1B	"	"	1	
"	PIA75.2-2	"	"	1	
圧 力 設 定 器	PS75.2-1A	P668A1038 (山 武)	0.5~10.5kg	1	
"	PS75.2-1B	"	"	1	
"	PS75.2-2	"	"	1	
電 磁 弁	SV32.2-2	8316C25 (日本アスコ)	DC100V	1	
"	"	"	"	1	
"	"	"	"	1	
"	SV31.2-6A	M30C-25-044-BF-11 (金 子 産 業)	"	1	
"	SV31.2-6B	"	"	1	
"	SV34.2-1	HT8320-A104 (日本アスコ)	"	1	

電 源 設 備 (1/7)

名 称	T a g. No	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
不足電圧継電器	127Auv	DQVJD1HB (富士)	65V~85V	1	T=85V
"	127Avw	"	"	"	"
"	127A ₂ uv	"	"	"	"
"	127A ₂ vw	"	"	"	"
"	127Cuv	"	"	"	"
"	127Cvw	"	"	"	"
"	227Cuv	"	"	"	"
"	227Cvw	"	"	"	"
"	327Cuv	"	130V~170V	"	T=170V
"	327Cvw	"	"	"	"
"	827Cuv	"	"	"	"
"	827Cvw	"	"	"	"
"	927Cuv	"	"	"	"
"	927Cvw	"	"	"	"
"	227Auv	"	65~85V	"	T=85V
"	227Avw	"	"	"	"
"	227Buv	"	"	"	"
"	227Bvw	"	"	"	"
"	327Auv	"	130~170V	"	T=170V
"	327Avw	"	"	"	"
"	327Buv	"	"	"	"

電 源 設 備 (2/7)

名 称	Tag. No.	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
不足電圧継電器	327Bvw	DQVJD1HB (富士)	130~170V	1	T=170V
地絡方向過電流継電器	167A3	DQWPA1HD (富士)	110V, 1.5mA 進み60°	1	
"	167A5	"	"	1	
"	167A6	"	"	1	
"	167A7	"	"	1	
"	167A8	"	"	1	
"	167A9	"	"	1	
"	167A10	"	"	1	
地絡方向継電器	167A11	"	"	1	
"	167A12	"	"	1	
"	167C5	"	"	1	
"	167C6	"	"	1	
"	167C7	"	"	1	
"	167C8	"	"	1	
"	167C9	"	"	1	
欠 番	-	-	-	-	-
地絡過電流継電器	251AN	DQAWD2HB (富士)	20~400mA	1	T=20mA
"	251BN	"	"	1	"
"	351AN	"	"	1	"
"	351BN	"	"	1	"
"	251CN	"	"	1	"

電 源 設 備 (3/7)

名 称	Tag. No.	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
地絡過電流継電器	851CN	DQAWD2HB (富士)	20~400mA	1	T=20mA
"	851CN	"	"	1	"
"	951CN	"	"	1	"
誘導形過電流継電器	151A1r	DQAWC1HB (富士)	10~40A	1	T=12A
"	151A1t	"	"	1	"
"	151A3r	DQAJG2NJ (富士)	L:2.5~5A I.L:2~6A IH:20~80A	1	T=2.5A H=20A
"	151A3t	"	"	1	"
"	151A5r	"	"	1	T=2.8A H=30A
"	151A5t	"	"	1	"
"	151A6r	DQAJB1HB (富士)	4~12A	1	T=10A
"	151A6t	"	"	1	"
"	151A7r	"	"	1	T=4A
"	151A7t	"	"	1	"
"	151A8r	"	"	1	"
"	151A8t	"	"	1	"
"	151A9r	"	"	1	T=5A
"	151A9t	"	"	1	"
"	151A10r	"	"	1	T=4A
"	151A10t	"	"	1	"
"	151A11r	"	"	1	"
"	151A11t	"	"	1	"

電 源 設 備 (4/7)

名 称	Tag. No.	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
誘導形過電流継電器	151A12r	DQAJB1HB (富士)	4~12A	1	T=5A
"	151A12t	"	"	"	"
"	151C5r	"	2~8A	1	T=5A
"	151C5t	"	"	"	"
"	151C6r	"	"	"	T=4A
"	151C6t	"	"	"	"
"	151C7r	"	"	"	"
"	151C7t	"	"	"	"
"	151C8r	"	"	"	"
"	151C8t	"	"	"	"
"	151C9r	"	"	"	"
"	151C9t	"	"	"	"
"	151C10r	DQAJB1HC (富士)	InV:4~12A InS:20~80A	"	T=4A H=20A
"	151C10t	"	"	"	"
"	151C11r	DQAJB1HB (富士)	2~8A	"	T=4A
"	151C11t	"	"	"	"
"	251B5r	DQAJB1HC (富士)	InV:4~12A InS:20~80A	"	T=4A H=20A
"	251B5t	"	"	"	"
"	251C1r	DQAJB1HB (富士)	2~8A	"	T=4A
"	251C1t	"	"	"	"
"	251C2r	"	"	"	T=5A

電 源 設 備 (5/7)

名 称	Tag. No	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
誘導形過電流継電器	251C2t	DQAJB1HB (富士)	2~8A	"	T=5A
"	251C3r	"	"	"	"
"	251C3t	"	"	"	"
"	251C4r	"	"	"	T=2.5A
"	251C4t	"	"	"	"
"	251C5r	DQAJB1HC (富士)	InV:2.5~5A InS:20~80A	"	T=5A H=50A
"	251C5t	"	"	"	"
"	251C6r	DQAJB1HB (富士)	4~12A	"	T=6A
"	251C6t	"	"	"	"
"	251C7r	"	"	"	T=4A
"	251C7t	"	"	"	"
"	251C8r	"	2~8A	"	T=5A
"	251C8t	"	"	"	"
"	251C10r	"	"	"	T=3A
"	251C10t	"	"	"	"
"	251C11r	"	"	"	T=5A
"	251C11t	"	"	"	"
"	251C12r	"	"	"	T=4A
"	251C12t	"	"	"	"
"	251C13r	"	"	"	"
"	251C13t	"	"	"	"

電 源 設 備 (6/7)

名 称	T a g. No.	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
誘導形過電流継電器	251S1r	DQAJB1HB (富士)	2~8A	"	T=4A
"	251S1t	"	"	"	"
"	251S2r	"	"	"	T=5A
"	251S2t	"	"	"	"
"	251S3r	"	"	"	T=6A
"	251S3t	"	"	"	"
"	251S4r	"	"	"	T=4A
"	251S4t	"	"	"	"
"	251S5r	"	"	"	T=3A
"	251S5t	"	"	"	"
"	251S6r	"	"	"	T=4A
"	251S6t	"	"	"	"
"	351A1r	DQAJB1HB (富士)	2~6A (非標準)	"	T=3.5A
"	351A1t	"	"	"	"
"	351A8r	DQAJB1HC (富士)	INV: 4~12A INS: 20~80A	"	T=4A H=20A
"	351A8t	"	"	"	"
"	351C1r	DQAJB1HB (富士)	2~8A	"	T=5A
"	351C1t	"	"	"	"
"	351C2r	"	"	"	"
"	351C2t	"	"	"	"
"	351C4r	"	"	"	"

電 源 設 備 (7/7)

名 称	Tag. No	型 式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
誘導形過電流継電器	351C4t	DQAJB1HB (富士)	2~8A	"	T=5A
"	351C5r	"	"	"	"
"	351C5t	"	"	"	"
"	351C6r	"	"	"	T=4A
"	351C6t	"	"	"	"
"	851C1r	"	"	"	T=3A
"	851C1t	"	"	"	"
"	851C2r	"	"	"	T=3.5A
"	851C2t	"	"	"	"
"	851C3r	"	"	"	T=4A
"	851C3t	"	"	"	"
"	851C4r	"	"	"	"
"	851C4t	"	"	"	"
"	851C5r	DQAJB1HC (富士)	INV: 4~12A INS: 20~80A	"	T=4A H=20A
"	851C5t	"	"	"	"
"	851C6r	DQAJB1HB (富士)	2~8A	"	T=4A
"	851C6t	"	"	"	"
"	951C2r	DQAJB1HC (富士)	INV: 4~12A INS: 20~80A	"	T=4A H=20A
"	851C2t	"	"	"	"
地絡過電圧継電器	164C	DQVJA1HB (富士)	15~40V	"	T=20V
誘導形過電圧継電器	159C	DQVJC1HB (富士)	120~150V	"	T=120V

