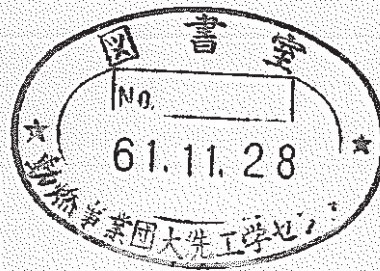


高速実験炉「常陽」第5回定期点検報告

第5回定期点検のまとめ



1986年3月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

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

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

1986年3月

(筆者氏名) 前田幸基 川部浩康
富田直樹 小林孝典 鹿志村洋一
八木 昭 時田光彦 海老沢正夫
砂押 博 佐藤勲雄

要 旨

高速実験炉「常陽」の第5回定期検査は、100MW定格第7サイクル終了後に実施されたFFDL試験・自然循環試験に引き続き昭和60年4月28日より開始され、昭和60年12月10日に定検合格証を受領した。

期間中においては、原子炉等規制法に定められた年1回の定期検査・設置者の責任において実施する定期自主検査・自主検査等が行なわれた他、照射試験のために計測線付C型特殊燃料集合体(INTA)、炉上部照射プラグリグ(UPR)の据付ならびにプラントの性能向上のために炉容器液面計の長尺化や冷却塔の交換など数多くの改造工事が実施された。

従って第5回定期検査は7ヶ月余りに及ぶものであったが、安全上さしたるトラブルもなく当初の予定通り全ての作業を終了し、高速炉における多くの貴重な保守経験を得ることが出来た。

MARCH 1986

The Fifth Annual Inspection Report of the Experimental Fast Reactor JOYO

Summary of the Fifth Annual Inspection

(筆者氏名) M. Tumura, Y. Maeda, H. Kawabe,
T. Kobayashi, H. Sunaoshi, I. Sato

A b s t r a c t

The fifth annual inspection of the experimental fast reactor JOYO was conducted during the period from April 28, 1985 to December 10, 1985 after completion of the 7th duty cycle at 100MWt.

During this annual inspection, many modification and installation works, such as installation of INTA (Instrumented Test assembly) and exchange of cooling towers, were conducted for the irradiation tests and the improvement of plant performance.

The fifth annual inspection was extended for the period of 7 months, however, all work was completed without any trouble. Many precious experiences of FBR maintenance were obtained through this annual inspection.

Maintenance Engineering Section, Experimental Reactor Division, O-arai Engineering Center, PNC.

目 次

1. 緒 言	1
2. 定期点検の概要	2
2.1 対象となる原子炉施設の範囲	2
2.2 設置者の行う定期自主点検と自主点検	2
2.3 定期検査	2
2.4 改造工事	3
2.5 定期点検時の作業管理	4
3. 定期点検の実績	39
3.1 実績工程	39
3.2 定期検査の結果	40
3.3 作業環境と発生廃棄物量	59
3.4 放射線作業実績	67
3.5 定期点検時の作業人工	75
4. 主な改造工事	79
4.1 原子炉容器Na液面計の改造	79
4.2 燃料洗浄設備の改造	98
4.3 制御棒駆動機構監視装置	114
4.4 ロジック盤改造工事	119
4.5 補機系・空調系及びディーゼル系冷却塔の交換	148
4.6 無停電系蓄電池交換	156
4.7 Ar廃ガス処理系ドレントラップ及びドレン配管の改造	161
4.8 格納容器局部漏洩率試験用N ₂ 供給配管布設	171
5. 保守経験と得られた成果	181
5.1 炉容器液面計のCPU補正による高精度化及び自動校正	181
5.2 配管支持装置の性能検証	199
5.3 空気冷却器内装ヒータの交換	211
5.4 2次系プロセス計装品の交換	223
5.5 原子炉付属建家空調換気設備・換気回数の適正化	233

5.6	2次Arガスバックアップフィルタ点検	238
5.7	2次主循環ポンプ用メカニカルシール点検	245
5.8	FFD-DN法検出器交換	254
5.9	295RTフロンターボ冷凍機の点検	260
5.10	1次冷却系Na液面計の校正	278
5.11	機器に付着した放射性ナトリウムの洗浄	290
5.12	格納容器局部漏洩率試験	298
5.13	廃液タンクの除染作業	303
5.14	1次制御装置の点検	316
5.15	1次電動弁・電動ダンパの点検	326
5.16	1次系T/C定点校正結果	338
5.17	電気計装品の交換リスト	348
6.	今後の保守計画	378
6.1	固体廃棄物処理計画	378
6.2	予防保全技術の開発	391
7.	結言	396
8.	謝辞	397
添付資料	1. 第5回定期点検中の詳細工程	398
	2. 高速実験炉「常陽」における保守技術開発の成果と今後の展望	418

List of Tables

Table 2.1	自主点検項目	9
Table 2.2	定期検査項目	28
Table 3.1	定期検査の結果	45
Table 3.2	定検期間中の被ばく線量及び被ばく線量分布	68
Table 3.3	作業別被ばく線量	69
Table 3.4	定検毎の作業別被ばく線量比較	72
Table 3.5	第5回定検期間中の作業件名とその作業人工及び費用	75
Table 4.1.1	長尺Na液面計の主要目	87
Table 4.1.2	実液校正の仕様	88
Table 4.1.3	炉容器Naレベル計交換作業工程	89
Table 4.4.1	シーケンス試験項目確認シート	138
Table 4.4.2	機能試験確認シート	139
Table 4.4.3	半導体部品信頼性データ	141
Table 4.4.4	改造前後のロジック盤動作対比表	141
Table 4.4.5	改造前後の単一チャンネル動作対比表	142
Table 4.4.6	ロジック盤の監視・表示項目	143
Table 4.4.7	警報項目	145
Table 4.5.1	蓄電池不具合リスト	158
Table 4.8.1	B、C種試験対象系統	179
Table 5.2.1	固体潤滑メカスナ設置ポイントにおける設置前後のメカスナ性能比較	201
Table 5.2.2	熱変位測定システムによる固体潤滑メカスナの挙動	202
Table 5.3.1	空気冷却器内装ヒータ仕様	220
Table 5.3.2	空気冷却器内装ヒータ絶縁抵抗及び抵抗測定結果	221
Table 5.4.1	購入計装品一覧表	229
Table 5.5.1	換気条件設定表	237
Table 5.7.1	上部シールリングの経緯	253
Table 5.7.2	上部シールリングの仕様	253
Table 5.9.1	主電動機のロータバランス調整結果	275

Table 5.10.1	1次系Naレベル計仕様一覧	285
Table 5.10.2	液面計の入出力特性基準値	286
Table 5.10.3	Naレベル計の校正結果	287
Table 5.10.4	検出器絶縁抵抗値来歴表	288
Table 5.11.1	洗浄データ	297
Table 5.15.1	点検対象弁リスト	330
Table 5.15.2	1次系電動弁電動ダンパ点検結果	333
Table 5.16.1	定検時に取外したT/Cの測定結果	343
Table 5.16.2	定検時に取外したT/Cの測定結果	345
Table 5.16.3	T/C放射化の推移	346
Table 5.17.1	1次系計装品交換リスト	349
Table 5.17.2	2次系計装品交換リスト	353
Table 5.17.3	電源設備計装品交換リスト	359
Table 5.17.4	燃料破損検出設備計装品交換リスト	367
Table 5.17.5	原子炉制御設備計装品交換リスト	371
Table 5.17.6	格納容器雰囲気調整系計装品交換リスト	372
Table 6.1.1	切断処理試験データ	388
Table 6.1.2	フレキシブルチューブ切断改造案	389
Table 6.1.3	水中カッタ運転での不合理内容と改善案	390

List of Figures

Fig 2.1	定期検査作業フローシート	8
Fig 3.1	第5回定期点検実績	41
Fig 3.2	「常陽」における放射線量率	61
Fig 3.3	各作業エリアにおける温度	65
Fig 3.4	カートンボックスの発生量	66
Fig 3.5	定検毎の作業別被ばく線量比較	73
Fig 3.6	定検毎の被ばく線量比較	74
Fig 4.1.1	長尺Na液面計構造	90
Fig 4.1.2	特性補正システム概念	91
Fig 4.1.3	Na液面計の定点校正点、インターロック、T/Cの位置	92
Fig 4.1.4	上部案内管取扱キャスクを用いたNaレベル計の引抜	93
Fig 4.1.5	ビニルバッグを用いた長尺Naレベル計の据付	94
Fig 4.1.6	長尺化Na液面計計装系統図	95
Fig 4.1.7	大回転プラグ液面計貫通部の状態	96
Fig 4.1.8	炉内Na温度変化に対応した液面計指示	97
Fig 4.2.1	燃料洗浄廃液処理フローシート	111
Fig 4.2.2	乾燥・溶融固化装置外観図	112
Fig 4.2.3	蒸発試験結果	113
Fig 4.3.1	基準荷重曲線	117
Fig 4.3.2	CRD異常監視ブロック図	118
Fig 4.4.1	原子炉保護系ブロック図	135
Fig 4.4.2	ロジック盤点検パネル模擬図	136
Fig 4.4.3	ロジック内部回路の概略図	137
Fig 4.4.4	ロジック盤出力段基本構成	140
Fig 4.4.5	警報表示パネル図	144
Fig 4.4.6	テストジャック付基盤	147
Fig 4.5.1	冷却塔温度制御フロー図	155
Fig 4.6.1	電源系統図	159

Fig 4.6.2	新型蓄電池概略図	160
Fig 4.7.1	ドレントラップ構造図(改造前)	165
Fig 4.7.2	A r 廃ガス系概略系統図(改造前)	166
Fig 4.7.3	ドレントラップ構造図(改造後)	167
Fig 4.7.4	A r 廃ガス系概略系統図(改造後)	168
Fig 4.7.5	ドレントラップ回り詳細系統図	169
Fig 4.7.6	床ドレンピットタンク構造図	170
Fig 4.8.1	P C V L / T N ₂ 供給配管取合図	175
Fig 4.8.2	P C V L / T N ₂ 供給配管系統図	176
Fig 4.8.3	窒素ガス供給系入口局部漏洩率 C 種試験フローシート	177
Fig 4.8.4	1次 A r ガス入口側 C 種 P C V L / T 状態図	178
Fig 5.1.1	直線性補正の特性	187
Fig 5.1.2	校正ループによる直線性補正前後のデータ	188
Fig 5.1.3	ゼロ点温度影響補正後の特性例	189
Fig 5.1.4	全体構成図	190
Fig 5.1.5	補正システム構成図	191
Fig 5.1.6	スパン校正方法	192
Fig 5.1.7	炉容器 N a 液面計と N a 温度のプロット図	193
Fig 5.2.1	固体潤滑メカスナの設置位置	203
Fig 5.2.2	モニタリング方法の概要	208
Fig 5.2.3	メカスナの応答解析例	209
Fig 5.3.1	空気冷却器内装ヒータ取付位置図	216
Fig 5.3.2	空気冷却器内装ヒータユニット概略図	217
Fig 5.3.3	空気冷却器内装ヒータ配置図	218
Fig 5.3.4	空気冷却器内装ヒータの光学顕微鏡による組織	219
Fig 5.3.5	内装ヒータのユニットへの固定方法	222
Fig 5.6.1	B F 概略構造図	243
Fig 5.6.2	2次 A r ガス系概略ライン図	244
Fig 5.7.1	メカニカルシール構造図	251
Fig 5.7.2	エアー抜きライン改造・上部漏洩油回収タンク概略図	252

Fig 5.8.1	B F ₃ 検出器外形図	254
Fig 5.8.2	M A R K - I 及び M A R K - II 性能試験時のディスクリ特性	257
Fig 5.8.3	新旧検出器のディスクリ特性	258
Fig 5.9.1	フレオン冷凍機保安装置盤外形図	276
Fig 5.9.2	フレオン冷凍機保安装置計装配管図	277
Fig 5.10.1	炉容 N a 充填時の液位変化	289
Fig 5.11.1	ダミープラグ洗浄工程	296
Fig 5.13.1	廃液処理設備除染作業フローシート	312
Fig 5.13.2	フィルタハウジングとフィルタ構造	313
Fig 5.13.3	高レベル廃液タンク表面線量率の推移	314
Fig 5.13.4	低レベル廃液タンク表面線量率の推移	315
Fig 5.15.1	E X T バルブ構造図	329
Fig 5.16.1	C A 熱電対の基準熱起電力	339
Fig 5.16.2	校正装置概略図	339
Fig 5.16.3	C A 熱電対のドリフト量	347
Fig 6.1.1	貯蔵物の貯蔵数推移	387
Fig 6.2.1	機器信頼性データベースシステム概要	393

1. 緒 言

高速実験炉「常陽」は昭和60年4月28日から第5回定期検査を開始し、照射施設としての利用・プラントの高性能化そして技術の高度化をめざした種々の改造工事を含めた全作業はすべて順調に実施され、昭和60年12月10日に定期検査合格証を受領した。

今回の定期検査では5年に1度実施される回転プラグの分解点検ならびにこれを含む各種燃料取扱機器の分解点検と、無停電電源設備の蓄電池および計測制御系の信号変換器等の交換を含む電気・計装機器の点検に重点をおき、本格的な年5サイクル運転をめざして各種の点検を入念に実施した。これらの点検結果や保守実績ならびに得られた知見は保守データベースに蓄積され、機器の信頼性評価あるいは点検頻度といったものの策定に用いられる他、高速炉の保守基準を確立させるためその整備が鋭意進められている。

今回の定検中には「常陽」の性能向上をめざし多くの改造工事が実施された。主なものは ① 炉容器Naの液面計の長尺化 ②燃料破損検出設備の遅発中性子法検出装置のAループへの設置 ③冷却塔6台の交換工事 ④燃料洗浄廃液処理設備の改造 ⑤制御棒駆動機構の荷重監視装置の強化などである。その他、照射中の燃料の挙動を原子炉運転下で直接モニタするINTA（計測線付特殊燃料集合体）や構造材料の照射挙動を同じく原子炉運転下で直接モニタするUPR（炉上部照射プラグリグ）の装荷がはじめて行なわれ、従来の無計装照射リグでは得られなかったオンラインデータにより燃料材料設計への解析評価が飛躍的に向上することが期待されている。

第5回定期検査は「常陽」の性能向上のための改造工事と照射リグの装荷作業を伴ったため従来の定検期間に比して長期間となり、また非常に錯綜した工程ではあったが、さしたるトラブルもなく終了した。本報告書では自主点検や改造工事等も含めた第5回定期検査の結果と得られた成果について述べる。

2. 定期点検の概要

第5回定期点検は、(1)設置者の責任において実施する定期自主点検と自主点検及び(2)原子炉等規制法に定められた年一回の定期検査からなり、この間を利用して各種改造工事等を実施した。

2.1 対象となる原子炉施設の範囲

定期自主検査、自主点検及び定期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 設置者の行う定期自主点検と自主点検

定期自主点検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ヵ月毎に、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。

自主点検は、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き定期的に行う点検をいい、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 2.1 (1)~(9)に自主点検項目を示す。

2.3 定期検査

定期検査は規制法第29条に示すとおり、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主務省令

で定める技術上の基準（規則第3条の5）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9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9第1号に係る検査）

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、原子炉格納施設等原子炉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9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、原子炉冷却材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類等の外観検査、分解検査、開放検査、校正検査及び作動検査等を行い、今後の運転が安全に維持されることを確認する。

Table 2.2 (1)～(II)に定期検査項目を示す。

2.4 改造工事

本定期点検期間中に実施した主要な工事は次の通りである。

(1) 原子炉容器ナトリウム液面計の改造

メンテナンス時にも原子炉容器内のナトリウム液位を監視できるように原子炉容器ナトリウム液面計3基のうち1基を長尺のものに交換し測定範囲を拡大した。

(2) 空調系・補機系及びディーゼル系冷却塔の交換

各冷却塔とも原子炉附属建屋又は主冷却建屋の屋上に設置されており、塩害による劣化が進んでいたため、今後の系統の健全性確保のため各冷却塔計6台を新たに製作し交換を行った。

(3) 無停電電源設備の蓄電池交換

常陽の蓄電池は設置以来10年以上を経過しており、鉛蓄電池の期待寿命に達しつつある。このため前回定検より3回に分けて計画的に設備の更新を行っており、今回は交流無停電電源設備1系統（106セル）及び直流無停電電源設備1系統（54セル）について交換を行った。

(4) 廃液処理設備の一部変更

燃料洗浄廃液等に含まれる放射性スラッジの堆積による機器・配管の表面線量率の上昇

を防止しかつ固体廃棄物の減容化を図るため、放射性スラッジの沈着しにくい堅型円錐状の廃液タンクを追加し、処理建屋のフロキュレータ（中和槽）についても同様のタンクに交換した。また、最終処理としてガラスによる固形化を行うシステムに改造した。

(5) 原子炉保護設備の一部変更

原子炉自動停止機能の信頼性を高めるため、原子炉運転中においてもトリップ出力接触器（スクラム出力最終段リレー）の点検が行えるように改造を行った。

(6) 計測線付C型特殊燃料集合体（INTA）製作及び据付け

INTAは燃料中心温度、核分裂生成ガス量、冷却材の温度分布及び流量中性子束分布等の測定をいわゆる「オンライン」で測定するものでその主要構造は、各種小型計測器を組み込んだ試料部とそれを保持し計測部からの信号線を導き出す保持装置からなり、直径約150mm、長さ11mの細長い形状をしている。計測器からの各種データは「常陽」に設置されている運転監視システム（JOYDAS）に伝送され記録される。

(7) 炉上部照射プラグリグ（UPR）据付

「もんじゅ」原子炉容器材の計画照射条件とはほぼ同じ条件で構造材料を照射し、照射試験片温度などをいわゆる「オンライン」で測定するものでその主要構造は試験片を収納した試験片収納容器と、収納容器を保持し熱電対を取り付けたUPR本体からなり、直径約150mm長さ約7mの細長い形状をしている。熱電対からの各種データは「常陽」に設置されている運転監視システム（JOYDAS）に伝送され記録される。

(8) 燃料破損検査設備の一部変更

燃料破損検査設備の信号を比較し詳細な評価を行うため、一次系Aループに設置されている遅発中性子検出設備と同等の設備をBループ側にも設置した。

(9) 制御棒駆動機構計装の一部変更

原子炉出力制御系における制御棒駆動機構の異常を監視してきたアナログ計器の荷重超過演算器をデジタル計器による荷重超過演算器に更新し、制御棒の荷重判定の精度向上及び中央制御室での監視性の向上を図った。

2.5 定期点検時の作業管理

定期点検時における作業はFig 2.1に従って実施されるが、これら作業時の作業管理は以下の方針に基づいて行った。

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、定期検査計画書に定める。

(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する。

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」を作成し、操作スイッチ、弁等に必ずタグを付けるなど、作業開始前に当って十分な安全措置を行う。

(2) 作業中

定期検査要領書に定められた手順に従って行う。また、分解部品等はパレット、ビニールシートに並べるなどして、異った部品、異物の混入を防止する。

(3) 作業終了後

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

2.5.3 取扱部品の管理

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管理する。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混入を防止する。

2.5.4 安全管理

(1) 放射線被曝

定検時の作業のうち、被曝管理の対象となる主要なものは次の作業である。

① 格納容器床下部分の点検

- ・ 1次冷却系電動弁、電動ダンパ点検
- ・ 1次主配管の供用期間中検査（I S I）
- ・ 1次主配管表面線量率分布測定
- ・ 配管支持装置の点検
- ・ 燃料破損検出設備遅発中性子法検出器交換

② 廃液処理設備の改造

③ 燃料破損検出設備の追加設置

- ④ 廃液タンク除染作業（付属建家）
- ⑤ 床下遮蔽工事
- ⑥ 放射線作業管理

これまでの原子炉運転状況及びプラント各部の状況から判断して、点検時の作業環境は、管理区域で2～20ミリレム/hr、格納容器床下区域で30～50ミリレム/hr（第4回定検時の約1.5～2倍）程度が予測され、この予測に基づいた検査、点検作業及び定検期間中の工事に関する個人最大被曝線量は約800mremであった。このため作業の計画に当っては種々の作業条件を考慮したうえで十分な検討を行うことによって遮蔽等の被曝低減化対策を施し保安規定に定める基準を絶対にこえることのないように管理を行うとともに、ALARAの精神に基づきこれを出来るだけ低くおさえるよう努力した。

作業のうちには、放射性物質バウンダリを解放する作業もあるが、内部被曝防止のためには清浄ガスによる系統の置き換え、保護具の装着により作業を安全に実施した。

(2) 一般作業

一般作業安全については、これまでの点検作業の経験をもとに、作業手順の準備を行い、次の方針で実施した。

① 酸欠防止対策

酸欠が問題となるのは、格納容器床下の空気置き換え後の格納容器への立入りである。

格納容器床下への立入りは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できるが、立入りに際しては、事前に作業計画書を作成し提出し、本設計器により雰囲気の酸素濃度を確認した後、さらに携帯式の酸素濃度計により安全を確認し、その後立入りを許可するようにする。

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、携帯式酸素濃度計によるサーベイを行い、安全を確認しつつ作業を行う。

尚、万一に備えて酸素マスクを配備し、災害及び二次災害の発生防止に努める。

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、作業手順を詳細に検討した後に実施する。

ナトリウムバウンダリ解放に際しては、ナトリウムドレン、ガス置き換え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の方法により、作業の安全をはかる。

③ 電気事故対策

電気機器の点検及び作業に際しては、感電事故防止のため、事前に作業手順書を作成し、システムの構成状況を確認した後に必要な停電措置を講ずる。

点検担当者と作業担当者間の安全確認の方法としては、「停止依頼書」によるタブレット方式を採用し、間違いのないようにする。

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着用し作業を行う。また、標識、縄張り等により作業員以外の立入りを禁止する。

④ 重量物運搬、高所作業

クレーン運転、玉掛け、足場作業等について十分に経験のある有資格者に行わせる。

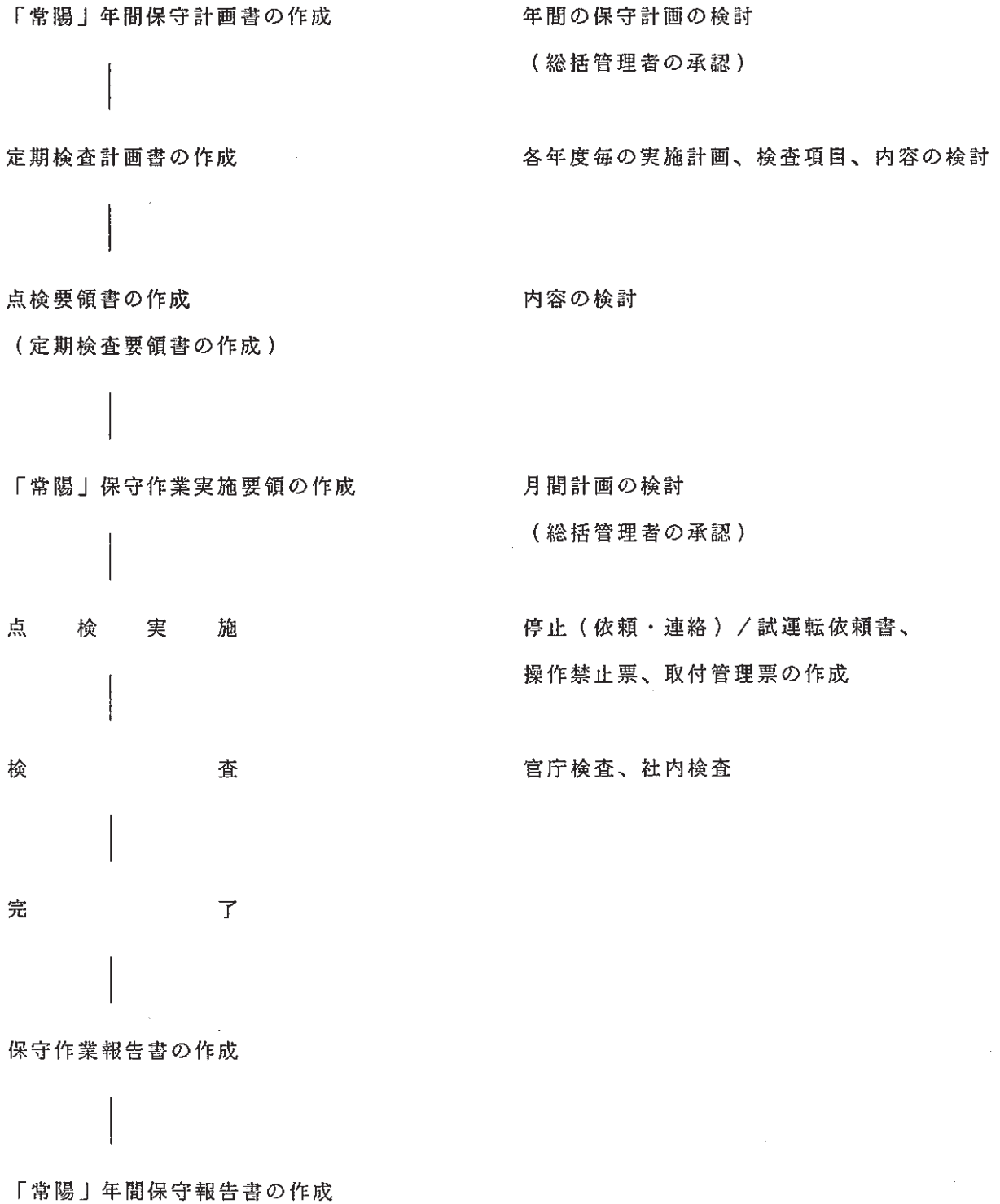


Fig 2.1 定期検査作業フローチャート

Table 2.1 自主点検項目(1/19)

施設区分: 原子炉本体(1/1)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
1. 燃 料 体	1 式	集集体外観検査	1回/1年	1 式	1 式
		集集体寸法検査	"	"	"
		要素外観検査	"	"	"
		要素寸法検査	"	"	"
2. 回 転 プ ラ グ	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	"	"	"
(1) 特 上 装 置	1 式	耐 圧 検 査	1回/5年	-	1 式
		機 能 検 査	"	-	"
3. 原 子 炉 容 器	1	供用期間中検査	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目(2/19)

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	点検周期	第4回 定検実績	今回実施
1. 燃料交換機設備	1 式	外観検査	1回/1年	1 式	1 式
		機能検査	1回/1年	1 式	1 式
(1) 燃料交換機本体					
イ) グリッパ	1	分解検査	1回/1年	1/1	1/1
		機能検査	1回/1年	1/1	1/1
ロ) グリッパ駆動装置	1	分解検査	1回/4年	1/1	-
		機能検査	1回/1年	1/1	1/1
ハ) 軸封装置	1	分解検査	1回/1年	1/1	1/1
		漏洩検査	1回/1年	1/1	1/1
ニ) ドアバルブ	1	漏洩検査	1回/1年	1/1	1/1
		機能検査	1回/1年	1/1	1/1
(2) 交換機孔ドアバルブ	1	漏洩検査	1回/1年	1/1	1/1
		機能検査	1回/1年	1/1	1/1
		分解検査	1回/4年	-	1/1
2. 燃料出入機設備	1 式	外観検査	1回/1年	1 式	1 式
		機能検査	1回/1年	1 式	1 式
(1) 燃料出入機本体					
イ) グリッパ	1	分解検査	1回/1年	1/1	1/1
		機能検査	1回/1年	1/1	1/1
ロ) グリッパ駆動装置	1	機能検査	1回/1年	1/1	1/1
ハ) ドアバルブ	1	漏洩検査	1回/1年	1/1	1/1
		機能検査	1回/1年	1/1	1/1
ニ) 台車設備	1	機能検査	1回/1年	1/1	1/1
		分解検査	1回/6年	-	1/1
3. トランスファーロータ設備	1 式	外観検査	1回/1年	1 式	1 式
		機能検査	1回/1年	1 式	1 式
(1) 駆動装置	1	分解検査	1回/6年	1/1	-
		機能検査	1回/1年	1/1	1/1
(2) ドアバルブ					
イ) 貯蔵設備側	1	漏洩検査	1回/1年	1/1	1/1
		機能検査	1回/1年	1/1	1/1

Table 2.1 自主点検項目(3/19)

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 周 期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
ロ) 格納容器側	1	分 解 検 査	1回/6年	1/1	-
4. 燃料取扱用キャスクカー設備	1 式	漏 洩 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		崩壊熱除去能力 確認	1回/1年	1 式	1 式
		(1) グリッパ	1	分 解 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(2) グリッパ巻上機構	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/4年	-	1/1
(3) ドアバルブ	1	分 解 検 査	1回/2年	1/1	1/1
		漏 洩 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(4) 遮蔽リング(駆動部)	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(5) アルゴンガス循環ブロワ	2	機 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(6) 台車設備	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
5. 新燃料貯蔵設備					
5.1 付属建家貯蔵設備		外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
	1 式	機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(1) 装填燃料収納管		外 観 検 査	1回/1年	72/72	72/72
(2) 装填燃料移送機	72	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(3) 新燃料移送台車	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(4) ドアバルブ	1	漏 洩 検 査	1回/1年	2/2	2/2
	2	機 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
5.2 使用済燃料貯蔵施設貯蔵設備		外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(1) 装填燃料収納管	1 式	外 観 検 査	1回/1年	64/64	64/64
(2) グリッパ	64	外 観 検 査	1回/1年	64/64	64/64
	64	機 能 検 査	1回/1年	64/64	64/64

Table 2.1 自主点検項目 (4/19)

施設区分：核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 (3/4)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
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	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(1) 燃料洗浄設備	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		崩壊熱除去能力 確認	1回/1年	1 式	1 式
イ) 洗浄槽回転機構	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
ロ) アルゴンガス循環ブロワ	2	機 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/4年	-	1/2
ハ) 洗浄槽循環ポンプ	2	機 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/4年	-	1/2
ニ) アルゴンガス冷却器	2	分 解 検 査	1回/2年	-	2/2
ホ) 汚染廃ガス真空ポンプ	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/2年	-	1/1
ヘ) 洗浄床ドアバルブ	1	分 解 検 査	1回/6年	1/1	-
		漏 洩 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(2) 回転移送器	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
イ) グリッパ	1	分 解 検 査	1回/2年	-	1/1
		機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
ロ) グリッパ駆動装置	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(3) 缶詰装置	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
イ) 缶詰装置	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(4) 水中台車設備	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
イ) 駆動装置	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
ロ) 水中機器	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1

Table 2.1 自主点検項目(5/19)

施設区分：核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設(4/4)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今回実施
(5) 使用済燃料移送機	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
イ) グリッパ	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/3年	-	1/1
ロ) グリッパ駆動装置	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/4年	-	1/1
ハ) 台車設備	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/4年	-	1/1
(6) 貯蔵ラック	200	外 観 検 査	1回/1年	200/200	200/200
(7) 水処理設備	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		浄化能力及び冷 却能力確認	1回/1年	1 式	1 式
イ) 水循環ポンプ	2	機 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
ロ) 水冷却器	2	分 解 検 査	1回/2年	-	2/2
6.2 使用済燃料貯蔵施設貯蔵設備	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(1) 使用済燃料移送機	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		機 能 検 査	1回/1年	1 式	1 式
イ) グリッパ	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
ロ) グリッパ駆動装置	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
ハ) 台車設備	1	機 能 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/6年	-	1/1
(2) 貯蔵ラック	600	外 観 検 査	1回/1年	600/600	600/600
(3) 水冷却浄化設備	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		浄化能力及び冷 却能力確認	1回/1年	1 式	1 式
イ) 水循環ポンプ	2	機 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/2年	-	2/2
ロ) 水冷却器	2	分 解 検 査	1回/2年	-	2/2
7. 使用済燃料輸送容器	1 式	外 観・漏洩検査	1回/1年	1 式	1 式
8. 新燃料構内移送容器	1 式	外 観・漏洩検査	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目 (6/19)
施設区分：原子炉冷却系統施設 (1/5)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
1. 1次主冷却系統設備					
(1) 1次主循環ポンプ	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		作 動 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(2) 1次主循環ポンプオイルプレッシャ ユニット	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/2年	2/2	-
(3) 1次主循環ポンプ電動機	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		絶縁抵抗測定	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/5年	1/2	-
(4) 配 管	1 式	供用期間中検査	1回/1年	1 式	1 式
(5) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式
(6) 主中間熱交換器	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
2. 1次補助冷却系統設備					
(1) 電磁ポンプ	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		絶縁抵抗測定	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(2) 電 動 弁	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		作 動 検 査	1回/1年	4/4	4/4
(3) 補助中間熱交換器	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(4) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式
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	1回/1年	1/1	1/1
		絶縁抵抗測定	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(2) コールドトラップ窒素ガス冷却プロ ワ	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(3) 電 動 弁	8	作 動 検 査	1回/1年	8/8	8/8
		外 観 検 査	1回/1年	8/8	8/8
(4) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目(7/19)

施設区分:原子炉冷却系統施設(2/5)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
4. オーバフロ系統設備					
(1) 電磁ポンプ	1	絶縁抵抗測定	1回/1年	1/1	1/1
		外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(2) オーバフロタンク	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(3) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式
(4) 手 動 弁	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式
5. 1次ナ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	1回/1年	2/2	2/2
(2) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式
6. 1次アルゴンガス系統設備					
(1) 供給タンク	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(2) 低圧タンク	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(3) 安 全 弁	2	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(4) 電 動 弁	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		作 動 検 査	1回/1年	4/4	4/4
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	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	100%/5年	1/2	1/2
(2) 予熱窒素ガスブロワ用電動機	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		絶縁抵抗測定	1回/1年	2/2	2/2
(3) 予熱窒素ガスブロワ用オイルプレッ シャーユニット	1 式	分 解 検 査	100%/6年	-	1 式
		外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(4) 電 動 弁	23	外 観 検 査	1回/1年	23/23	23/23
		作 動 検 査	1回/1年	23/23	23/23
(5) 加 熱 器	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(6) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目(8/19)

施設区分:原子炉冷却系統施設(3/5)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定検実績	今回実施
8. 安全容器呼吸系設備					
(1) 電 動 弁	2	作 動 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(2) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式
9. 2次主冷却系統設備					
(1) 2次主循環ポンプ	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		作 動 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(2) 2次主循環ポンプ電動機	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/5年	-	2/2
		絶縁抵抗測定	1回/1年	2/2	2/2
(3) メカニカルシール	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(4) オイルプレッシャーユニット	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/2年	-	2/2
(5) 主冷却器	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		内 部 点 検	1回/1年	4/4	4/4
(6) 主送風機					
イ) 本 体	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		分 解 検 査	1回/4年	-	4/4
		内 部 点 検	1回/1年	4/4	4/4
		作 動 検 査	1回/1年	4/4	4/4
ロ) 電 動 機	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		分 解 検 査	1回/4年	1/4	3/4
		絶縁抵抗測定	1回/1年	4/4	4/4
ハ) ベ ー ン	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		作 動 検 査	1回/1年	4/4	4/4
ニ) ダ ン バ	8	外 観 検 査	1回/1年	8/8	8/8
		作 動 検 査	1回/1年	8/8	8/8
ホ) ブレーキ	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		作 動 検 査	1回/1年	4/4	4/4
(7) オーバフロータンク	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(8) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目(9/19)

施設区分:原子炉冷却系統施設(4/5)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
10. 2次補助冷却系統設備					
(1) 電磁ポンプ	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		絶縁抵抗測定	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
イ) 電磁ポンプ冷却ファン	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(2) 補助冷却器	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		内 部 点 検	1回/1年	1/1	1/1
(3) 補助送風機					
イ) 本 体	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		内 部 点 検	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
ロ) 電 動 機	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		絶縁抵抗測定	1回/1年	1/1	1/1
ハ) ベ ー ン	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
ニ) ダ ン パ	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		作 業 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(4) 膨張タンク	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(5) 電 動 弁	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		電 気 試 験	1回/1年	2/2	2/2
		作 動 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		分 解 検 査	1回/4年	2/2	-
(6) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式
(7) 補助系充填弁	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		校 正 検 査	1回/1年	1/1	1/1
11. 2次ナトリウム純化系統設備					
(1) 電磁ポンプ	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		絶縁抵抗測定	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
イ) 電磁ポンプ冷却ファン	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2

Table 2.1 自主点検項目 (10/19)
 施設区分：原子炉冷却系統施設 (5/5)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今回実施
(2) コールドトラップ	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(3) コールドトラップ用送風機	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		内 部 点 検	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
イ) コールドトラップ送風機用電動機	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		絶縁抵抗測定	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/4年	1/1	-
(4) 空気作動弁	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		作 動 検 査	1回/1年	4/4	4/4
(5) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式
12. 2次ナ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	1回/1年	1/1	1/1
(2) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1 式	1 式
13. 2次アルゴンガス系統設備					
(1) 真空ポンプ	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/2年	-	1/1
(2) 配管支持装置	1 式	外 観 検 査	100%/10年	1/1	1/1
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	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目 (11/19)

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	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今回実施
1. 1次冷却系計装設備					
(1) プロセス計装品	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 / 1	1 / 1
		校 正 検 査	1回/1年	1 / 1	1 / 1
(2) ナトリウム漏洩検出器	212	作 動 検 査	1回/1年	212/212	212/212
(3) 制 御 盤	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		内 部 点 検	1回/1年	1 式	1 式
		電 気 試 験	1回/1年	1 式	1 式
2. 2次冷却系計装設備					
(1) プロセス計装品	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(2) ナトリウム漏洩検出器	215	作 動 検 査	1回/1年	215/215	215/215
(3) 制 御 盤	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		内 部 点 検	1回/1年	1 式	1 式
		電 気 試 験	1回/1年	1 式	1 式
(4) アキュームレータタンク	3	外 観 検 査	1回/1年	3 / 3	3 / 3
3. 原子炉制御設備					
(1) 制御棒駆動機構	6	分 解 検 査	100%/2年	-	6 / 6
(2) 制御棒駆動機構補機	1 式	作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(3) 制御・計装盤	5	外 観 検 査	1回/1年	5 / 5	5 / 5
		内 部 点 検	1回/1年	5 / 5	5 / 5
		電 気 試 験	1回/1年	5 / 5	5 / 5
(4) 計 器 類	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(5) 地 震 計	3	内 部 点 検	1回/1年	3 / 3	3 / 3
		校 正 検 査	1回/1年	3 / 3	3 / 3
(6) 総 合	1 式	作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式
4. 原子炉保護系設備					
(1) ロジック盤	2	外 観 検 査	1回/1年	2 / 2	2 / 2
		内 部 点 検	1回/1年	2 / 2	2 / 2
(2) 総 合	1 式	作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目 (12/19)

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	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
5. 燃料出口温度計装設備					
(1) 温度警報計	10	校 正 検 査	1回/1年	10/10	10/10
		作 動 検 査	1回/1年	10/10	10/10
(2) 温度記録計	10	校 正 検 査	1回/1年	10/10	10/10
6. 燃料破損検出設備					
6.1 カバーガス法					
(1) コンプレッサ	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(2) プレシピテータ本体	1	分 解 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(3) プレシピテータコンソール	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		内 部 点 検	1回/1年	1/1	1/1
		作 動 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(4) 第2ベーパートラップ	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		分 解 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(5) 電 動 弁	9	外 観 検 査	1回/1年	9/9	9/9
		電 気 試 験	1回/1年	9/9	9/9
		作 動 検 査	1回/1年	9/9	9/9
(6) 制 御 盤	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
		内 部 点 検	1回/1年	4/4	4/4
		電 気 試 験	1回/1年	4/4	4/4
(7) 計 器 類	1 式	校 正 試 験	1回/1年	1 式	1 式
		外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(8) 総 合	1 式	作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式
6.2 遅発中性子法					
(1) 計 器 類	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(2) 制 御 盤	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		内 部 点 検	1回/1年	1 式	1 式
		電 気 試 験	1回/1年	1 式	1 式
(3) 総 合	1 式	作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目 (13/19)

施設区分：計測制御系統施設 (3/3)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
7. 中性子検出器保持駆動装置					
(1) 駆動機構	5	分 解 検 査	100%/3年	2 / 5	3 / 5
(2) 制御装置	1 式	作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式
8. 中性子計装設備					
(1) 制 御 盤	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		内 部 点 検	1回/1年	1 式	1 式
		電 気 試 験	1回/1年	1 式	1 式
		計器校正検査	1回/1年	1 式	1 式
		総合作動検査	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目(14/19)

施設区分：放射性廃棄物の廃棄施設(1/2)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
1. 廃棄処理設備					
(1) 廃ガス貯留タンク	3	外 観 検 査	1回/1年	3/3	3/3
		漏 洩 検 査	1回/1年	3/3	3/3
(2) 廃ガス圧縮機	3	外 観 検 査	1回/1年	3/3	3/3
		分 解 検 査	1回/1年	3/3	3/3
		作 動 検 査	1回/1年	3/3	3/3
(3) 圧縮機用電動機	3	外 観 検 査	1回/1年	3/3	3/3
		絶縁抵抗試験	1回/3年	-	3/3
(4) 制 御 盤	3	外 観 検 査	1回/1年	3/3	3/3
		内 部 点 検	1回/3年	-	3/3
		電 気 試 験	1回/3年	-	3/3
(5) プロセス計器	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
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	1回/1年	1/1	1/1
		漏 洩 検 査	1回/1年	1/1	1/1
(2) 液体廃棄物処理系					
イ) タンク類	13	外 観 検 査	1回/1年	13/13	13/13
		漏 洩 検 査	1回/1年	13/13	13/13
ロ) 廃液移送ポンプモータ	9	外 観 検 査	1回/1年	9/9	9/9
		電 気 試 験	1回/1年	9/9	9/9
		作 動 検 査	1回/1年	9/9	9/9
(3) 固体廃棄物処理系	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
イ) 固体廃棄物貯蔵庫					
3. 放射性廃液処理設備					
(1) 蒸発濃縮処理設備					
イ) 蒸 発 缶	2	外 観 検 査	100%/2年	1/2	1/2
		耐圧漏洩検査	100%/2年	1/2	1/2
ロ) 凝 縮 器	2	外 観 検 査	100%/2年	1/2	1/2
		耐圧漏洩検査	100%/2年	1/2	1/2
ハ) 濃縮液受槽	1	外 観 検 査	1回/1年	1/1	1/1
		耐圧漏洩検査	1回/1年	1/1	1/1

Table 2.1 自主点検項目 (15/19)

施設区分：放射性廃棄物の廃棄施設 (2/2)

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
(2) 廃液移送配管	1 式	漏 洩 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(3) 制 御 盤	7	外 観 検 査	1回/1年	7/7	7/7
		内 部 点 検	1回/1年	7/7	7/7
		電 気 試 験	1回/1年	7/7	7/7
(4) 計 器 類	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		校 正 試 験	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目(16/19)

施設区分：放射線管理施設

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
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	1回/1年	1 式	1 式
(2) 中性子線エリアモニタ	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(3) ダストモニタ	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(4) ガスモニタ	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(5) ハンドフットモニタ	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(6) ゲートモニタ	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
2. 屋外管理用モニタ					
(1) 排気筒モニタ	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(2) 排水モニタ	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(3) 野外管理用モニタリングポスト	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(4) 制 御 盤	1 式	外 観 検 査	1回/1年	1 式	1 式
		内 部 点 検	1回/1年	1 式	1 式
		電 気 試 験	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目 (17/19)

施設区分：原子炉格納施設

設 備 名	機器個数	検 査 項 目	点 検 周 期	第 4 回 定 検 実 績	今 回 実 施
1. 原子炉格納容器					
(1) 所員用エアロック	1	開 放 点 検	1回/1年	1/1	1/1
(2) 非常用エアロック	1	開 放 点 検	1回/1年	1/1	1/1
(3) 本 体	1	局 部 漏 洩 率 試 験	1回/1年	1/1	1/1
2. 格納容器雰囲気調整系					
2.1 窒素雰囲気調整系					
(1) 回転プラグブースタブロワ	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(2) 再循環ブロワ	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
(3) 機器冷却ファン	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(4) 計 器 類	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(5) 総 合	1 式	作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式
2.2 フレオン冷媒系					
(1) フレオン冷凍機	2	分 解 検 査	1回/2年	2/2	-
(2) 冷媒ポンプ	3	分 解 検 査	1回/2年	3/3	-
(3) 計 器 類	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(4) 総 合	1 式	作 動 検 査	1回/2年	1 式	-
2.3 アニュラス部及び アニュラス部排気系					
(1) 真空破壊弁	4	外 観 検 査	1回/1年	4/4	4/4
(2) 計 器 類	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(3) 非常用ガス処理装置	2	フイルク性能検査	1回/1年	2/2	2/2
2.4 コンクリート遮蔽体冷却系					
(1) 窒素ガス冷却器	2	開 放 点 検	1回/2年	2/2	-
(2) 窒素ガスブロワ	2	分 解 点 検	100%/2年	1/2	1/2
(3) ペDESTALブロワ	2	分 解 点 検	100%/2年	1/2	1/2
(4) 計 器 類	1 式	校 正 検 査	1回/1年	1 式	1 式
(5) 総 合	1 式	作 動 検 査	1回/1年	1 式	1 式

Table 2.1 自主点検項目 (18/19)

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	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今回実施
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	1回/1年	2/2	2/2
		内 部 点 検	1回/1年	2/2	2/2
		性 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(2) インバータ装置	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		内 部 点 検	1回/1年	2/2	2/2
		性 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(3) 電 源 盤	3	外 観 検 査	1回/1年	3/3	3/3
		内 部 点 検	1回/1年	3/3	3/3
		電 気 試 験	1回/1年	3/3	3/3
(4) 蓄 電 池	212	外 観 検 査	1回/1年	212/212	212/212
		均 等 充 電	4回/1年	212/212	212/212
1.2 直流無停電電源設備					
(1) 整流装置	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		内 部 点 検	1回/1年	2/2	2/2
		性 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(2) 負荷電圧補償装置	2	外 観 検 査	1回/1年	2/2	2/2
		内 部 点 検	1回/1年	2/2	2/2
		性 能 検 査	1回/1年	2/2	2/2
(3) 電 源 盤	3	外 観 検 査	1回/1年	3/3	3/3
		内 部 点 検	1回/1年	3/3	3/3
		性 能 検 査	1回/1年	3/3	3/3
(4) 蓄 電 池	108	外 観 検 査	1回/1年	108/108	108/108
		均 等 充 電	4回/1年	108/108	108/108
2. 非常用電源設備					
(1) ディーゼル機関及び同補機	2	分 解 点 検	1回/1年	2/2	2/2
(2) ディーゼル発電機	2	分 解 点 検	1回/1年	2/2	2/2
(3) 制 御 盤	6	内 部 点 検	1回/1年	6/6	6/6
		電 気 試 験	1回/1年	6/6	6/6

Table 2.1 自主点検項目 (19/19)
 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	点検周期	第 4 回 定 検 実 績	今回実施
(4) 同期盤	1	内 部 点 検 電 気 試 験	1回/1年 1回/1年	2/2 2/2	2/2 2/2
(5) 発電装置	2	作 動 試 験 (100%負荷)	1回/1年	2/2	2/2
(6) 総 合	1 式	保護作動試験	1回/1年	1 式	1 式
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	1回/1年 1回/1年 1回/1年	3/3 3/3 3/3	3/3 3/3 3/3
(2) 電 動 機	4	外 観 検 査 絶縁抵抗測定	1回/1年 1回/1年	4/4 4/4	4/4 4/4
(3) 空気貯槽	2	外 観 検 査 開 放 点 検	1回/1年 1回/3年	2/2 2/2	2/2 -
(4) 除 湿 塔	1 式	外 観 検 査 性 能 検 査	1回/1年 1回/1年	1 式 1 式	1 式 1 式
(5) 制 御 盤	6	外 観 検 査	1回/1年	6/6	6/6

Table 2.2 定期検査項目(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	記録確認													
1. 燃料体	燃料体 (使用済炉心燃料)	1体	B-101	集合体外観検査	60年11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	(イ) 持上装置	1式	B-102	燃料破損検査	60年12月				○	○													
				B-103							耐圧検査	60年11月	A-702	炉内燃料取扱機器動作確認	60年11月	○	○						
											B-104							機能検査	60年11月			○	

Table 2.2 定期検査項目(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	記録確認
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	60年11月	○	
		1	B-201	分解検査	60年6月				○	
		1	B-202 B-203	分解検査 漏洩検査	60年11月 60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	60年11月	○	
		1	B-204	分解検査	60年11月					○
		1	B-207	漏洩検査	60年11月					○
3. トランスファロータ		1式								
4. 燃料取扱用キャスカ カー	(イ) ドアバルブ (ロ) グリッパ	1式				A-703(1)	炉外燃料取扱機器動作確認	60年11月	○	
						A-703 (1)・(2)	炉外燃料取扱機器動作確認	60年11月	○	
		1	B-209 B-210	分解検査 漏洩検査	60年11月 60年11月	A-701	崩壊熱除去能力確認	60年11月		○ ○ ○
5. 付属建家心燃料貯蔵 設備	(イ) グリッパ	1式				A-703(2)	炉外燃料取扱機器動作確認	60年11月	○	
						A-707	貯蔵能力確認	60年11月		○

Table 2.2 定期検査項目(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	記録確認
6. 付属建家使用済燃料 貯蔵設備		1式				A-703(2)	炉外燃料取扱機 器動作確認	60年11月	○	
						A-708	貯蔵能力確認	60年11月		○
						A-701	崩壊熱除去能力 確認	60年11月		○
						A-704	浄化能力及び冷 却能力確認	60年11月	○	
7. 使用済燃料貯蔵施設 新燃料貯蔵設備		1式				A-709	貯蔵能力確認	60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	60年11月	○	
						A-706	炉外燃料取扱機 器動作確認	60年11月	○	
						A-710	貯蔵能力確認	60年11月		○
9. 使用済燃料輸送容器		1式	B-212	外観検査 漏洩検査	60年11月					○
10. 新燃料構内移送容器		1式	B-213	外観検査 漏洩検査	60年11月					○

Table 2.2 定期検査項目(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	記録確認
1. 1次主冷却系統設備	(1) 1次主循環ポンプ	2	B-301	作動検査	60年11月	A-501	1次冷却系の出口温度確認	60年12月	○	
						A-104	1次主循環ポンプの起動	60年11月	○	
2. 1次補助冷却系統設備		1式				A-105	補助冷却系の起動確認	60年11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	60年11月				○	
4. 1次ナトリウム純化系統設備	(1) 電磁ポンプ	1	B-305	作動検査	60年11月				○	
5. 1次アルゴンガス系統設備						A-109	安全弁の性能検査	60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	60年10月				○	
	(2) 同メカニカルシール	2	B-307	分解検査	60年10月					○
	(3) 空気冷却器	4	B-308	開放検査	60年9月				○	
	(4) 主送風機	4	B-309 B-310	開放検査 作動検査	60年9月 60年9月				○	○

Table 2.2 定期検査項目(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	記録確認		
7. 2次補助冷却系統設備	イ グンパ	8	B-311	作 動 検 査	60年9月				○			
	ロ ベーン	4										
	(1) 電磁ポンプ	1	B-312	作 動 検 査	60年10月						○	
	8. 2次ナトリウム純化系統設備	(1) 電磁ポンプ	1	B-313	作 動 検 査						60年10月	○
		(1) 配管支持装置	1式	B-314	外 観 検 査						60年9月	○
9. 配 管	(2) 配管	1式	B-315	外 観 検 査	60年9月	○						
	(1次主冷却系)											

Table 2.2 定期検査項目(6/11)
 施設区分：計測制御系統施設(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	記録確認					
1. 制御棒駆動機構	(1) 駆動部	6	B-401	分解検査	60年11月	A-201	インターロック の確認	60年11月	○	○					
			B-402	作動検査	60年11月										
2. 原子炉制御設備		1式	B-403	校正検査	60年11月	A-202	警報装置の作動	60年11月	○	○					
											A-101	制御棒のスクラム時間	60年11月	○	
											A-102	制御棒一斉挿入の挿入時間	60年11月	○	
											A-301	制御棒価値	60年12月	○	
		A-302	反応度付加率	60年12月	○										
		A-303	炉停止余裕	60年12月	○										
		A-304	過剰反応度	60年12月	○										
3. 中性子計装設備		1式	B-404	校正検査	60年11月						○				
4. 燃料破損検出設備	1式	B-405	校正検査	60年11月	A-202	警報装置の作動	60年11月	○		○					
5. 原子炉保護系設備	1式	B-403	校正検査	60年11月	A-202	警報装置の作動	60年11月	○		○					
					A-107	手動アイソレーションの作動	60年11月	○							

Table 2.2 定期検査項目(7/11)

施設区分:計測制御系統施設(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	記録確認
6. 燃料出口温度計装設備		1式	B-406	校正検査	60年11月	A-108	アイソレーション条件	60年11月	○	○
						A-103	スクラム、制御棒一斉挿入の条件	60年11月	○	
						A-202	警報装置の作動	60年11月	○	
7. 1次冷却系計装設備	(1) 流量計	1式	B-407	校正検査	60年11月				○	
	(2) 液面計	1式	B-408	校正検査	60年11月				○	
	(3) 温度計	1式	B-409	校正検査	60年11月				○	
	(4) ナトリウム漏洩検出器	1式	B-410	作動検査	60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	60年11月				○	
	(2) 温度計	1式	B-412	校正検査	60年11月				○	
	(3) ナトリウム漏洩検出器	1式	B-413	作動検査	60年11月			○		

Table 2.2 定期検査項目(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	記録確認
1. 廃棄処理設備	(1) 廃ガス圧縮機	3	B-501	開放検査 作動検査	60年11月	A-803	廃ガス濃度測定	60年12月	○	○
	(2) 廃ガス貯留タンク	3	B-502		60年11月	A-801					貯蔵能力確認	60年11月	○
2. 廃液処理設備	(1) 蒸発缶	2	B-503	漏洩検査	60年11月	A-805	処理能力確認	60年11月	○	○
	(2) 廃液貯留タンク	9				A-806	貯蔵能力確認	60年11月		
3. 固体廃棄物処理設備						A-807	貯蔵能力確認	60年11月		○

Table 2.2 定期検査項目(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	記録確認
1. 屋内管理用モニタ	(1) γ エリアモニタ	5	B-601	校正検査	60年11月	A-202	警報装置の作動	60年11月	○	○
	(2) 中性子線エリアモニタ	1	B-602	校正検査	60年11月					
	(3) ダストモニタ	3	B-603	校正検査	60年11月					
	(4) ガスモニタ	6	B-604	校正検査	60年11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	60年11月	A-202	警報装置の作動	60年11月	○	○
			B-604	校正検査	60年11月					
	(2) 水モニタ	1式	B-605	校正検査	60年11月					
	(3) モニタリングポスト	1式	B-606	校正検査	60年11月					
	A-601	放射線量率の測定(その1)	60年12月	○	○					
A-602	放射性物質濃度	60年12月	○	○						

Table 2.2 定期検査項目 (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	記録確認
1. 原子炉格納容器	(1) 貫通部	34	B-701	漏洩検査	60年11月	A-901	格納容器の圧力 確認	60年12月	○	
	(2) 隔離弁	26	B-702	漏洩検査	60年11月					
2. 格納容器雰囲気調整系	(1) 計器	1式	B-705	校正検査	60年11月	A-202	警報装置の作動	60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-706	分解検査	60年11月	A-802	除去効率	60年11月		○
	(2) ペDESTALブロウ	1	B-707	作動検査	60年11月					
B-708			分解検査	60年11月	○					
B-709			作動検査	60年11月	○					
4. アニュラス部及びアニュラス部排気系	(1) 非常用ガス処理装置	2							○	

Table 2.2 定期検査項目 (11/11)
 施設区分：その他原子炉の付属施設 (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	記録確認
1. 非常用電源設備	(1) ディーゼル発電機	2	B-801	作動検査	60年11月	A-106	起動試験	60年11月	○	○
2. 無停電電源設備	(1) バッテリー	1式	B-802	外観検査 機能検査	60年11月				○	○
3. 圧縮空気供給設備		1式	B-803	系統の性能検査	60年11月				○	

3. 定期点検の実績

3.1 実績工程

第5回定期点検の作業実績をFig. 3.1に示す。

第5回定期検査は昭和60年4月28日より開始され、昭和60年12月10日に科学技術庁によるすべての検査に合格し、第5回定期検査の合格証を受領した。以下に本定期点検に係る作業実績の概要について述べる。

第5回定期検査は自然循環試験・FFDL試験に引き続き開始され、5月7日から5月9日にかけて炉内燃料交換を実施した。燃交後CRDMの取外し(5月10日～5月13日)等回転プラグ上の搭載機器を撤去し、回転プラグの分解点検(5月13日～7月1日)を実施した。燃料交換機・燃料出入機等の燃料取扱設備の点検(5月13日～7月24日)も平行して実施された。電源設備盤点検(5月21日～6月4日)はNa充填中に実施し、格納容器床下メンテナンスのための主系統のNaドレンは6月6日に行い、8月21日に補助冷却系点検(8月21日～9月7日)のため2次補助冷却系のNaをドレンするまでは補助系により崩壊熱を除去した。床下のバウンダリは6月8日に開放し、床下雰囲気の酸欠サーベイと一次系機器・配管の表面線量率測定を同日実施した。

制御棒用の下部案内管の交換は7月15日から開始され計測線付C型特殊燃料集合体(INTA)用の下部案内管の装荷も含めて8月16日に終了した。この間炉内燃料取扱いのため1次系Naの充填、ドレンを繰り返した。引き続き炉上部照射プラグリグ(UPR)とINTAの装荷作業を行い9月17日に無事装荷を終了した。原子炉容器液面計の交換作業は9月18日から開始し10月3日に終了した。

格納容器床下のメンテナンス作業としては、1次系配管支持装置点検(7月1日～7月5日)、床下圧空配管変更及び圧力検出器の移設(6月27日～7月26日)、1次系電動弁・電動ダンパ点検(8月22日～9月3日)、1次系配管ISI(9月2日～9月14日)、シャコン・ペダスタルブロウ・モータの点検(9月2日～10月12日)などが実施された。その他1次系においては、1次純化系コールドトラップ冷却器点検(6月24日～7月2日)、1次主ポンプ電動機点検(7月25日～7月26日)、1次系プロセス計装品点検(7月29日～8月24日)、予熱ヒータコントローラの点検(9月9日～9月28日)、1次主ポンプ・EMP制御装置点検(10月1日～10月12日)などが実施された。またこの間2次系においては、2次主ポンプメカニカルシール点検(6月17日～7月8日)、2次主ポンプモータ点検(6月17日

～8月6日)、2次主ポンプOPU点検(6月22日～7月16日)、主送風機及び入口ベーン点検(6月24日～8月19日)、主送風機モータ・ブレーキ点検(6月24日～8月21日)、2次系配管支持装置点検(9月2日～9月13日)、煙式Na漏洩検出器の点検(9月24日～9月29日)などが実施された。

主な交換工事としては、無停電電源設備の蓄電池交換(5D 5月7日～5月17日、7C 10月21日～10月26日)、冷却塔交換工事(8月9日～11月9日)、2次系プロセス計装品の交換(7月8日～7月26日)を実施した。また主な改造工事としては、燃料洗浄廃液処理設備の改造(6月17日～10月31日)、ロジック盤の改造(7月11日～8月15日)、TOSMAPの改造(9月26日～10月12日)を実施するとともにピット蓋撤去運転に伴いオペフロアクリル柵の設置(10月30日～11月27日)も行った。

Na充填に備えてまず9月24日より1次系の予熱運転を開始し、10月1日に2次系のヒータを投入した。2次系は10月6日にNa充填を行い、1次系は炉容器液面計の交換後10月10日にNa充填を行った。引き続き制御棒駆動機構の掘付・調整(10月11日～10月29日)を行い、この時点で大部分の点検・工事は終了した。10月30日からは第8サイクルの炉心構成のための燃料交換と性能検査を行い、12月10日にすべての検査が終了し定検合格証の交付を受けた。

3.2 定期検査の結果

原子炉等規制法に定められた年一回の定期検査は、施設検査〔定期検査の技術上の基準(規則第3条の9)第2号に係る検査と性能検査定期検査の技術上の基準(規則第3条の9)第1号に係る検査〕とからなり、これらの検査結果をTable 3.1に示す。定期検査項目は、施設検査が59件、性能検査が36件の計95件であり、全て合格した。

	5																														6																														7																																																																																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	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	31																																																									
プラント状態	1次系Na還元20% 2次補助系100%																														20% ボーン																														NaFレン(DTA) 1次系NaFレン (補助系による別送熱除去運転)																														充機 ドレン 充機																																																											
定期検査及び使用前検査																																																													B-201																																																																																									
主要工種	炉内燃料取込 炉内減量分布測定 回転プラグ上垢剥離器撤去 大小回転プラグ点検																														電源盤点検 燃料取扱設備点検																														燃料取扱設備点検																														CRH用下部案内管交換、取付 炉内燃料取扱																																																											
定検	炉ガス圧降量点検 1次系電動弁点検 1次系現場計器点検																														燃料取扱設備点検																														1次系配管支持脚点検																														1次系プロセス計器点検																																																											
工事	高純度処理系プロセス計装 付属計装品の校正点検																														1次純化系C/F冷却器点検																														2次系主ポンプメカニカルシール点検																																																																																									
	CRDM分解点検 5D溶電池交換工事																														FFD-CO2 C/P分解点検																														2次系EMP用電磁気閉鎖点検																																																																																									
	電源盤点検(5/7,12床下照明設備, 3/5以降は, 8.4系C/C点検)																														FFD-CO2注プレシヒータ分解点検																														2次系主ポンプモータ点検																																																																																									
	保護継電器点検																																																												2次系主ポンプメカニカルシールOPU点検																																																																																									
	核計装設備点検																																																												主送風機及び吸入ローベン点検																																																																																									
	高低レベル漏洩タンク除染作業																																																												主送風機モータ点検																																																																																									
																																																													主送風機ブレーキ点検																																																																																									
	機器搬出入口開閉作業																														PCVL/TBC種試験																														補給系ポンプ分解点検																														床下圧空配管変更及び圧力検出器の移送																																																											
	PCVL/T用N2供給ライン布設工事																																																												Naレベル計器具ボルト孔開、ケーブル布設工事																																																																																									
	ECDガス調製																																																												ECDガス調製																																																																																									
改造	マンパルス設置計器点検																																																												燃料取扱設備処理設備の改造																														N2空留系ファン点検																																																											
																															結露計器設置計器点検																																																												フロン冷凍機の点検																														ロジック型の改造																													
																															2次Na弁点検																																																												自動運転式DL計点検																														火報設備点検																													
																															1号冷凍機点検																																																												2次電気設備点検																														2次系C/F送風機点検																													
																																																																																											2次系プロセス計装品交換																														1次主ポンプ電動機点検																													

	11																	12																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
プラント状態	Na 流量 20% 2次補助系																	100% 1次Na流量100% 2次補助系																
定期検査 及び使用前検査	B104 A703 A704 A705 A706 A702 B701 B702 B303 A806 A708 A807 A104 A105 A106 A202 B405 A202 B301 B304 B305 B408 B412 冷却塔 FFD 減速機 TOSMAP B413 B801 A202 B602 B603 B604 B407 B408 B409 B410 B413 A107 A108 A103 A202 A805 B101 UPR A301 A302 A303 A304 取替部材 B405 A803 A801 A802 A901 A501 B102 A202 取替部材 INTA																																	
主要工程	炉内燃料取扱 燃料移送 炉内燃料取扱 INTA係可 運転前確認																	炉下バンドリ閉 制御補正 出力係数 熱出力修正 出力係数 1.00MW級6サイクル 安定性試験																
定 工 改 造	冷却塔付番設置工事 S/Aケーブルコネクタ改造 FFD-DW法ノイズ調査 CR調査確認 真空C/P出口逆止弁の改造 常備オペフロアクリル板製作・設置																	P・P設備補修工事 付番チャームフィルター交換及びベルト調整 付番空房フィルター交換・ダンパ調整																

Table 3.1 定期検査の結果

(A) 定期検査の技術上の基準(規則第3条の9)第1号に係る検査

対象条項	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	<p>1) 制御棒のスクラム時間</p> <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> <table border="1" data-bbox="829 504 1316 840"> <thead> <tr> <th>判定基準</th> <th colspan="2">結 果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.8sec 以内</td> <td>制御棒 1</td> <td>0.465 s</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 2</td> <td>0.654 s</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 3</td> <td>0.660 s</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 4</td> <td>0.493 s</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 5</td> <td>0.654 s</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 6</td> <td>0.660 s</td> </tr> </tbody> </table> <p>2) 制御棒一斉挿入の挿入時間</p> <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> <table border="1" data-bbox="829 1086 1316 1422"> <thead> <tr> <th>判定基準</th> <th colspan="2">結 果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>130±1% mm/min以内</td> <td>制御棒 1</td> <td>125.0 mm/min</td> </tr> <tr> <td>(制御棒駆動速度)</td> <td>制御棒 2</td> <td>124.3 mm/min</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 3</td> <td>123.0 mm/min</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 4</td> <td>124.2 mm/min</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 5</td> <td>123.4 mm/min</td> </tr> <tr> <td></td> <td>制御棒 6</td> <td>123.4 mm/min</td> </tr> </tbody> </table> <p>3) スクラム、制御棒一斉挿入の条件</p> <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>	判定基準	結 果		0.8sec 以内	制御棒 1	0.465 s		制御棒 2	0.654 s		制御棒 3	0.660 s		制御棒 4	0.493 s		制御棒 5	0.654 s		制御棒 6	0.660 s	判定基準	結 果		130±1% mm/min以内	制御棒 1	125.0 mm/min	(制御棒駆動速度)	制御棒 2	124.3 mm/min		制御棒 3	123.0 mm/min		制御棒 4	124.2 mm/min		制御棒 5	123.4 mm/min		制御棒 6	123.4 mm/min
	判定基準	結 果																																										
0.8sec 以内	制御棒 1	0.465 s																																										
	制御棒 2	0.654 s																																										
	制御棒 3	0.660 s																																										
	制御棒 4	0.493 s																																										
	制御棒 5	0.654 s																																										
	制御棒 6	0.660 s																																										
判定基準	結 果																																											
130±1% mm/min以内	制御棒 1	125.0 mm/min																																										
(制御棒駆動速度)	制御棒 2	124.3 mm/min																																										
	制御棒 3	123.0 mm/min																																										
	制御棒 4	124.2 mm/min																																										
	制御棒 5	123.4 mm/min																																										
	制御棒 6	123.4 mm/min																																										
(2)崩壊熱除去装置	<p>1) 1次主ポンプポニーモータの起動</p> <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>																																											

対象条項	検査項目	検査内容と結果										
		<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">判定基準</td> <td style="text-align: center;">結果</td> </tr> <tr> <td>流量の時定数 10秒以上</td> <td>A : 12.9秒 B : 13.4秒</td> </tr> <tr> <td>流 量 126m³/h以上</td> <td>A : 160m³/h B : 210m³/h</td> </tr> </table> <p>2) 補助冷却系の起動</p> <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> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">判定基準</td> <td style="text-align: center;">結果</td> </tr> <tr> <td>流 量 66m³/h以上</td> <td>66m³/h</td> </tr> </table>	判定基準	結果	流量の時定数 10秒以上	A : 12.9秒 B : 13.4秒	流 量 126m ³ /h以上	A : 160m ³ /h B : 210m ³ /h	判定基準	結果	流 量 66m ³ /h以上	66m ³ /h
判定基準	結果											
流量の時定数 10秒以上	A : 12.9秒 B : 13.4秒											
流 量 126m ³ /h以上	A : 160m ³ /h B : 210m ³ /h											
判定基準	結果											
流 量 66m ³ /h以上	66m ³ /h											
	(3)非常用動力源 ディーゼル発電機の自動起動	<p>1) ディーゼル発電機の起動</p> <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	<p>1) 手動アイソレーションの作動</p> <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> <p>2) アイソレーション条件</p> <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	<p>1) 作動検査</p> <p>1次アルゴンガス系呼吸ガス調整ヘッダ安全弁2台について、ヘッダを加圧して安全弁の吹き出し動作を確認した。又、同様に減圧して吹き止まり動作を確認した。</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">判定基準</td> <td style="text-align: center;">結果</td> </tr> <tr> <td>吹出し</td> <td></td> </tr> <tr> <td>圧 力 1000\pm50 mmA q</td> <td>V36・1-62A 吹出し圧力 971mmA q 吹止り圧力 360mmA q</td> </tr> <tr> <td>吹止り</td> <td></td> </tr> <tr> <td>圧 力 360\pm50mmA q</td> <td>V36・1-62B 吹出し圧力 971mmA q 吹止り圧力 359mmA q</td> </tr> </table>	判定基準	結果	吹出し		圧 力 1000 \pm 50 mmA q	V36・1-62A 吹出し圧力 971mmA q 吹止り圧力 360mmA q	吹止り		圧 力 360 \pm 50mmA q	V36・1-62B 吹出し圧力 971mmA q 吹止り圧力 359mmA q
判定基準	結果											
吹出し												
圧 力 1000 \pm 50 mmA q	V36・1-62A 吹出し圧力 971mmA q 吹止り圧力 360mmA q											
吹止り												
圧 力 360 \pm 50mmA q	V36・1-62B 吹出し圧力 971mmA q 吹止り圧力 359mmA q											

対象条項	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 (2)警報装置	<p>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。</p> <p>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。</p>												
〔3〕規則第3条の5 第3号に係る事項	(1)制御系反応度抑制 効果	<p>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。</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">判定基準</td> <td style="text-align: center;">結 果</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">制御棒（6本） 9% ΔK / K以上</td> <td style="text-align: center;">11.7% ΔK / K</td> </tr> </table> <p>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。</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">判定基準</td> <td style="text-align: center;">結 果</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0.015% ΔK / K / s以下</td> <td style="text-align: center;">0.010% ΔK / K / s</td> </tr> </table> <p>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面度を求め、これが基準値以上であることを確認した。</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">判定基準</td> <td style="text-align: center;">結 果</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">十分に未臨界なこと</td> <td style="text-align: center;">6.93% ΔK / K</td> </tr> </table>	判定基準	結 果	制御棒（6本） 9% ΔK / K以上	11.7% ΔK / K	判定基準	結 果	0.015% ΔK / K / s以下	0.010% ΔK / K / s	判定基準	結 果	十分に未臨界なこと	6.93% ΔK / K
判定基準	結 果													
制御棒（6本） 9% ΔK / K以上	11.7% ΔK / K													
判定基準	結 果													
0.015% ΔK / K / s以下	0.010% ΔK / K / s													
判定基準	結 果													
十分に未臨界なこと	6.93% ΔK / K													
〔4〕規則第3条の5 第4号に係る事項	(1)過剰反応度	<p>1) 過剰反応度 臨界状態の各制御棒位置と各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。</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">判定基準</td> <td style="text-align: center;">結 果</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5.5% ΔK / K以下</td> <td style="text-align: center;">2.74% ΔK / K</td> </tr> </table>	判定基準	結 果	5.5% ΔK / K以下	2.74% ΔK / K								
判定基準	結 果													
5.5% ΔK / K以下	2.74% ΔK / K													

対象条項	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) 1次冷却材の出口 温度	<p>1) 冷却材温度の確認等出力運転試験</p> <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> <table border="0"> <tr> <td>判定基準</td> <td>結果</td> </tr> <tr> <td></td> <td>A : 500 ℃</td> </tr> <tr> <td>505℃以下</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>B : 500 ℃</td> </tr> </table>	判定基準	結果		A : 500 ℃	505℃以下			B : 500 ℃								
判定基準	結果																	
	A : 500 ℃																	
505℃以下																		
	B : 500 ℃																	
(6) 規則第3条の5 第6号に係る事項	<p>(1)放射線量率</p> <p>(2)放射性物質の濃度</p>	<p>1) 空間線量率分布</p> <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> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>判定基準</td> <td>結果</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">〔100MW 運転中〕</td> <td>a区域</td> <td>0.625mrem/h以下</td> <td>0.011mrem/h</td> </tr> <tr> <td>A区域</td> <td>2 "</td> <td>1.2 "</td> </tr> <tr> <td>B区域</td> <td>8 "</td> <td>1.1 "</td> </tr> <tr> <td>C区域</td> <td>32 "</td> <td>2.11 "</td> </tr> </table> <p>〔運転〕 1時間後立入場所 (D→A)</p> <p>〔停止後〕 2mrem/h以下 max0.35mrem/h</p> <p>1週間後立入場所 (C→A)</p> <p>2mrem/h以下 0.135mrem/h以下</p> <p>1) 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>		判定基準	結果	〔100MW 運転中〕	a区域	0.625mrem/h以下	0.011mrem/h	A区域	2 "	1.2 "	B区域	8 "	1.1 "	C区域	32 "	2.11 "
	判定基準	結果																
〔100MW 運転中〕	a区域	0.625mrem/h以下	0.011mrem/h															
	A区域	2 "	1.2 "															
	B区域	8 "	1.1 "															
	C区域	32 "	2.11 "															
(7) 規則第3条の5 第7号に係る事項	(1) 熔融及び破損を防止する能力 臨界を防ぐ能力	<p>1) 燃料取扱機器の崩壊熱除去能力</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>																

対象条項	検査項目	検査内容と結果															
(8) 規則第3条の5 第8号に係る事項	(1) 廃棄施設の処理能力	<p style="text-align: right;">イオン交換塔出口 冷却塔入口温度</p> <p style="text-align: center;">電気電導度</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 15%;">判定基準</td> <td style="width: 45%;">$< 10 \mu\text{V}/\text{cm}$</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">$< 42^\circ\text{C}$</td> </tr> <tr> <td>結果</td> <td>附属建家</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">$2 \mu\text{V}/\text{cm}$</td> <td style="text-align: right;">24$^\circ\text{C}$</td> </tr> <tr> <td></td> <td>使用済燃料貯蔵施設</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">$1 \mu\text{V}/\text{cm}$</td> <td style="text-align: right;">21$^\circ\text{C}$</td> </tr> </table> <p>※ プール水放射能濃度については、有意な値が認められなかった。</p>	判定基準	$< 10 \mu\text{V}/\text{cm}$	$< 42^\circ\text{C}$	結果	附属建家			$2 \mu\text{V}/\text{cm}$	24 $^\circ\text{C}$		使用済燃料貯蔵施設			$1 \mu\text{V}/\text{cm}$	21 $^\circ\text{C}$
		判定基準	$< 10 \mu\text{V}/\text{cm}$	$< 42^\circ\text{C}$													
結果	附属建家																
	$2 \mu\text{V}/\text{cm}$	24 $^\circ\text{C}$															
	使用済燃料貯蔵施設																
	$1 \mu\text{V}/\text{cm}$	21 $^\circ\text{C}$															
<p>1) 廃ガスタンク貯蔵能力</p> <p>廃ガスタンクの漏洩検査、員数検査、外観検査を実施し、所定の貯蔵能力が確保されていることを確認した。</p> <p>2) 除去効率</p> <p>非常用ガス処理装置のよう素除去効率が基準値以上であることを確認した。</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 20%; text-align: center;">判定基準</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>無機よう素に対する除去効率</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">100 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">98 %以上</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">100 %</td> </tr> <tr> <td>無機よう素に対する除去効率</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">99 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">92 %以上</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">99 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>3) 廃ガス濃度</p> <p>排気筒より放出される気体廃棄物中の廃ガス放射能量が放出管理目標値を満足していることを確認した。</p> <p>4) 廃液処理設備の処理能力</p> <p>蒸発缶により廃液を蒸発濃縮中、主要配管からの漏洩がないこと及び所定の処理能力（時間あたりの処理量、除染係数）が基準値以上であることを確認した。</p> <p>5) 廃液貯蔵設備の貯蔵能力</p> <p>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。</p>		判定基準	結果	無機よう素に対する除去効率	A	100 %	98 %以上	B	100 %	無機よう素に対する除去効率	A	99 %	92 %以上	B	99 %		
	判定基準	結果															
無機よう素に対する除去効率	A	100 %															
98 %以上	B	100 %															
無機よう素に対する除去効率	A	99 %															
92 %以上	B	99 %															

対象条項	検査項目	検査内容と結果									
		<table border="1" data-bbox="778 264 1369 504"> <thead> <tr> <th></th> <th>判定基準</th> <th>結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>冷却器容量 (キャスクカー用)</td> <td>1.7 kW以上</td> <td>2.15 kW</td> </tr> <tr> <td>冷却器出口温度 (燃料洗浄用)</td> <td>40℃以下</td> <td>27.5℃</td> </tr> </tbody> </table> <p>2) 炉内燃料取扱機器動作 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。</p> <p>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移送機器動作 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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>6) 附属建家使用済燃料貯蔵設備水処理設備浄化、冷却能力及び使用済燃料貯蔵施設水処理設備浄化、冷却能力 浄化設備を実際に運転し、イオン交換塔出入口プール水の放射能濃度、イオン交換塔出口の電導度計及び冷却器入口温度計の指示値より所定の浄化能力及び冷却能力を有することを確認した。</p>		判定基準	結果	冷却器容量 (キャスクカー用)	1.7 kW以上	2.15 kW	冷却器出口温度 (燃料洗浄用)	40℃以下	27.5℃
	判定基準	結果									
冷却器容量 (キャスクカー用)	1.7 kW以上	2.15 kW									
冷却器出口温度 (燃料洗浄用)	40℃以下	27.5℃									

対象条項	検査項目	検査内容と結果												
<p>(9) 規則第3条の5 第9号に係る事項</p>	<p>(1) 運転時の格納施設 内の圧力</p>	<p>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を確認した。</p> <p>1) 格納容器内圧力確認 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。</p> <table border="1" data-bbox="821 660 1412 840"> <thead> <tr> <th></th> <th>判定基準</th> <th>結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>格納容器内床上圧力</td> <td>0～25mmH₂O</td> <td>10mmH₂O</td> </tr> <tr> <td>格納容器内床下圧力</td> <td>0～50mmH₂O</td> <td>25mmH₂O</td> </tr> <tr> <td>アニュラス部圧力</td> <td>-7～-11mmH₂O</td> <td>-9mmH₂O</td> </tr> </tbody> </table>		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	アニュラス部圧力	-7～-11mmH ₂ O	-9mmH ₂ O
	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												
アニュラス部圧力	-7～-11mmH ₂ O	-9mmH ₂ O												

(B) 定期検査の技術上の基準(規則第3条の9)第2号に係る検査

施設	設備	検査項目	検査内容と結果
<p>[1] 原子炉 本体</p>	<p>(2)燃料体</p>	<p>1)燃料破損検出系検査</p>	<p>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無いことを確認した。</p>
		<p>2)使用済燃料検査</p>	<p>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。</p>
	<p>(3)回転プラグ</p>	<p>1)持上装置検査</p>	<p>イ) 耐圧検査 シール部、接合部からの外部漏洩及び著しい変形のないことを確認した。</p>
			<p>ロ) 機能検査 回転プラグジャッキアップ及びジャッキダウン動作が円滑に行われ、状態表示が正常に点灯することを確認した。</p>
<p>[2] 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設</p>	<p>(1)燃料交換機</p>	<p>1)グリッパ検査</p>	<p>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。</p>
		<p>2)孔ドアバルブ検査</p>	<p>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。</p>
			<p>ロ) 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。</p>
	<p>(2)燃料出入機</p>	<p>1)グリッパ検査</p>	<p>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。</p>
		<p>2)ドアバルブ検査</p>	<p>イ) 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。</p>

施設	設備	検査項目	検査内容と結果
	(3)燃料取扱用 キャスクカー	1) ドアバルブ 検査 2) グリッパ検 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。 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。
	(4)使用済燃料 輸送容器	1) 輸送容器検 査	イ) 外観、漏洩検査 輸送容器構成品が健全であることを目視にて確認した。また、容器について漏洩のないことを確認した。
	(5)新燃料構内 移送容器	1) 移送容器検 査	イ) 外観、漏洩検査 移送容器構成品が健全であることを目視にて確認した。また、容器について漏洩のないことを確認した。
(3) 原子炉冷 却系統施設	(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、温度が基準内にあることを確認した。
	(3)オーバフロ ー系統	1) 電磁ポンプ 検査	イ) 作動検査 電磁ポンプを運転し、電圧、圧力、流量、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。

施設	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、ベーン駆動機構に機能上有害な損傷、腐食、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、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であることを確認した。
	(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であることを確認した。

施設	設備	検査項目	検査内容と結果
〔4〕計測制御 系統施設	(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)原子炉保護 系設備	1)計器検査	イ) 校正検査 制御棒荷重計並びに地震計が、正常に作動することを確認した。
	(4)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。
	(5)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。
	(6)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。	
(7)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系が、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。	

施 設	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	(8) 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。
		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。
〔5〕放射性廃棄物の廃棄施設	(1) 廃棄処理系	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 圧縮機の分解組立て後、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。
〔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。

施設	設備	検査項目	検査内容と結果
(7) 原子炉格納施設	(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)排気筒モニタ検査	イ) 校正検査 排気筒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)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。
	(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、機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、機密性が健全であることを確認した。
	(2)格納容器雰囲気調整系統	1)計器検査	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	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、正常作動することを確認した。
		2)ペダスタルブロワ検査	イ) 分解検査 ペダスタルブロワを分解し、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 ペダスタルブロワの分解組立て後、正常に作動することを確認した。

施 設	設 備	検査項目	検 査 内 容 と 結 果
〔8〕 その他原 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
	(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あるが、各室とも空調が十分に行なわれており、付属建家においては放射線上も特に問題とならない。従って作業環境上注意を要するのは1次系の機器や配管が収納されている格内床下における放射線ならびに温度であり、本定検中の総被ばく線量のうち約70%が床下関連作業であった。Fig3.2に各階における放射線量率を示す。

床下メンテナンス期間においては1次系内のナトリウムが原子炉容器の一部を除いてすべてドレンされるため、ダンプタンクおよびオーバフロータンクを除き放射化ナトリウムの影響はほとんどみられず、おもな放射線源は機器・配管に付着した ^{54}Mn 、 ^{60}Co の放射性腐食生成物(Corrosion Product)である。格納容器床下における放射線量率は原子炉積算出力の増加率に等しく増加してきており、第5回定検における各線量率の値はほぼ予想通り第4回定検時の約1.6倍程度であった。格納容器内床下以外の管理区域における放射線量はほとんどがバックグラウンドあるいは数ミリR/hr以下であり、特に問題となるところはない。

床下各室の温度を上昇させる要因としては電気ヒータと予熱 N_2 ガスブロワがあり、とりわけ予熱 N_2 ガスブロワの影響は大きい。Fig3.3の上段に床下の温度としてR201、R203、R105の各室の温度を、下段に床上のR501の温度と外気温を夏場の6月から9月までについてそれぞれ示す。(尚、各日の温度はその日の正午の温度であり、その日の最高温度を示してはいない)

6月5日に1次系のNaドレンのために予熱 N_2 ガスブロワが運転され、その影響で床下各室とも温度が上昇している。その後6月10日に床下の温度を下げるため、予熱 N_2 ガスを炉容器にのみ通気し主配管への通気を停止したが、その効果がグラフにも現れている。7月5日にNa充填のため再び配管への通気を開始したが、8月22日に配管通気を停止するまで各室の温度は上昇しており、配管通気を停止(炉容器は通気状態)することにより雰囲気の温度を3~4℃下げられることがわかる。

一方床上は床下への出入口から吹き上げてくる床下の熱い空気と外気温に影響されており、7月上旬以降1次主配管が通気され床下の温度が上昇したことで外気温が上昇したことにより35℃程度まで温度が上昇している。

3.3.2 発生廃棄物量

本定検期間中に発生した固体廃棄物量は以下の通りである。

① 不燃カートンボックス	760個 (15.2m ²)
② 可燃カートンボックス	1294個 (25.88m ²)
③ ドラム缶	22個
④ プレフィルター	18個
⑤ ヘパフィルター	74個

Fig3.4に各月別のカートンボックス発生量を示す。

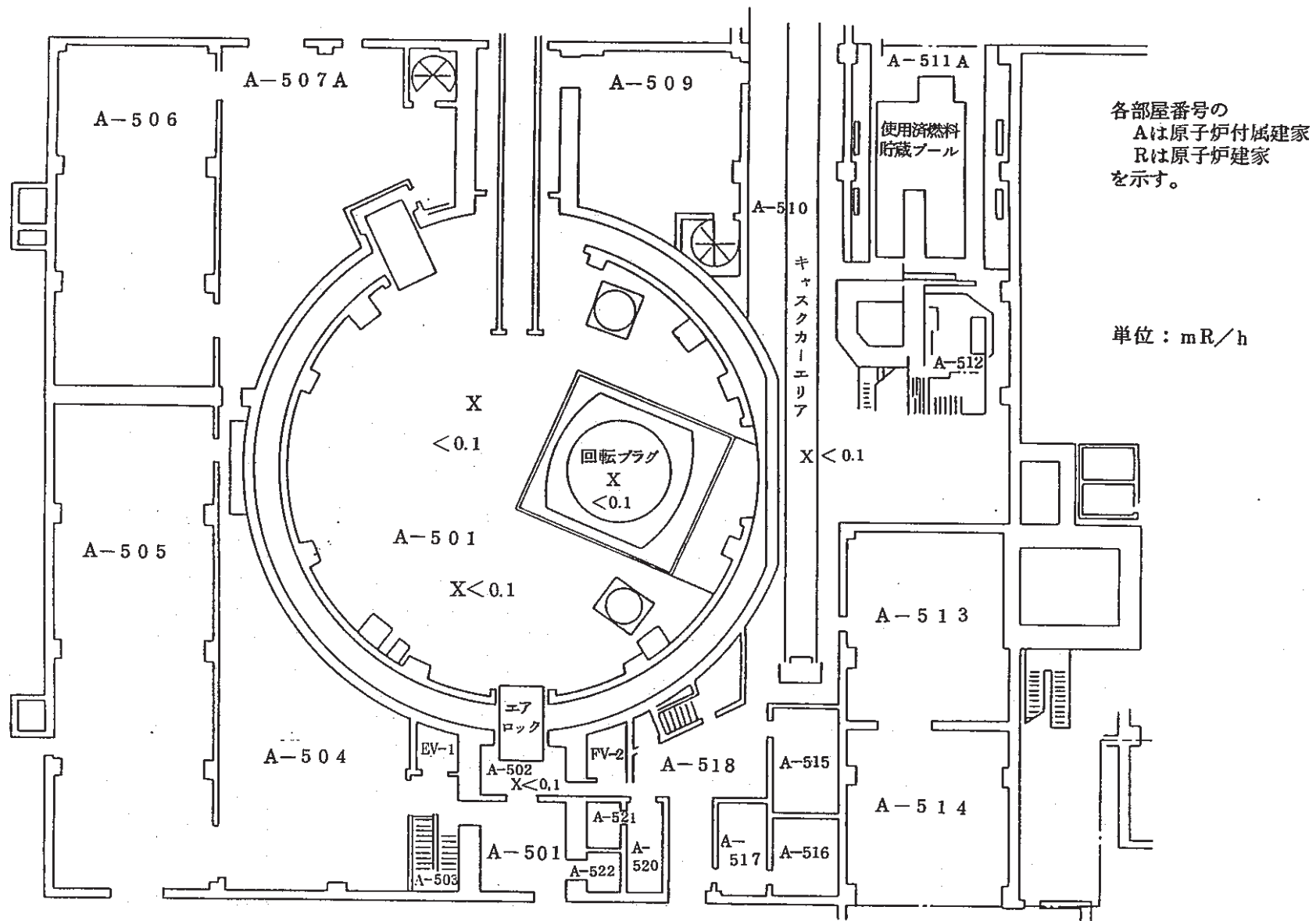


Fig. 3.2 「常陽」における放射線量率 (1F)

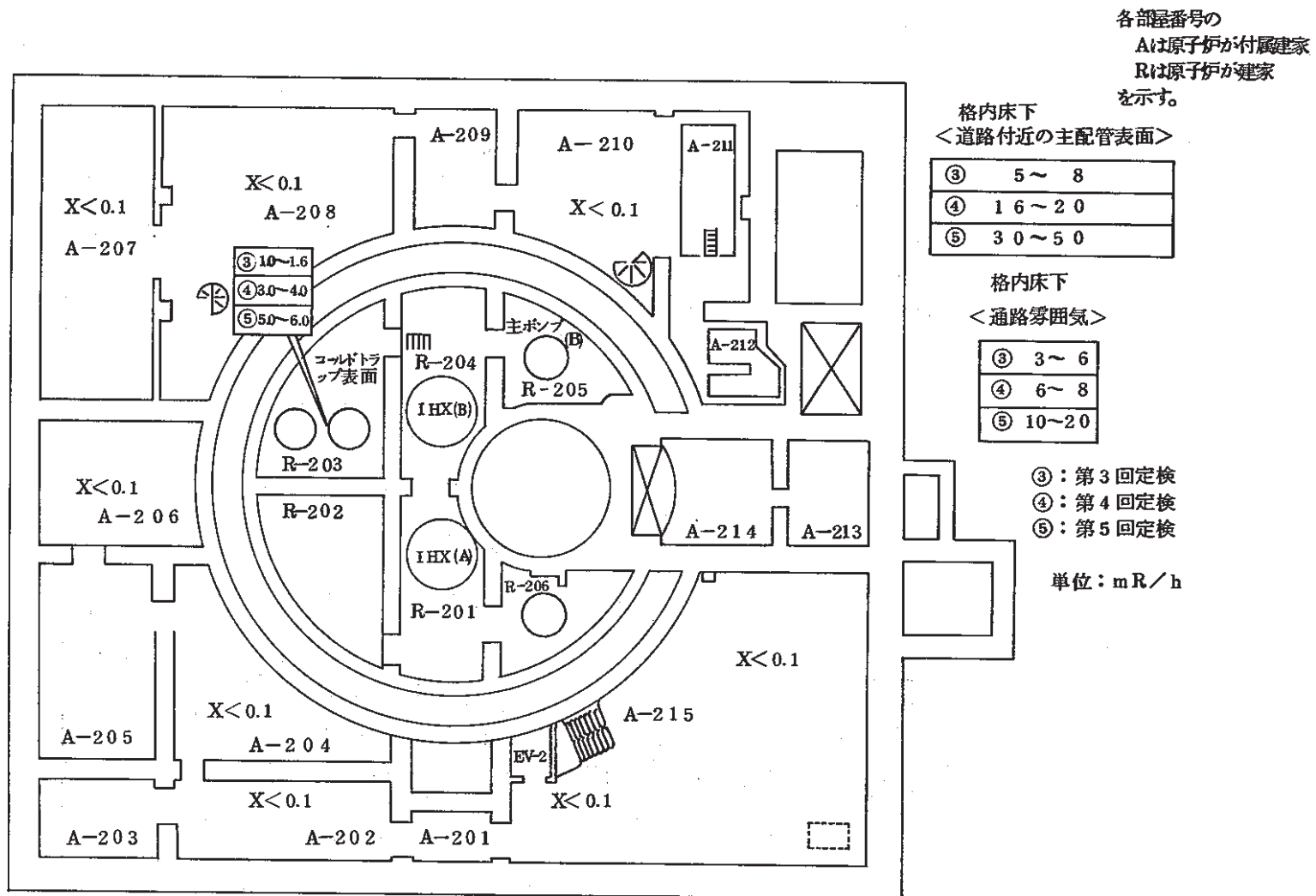


Fig. 3.2 「常陽」における放射線量率 (BM2F)

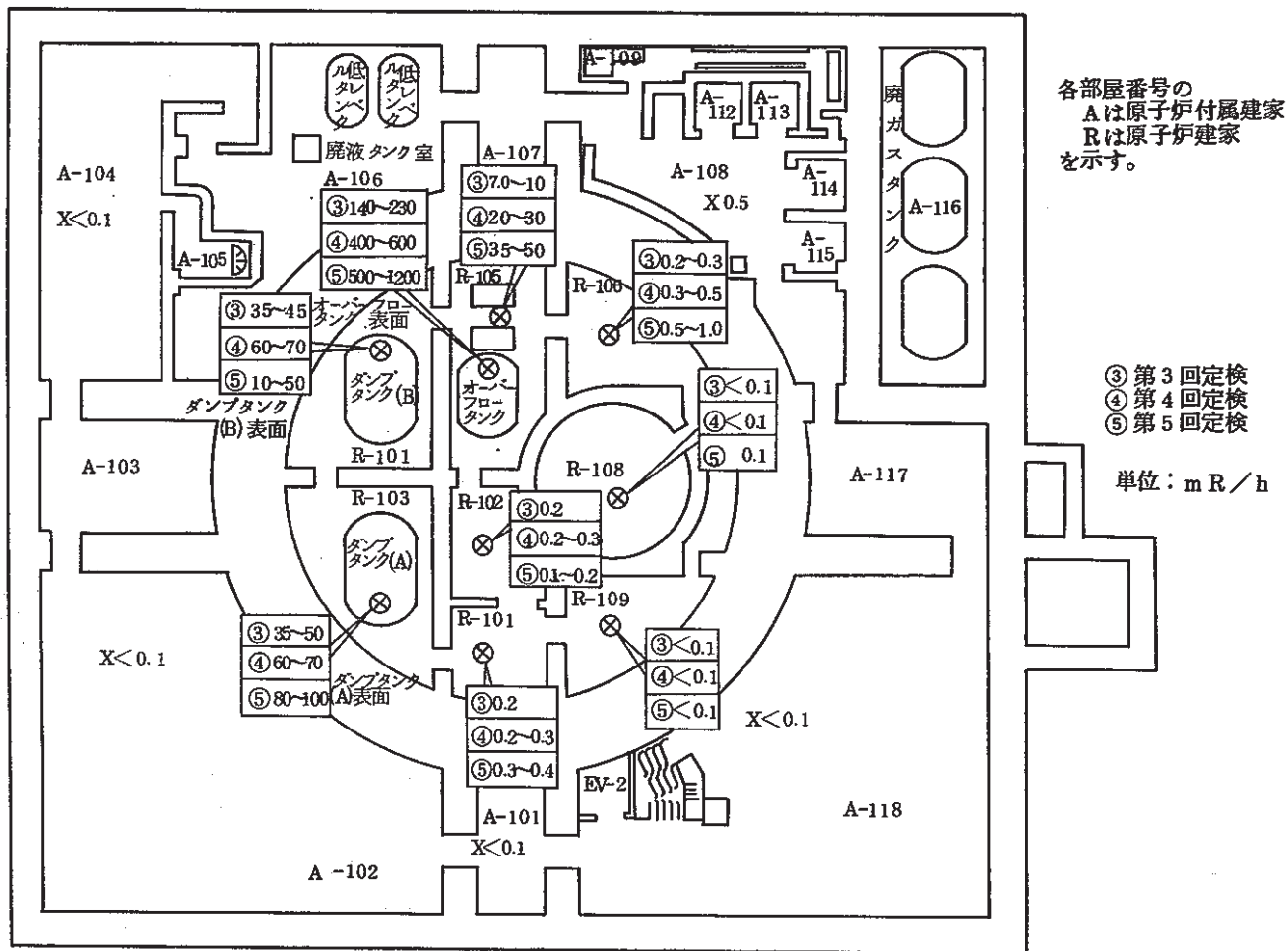


Fig. 3.2 「常陽」における放射線量 (B 2 F)

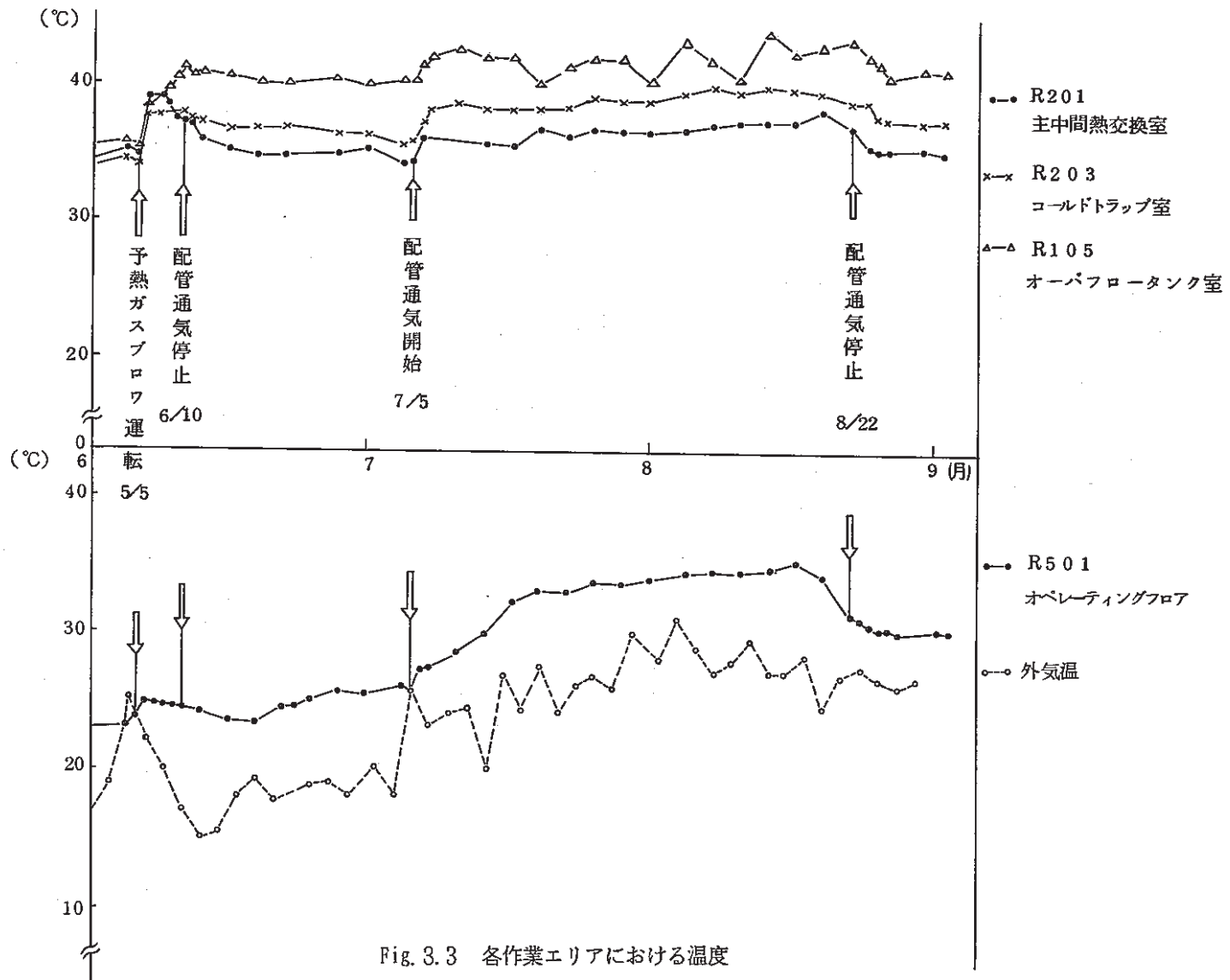


Fig. 3.3 各作業エリアにおける温度

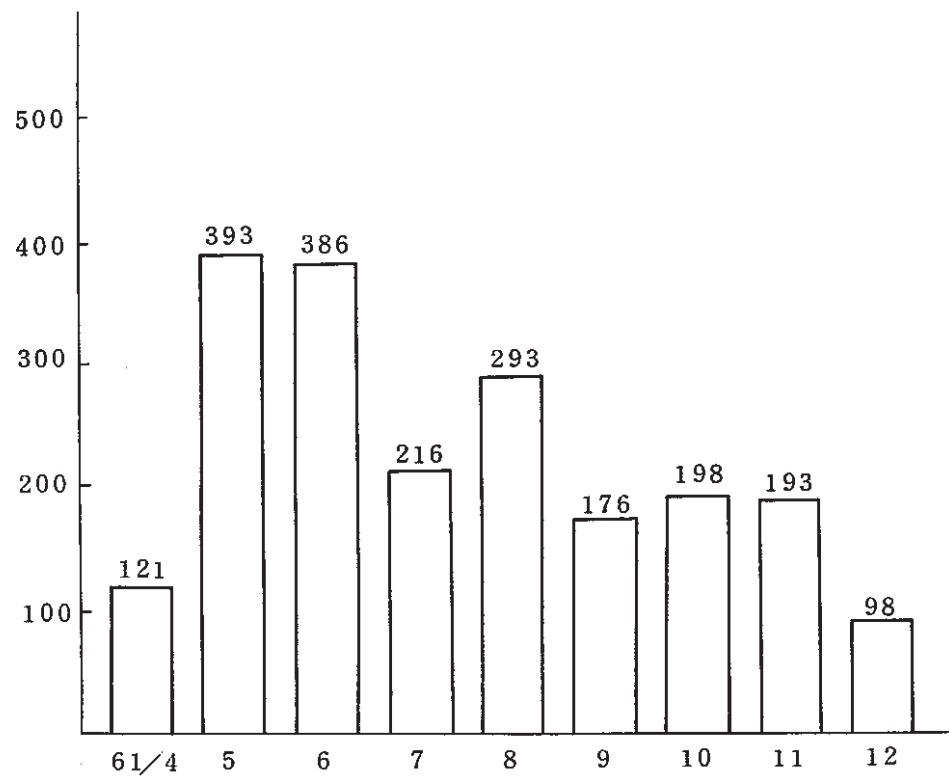
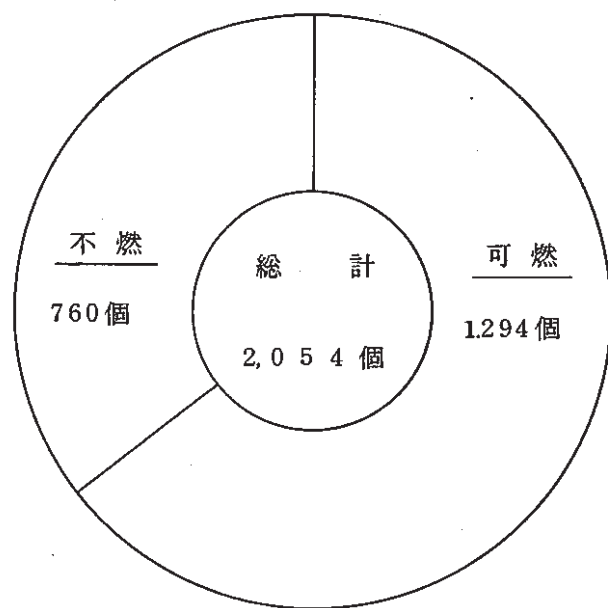


Fig. 3.4 カートンボックスの発生量

3.4 放射線作業実績

本定期検査に係る作業は、いずれも法冷に基づく許容線量の範囲内で実施された。定期検査期間中の被ばく線量及び被ばく線量分布をTable3.2に示す。定期検査及び定期検査期間中に実施した改造工事等における総被ばく線量は49.9man remであった。Table3.3に期間中に実施された第一種放射線作業及び第二種放射線作業の作業件名、作業期間、計画被ばく線量、実績値、一人当りの平均被ばく線量、作業人数を示す。

定検中に実施された作業は大きく分けると、(1)定期検査に係る点検作業(2)性能向上・保守性向上のための改造工事(3)FBRプラントの性能を把握するためのR&Dに分類される。定検期間中のトータルマンレムを論議する場合は実施された各作業の性格をとらえて議論されるべきで、たとえば床下での大きな改造工事が実施されれば当然トータルマンレムは大きくなる。そこでTable3.3に示した各作業を上記3分類に分け、第3回・第4回の過去2回の定検と比較を行った。定検毎の作業別被ばく線量の比較をTable3.4とFig3.5に示す。

Table3.4に示すように各定検中のトータルマンレムは第3回が38.7man rem、第4回が19.0man rem、第5回が49.9man remである。但し第3回定検はMark-II移行と並行して実施され、期間中の総被ばく線量は77.7man remであったが、Mark-II移行による燃料洗浄廃液処理設備などの保守に係る被ばく線量は特別なものとし、比較のためにこれを除いた。点検に係る被ばく線量は第3回が一番大きく、これはMark-II移行の影響を受けて燃取設備の点検を念入りに行ったこと、1次主ポンプ(B)の分解点検を行ったことによる。第4回においては1次主ポンプ(A)の分解点検に係る被ばくが点検に係るもののうち約半分を占めている。これは1次主ポンプ(A)の表面線量率が1次主ポンプ(B)に比べて3~4倍高かったため、それでもトータルマンレムは2倍以下に納っている。第5回点検では床下における空間線量が第4回に比べて上昇しているものの、1次主ポンプの分解点検といった被ばくに係る大きな点検作業が実施されなかったために最も小さい値となっている。点検に係る作業と改造に係る作業の区別はむずかしいものもあるが、特に被ばく上大きな作業がない場合点検作業によるトータルマンレムは10man rem前後であるといえる。

改造に係るトータルマンレムは第5回定検が最も大きく、期間中のトータルマンレムを大きくする原因となっている。1種作業のうち被ばく線量が大きいものを3つあげると、1.生体遮コン貫通部B,C板設置工事(6.13man rem) 2.高レベル廃液タンク除染(3.86man rem) 3.FFD-DN法Bループ設置工事(3.58man rem)である。定検期間が長いと改造工事も多く実施することが可能であり、定検期間の長短によるトータルマンレムへの影響は改造工

事件数によるものといえる。

R & Dに関する総被ばく線量も改造工事と同様の傾向を示している。第一種作業のうち被ばく線量の大きいものを3つあげてみると、1.床下CP測定(4.87man rem) 2.配管熱変位取付工事(1.9man rem) 3.1次主ポンプケーシング変位計取付(1.2man rem)である。R & Dの中では床下CP測定が最も大きく第3回3.1man rem第4回1.8man rem第5回4.87man remである。第4回が小さい値となっているのは測定対象としたのが配管のみで、測定点数がすくなくためである。第5回は床下線量率の増加ならびにゲルマによる核種分析の際2種類のユリメート孔による測定を実施したためにトータルマンレムは増えている。

放管業務はMark-II移行関連を分けていないため第3回が最も大きい値となっている。また、その他については作業計画書によらない従事者等の立入りによるもので(週間・月例点検他)点検期間に依在すると考えられる。

Table3.2 定検期間中の被ばく線量及び被ばく線量分布

(1) 被ばく線量

区 分	人 数 (人)	総被ばく線量 (man・rem)	平均線量 (rem)	最大線量 (rem)	備 考
職 員	158	4,870	0.03	0.51	
業 者	648	44,990	0.07	1.09	
合 計	806	49,860	0.06		

(2) 被ばく線量分布

区 分 (rem)	0.13未満	0.13 以上 0.40 未満	0.40 以上 1.30 未満	1.30 以上 3.00 未満	3.00以上	合 計
職 員	145人	11人	2人	0人	0人	158人
業 者	537人	69人	41人	0人	0人	648人
合 計	683人	80人	43人	0人	0人	806人

(注) 期 間：昭和60年4月1日～12月10日
測定器：TLDバッチ(4月1日～9月30日)
TLD(10月1日～12月10日)

Table 3.3 作業別被ばく線量
第1種作業別被曝結果(1) (TLD値)

番号	作業名	期間	計画被曝		実績		平均 mrem	人数	分類
			トータル値	個人最大(mrem)	トータル値	個人最大(mrem)			
1	高レベル廃液タンク除染	4/30~6/21	14.18	800	3.86	481	133	29	改造
2	CP分解点検・計器校正	5/27~7/3	8.44	270	1.71	212	41	43	定検
3	床下照明設備の補修	6/10~7/13	2.0	400	0.79	190	158	5	改造
4	床下圧空タンク用 エアフィルター等点検	6/10~7/13	1.2	200	0.57	124	95	6	定検
5	起振実験準備	6/20~7/20	2.95	350	0.08	15	6.0	13	R&D
6	配管熱変位検出器取付工事 (その2)	6/24~7/3	1.96	220	1.61	212	124	13	R&D
7	1次系サポート点検・もんじゅ メカテナ設置	7/1~9/20	4.4	500	1.60	391	100	16	定検
8	格内床下圧空配管変更及び 圧力検出器移設工事	7/1~8/9	7.2	450	2.81	340	165	17	改造
9	配管熱変位検出器取付工事 (その3)	7/10~7/11	0.78	180	0.29	105	49	6	R&D
10	燃料洗浄廃液処理設備の改造	7/11~ 11/30	4.7	500	2.50	220	36	70	改造
11	メカテナ用計装ケーブル市設 工事	8/19~8/20	2.3	350	0.39	113	39	10	R&D
12	配管熱変位検出器取付架台の 改造	8/26~9/3	2.3	300	0.49	148	38	13	R&D
13	計算機熱電対校正作業	8/22~9/27	1.52	380	0.10	31	26	4	定検
14	1次系電動弁点検	8/22~9/3	5.18	400	0.91	185	54	17	定検
15	床下CP測定	8/26~ 10/10	14.0	1000	4.87	714	270	18	R&D
16	1次主循環ポンプケーシング 変位計取付工事	9/9~9/20	2.08	300	1.20	247	150	8	R&D
17	FFD-DN法・ ブルーブ検出体系取付工事	8/27~10/4	13.0	1000	3.58	689	170	21	改造
18	1次主ポンプ振動監視用 計測器の移設作業	9/9~9/17	1.91	330	0.43	109	61	7	R&D
19	生体遮コン貫通部B、C板 設置工事	9/9~10/1	13.0	1000	6.13	709	227	27	改造
20	FFD-DN法検出器交換工事	9/17~10/9	1.92	270	0.29	34	14	19	定検
21	84系床下電磁弁交換作業	9/24~ 11/22	2.5	250	1.06	207	89	12	定検
22	炉容器Naレベル計交換工事	9/19~10/1	2.2	100	0.07	41	3	22	改造
23	床下線量率測定電気工事	9/30~10/8	2.1	350	1.00	304	83	12	R&D
24	燃料洗浄設備点検及び 補修改造作業	9/30~ 10/22	3.61	420	1.54	307	59.2	26	定検
25	M-3マンホール開孔予備工事	11/5~12/1	4.0	200	0.03	13	1.5	20	改造
26	床下エリアモニタ改造工事	11/5~ 11/15	0.99	210	0.61	156	87	7	改造
27	格内床下フェイル設置作業	11/19~ 11/27	1.4	200	0.07	20	6	11	R&D

第2種作業別被曝結果(2) (TLD値)

番号	作業名	期間	実績 mrem	個人 最大 mrem	平均 mrem	人数	分類
1	低レベル(A)ポンプ点検	5/7～5/11	51	11	3	11	定検
2	床下酸欠サーベイ	6/8	42	13	2	18	定検
3	格内床下総点検	6/12～6/13	63	11	9	7	定検
4	C/T _r 線計測	6/13～6/17	62	15	3	18	改造
5	非常通話装置の調査	6/17	18	11	6	3	定検
6	FFD-CG法プレゼンテータ 点検	6/17	23	6	5	5	定検
7	床下配管調査	6/14～6/18	201	61	22	9	定検
8	1次ポンプ変位計見積り	6/13～6/20	63	29	7	9	R&D
9	C/C分解点検	5/17～6/22	26	6	—	33	定検
10	廃ガス計器点検	5/7～6/24	62	43	9	7	定検
11	床下C _o ガラス回収	6/20～6/25	127	33	21	6	R&D
12	セシウムトラップ現地調査	6/13～6/28	21	10	3	7	改造
13	“ “ “	6/24～6/27	22	9	4	6	改造
14	廃液設備の撤去工事	6/20～7/18	426	69	25	17	改造
15	格納容器リーク試験B、C種	6/12～6/28	16	11	5	3	定検
16	床下非常通話装置点検補修	6/25～6/28	9	4	2	5	“
17	床下調整設備の計器点検	6/22～6/28	359	64	21	18	“
18	1次主ポンプ振動計計器校正	6/24～6/28	133	59	15	9	“
19	床下ページング点検	7/11～7/12	47	26	9	5	“
20	PL計現場計器点検	7/8～7/11	253	69	23	11	“
21	床下配線ケーブル調査	7/3～7/4	556	58	22	25	“
22	予熱ヒータT/C点検	7/12～7/17	493	74	41	12	“
23	火災報知器保守点検	7/8～7/19	453	84	65	7	“
24	消火設備の保守点検	7/24～8/1	39	15	4	9	“
25	主冷却配管貫通部現場調査	7/24～8/15	152	37	22	6	改造
26	空調設備の点検	8/20～8/24	7	4	—	6	定検
27	圧力検出器の移設及び作動試験	8/26～8/30	486	71	29	17	改造
30	配管熱変位データ処理システム の設置	8/26～9/30	0	0	0	8	R&D
31	床下ページングの修理	8/29～8/30	62	56	21	3	定検
32	1次主配管ISI	9/1～9/14	184	45	31	6	定検
33	1次主ポンプスケージング変位 計校正作業	9/17～9/20	179	64	20	9	R&D
34	ケーブル布設工事	8/30～9/30	179	62	45	4	R&D
35	1次系プロセス計装品点検	7/29～7/30	38	20	3	13	定検
36	V36.1-62AL sw交換	9/6～9/9	172	75	25	7	定検
37	床下電磁弁作動試験	9/4～9/13	110	37	10	11	定検
38	配管支持装置点検	9/4～9/14	43	23	9	5	定検
39	火災報知設備補修	9/13～9/18	182	58	30	6	定検
40	Cストラップ現地調査	9/25～9/26	100	25	20	5	改造

第2種作業別被曝結果(3) (TLD値)

番号	作業名	期間	実績 mrem	個人最大 mrem	平均 mrem	人数	分類
41	1次系予熱ヒータT/C点検	9/20~9/26	33	19	17	2	定検
42	2次系接触式NaL/D点検	9/12~9/30	5	5	—	13	定検
43	1次系C/T、D/T-Br線測定	9/14~9/30	66	18	8	8	改造
44	1次系冷却熱変位計点検	9/26~9/30	18	11	2	9	定検
45	循環ポンプ試運転及び アプリーバ調整	10/30~ 10/31	2.0	2.0	—	6	定検
46	自動PL計電磁流量計点検	11/7	72	20	10	7	"
47	ページング装置点検	11/6~ 11/11	24	14	8	3	"
48	M1ケーブルコネクタ環境試験	10/28~ 11/22	58	24	8	6	R&D
49	床下ライフレスク引上げ	11/27	5	3	1	7	定検
50	2次系スナバ点検	11/26~ 11/27	13	7	3	4	"
51	W/B廃液処理設備補修	10/15~ 11/18	376	54	14	27	"
52	FFD-DN法Bループリア ンプ設置調整及びFFD-DN 法Bループ用前検査	10/7~ 11/27	414	115	30	14	改造

作業名	実績	個人最大
放管業務	2162	370

Table3.4 定検毎の作業別被ばく線量比較 (man rem)

項 目	第 3 回	第 4 回	第 5 回
トータルマンレム (期間中)	38.7	19.0	49.9
点検に係るもの	19.1	14.3	11.97
No.1	燃取設備点検 6.4	1次主P分解点検 7.9	燃取設備点検 3.3
No.2	1次主P分解点検 4.4	燃取設備点検 1.7	配管支持装置点検 1.6
No.3	廃処設備点検 4.2	配管支持装置点検 1.6	床下電磁弁交換 1.06
改造に係るもの	4.8	0.7	21.7
R&Dに係るもの	4.4	1.8	11.0
放管業務	5.3	1.1	2.2
その他	5.1	1.1	3.0

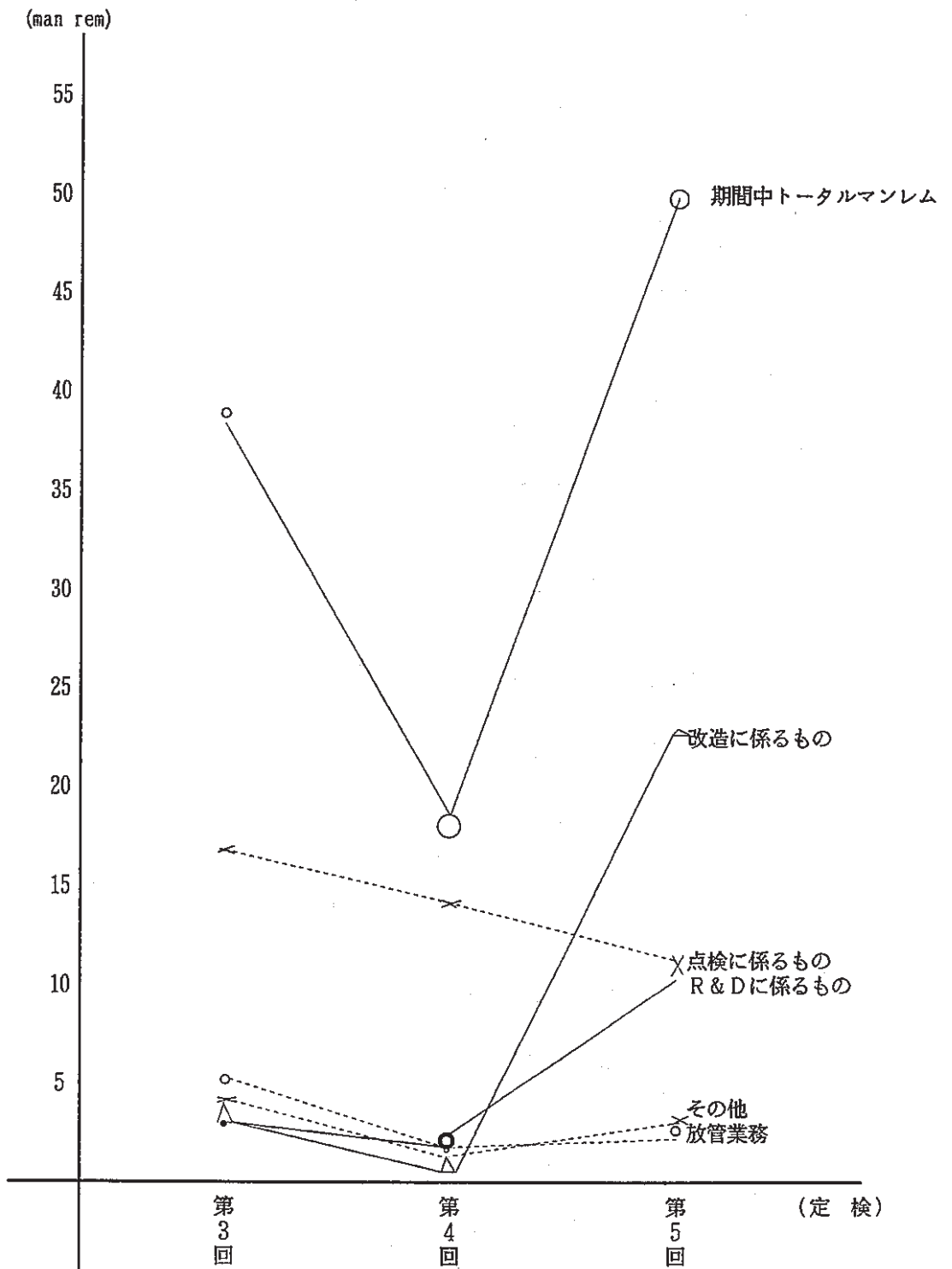
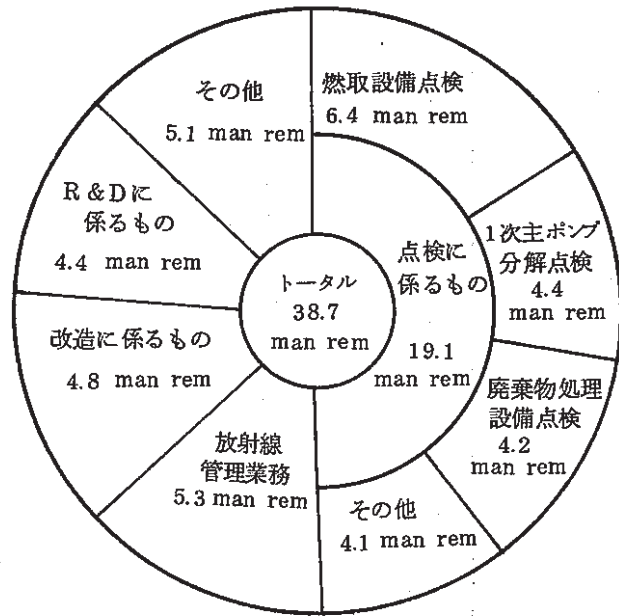
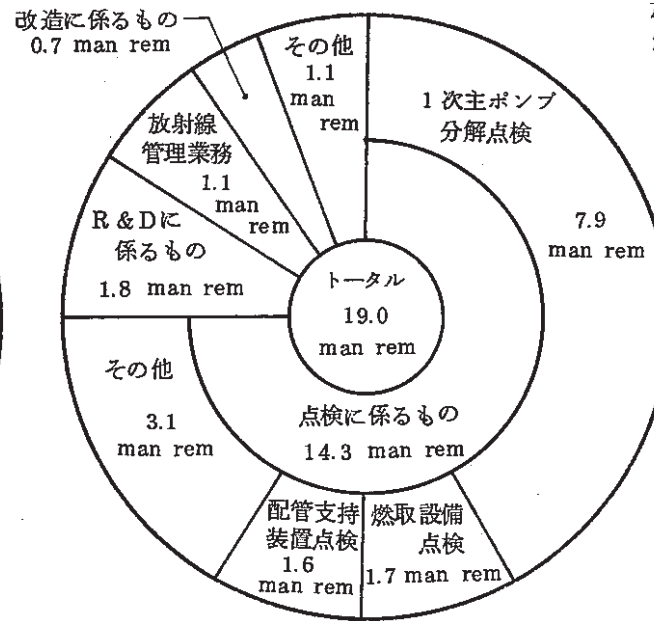


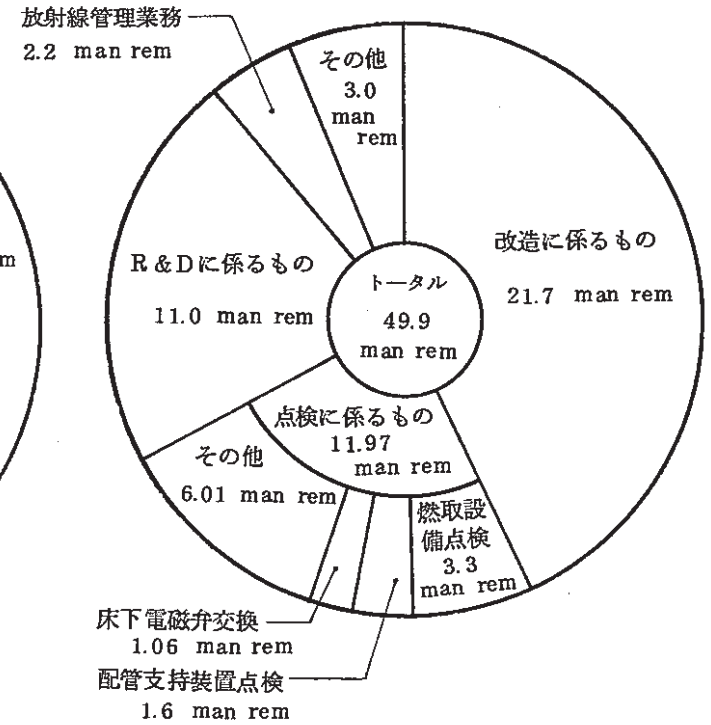
Fig 3.5 定検毎の作業別被ばく線量比較



第3回定検



第4回定検



第5回定検

Fig 3.6 定検毎の作業別被ばく線量比較

3.5 定期点検時の作業人工

第5回定期点検時に実施された主な作業と作業に要した作業人工数をTable3.5に示す。

Table3.5 第五回定検期間中の作業件名とその作業人工及び費用

作 業 件 名	作業人工数 (人)	作業費用 (千円)
廃ガス処理系圧縮機分解点検	42	3200
廃ガス処理系バルブ点検	50	767
1次純化系コールドトラップ冷却器の点検	36	767
1次冷却系電動弁・電動ダンパ点検	76	2550
圧縮空気供給系配管の改造	83	1500
1次系自動連続式PL計点検	4	353
1次冷却系主ポンプシーケンス改造	6	290
1次冷却系予熱ヒータ用T/Cの点検補修	12	430
1次冷却計Naレベル計の点検・校正	27	2300
1次系配管支持点検	52	3120
1次系サポート点検・もんじゅメカテナ設置	21	PNC
メカテナ用計装ケーブル布設工事	25	444
1次系現場計器点検	60	PNC
1次系プロセス計装品点検	102	4000
1次系EMF電源装点検	8	PNC
1次系EMP制御装置点検	56	〃
自動PL計現場機器類の点検	9	〃
2次系Na弁点検	16	PNC
2次冷却系主送風機及び入口ベーン点検	429	11000
2次冷却系煙式NaL/D点検	16	2000
2次系圧縮空気供給設備点検	45	注1
2次冷却系主ポンプメカニカルシール点検	16	注1
2次冷却系主ポンプメカニカルシール用OPU点検	151	注1
2次系接触式NaL/D補修	4	1620

注1 2次冷却系機械設備点検費用に含まれる8050(千円)

作 業 件 名	作業人工数 (人)	作業費用 (千円)
2次系A rガス点検	26	注 1
DHX出口ダンパ駆動モータ点検	20	4400
2次系プロセス計装品点検	179	5480
2次系計装品の交換	133	5300
ベーン・ダンパドライブユニットの点検	81	注 2
二次系予熱C / C盤点検	44	注 2
二次系計器校正	57	注 2
床下ページング端局装置の点検	13	490
消火設備の保守点検	10	PNC
2次系配管支持点検	40	月例に含む
火災報知設備補修	22	150
ロジック盤の改造	85	55000
冷却塔の変換工事	734	80000
「常陽」電源設備各盤点検	153	14400
電源設備保護継電器定期点検	34	2000
電源盤点検	341	4160
CRDM据付け調整	184	470
D / G 設備計器校正	30	} 7000
D / G 分解点検	135	
下部案内管交換作業	154	8100
FFD - CG法C / P分解点検	10	1710
S / Aケーブルコネクタの改造	33	2900

注2 2次系設備点検に含まれる。12200 (千円)

作 業 内 容	作業人工数 (人)	作業費用 (千円)
F F D - D N法計装点検	28	2357
T O S M A Pの改造	80	17000
ケーブル布設工事	369	8600
補機冷却系ポンプ点検	198	2700
「常陽」無停電設備の蓄電池交換	97	26144
フロン冷媒系の点検	53	2840
遮コン冷却器・水バルブ取付	24	2100
格納容器室素雰囲気ファンの点検	48	3550
床下圧空配管変更及び圧力検出器移設工事	257	6000
床下照明設備の補修作業	31	1220
補機冷却水系冷却塔付属設備の交換	19	452
格内圧空設備供給装置の分解点検	11	200
核計装設備用アース設置工事	33	1187
格納容器雰囲気調整設備計器点検	64	1700
格納容器床上雰囲気調整系ファン・ブロウ点検	17	2300
コンクリート遮蔽体冷却系モータ点検	152	10000
コンクリート遮蔽体冷却系ブロウ分解点検	101	13000
フロン冷凍機点検	172	10700
84系バタフライ弁のストローク調整	6	210
メンテナンス貯蔵庫水中監視装置点検	43	1900
床下電磁弁の補修	12	P N C
床下電磁弁の作動試験	16	P N C
床下圧縮空気タンク用エアフィルター等の点検	24	P N C
配管熱変位データ処理システムの設置	21	1800
84系床下電磁弁の交換	52	P N C
格納容器局部漏洩試験B、C種	220	5800
格納容器局部漏洩率試験用N ₂ 供給配管布設工事	144	4950
燃料洗浄廃液処理設備の改造	2484	116000
炉容器N a液面計の交換工事	144	6000

4. 主な改造工事

4.1 原子炉容器Na液面計の改造

4.1.1 概要

「常陽」の原子炉容器Na液面計は大回転プラグ上に3基取付けられており、2 out of 3のロジック回路により、原子炉保護系の一部を形成している。

液面計の測定範囲は原子炉容器内基準液面であるGL-6100（オーバフロー液面）に対して+350~-350mmの700mmであるが、これまでの運転経験により次のような問題点を有していることが明らかとなった。

- (1) オーバフロー汲上機能喪失（EMPトリップ）により原子炉スクラムとなり、1次主ポンプトリップと系統温度低下によるNaの体積収縮のため炉内Na液面が測定範囲である-350mm以下となって炉内Naの直接監視が行えなくなった。
- (2) 非常用炉心冷却系である1次補助冷却系の起動インタロックの1つをNa液面計の下限である-350mmから採っていたが、Na液面計の特性により下限付近では、自動起動信号の発生が不確実な場合があった。
- (3) 炉体メンテナンスモード（GL-9450）から床下メンテナンスモード（GL-7600）へ移行するため炉容器へNaを汲上げたが、炉内Na液位の直接監視ができないのでオーバフロータンク汲上げ量より換算して充填した。この時汲上量がやや多かったため、1次主配管側へNaがオーバフローした。

更に自然循環試験や、電源喪失後のプラント降温運転では、直接炉内Na液面監視ができなくなるので、運転員に与える心理的影響も大きく、誤判断の原因ともなることも予想される。

本改造は、以上の問題点を解決するため3基のうち1基（ch. B）を+350~-1600mmへ長尺化したNa液面計と交換したものである。長尺Naレベル計の主要目をTable 4.1.1に、構造図をFig. 4.1.1に示す。

4.1.2 長尺Na液面計の特徴

長尺Na液面計は4.1.1で述べた諸問題を解決するために測定範囲を延長したが、この他にも長尺化したメリットを最大活用するため次のような特徴を持つものとして設計した。

(1) 特性補正システムと自動校正機能

一般に今回のようなFBR用連続式Naレベル計の測定精度はフルスケール±3%が保証限界とされている。これを長尺Na液面計にあてはめると、その誤差は±58.5

mmとなり、誤差がマイナス側へ片よった場合は、通常液位にも拘らず液面低警報が発生する。

更には炉内Na液面低によるスクラム動作-100mmへのマージンは41.5mmしかないので、原子炉保護系トリップ出力設定の精度維持が極めて困難となってしまう。この問題を克服するために、誤差要因として最も影響の大きい直線性と温度補償特性をNa液面計出力の誤差曲線に逆関数を重ね合わせるにより計器最終段出力を平坦化する。いわゆる逆関数法を応用したマイクロプロセッサ内臓の特性補正システムを考案し、Na液面計変換器に取付けた。本システムにより、長尺化したにも拘らず、測定精度は±0.5%程度まで著しく向上したことが、Na実液校正の結果明らかとなった。

また、マイクロプロセッサを使用したことにより、炉容器へ据付けた後のプラントにおけるスパン調整は0%と82.1%(GL-6100—基準Na液面)へNaが達した時に所要のキーでインプットすれば、完了することができる。スパン調整は従来、熟練した検査員がトリマーを微調整していたもので、はるかに簡単かつ正確に実施できるようになった。これらシステムの詳細は、5.1参照のこと。ここではFig. 4.1.2に本システムの概念を示しておく。

(2) 熱電対の取付け

測定範囲が1次出口主配管下端以下まで延びたことを利用して、炉容器液面近傍に大きな熱応力を発生させる原因となるNa熱成層化現象を実プラント規模で解明するため、液面計の軸方向に10点のCA熱電対を取付けた。熱電対の取付けにあたっては、

- ① 熱電対のシール溶接部が第1種容器の企画を満足していること。
- ② 熱電対の応対性を良くするためにウェル等は使用せず、シーズが直接Naに接するので、耐久性が実証されていること。熱電対の断線、Naリークインによる単品の交換は不可能である。
- ③ 熱電対が液面計の磁場形成に悪影響を及ぼさないこと。
- ④ 熱電対はウェルと保護管とのギャップを通して測定端を炉内Na温度が効率良く計測できるよう配置しなければならない。このため、保護管によるNa滞留の影響を極力排除する必要がある。しかし、保護管は液面計の耐震支持上重要なので大きな開口を設けることができない。

等の条件下で熱電対が何点配置できるかを検討した結果、4.8φのもの10本を取付可能と判断した。

軸方向の配置は、現在までの“もんじゅ”熱層加現象解明のR & D結果に加えて運転経験をふまえて、Na中に9点、カバーガス中に1点配置した。信号はJOYDASにて処理するとともに過渡時の対応も考慮してデータレコーダへも接続可能なように計画した。

(3) 運転上の要求項目の反映

Na液面がNa漏洩やその他の要因例えばドレン弁の漏洩等で低下した時、プラント運転上心配されるのは、Na自由液面低下により、主中間熱交換器流入窓へのNa流入が途切れて、Na循環が断ち切られてしまうことである。ここまで炉内Na液位が低下した状態では、主ポンプはポニーモータによる運転となっているが、この状態でも冷却系の任務を果すためには、主中間熱交換器の流入窓下端よりも液面が上にあり、Na循環が確保されていることが運転上の条件となる。しかし、主中間熱交換器にはNa液面計がないため、主中間熱交換器内の液面を知るには、炉容器又は主ポンプオーバフローコラムの液面計指示により推測するしかないが、主ポンプオーバフローコラム液面では主ポンプ流量から配管損失のヘッド分だけ差引く必要があり、直接的ではなく、誤判断の原因ともなり得る。従って、炉容器の液面計が長尺化されたのを契機に、ポニーモータ運転を続行するにしろ、停止するにしろ、Na循環が確保されている最低限度までNa液面が低下したことを直員に知らせるために“主IH X流入窓上端”の警報を追加した。上端としたのは、下端に液面が下がるまでの時間を稼ぐためである。この他に校正点出力の中制盤への表示、従来の炉容器液面計との2ペンレコーダによる表示、前述の熱電対信号とともに液面計信号のJOYDAS CRT上への表示等、長尺化したことによる運転上の要求を計装システムへ反映した。

これまで述べてきた熱電対の配置、インターロックをまとめて、Fig4.1.3に示す。

この中には既存の原子炉保護作動インターロック、校正点位置を含んでいる。

4.1.3 実液校正

完成したNa液面計は、その性能を確認するために、Na液面計の使用温度と測定範囲に渡って実液校正を実施しなければならない。実液校正は、温度補償回路の調整、再現性、直線性、精度の確認等、試験項目が多岐に渡り、最終的にNa液面計を運用状態とするために必要不可欠な試験である。本試験は、液面計校正ループ(Sodium Level Meter Calibration Test Equipment : SOLCAT)を持ち、多くのR & DループのNa液面計の実液校正を行ってきた機器構造開発部高速増殖炉機器開発室(F機器室)へ全面的に依頼し

た。F機器室ではFBRプラント用として初めての校正であり、しかも安全保護系に直結していること、CPUによる特性補正システムや熱電対を装備しており、今までのNa液面系にはない特徴を有していること等を考慮して入念な校正計画が立案され実施された。Table 4.1.2に実液校正の仕様を示す。

その結果以下の点が確認された。

- 1) CPUによる特性補正システムは有効であり、誤差を極力小さくする必要のあるNa液面計に対しては特に優れた方式であることが証明された。
- 2) 従来のNa液面計に比べ複雑な構造をしているにも拘らず適正な補正を行うことにより、実用域において要求仕様を満足することが確認された。

試験終了後、Na液面計はアルコールによるNa洗浄され、「常陽」へ搬入された。

4.1.4 実液校正中のトラブル

実液校正期間中、次に示すようなトラブルが発生した。

(1) 検出器コイルの絶縁低下

エージング終了後、検出器コイルのメガを測定したところ、校正コイルB-大地間においてDC50VでOMΩ、テスタ計測で400KΩまで低下していた。

原因は、液面計内端末処理部銀ロー処理不備による吸湿であり対策として最終的に端末部を新品と交換するとともに防湿対策を施した。

(2) 端子台の割れ

Na液面計先端にあるセラミック端子に割れが発見された。輸送中の振動が原因と思われるが明確ではない。端子台を交換した。

(3) 交換器回路の不備

CLMユニット、CPU回路等でゲイン不足のため仕様を満足しないものがあり、抵抗を交換あるいは調整した。また、回路に温度補正用電圧が正負逆に印加されているものがあり、一部改造した。

(4) 熱電対の短絡

Na洗浄後、熱電対のメガを測定したところ、シースと大地が短絡しているものがあった。原因は端栓溶接部に数十μmのピンホールが存在していることが後の調査で判明し、高温Na浸漬中に、ピンホールよりNaが侵入、メガ低下をおこしたと考えられ、熱電対を交換した。

4.1.5 交換工事

既設Na液面計の引抜き作業は、今まで「常陽」では経験がなく、回転プラグスリーブ内Na堆積、高放射線環境、狭いスペース、限られた工程を考えると、かなり困難な作業なので「常陽」の持つ保守経験を最大限に利用しなければならない。そこで放射性NaとCPに汚染されかつ放射化もしている既設Na液面計の引抜きには通常CRD案内管交換作業に使用する下部案内管取扱キャスクを流用し、新Na液面計の装荷にはビニールバッグを使用した。取扱キャスク、ビニールバッグともに汚染Na機器の保守を行う上で多くの経験があり、必要となる治工具も含めて作業要領を立案した。

また、計装についても、長尺Na液面計の特徴を生かしたシステム構成とした。Fig. 4.1.4に取扱キャスクを使用した既設Na液面計の引抜き状況、Fig. 4.1.5にビニールバッグを使用した新Na液面計の装荷状況、Fig. 4.1.6に計装システムの概要を示す。

(1) 交換工事の手順

Na液面計の交換工事の手順を以下に示す。又、交換工事工程をTable 4.1.3に示す。

① 交換工事準備

Na液面計交換工事は炉上部ピット蓋A孔を使用して行うため大回転プラグを回転し既設Na液面計位置をA孔位置とした。

② 既設Na液面計検出器の引抜き

既設Na液面計検出器を保護管から引抜いた。この時、検出器表面線量率は放射化により最大140mR/hであり、その場所は検出器先端部であった。検出器を収納管に収納後メンテナンス建家に移送し、先端部を鉛粒で遮蔽した。その結果、収納管表面の線量率は5mR/h以下となった。

③ 保護管フランジの地切り

保護管引抜きに先立ち保護管の引抜きが可能か否かを確認するため地切りを行った。地切りは保護管フランジ押えボルトを撤去した後、押えボルトを用いて保護管を0.3mm引抜いた。その結果Na蒸着等はなく容易に引抜けることを確認した。

④ キャスク及び交換治具の組立

既設Na液面計保護管引抜きのため、炉容部ピット蓋A孔上にスペーサ、上部案内筒、固定ドアバルブを据付した後、レベル出しを行いキャスクを据付た。又、保護管フランジにハンドリングキャップアダプター、大回転プラグ上に下部案内筒(B)、ハンドリングキャップアダプター上部にハンドリングキャップ間の芯出しを行った。そ

の結果、ハンドリングキャップアダプターの製作誤作により引抜中心が一致しなかったため、大回転プラグを微動運転し芯出しを行った。芯出し終了後下部案内筒（B）上に下部案内筒（A）、超高真空ドアバルブを据付、上部案内筒に中間案内筒（A）、（B）を据付、下部案内筒（A）と中間案内筒（B）をベローズにて接続した。キャスク及び交換治具の組立終了後、Airガスにて0.5kg/cm²に加圧し耐圧漏洩試験を実施し漏洩のないことを確認した。

⑤ 保護管引抜き

キャスク及び交換治具内のAirガス置換を行った後、グリップ、延長管を用いて保護管引抜きを開始した。引抜き時は下部案内筒（B）に設けた内視用の窓から保護管の引抜きを目視により確認した。引抜き後、超高真空ドアバルブを閉とし、キャスク内を清浄Airガス置換し、固定ドアバルブ、キャスクドアバルブを閉とし、キャスクを撤去した。保護管を収納したキャスクはメンテナンス建家へ移送した。

⑥ Na液面計据付孔の調査

長尺Na液面計挿入時に障害となると思われる大回転プラグ内Na液面計貫通部に据付られたNaベーパー補獲用メッシュの状態について確認する必要性から、超高真空ドアバルブ上にアクリル板を設置し、液面計据付孔を目視した。その結果、図4.1.7に示すように、Naの滴下、メッシュのはみ出しが認められた。いずれも長尺Na液面計挿入には支障を来たさないと判断した。

⑦ Oリング交換

回転プラグ上液面計据付面のOリング交換を行うために固定ドアバルブ上にビニール支持具とビニールバッグを据付け、ビニールバッグ内をAirガス置換した後、保護管引抜き後の液面計貫通孔にシールプラグを挿入した。シールプラグ挿入後、ビニールバッグ、交換治具内をAir置換して、交換治具等を一次撤去しOリング交換を実施した。（但し既設Oリングは保護管と共にキャスクに収納されてしまい、大回転プラグ上には存在しなかった）Oリング交換後、交換治具等の設置、Airガス置換を実施しシールプラグを撤去した。

⑧ 長尺Na液面計保護管の据付

ビニールバッグを用いて新液面計保護管を挿入し、下部案内筒（B）の内視用窓から挿入状態の確認を行った。又、新液面計保護管は熱電対付きであり、据付方向が決まっているため、Oリング交換時に予め据付けておいたガイドボルト2本を保護管据付

方向の目標として挿入を実施した。しかし、挿入後45°のずれが認められたため交換治具等撤去後修正を行った。

⑨ 長尺Na液面計検出器の据付

保護管据付後、検出器を挿入し据付た。

⑩ 長尺Na液面計保護管フランジ部のリークテスト

保護管フランジ据付部の2重Oリング間0.5kg/cm²の圧力をかけOリング部のリークテストを実施し漏洩のないことを確認した。

⑪ ケーブル接続

検出器、熱電対のケーブル接続を実施した。

⑫ 遮蔽体取付

新Na液面計上部に遮蔽体取付を実施した。この時、周辺機器が遮蔽体と干渉したため、遮蔽体一部を加工した。

⑬ キャスク、既設Na液面計保護管の洗浄

メンテナンス建家にて洗浄を実施する前に、キャスクシール装置を取外し、保護管フランジに付着していたOリングを撤去した。その後、高レベル洗浄槽にキャスクを据付、保護管を吊り降し付着したNaの洗浄を実施した。

⑭ 保護管の保管

保護管のNa洗浄後、再びキャスクへ収納し水中カッター設備プール上へ移動し、保護管をプール内へ吊り降した。この時、ハンドリングキャップを水中カッター設備用と交換した。また、保護管の表面放射線量率を測定したところ、最大は先端部で1.35R/h最低はフランジ部で0.25mR/hであった。その後、保護管は同プール内へ保管した。

⑮ 後処理

キャスク整備等を実施した。

4.1.6 原子炉運転中の液面計の特性

原子炉の通常運転中に液面計の特性を知る方法の一つは原子炉出力の上昇、下降に伴って、冷却材温度が変化した時の液面計出力の変動値から、温度補償がなされているかを確認することである。温度補償が良好でない場合は5.1で述べるように、その誤差軌跡は、温度変化に対して、2次曲線となる。図4.1.8は第8サイクル当初にINTA試験のため、原子炉出力を0→100MWt→0と変化（炉内Na温度360℃→500℃→380℃）させた時の長

尺液面計と既設液面計（c h . A）指示を示したものである。図でも分る通り、長尺に比べ既設液面計の指示値はNa変化に追従してゆるやかな2次曲線状に変化している。

本図から温度補償誤差を計算してみると、長尺液面計は0.2%FS、既設液面計は1.7%FSとなり長尺液面計の測定範囲が約2.8倍拡張されているにも拘らず誤差は既設の33%に過ぎないことから、長尺液面計のCPUを使用した特性補正システムは十分にその機能を果していると判断できる。

4.1.7 まとめ

炉容器長尺Na液面計の設計、実液校正、交換工事、運転を通じて次のような成果を得た。

- (1) 逆関数を用いCPUを組み込んだ特性補正システムは有効に機能し、長尺化したにも拘らず高精度化を達成できた。将来炉においては、本方式により高精度化された長尺液面計によってインタロック用と監視用両方兼ね備えることができるので、Na液面計装を大巾に削減することが可能である。
- (2) 特性補正システムは、変換器に演算処理部を付加するだけで高精度化が実現するので、検出器、変換器とも従来の技術で製作することができる。また、演算処理部付加に伴うコスト上昇は検出器、ウェル変換器等より成る液面計装システム全体コストに比べれば、極めてわずかであって本システムを構成する電子部品は、今後高性能化とコストダウンが容易である。
- (3) Naバウンダリを含めた液面計の交換作業は今回が初めてであり、下部案内管取扱キャスクを使用した。放射化したNa液面計の引抜、ビニールバッグを使用した長尺Na液面計の挿入等、これまでの保守経験を最大限に活用し、又新たな作業要領の立案により、作業時の被曝低限、及び、限られた工程内での作業が実施できた。特にシールプラグを用いたOリング交換は初めての経験であり、これにより炉内カバーガスの漏洩を防止すると共に、作業の簡略化が図れた。又、交換用治具である下部案内筒（B）に内視用窓を設けたことにより、既設Na液面引抜時、及び長尺Na液面計挿入時の目視による確認ができたので、的確な引抜、挿入が行えた。炉容器Na液面計交換工事で得られた多くの経験は、今後の保守作業に反映し活用できるものであると同時に液面計の基本的な交換手法を確立した。
- (4) 液面計に取付けた熱電対のうちNa中にある9点（+カバーガス中1点）の温度指示のバラつきは100Mwt時でも高々1℃（0.17%FS）以内であり熱成層化現象の測定に対し充分期待出来るとの見通しを得た。

Table 4.1.1 長尺Na液面計の主要目

1. Tag No	LE31.1-2 (炉容器用c.h.B)
2. 運転温度	200 ~ 500℃
3. 測定範囲	+350 ~ -1600mm (GL-6100基準)
4. 校正点位置	校正点 -320mm、校正点 -855.5 mm (出口配管上端)
5. 型式	連続式誘導型
6. 全長	5055mm
7. 重量	検出器 15kg、ウェル+保護管 45kg
8. 主要材質	SUS304
9. コイル材質	1φMIケーブル、シースSUS316L、絶縁材MgO
10. 放射線レベル(検出器のみ)	$1 \times 10^9 R$
11. 計器精度	±3% (特性補正システムOFF)
12. 校正点精度	±10mm
13. 温度補償範囲	200 ~ 600℃
14. 特性補正システム	直線性、温度補償特性の逆関数法による誤差補正
15. 自動校正システム	注) 0点、スパン(0~81.2%)自動校正
16. 熱電対	3.2φ 種別K 軸方向に10点(Na中9点、カバーガス中1点)
17. 据付位置	大回転プラグ上

注) GL-6100が測定スパンの81.2%に相当

Table 4.1.2 実液校正の仕様

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 1. エージング温度 | 540℃ / 22hr |
| 2. 校正温度 | 200℃、300℃、400℃、500℃往復 |
| 3. 測定ピッチ | 100mm毎 |
| 4. 測定項目 | |
| (1) ゼロースパン調整 | |
| (2) 直線性 | |
| (3) 液位ヒステリシス | |
| (4) 再現性 | |
| (5) 温度補償特性 | |
| (6) 精 度 | |
| 5. 補正量入力用試験 | |
| 上記(2)、(5)のCPU入力値を求めるための試験 | |
| 6. 補正量入力後試験 | |
| CPU入力後の特性試験 | |
| 7. 校正点特性 | |
| (1) 精 度 | |
| (2) ヒステリシス | |

Table 4.1.3 炉容器Naレベル計交換作業工程

No.	月 日 項 目	S 60. 9											S 60. 10					
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30	1	2	3	4	5	
1	準備作業	■																
2	旧Naレベル計検出器引抜き		■															
3	キャスク組立		■	■	■													
4	キャスクArガス置換耐圧漏洩試験				■													
5	旧Naレベル計ウェル引抜き					■												
6	キャスクArガス置換					■												
7	キャスク撤去						■											
8	Oリング交換用ビニールバッグ取付							■										
9	ビニールバッグArガス置換							■										
10	シールプラグ挿入							■										
11	Oリング交換シールプラグ引抜き							■										
12	ビニールバッグArガス置換							■										
13	新Naレベル計ウェル挿入								■									
14	ビニールバッグAr置換、撤去								■									
15	新Naレベル計検出器挿入									■								
16	新Naレベル計据付面L/T										■							
17	後かたづけ										■							
18	新Naレベル計メガチェック											■						
19	ケーブルつなぎこみ											■						
20	遮蔽体取付												■					
21	キャスク、ウェル洗浄準備								■									
22	キャスク、ウェル洗浄								■	■								
23	ウェル水中カッタ設備プール貯蔵									■								
24	キャスク整備										■	■						
25	後かたづけ											■						

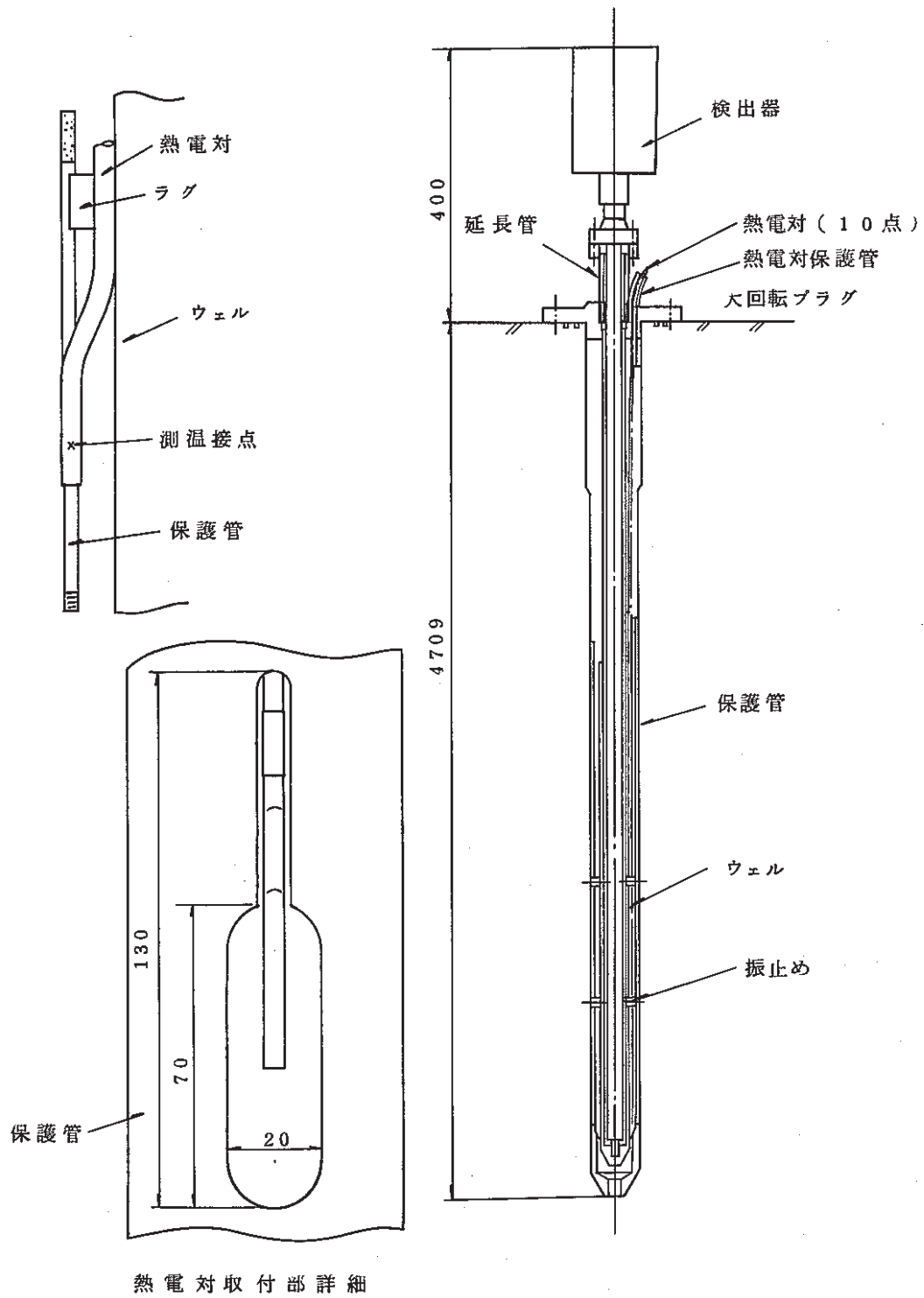


Fig 4.1.1 長尺Na液面計構造

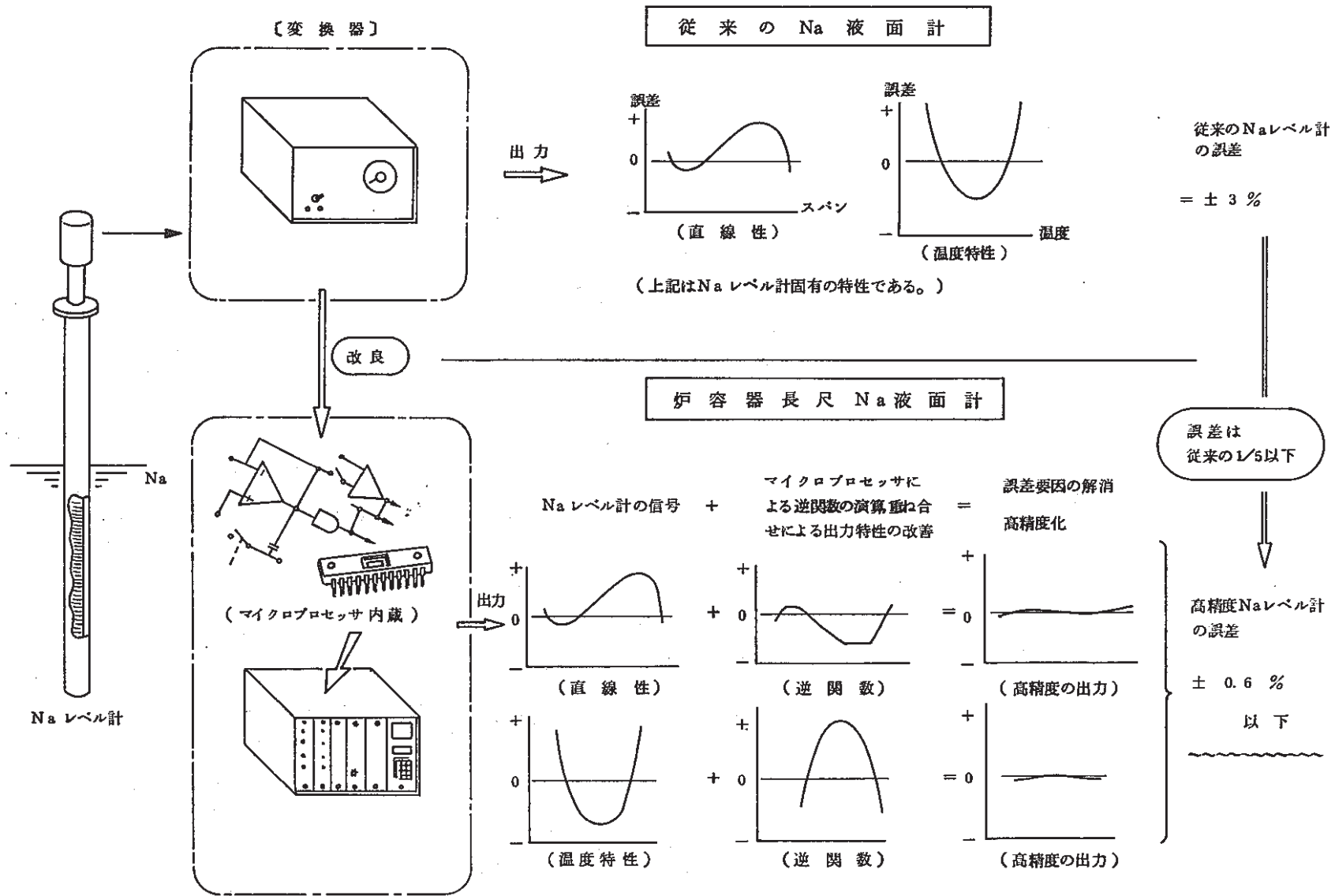


Fig 4.1.2 特性補正システム概念

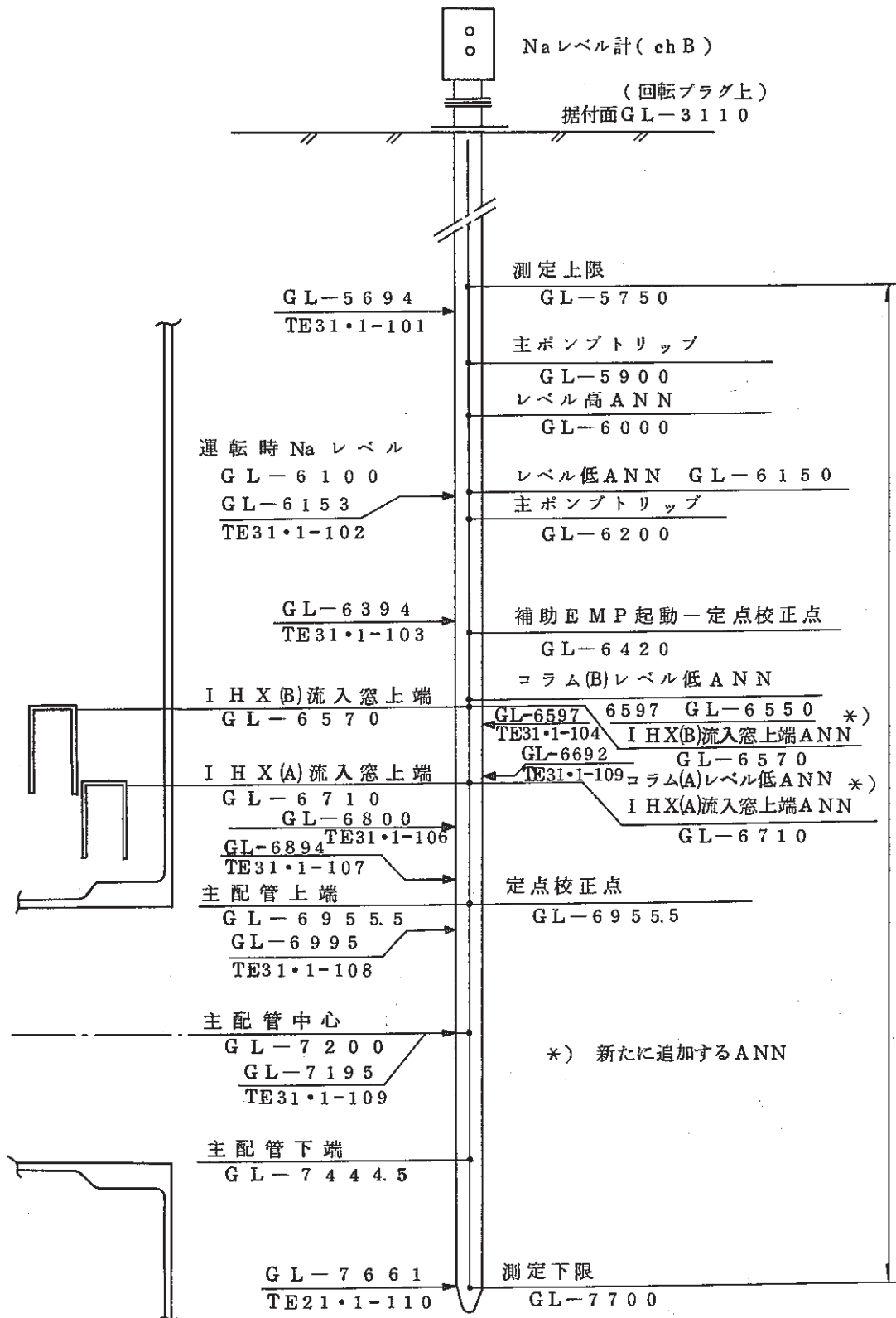


Fig 4.1.3 Na液面計の定点校正点、インターロックT/Cの位置

- ① 上部案内筒
- ② 中間案内筒 A
- ③ " B
- ④ 接続ペローズ
- ⑤ 高真空ドアバルブ
- ⑥ 下部案内筒 A
- ⑦ " B
- ⑧ Na レベル計 ch 1 遮蔽体

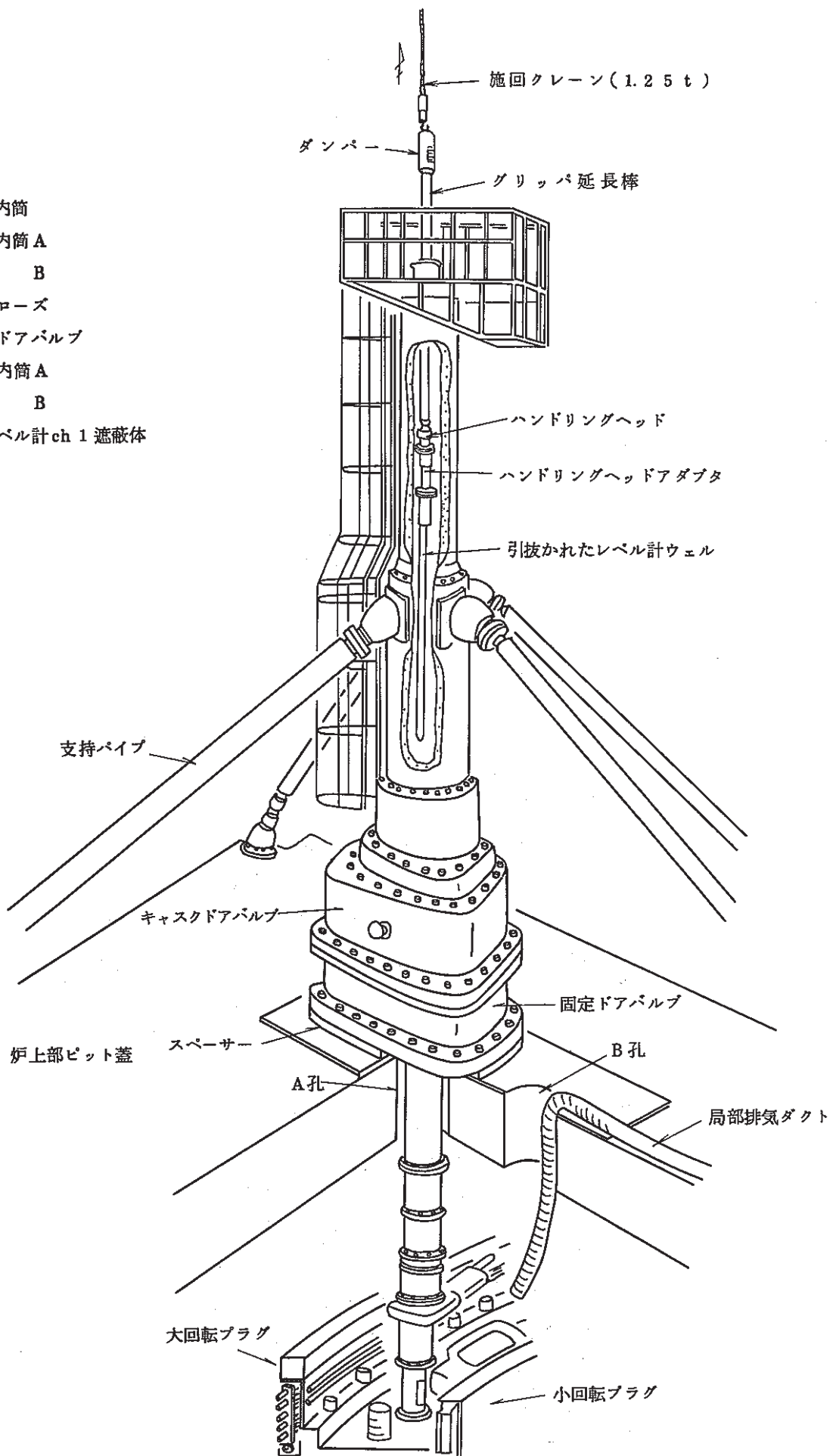


Fig 4.1.4 上部案内管取扱キヤスクを用いたNaレベル計の引抜

- ① ビニール支持具
- ② 高真空ドアバルブ
- ③ 下部案内筒A
- ④ " B
- ⑤ Na レベル計 ch A

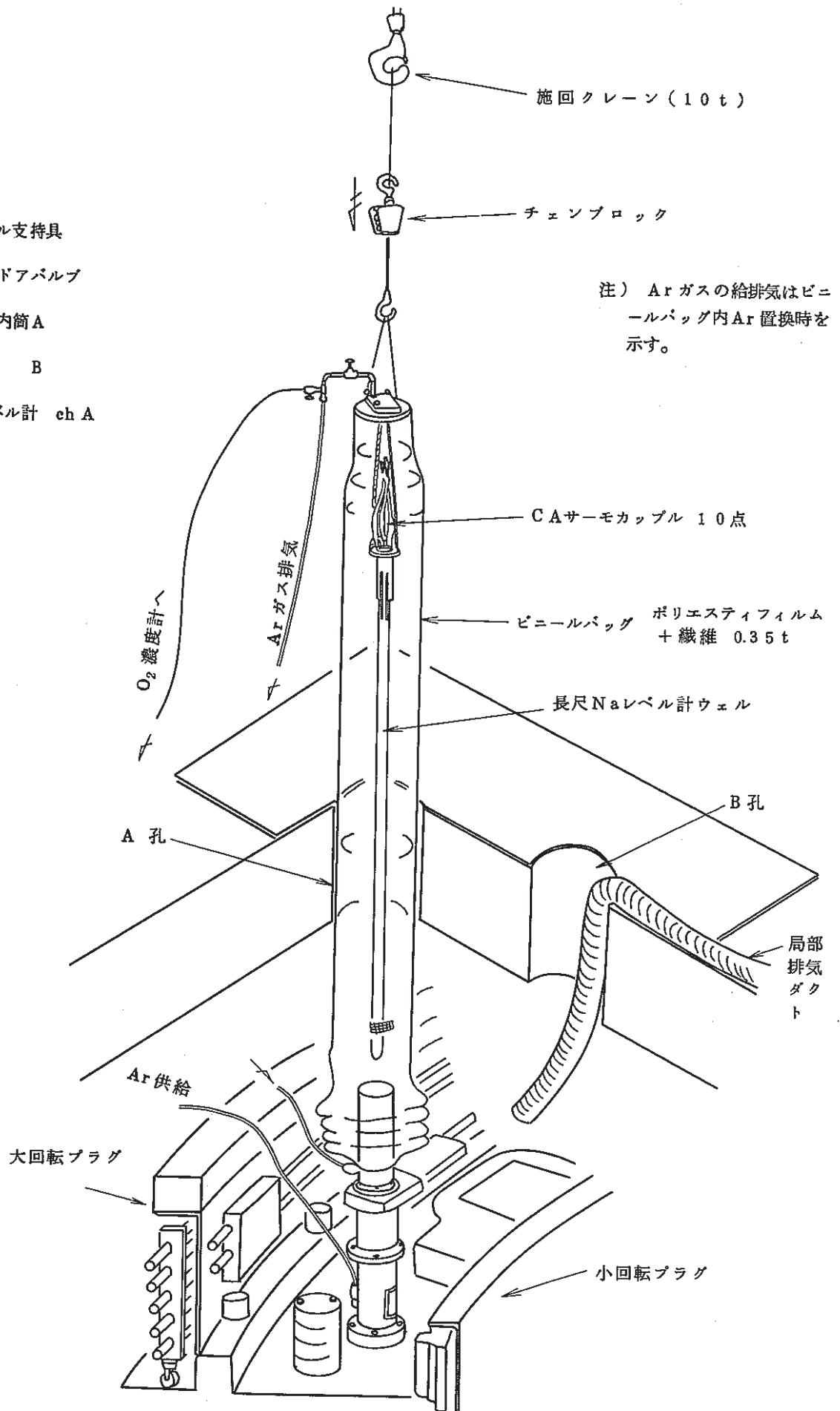


Fig 4.1.5 ビニールバッグを用いた長尺Naレベル計の据付

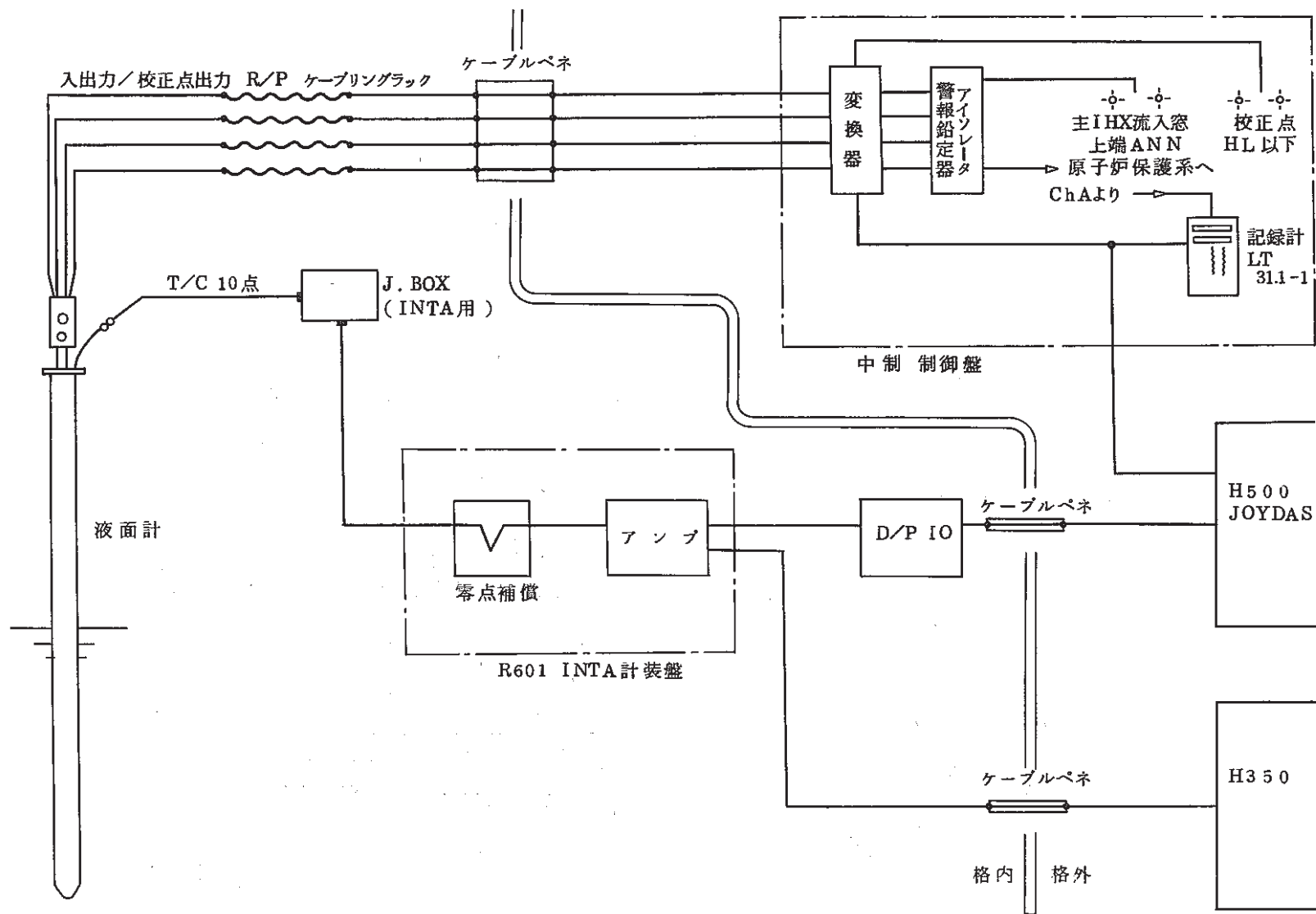


Fig 4.1.6 長尺化Na液面計計装系統図

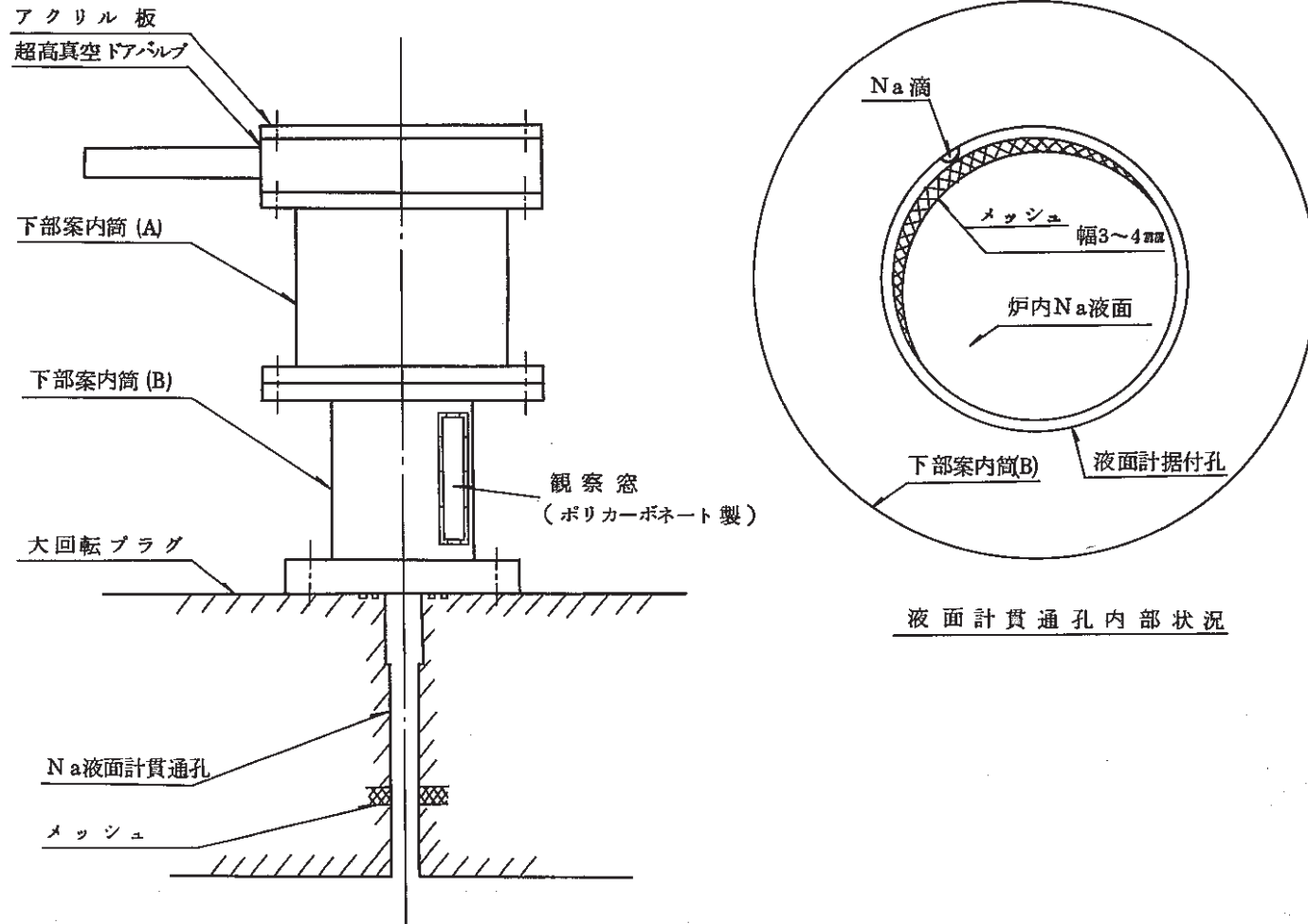
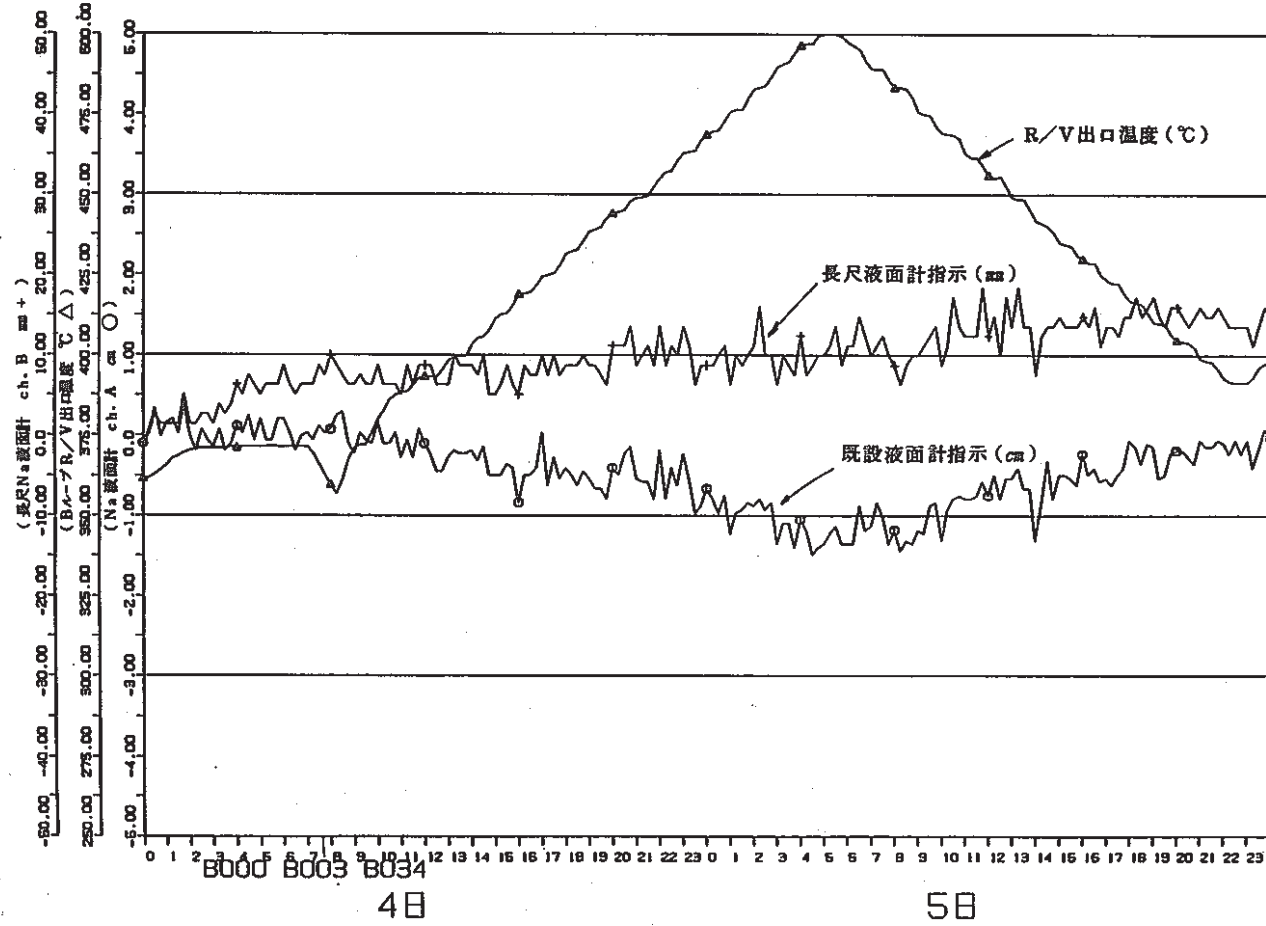


Fig 4.1.7 大回転プラグ液面計貫通部の状態



JOYO MK-II CYCLE 8

(1985/12/4 0:0 ~ 1985/12/6 0:0)



PNC-JOYO JOYDAS-PL0T

Fig 4.1.8 炉内Na温度変化に対応した液面計指示

4.2 燃料洗浄設備の改造

4.2.1 概要

使用済燃料を洗浄した後の廃液（燃料洗浄廃液）は、付属建家に設置された高レベル廃液タンクに一担貯蔵された後廃棄物処理建家に送られ、フロキュレータによりPHが調整された後、凝集剤が加えられ、凝集沈殿処理が行われていた。しかしながら燃料洗浄廃液に含まれる腐食生成物（CP）は高放射性でしかも沈降性を有し、タンクや配管に付着・沈着しやすく蓄積してきたために空間線量率が上昇してきた。このため廃液処理設備の運転・保守に係る被ばくが増え、被ばく低減のためにCPの除去と効果的な回収を行う必要性が生じた。そこでまず燃料洗浄廃液に含まれるCPの性状調査を行い、それにより得られた知見をもとに廃液処理設備のシステム設計を行い改造を実施した。

改造の設計方針としては

1. 従来の廃液受入用のタンクは円筒横置でタンク内にCPが沈着し易い構造のため、廃液受入専用の堅形円錐形のタンクを新設し、CPの付着・沈着による高線量化を防止するためタンク内面は電解析研磨による鏡面仕上げとする。
2. 廃液の移送にはエアリフト等により出来る限り線動部の少ない移行方式を使用し、機器のメンテナンスの容易性を図る。
3. 従来のセメント固化方式に比べ減容比が高く固体廃棄物発生量の低減化が図れる、電気炉及びマイクロ波発生装置を使用した乾燥・溶融固化法を採用する。
4. 現有施設を可能な限り有効に利用し、改造は最小限度にする。

4.2.2 設備概要

廃液処理設備は廃液を貯留する貯槽設備と濃縮液を乾燥・溶融固化する固化設備に大きく分かれる。燃料洗浄廃液処理プロセスの概要をFig4.21に示す。

(1) 貯槽設備

燃料洗浄に伴って発生する廃液を貯留・前処理する設備であり、まず燃料洗浄設備で洗浄に伴って発生する燃料洗浄廃液は、一担付属建家に設けられた沈降防止槽に受入れられる。沈降防止槽には燃料一体分の廃液が貯留されそのつど処理建家に設置された中和槽に送られる。中和槽ではPHの調整を行い、CPの沈降性を利用してCPを沈降分離し上澄液については既設蒸発設備に送り蒸発濃縮処理を行う。また中和槽底部に溜まったCPはエアリフト等により乾燥・溶融固化装置に送られる。

(2) 固化設備

蒸発設備で蒸発濃縮された濃縮液ならびに中和槽で沈降分離されたCPを含む分離廃液は定量槽に受入れられ、計量槽を介して固化の必要量をエアリフトより固化ボックス内の固化ポットへ供給される。ここでガラス化に必要な添加剤（ガラスフリット）が添加剤供給ホッパにより一定量ずつ乾燥熔融固化装置に送られる。乾燥・熔融固化装置は固化ボックス・電気炉・マイクロ波発生装置とその導波管及び搬出入設備より構成される。外観図をFig. 4.2.2に示す。熔融炉内における熔融温度は1200℃程度であるが電気炉加熱装置の外表面を常温とするため水により冷却する構造となっている。固化モードは電気炉で乾燥処理し、熔融固化はマイクロ波により行う。

乾燥・熔融固化時に発生するオフガスはオフガス凝縮器で気液分離され、ガスはパイプ接続型ヘパフィルタを介してオフガスブロウにより既設ダクトに排気される。また凝縮水についてはグラビティフローで低レベル廃液貯槽に送られる。

4.2.3 設計仕様

今回の改造におけるシステム設計は、1サイクル当りに発生する燃料洗浄廃液を最大16.5 m³とし、既設蒸発缶により濃縮、更に乾燥・熔融固化装置で減容を図り最終固化体として2体となるように設計した。またこれら一連の作業を1ヶ月以内で行うことを目標とした。

(1) 新設設備の設計条件

① 燃料洗浄廃液発生量（標準）

1) 「常陽」の燃料交換頻度	60 体/年
2) 1サイクル当りの廃液発生量	16.5 m ³ /サイクル
3) 燃料集合体1体当りの廃液発生量	1.1 m ³ /体
4) 1サイクル当りの洗浄数	15 体/サイクル

② 廃液の性状（原液）

廃液の性状は下記のとおりとする。

1) 放射性物質濃度	3×10^{-2} μ Ci/mi (0.8MeV)
2) 核種	Co ⁶⁰ 、Co ⁵⁸ 、Mn ⁵⁴ 等
3) NaOH量	Max 325mg/ℓ
4) pH	Max 12

③ 中和剤

HNO₃で中和する。

④ 濃縮液発生量

蒸発設備により1サイクル分の廃液量 (Max 16.5m³) を1バッチとして処理するため、蒸発缶のホールドアップ量は0.5m³とする。

⑤ 濃縮液の性状

濃縮液の性状は下記のとおりとする。

- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1) 放射性物質濃度 | 3.3×10 ⁻¹ μCi/mi (0.8MeV) |
| 2) NaNO ₃ 量 | 23g/ℓ |
| 3) pH | 6~9 |

⑥ 固化方法

乾燥熔融固化法 (濃縮液と添加剤とを一定比率で混合し乾燥熔融固化する。)

⑦ 固化体

- | | |
|--------------------|--|
| 1) 1サイクル当りの固化体の発生量 | 任意 |
| 2) 比重 | 約 2.4 |
| 3) 最大放射能量 | 約 100 mCi/キャン |
| 4) 熔融温度 | 1200℃以下 |
| 5) 添加剤 | SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 、MgO等を用いる
(ビンガラス組成を目標とする。) |

⑧ 固化容器の寸法

- | | |
|--------|---------|
| 1) 高さ | 250H以下 |
| 2) 径寸法 | 約216φ以下 |

⑨ 搬出用キャンの寸法及び発生量

- | | |
|----------------|------------|
| 1) 寸法 | 約250φ×300H |
| 2) 1サイクル当りの発生量 | 2キャン |

⑩ 遮蔽設計

各処理工程における作業環境の空間線量率が下記の条件となるよう設計する。

- | | |
|------------|------------|
| 1) 建家境界 | 0.625 mR/h |
| 2) 制御室入口ドア | 2.0 mR/h |
| 3) 更衣室入口ドア | 2.0 mR/h |
| 4) 固型化室制御盤 | 8.0 mR/h |

4.2.4 機器仕様

1) 概略仕様

概略仕様を以下に示す。

① 槽類の概略仕様

機器名	概略仕様				
	基数	形式	容量	概略寸法 (mm)	材質
中和槽	1	立型円筒, 下部円錐	10m ³	2500φ × 3500H × 8 t	SUS304
定量槽	1	立型円筒	200ℓ	650φ × 1200H × 4 t	SUS304
計量槽	1	立型円筒	100ℓ	550φ × 900H × 4 t	SUS304
エアリフト セパレータ	1	立型円筒	16ℓ	200φ × 500H × 4 t	SUS304

② ポンプ類の概略仕様

機器名	概略仕様			
	基数	形式	性能	材質
中和槽用 ポンプ	1	キャンド ポンプ	1.0m ³ / h × 20 m × 3.7kw	SCS13
オフガス ブロワ	2	ルーツ ブロワ	50 N m ³ / h × 300 mm H ₂ O × 1.5 kw	SCS13

③ オフガス凝縮器の概略仕様

機器名	概略仕様				
	基数	形式	容量	概略寸法 (mm)	材質
オフガス 凝縮器	1	横置U字管 式復水器	10 N m ³ / h	450φ × 1900L	SUS304

④ オフガスフィルタの概略仕様

機器名	概 略 仕 様			
	基数	形 式	概略寸法 (mm)	材 質
オフガス フィルタ	1	プレフィルタ + 高性能エアフィルタ	480 φ × 700 H	アスベストグラ スウール SUS304 (ケーシング)

⑤ 乾燥・溶融固化装置の概略仕様

機 器 名		概 略 仕 様			
		基数	容 量	概略寸法 (mm)	材 質
加熱 装置	電 気 炉	1	30kw	1000w × 1000D × 600H	耐火レンガ SUS304
	マイクロ波発生装置 (マイクロ波 導波管含む)	1	5kw 2450MHz	—	導波管： A 合金
固 化 ポ ッ ト		1	—	200φ × 250 H	SUS304
固 化 ボ ッ ク ス		1	—	1100D × 2600W × 2900H	アクリル SUS304
添 加 剤 供 給 装 置		1 式	30ℓ	—	SUS304
固 化 ポ ッ ト 搬 入 出 入 装 置		1 式	—	—	—
操 作 盤		1 式	—	—	—

⑥ 主要配管類の概略仕様

機器名	概 略 仕 様		
	数 量	口径 × s c h No.	材 質
配 管	1 式	1 B、 $1\frac{1}{2}$ B × s c h 40	SUS304 TP

⑦ 遮蔽体の概略仕様

機 器 名	概 略 仕 様		
	数 量	材 質	厚 さ (mm)
遮 蔽 体	1 式	鉄	① 50 ② 50 ③ 40
		鉛	30

4.2.5 コールド試験結果

ホット試験に先立ち、硝酸ナトリウム溶液による模擬廃液を使用したコールド試験を実施した。試験項目は昇温試験・蒸発試験・乾燥熔融試験の3項目である。

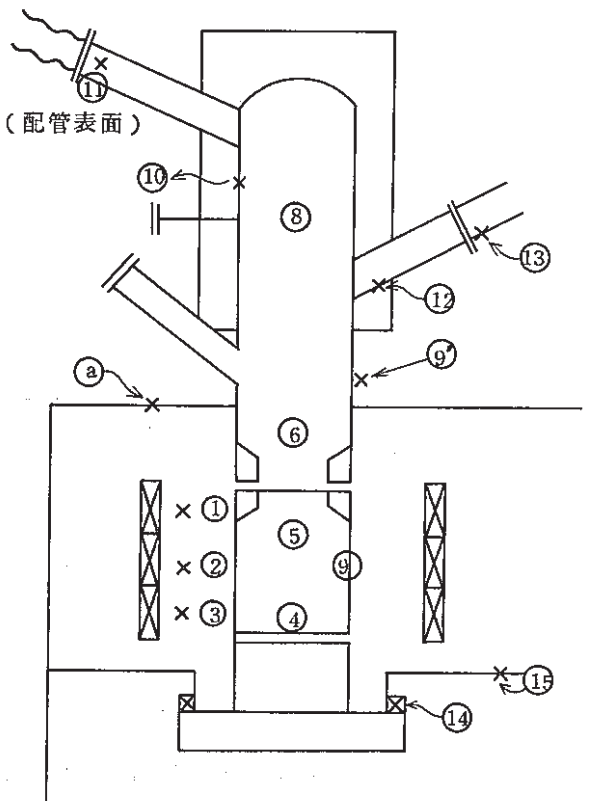
(1) 昇温試験

1) 試験方法

固化ポットセット状態で電気炉温度を段階的に800℃から1050℃、1150℃、1200℃と上昇させていき、下図に示す各部温度と電気ヒータの電流値ならびに電圧を記録した。また高温状態にて固化ポットを回転させ、その状態を確認した。

2) 試験結果

- ① 固化ポット内の雰囲気温度(⑤)は電気炉温度より50~70℃程度低い値を(配管表面)示した。
- ② 電気炉温度1200℃の場合においても各部の温度は設計温度以下であった。



主な測定結果を以下に示す。

昇温試験各部温度測定点

温度測定表	測定温度	設計温度
オープン(電気炉外部) ⑩	約 350℃	500℃
電気炉上板 ⑨	約 400℃	500℃
メカニカルシール付近 ⑭	約 300℃	400℃

- ③ 添加剤ホッパのフィーダ部(⑫⑬)の温度は100℃以下で、フィーダ内部のガラ

ス溶融の心配はなかった。

- ④ ポットの回転状態は、電気炉1050℃では問題なく回転出来た。1200℃に昇温し回転させたところ3回転と同時に異音が発生した。これは軸心が数mmずれていたために起こったもので、再度調整し直し回転したところ作動状態に異常はなかった。

(2) 蒸発試験

1) 試験方法

電気炉温度を300℃から500℃、550℃、600℃と段階的に上げて行き、各温度において温度を保ちながら所定流量の模擬廃液(320 mg/ℓ NaNO₃)をフィードし、固化ポット内の液位をのぞき窓より観察して蒸発能力を確認した。液位はポット内にステンレス製のもの差しを入れ、のぞき窓より目盛を読んで液位の確認を行った。

2) 試験結果

蒸発試験結果をFig 4.4.3に示す。

① 蒸発能力

電気炉温度と蒸発能力の関係としては以下の結果を得た。

電気炉温度	蒸 発 能 力
300℃	2.6 kg / h 以下
500℃	5.0 kg / h 以下
600℃	9.3 kg / h 以下

② オープン内負圧維持

初期負圧-170mmAgに対し、最大蒸発時にて-150~-130mmAgであり、負圧は問題なく維持することができた。

③ 固化ポット液位高インターロック

蒸発液位(泡面)200mm程度にて、正常にインターロックが作動した。

(3) 乾燥・溶融試験

乾燥・溶融は計量槽にて一定量に計量された廃液を9回に分けて固化ポットへ供給し、固化ポット内に9槽のガラス固化体を作るものである。試験では1~2層、3~5層、6~8層そして9層と4回に分けて固化を実施した。

1) 1～2層の作製

2層の固化体を作製し、あわせてマイクロ波加熱装置の放電テストを実施した。試験結果を以下に示す。

① マイクロ波調整

固化ポット内に1.32kgのガラスをフィード（電気炉温度800℃に保ちマイクロ波を50%の出力で発振した。ところがマイクロ波加熱により昇温されたガラスの発光を放電検出器が検出し、ON-OFF動作を繰り返していたため、1mm程度の穴を5個あけたアルミホイールで検出器をマスキングしたところ正常に作動するようになった。

② マイクロ波全出力

マイクロ波を全出力（5kw）で30分間発振した。パイロメータによりガラス面の温度を測定したところ880℃～900℃であった。

③ 放電テスト

マイクロ波発振状態で固化ポット内に炭の小片を投入し、放電状態を作った。放電とともに検知器が正常に作動し発振が停止した。またその後自動復帰し正常に機能することを確認した。

④ ガラス固化体チェック

炉内を放冷したのち固化ポットを炉より取出し内部のガラス層を観察した。周囲部にわずかに粒状のガラスが見られたが、前面はほぼ熔融ガラス（白色）であった。測定の結果厚みは16mmであり、ガラスフリットを1.32kg供給したことを考慮すると比重は2.63と計算され、充分熔融していると考えられる。

⑤ 廃液連続フィード・蒸発

電気炉600℃の状態では廃液（320ppm NaNO_3 ）を次の条件でフィードし連続蒸発させた。

9.3ℓ / h …… 40分

8.5ℓ / h …… 20分

いずれの場合も固化ポット内液位100mm前後にて蒸発面は安定した。

⑥ 残液蒸発

ガラスフィードに先立ちポット内の残液を蒸発させた。30分間で残液は全量蒸発した。

⑦ マイクロ波全出力

1時間マイクロ波加熱を行なったところ、放電は起きずに正常に作動した。

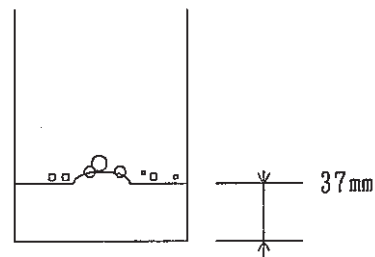
この間にポット内のガラス面温度をパイロメータによって測定したところ、次のとおりであった。

15分後	.....	800℃
25 "	.....	840℃
30 "	.....	850℃
35 "	.....	"
40 "	.....	"
60 "	.....	860℃

⑧ ガラス固化体チェック（翌朝）

中央部に粒状のガラス（白色）が多く見られ完全熔融とは言えない（但し、粒は剥離できない）。

2層面の厚みは、37mm（比重2.3）、2層目のみの厚みは21mm（比重2.0）。



2) 3～5層目の固化体製作

1) で実施した2層目のガラス固化体の上に3～5層目の固化体の製作を行った。結果は以下の通りである。

① 廃液連続フィード・蒸発

ガラス供給後電気炉600℃の状態、廃液を8.5ℓ/h（2層目の設計液量）でフィードし連続蒸発させた（1.5時間）。

固化ポット内液位100mm程度で蒸発面は安定した。ガラスの飛出しは全く見られなかった。

② マイクロ波加熱—3層目

引抜きマイクロ波加熱を行なった（1時間）。

10分以内でポット内の残液は全量蒸発した。溶融後の表面には粒状のガラスが見られ、十分に溶融していなかった。溶融面温度は800～810℃。

③ 廃液連続フィード・蒸発

溶融後のガラス面上に、以下の条件で廃液を連続フィードした。

4.2ℓ / h …… 20分

5.2ℓ / h …… 10分

6.7ℓ / h …… 1時間

ガラス面上には液はたまず、表面蒸発した。

この蒸発は、フィード開始後5分程度で安定した（フィード開始時は急激な蒸発が起こり、オープン内圧力-40～-200mmAgの間で変動した）。

④ マイクロ波加熱—4層目

ガラスを供給し、800℃に昇温してマイクロ波加熱を行なった（1時間）。溶融面温度は高いところで900℃前後低いところで850℃前後。溶融はほぼ進んでいるように見られた。

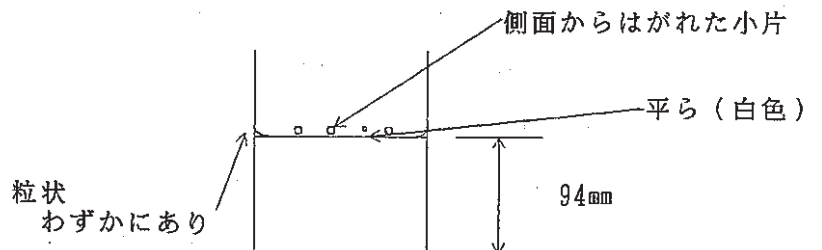
⑤ マイクロ波加熱—5層目

引き続きガラスを供給し、800℃にてマイクロ波加熱を行なった（1時間）。この時には、固化ポットは回転させなかった。溶融面温度は高いところで910～920℃、低いところで850℃前後であった。溶融はだ円状の偏りがあるものの、ほぼ進んでいるように見られた。

⑥ ガラス固化体チェック（翌朝）

表面は平らで十分に溶融していると思われる（但し、表面に小片あり。ステンレスの受膜が付着しており、周辺部からはがれたものである）。

5層分の厚みは94mm（比重2.24）。



① その他

i) オープン内圧力は次の通りであった。

初期 ~ -150mmAg

蒸発時 -150 ~ -200mmAg

(但しフィード開始時は -40mmAg ~ -200mmAgの間で変動した)

熔融時 ~ -150mmAg

ii) 固化ポット回転時にオープン予備ノズルフランジにて振動がみられた。

0.05 ~ 0.06 G (但し停止時0.018 G)

3) 6 ~ 8層の固化体製作

(2)での5層目に引き続き6 ~ 8層の固化体を製作した。結果は以下の通りである。

① マイクロ波加熱—6層目

ガラス供給後、電気炉600℃の状態でもマイクロ波加熱(一時間)を行なった。熔融面温度は最終的に850℃となったが、表面中心部及び周辺部に粒状のものが見られた。

② 廃液連続フィード・蒸発

①で作製した熔融層の上にガラスを供給した後、電気炉600℃の状態でも、以下の条件で廃液をフィードし、連続蒸発させた。

9.3 ℓ / h …… 35分

5 ℓ / h …… 15分

6.7 ℓ / h …… 10分

9.3 ℓ / hでは、ガラスの上に蒸発液面(泡面)が形成された。5 ℓ / h、6.7 ℓ / hでは液面は見られず、熔融層上で表面蒸発していると考えられる。フィード開始時の圧変動は2)③と同様にみられた。

③ 昇温 & マイクロ波加熱—7層目

昇温(800℃設定)とマイクロ波加熱を同時に開始した。

熔融面温度は最終的に890℃となり、ほぼ熔融しているように見られた。

④ 廃液連続フィード・蒸発

(3)で作製した熔融層の上にガラスを供給したのち、電気炉800℃の状態でも、9.3 ℓ / hにて一時間廃液をフィードし連続蒸発させた。

ガラス上に液はたまらずに表面蒸発した。

⑤ マイクロ波加熱—8層目

電気炉800℃にて一時間マイクロ波加熱を行なった。

熔融面温度は最終的に中央部980℃、周辺部930℃となり、熔融は十分であると思われる。

⑥ ガラス固化体チェック

表面は平らで十分に熔融していると思われる（但し、表面に小片あり。ステンレスの皮膜が付着しており、周辺部からはがれたもの）。なお、一部0.5mm厚みの層がはがれる。

8層分の厚みは150mmで比重は2.27である。

⑦ その他

i) オープン内圧力は次の通りであった。

初期 ~ -150mmAg

蒸発時 -150~200mmAg

(但し初期は-100~-200mmAgで変動)

熔融時 ~ -150mmAg

4) 9層目の固化体製作

最後の1層である9層目の固化体を製作した。結果は以下の通りである。

① 廃液連続フィード・蒸発

廃液フィードは2.6ℓ/h（9層目の設計値）一定で、電気炉昇温と同時に開始した。

電気炉温度は次のようにキープした。

i) 常温 → 300℃一定（20分）

固化ポット内の液は蒸発が始まらず、液位が上昇するのみであった。

ii) 300 → 500℃一定（80分）

固化ポット内の蒸発が開始し、液位（蒸発面）は30分後に160~180mm程度に達したのち下降を始め、50分後には表面蒸発（8層目の上に薄い水の層あり）となった。

iii) 500 → 600℃一定（20分）

8層目表面の薄い水の層が殆んど見えない状態で表面蒸発が続いた。

② マイクロ波加熱

蒸発終了後、ガラスフィード（1.32kg）を行ったあとで、電気炉800℃にてマイクロ波加熱した（30分）。

熔融面温度は、15分後には中心部で1130℃、最終的に1185℃に達し熔融は十分と思われる。

③ ガラス固化体チェック

表面は平らで十分に熔融しているように見られた。

但し、中央部にガスによるふくらみあった。

9層分の厚みは174mmで比重は2.20であった。

④ その他

i) オープン内圧は次の通りであった。

初期 ～ -110mmAg

蒸発時 -130～180mmAg

（今までに見られたような初期の過激な変動なし）

熔融時 ～ -110mmAg

4.2.6 まとめ

コールド試験の結果9層のガラス固化体は設計通り製作することができた。ガラス固化体の表面はなめらかで十分に熔融しており、ガラス熔融においてマイクロ波が有効であることが立証された。当初ガラスフリットがオフガス系に引かれオフガスラインが詰まる懸念がされていたが、ガラスフリットの粒径を事前に十分検討し決めていたためガラスフリットの詰まりはあまりみられなかった。しかしながら廃液に含まれているナトリウムが蒸気とともにオフガス径によって引かれラインに詰まる現象がみられた。そこで新たにこの付着ナトリウムをかき落とすジグを製作しオフガスラインに取り付けた。

以上のようにコールド試験により廃液をガラス固化する見通しが得られたため、次は実廃液によるホット試験を行い、それにより運転方法を確立して定常運転を行っていく。

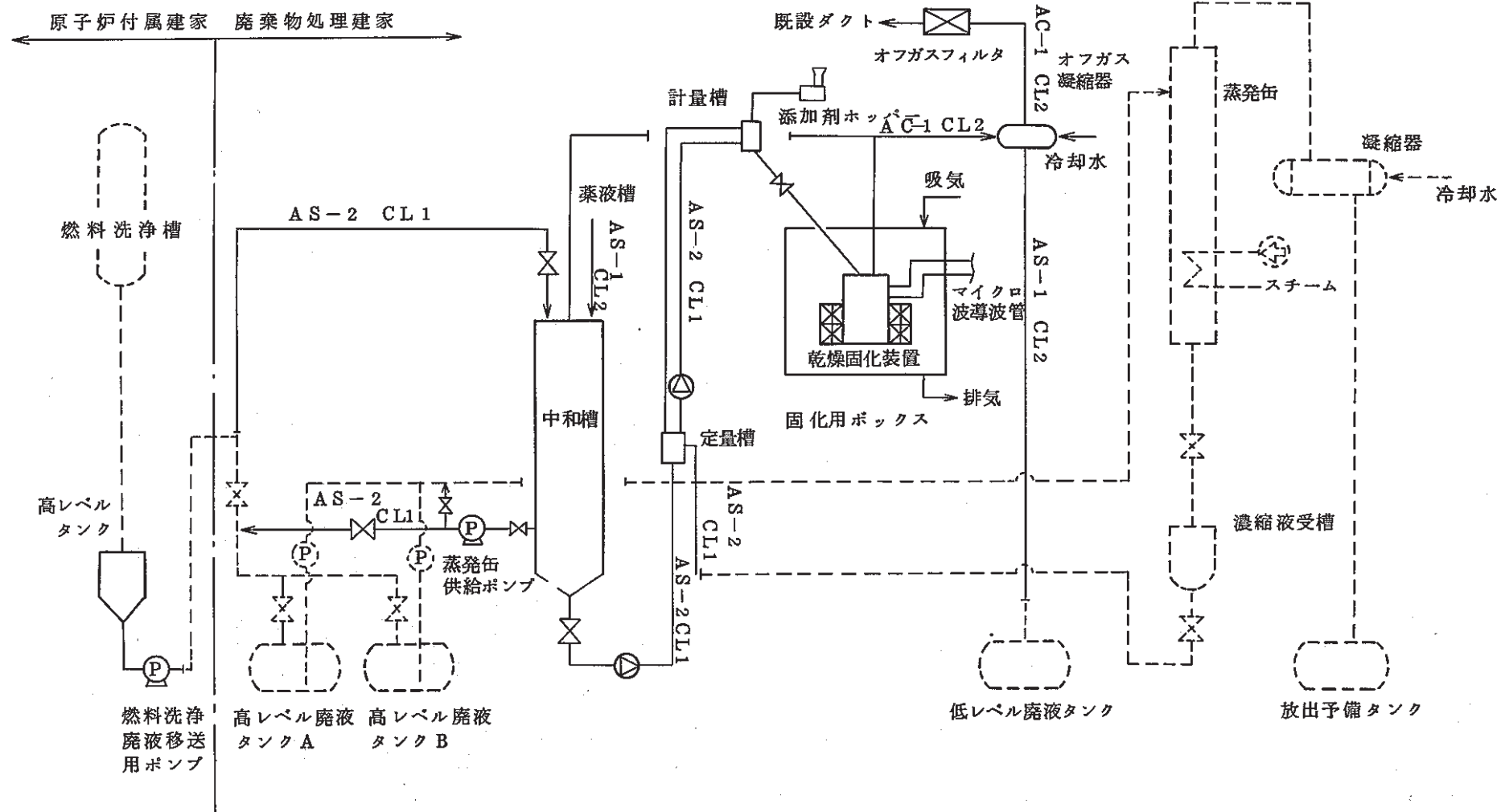
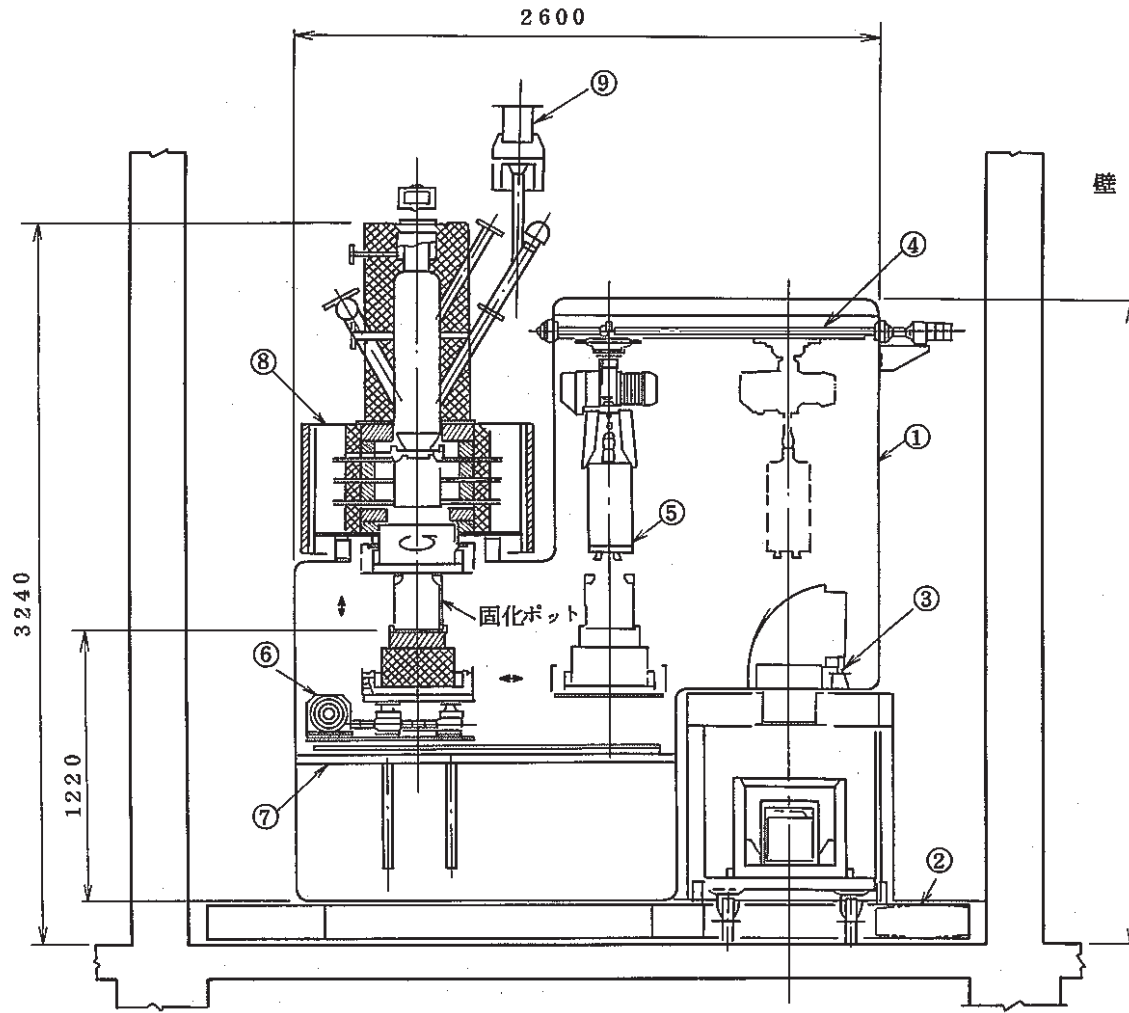


Fig 4.2.1 燃料洗浄廃液処理フローシート



側 面 図

9	添加剤ホッパ	SUS 304	1	
8	電気炉	—	1	MC-62-234
7	固化ポット移送装置レール	S 4 5 C	1	
6	固化ポット移送装置	SS 4 1	1	MC-62-238
5	固化ポット吊り具	SS 4 1 SUS 3 0 4	1	MC-62-236
4	吊り具移送装置	SS 4 1	1	MC-62-237
3	固化ボックスハッチ	SUS 3 0 4	1	MC-62-235
2	固化ボックス架台	SS 4 1	1	
1	固化ボックス本体	SUS 3 0 4	1	BX-62-251
符号	名 称	材 質	数 量	備 考

(単位 : mm)

Fig 4.2.2 乾燥熔融固化装置外觀図 (側面)

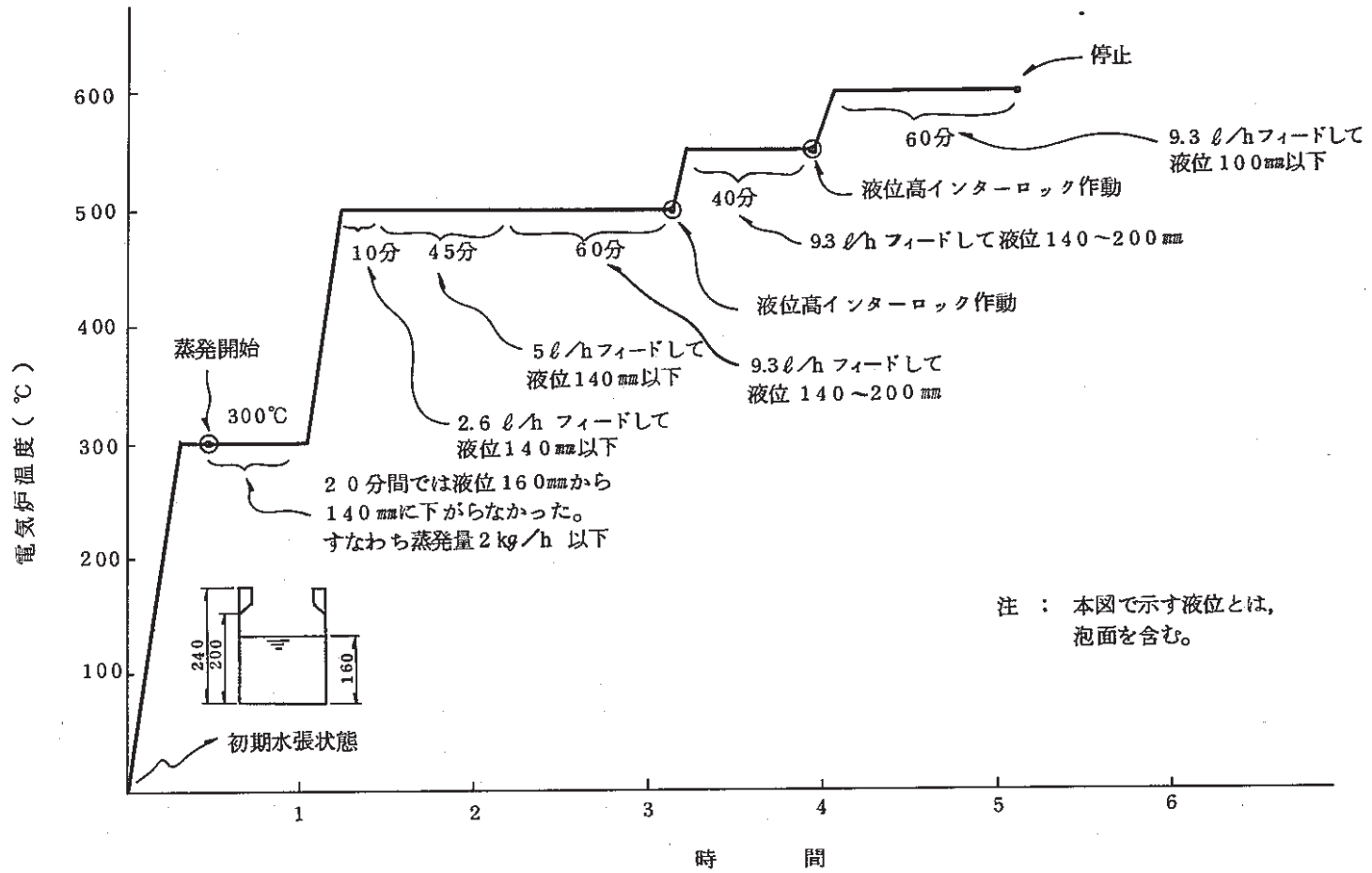


Fig 4.2.3 蒸発試験結果

4.3 制御棒駆動機構監視装置

4.3.1 目的

制御棒駆動機構（以下CRDと略す）の監視は、ロードセル計装盤と原子炉制御盤に設けられているアナログ計器より行われていた。その補助としてMARK・II移行に伴い中央制御室でのCRD監視装置の一層の充実化を目的としてCRD監視装置を設け機能検証を行ってきた。

双方とも基本的には同じ機能を有しているが、ロードセル計装盤と原子炉制御盤に取り付けられているCRD監視用のアナログ計器は近年劣化が激しく故障が多発している。これに対し中央制御室に取付けられているCRD監視装置は、マイクロプロセッサを用いた装置でありアナログ計器より監視及び判定精度が向上していることが機能検証の結果から判明している。

以上のことから補助として使用してきたCRD監視装置によりCRD監視を行うようにした。尚今回の変更に伴い操作及び保守経験からの改善項目についても実施した。

4.3.2 設備概要

CRDの監視装置は、駆動機構と制御棒との連結の有無の判断及びCRDに作用する荷重の測定を行いそれぞれ設定範囲を逸脱した場合、異常信号を出力する。

(1) 駆動機構と制御棒の連結の確認は、制御棒を吊っている時（補正下端位置）の荷重から吊っていない時（補正下限位置）の荷重を差引いた値を荷重判定回路で演算することにより行われ、その差が 7 kg/m^2 以上の時、連結されたと判定する。

(2) 位置補正回路

荷重判定を行う位置をセルシン指示で設定すると、Naレベル及びNa温度等の変動により制御棒、駆動機構及び炉容器の熱による膨張及び収縮により位置ズレが発生し誤判定を行う事が懸念されるため制御棒がデラッチされ、CRDの外側延長管（ラッチフィンガー）がハンドリングヘッド内に完全に挿入された時をラッチリミットスイッチにより検出し、その位置を補正位置を設定する基準点として36mmの位置（補正下限位置）で制御棒を吊る前の荷重を測定し、38mmの位置で制御棒を吊り、40mmの位置（補正下端位置）で制御棒を吊った荷重を測定し荷重判定を行う。

Fig4.3.3 に上記の各CRD位置を示す。

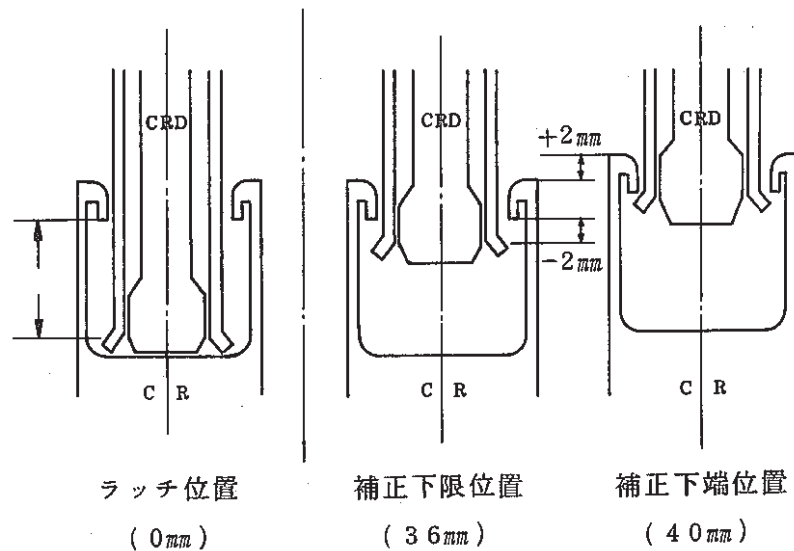


Fig4.3.3 CRD位置

(3) 荷重監視回路

駆動機構が作動中に過大荷重が発生した時は、駆動機構の保護上その動作を停止（プラントの安全上を考え挿入時は停止しない。）させるために荷重設定回路が設定されている。

駆動機構は、ダンピングスプリング及び加速スプリングを使用しているため駆動機構にかかる通常時の荷重は、その駆動位置により異なる。そこで荷重指示計から荷重信号を、位置指示計からは、位置信号を取り出して駆動機構の駆動位置における荷重をあらかじめ設定してある基準荷重曲線（Fig4.3.1に基準荷重曲線を示す。）と比較して荷重監視を行っている。

4.3.3 作業内容

本改造は、CRD異常監視を既設アナログ計器よりCRD監視装置に変更したものである。

改造内容を以下に示す。

1) 一時停止回路の撤去

既設アナログ計器は、吊判定を行うためにラッチ位置及び制御棒を吊る直前の荷重をアナログ計器に記憶時（サーボモータによりポテンションに記憶する）3秒間バランス時間として停止していたがCRD監視装置に変更したことにより機械的動作を伴うバランス時間が不必要となったため撤去した。

2) 制御棒挿入確認のため一時停止新設

通常CR挿入時にCRがデラッチされCRDの内側延長管がCRのハンドリングヘッド底部に接触するストロークに於いて、CRDが一時(3秒)停止するようになった。この位置のノミナル値は、-8mm(セルシンストローク)であるが、ダッシュポット及びダッシュラムのスエリングによる異常な干渉が生じた場合この停止位置がたとえば-5mmとなる。

従来は、本位置でCRが一時停止とならなかつたため上記干渉の有無の確認が困難であった。

3) プラント監視用計算機(JOYDAS)の制御棒位置精度向上

制御棒の位置指示は、セルシン指示計より信号がJOYDASに送られている。セルシン指示計は、時計と同様の表示の仕方であり、短針と長針で位置指示をしている。短針は、0~900mmで長針は0~100mmであり、長針が1回転(0→100mm)することにより、短針が100mm(1目盛り)動く、従来は、位置信号としてJOYDASに送られていた信号は、短針の信号のみであるため位置表示値の精度が悪かつたため、今回長針の信号もJOYDASに入れ表示されることにより制御棒位置指示精度の向上を計った。

4) 計器の撤去、更新及び新設

(1) 計器の撤去

CRD異常監視をアナログ計器よりCRD監視装置に変更した事により不必要となり撤去したアナログ計器を以下に示す。

① ロードセル計装盤

- ・荷重超過設定器(KG-1001)6台
- ・制御吊/不吊判定器(CS-5501)6台

② 原子炉制御盤

- ・ラッチ位置指示計(AS-8001S)6台
- ・補正下端・下限設定器(AS-5501)6台

(2) 計器の更新

- ① 既設計器で劣化の激しい荷重交換器(6台)及び位置信号用ポテンション(長針用6個、短針用12個)を更新した。
- ② 本改造により原子炉制御盤に取付けられている荷重指示計の入力信号が異なつたため荷重指示計の更新を行った。

(3) 計器の新設

- ① 本改造により荷重超過設定器を撤去したことにより位置信号用ポテンション電源がなくなったためポテンション用安定化電源を新設した。
- ② 更新した荷重指示計の入力インピーダンスが低く信号がマッチングしないため荷重指示計入力側にアイソレーターを新設した。
- ③ 計算機とCRD監視装置の信号を分離し相互の影響をなくするためアイソレーターを新設した。

以上の改造についてFig4.3.2に示す。

4.3.4 まとめ

CRD監視装置に更新したことにより荷重判定及び荷重監視精度及び監視性の向上が計られた。CRD監視装置は、マイクロプロセッサを使用した装置はあるが本装置の機能はプロセスコントローラと同様であり、プログラムはROMに書きこまれているため設定値、ゲイン及びプログラムの変更を行う場合、特殊なロジックローダーを使用しなければならない。今後は、本装置を改造し使いやすい物にすると共にCRDの経年劣化等も監視できるような装置にしていく予定である。

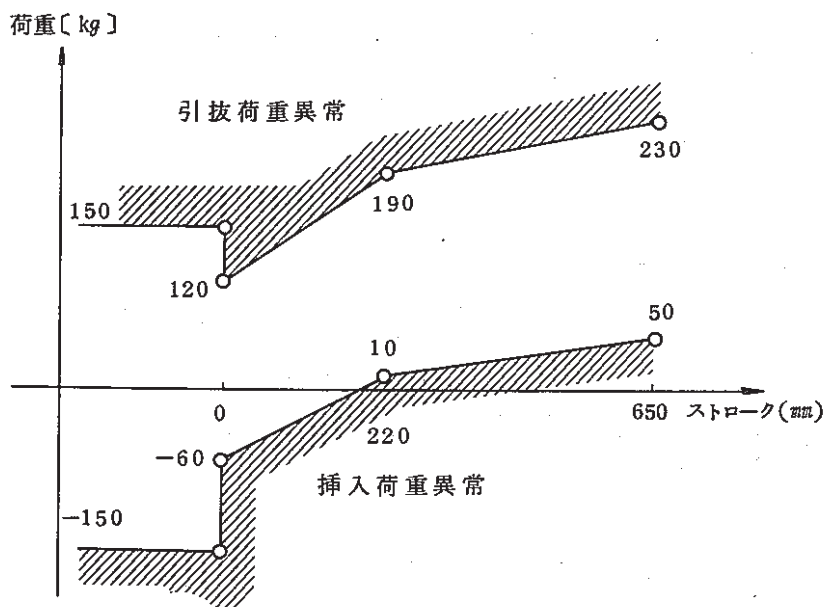


Fig4.3.1 基準荷重曲線

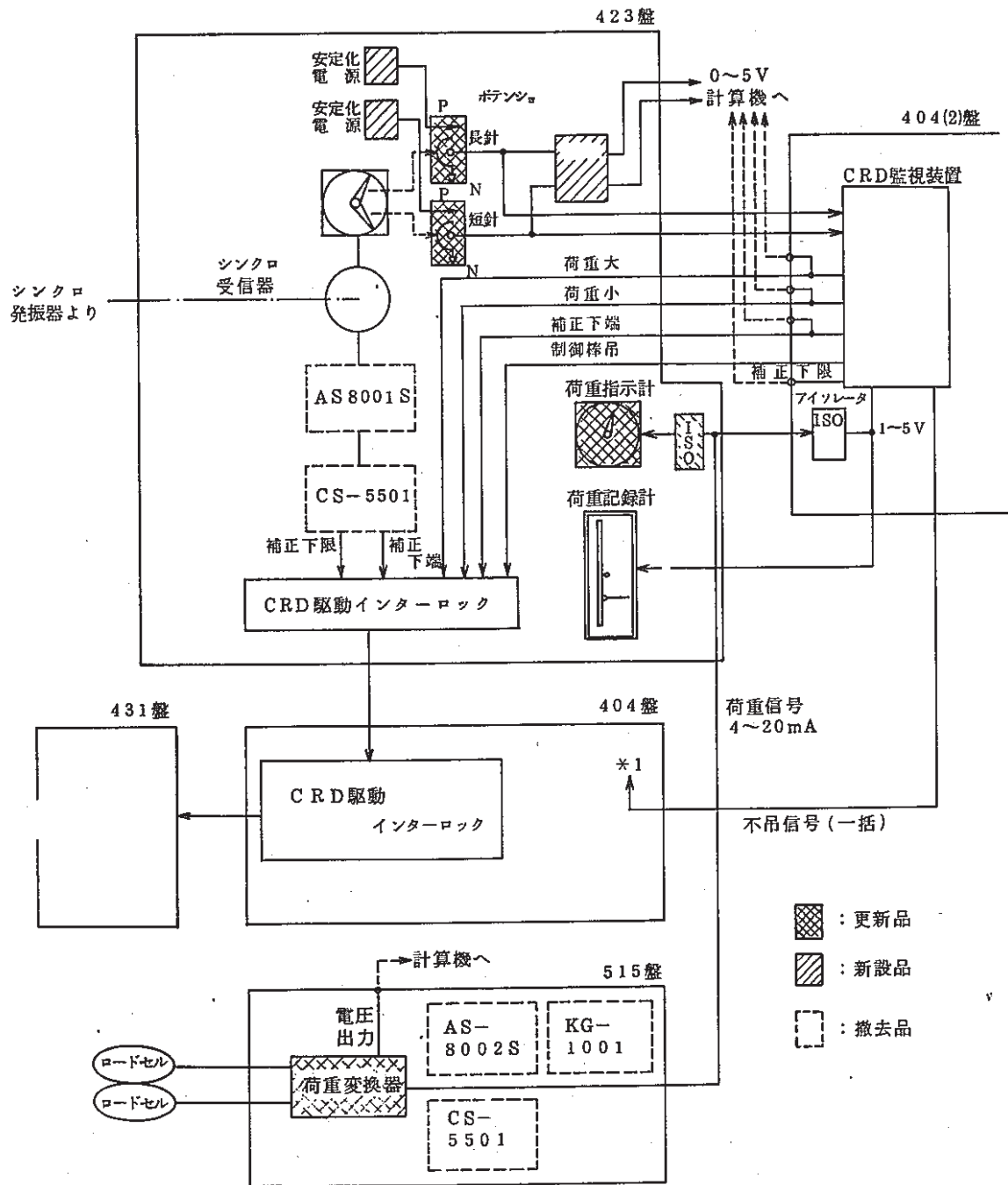


Fig4.3.2 CRD異常監視ブロック図

4.4 ロジック盤改造工事

4.4.1 ロジック盤改造の目的、必要性、およびその成果概要

(1) ロジック盤改造の目的

本改造は、「常陽」に於て蓄積された運転、保守経験を基に、ロジック盤に既存する問題点を解消すると同時に、信頼性の維持向上および点検、監視機能の充実、保守性改善への実現を目的として、原子炉保護系ロジック盤の改造を実施したものである。

(2) ロジック盤改造の必要性

原子炉保護系ロジック盤は、MK-I炉心の初臨界以来、現在まで原子炉運転中のプラント異常および試験による原子炉保護系動作履歴に於て、保護系が作動すべき時に作動しなかったケースは一度も認められず、その保護系としての機能は満足できるものであった。

しかし昨今、システムの老朽化に伴い、保護系の信頼性に係わる不具合および問題が発生した。

① システムの老朽化による不具合例として

- (a) 論理回路素子の劣化が原因と考えられる単一ゲート故障による点検パネル上の誤表示の発生。
- (b) ロジック盤点検時に於ける一過性の点検渋滞の発生。
- (c) ロジック点検時に於て作動すべきでない時に作動した「アイソレーション」誤動作の発生。

② システムの老朽化による問題点として

- (d) 論理素子（HTL型IC）の製造中止により、今後の予備品としての基板等の供給確保が困難となった。

一方、昭和58年米国SELAM原子炉事故を機会にロジック盤を含む安全保護系の設計思想、点検思想の見直しを実施した結果、次に掲げる問題点が明らかとなった。

① ロジック盤機能の安全性を高める上でさらに改善の余地が認められた。

- (a) ロジック盤出力回路で使用されているメカニカルリレーは、fail Safeの思想から、基本的に常時「励磁」、事故時（スクラム、制御棒一斉挿入）「無励磁」で作動するように構成されているが、スクラム動作等の保護動作を直接ドライブする最終段リレーに至る回路の一部に常時「無励磁」、事故時「無励磁」のリレーが存在する。

- (b) ロジック盤を構成するプリント基板未収納時の挙動として、警報は発せられず、又、このとき全ての保護動作信号は出力されない。
- (c) ロジック盤関係の電源は無停電系 6 C、6 S、6 D により受電され、入出力リレー回路に DC 24V 電源及びロジック回路に DC 15V 電源が供給されている。無停電系喪失時には、スクラム信号が出力されるように考慮されているが、万一 DC 15V 電源単体が故障となり、喪失した場合、ロジック動作が不能となる。

② ロジック点検回路は、その点検範囲がロジック回路および最終段リレー（SLRX、ILRX、CLRX）の前段までであり、直接保護信号を制御する最終段リレーの診断が実施できない。

以上より、既存する問題点を解消し、点検機能の高度化を実現するロジック盤の改造の必要が生じた。又、運転、保守経験により認識された問題点を以下に列挙する。

〈運転関係〉

- ① 監視中ロジック回路の健全性を保証する明確な表示機能がない。
 - (a) 「点検」によって動作するバイパスリレーの復旧が点検終了時に確認できないため、当リレーの故障による保護動作不能発生の危険が潜在する。
 - (b) 「点検」開始時、最終段バイパスリレーが動作しないと、誤って保護動作信号が発信される可能性が存在する。（誤アイソレーションの例）
- ② トリップ項目の表示機能は単にその表示のみであり、別項目の 2 つのトリップ信号が連続的に入力した場合、トリップに至った直接原因となる先発信号の判別がつかない。
- ③ 「単一チャンネル作動」警報は、本来、3チャンネル中1チャンネルのみが動作した時に発信されるべきものと考えられるが 2 out of 3 ロジックの場合単一チャンネルの他、2チャンネルが同時に入力した場合にも、その警報を発生するロジックシーケンスである。一方、3チャンネルの全チャンネルに同時にトリップ信号が入力した時は当警報は発信されない。
- ④ 「点検」、「スキップ」、「確認」釦の色、形状が同一なため、操作性が悪く、又、誤操作の可能性がある。
- ⑤ 原子炉モードによるロジックのバイパス項目に対する処置が不十分である。
 - (a) バイパス項目の目視確認ができない。
 - (b) 「起動」モード以外の原子炉モードによる「点検」時、その点検模擬信号のリ

ターン信号がブロックされることにより、「点検渋滞」警報が発生し、点検歩進が停止する。又点検継続するためには、「スキップ」釦、押操作が必要となる。

(c) 「起動」モード以外の原子炉モードに於て、そのバイパス項目に該当するトリップ信号がすでに入力されている場合「点検」開始と同時に「点検中事故発生」警報が発生し、ロジック回路点検が実施できない。

(d) 原子炉モードによりバイパスされている項目が設定値に達した場合、不要な警報を発報する。

〈保守関係〉

① ロジック点検時に於ける回路の異常表示機能がない。

(a) 「点検渋滞」による点検回路異常の発生時、点検リターン信号がカウンタに帰環しない場合は故障箇所の判定は可能であるが、その異常をラッチ、表示する機能がないため、点検渋滞タイマーより若干遅れてリターン信号がカウンタに帰環した場合、点検が歩進してしまい、故障箇所の特定が困難となる。

(b) 異常特定表示機能がないため、不具合発生時の根拠としては、基板交替以外、対応がつかない。

② プリント基板、ラックの構造上、測定器による測定調査が不可能である。

(3) 改造の成果

① 信頼性の向上

従来盤の問題点を解決するとともに、論理素子に最新の半導体を採用するなど、原子炉保護系としてより高信頼性を実現することができた。

② ロジック盤機能の充実

現在までの運転保守経験を反映した機能として、異常信号発信時のフリッカー表示機能、原子炉モードによるバイパス項目の表示等の表示機能および通常監視状態での論理回論の異常検出機能を追加するなど、ロジック盤の機能の充実が計れた。

③ メンテナビリティの向上

ロジック点検モードに「手動点検」を加え、特定項目の診断が可能になった。又、点検時の異常検出項目を増設し、点検表示パネルに表示することにより、回路の故障発生時に於ける保修の迅速、適確な対応が実施できるようになった。

4.4.2 原子炉保護系ロジック盤の設備概要

(1) 〈機能〉

原子炉プラントの異常状態を検知し、事故を防止あるいは、抑制するための安全保護動作および必要な機器の作動のために安全保護系が設けられている。

ロジック盤は、原子炉保護系用検出器からのトリップ信号から系統の異常の程度に応じて、スクラム、アイソレーションおよび制御棒一斉挿入の安全保護動作を判断し、制御棒励磁コイル、制御棒駆動モータおよびアイソレーション時のバルブ操作回路を制御する補助継電器盤に保護動作信号を出力する設備である。

ロジック盤は冗長系が採用されA系統およびB系統の2面で構成されている。検出器からの信号は、各系統より1プロセス変数につきおのおの独立な1～3個のトリップ接点信号が各ロジック盤に送られて、各ロジック盤で2 out of 3、1 out of 2または1 out of 1のロジック回路を構成する。

ロジック回路は集積回路で構成し、プリント基板に組み込み、ラックに収納してロジック盤AおよびBにそれぞれ取付けられる。またロジック盤には自動点検回路を設け、原子炉運転中にもロジック回路が正常に作動することを確認する機能を有する。

Fig4.4.1に原子炉保護系ブロック図を示す。

(2) 〈構成〉

ロジック盤は閉鎖自立型を採用しており、論理回路部、継電器部および入出力端子部により構成される。

論理回路部には、集積回路で構成された2 out of 3、1 out of 2および1 out of 1のロジック回路の他、論理回路の健全性を確認する自動点検回路がプリント基板となって収納されている。

継電器部には、入出力用補助継電器が収納されており、各系統からのトリップ信号は、この補助継電器を介してロジック盤へ送られロジック回路で2 out of 3、1 out of 2または1 out of 1の論理構成をされた後、出力用補助継電器からスクラム、アイソレーションまたは、制御棒一斉挿入の始動信号として制御棒保持電磁石の励磁回路、制御棒駆動機構回路または格納容器隔離弁の駆動回路へ送られる。

入出力端子部では、各系統からのトリップ信号を受け入れる端子および保護信号を送り出すための端子が設けられ、盤内のケーブル処理を行っている。

(3) 〈ロジック点検回路〉

論理回路部には、原子炉運転中にも、ロジック盤トリップ論理回路の健全性を確認できるロジック点検回路を有する。

ロジック点検回路では、各保護動作項目に対応する 2 out of 3 等トリップ論理回路に、それぞれ模擬信号を入力し、その点検リターン信号を確認することによって回路の診断を行う点検方式をとる。

尚、点検中は、模擬信号による保護系出力を阻止する必要があるため、ロジック盤内部で実保護信号をブロックする前段バイパス機能および補助継電器盤内のスクラム等直接保護動作を実施する最終段リレーをバイパスする最終段バイパスリレーを備えている。

点検回路には、各点検項目を連続的に順次診断する「自動点検」および点検項目をスキップ操作により歩進診断する「手動点検」の 2 モードを有する。運転方法は、基本的には「自動点検」モードによりロジック回路の診断を実施するが、メンテナンス時など必要に応じて「自動」「手動」を使い分ける。

Fig4.4.2 にロジック盤点検パネル模擬図を示す。

自動点検時のフローを簡単に示すと、

- ① 点検開始指令により前段、最終段バイパスが作動し、実保護動作出力が阻止される。
- ② 模擬信号用カウンターがイニシャルリセットされ、デコーダに第 1 点検項目の 2 out of 3 等トリップ条件を満足する模擬信号が出力される。
- ③ デコーダからの点検模擬信号は、直接、点検項目の 2 out of 3 等ロジック回路に入力され、論理回路の正常動作が確認されると、点検リターン信号としてカウンターに復帰する。
- ④ カウンターがリターン信号により歩進を行い、デコーダに次項目の点検模擬信号が出力される。
- ⑤ 以下同様に、全項目に対して点検が繰り返れるが、スクラム、アイソレーションおよび制御棒一斉挿入の安全保護動作に対して、それぞれ最終項目のみにつき、ロジック回路内の前段バイパスが解除され、ロジック回路から最終段リレーまでの診断が実施される。

Fig4.4.3 にロジック内部回路の概略図および自動点検時に於ける模擬信号と点検リターン信号、前段バイパス、最終段バイパスの動作タイミングの略図を示す。

4.4.3 ロジック盤改造工事

(1) 詳細設計・製作過程

新ロジック盤製作に向けて昭和58年2月～昭和60年7月にかけて、技術的な検討が進められてきた。

この間特に詳細設計に於て留意したこととして、

- ① 単に製作メーカー側に改造思想を満足しうる要求を出すばかりでなく、動燃事業団側としてもその内部回路設計に至るまで着手しメーカーとタイアップしてより理想的なロジック盤完成を目指した。
- ② 回路図検討段階で十分に時間を削ぎアートワーク以前のソフト面でバクを完全に消去する事を努めた。
- ③ 完成後の運用面での充実を計るため運転サイドの意見を積極的に導入した。

(2) 工場立合試験

昭和60年7月23～24日、東芝府中工場にて下記項目についての機能試験を実施、結果良好であった。

- ① 外観検査
- ② 耐圧試験
- ③ シーケンス試験
 - i) 保護動作回路
 - ii) ロジック点検回路
 - iii) ロジック回路監視機能
- ④ 電源ノイズ試験
- ⑤ 電波障害試験

尚、Table 4. 4. 1 にシーケンス試験で使用した試験項目確認シートを示す。

(3) 現地据付工事、機能試験

ロジック盤リプレース工事は昭和60年7月26日～8月9日にかけて、以下の手順により実施、予定工事期間に終了した。

① 既設盤撤去

既設盤撤去に先立ち定検中の誤アイソレーション防止対策として同入力端子のソフト及び同盤電源（6 C、6 S、6 D）の停止操作を実施した。撤去作業はロジック盤AおよびBの平行作業とした。

尚、本工事と平行した新設ロジック警報盤用電源工事を行った。

② 新設盤取付

電源は既設のものを使用、取付作業と同時に新設のロジック警報盤設置工事および耐ノイズ対策の一環としてロジックデジタルアースと盤内保安アースの分離工事を実

施したが、既設電源装置内部でアースされており分離できないためアース分離は次回電源装置交換時に完全に行う事とした。

③ 導通確認

本作業中、改造部変更シーケンスと既設分との取合部分での修正、調整確認不足が原因となる接続ミスに遭遇しリプレース工事期間で最も時間を費すことになった。

④ 現地機能試験

機能試験は、①安全保護動作②警報機能③ロジック点検回路についての実動作機能確認を実施した。

尚、運転モード設定、および模擬信号入力はロジック A、B 盤内の該当端子メイクリフトにより行った。

Table 4.4.2 に現地機能試験で使用した試験項目確認シートを示す。

4.4.4 改造結果および成果

(1) 信頼性の向上

- a. ロジック点検回路模擬信号入出力方式の変更
- b. 使用素子の変更
- c. 点検範囲の拡張
- d. 安全性向上への配慮

(2) 運転保守経験を反映したロジック盤機能の充実

- a. 表示機能
- b. ロジック回路監視機能
- c. ロジック点検モードに於けるロジック回路監視機能
- d. ロジック警報盤の新設

(3) メンテナビリティの向上

- a. 手動点検モードの新設
- b. 保守点検時に於ける回路ユニット基板へのアクセス性の改善
- c. 回路点検用テストピンジャックの付加

(1) 信頼性の向上

- a. ロジック点検回路模擬信号入出力方式の変更

従来ロジック盤ではロジック点検回路の模擬信号の入力部およびそのリターン出力部にそれぞれメカニカルリレーを使用していた。その結果、論理回路出力部は、ロジ

ック出力リレー、点検リターン出力リレーおよび最終段リレーの3段構成を成していた。

改造後は、ロジック点検回路への模擬信号は論理集積回路に直接入力する方式をとり、その点検リターン信号も最終段リレー点検を除きメカニカルリレーを介さず、点検歩進カウンターにリターンするものに変更した。

点検回路は、最終段リレー動作確認を除き、従来のハードウェアによる診断から、新技術を用いたIC素子による診断方法に変更された。

Fig4.4.4にロジック盤出力段基本構成を示す。

これらの変更により以下の成果が得られた。

- ① 論理回路の点検模擬入力部をメカニカルリレーと比較して、経年変化が少ないTTL-IC素子に変更した事により、ロジック点検回路の信頼性が向上した。
- ② 最終段動作確認を除き、論理回路出力段の点検リターン部を集積回路の前段バイパスにより、直接リターン信号を出力する方式に変更した事により、論理回路出力部は、従来のメカニカルリレーによる3段構成から2段構成へと1段省くことが可能となり回路の簡素化が計れた。
- ③ 従来ロジック回路点検方式では、その点検リターン出力部にメカニカルリレーを使用していたため、一回のロジック回路点検で、最終前段メカニカルリレー（RY66、RY67等）が計68回動作した。

上記、改造の結果、点検時には、まず最初に論理回路のみ点検し、ロジック出力メカニカルリレーについてはスクラム、アイソレーションおよび制御棒一斉挿入の各保護動作項目につき、1回のみ点検するものに変更された。

その結果、論理回路出力段メカニカルリレーの動作回数が1回の点検操作について計68回から3回に減少することができた。

これら保護動作に直接関与するメカニカルリレーの不必要な動作の繰返しを回避することにより、ロジック盤使用期間中のメカニカルリレーの機能劣下を最小限にすることができ、長期的使用面から保護策としての信頼性が向上した。

b. 使用素子の変更

今回の改造でロジック回路のゲートIC素子をC-MOS型に変更した。C-MOS素子は低消費電力、広範囲な動作電圧、高雑音余裕度など論理素子として非常に優れた特性を持っており、高信頼度が要求される原子炉保護系ロジック素子として適し

ている。

C-MOS型IC素子を従来のHTL型と比較すると、

- ① 耐ノイズ面でさらにノイズマージンを高く得ることができ、又故障率の点でも低く良好である。

半導体信頼性データをTable 4.4.3に示す。

- ② 部品単位の故障率が同一と仮定すると、HTL型に比べC-MOS型の方が集積度が高い事により、使用部品が削減でき、使用部品が少ない事からシステムとしての信頼性上有利である。

又、TTL-IC素子の電源電圧条件には、現在一般に $\pm 5V$ 、 $\pm 10V$ が使用されているが、耐ノイズ性を考慮し、あえて $\pm 15V$ と最大のスレッショールド電圧を採用している。

以上により、従来盤に比べより高い信頼性が実現できた。

c. 点検範囲の拡張

点検範囲は、従来、ロジック回路のみであり、スクラム等の保護動作を直接実施する最終段リレー（SLRX、ILRX、CLRX）については、診断を行っていなかった。

改造後は、ロジック点検時の模擬信号入力による実トリップブロックを論理回路内部の「前段バイパス」とスクラム等の保護動作を直接動作させる最終段リレーの「最終段バイパス」とに各々設け、ロジック点検の際には、各保護動作項目の最終項目についてのみ、「前段バイパス」を解除し、論理回路および、その出力部メカニカルリレー（A1、A3、L2、L3、S2、S3）、最終段リレーの動作確認が実施できるように改良した。

以上の結果、ロジック点検によって、全てのロジック回路の健全性が確認できると共に、各最終段リレーの実動作確認が行えるようになった。保護系ロジック部の入力から出力まで一環して診断できるようになり、ロジック点検を実施することによる、ロジック盤機能の確認が完全となった。

又、最終段リレーの動作状態はロジック点検パネル面の赤色発光ダイオードによって目視確認できる。

d. 安全性向上への考慮

常陽に於ける運転、保守経験から原子炉保護系の安全性、信頼性向上に結び付く改

良、対策がトリップ回路およびロジック点検回路に施された。

1) トリップ回路

- ① スクラム回路および制御棒一斉挿入回路は安全保護動作時に関連する全てのリレーが無励磁状態で保護信号を出力する回路構成に変更した。従来盤では、保護動作時、ロジック出力段リレーの一部が励磁して保護信号を出力する箇所が存在した。ロジック盤を単体で見た場合、当該リレーのコモンモード故障による保護作動不能に陥る可能性がありfail Safeの思想を満足していなかった。(但し、実際にはロジック盤はA盤、B盤のみ重性を持たせてあるため、システムとしてその設計は許容できると考えられる。)
- ② プリント基板未収納時の保護系挙動として、従来、全保護動作の機能喪失に至ったものを、改造後は、スクラムおよび制御棒一斉挿入信号を出力するものに変更し、より安全側へと改良された。

2) 点検回路

ロジック点検時の模擬信号による実トリップを阻止するバイパスリレーの動作とその復旧タイミングは、あらゆる観点からみてロジック点検が、誤トリップを生ぜず安全、確実に行われるべき思想から、以下の考慮がなされている。

- ① 点検開始指令により、バイパスリレーが作動しない場合には、直ちに、点検指令を解除し、盤の異常を報告及びロジック点検パネル面の赤色発光ダイオード表示を行う。
- ② 点検終了時は、点検最終項目での最終段リレー(SLRX、CLR X、ILRX)動作確認後、300msec後に、最終段バイパスを復旧するものとし、点検終了による保護動作機能復旧等の誤トリップを防止する。

又、従来盤の点検回路では、アイソレーション項目の診断に、その点検リターン信号としてアイソレーションの出力信号のみを使用していた。

実保護動作としてのアイソレーション信号発生時には、同時にスクラム信号も発信されるため、改造後はアイソレーション信号とスクラム信号とのANDによりその点検リターン信号とみなし、歩進カウンターに帰還するものに改めた。

(2) 運転保守経験を反映したロジック盤機能の充実

a. 表示機能

従来盤の表示機能としては、各保護動作項目についての赤色発光ダイオードによる

トリップ項目表示の他、「プリント板収納」「点検中」の必要最小限のものであった。

改造盤では、現在までの運転経験を生かし、ロジック点検パネルに於ける通常監視状態、保護動作発生時、ロジック点検時の表示機能を強化、充実させた。

通常監視状態の表示機能として

- ① 「プリント板収納」赤色発光ダイオードの点灯を除く、他全てのロジック回路の異常を示す表示が消灯していることを確認することにより、システムのReady状態を示し、通常監視状態での保護系ロジック盤の健全性を明示するものとした。

保護動作時の情報表示機能として

- ② 2 out of 3等成立によるトリップ発生時、ロジック盤面でのトリップ原因を示す項目に対応する赤色発光ダイオードが警報と同時に点滅表示する様に変更した。

「確認」釦を押すことにより点滅から連続点灯になり表示する。

- ③ トリップ後トリップ原因以外の保護動作項目からの入力があった場合、赤色発光ダイオードにてその後発項目を点滅表示させ、すでに作動し「確認」されている項目との区別が明確にできるようにした。

- ④ 原子炉モードSWによりバイパスされている保護動作項目については、緑色発光ダイオードによってバイパスされていることを表示した。

- ⑤ 原子炉モードSWによりバイパスされている項目が設定値に達しても赤色発光ダイオード表示のみとし警報は発生させないように変更した。尚、この場合の発光ダイオードは点滅させず連続点灯とした。

Table 4. 4. 4 に改造前後のロジック盤動作対比表を示す。

単一チャンネル作動表示機能として

- ⑥ 従来、「単一チャンネル作動」警報は、単一チャンネル以外、2 out of 3保護動作作動の場合、つまり、3チャンネル中2チャンネルが動作した場合にも、当警報が発報されていたものを、今回の改造によりトリップ項目の信号が1チャンネルのみ入力された後、70msec以内に他のいずれのチャンネルも作動しなかった時のみ当警報を発報する様に変更した。

- ⑦ 単一チャンネル作動時にも保護動作時と同様、表示項目の赤色ダイオードによる点滅表示を警報と同時に行う。

Table 4. 4. 5 に改造前後の単一チャンネル動作対比表を示す。

ロジック点検時の表示機能として

⑧ 誤操作防止対策として「自動点検」「手動点検」のロジック点検開始指令用点検押釦 S W をイルミネイト表示式に変更した。

⑨ 自動点検では、各点検項目についてその点検診断後、その項目の自動リセットを実施するように変更した。その結果、従来に比べ点検箇所が点検パネル表示により明瞭に確認できるように改良された。

尚、手動点検時には従来どおり点検項目を歩進させる「スキップ」釦押操作については、自動リセットされないため、点検項目順に沿って赤色発光ダイオードが順次連続点灯表示される。

b. ロジック回路監視機能

ロジック盤が健全であることを確認する目的として、監視機能を備えている。

ロジック盤稼働中の監視項目が新たに追加され監視機能が強化された。その結果、異常時、又不具合発生時に適確、迅速な対処が可能となった。

監視機能が動作した場合にはロジック点検パネル上に設けた該当項目の赤色発光ダイオードが点灯すると同時にロジック盤上の新設警報表示パネルに故障表示を行う。

又、監視項目が点灯した場合は、その原因接点はラッチされ、異常原因解除の後、「ロジックリセット」釦によりリセットする。

通常監視状態に於ける監視回路の異常を以下の項目にて表示する。

① 「監視中バイパスリレー故障」

通常監視状態でロジック出力最終段リレー（SLRX、ILRX、CLRX）用バイパスリレーが動作したときに警報を発報する。最終段バイパスリレーは点検中のロジックトリップ出力を阻止するもので監視中にこのリレーが誤動作すると保護動作しなくなる。

② 「誤ブロック」

通常監視中に事故が発生しロジックに実トリップ信号が入力されたにもかかわらず最終段リレー（SLRX、ILRX、CLRX）が動作しない場合（保護動作をしない）警報を発生する。

③ 「デコード異常」

ロジック点検以外の時、点検模擬信号発生用デコーダにゲート故障等が発生し、デコーダから点検信号がロジック回路に入力された時警報を発生する。

④ 「テストイネーブル異常」

ロジック点検以外の時、テストイネーブル信号が点検模擬信号発生用デコーダに
入力されたとき警報を発生する。

⑤ 「バイパスモード異常」

原子炉モードSWによりバイパスされている保護動作項目（トリップ阻止がかけ
られている）に対しトリップ信号の入力により誤トリップ信号が発信された場合に
警報を発生する。

Table 4. 4. 6 にロジック盤の監視表示項目を示す。

c. ロジック点検モードに於けるロジック回路監視機能

点検時のロジック回路監視機能として従来盤では、点検中の事故発生検出及び実ト
リップ機能、点検時間監視（模擬信号のリターン遅延検出）ロジックを有していたが、
いずれもロジック点検パネルには原因表示されなかった。

改造後は、従来の機能の他さらに点検時の異常を検出ラッチする機能を持たせ、点
検パネル上の該当項目に赤色発光ダイオードによる点灯表示を行うと共に、ロジック
盤上の新設警報パネルに「点検異常」の故障表示を実施するものとした。

点検時に於ける異常検出項目について以下に示す。

① 「点検中事故発生」

ロジック点検中に事故が発生した場合、実トリップ信号が入力された事を検出し、
保護動作が行われた時警報を発生する。

この時、点検は除外される。

② 「点検渋滞」

点検中に発信された点検信号に対するリターン信号（リターンパルス）がバイナ
リカウンタに一定時間以内（200msec）に帰環しないとき警報を発生する。

③ 「点検中バイパスリレー故障」

ロジック点検開始時に、最終段リレー（SLRX、ILRX、CLRX）用バイ
パスリレーが動作しない時、又点検中に誤って最終段バイパスリレーが復帰したと
き、警報を発生する。

④ 「バイパス時誤作動」

点検中、前段バイパス信号が発信されている（ロジック回路内でのトリップ出力
阻止状態）にもかかわらず最終段リレー（SLRX、ILRX、CLRX）が動作
した場合、警報を発生する。

d. ロジック警報盤の新設

ロジック盤の監視表示項目増設に伴い、ロジック A、B 両盤上部に、ロジック盤の異常を表示する警報盤を新設した。

Fig4.4.5 にロジック警報盤の監視項目、その警報発生原因および警報表示パネル図を示す。

Table4.4.7 に改造によって変更された原子炉制御盤（424盤）の警報項目を示す。

(3) メンテナビリティの向上

a. 手動点検モードの新設

本改造に伴い、特にメンテナビリティの向上を考慮し、点検モードに「自動点検」の他、各項目を断続的にチェックする機能を持つ、「手動点検」を新たに、追加した。手動点検による点検手順を以下に示す。

- ① 「手動点検」P、B 押操作により点検が開始され、保護動作項目の最初のチャンネル（格納容器床上圧力高）の（A、B）に模擬信号が入力される。
- ② 同項目のロジック回路診断を行い、当項目に該当する赤色発光ダイオード表示がロジック点検パネル上に点灯する。
- ③ 「スキップ」P、B により次項目へと点検を継続する。
- ④ 以後、断続的に「スキップ」P、B 押操作を繰り返し、最終項目の最終チャンネル（2 次主ポンプトリップ(B)）の点格を終え、監視状態にリセットされる。

手動点検モードの新設により、

- ① 各点検項目 1 チャンネルごとに断続的な診断が可能となり、任意のチャンネルでのトラブルシュートが容易になった。
- ② 従来の自動点検による診断では特定困難であった一過性の故障のトラブルチェックが可能となった。

*
従来の自動点検では点検異常項目の点検渋滞が発生した場合に同警報が発信されるが万一点検リターン信号が異常判定タイマー（200msec）より遅れてバイナリカウンターに帰環すると、自動的に次項目点検に歩進され、異常箇所の特定が困難となる年象が発生した。

尚、今回の改造により、点検異常時には歩進を停止するように改善されている。

b. 保守、点検時に於ける回路ユニット基板へのアクセス性の改善

従来、メンテナンス時の基板回路点検作業ではシンクロスコープ等測定器のプロ-

ブ端子によりチェックすることが、その構造に著しく困難であり、故障あるいは回路不具合時には、基板交換によって対処するのが現状であった。

改造に際し、現場でも可能な範囲で異常故障箇所の特定制設計とするため、基板収納ラックのバックボードピンに可能な限りメンテナンスを行う上で必要な信号端子を出力する基板構成とした。

基板回路点検時には基板チェック用アダプタを介することにより測定器による故障箇所調査が実施できるように改善された。

c. 回路点検用テストピンジャックの付加

ロジックが健全であることを保証するため監視回路を設けている。

これら監視回路の機能は点検モードでは確認できないため、基板の化粧銘板にテストジャックを設け、テストピンを挿入することにより、監視回路の機能を容易に確認できるようにした。

テストジャックは基板をFig4.4.6に示す。

4.4.5 今後の課題および提言

当改造工事は、昭和58年2月の起案から実施完了まで約2年間と長期に及んだが、この間、十分な打合せ、検討を繰り返し、現在までの常陽に於ける運転・保守経験を反映した新ロジック盤の完成に至ったものである。

しかし、原子炉保護系設備として入力部である検出器から制御棒スクラム回路およびアイソレーション機能に至る出力動作部までシステム全般に渡り考察してみると残された課題は、皆無とは言いがたい。

本改造を終え、原子炉保護系ロジック盤として最も要求されるところの信頼性および安全性をさらに向上させる手法として、

- ① ロジック回路の完全二重化
 - ② 入力信号の完全独立化
 - ③ ロジック電源の二重化
- などが上げられる。

① ロジック回路の完全二重化

ロジック盤ではその信頼性を十分高める配慮から、その回路構成にエキスパンダ部での単一ゲート素子故障による誤トリップを防止する対策としてエキスパンダ2重のANDの回路構成がなされている。

しかし一方、点検回路には、デコーダの単一ゲート故障が誤トリップを招く可能性がある。

単一ゲート素子故障によるトリップを防止する対策としてロジック回路の完全二重化（デコーダ出力部を含む）により対応できる。

図4.6にロジック回路完全二重化の例を示す。

本改造では、ロジック盤A、Bによる冗長系により十分、その機能は満足できるものと判断し、ロジック回路完全二重化までの実施には至らなかった。

② 入力信号の完全独立化

安全保護系設備では、その非安全故障の確率を十分に小さく保つとともに、安全故障の確率についても稼働率に影響を与えない程度に小さくするために、2 out of 3などの冗長系が用いられている。

又、それら保護系検出器はコモンモード故障を避けるため、独立性の面から異った原理の系を用いること、別個の電源の用意、機器を分離して配慮するなどの考慮がなされている。

しかし、現在、厳密には、主系統冷却材流量計などを例にとると、流量計励磁電源の喪失によるコモンモード故障から原子炉トリップに至り、入力信号系の独立性が満足できていない。

これらの完全独立性を満すために、流量計を三基に増すなどの対応法が上げられるが、現在のところ、コスト面等から実現は困難である。

③ ロジック電源の二重化

ロジック盤電源に無停電系6C、6S、6Dから供給され、独立性が満たされている。

本改造により、無停電系電源喪失によるスクラム、制御棒一斉挿入信号が、いかなる場合にも発信するように改造された。（従来盤では、ロジック回路A系又はB系の電源装置のみ故障した場合、ロジック動作が不能になった。）

しかし、原子炉保護系としては、常に原子炉状態の監視が実施できることが望しく、万一の無停電系片側喪失にもその機能喪失を他電源からバックアップできるロジック電源の二重化が、ロジック電源設備として考えられる。

ロジック電源は、上記無停電系から安定化電源により整流され、DC15V、24Vで回路に給電されるため、C系、D系から整流した直流電源出力をたすきがけにすることにより上記条件が満足される。

ロジック電源の二重化は、次期定検時に実施される見込みである。

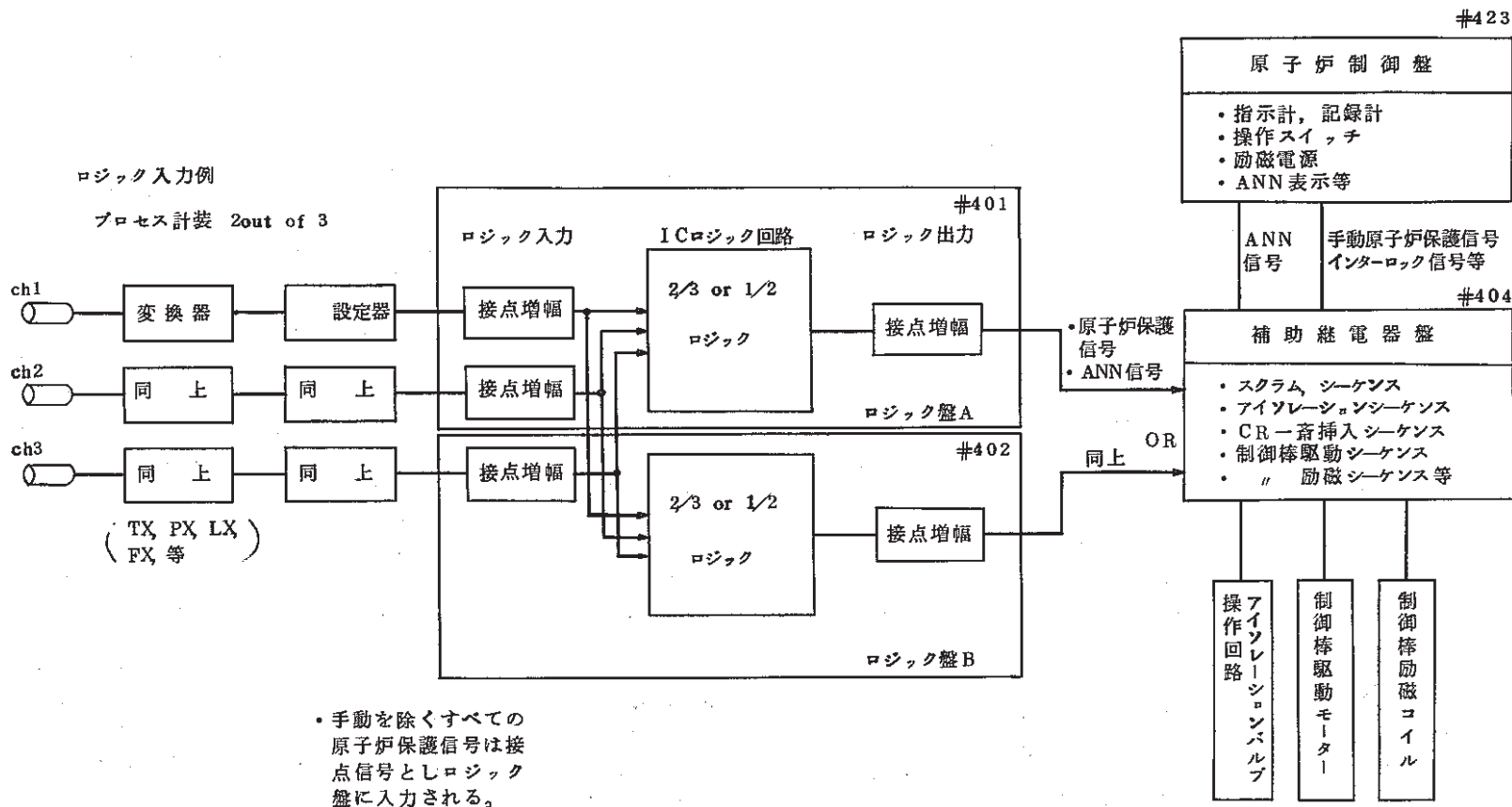
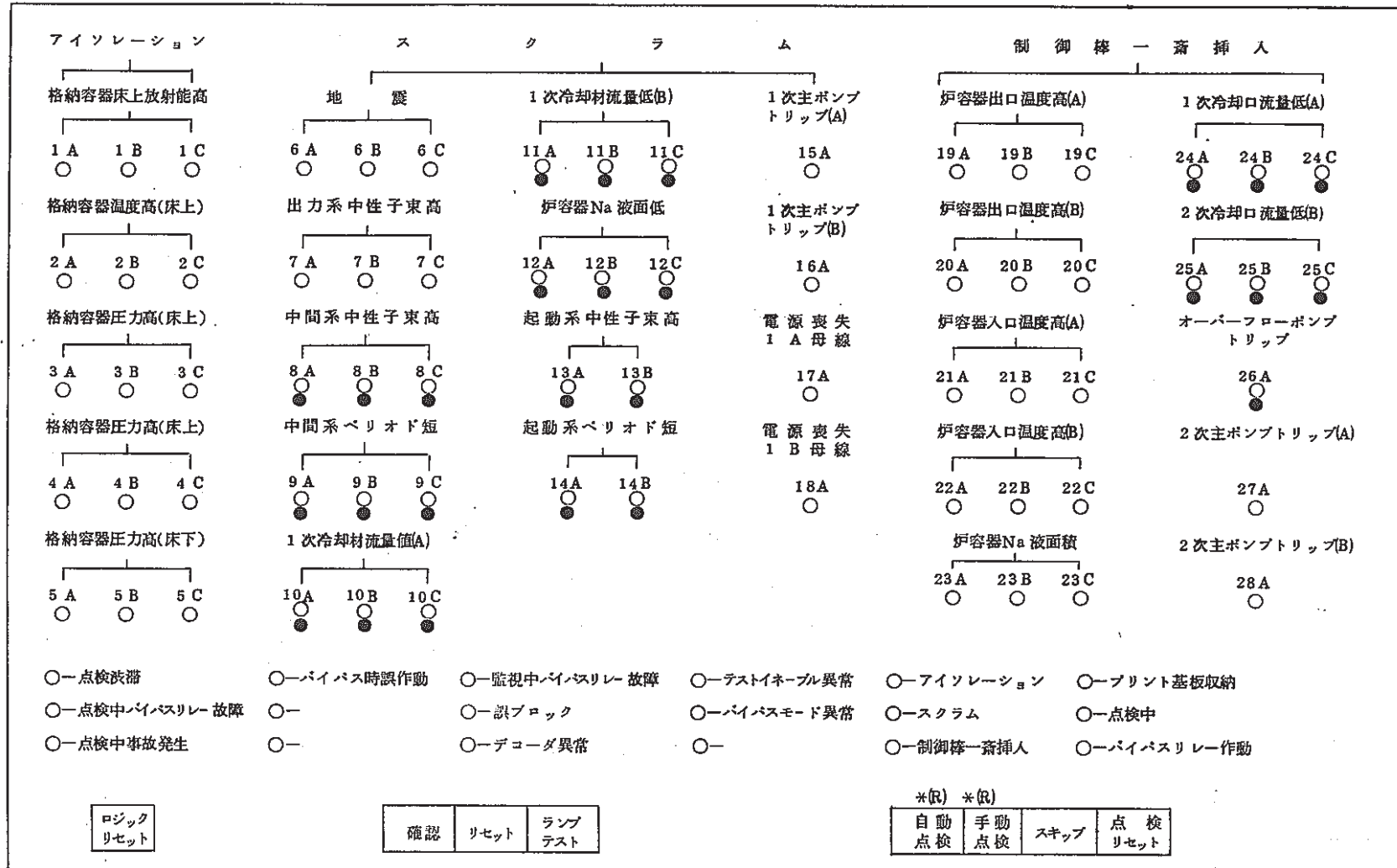
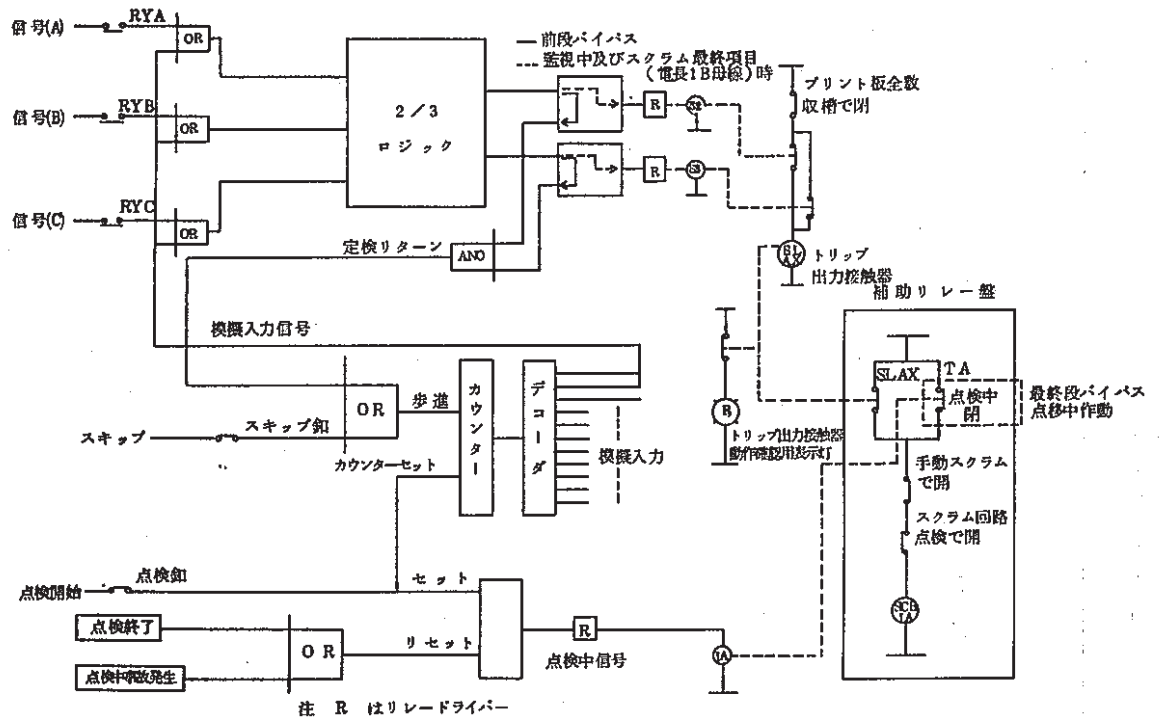


Fig4.4.1 原子炉保護系ブロック図



(注) ○ : 発光ダイオード(赤色)
 ● : 発光ダイオード(緑色)
 *(R): 照光式押ボタンスイッチ(赤色)

Fig4.4.2 ロジック盤点検パネル模擬図



改造ロジック内部回路の概略図(スクラム回路のみ抜粋)

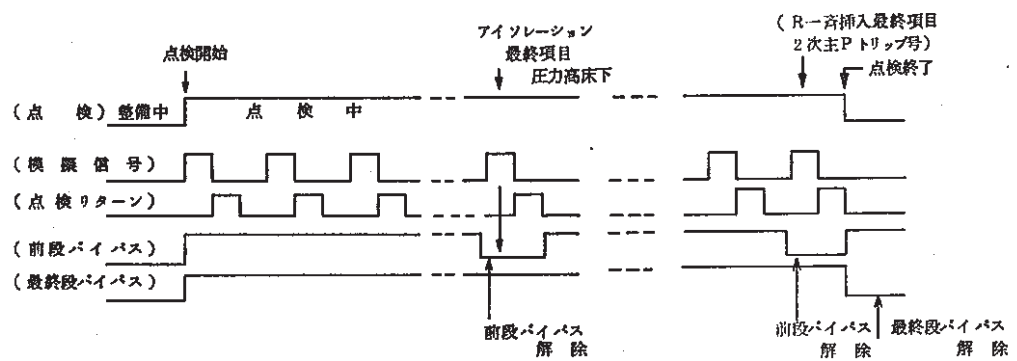


Fig4.4.3 ロジック内部回路の概略図

Table4.4.1 シーケンス試験試験項目確認シート

実運転モード試験成績表																											
4. 運転モードバイパス機能 (1/3)																											
No.	信号名	運転モード			模擬入力			点検パネル							最終段リレー			前段リレー			模擬警報			警報表示パネル			確認
		高出力	停止炉心	低出力	1	2	3	A	B	C	インレクション	スクラム	制御棒一斉挿入	バイパス表示	インレクション	スクラム	制御棒一斉挿入	インレクション	スクラム	制御棒一斉挿入	警報出力	ロジック盤異常	ブザー	単一チャンネル作業			
8	中間系中性子束高	○			S7	S9		○	○				○														
	"	○				S9	S8			○	○		○														
	"	○			S7		S8		○		○		○														
	"	○			S7				○				○														
	"	○				S9					○		○														
	"	○					S8					○	○														
9	中間系ペリオド短	○			S10	S12		○	○				○														
	"	○				S12	S11				○	○	○														
	"	○			S10		S11		○		○		○														
	"	○			S10				○				○														
	"	○				S12					○		○														
	"	○					S11					○	○														
10	1次冷却材流量低(A)		○		S13	S15		○	○				○														
	"		○			S15	S17				○	○	○														
	"		○		S13		S14		○		○		○														
	"		○		S13				○				○														
	"		○			S15					○		○														
	"		○				S14					○	○														

Table 4.4.2 機能試験試験確認シート

1. 実運転モード試験																							
1-1 プラント保護機能(1/5) ⊗点滅 ○連灯																							
No.	信号名	試験入力			点検パネル					最終段リレー			前段リレー			警報			警報表示バツ			確認	
		1	3	2	A	B	C	アイソレーション	スクラム	制御棒一斉挿入	アイソレーション	スクラム	制御棒一斉挿入	アイソレーション	スクラム	制御棒一斉挿入	警報出力			単チャンネル作業			
1	格納容器床上放射能高	I ₁	I ₃		⊗	⊗		○	○		○	○		○	○		L ₁						
	“		I ₃	I ₂		⊗	⊗	○	○		○	○		○	○		L ₁						
	“	I ₁		I ₂	⊗		⊗	○	○		○	○		○	○		L ₁						
2	格納容器温度高(床上)	I ₄	I ₆		⊗	⊗		○	○		○	○		○	○		L ₂						
	“		I ₆	I ₅		⊗	⊗	○	○		○	○		○	○		L ₂						
	“	I ₄		I ₅	⊗		⊗	○	○		○	○		○	○		L ₂						
3	格納容器温度高(床下)	I ₇	I ₉		⊗	⊗		○	○		○	○		○	○		L ₃						
	“		I ₉	I ₈		⊗	⊗	○	○		○	○		○	○		L ₃						
	“	I ₇		I ₈	⊗		⊗	○	○		○	○		○	○		L ₃						
4	格納容器圧力高(床上)	I ₁₀	I ₁₂		⊗	⊗		○	○		○	○		○	○		L ₄						
	“		I ₁₂	I ₁₁		⊗	⊗	○	○		○	○		○	○		L ₄						
	“	I ₁₀		I ₁₁	⊗		⊗	○	○		○	○		○	○		L ₄						
5	格納容器圧力高(床下)	I ₁₃	I ₁₅		⊗	⊗		○	○		○	○		○	○		L ₅						
	“		I ₁₅	I ₁₄		⊗	⊗	○	○		○	○		○	○		L ₅						
	“	I ₁₃		I ₁₄	⊗		⊗	○	○		○	○		○	○		L ₅						

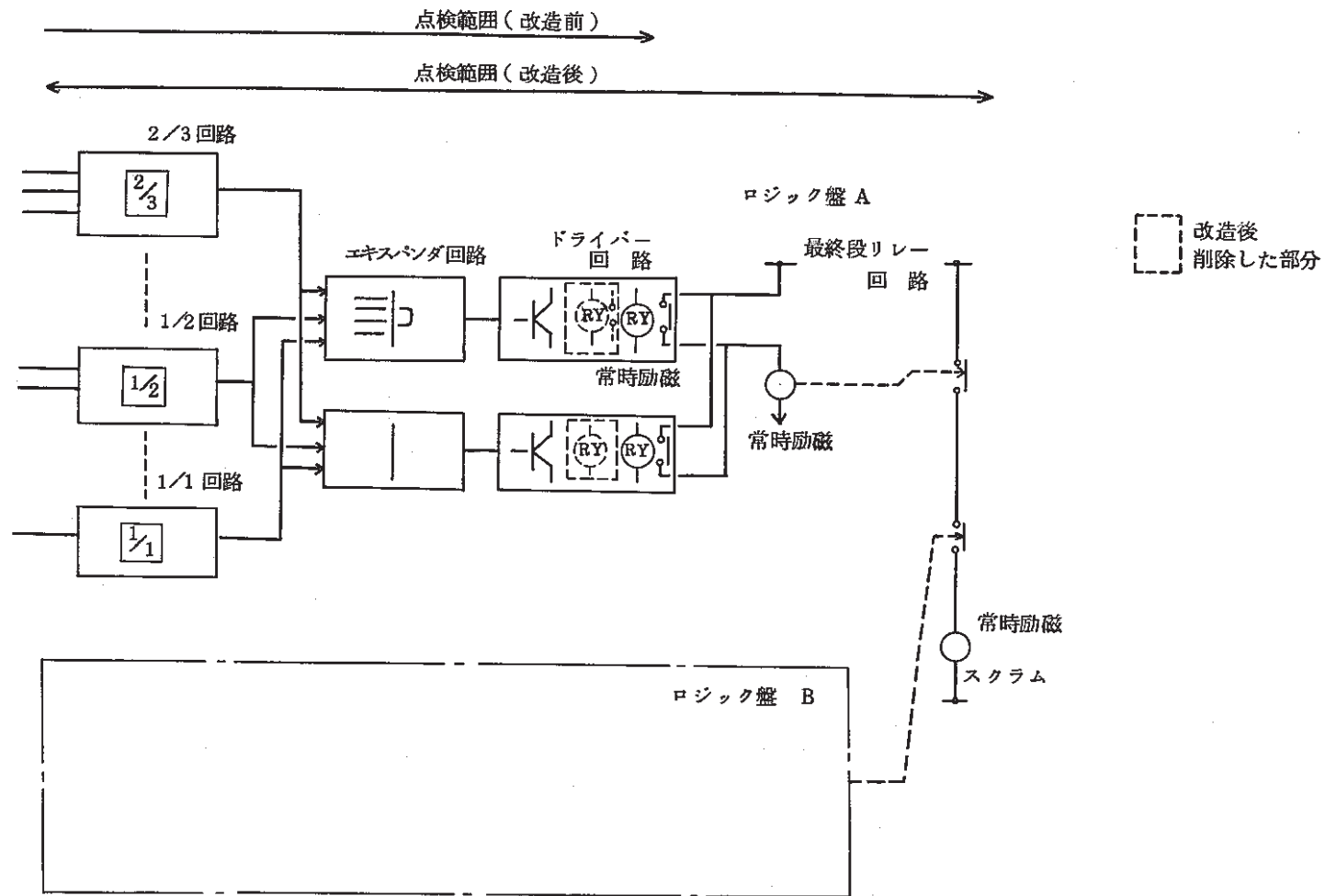


Fig4.4.4 ロジック盤出力段基本構成

Table 4.4.3 半導体部品信頼性データ

MIL-HDBK-217Cによる算出値を以下に示す。

素子	故障率×10 ⁻⁶	備考
H T L 素子	0.56	周囲温度 25℃ 樹脂モールドタイプ
C - M O S 素子	0.50	周囲温度 25℃ 樹脂モールドタイプ
トランジスタ素子 (バイポーラ)	0.28	周囲温度25℃、樹脂モールドタイプ ディレーティング30%、小信号用(1W以下)
F E T	2.2	同上
リニア I C	0.61	周囲温度25℃、ハーメチックキャンタイプ ディレーティング30%(消費電力)

Table 4.4.4 改造前後のロジック盤動作対比表

(i) 保護動作

	旧	改造後
通常監視中	「プリント基板収納」Ⓜ 点灯	「プリント基板収納」Ⓜ 点灯
2 out of 3 事故発生 〔図A、図B、 スクラム〕	「図A」} Ⓜ 点灯 「図B」} ブザー	「図A」} Ⓜ フリッカー 「図B」} 「スクラム」 Ⓜ 点灯 ブザー
「確認」釦押 (旧：警報 リセット)	ON ↓ OFF	Ⓜ 連続点灯 ON ↓ OFF
2 out of 3 事故セカード 信号発生 〔図B、図C 制御棒一斉挿入〕	「図B」} Ⓜ 点灯 「図C」}	「図B」} Ⓜ フリッカー 「図C」} 「制御棒一斉挿入」 Ⓜ 点灯 ブザー
「確認」釦押 (旧：警報 リセット)		Ⓜ 連続点灯 ON ↓ OFF

Table 4. 4. 5

(ii) 単一チャンネル作動対比表

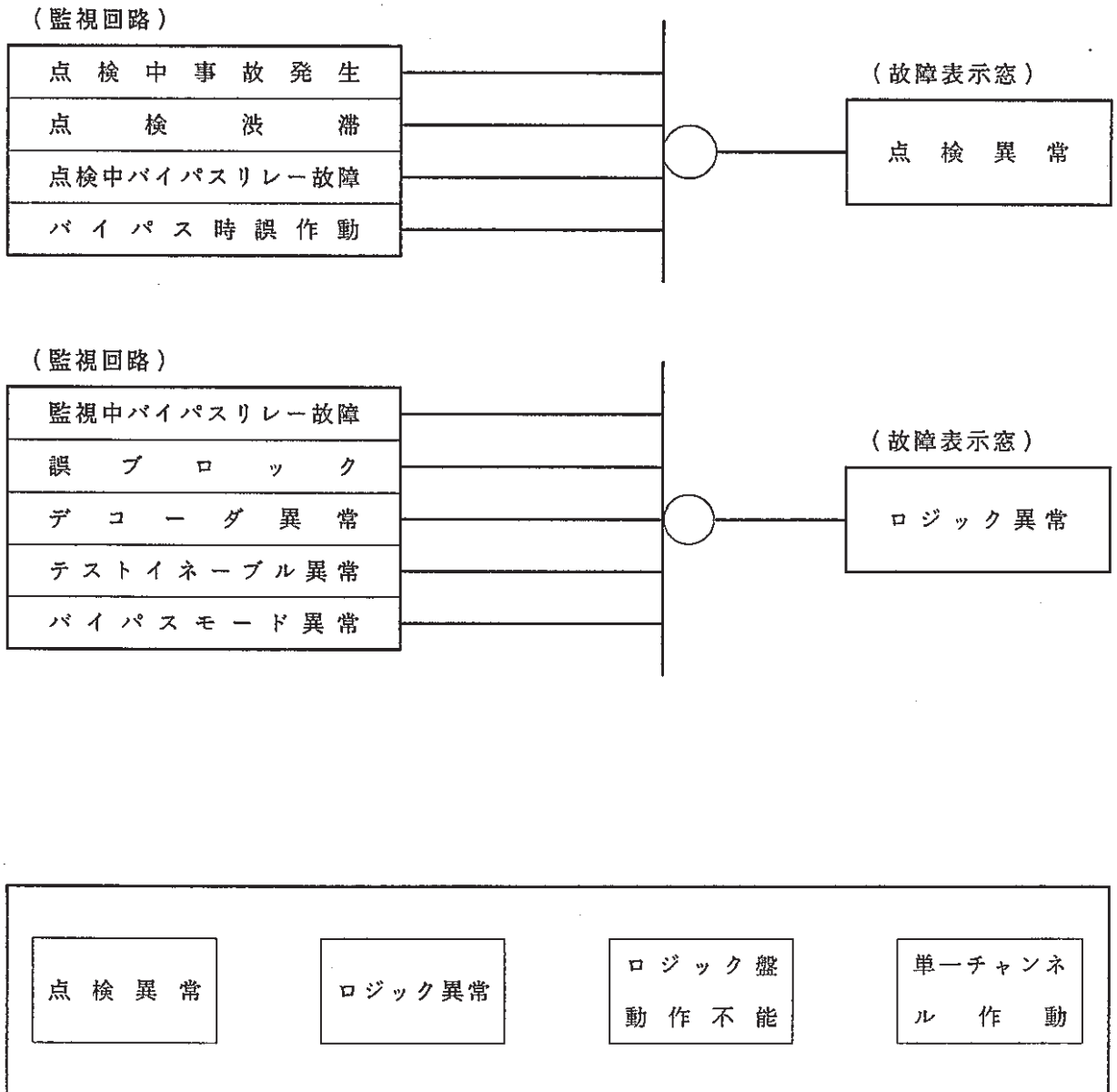
	旧	改 造 後
通常監視中	「プリント基板収納」Ⓜ 点灯	「プリント基板収納」Ⓜ 点灯
1 out of 3 単一チャンネル 作動 〔図A〕	「図A」Ⓜ 点灯 ブザー	「図A」Ⓜ フリッカー 「単一チャンネル作動」 ANN 発報 ブザー
「確認」釦押 (旧：警報 リセット)	ON ↓ OFF	Ⓜ 連続点灯 フリッカー停止 ON ↓ OFF
1 out of 3 単一チャンネル セカンド信号発生 〔図B〕	「図B」Ⓜ 点灯	「図B」Ⓜ フリッカー 「単一チャンネル作動」 ANN 発報 ブザー
「確認」釦押 (旧：警報 リセット)		Ⓜ 連続点灯 フリッカー停止 ON ↓ OFF

Table 4.4.6 ロジック盤の監視・表示項目

注*1：○印は改造後の追加分を示す。

*1

形態	項目	新設の有無	概要	確認機能		備考
				誤動作	誤不動作	
監視機能	点検渋滞		点検回路による診断結果の表示		○	
	点検中事故発生		点検中にスクラム等のチャンネルが動作した事を検出する			
	点検中バイパスリレー故障	○	点検による誤動作の防止	○		バイパスリレーが動作しないと点検に入れない
	バイパス時誤作動	○	点検中の誤動作の検出	○		最終段バイパスが正常な限りスクラムはしない
	監視中バイパスリレー故障	○	監視中の誤不動作の検出		○	誤不動作を事前に検出できる
	誤ブロック	○	同上		○	同上
	デコード異常	○	監視中の誤動作検出	○		異常動作した後の原因表示
	テストイネーブル異常	○	同上	○		同上
表示機能	バイパスモード異常	○	モードに対応したバイパス機能の喪失の確認	○		同上
	アイソレーション	○	最終段リレーの動作状態の表示	○	○	
	スクラム	○	同上	○	○	
	制御棒一斉挿入	○	同上	○	○	
	プリント基板収納		プリント基板全数収納の表示			
	点検中		点検状態の表示			
	バイパスリレー作動	○	最終段バイパスリレーの動作状態の表示	○	○	



正面図

Fig4.4.5 警報表示パネル図

Table 4.4.7 警報項目

警報状態表示〔①原子炉制御盤（＃423）②ロジック盤A系（＃401）、B系（＃402）〕の変更・新設箇所について警報発生原因とともに表に示す。

① 原子炉制御盤

	アドレス	従来	変更後	警報発生原因
警報	E 8		「ロジック盤 A異常」	新設のロジック盤（A系）の上部警報盤の4項目の内、いずれかが発報した場合、当該警報が発せられる。
	F 8		「ロジック盤 B異常」	同上、ロジック盤（B系）
	A 9	「ロジック 動作不能」	「単一ロジック 動作不能」	スクラム等の保護動作が発生した場合、本来ロジック盤A系、B系が同時に作動するはずであるが、万一A系もしくはB系のいずれかがトリップ信号を発生しなかった場合、「単一ロジック動作不能」ANNが発生する。（「ロジック動作不能」ANNはロジック盤上部警報盤に変更移設された。）
	C 9	「単一チャンネル 作動」		
状態表示灯	C 5	「単一ロジック 動作不能」		「単一チャンネル作動」ANNはロジック盤上部警報に含まれるため、当警報に削除された。 単一チャンネル実信号が入力された場合、3423盤上には「ロジック盤A異常」「ロジック盤B異常」が同時に発報する
	D 5	「単一ロジック 動作不能」		状態表示灯から警報に変更された。 削除された。（各ロジック盤異常ANNで判断できる。）

② ロジック盤

項 目	警 報 発 生 原 因	備 考
点 検 異 常	ロジック盤の点検中（自動、手動）ロジック回路に次に掲げる異常が発生した場合発報する。 ① 点検渋滞 ② 点検中バイパスリレー故障 ③ 点検中事故発生 ④ バイパス時誤動作	→自動歩進ロック) 点検除外
ロジック異常	通常監視中、ロジック回路に次に掲げる異常が発生した場合発報する。 ① 監視中バイパスリレー故障 ② 誤ブロック ③ デコード異常 ④ テストネーブル異常 ⑤ バイパスモード異常	
ロジック盤動作不能	ユニット内にプリント基板が全設収納されていないときor D C 15V 喪失or D C 24V 喪失によりロジック盤機能が不能となった場合 A N N 発報する。	→スクラム動作
単一チャンネル作動	入力3チャンネル中1チャンネル（2 out of 3 ロジック）or 入力2チャンネル中1チャンネル（1 out of 2 ロジック）のみ動作した場合 A N N 発報する。	

テストジャック付基板の種類と、テストジャックの取付位置を下図に示す。

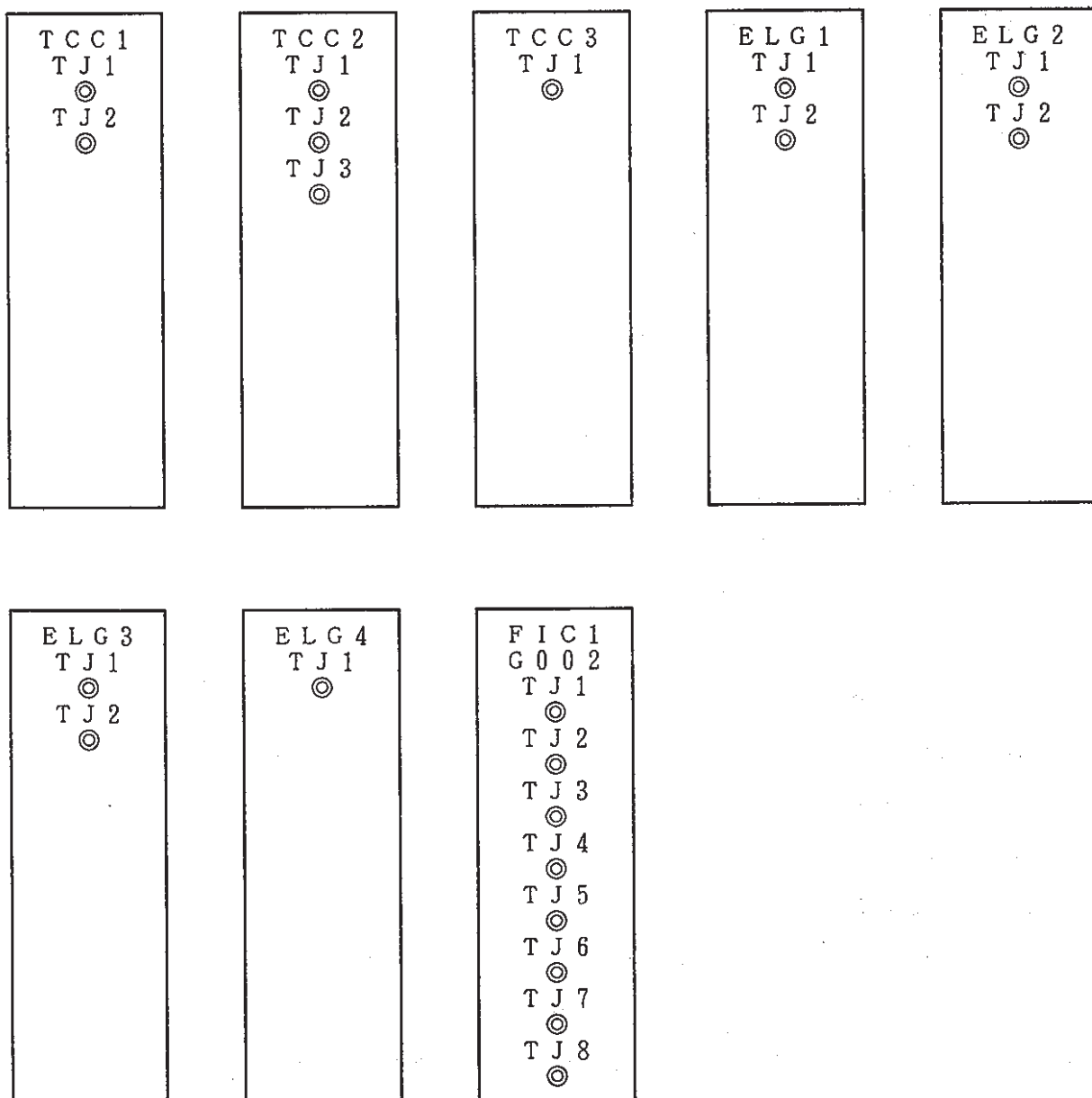


Fig 4.6 テストジャック付基板

4.5 補機系、空調系、及びディーゼル系冷却塔の交換

4.5.1 冷却塔交換工事の概要

冷却塔は原子炉補機器及び付属設備の冷却水の循環、冷却する機器で、補機系・空調系及びディーゼル系の三系統がある。今回塩害、経年劣化等が著しく保守が困難となったので全系統（6基）の冷却塔を交換した。新設冷却塔の製作にあたっては、これまでの保守・運転経験を考慮して、以下の事項を新設冷却塔に反映させた。

新設冷却塔の改良点

- (1) 冷却塔の塩害対策として鋼材は溶融亜鉛めっきを施した。又下部水槽については、亜鉛めっきを施しさらにFRPライニング処理を施した。
- (2) 冷却塔下部水槽の保有水量を既設の1.5倍とし、電喪時のポンプトリップから、復電、ポンプ起動までの冷却水供給に余裕をもたせた。
- (3) 冷却塔内部の点検を容易にするために、点検扉を大型透明アクリル製とした。又水位確認が外からもできる様にフロート付水位計を取付けた。
- (4) 冷却塔空気取入口にフィルターを設けて、冷却塔内ストレーナ及び出口ストレーナの目詰りを防止するようにした。
- (5) 補機系及び空調系の冷却塔の温度制御方法をON-OFF制御からインバータを用いた温度一定制御にした。
- (6) 補機系冷却塔出入口流量検出器を、オリフィス型より、超音波流量計に取り換えた。

4.5.2 新設冷却塔の塩害対策

実験炉「常陽」は太平洋沿岸に位置している為に、使用機材には十分な塩害対策を施さなければならず、本冷却塔も、常陽の附属建家屋上に設置され、日夜塩風にさらされているため特に塩害対策を要する機器である。今回冷却塔交換にあたり新設冷却塔に施工した塩害防止策は以下のとおりである。

(1) 表面処理

1) 構造、駆動送風機

本部品の使用材料は一般鋼（SS41）なので被覆金属に亜鉛を、めっき方法として溶融めっきを選択した。施工方法は溶融亜鉛にどぶ漬けし、被膜厚50 μ 以上のめっきを施工した。尚耐用年数は20年である。

2) 下部水槽

下部水槽は常時水と接している所なので、電気亜鉛めっきを7 μ 以上施工し、その

上に、FRP（強化プラスチック）ライニングを施工した。尚水槽外面は、ウレタン樹脂を2度塗りとした。

FRP、ウレタン樹脂の耐蝕性は、工業試験場において、960時間、連続塩水噴霧試験で実証済みである。

(2) 材料の選択

その他、一般鋼材以外の部材には、耐蝕性の良い材料を使用し、表面処理、塗装は施行していない。上部水槽にSUS304、外板にはアルミニウムを選択し、使用した。下記に防錆仕様を表にした。

冷却塔の防錆仕様

部 品 名		材 質	表 面 処 理	塗 装
構 造 材		SS41	溶融亜鉛めっき 50 μ 以上	—
下 部 水 槽	内	"	電気亜鉛めっき 7 μ 以上	FRPライニング
	外		" "	ウレタン樹脂
駆 動 送 風 機 材		"	溶融亜鉛めっき 50 μ 以上	—
その 他 の 構 造 材	上 部 水 槽	SUS304	—	—
	外 板	A5052-H347 μ m	—	—

※ 材質がステンレス・アルミ合金・スレートは塗装はしない

4.5.3 新設冷却塔の改良点詳細

(1) 冷却塔本体関係

1) 下部水槽の容量増加

下部水槽内の水は、電喪時、非常系電源の電圧確立後32秒でポンプが自動起動するまでの間、各負荷への冷却水の供給に使われる。従って容量は重要な意味をもっている。従来の冷却塔下部水槽容量でも、供給可能時間は約2倍（74秒）の容量をもっていたが、今回さらに1.5倍（111秒）の容量にして余裕度をもたせた。

機 種	保有能力（1台）	1 日	新
補機系冷却塔	保有水量	5.95 m ³	8.9 m ³
	供給可能時間	73.8 秒	110.7 秒

※ 補機系流量290m³/hとする。

2) 点検扉の改良

従来の扉は型钢枠のアルミ板張りで開戸して冷却塔内の状態点検を実施していた。

新設冷却塔では、アルミ板張りを、透明アクリル板にすると共に、扉の寸法を大きくし、出入りも楽にした。

3) フロート付水位計の取り付け

従来の物には水位計は無く、水位確認は点検扉にて実施していた。新設機には、水位が一目でわかる様に冷却塔の前面にフロート付水位計を取付けた。この水位計は、透明な特殊合成樹脂で、中に10mmφの赤色フロートを備えている。このフロートが水量を表示し、正面、側面そして10M先からでもハッキリ正確に確認できる。

4) 空気取入口にフィルター取り付け

既設の冷却塔は両側の空気取入口から虫、塵埃等が混入し、冷却塔出口に付いているストレーナーの目詰り、水質汚染の原因になっていた。

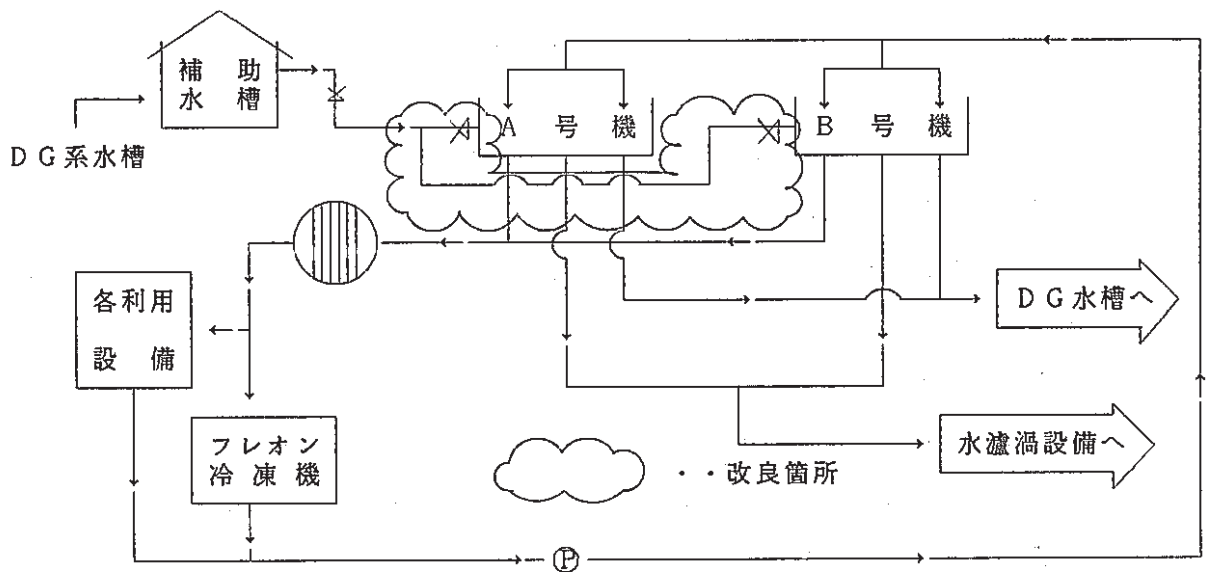
新設機では、この不具合を解決すべく、両側の空気取入口外面にフィルターを取付けた。フィルターは厚さ10mmの塵材(FS-1708)で形成されており形状は長方形でSUS材の枠組がとってある。フィルター一枚の重量はわずか2kgで、取付け、取り外しが簡単に出来る構造になっている。尚フィルターの状態監視の為にフィルター内側のルーバーにピトー管を取り付け、圧力計にてフィルターの圧損を、計測している。フィルター圧損は4mmH₂O前後で、洗浄作業実施。

(2) 冷却塔付随設備関係

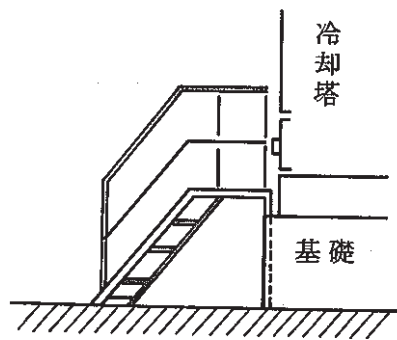
1) 補給水配管の増設

空調系は、冷却塔で大気開放されているが、利用設備とポンプが配管で接続される「閉ループ形」である。冷却塔での蒸発または利用設備での漏えいにより、失われる水を補なうため、ディーゼル系水槽の水を補給水ポンプで汲み上げ、補助水槽を通して冷却塔へ補給するようになっている。既設のものは、この補給水配管をA号機のみで布設していた。A号機が倒壊した時にB号機がバックアップするシステムになっているが、補給水はバックアップ出来ない。

今回B号機側にも配管をし、バックアップ出来る様にした。尚、本配管の冷却塔入口側にバルブを取り付けて、バルブ管理とした。



2) DG系冷却塔に点検用階段設置



DG系の冷却塔には、点検用の架台が付いてなくて、塔内点検時には、仮の架台を用意していた。

今回左図の様な点検用階段を取りつけた。

(3) 冷却塔制御関係

1) 送風機の制御方式改良

冷却塔は通常外気湿球温度の高い夏場を設計条件として採用している為、年間を通して送風機をFULL運転していた。故に冬場では、冷却能力に余裕が生じ過冷却状態となっていた。そこで、湿球温度の低い冬場は、風量を削減しても、設計温度条件を維持する事は可能なので、風量を削減することにした。風量削減方法として、送風機の回転数をインバータにより制御する方式とした。以上の方法で、送風機駆動用電動機の消費電力を削減し、省エネルギーを図ると共に、従来のON-OFF時の衝撃によるギヤードモーターの損傷がなくなる。回転数制御の概要は、冷却塔出口側の冷

水用送水管に設置した温度センサーによりの信号を制御盤（インバータ）にフィードバックし、冷却塔出口水温を設定温度に維持するべく、ブロワ用モーターの回転を制御するものである。

Fig4.5.1 に冷却塔温度制御フロー図を示す。

(4) 冷却塔電気計装関係

冷却塔交換に供ない、電気計装品の改良及び設置場所変更を施工したので、詳細を記載する。

1) ダイアトロール指示調節計

補機系及び空調系冷却塔のブロワ回転制御用インバータ盤の前面に取り付けてある計器で、温度センサー（測温低抗体）の信号を入力して、出力電流を設定出力電流に調節する調節計である。

2) 補機・空調系冷却塔出入口水温監視用計器

補機系冷却塔及び空調系冷却塔の出入口冷却水温度を測定するために、ダブルセンサーの温度検出器を取付けた。1系統は中央制御室（A-712）にある補機冷却制御盤（#413）に設置した温度記録計にケーブル布設し、もう1系統は原子炉附属建家（A-802）屋上に設置した温度指示計に布設した。指示計は、4点切替のスイッチにより選択できる。

- | | |
|------------|------------|
| 〔1〕補機系入口温度 | 〔2〕補機系出口温度 |
| 〔3〕空調系入口温度 | 〔4〕空調系出口温度 |

3) ディーゼル系冷却塔出入口水温監視用計器

主冷却機建家（S-705）屋上に設置されているディーゼル系冷却塔の冷却水出入口温度を測定するため、シングルセンサーの温度検出器を取り付けて、主冷却建家地下2階にある、1号&2号ディーゼル補機盤（#622、#632）までケーブル布設を行なった。また、補機盤に選択スイッチと指示警報計を新設した。

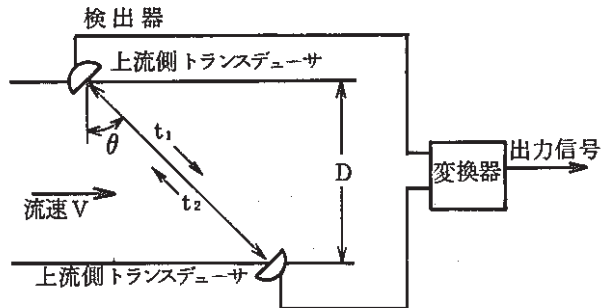
4) 補機系冷却塔出入口流量監視用計器

補機系冷却塔の出入口流量検出器を既存のオリフィス型より超音波型に交換した。又流量が中製の補機盤（#413）と、原子炉附属建家地下2階の揚水ポンプ室（A117）で確認出来るように改良した。

以下に超音波流量計の測定原理と構成を記載する。

測定原理

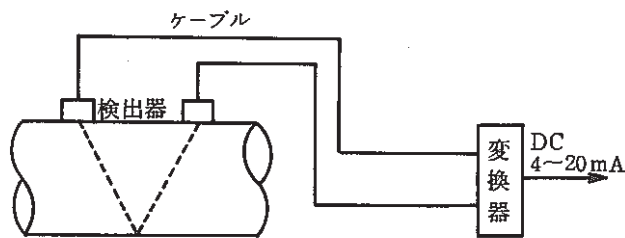
上流側と下流側から斜めに超音波パルスを伝搬させ、流れにより生ずる時間差を検出して流量を測定する。



※ 超音波流量計の測定原理は左記のようになっている。

構成図

(1) 1 測線方式 (V 法)



※ 検出器の取り付け方法には (V 法) と (Z 法) とがあり、本冷却塔では、左記の (V 法) を採用している。

4.5.3 まとめ

今回の冷却塔交換工事の中で特に重点をおいた改良項目として、塩害対策、ブロウ制御方式、下部水槽の保有水量増の3項目があげられる。それぞれの改良詳細は前述のとおりであるが、これらの改良により得られた成果を以下に示す。

- (1) 塩害に対する腐蝕防止策を、施工したことにより、冷却塔の耐用年数が、既設のものより約2倍となった。旧冷却塔は、耐用年数は10年で実績は12年であった。
- (2) 下部水槽の容量増により、電喪時の各負荷への冷却水の供給可能時間が111秒となり従来(74秒)の1.5倍となった。安全側に余裕度を増した。
- (3) ブロウ制御方式を、インバータによる回転制御としたことにより、ブロウの消費電力は、従来の30%程度となり、これを電気料に換算すると、年間約400万円の節約となる。

又、従来のブロワはON-OFF時の衝撃により、ギヤードモータが損傷し、たびたび補修を実施していたが、新方式採用によりこの衝撃が回避され、ほとんどメンテナンスフリーとなり、保守費のコストダウンが図れた。

従来のブロワの定検以外の保守費実績（昭和53年～昭和60年）

補修回数・・・4回

補修費は・・・1回分508,000円×4=2,032,000円

となっている。

以上は、補機系だけの実績で、空調系も含めると、約2倍の保守費となる。

更に、定検時の点検内容の軽減化も勘案すると、本改造により約500万円/年の保守費の削減が可能となった。

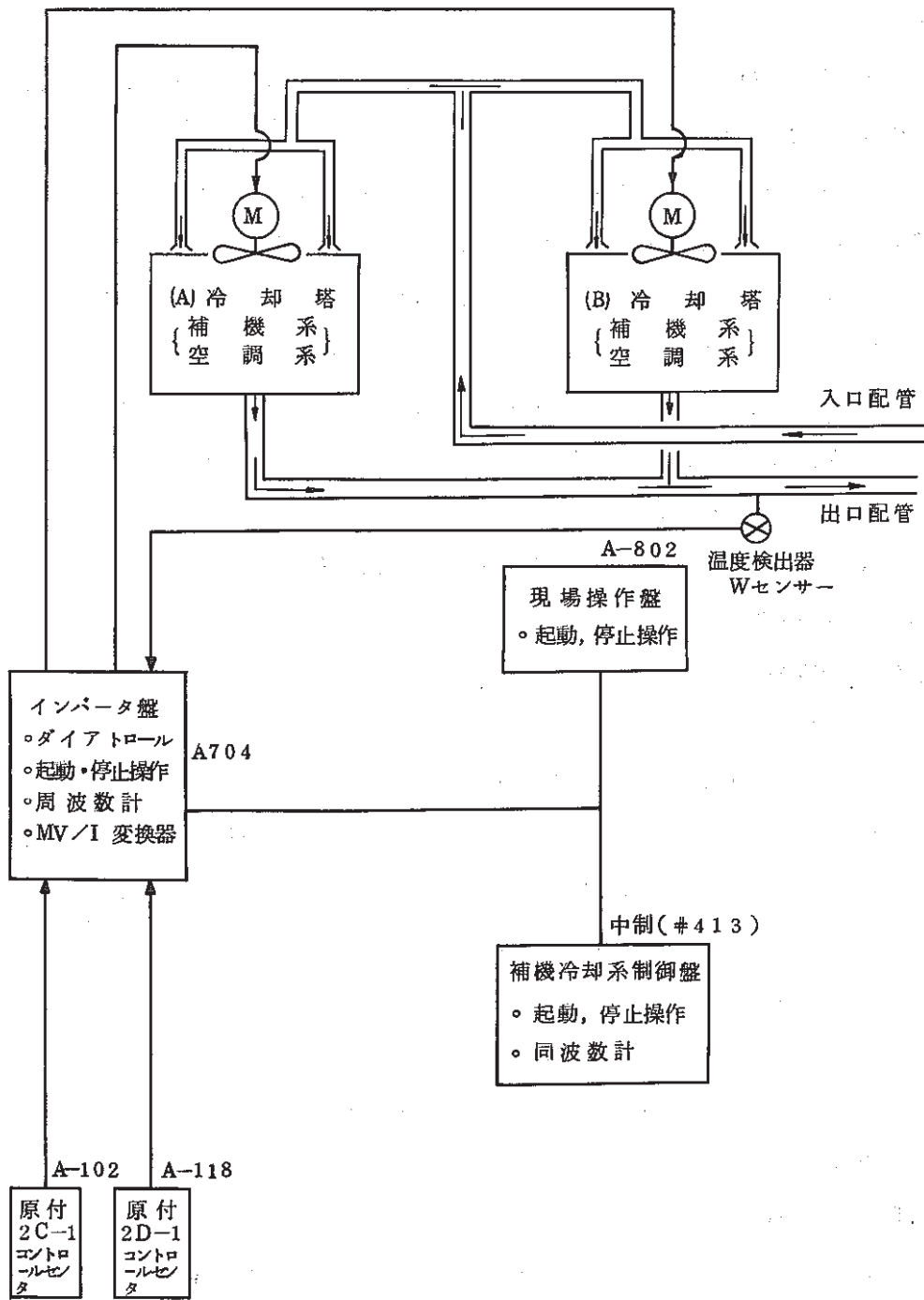


Fig 4. 5. 1 冷却塔温度制御フロー図

4.6 無停電系蓄電池交換

4.6.1 概要

「常陽」無停電々源設備蓄電池は、昭和48年8月据付以来約12年を経過し、極柱腐食、極板の湾曲等の経年劣化現象が多発していた。

これら不具合発生の都度、補修を繰り返して設備の機能維持を図ってきたが、鉛蓄電池の期待寿命は一般に10～14年であることから、本蓄電池が寿命末期に至っているものと判断し、昭和58年から、4期に渡って蓄電池の更新を実施中である。これまで、第4回定検時には、5C系蓄電池設備を交換し、今回の第5回定検時には、5D及び7C系蓄電池設備の2系統を交換した。また、更新に際しては、昭和48年のJIS改定により、CS-800型蓄電池の形状が変更されたため、5D系については、据付架台の交換も実施した。

(第4回定検中に実施した5C系蓄電池についても同様である。)

新蓄電池は、極柱封口部の構造が変更され、旧蓄電池に多く発生していた極柱の腐食対策が施されているため、設備に対する信頼性の向上、補修の減少等が期待される。

4.6.2 設備の概要

(1) 無停電電源設備

「常陽」無停電電源設備は安全保護回路、格納容器隔離放射線監視設備、Na漏洩検出器、電磁流量計、ボニーモーター、電気設備操作回路及び警報回路等瞬時の停電においても、その機能を維持しなければならない重要な負荷へ給電する設備であり、交流210V及び直流110Vの無停電系からなり、さらにそれぞれがC系及びD系に分離されて4系統から構成されている。

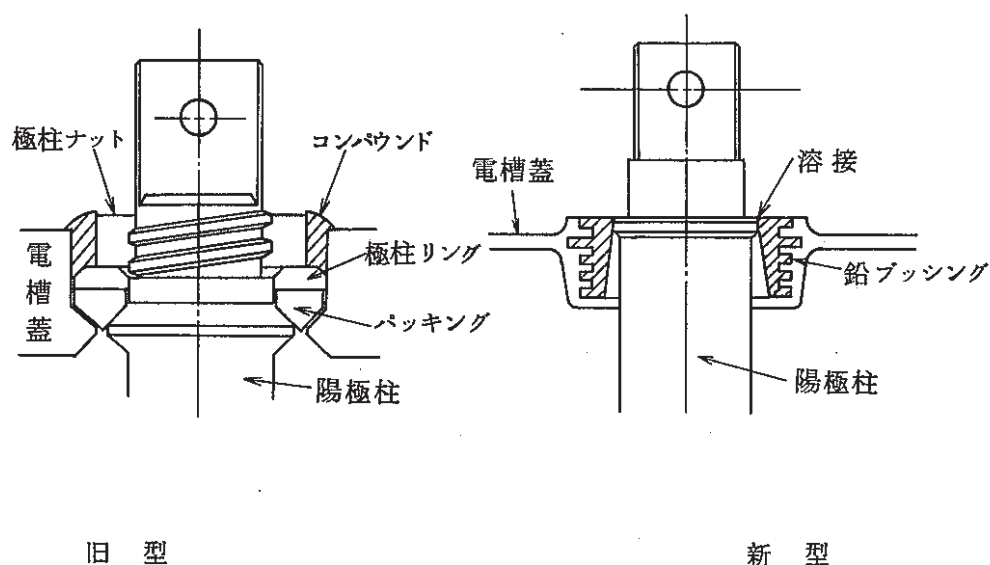
通常時は、外部から電源を受電し、蓄電池を浮動充電しながら各負荷への給電に備える、一方外部電源喪失時は、ディーゼル発電機が起動し、定格電圧が確立するまでの間、蓄電池から給電されている。Fig 4.6.1に電源系統図を示す。

4.6.3 交換の経緯

本蓄電池は、設置後約10年を経過し、近年極柱部の腐食によるコンパウンドのふくれ、及び極板の湾曲等の不具合現象が多発していた。また蓄電池寿命が10～14年ということから本蓄電池が寿命時期に達したものと判断し設備機能の維持及びメンテナンス性の向上等を目的として、蓄電池の交換を実施した。Table 4.5.1に蓄電池の不具合リストを示す。

4.6.4 不具合原因と新旧蓄電池の構造

旧蓄電池に発生した不具合の多くは、陽極柱と電槽蓋との接合部分をシールするコンパウンドの亀裂現象であり、これは、陽極柱と極柱ナットとのすきまに、電解液が浸透し、その部分が酸化腐食して、コンパウンドを押し上げるため、その表面に亀裂が発生したものである。（下図参照）



そこで、今回交換した新蓄電池は、上図に示すように電槽蓋と一体型の鉛ブッシングを、極柱と溶接により接合し、不具合対策を施こした構造であるため、機能の維持及び信頼性の向上が予想される。尚、交換した蓄電池（5D、7C）及び架台（5D）の概略図を、Fig 4.6.2 に示す。

4.6.5 結果

- (1) 極柱部の構造を、ゴムパッキン方式より鉛ブッシング方式へ変更されたことにより、コンパウンドの亀裂等の不具合が解消され、機能の維持及び信頼性の向上が図られた。
- (2) 新電池交換時の性能評価の結果、電圧、比重等は基準を満足しており、安定した電源供給が可能となった。

Table 4.5.1 蓄電池不具合リスト

昭和48年8月に据付けてから、交換までに発生した不具合数および発生日をまとめた。

年 度	設 備 月・日 セル	5 D系 (106セル)		7 C系 (54セル)	
		月/日	不 具 合 数	月/日	不 具 合 数
54		3 . 5	8		
		10 . 3	9		
55		10 . 6	10		
56				2 . 24	5
57		3 . 2	13		
		12 . 4	7		
58		4 . 13	9	4 . 13	1
		7 . 28	1		
		11 . 18	2		
		1 . 27	1		
59		5 . 18	6	4 . 20	3
		8 . 24	1	5 . 18	2
		10 . 19	3		
		12 . 21	2		
		1 . 25	4		
		2 . 27	2		
60		5月 全数交換		10月 全数交換	

尚、不具合内容は、コンパウンドの亀裂、極板等の湾曲及び活物質（鉛）が極板に付着することにより発生する電圧低下などである。

「常陽」電源設備系統図

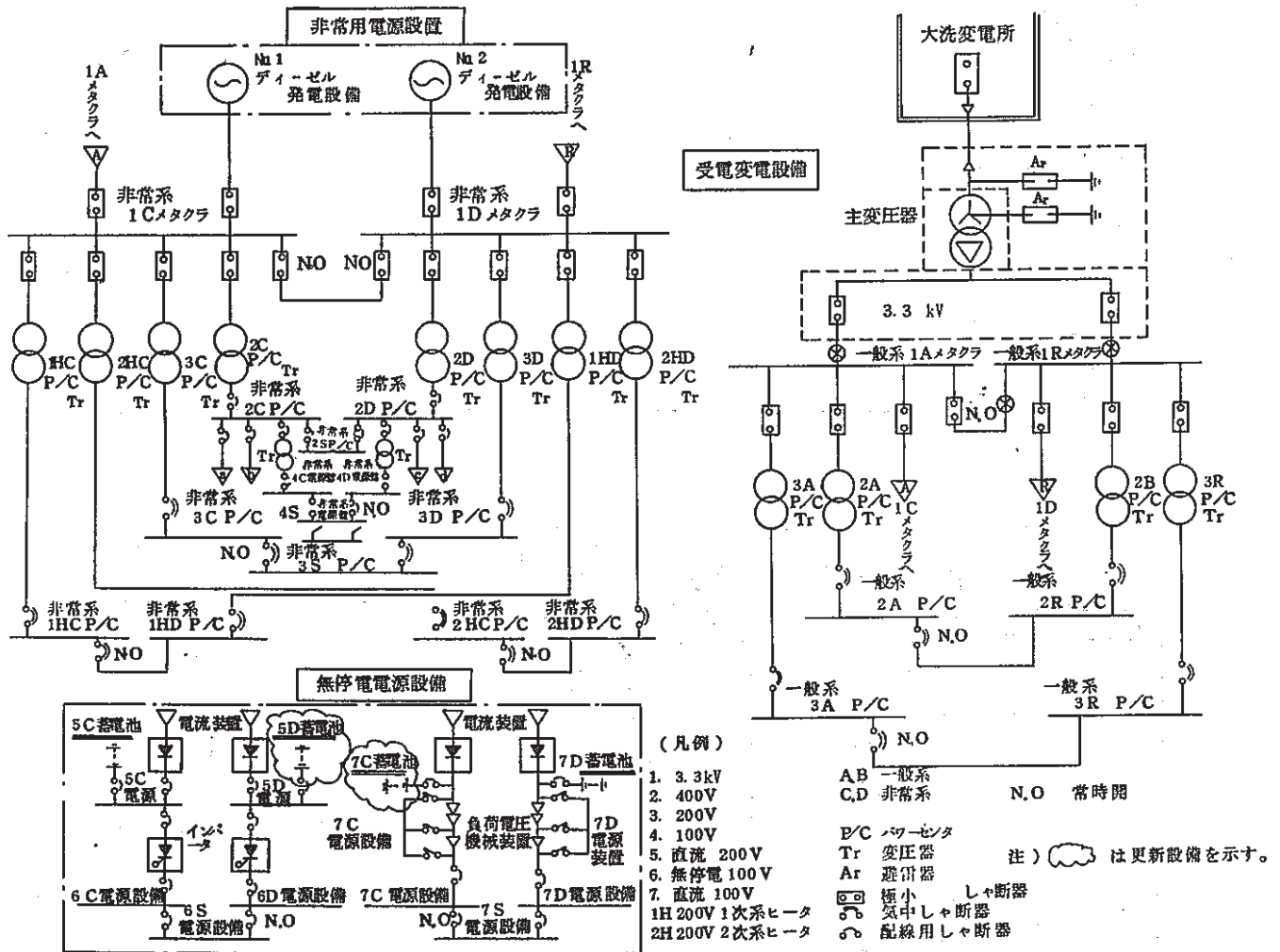
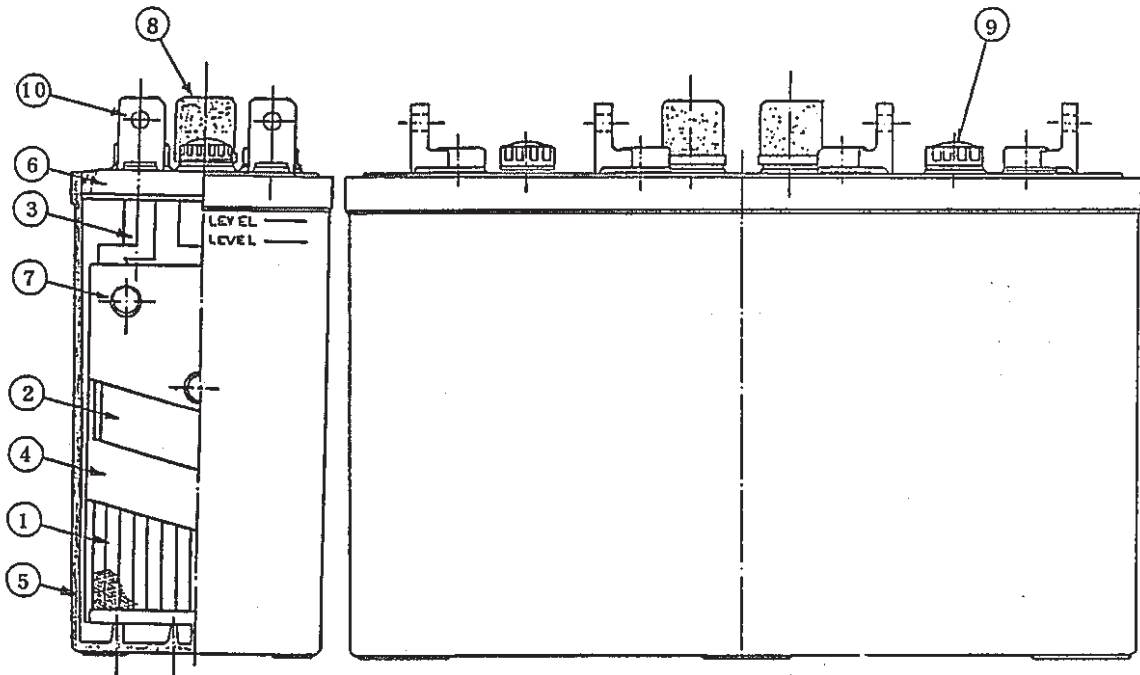
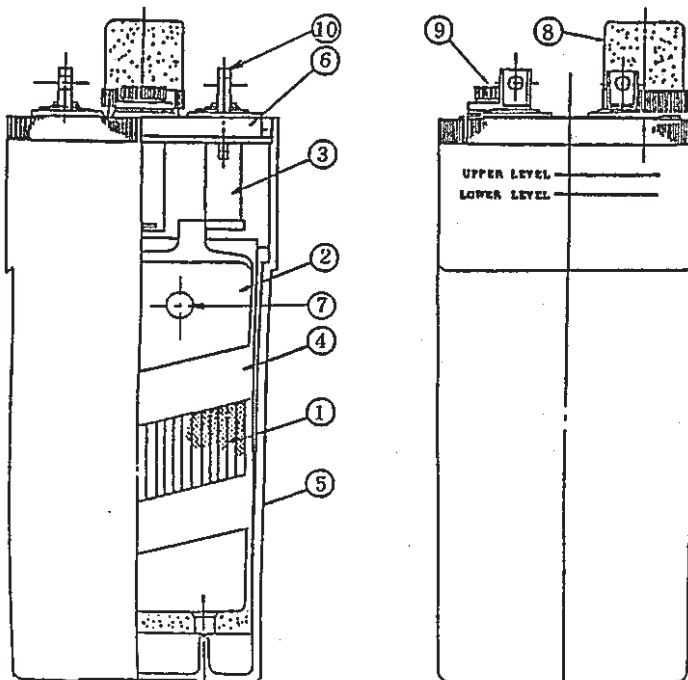


Fig 4.6.1 電源系統図

5 D 用蓄電池



7 D 用蓄電池



各 部 名 称

照号	品 名
1	陽 極 板
2	陰 極 板
3	極 柱
4	隔 離 板
5	電 ぞ う
6	ふ た
7	ス ペ ー サ ー
8	防 ま つ 防 焼 装 置
9	液 口 せ ん
10	L 形 端 子

Fig 4.6.2 新型蓄電池概略図

4.7 Ar 廃ガス処理系ドレントラップ及びドレン配管の改造

4.7.1 概要

Ar 廃ガス処理系は、運転開始以来間断なく運転されているが、流入する廃ガスの内、燃料洗浄廃ガス中の湿分除去が不十分なために、廃ガスヘッドに水が溜り系統のフィルターや圧縮機等に害を及ぼすため、廃ガスヘッドドレントラップを改造し機能を充実させる。又廃ガス系のドレン配管は1/2 Bと管径が細いこと、その材質がCSの為、管内がヘドロ等により閉塞していることが窺えるため、管径を1 Bに、材質をSUSに変更した。

次に燃料洗浄廃ガスサイクロンミストセパレータのドレン配管が廃ガス系ドレン配管の上流側に接続されているため下流側の機器のメンテナンスに支障を来す、そこでこのドレン配管を独立させ、床ドレンピットタンクへ導くことにした。

更らに、これらドレン水を受け入れる床ドレンピットタンクの容量、液位監視能力に不備があり、ドレン水漏洩の恐れがあるため、タンクを交換するとともに、液位指示計、自動汲み上げ等の監視機能の充実を図った。

4.7.2 改造理由

(1) 廃ガスヘッドドレントラップ

廃ガスヘッドドレントラップはFig 4.7.1にその構造を、Fig 4.7.2に配置を示すように、その上流に設置されているヘッド及び上流系統が負圧維持(-0.2kg/cm²G以下)であるため、自動ドレンが不可能で実際はマニュアル操作により圧送を行っている。しかしこの操作を行った時ドレントラップの均圧ラインが貯槽安全弁吹き出しラインに接続されているため、圧送されたドレン水の一部が圧縮機クランク室、ポストフィルタユニット内等へ流入する可能性がある。

(2) Ar 廃ガス系ドレン配管

ドレン配管は、前項ドレントラップドレンや、燃料洗浄廃ガスサイクロンミストセパレータドレン、廃ガス圧縮機ドレントラップドレン、廃ガスタンクドレン等、多くのドレン水を床ドレンピットタンクへと導く配管であるが、その口径が1/2 Bと細いこと、又この配管に殆んど勾配がないためドレン水の滞留が見られること、これに加えて管材質が炭素鋼であるため内部に相当量の錆が発生していることが窺え、これらの相乗効果によってスラッジ等により管内は閉塞に近い状態にあることが判明している。

(3) 燃料洗浄廃ガスサイクロンミストセパレータドレン配管

燃料洗浄廃ガスサイクロンミストセパレータドレン配管はFig 4.7.3に示すとおり、

A r 廃ガス系非常用圧縮機ドレントラップの下流側に接続されており、このドレン水が高汚染であるため、周囲機器（非常用圧縮機ドレントラップ、廃ガスタンク等）のメンテナンス作業時にその作業性が悪く、機器の健全性維持、確認に支障を来たしている。

(4) 床ドレンピットタンク

床ドレンピットタンクはS U S 製で約600^L×600^W×1000^Hの堅、箱型タンクで付属建家A-107室の床ドレンピット内の一角に設備されており、その用途は付属建家高、低レベル廃液タンクドレン、廃ガス系ドレン、燃料洗浄廃ガスサイクロンミストセパレータドレンを受け入れポンプを介し高レベル廃液タンクへ導くものであるが、定常的なメンテナンス活動にて以下の理由による改造が必要であることが明らかとなった。

- ① 将来、設置することが予測される廃ガス中の湿分除去装置より排出されるドレン水を受け入れるタンクとしては容量不足である。
- ② タンク自体が老朽化し、実質メンテナンスが不可能である。
- ③ 液位検出、自動汲み上げ等の運用面に不備がある。

(5) 床ドレンピット

床ドレンピットは、燃料洗浄機器室、水冷却池機器室及び廃ガス処理室の床ドレンを受け入れポンプを介し低レベル廃液タンクへ導くものであり、これらとは別に付属建家の一部（数ヶ所）に設備されていた手洗排水が流されていたが、現在では一ヶ所を残し廃止されている。

前項までの事由について改造検討を行った結果、床ドレンピットも以下の理由による改造が必要であることが確認された。

- ① 汚染の可能性があるドレン水をオープンピットに受け入れるのは管理上好しくない。（機器破損等による）
- ② 廃ガス処理室床ドレンは、同部屋が何らかの事故で汚染した場合に、脱塩水で洗浄除染することを想定するものであるが、実際に起きたとしてもその洗浄廃液がピットを経由するのは前項同様、好しくない。又、洗浄方法も非現実的である。

4.7.3. 改造内容

(1) 廃ガスヘッドドレントラップ

既設ドレントラップを撤去し、新たにドレントラップ（容器）を製作、据付けを行う。容器のドレン水出入口には手動ベローシール玉形弁をそれぞれ取付け、液位検出器のレベル高の信号により手動操作ドレン（N₂にて圧送）が行えるようにした。更に、

直接液位を可視できるレベル計の取付けを行った。改造後の全体概略系統図をFig4.7.4に、詳細系統、機能図をFig 4.7.5に示す。又、ドレントラップ構造図をFig 4.7.3に示す。

(2) 廃ガス系ドレン配管

廃ガス系ドレン配管の内、廃ガスタンク出口止弁より下流側、床ドレンピットタンクまでの間を1/2B-C Sより1B-S U Sに変更した。(Fig 4.7.4矢視A~A'より下流側)

(3) 燃料洗浄廃ガスサイクロンミストセパレータドレン配管

燃料洗浄廃ガスサイクロンミストセパレータドレン配管を廃ガス系ドレン配管より分岐し、床ドレンピットタンクへ直接、接続した。

(4) 床ドレンピットタンク

既設床ドレンピットタンク並びに取合い配管の一部を解体、撤去し新たに製作するタンクの据付けを行った。

新しく製作するタンクへは、超音波レベル計を導入しそのH、L信号により汲み上げポンプの自動起動、停止を行い、合せて液位指示をAr廃ガス系現場制御盤#007に行った。床ドレンピットタンクの構造図をFig 4.7.6に示す。

撤去されるタンク、配管類は除染後、細断され固体廃棄物として処理した。

4.7.4. 成果

本、改造工事を実施したことにより、今後の保守活動に於ける、作業性の向上、諸機器の運転性能向上等々の種々の成果が期待できる。以下にその成果を挙げる。

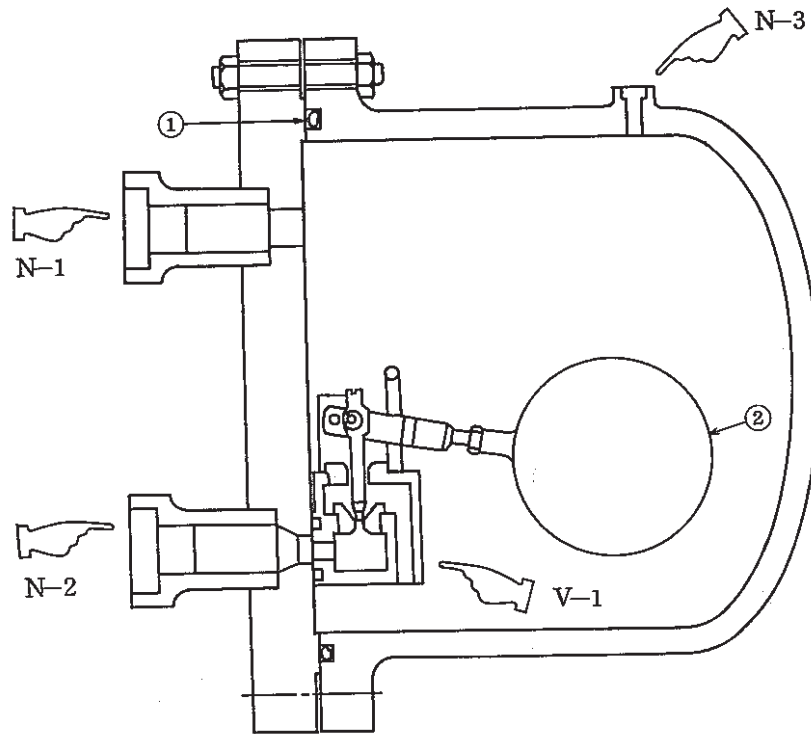
- (1) 廃ガス系、燃料洗浄廃ガスドレン等の各ドレン配管に勾配を保つように布設し、これらドレン配管相互で高汚染水が低汚染域へ逆流することを防ぐこととした。従って周辺機器(C/Pドレントラップ等)の保守作業性が向上するとともに、高汚染水の配管内滞留がなくなることで被ばく低減も期待できる。
- (2) 床ドレンピットタンクの液位検出器に非接触式(超音波レベル計)を採用することにより、計器校正等の定常的な保守作業の大幅な時間短縮が計れる。又、同タンクの自動汲み上げが可能となった。
- (3) 床ドレンピットタンクの主要部を溶接構造にすることにより廃液漏洩等の可能性がなくなり、更らには上部管板を厚くしたので機器表面線量が従来の実績の約1/3となった。

- (4) 廃ガスヘッダドレントラップの機能が充実したことにより、下流側機器（プレフィルタ、圧縮機等）の凝縮水による不具合の解消が期待できる。
- (5) 床ドレンピットタンクをFig 4.7.6に示す状態で床ドレンピットに据付けたことにより、これまでオープンであった同ピットが大気から完全に隔離されたことと、液位検出機能（高のみ）も充実したことにより、オーバーフロー等が未然に防げる。

4.7.5. 考 察

本、改造工事は、Ar 廃ガス系の設計評価結果に基づき計画、実施されたもので今回実施したものは、その評価結果により判明した多くの問題点（初期設計段階で不明点があったこと、現地工事に於いて保守性への配慮が欠けたこと等）の一部を解決、改善したものであり、前項で述べたように、その成果の一つ一つはわずかで、かつ細かいものであるが、総合的には大きく安全性が得られるとともに、保守性、運転性もレベルアップした。

更らには今回の経験が今後予定されている燃料限界燃焼試験対策（CGCSの設置、ポストフィルタユニットの改造等々）に、あるいはその他の改善に生かされ、本系統は名実ともに廃ガス処理系として有能な設備となる為の第一歩である。



符号	名称
N-1	ドレン入口
N-2	ドレン出口
N-3	均圧配管接続口
①	ガスケット
②	フロート
V-1	バルブ機構

Fig 4.7.1 ドレトラップ構造図 (改造前)

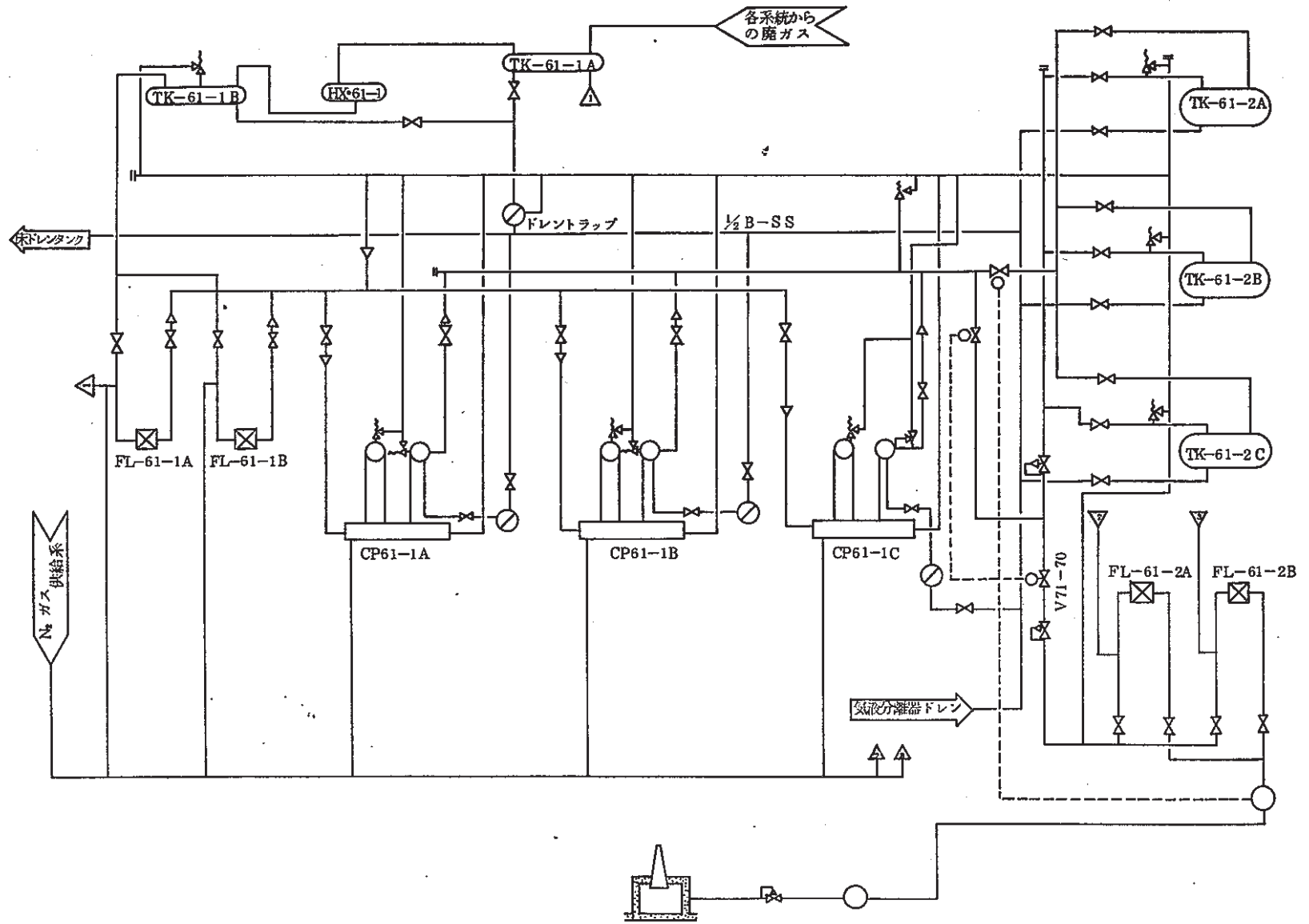


Fig 4.7.2 Ar 廃ガス系概略系統図 (改造前)

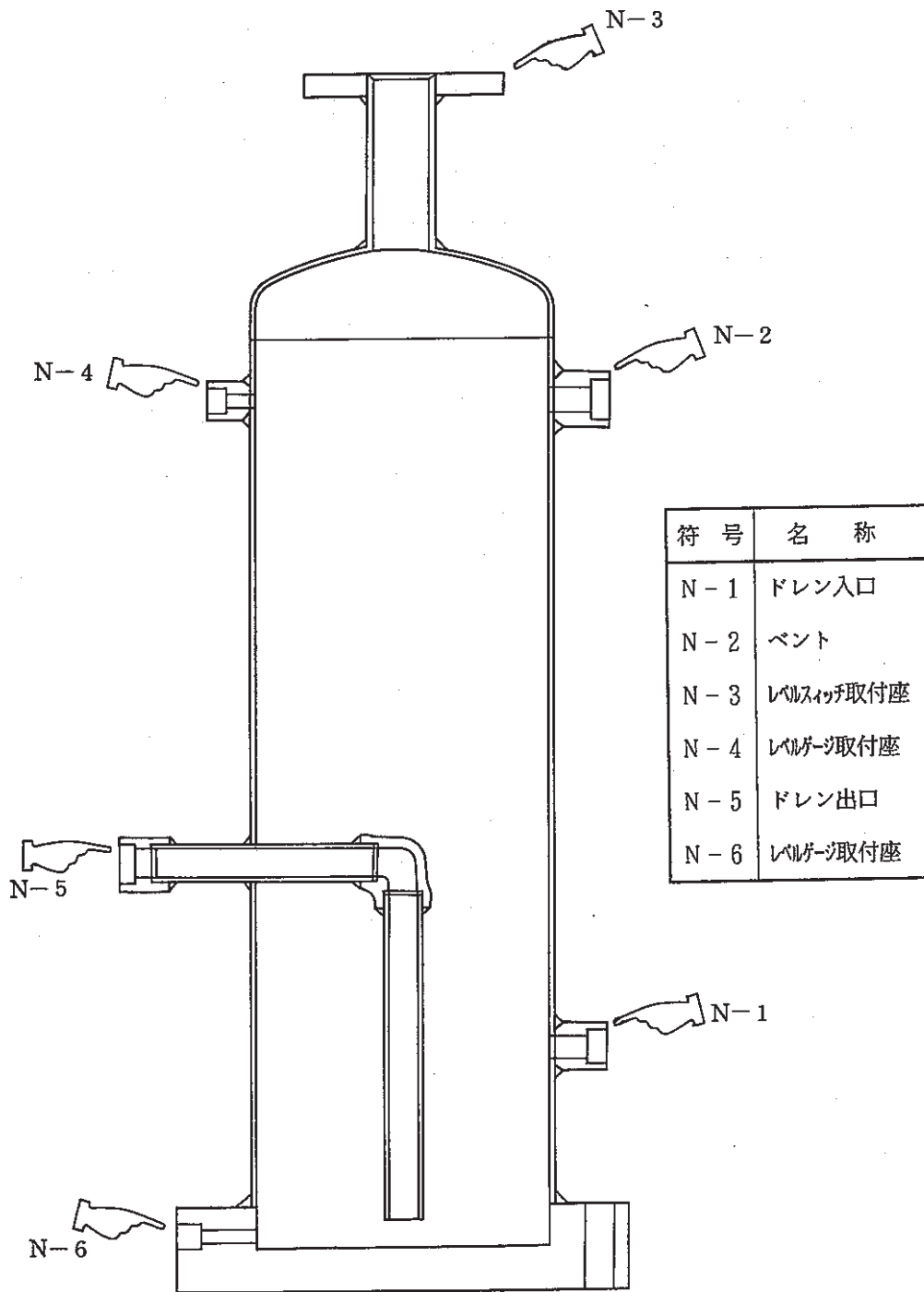


Fig 4.7.3 ドレントラップ構造図 (改造後)

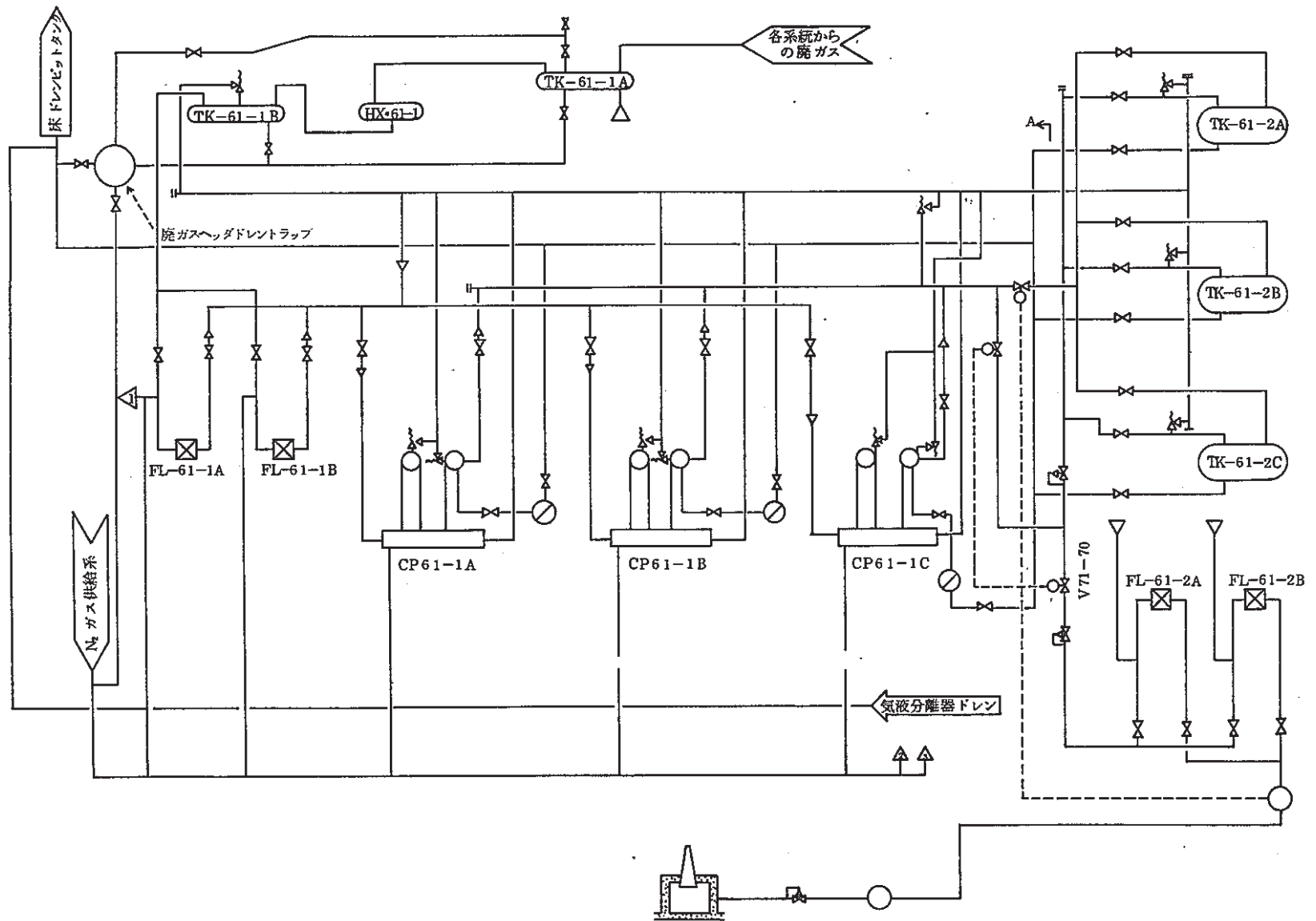


Fig 4.7.4 Ar 廃ガス系概略系統図 (改造後)

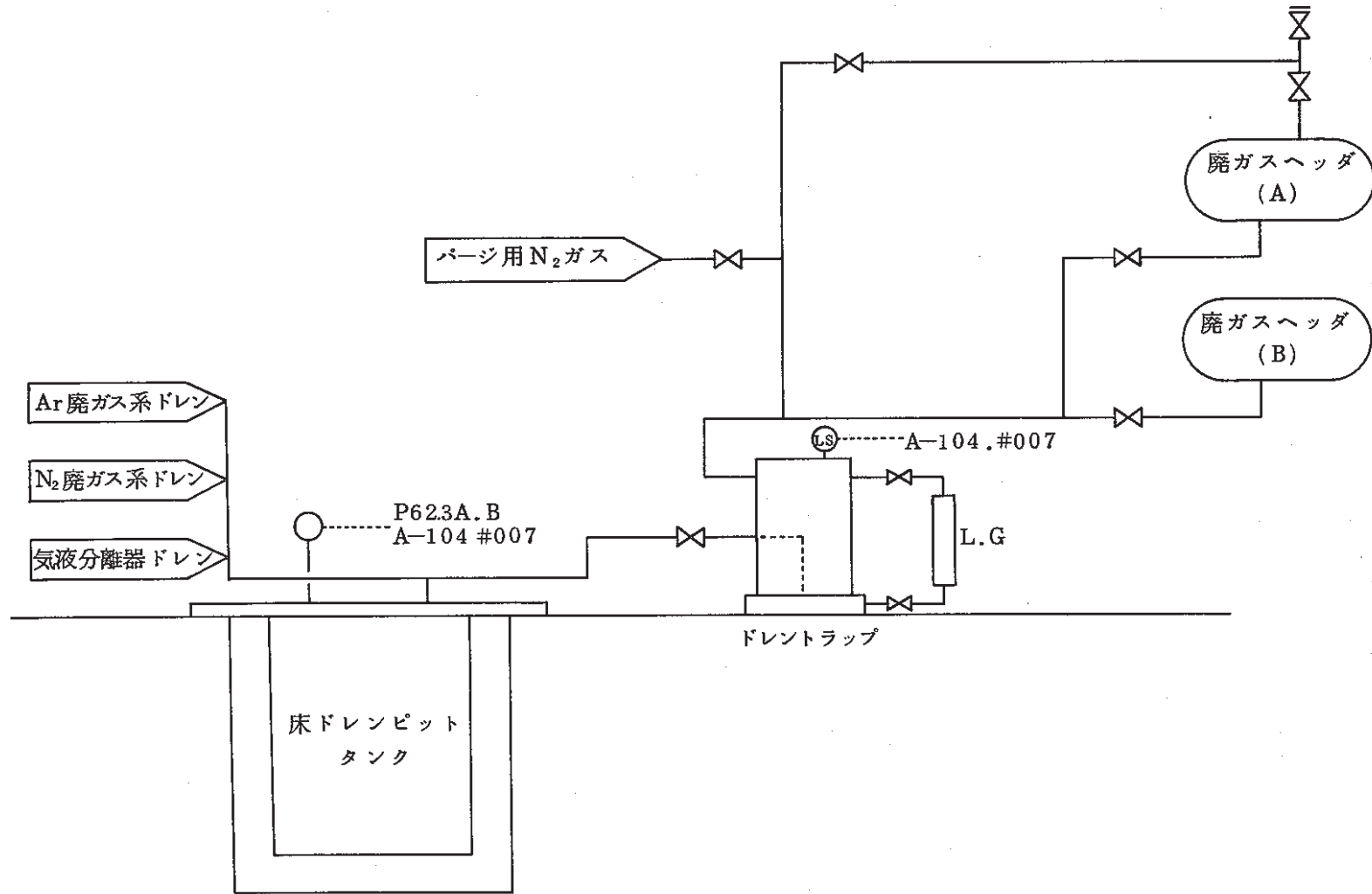
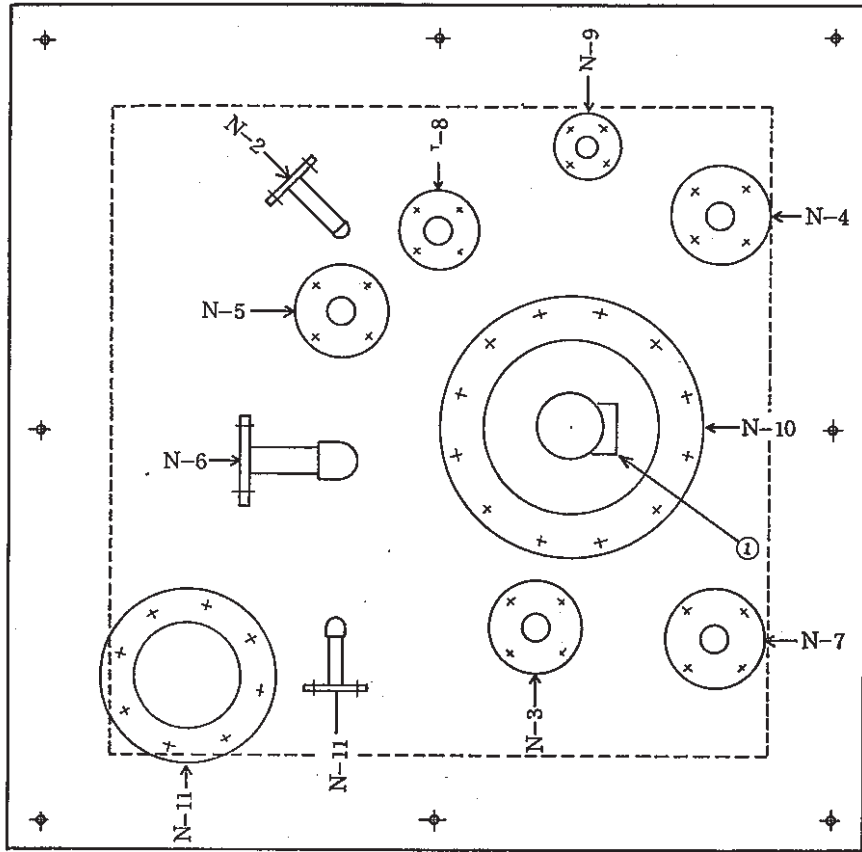


Fig 4.7.5 ドレントラップ廻り詳細系統図



符号	名称
N-1	ポンプ排水入口
N-2	〃
N-3	廃液入口
N-4	ピット側 サクション
N-5	タンク側 サクション
N-6	廃液入口 スイッチ
N-7	ピット液面 レベル計
N-8	タンク側 ベント
N-9	ピット側 ベント
N-10	レベル計 点検口
N-11	ピット側 点検口
①	超音波 レベル計
②	シムプレート
③	ガスケット

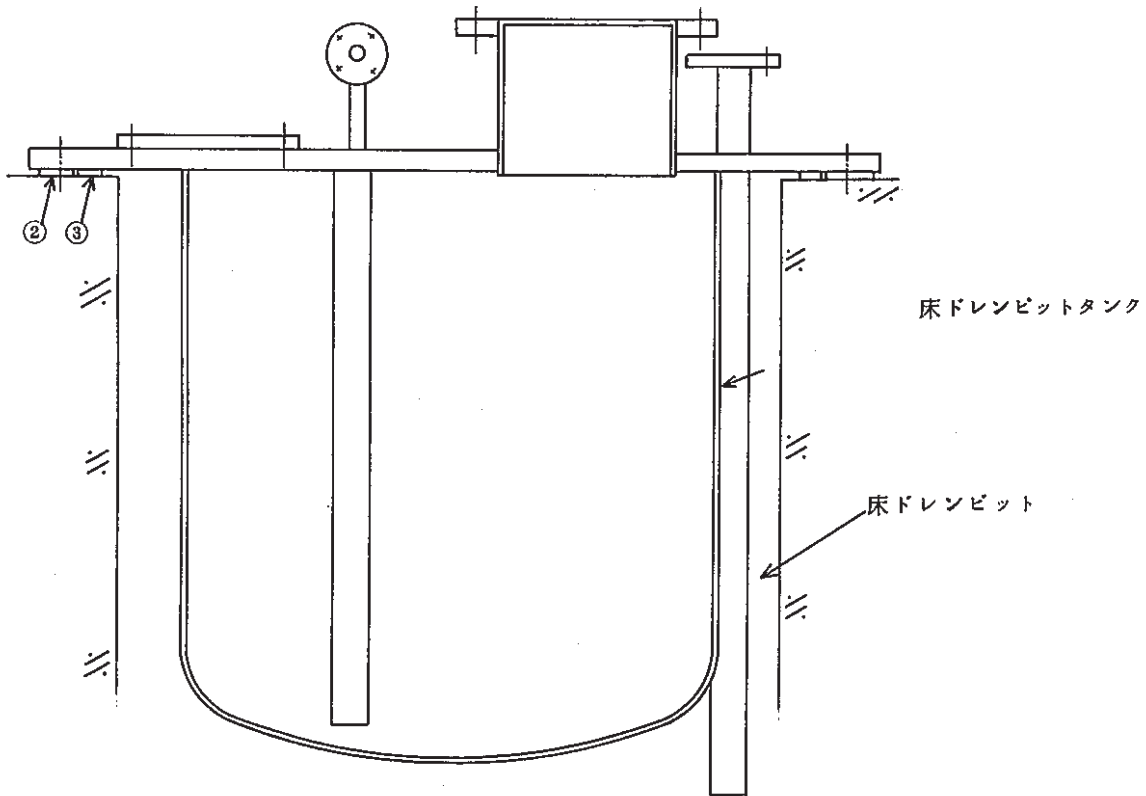


Fig 4.7.6 床 dren ピットタンク構造図

4.8 格納容器局部漏洩率試験用N₂供給配管布設

4.8.1 目的

「常陽」の原子炉格納容器の構造健全性を確認するため、定検毎に実施されている格納容器局部漏洩率試験（以下PCV L/Tと略す。）は、B種（貫通部）32系統、C種（隔離弁）26系統を対象としており、それらのほとんどがN₂ガスによる加圧試験で、その加圧測定箇所は格納容器内付属建家アニュラス部の広範囲に広がっている。

従来、本試験の実施にあたっては、アニュラス部等の狭い作業場所にN₂ポンペを持ち込んで試験を行っていたが作業能率が悪く、また重量物取扱い作業となるため危険であり、安全上も好ましくない。

よって、今回PCV L/T B、C種に先立ち、作業の簡略化と作業者の安全を目的とし主要な試験加圧箇所にN₂供給配管を布設した。

4.8.2 作業内容

(1) N₂供給配管布設

N₂供給配管はFig 4.8.1に示すように、付属建家（A-306室）に設置されている既設のN₂供給ヘッド-TK74-3から供給し、これより付属建家側及びアニュラス部側の各試験加圧箇所まで布設した。

Fig 4.8.2にN₂供給配管系統図を示す。

(2) 試験、検査

① PT検査

N₂供給配管の溶接箇所全数を対象にPT検査を行い全て異常が無い事を確認した。

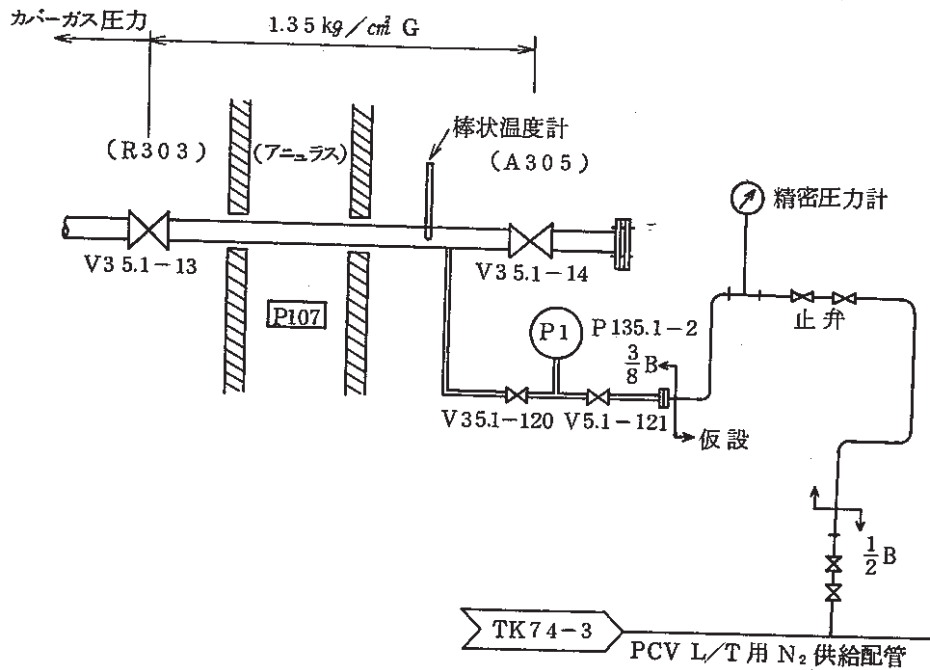
② 耐圧漏洩検査

N₂供給配管の使用圧力7kg/cm²に対して1.25倍の8.8kg/cm²を検査圧力とし、供給側の元弁を閉とした状態で圧力降下及び石けん水にて接続部、バルブ等からの漏洩が無い事を確認した。

4.8.3 試験手順

(1) 仮設配管の継ぎ込み

N₂供給配管の加圧タップから試験加圧タップまでは、下図のとおり試験時のみ高圧ホースまたは銅管により仮設で継ぎ込みを行う。



1次ナトリウム充填ドレン系局部漏洩率試験要領図

(2) 試験手順

仮設ラインの継ぎ込み終了後、N₂供給配管側の元弁を徐々に開とし、仮設ライン圧力計を監視しながら試験圧力1.35kg/cm²gまで加圧し元弁を閉とする。

仮設ラインからの漏洩が無い事を確認した後、各測定時間での漏洩率試験を実施し、その後試験系統内のN₂ブローと仮設ラインの取り外しを行う。

4.8.4 対象となる試験系統

PCV L/T B、C種の加圧箇所は、格納容器内、付属建家、アニュラス部と広範囲に広がっており、総ての試験系統にN₂供給配管を布設することは困難である。

よって、Table 4.8.1に示す試験系統を対象とした。

4.8.5 まとめ

従来、PCV L/T B、C種は加圧試験に至るまでN₂ポンベの搬入、仮設ラインの継ぎ込み等の作業準備に多大な時間を浪費しており、前回（第4回定検時）のPCV L/T B、C種では、全試験終了までに延べ約60日間の作業期間を有していた。

今回のN₂供給配管布設により、第5回定検期間中に実施したPCV L/T B、C種試験では、実績工程上前回と比較し延べ約10日間の作業期間短縮を図ることができた。

一方、マンパワーに係る人工削減の面からも前回360人工/作業から今回230人工/作業と約30%の低減を図り、これにより本試験に係る経費削減の観点からも約100万の削減となった。

また、N₂ポンベの消費量も今回の改造により必要最小限に止める事ができた。

4.8.6 考察

今回の改造により当初の目的はほぼ達成されたものの今後、PCV L/T B、C種実施に於いては、以下の作業性を考慮すれば、更に作業能率は向上すると思われる。

(1) B種試験

B種試験の加圧測定箇所は、アニュラス部に密集しているため、N₂供給ラインを使用し1日最大6～7系統の試験を同時に実施することが可能である。

よって、これらを反映した工程立案により、更に作業期間の短縮を図ることが可能である。

(2) C種試験

C種試験は隔離弁であることから、プラント状態との関係で別系統の試験を同時に実施することは困難であるが、次の様な改善を施すことにより更に作業性は向上すると思われる。

① 窒素ガス供給系入口（V74-5、6）

本試験の準備作業としてFig 4.8.3に示す様にV74-4を閉とし、系統内及び窒素供給ヘッダー（TK74-2）内のガスブローを行い、大気圧状態で隔離弁V74-5、6を閉とし試験圧力1.35kg/cm²に加圧し漏洩率試験を実施している。

この準備作業では、TK74-2の窒素ガスブローに係る時間の浪費とTK74-2から供給している各系統の隔離は已むを得ず、今後試験準備の時間短縮と各系統へのバックアップを確保するためには、TK74-2とV74-6間に仕切弁を設置する必要がある。

また、試験後の窒素ガスブローの際、P174-1から仮設ブローホースを接続し屋外に大気開放しているが、同室の既設窒素タンクブローラインに継ぎ込むことにより、作業性の向上を図る事ができる。

② 1次Arガス系入口(V36.1-6、7)

前項①と同様にFig 4.8.4に示すように、Ar供給タンクTK36.1-1は大容量であることから、系統圧ブローに係る作業時間は無視できず、また約10m³のArガスを大気開放するのは非常に無駄である。

よってV36.1-6とTK36.1-1間に仕切弁を設置しTK-36.1-1を隔離することにより時間の浪費と経費削減を図る事ができる。

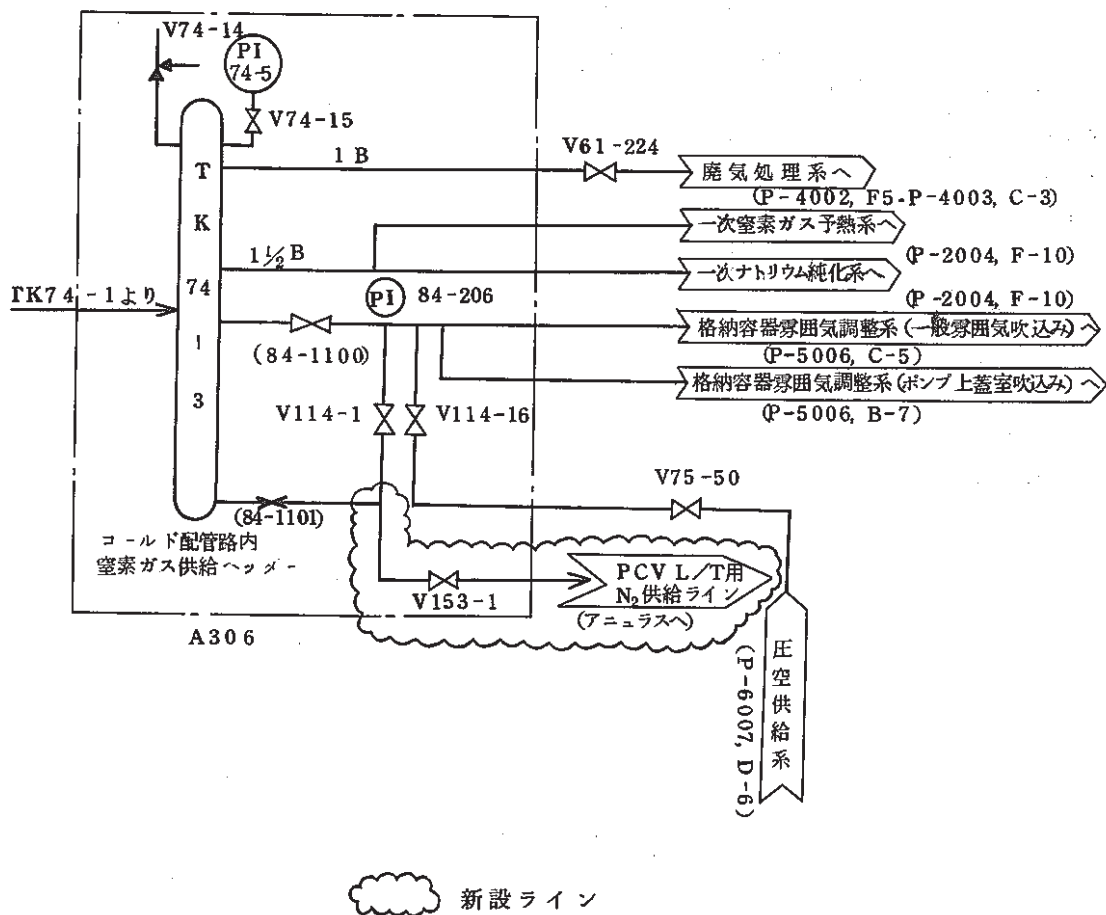


Fig 4.8.1 PCV L/T N₂供給配管取合図

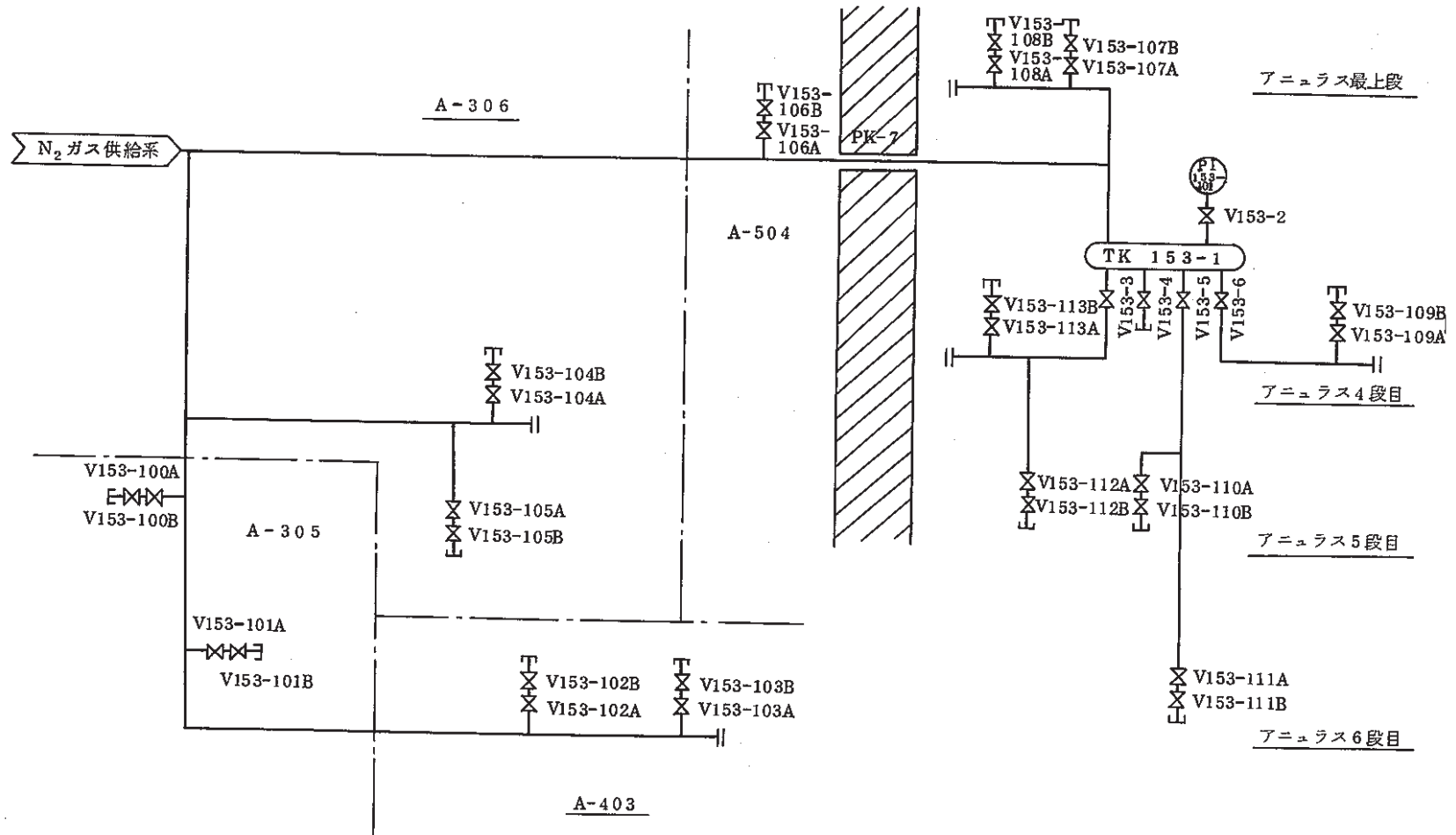


Fig 4.8.2 PCV L/T N₂供給配管系統図

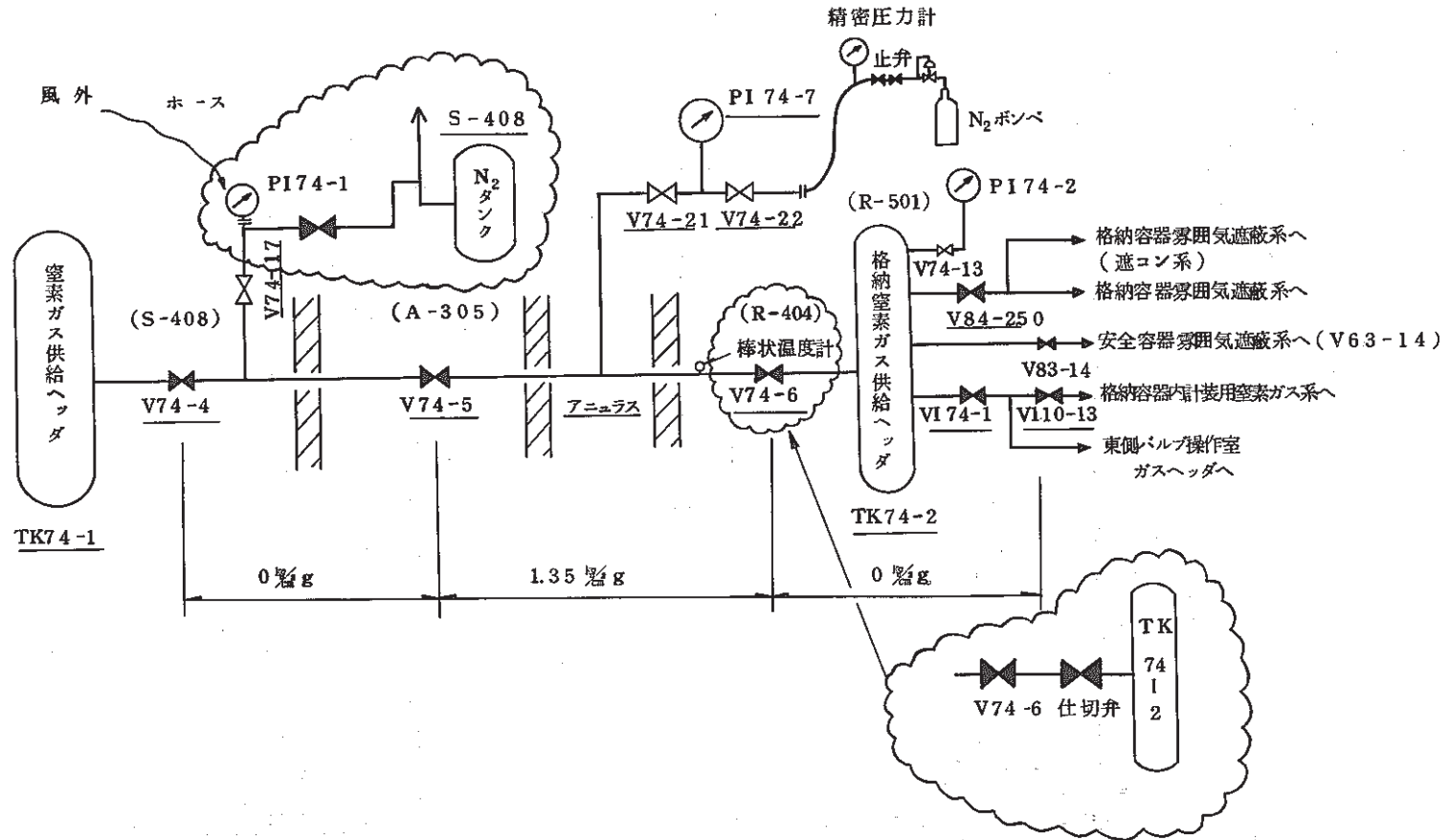


Fig 4.8.3 窒素ガス供給系入口局部漏えい率C種試験フローシート

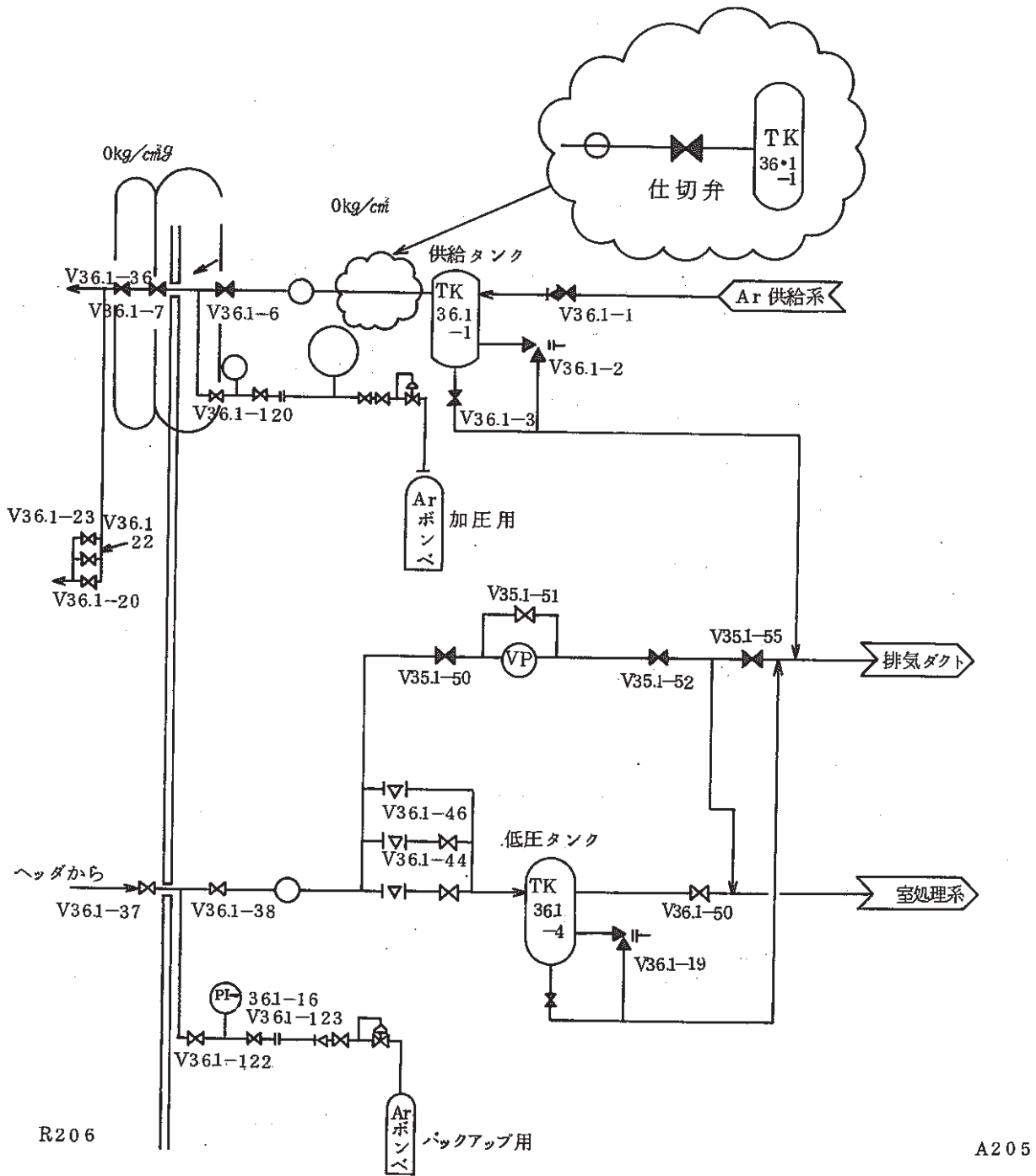


Fig 4.8.4 1次Arガス入口側C種PCV L/T状態図

Table 4.8.1 B、C種試験対象系統

B種試験対象範囲

貫通部 番号	系 統 名	試 験 部 加圧流体	圧 力 測 定 箇 所
	所員用エアロック	A I R	※) A - 5 0 1
	非常用エアロック	"	※) A - 5 0 7
	機器搬出入口	N ₂	※) A - 5 0 1
	トランスファロータ	"	※) A - 5 0 1
P101	2次主冷却系(入口)	"	A - 3 0 5 アニュラス
P102	" (入口)	"	A - 3 0 5 アニュラス
P103	" (出口)	"	A - 3 0 6 アニュラス
P104	" (出口)	"	" "
P106	2次Na充填ドレン系	"	" "
P108	2次補助冷却系(入口)	"	" "
P109	" (出口)	"	" "
P202	Arガス供給系	"	アニュラス
P203	燃取Arガス系(排気)	"	"
P204	燃料つかみ部洗浄設備	"	"
P307	コンクリート遮蔽体冷却系 (入口)	"	"
P308	" (出口)	"	"
P309	格納容器床上予備 N ₂ 供給系(入口)	"	"
P310	格納容器B M I予備 N ₂ 供給系(入口)	"	"
P311	窒素ガス供給系	"	"
P312	格納容器N ₂ ガス排気系	"	"
P400	格納容器雰囲気調整系 空気供給(入口)	"	"
P401	" (出口)	"	"
P402	圧縮空気供給系	"	"
P500	燃料つかみ部洗浄設備	"	"
P501	格納容器差圧検出端	"	"
P600	フロン冷媒系(液)	"	"
P602	フロン冷媒系(ガス)	"	"
PK1	ケーブルペネトレーション	"	※) A - 2 0 4
PK2	"	"	※) "
PK4	"	"	A - 4 0 3
PK5	"	"	A - 4 0 5
PK6	"	"	A - 5 0 4
PK7	"	"	"
PK8	"	"	※) A - 6 0 5

※) 対象範囲外

C種試験対象範囲

貫通部 番号	系 統 名	隔 離 弁 番 号	試 験 部 加 圧 流 体	圧 力 測 定 箇 所
P106	2次Na充填ドレン系	V35.2-7, 8, 9A, 9B	Ar	※) R-405
P107	1次Na充填ドレン系	V35.1-13, 14,	"	A-305
P200	1次Arガス系(入口)	V36.1-6, 7,	"	※) A-206
P201	" (出口)	V36.1-37, 38	"	※) "
P202	Arガス供給系	V73-12, 13	"	※) R-501
P203	燃料取扱系Arガス設備	V24-215, 216	N ₂	アニュラス
P204	燃料つかみ部洗浄設備	V21-35, 36	"	"
P300	予熱N ₂ 系	V71-5	"	※) A-206
P301	"	V71-4	"	※) "
P302	"	V71-10	"	※) "
P303	"	V71-9	"	※) "
P304	1次Na純化系(入口)	V34.1-22, 34	"	A-306
P305	" (出口)	V34.1-24, 35	"	"
P306	安全容器呼吸系	V71-34, 35	"	※) A-206
P309	格納容器床上予備 N ₂ 供給系(入口)	V84-20	"	A-305
P310	格納容器BMI予備 N ₂ 供給系(入口)	V84-21	"	A-306
P311	窒素ガス供給系	V74-5, 6	"	アニュラス
P312	格納容器N ₂ ガス排気系 (出口)	V84-93, 94	"	A-401
P400	格納容器雰囲気 調整系空気供給(入口)	V84-17, 18	"	※) A-704
P401	" (出口)	V84-39, 40	"	※) A-304
P402	圧縮空気供給系	V84-190, 191	"	
P500	燃料つかみ部洗浄設備	V21-62, 63	"	アニュラス
P501	格納容器差圧検出器	V84-202, 203	"	A-311
P600	フロン冷媒系(液)	V84-76, 78	"	A-401
P602	" (ガス)	V84-77, 85	"	"
V-100 101 102	真空破壊弁	V81-202, 205, 207	"	アニュラス

※) 対象範囲外

5. 保守計画と成果

5.1 炉容器液面計のCPU補正による高精度化及び自動校正

従来原子炉容器Na液面計の測定範囲はGL-6100（通常運転時炉容器Naレベル）を0mmとして±350mmであったが、原子炉容器Na液位監視機能を向上し、床下メンテナンスモード時（1次系主配管ドレン時）にも液面の監視が出来るようにマイナス側の測定範囲を-350mmから-1600mmに拡大した長尺の液面計が設置された。しかしながら従来の誘導式連続Naレベル計は一般計器誤差に加えて検出器出力の非直線性、Na温度の依存性、検出器の製作誤差などからフルスケールに対して±3%が保証限界であった。誤差±3%では測定長1950mmに対して誤差が±59mmとなり、炉容器Na液位低警報（-50mm）が通常運転時にも発生する恐れがあり運転上支障をきたすことになる。そこで誤差要因を分析したところ最も影響の大きいものは測定スパンに対する直線性の誤差とゼロ点の測度依存であることから、この2つに着目し逆関数法によりその出力特性を改善することによって高精度化を図った。また本システムでは実液校正時の調整も簡単に行えるようにしており、従来熟練した技術者が微妙にトリマーを調整していたものを、キーボードのボタンを押すだけで誰にでも簡単に行なえるようにしている。

5.1.1 直線性の補正

Naレベル計の直線性を次のように定義する。

$$\text{直線性（相対誤差％）} = \frac{\text{測定値} - \text{真値}}{\text{測定長}} \times 100（\%）$$

この値はNaを模擬したアルミパイプによる測定やリファレンス用のNa液面計を備えた校正のループなどによって得られ、Fig 5.1.1のようなカーブになることが知られている。（但しウェルがない場合はウェルによる影響が排除され全体の誤差は小さくなる）そこでこの直線性を改善するためにこの誤差カーブと正負が反対の曲線で補正するシステムを考案した。原理上は誤差カーブと全く同形のカーブで補正すると誤差がゼロとなるが、今回は実機への初めての適用であることも考慮して、Fig 5.1.1に示すように変曲点を2点有する直線にて補正することにした。この補正カーブにより補正してやると、補正前 $\bar{a}\bar{b}$ の誤差のある点において $\bar{b}\bar{a}$ の補正值により補正後の誤差は $\bar{b}\bar{c}$ となり、誤差 $\bar{a}\bar{b}$ に対し

て格段の精度向上を図ることができる。この変曲点の位置ならびに補正量はNa校正ループ(SOLCAT)による実液校正から求めた誤差カーブより決定した。

直線性補正後のデータをFig 5.1.2に示す。

変曲点2点では測定スパン全域にわたって補正することはむずかしく、「常陽」の運転上重要な約60%から約80%の点(約1200mm~1600mm)の間で最大の改善が得られるように変曲点を約61%(1200mm)及び約72%(1400mm)に選び、最大補正量は-3.0%に設定した。

これにより約60%(1200mm)から80%(1600mm)の間で補正前は直線性誤差が最大+3.2%FS(at1200mm)であったものが補正後は運転上重要な1200mm以上のレベルにおいて最大誤差量で+0.5%FS(at1600mm)の改善が得られた。また0%(0mm)から100%(1950mm)の全測定範囲内では補正前最大誤差+3.0%FS(at1200mm)であったものが補正後には-1.0%FS(at400mm)への改善ができた。

5.1.2 ゼロ点温度影響値の補正

誘導式ナトリウムレベル計は、その使用温度により冷却材であるNaの密度変化等により2次コイル出力が変化する。このため高速炉のようにその使用温度が200℃~500℃と使用温度範囲が広い場合は計器誤差を生ずる。従来これを補償する方法としては2次コイルに温度信号を得るための直流信号を加え、2次コイルの電気抵抗が温度により変化することから温度信号に変換し、この信号によりレベル信号を補正している。しかしながら主にステンレス鋼の電磁氣的性質の変化のため、Fig 5.1.3のように検出器のゼロ点が温度により影響を受ける。そこで従来の温度補償に加えてこのゼロ点の温度影響をなくすように、直線性の補正と同様の手法で補正を行った。ゼロ点の温度によるドリフトはFig 5.1.3に示すように下に凸の2次曲線である。従ってこれと正負が反対の2次曲線で補正してやることにより、使用温度範囲に渡ってフラットな特性が得られる。図に示すように補正前 \bar{b}
 \bar{a} の誤差があったものが \bar{a}
 \bar{b} の補正により \bar{b}
 \bar{c} の誤差に小さくすることができる。この補正值もNa校正ループSOLCATによる実液校正試験により求め、補正值は0.7%とした。

5.1.3 補正システムならびに自動校正システム

本システムの全体のシステムをFig 5.1.4に、補正システムならびに自動校正システムをFig 5.1.5に示す。

検出器の2次コイルに誘起した電圧信号(レベル信号)は信号変換器で増幅され4~20

mAの電流信号に変換される。変換器の出力信号はA/D（アナログ/デジタル）変換器でデジタル信号に変換され信号補正システムに入力される。入力された信号はここで直線性ならびにゼロ点の温度影響に対しマイクロコンピュータにて補正が行なわれ精度向上が図られる。高精度となった検出器の信号はD/A変換器にて再びアナログ信号に変換され、液位表示器にてNaレベルが表示される。直線性ならびに温度補正のための補正データと補正のためのプログラムはROMに記憶されており、MPUによりRAM上で計算が行なわれる。レベル信号と温度信号ならびにキーボードからの入力データはPIAを通してMPUに送られる。

本システムでは信号補正の他に自動校正機能も有している。従来ゼロ点とスパン点の調整は熟練した技術者が調整用のトリマーを微妙に調整することにより行っていたが、これをボタンをおすだけで誰にでも簡単に行えるようにしたものである。Fig 5.1.6に示すように、Naレベルを検出器下限以下に下げたとき、本来出力電流値は4mAになるはずであるが、これがずれていた場合、全体をシフトしてゼロ点が4mAになるように演算を行う。またスパン点にNaが達したときの信号がずれていた場合には、図のように傾きを変えることにより本来のスパン点に見合った出力値に演算するものである。自動校正装置内では次のような演算が行なわれている。

$$I e' = [(I e - Z) - 4] \times S k + 4$$

$I e'$: 計算機出力信号

$I e$: 計算機入力信号

Z : ゼロ点校正の補正量

$S k$: スパン校正の係数

ナトリウムの液面がゼロ以下のときレベル計の出力は最低の4mAでなければならないので計算機の入力に対して補正量Zにより $[(I e - Z) - 4]$ が0mAになるようにゼロ点が補正される。スパン点に対しては当該スパン点の出力電流値と一致するように係数Skが掛けられ補正される。実際の校正ではナトリウムを測定下限以下に下げたときにセットゼロのボタンを押してゼロ点を合わせ、スパン点に対しては定点校正点あるいはNaのオーバーフロー点などあらかじめレベルが判明している液位までナトリウムを上昇させ、その点に見合った電流値をキーボードより入力しセットスパンのボタンを押す。このようにキ

—ボートの操作だけで簡単に校正が行える。

5.1.4 実機使用状況

ナトリウム液面計の精度は今までも延べてきたように、ナトリウム液位が変化するとき、真値に対してどれくらいの誤差が生ずるか、またナトリウム温度が変化したときにどれくらい温度影響を受けるかの2点である。

実機でのNaレベルの変化に対する液面計の変化はNaの充填ドレン時にJOYDASがメンテナンス中であったためデータが得られなかったので、原子炉の起動・停止時におけるNa温度の変化に対して考察してみる。

Fig 5.1.7 (1)~(3)に第8サイクルの起動・停止及び第9サイクルの起動時における長尺液面計の指示とNa温度とのメソプロット図を示す。また、Fig 5.1.7 (4)~(6)に同じく既設の短尺Naレベル計の指示とNa温度とのメソプロット図を示す。Na温度の変化幅は原子炉起動時の250℃から最大出力時の500℃である。この温度変化幅に対するレベル計の指示の最大値と最小値は以下の通りである。

測定対象	MAX (mm)	MIN (mm)	|MAX - MIN| (mm)
長尺レベル計 第8サイクル起動時	22.2	-1.0	23.2
長尺レベル計 第8サイクル停止時	18.5	-7.0	25.5
長尺レベル計 第9サイクル起動時	3.9	-9.5	13.4
短尺レベル計 第8サイクル起動時	16.0	-15.7	31.7
短尺レベル計 第8サイクル停止時	18.6	-12.3	30.9
短尺レベル計 第9サイクル起動時	12.9	-17.9	30.8

これからわかるように長尺液面計の方が指示値の最大値と最小値の差が小さいことがわかる。この出力上昇あるいは下降時における指示値の変化がNa温度の影響であるかどうかをみるために、Na液位と温度との相関係数 r を次式により算出した。

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{但し } \bar{x} = \sum_i x / n, \bar{y} = \sum_i y / n)$$

相関係数 r は $-1 \leq r \leq 1$ の数値をとり、 -1 あるいは 1 に近いほど観測値 (x 、 y) の相関は強く、 $r = 0$ のときは無関係である。計算結果を次に示す。

測定対象	相関係数 r
長尺レベル計 第8サイクル起動時	0.791
長尺レベル計 第8サイクル停止時	-0.549
長尺レベル計 第9サイクル起動時	-0.185
短尺レベル計 第8サイクル起動時	-0.966
短尺レベル計 第8サイクル停止時	-0.923
短尺レベル計 第9サイクル起動時	-0.935

このように短尺のレベル計はいずれも負の相関が0.9以上でNa温度との相関が高いが、長尺のレベル計は第8サイクル起動時に相関係数が少々高いものの、全体的に相関係数が小さく、Na温度の変化に対してレベル計の指示はあまり影響を受けてないといえる。

このことから出力上昇時あるいは下降時においてNaレベル計の指示は微小ではあるものの変化するが、短尺のレベル計はNa温度の影響を強く受けており、そのために誤差が発生している。一方、長尺のレベル計の変化は温度の影響よりも測定系全体の誤差に起因するものと推定され、Na温度の影響はあまり受けていない。これはSOLCATでの実液校正時に実施した温度補正回路の定数の設定がうまくいったことと、今回採用したゼロ点の温度影響値の補正回路が有効に働いたものと推定される。

前にも述べた指示値の最大値と最小値との差は長尺レベル計で20mm前後、短尺のもので

30mm程度である。長尺レベル計の計測スパンが短尺のものに比べて約2.78倍であることを考えると今回の炉容器液面計は従来のものに比べてかなり高精度のものに出来たということが、実機での使用データからも明らかとなった。尚、相関係数が-1あるいは1に非常に近い場合は1次式による直線回帰が可能である。従って短尺レベル計の3つのデータについて最小二乗法により回帰直線を参考に求めてみた。

$y = \beta_0 + \beta_1 x$ としたときの係数 β_0 、 β_1 は次の通りである。

測定対象	β_0	β_1
短尺レベル計 第8サイクル起動時	387.5835	-101.4408
短尺レベル計 第8サイクル停止時	398.1431	-94.9059
短尺レベル計 第9サイクル起動時	375.6423	-90.8036

このように各係数にはあまり大きな差はなく、一定の傾向があることを示している。

検出器の精度向上のための特性改善は、その検出器本来の特性を理解した上で行なわなければ、検出器の性能を落とすことにもなりかねないので慎重に行なわなければならないが、このように特定の傾向がある場合は特性改善による精度向上が可能であり、今後の機器開発の参考としてゆきたい。

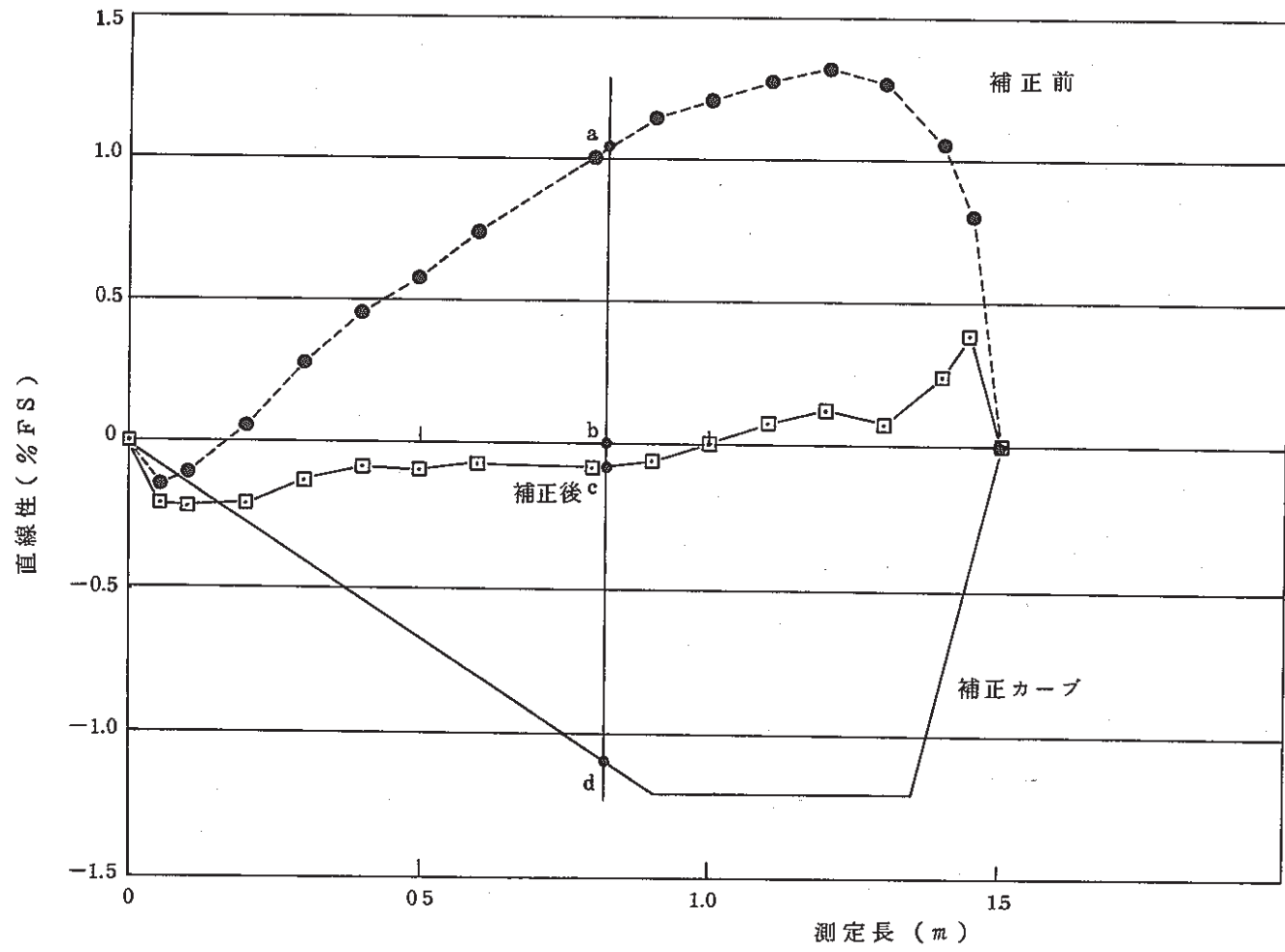


Fig 5.1.1 直線性補正の特性

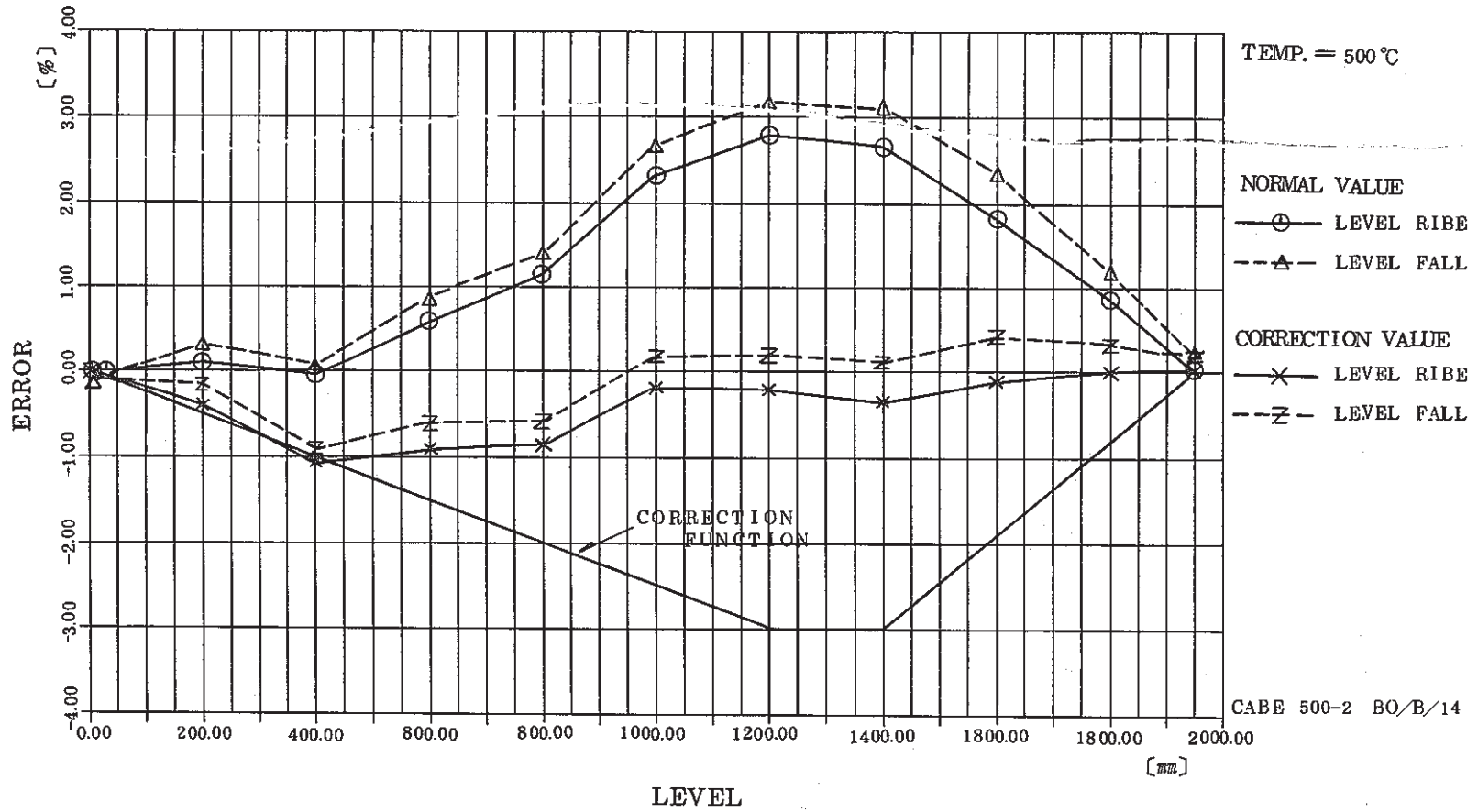


Fig 5.1.2 校正ループによる直線性補正前後のデータ

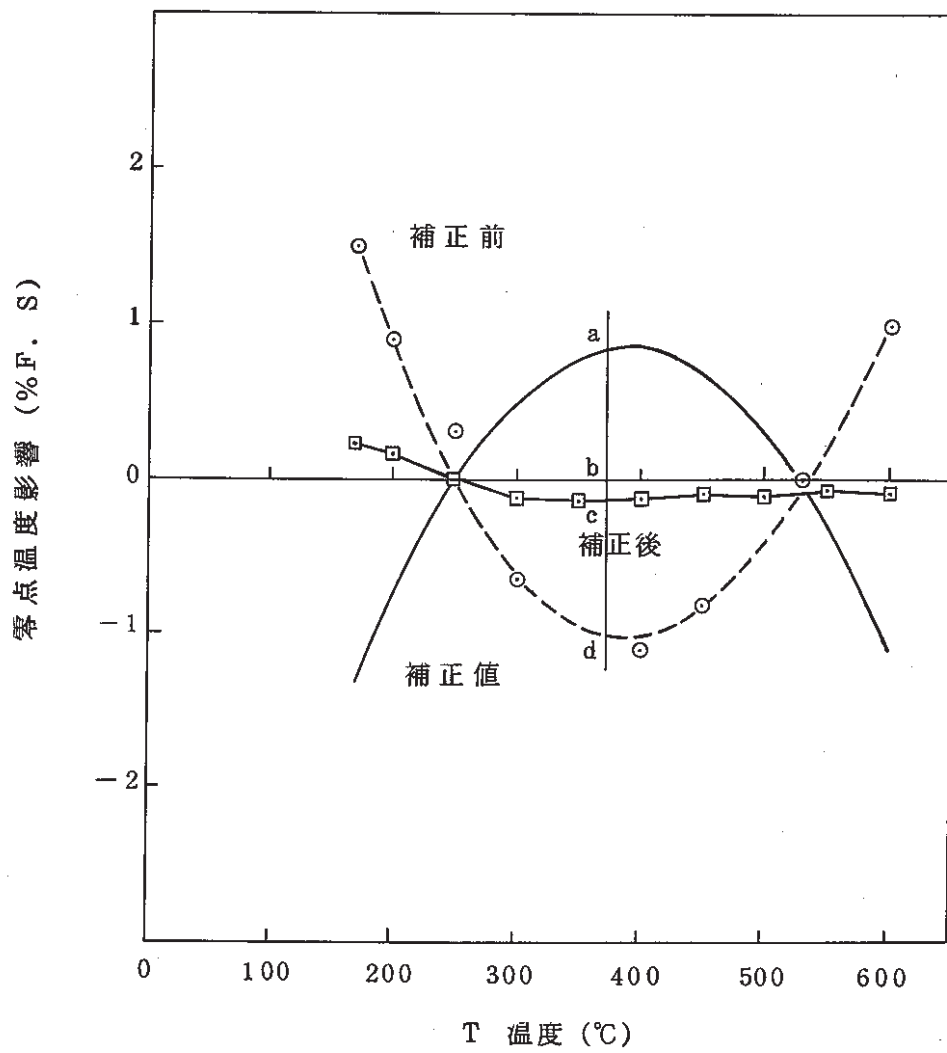


Fig 5.1.3 ゼロ点温度影響補正後の特性例

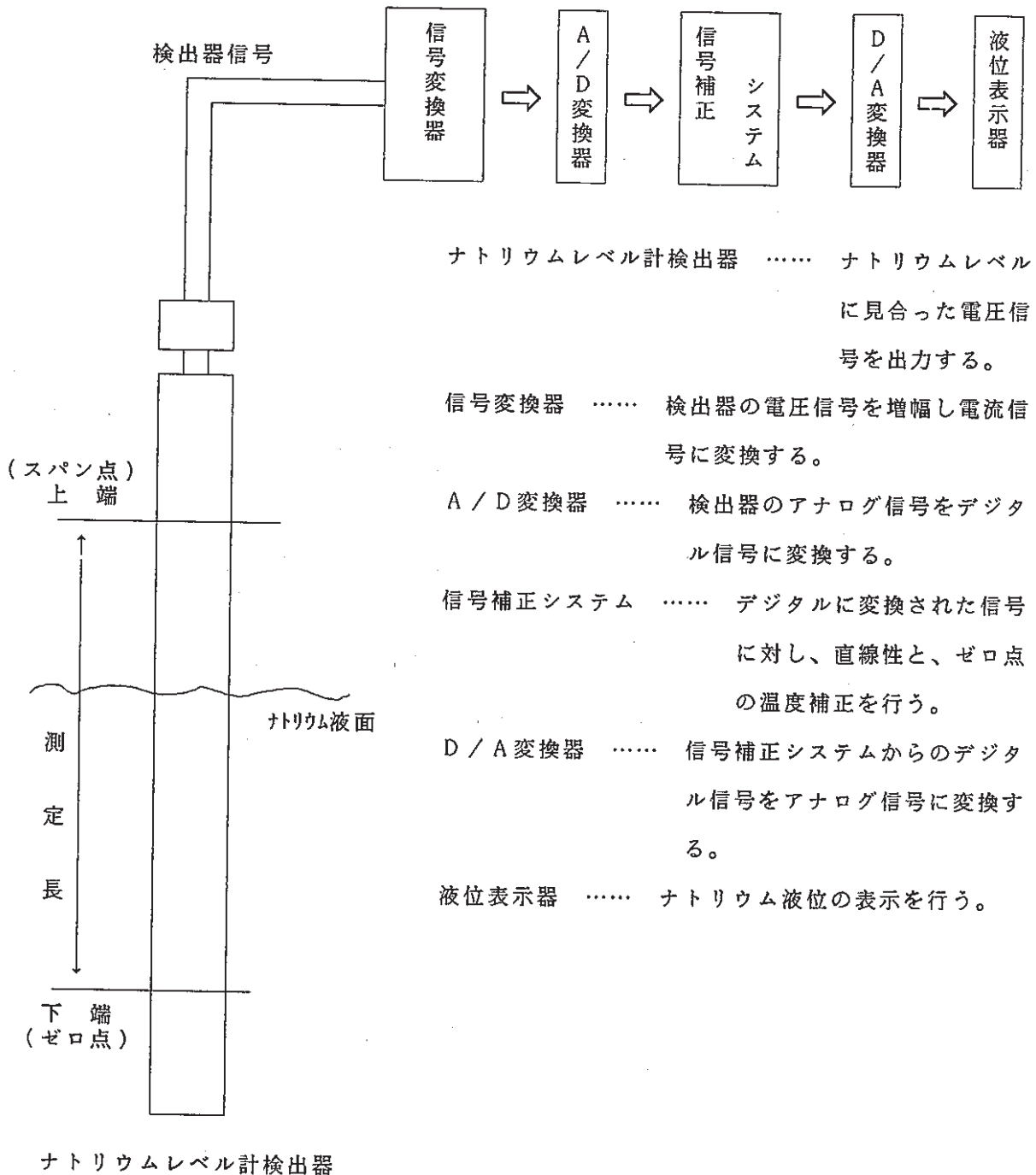


Fig 5.1.4 全体構成図

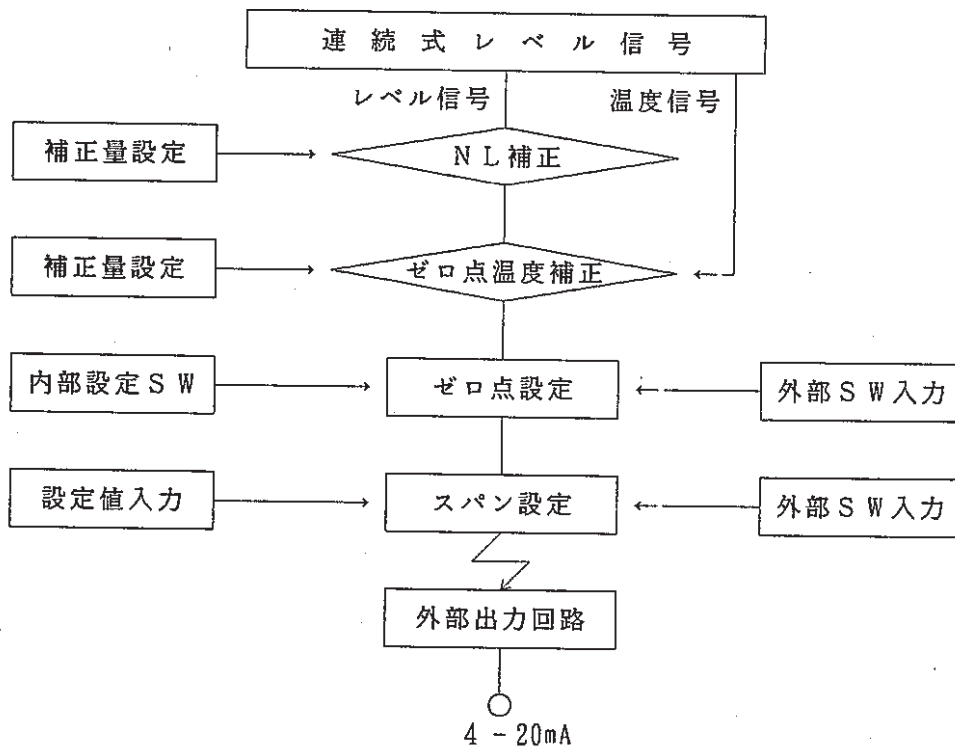


Fig 5.1.5 補正システム構成図

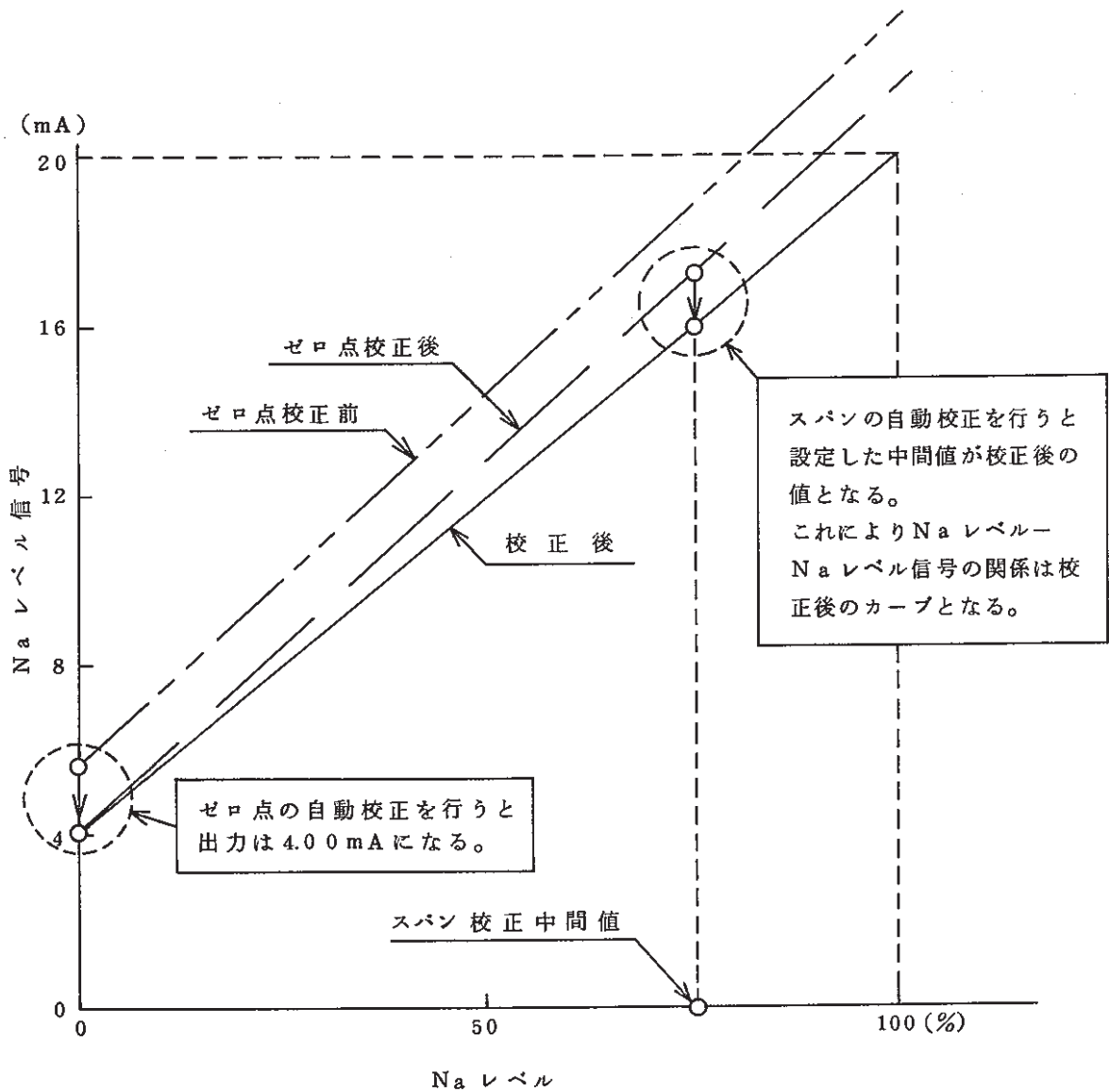


Fig 5.1.6 スパン校正方法



(1985/12/1 1:0 ~1985/12/10 0:0)

MK-II CYCLE NO. 8

1 B034
2 B003

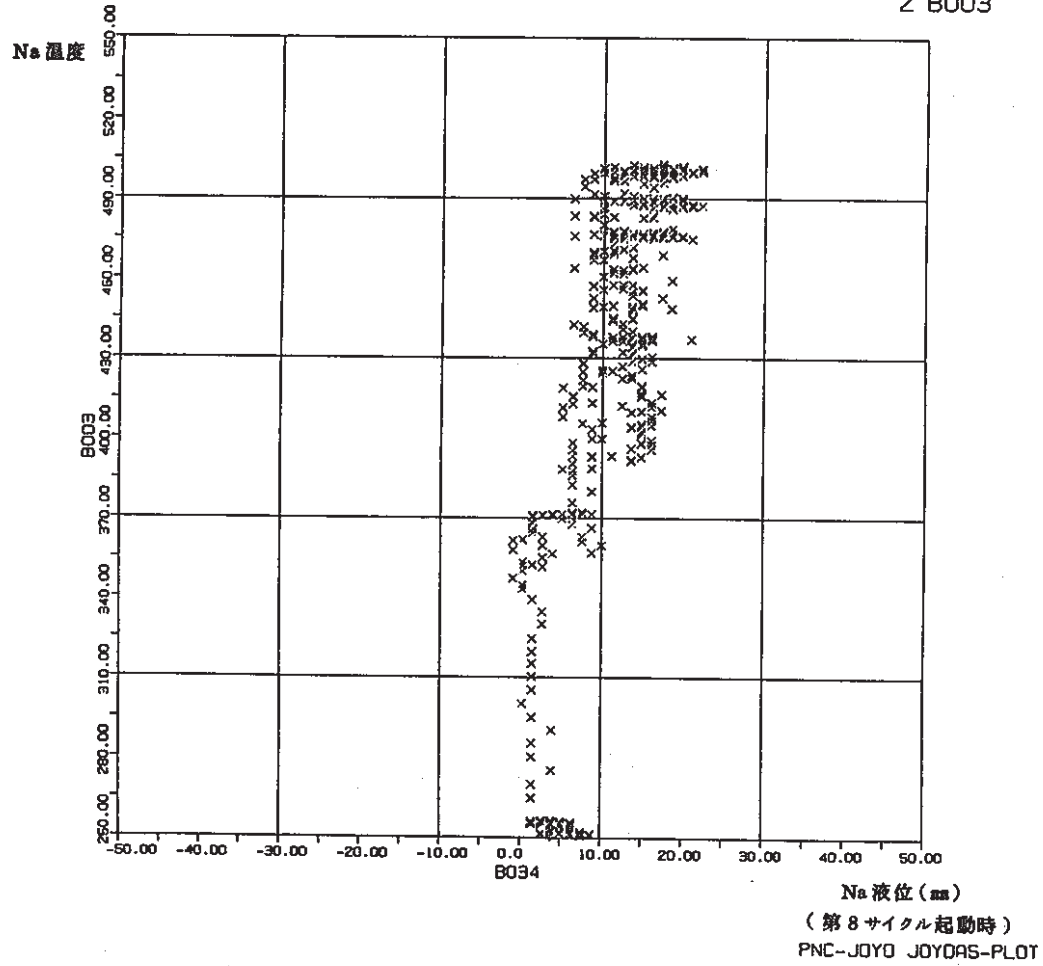


Fig 5.1.7(1) 長尺液面計とNa温度プロット図(第8サイクル起動時)



(1986/1/18 0:0 ~1986/1/22 0:0)

MK-II CYCLE NO. 8

1 B034
2 B003

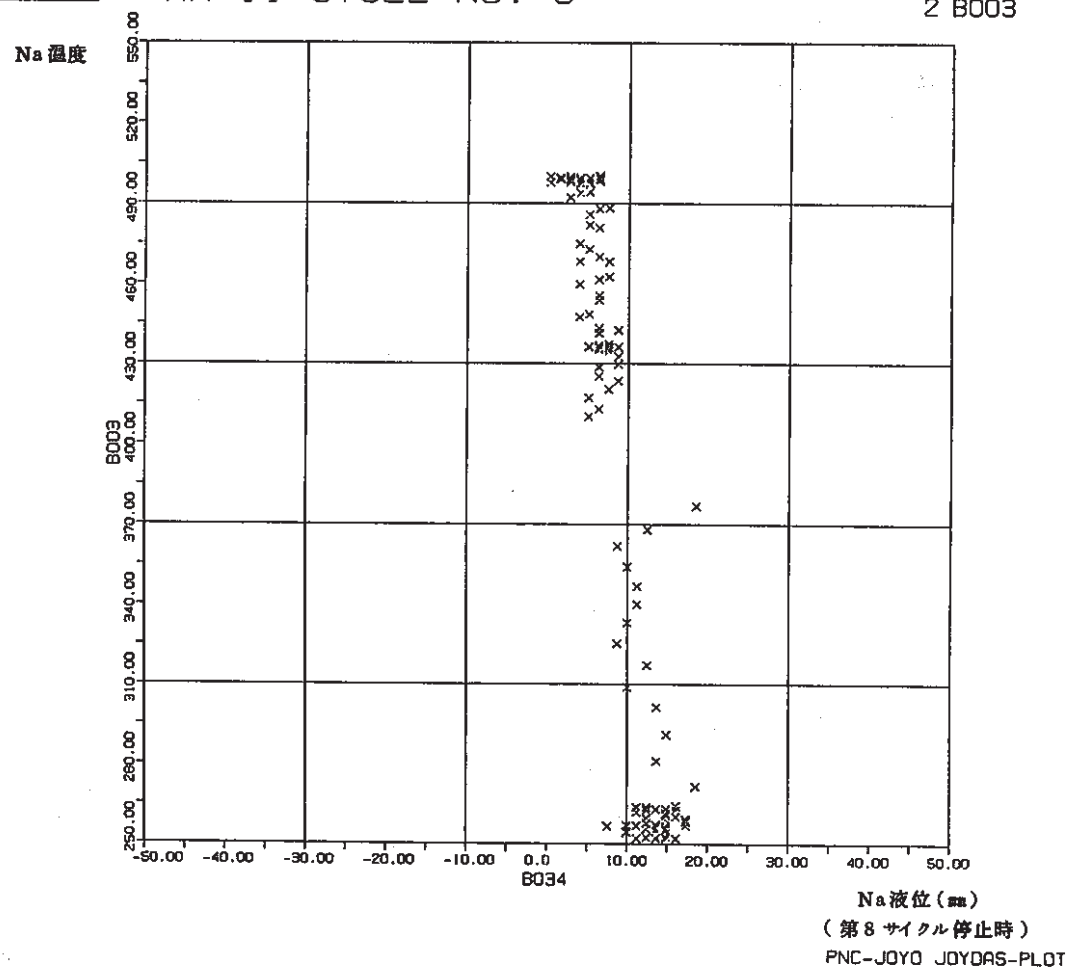


Fig. 5.1.7 (2) 長尺液面計とNa温度プロット図 (第8サイクル停止時)



(1986/2/12 13:0 ~1986/2/16 20:0)

MK-II CYCLE NO. 9

1 B034
2 B003

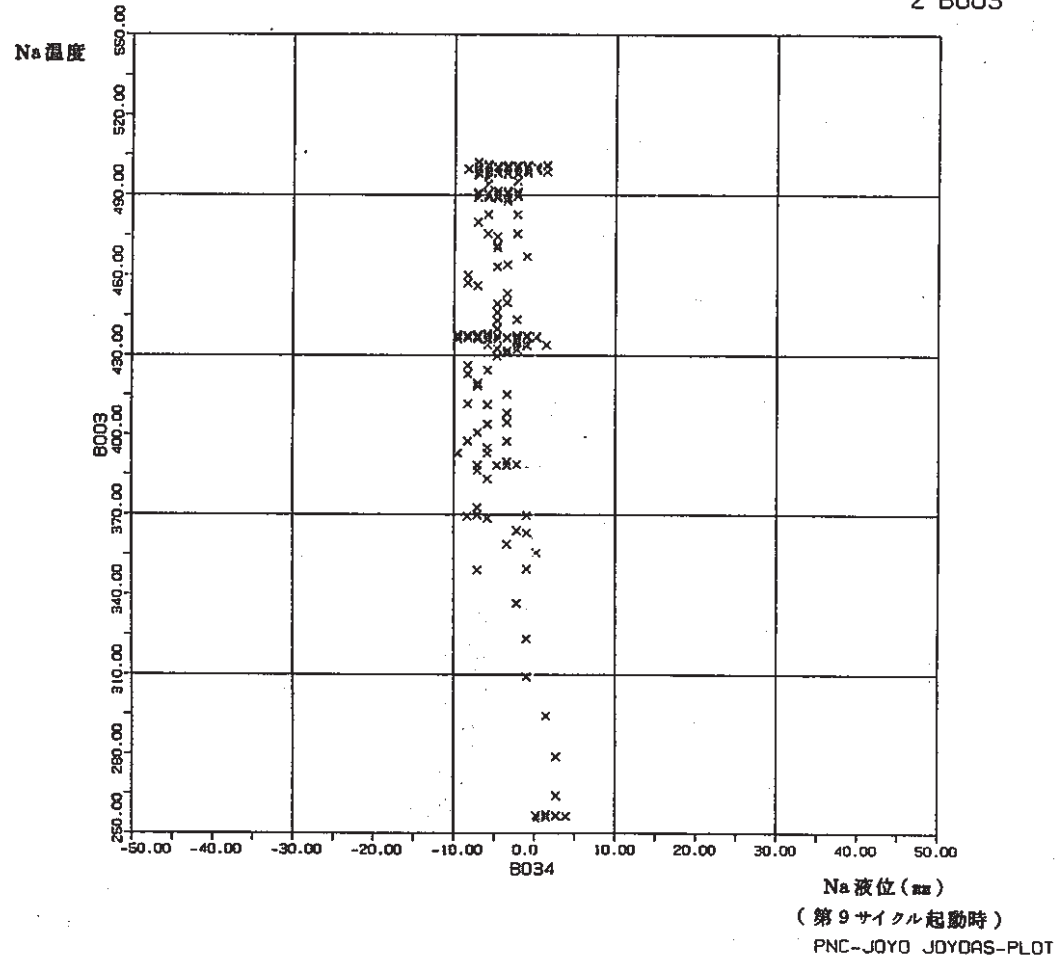


Fig 5.1.7 (3) 長尺液面計とNa温度プロット図 (第9サイクル起動時)



(1985/12/1 1:0 ~1985/12/10 0:0)

MK-II CYCLE NO. 8

1 B000
2 B003

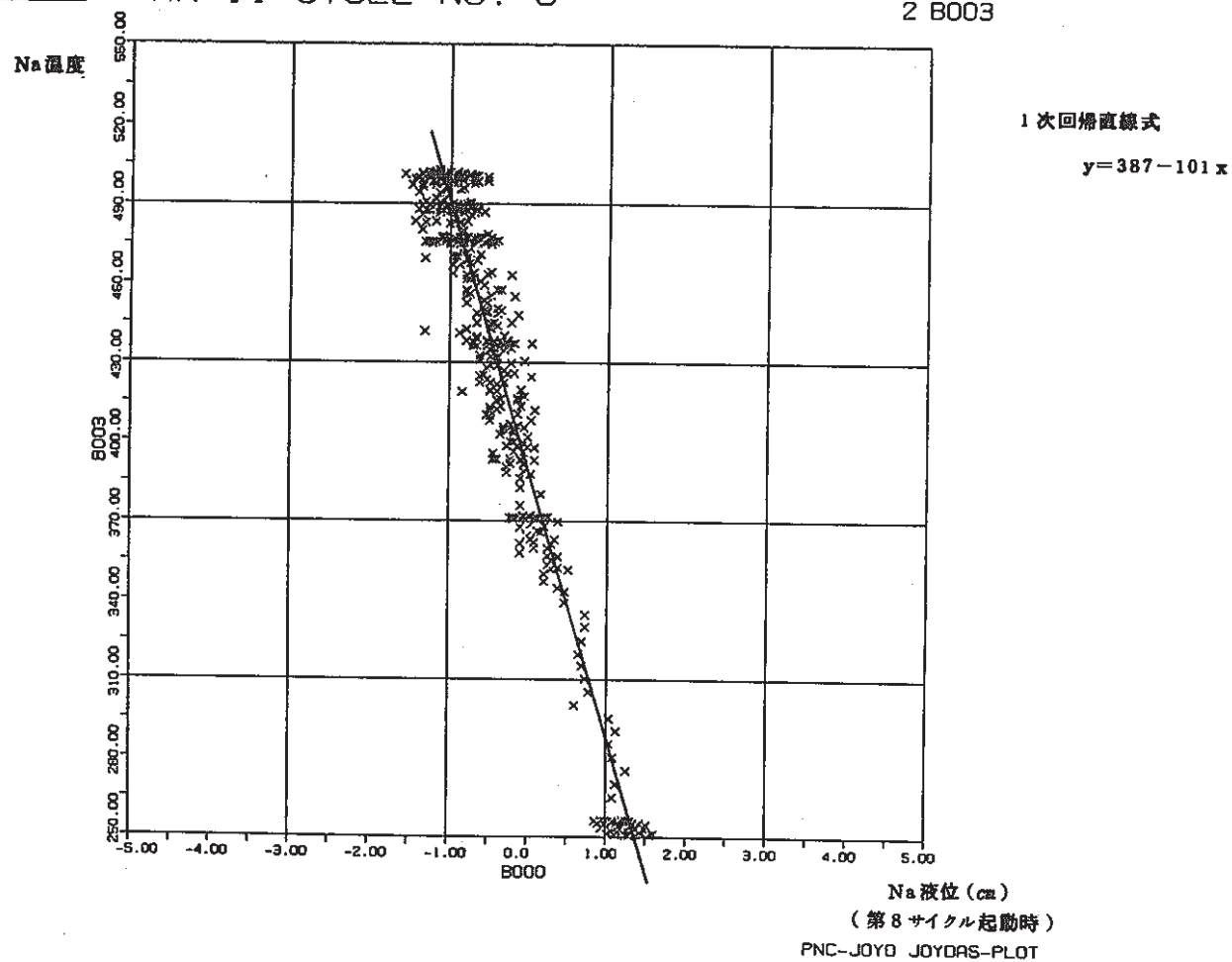


Fig 5.1.7(4) 短尺液面計とNa温度プロット図(第8サイクル起動時)

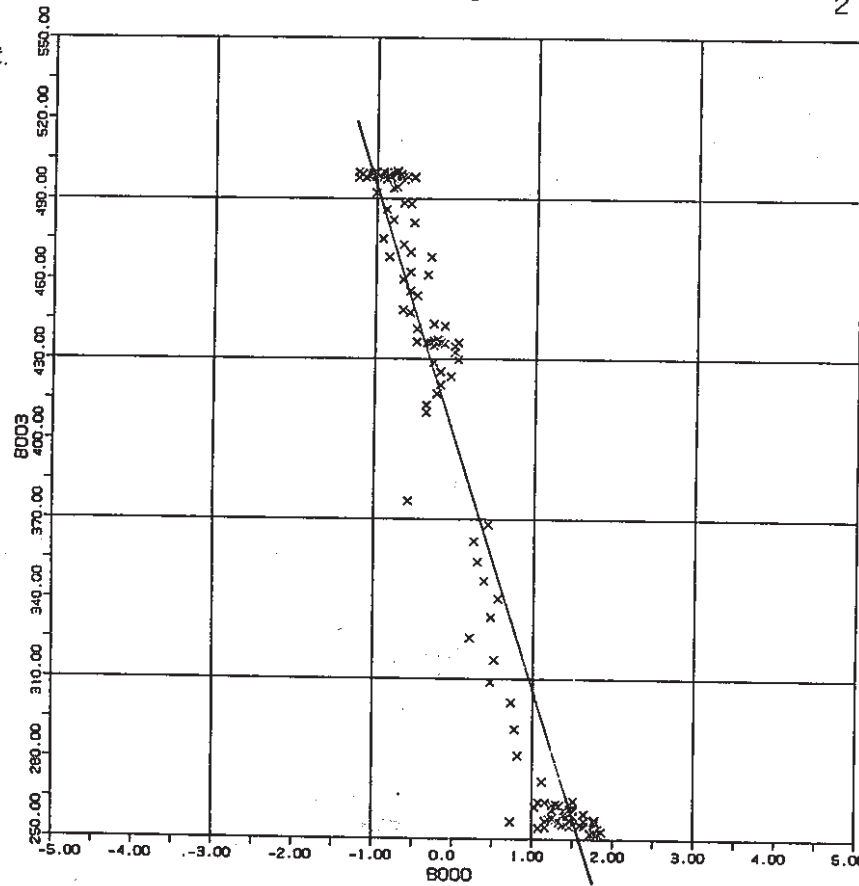


(1986/1/18 0:0 ~ 1986/1/22 0:0)

MK-II CYCLE NO. 8

1 B000
2 B003

Na温度



1次回帰直線式

$$y = 398 - 94x$$

Na液位 (cm)
(第8サイクル停止時)
PNC-JOYO JOYDAS-PLOT

Fig 5.1.7 (5) 短尺液面計とNa温度プロット図 (第8サイクル停止時)

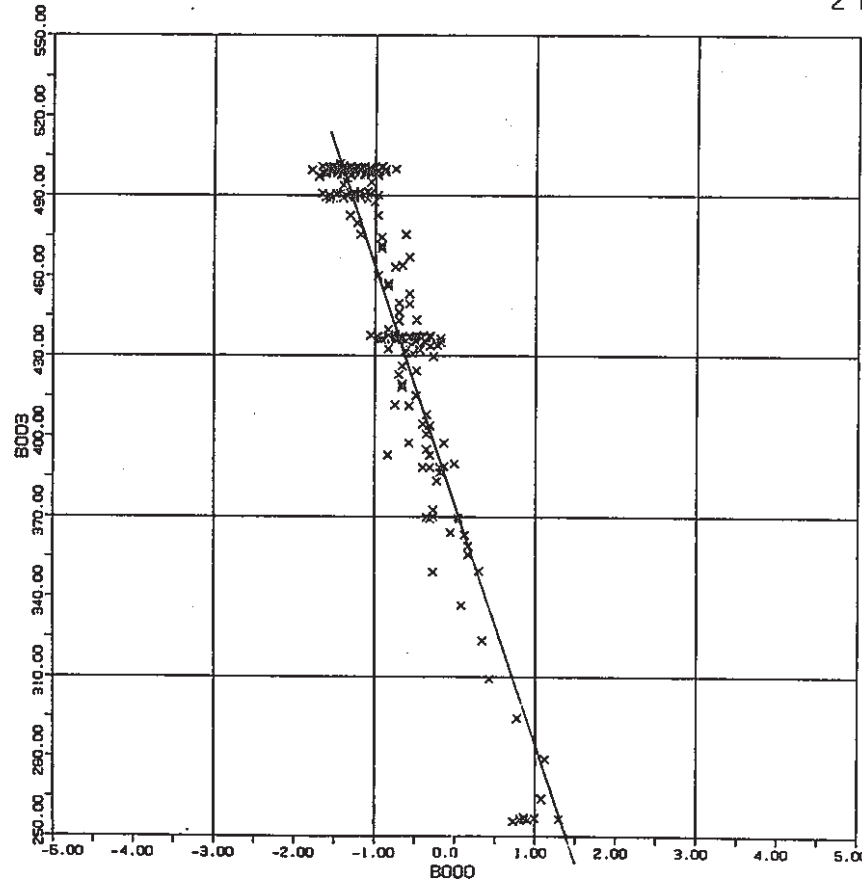


(1986/2/12 13:0 ~ 1986/2/16 20:0)

MK-II CYCLE NO. 9

1 B000
2 B003

Na 温度



1 次回帰直線式

$$y = 376 - 91x$$

Na 液位 (cm)
(第 9 サイクル 起動時)
PNC-JOYO JOYDAS-PL0T

Fig 5.1.7 (6) 短尺液面計と Na 温度プロット図 (第 9 サイクル 起動時)

5.2 配管支持装置の性能検証

5.2.1 概要

高速原型炉“もんじゅ”1次系の配管、機器耐震用メカニカルスナッパ（メカスナ）の開発を進めるにあたって、高温（事故時Max260℃-Naエアロゾルによる）かつ高放射線（集積最大 9×10^9 R）の条件下では、従来のメカスナに使用しているグリースが使用できないため、固体潤滑剤を用いたメカスナの採用が検討されている。固体潤滑メカスナは、上記のような厳しい環境条件に耐えるよう二硫化モリブデン（ MoS_2 ）を使用するものでありその開発が鋭意進められ、メカスナ単体としての性能は充分“もんじゅ”の環境下に適合できるとの見通しが得られた。残された課題は実際のプラントにおける長期に渡る供用経験である。そこで「常陽」1次主冷却配管用メカスナのうち6台を固体潤滑メカスナに交換し既設配管熱変位測定システムにより作動状況をON-LINEでモニターするとともに、定検毎に取外して性能試験を行うことにより固体潤滑メカスナの総合的な性能を評価、検証するものである。本作業は“もんじゅ”機械課の要請により、三和テッキ（株）と実験炉との共同研究として3年間計画で実施する。今年度は固体潤滑メカスナの取付、モニタリングシステムとのマッチング、原子炉運転時荷重、変位データの集録、評価等を実施した。

5.2.2 固体潤滑メカスナとの交換

第5回定検時に1次冷却系全系統のメカスナ134台のうち、型式、取付寸法、環境条件、移動量の適合した6台（いずれも1次主配管用）について固体潤滑メカスナと交換するとともにロードセルを取付けた。交換対象ポイントをTable 5.2.1及びFig 5.2.1(1)~(4)に示す。

5.2.3 モニタリング方法

ロードセルと変位検出器の信号は配管熱変位測定システムに取込まれ、原子炉起動、停止、スクラム等の過渡時や通常運転時における固体潤滑メカスナの移動量と荷重データを処理する。特に原子炉スクラム時と地震時にはトリガー信号により自動的にデータ取込時間を変更して過渡状態でのメカスナ移動量と荷重を密に集録することが可能である。またコバルトガラスとヒートラベルを取付けることにより積算照射量と各部最高温度を測定する。モニタリング方法の概要をFig 5.2.2に示す。

5.2.4 性能試験

固体潤滑メカスナは、設置前に単品の性能試験を実施し、設置後は定検毎に取外して性能試験を実施して経年変化を調査する予定である。定検毎の性能試験は試験設備の完備したメカスナ製作工場で行うことが最善であるが、放射化によって「常陽」外へ持出せなくなることも考えられるため、現地において性能試験を行うことも考慮する必要がある。性能試験項目は次の通りであるが現地へ持込める試験機の能力の関係から一部省略せざるを得なくなるかも知れない。

1) 振動応答試験

メカスナを強制変位振動させた時の発生荷重と変位を測定することにより、所定の耐震支持機能を持っていることを確認する試験。

2) 低速走行試験（超低速走行試験も含む）

熱による配管移動を模擬して $0.001\sim 0.2\text{mm/sec}$ でメカスナを移動させた時の抵抗を測定することにより、熱変位時のメカスナの作動性を確認する試験。

なお、 MOS_2 を処理したボールネジ表面状態の検査も必要に応じて実施する。

5.2.5 固体潤滑メカスナの運転中の挙動

固体潤滑メカスナを据付け後、2月末現在で原子炉運転は1サイクル半（第9サイクル運転）経過し、スクラム等の原子炉計画外停止はなかったが、原子炉通常起動停止を経験した。この間の熱変位測定システムによるON-LINE計測では固体潤滑メカスナに異常はなく良好な作動性を示していた。測定結果をまとめたものをTable 5.2.2に、熱変位測定システムによる代表的な解析例をFig 5.2.3に示す。

Table 5.2.1 固体潤滑メカスナ設置ポイントにおける設置前後のメカスナ性能比較

番号	支持点 No. (スナッパ No.)	本体型式	定格 荷重 (kg)	最大 ストローク (mm)	無負荷抵抗力 (kg以下)		剛性値 〔全振幅〕 (kg/mm以上)	効力ギャップ (ガタ) (mm以下)	製品重量 (ピン-ピン) (kg)	備考	
					速度 1.5~2.0 mm/sec以下 ※	速度 0.001~2.0 mm/sec					
1	DRD-79 (1次Na充填ドレン系)	前	SMS-1/10T-120 ^s	100	120	10	—	(50) 〔—〕	2	10.10	配管1次固有 振動数 1.08Hz
		後	SMS-01T-250 ^s	100	250	—	30	50 〔4〕	2	19.18	
2	MBPVD-3 (1次主冷却系)	前	SMS-06T-100	600	100	10	—	300 〔4〕	0.8	10.32	
		後	SMS-06T-250	600	250	—	30	520 〔2.3〕	1.5	21.10	
3	MBVID-6A (")	前	SMS-06T-160	600	160	10	—	300 〔4〕	0.8	14.05	
		後	SMS-06T-250	600	250	—	30	520 〔2.3〕	1.5	22.24	
4	MAIPD-2 (")	前	SMS-1T-100	1000	100	10	—	500 〔4〕	0.8	25.40	
		後	SMS-1T-250	1000	250	—	50	666 〔3〕	1.5	34.60	
5	MBIPD-2 (")	前	SMS-1T-100	1000	100	10	—	500 〔4〕	0.8	25.00	
		後	SMS-1T-250	1000	250	—	50	666 〔3〕	1.5	34.55	
6	MBPVD-2 (")	前	SMS-1T-100	1000	100	10	—	500 〔4〕	0.8	27.15	
		後	SMS-1T-250	1000	250	—	50	666 〔3〕	1.5	34.96	

※ 低速走行試験の計測速度における判定基準値を示す。

Table 5.2.2 熱変位測定システムによる固体潤滑メカスナの挙動

* 荷重は無負荷抵抗最大値を示す。

メカスナNo.	プラント状態 データ名		予熱前 (取付部温度)	予熱後 (取付部温度)	Na充填後 (200℃)	昇温 (250℃)	100MW運転 (500° / 370℃)	炉停止後 (0℃)	備考
	MBVID-6A	変位 (mm)	設計値	(68℃)	(174℃)	—	—	-32		—	変位計データ出力は、プラスとなるがメカスナではマイナスに相当する。
測定値			0	-9.7	-1.3	-13.7	-21.3	-5.0	
*荷重 (kg)		0	6	6	12	0	-6		
MAIPD-2	変位 (mm)	設計値	(43℃)	(200℃)	—	—	6	—	
		測定値	0	4.8	7.8	9.5	12.2	12.7	
	荷重 (kg)		6	6	18	0	0	6	
MBIPD-2	変位 (mm)	設計値	(47℃)	(185℃)	—	—	5	—	
		測定値	0	0.5	8.2	12.2	13.2	13.3	
	荷重 (kg)		-6	-6	-6	-6	-6	-6	
MBPVD-2	変位 (mm)	設計値	(121℃)	(215℃)	—	—	-9	—	
		測定値	0	0.5	-0.5	-6.7	-3.8	-2.0	
	荷重 (kg)		0	6	6	6	0	12	
MBPVD-3	変位 (mm)	設計値	(121℃)	(215℃)	—	—	9	—	
		測定値	0	1.3	0.8	-2.7	-2.7	-3.5	
	荷重 (kg)		0	0	0	0	0	0	
DRD-79	変位 (mm)	設計値	—	—	—	—	-40	—	
		測定値	0	-8.0	-12.0	-19.5	-21.5	-17	
	荷重 (kg)		0	0	-6	0	-6	-6	
日 時			'85/09/24 14:00	'85/09/25 08:00	'85/10/30 10:00	'85/12/04 03:00	'85/12/08 12:00	'86/01/21 01:00	

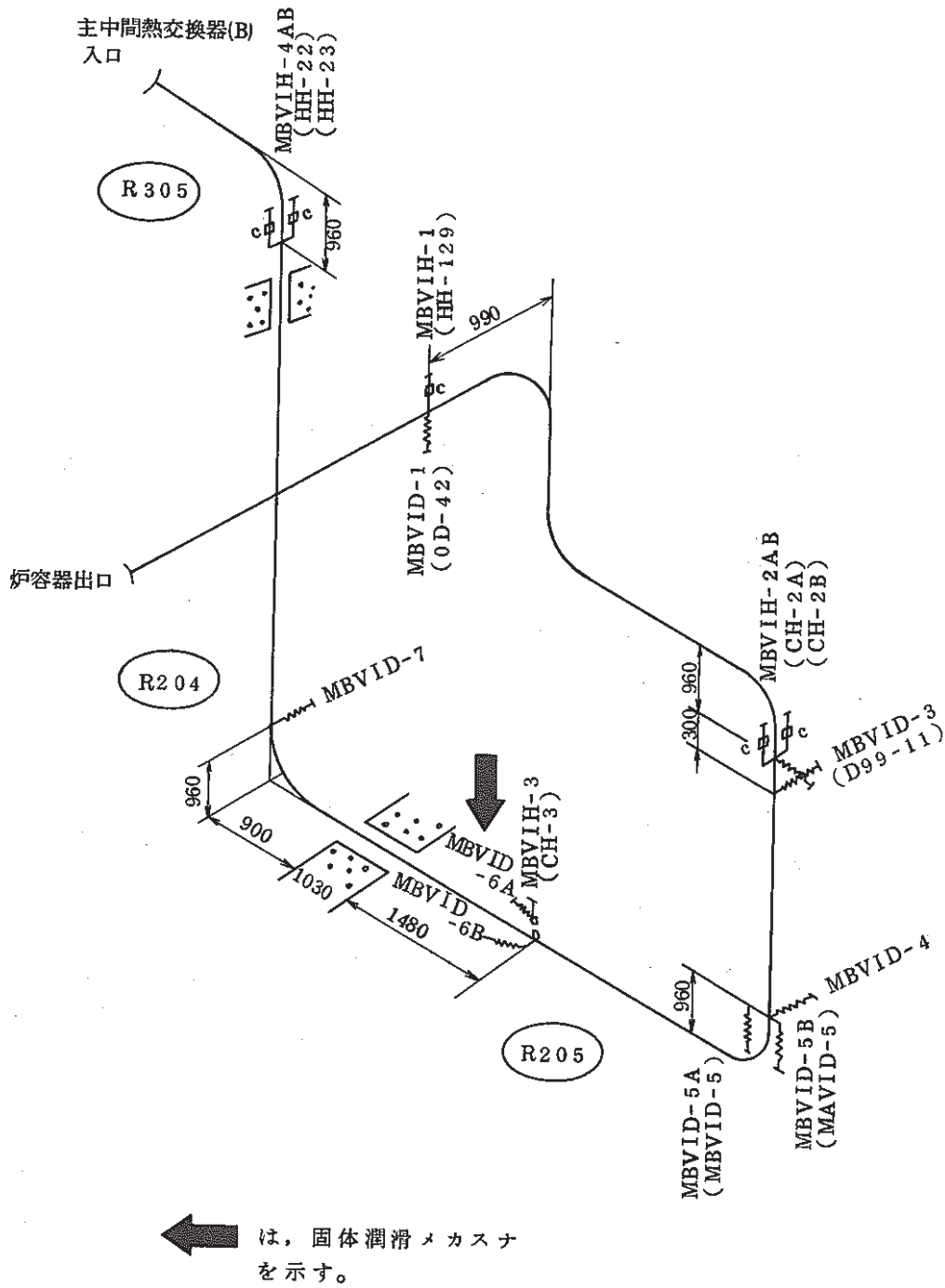
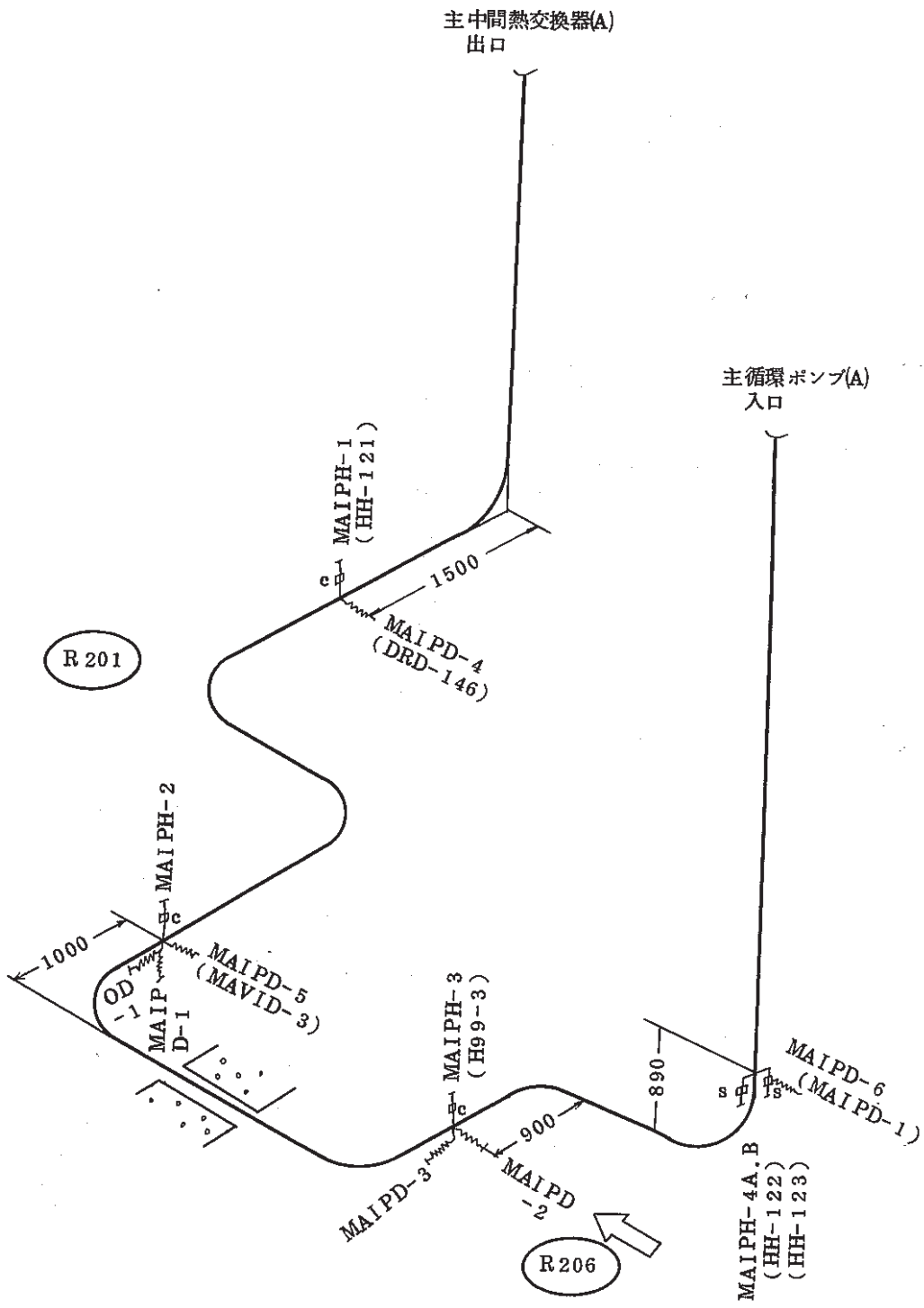
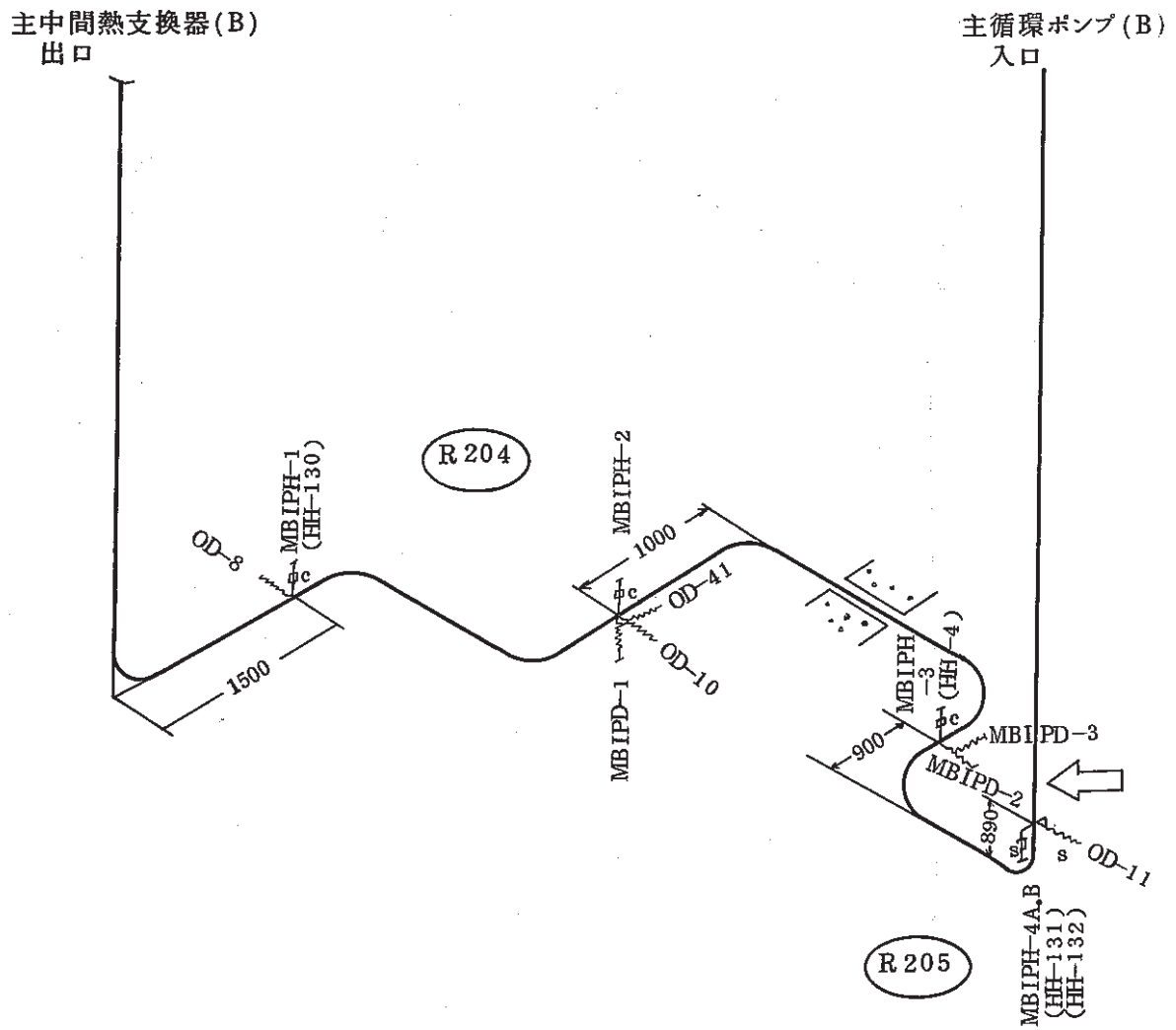


Fig 5.2.1 (L) 固体潤滑メカスナの設置位置



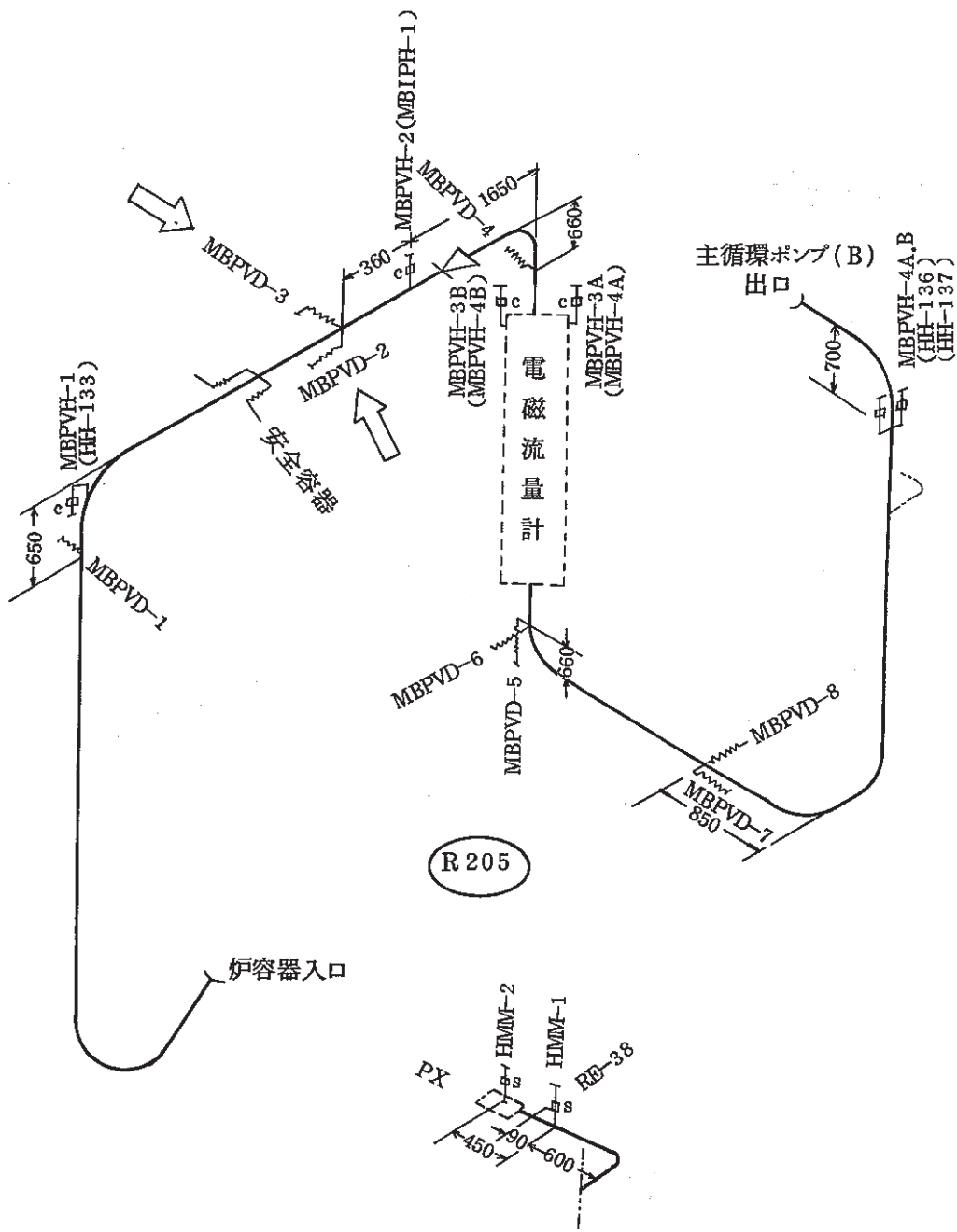
← は固体潤滑メカスナを示す。

Fig 5.2.1 (2) 固体潤滑メカスナの設置位置



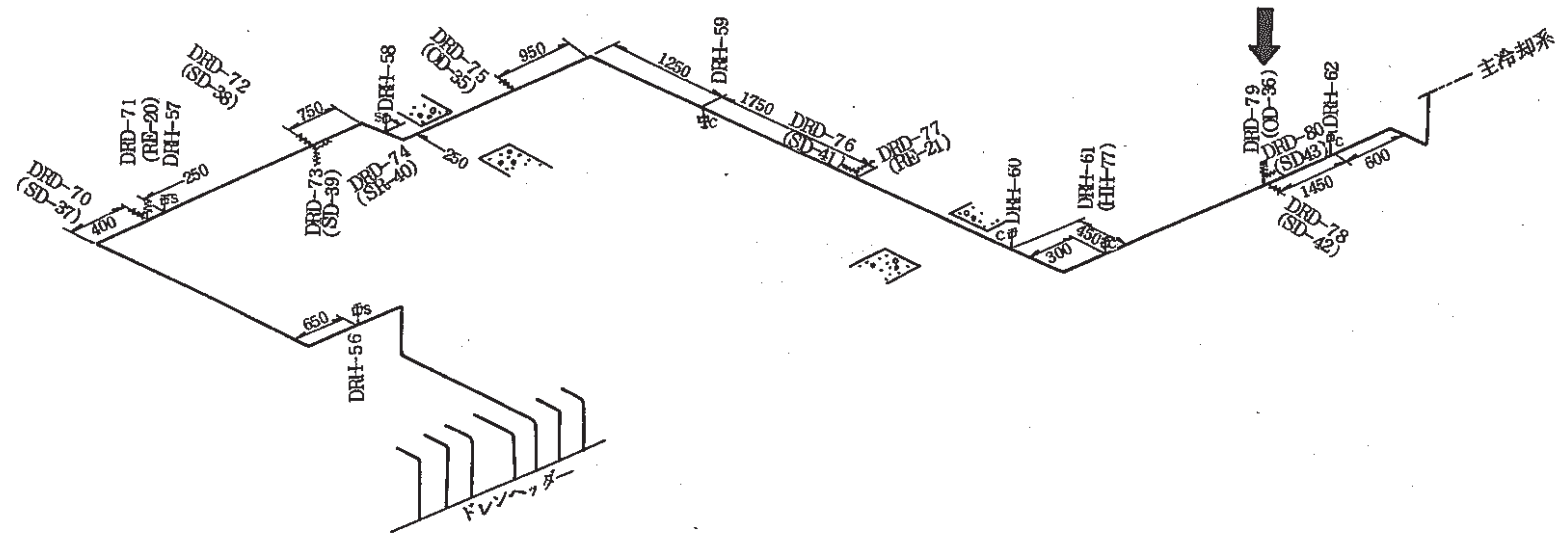
← は、固体潤滑メカスナ
を示す。

Fig 5.2.1 (3) 固体潤滑メカスナの設置位置



← は，固体潤滑メカスナを示す。

Fig 5. 2. 1 (4) 固体潤滑メカスナの設置位置



← は、固体潤滑メカスナを示す。

1次Na充填ドレン系

Fig 5.2.1 (5) 固体潤滑メカスナの設置位置

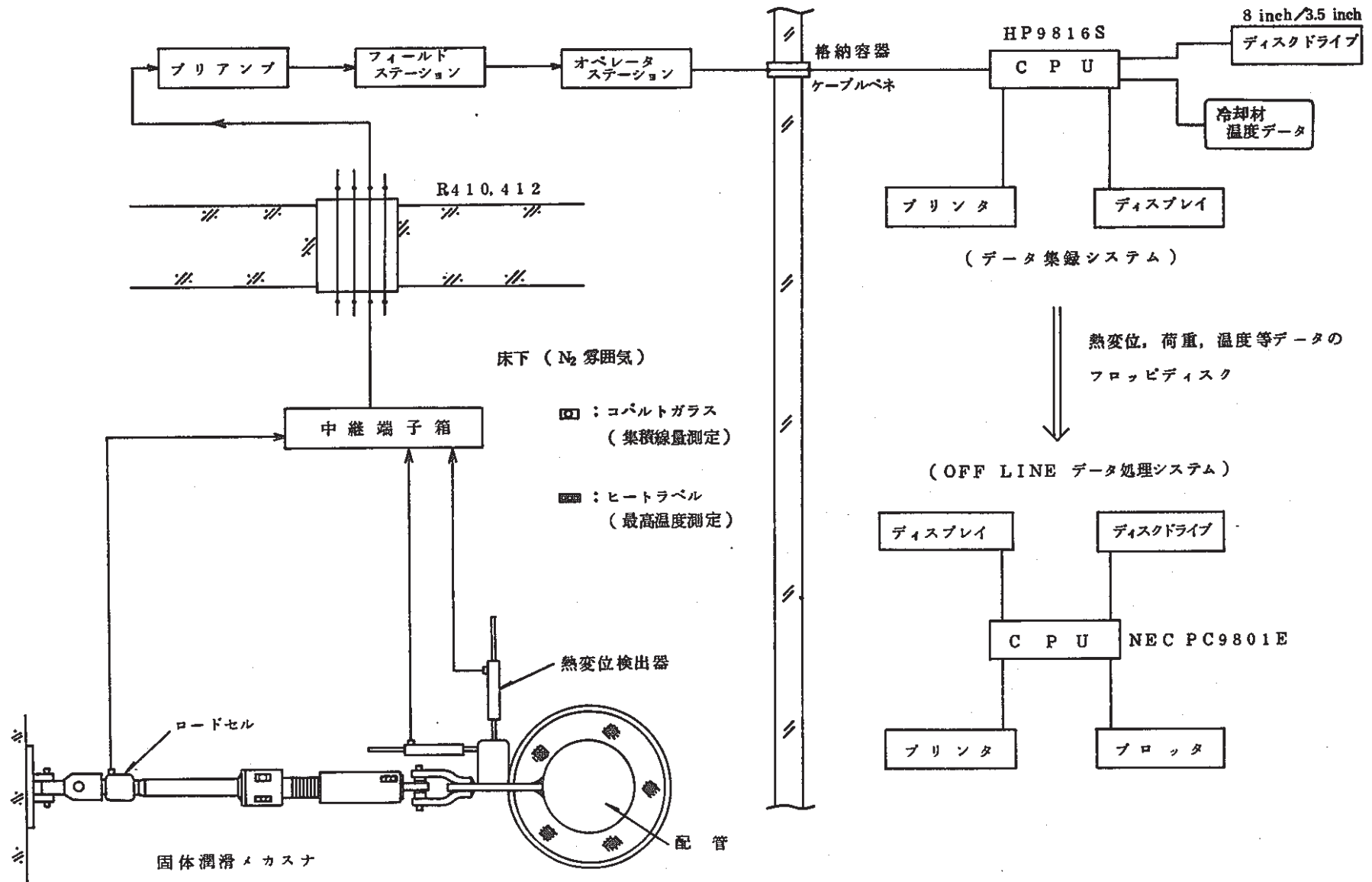


Fig 5.2.2 モニタリング方法の概要

Mechanical Snubber

MBVID-6 A

TIME: 85/12/03 09:01:22~85/12/05 08:00:0.6

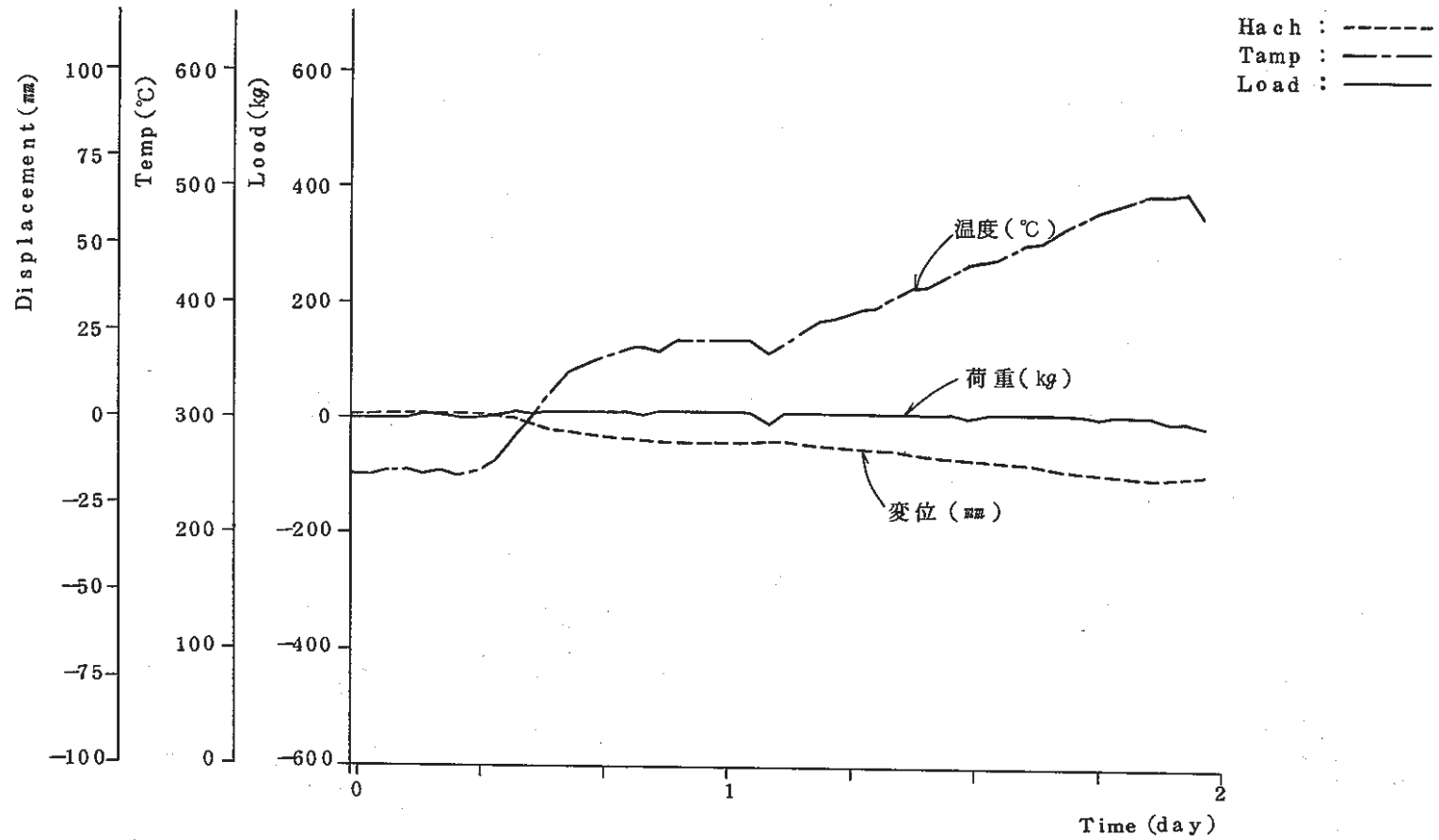


Fig 5.2.3 (1) メカスナの応答解析例 “変位と荷重の時刻歴”

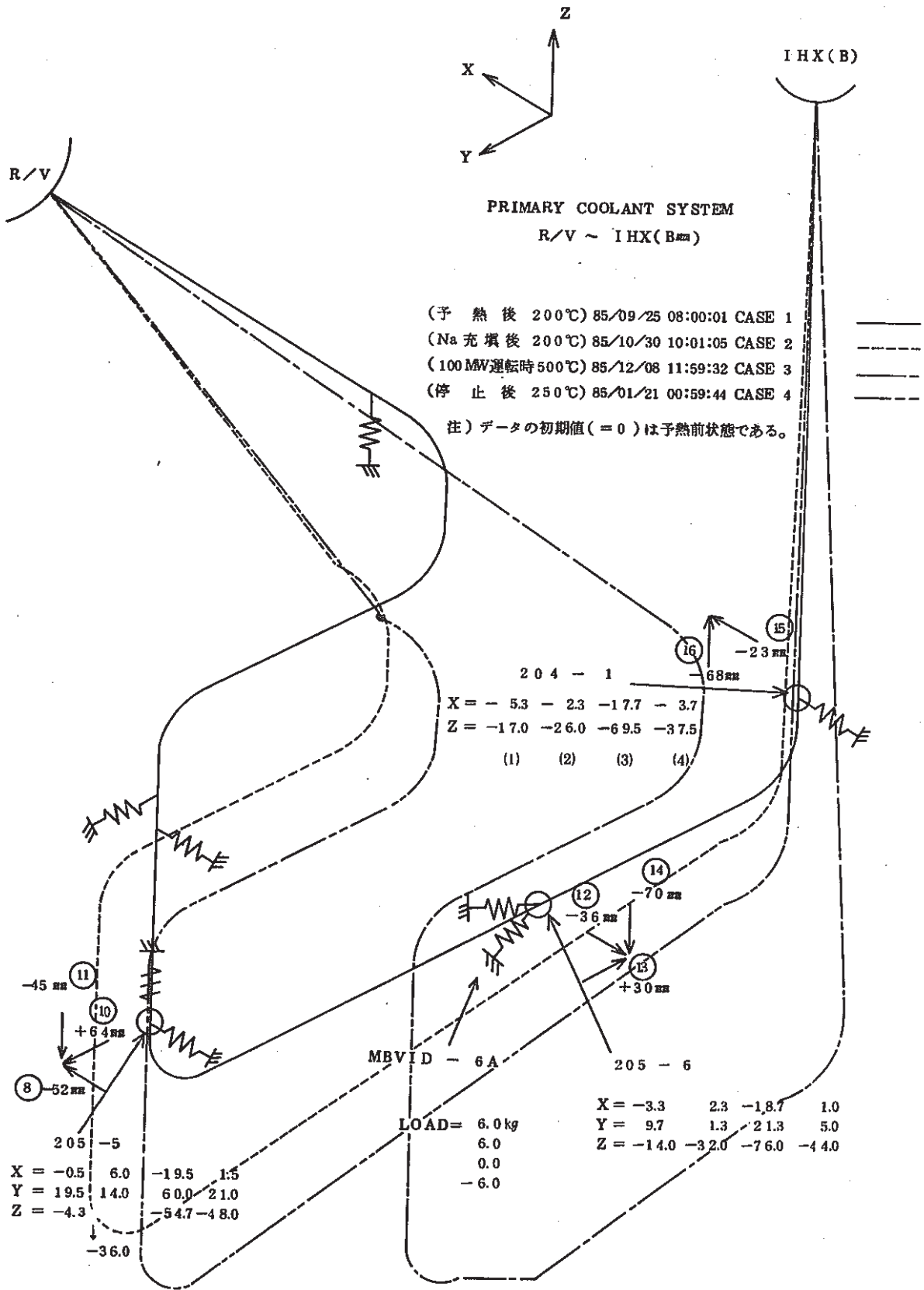


Fig 5.2.3 (2) 解析例 "3次元配管熱変位"

5.3 空気冷却器内装ヒータの交換

5.3.1 概 要

「常陽」2次主冷却系統設備の空気冷却器（D H X）内装ヒータは第3回定検時に於いて既設及び予備のヒータシースに粒界腐食割れによる絶縁抵抗の低下が発見された。そこでAループD H Xに於いては健全と確認されたものを端子部のみセラミック端子に改造して再使用した。またBループのD H Xについては全数新規製作して、それぞれ対処した。しかし、その後、再使用したAループ側の内装ヒータに絶縁抵抗が低下するものが徐々に増加してきていることが確認された。このためこれを新規製作し、交換した。

内装ヒータを製作するに当たって、ヒータシースの材質はS U S 3 1 6 Lを使用し、熱処理は固溶化熱処理を行なった。これらは前述したBループに適用したヒータ製作時の経験を反映したものである。

また、当内装ヒータはユニット化（3本用、14本用、17本用がある）されて空気冷却器の伝熱管下方に挿入されるが、従来のものはユニットのケーシングにヒータが溶接されていたために1本毎の交換が出来なく、ユニット単位での交換をせざるを得なかった。このため交換に係る経費が不合理なものとなっていた。そこで、今回はヒータ1本毎の交換が可能となるようユニットのケーシング及びヒータの構造を一部改良した。従って、今後は万一ヒータに絶縁抵抗低下などの不具合が生じた場合でもそれだけを交換することが可能となった。これによってヒータ交換に要する経費の節減と作業工程の短縮が可能となった。

5.3.2 空気冷却器内装ヒータの概要

2次冷却系統設備には、1次冷却系統設備より主中間熱交換器を媒介として伝えられた原子炉の発生熱を大気に放散するための空気冷却器が1ループ当たり2基、計4基設置されている。

本内装ヒータは、この空気冷却器伝熱管内ナトリウムの溶融保持及び昇温を目的としたシース型ヒータであり1基当たり96本布設されている。これらは3～17本ずつ8ユニットに分割され、それぞれの空気冷却器伝熱管下部に支え板により保持されている。

予熱方法は、他の配管用シースヒータとは異なりふく射による間接予熱方式である。制御方法は、O N - O F Fによるゾーン制御であり、1基当たり96本のヒータが4つの制御ブロック（21本が2ブロック、27本が2ブロック）に分割され制御されている。

また、予備の予熱ヒータについては、配管は100%は布設されているが、空気冷却器の場合、設備の構造上予備は布設されておらず、必要時交換作業を実施することになっている。

Fig5.3.1及びFig5.3.2に空気冷却器内装ヒータ取付位置図及びヒータユニット概略図を示す。またFig5.3.3に内装ヒータの設置図、Table5.3.1にヒータ仕様を示す。

5.3.3 作業手順及び作業内容

系統のNaがドレンされている状態で以下の手順に従い交換作業を実施した。

(1) 既設内装ヒータの絶縁抵抗及び抵抗測定

温度コントロールしているブロック毎に集合端子箱のところで一括して絶縁抵抗及び発熱線抵抗を測定した。(ヒータユニット取外し後、1本毎の絶縁抵抗も測定した)

(2) ケーブル取外し及びヒータユニット取外し

各ヒータヒータ毎に各端子のケーブルを取外し、次にヒータユニットを空気冷却器より引抜いた。

(3) 新ヒータユニット取付及びケーブル復旧

新規製作したヒータユニットを空気冷却器に挿入し固定した。その後、(2)項で取外しておいたケーブルを各端子に接続した。

(4) 通電昇温試験

ヒータに通電後、各制御ブロック毎に電圧・電流を測定し、設定温度まで空気冷却器の温度が上昇することを確認した。

5.3.4 作業結果

(1) 絶縁抵抗

内装ヒータ交換前後の絶縁抵抗測定結果をTable5.3.2に示す。

交換前は、8つの制御ブロック中5ブロックの絶縁抵抗が0MΩとなっていた。また、ヒータ個々の絶縁抵抗値は0MΩとなっていたものが192本(2基分)中20本もあり1MΩ以下も含めると26本であった。

交換後の各ブロックの絶縁抵抗値はいずれも基準値を満足した。

(2) 通電昇温試験

交換作業完了後の通電試験では所定の昇温性能が得られた。また、この間の電圧、電流共バランスしており問題ないことが確認できた。

5.3.5 評価

(1) 予熱ヒータの熱処理

第3回定検時判明した空気冷却器内装ヒータの絶縁抵抗低下の原因はヒータシースの不適切な熱処理に起因する粒界腐食による割れと判断されている。

〔詳細については（PNC N941 83-129 高速実験炉「常陽」第3回定期点検報告 空気冷却器内装ヒータの不具合現象）を参照されたい。〕

今回交換したヒータを製作するに際しては、特に材料の選定及び熱処理についてその経験、対策を以下のように反映させた。

① 低炭素鋼で鋭敏化しにくいSUS316Lを使用する。

② 鋭敏化防止の固溶化熱処理を施すことによる応力除去。

固溶化熱処理は、オーステナイト鋼の鋭敏化〔炭素（C）の粒界への析出〕を防止するための熱処理であり、オーステナイトを高温に昇温し、再結晶させると同時に炭化物を分解固溶させ、これを急冷することによって炭素（C）を固溶させるものである。

この固溶化熱処理は加熱温度、保持時間、加熱雰囲気、冷却速度を十分管理しなければ、かえって鋼に悪影響を及ぼすことがある。JISではSUS316、316Lの固溶化熱処理は1010℃以上、急冷とされているが、内装ヒータは、その材質、寸法、形状等から次の方法を採用した。

1) 加熱温度

固溶は、850℃くらいからはじまり900℃では長時間保持すれば完全に固溶する。しかし長時間保持は経済的に不合理であるため、この温度よりはるかに高く昇温して短時間に炭化物を分解固溶せしめるため1100℃とした。

2) 加熱保持時間

オーステナイト系は普通熱伝導度が低温においては悪く、高温においては良い。したがって、昇温には温度分布の均一化を図るため、十分時間をかける必要があるがヒータの様な薄物に対しては、長時間かけて昇温すると中間温度で炭化物の析出が完全になり、さらにこれを固溶するための時間がかえって長くなるため、あらかじめ固溶温度に昇温してある炉にただちに挿入、昇温するのが最適である。内装ヒータにおいてはこの方法による各種試験の結果、加熱保持時間を5分以上とすれば固溶され組織上問題ないことが確認されている。なお、ここでは加熱保持時間に1分の余裕をみて6分とした。

3) 加熱雰囲気

表面を酸化させないためには、還元性雰囲気がよいわけであるがステンレスはクロム（Cr）を含むため通常の還元性雰囲気では酸化は防げない。真空がもっともよいが一般に水素ガスまたは分解アンモニアガス（N₂25%、H₂75%）が用いられる。内

装ヒータにおいては装置の関係上、また水素ガス、分解アンモニアガスが、仮にシース内に混入した場合を考えると電熱線の腐食、破損の可能性があるため空気雰囲気とした。(経験上、空気雰囲気でもシース表面腐食はあまり問題とならない。)

4) 冷却速度

炭素の析出は炭素の固溶度が温度によって異なり、温度が低くなれば固溶度が低下することにより生ずる現象であるから、固溶温度まで昇温したとしても冷却速度が遅ければ炭素は、炭化物として析出し、かえって熱処理しなかったものより材質を悪くしてしまう。このことから冷却速度は速いほどよいことになるが、熱ひずみによる変形、残留応力の増大及び急冷方法に対する問題もあるので、材料の寸法、形状に応じて静止空冷、衝風空冷、蒸気冷却、散水冷却、水中冷却を選別して用いる(特に900~500℃の区域では結晶粒界にCr炭化物が析出しやすいのでこの温度範囲は急冷が必要である)。

内装ヒータにおいては材質、寸法、形状から衝風空冷として1100℃から426℃までの冷却速度を2分以内とした。

以上の方法により固溶化熱処理を施したヒータシースの一部を光学顕微鏡により組織観察を行った。

組織写真をFig 5.3.4に示す。

Fig 5.3.4の写真1は、固溶化熱処理前(加工前)のものである。白色の地に多角形状の結晶粒の集合体が見える。その結晶粒を黒く囲んでいるのが結晶粒界であり、オーステナイト結晶であることが分る。

写真2・3は加工後のヒータシースの直管部・曲管部の組織写真である。ヒータシースは引抜きにより減径・加工されているためオーステナイト結晶粒が微細化していることがわかる。その他特に組織変化は認められなかった。

組織写真上では、ヒータシース材SUS316Lの熱処理及び加工後の組織の健全性が確認できた。

(2) ヒータ取付方法の改善

空気冷却器には、1基当たり96本のヒータが8コのユニットに分割(3本用が2コ、14本用が4コ、17本用が2コ)されて空気冷却器伝熱管下部に設置されている。このユニットへのヒータ取付は従来はヒータスリーブを介してユニットケーシングへ溶接されており、ヒータを交換する場合はユニット単位で交換する方法が採用されていた。しか

し、この交換方法は、ユニット内の他の健全なヒータの交換をも必要とし、さらに交換に際しては他の健全なヒータのケーブルの取外し、取付け等の作業を必要とするために大変不経済なものであった。

従って、今回の改造は経済性の向上、作業量の縮少を考慮してユニットへのヒータ取付・取外しが容易に行なえるよう次のように改善した。Fig 5.3.5 に内装ヒータのユニットへの固定方法を示す。

ヒータは従来通りU字状に曲げて使用するが、ヒータスリーブにヒータ取付フランジを溶接し、このヒータ取付フランジとユニットケーシングをボルト、ナットにて接続するようにした。ケーシング側はU字状のヒータが自由に出入れ出来るようにヒータ貫通孔をつけた。

以上のようにすることにより万一絶縁抵抗の低下などの不具合が発生しヒータを交換する必要性が生じても該当するヒータだけを交換すれば良く、従来の交換方法に比較して大巾な経済性の向上、工程の短縮が期待できる。

5.3.6 まとめ

空気冷却器の内装ヒータはその構造上、常に外気（海岸近くに設置されているために多量の海塩粒子を含んでいる）にさらされている。このため他のNa配管、Na機器などに比べヒータを取り巻く環境は格段に悪くなっている。

第3回定検時に判明した当内装ヒータの不具合からはそれまでの予熱ヒータの認識（電力密度、形状、末端処理方法等）では想像できなかったシースヒータの粒界腐食による割れという貴重な経験を得た。

今回、交換したヒータを製作するに当っては、これらの経験に基づいてシース材質、熱処理方法などを決定した。

また、第3回定検時、新規製作したBループ側の空気冷却器内装ヒータ*については約4年経た現在、絶縁抵抗の低下などの不具合は一件も発生していない。

今後もこれらのヒータの健全性を確認するために絶縁抵抗の測定（定検毎）などを行なう必要がある。

* SUS-316、316Lについてそれぞれ異なる熱処理〔固溶化熱処理の他、応力除去を目的とした熱処理（1000℃-20分保持後除冷）〕を施したものの計4タイプのヒータを試験的に採用している。

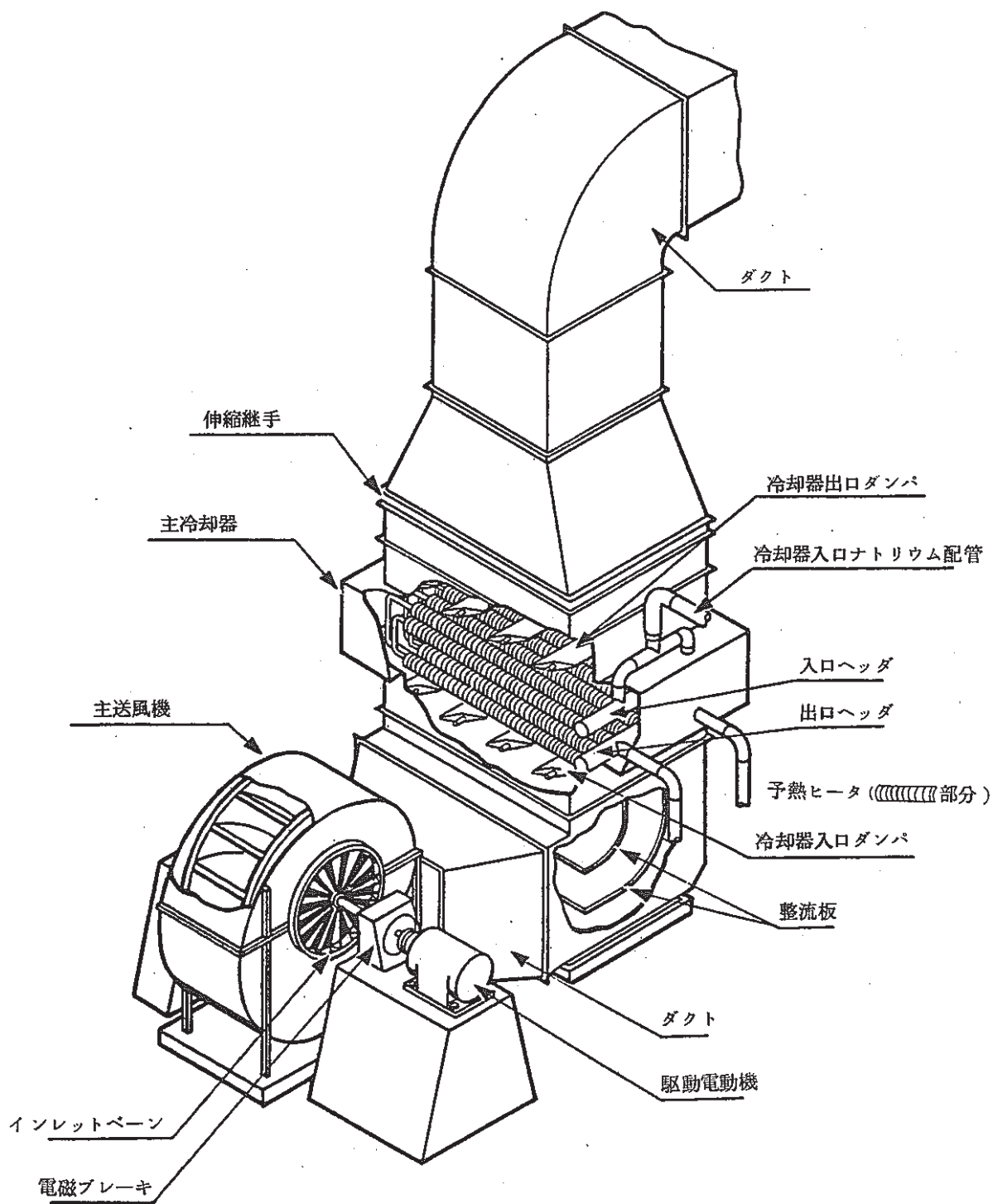
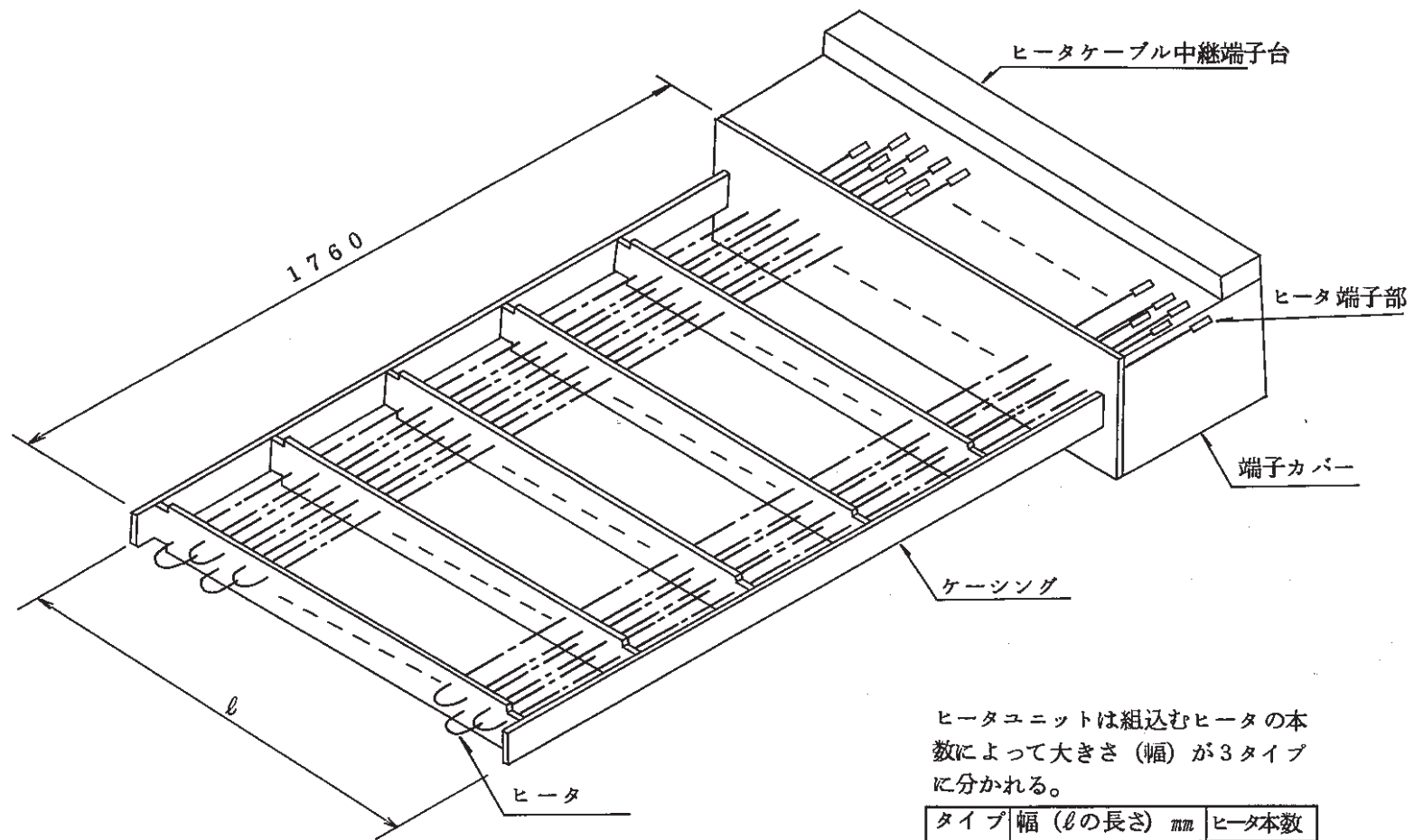


Fig5.3.1 空気冷却器内装ヒータ取付位置図



ヒータユニットは組込むヒータの本数によって大きさ（幅）が3タイプに分かれる。

タイプ	幅 (lの長さ) mm	ヒータ本数
A	1 1 0 0	1 7
B	9 8 0	1 4
C	2 6 0	3

Fig 5.3.2 空気冷却器内装ヒータユニット概略図

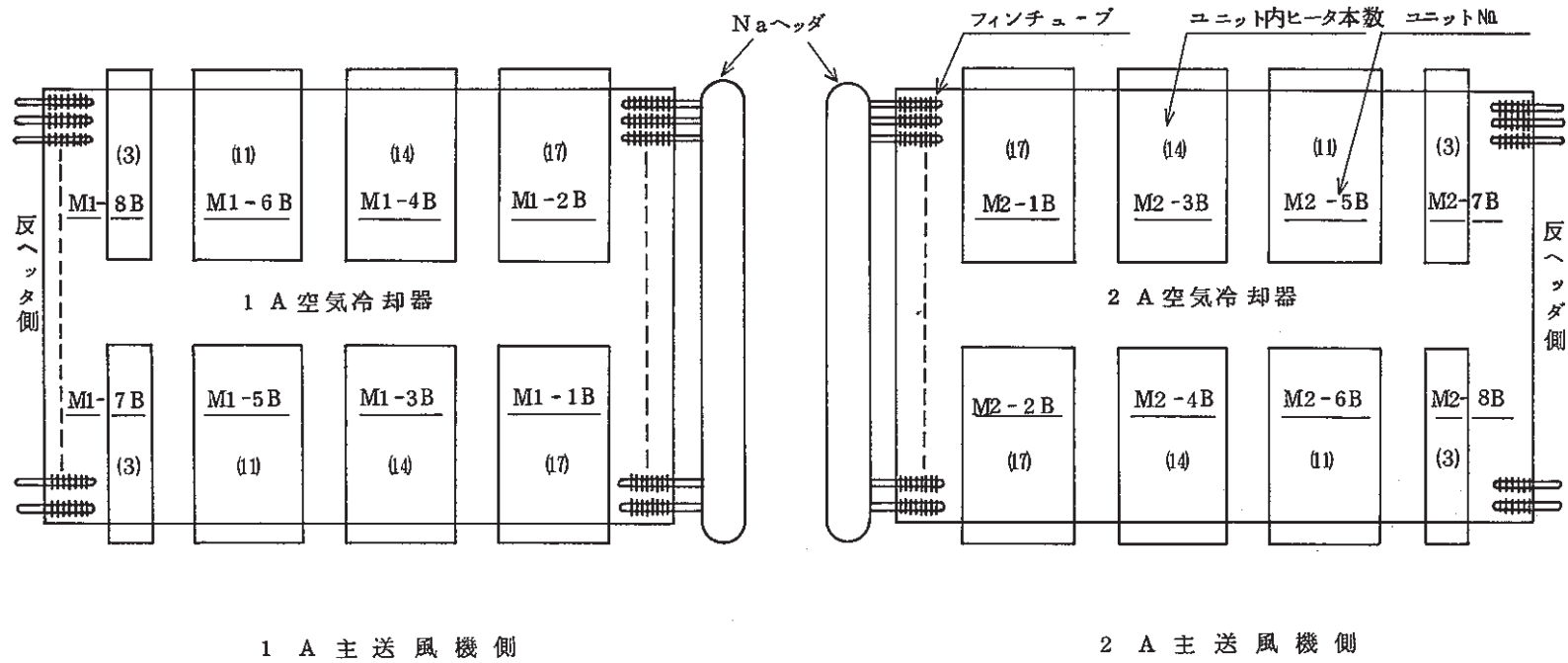
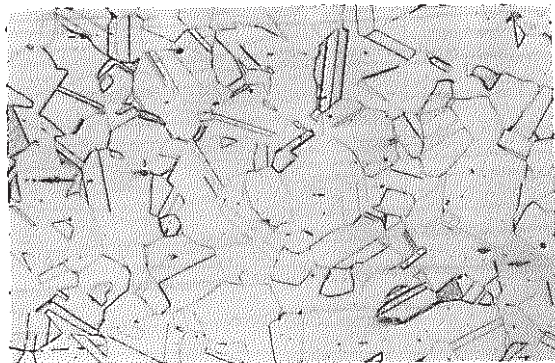


Fig 5.3.3 空気冷却器内装ヒータ配置図

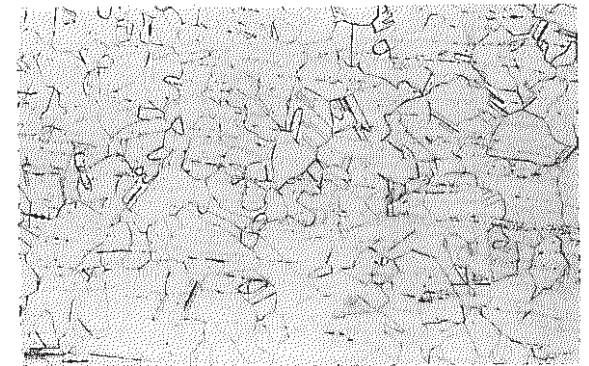
写真番号	試験片	撮影箇所	倍率	腐食液
1	素管	断面	×100	10%しゅう酸電解
2	加工品	直管部断面	〃	〃
3	〃	曲管部 〃	〃	〃



1



2



3

Fig 5. 3. 4 空気冷却器内装ヒータの光学顕微鏡による組織

Table 5.3.1 空気冷却器1A(2A)内装ヒータ仕様

項 目	ユニットNo.	M1-1B (M2-1B)	M1-2B (M2-2B)	M1-3B (M2-3B)	M1-4B (M2-4B)	M1-5B (M2-5B)	M1-6B (M2-6B)	M1-7B (M2-7B)	M1-8B (M2-8B)
全 容 量	(kw)	24.8	24.8	20.4	20.4	20.4	20.4	4.4	4.4
1本当りの容量	(kw)	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458	1.458
ヒータ全長	(mm)	3,895	3,895	3,895	3,895	3,895	3,895	3,895	3,895
発 熱 長	(mm)	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395	3,395
ヒータ外径	(mm)	12φ	12φ	12φ	12φ	12φ	12φ	12φ	12φ
電力密度	(W/cm ²)	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
電 源	(V)	200	200	200	200	200	200	200	200
ヒータ1本当りの重量	(g)	≒2,250	≒2,250	≒2,250	≒2,250	≒2,250	≒2,250	≒2,250	≒2,250
ヒータ本数	(本)	17	17	14	14	14	14	3	3
ヒータシース材質		SUS316LTP	SUS316LTP	SUS316LTP	SUS316LTP	SUS316LTP	SUS316LTP	SUS316LTP	SUS316LTP

Table 5.3.2 空気冷却器内装ヒータ絶縁抵抗及び抵抗測定結果

	ヒータ制御 ブロックNo.	交 換 前		交 換 後	
		絶縁抵抗 (MΩ)	合成抵抗 (Ω)	絶縁抵抗 (MΩ)	合成抵抗 (Ω)
空気冷却器 1 A	AC31.2-1A-01A	0	R-S 2.74	65	R-S 2.56
			S-T 2.92		S-T 2.55
			T-R 2.72		T-R 2.55
	AC31.2-1A-02A	0	R-S 2.65	40	R-S 2.56
			S-T 2.65		S-T 2.55
			T-R 2.66		T-R 2.55
	AC31.2-1A-03A	0	R-S 2.08	20	R-S 2.01
			S-T 2.07		S-T 2.00
			T-R 2.06		T-R 2.00
	AC31.2-1A-04A	2.5	R-S 2.08	140	R-S 1.99
			S-T 2.07		S-T 1.98
			T-R 2.10		T-R 1.99
空気冷却器 2 A	AC31.2-2A-01A	20	R-S 2.66	90	R-S 2.57
			S-T 2.65		S-T 2.57
			T-R 2.65		T-R 2.57
	AC31.2-2A-02A	2	R-S 2.63	45	R-S 2.58
			S-T 2.64		S-T 2.56
			T-R 2.64		T-R 2.56
	AC31.2-2A-03A	0	R-S 2.31	90	R-S 1.98
			S-T 2.31		S-T 2.03
			T-R 2.31		T-R 2.01
	AC31.2-2A-04A	0	R-S 2.09	35	R-S 2.00
			S-T 2.10		S-T 2.01
			T-R 2.22		T-R 1.99

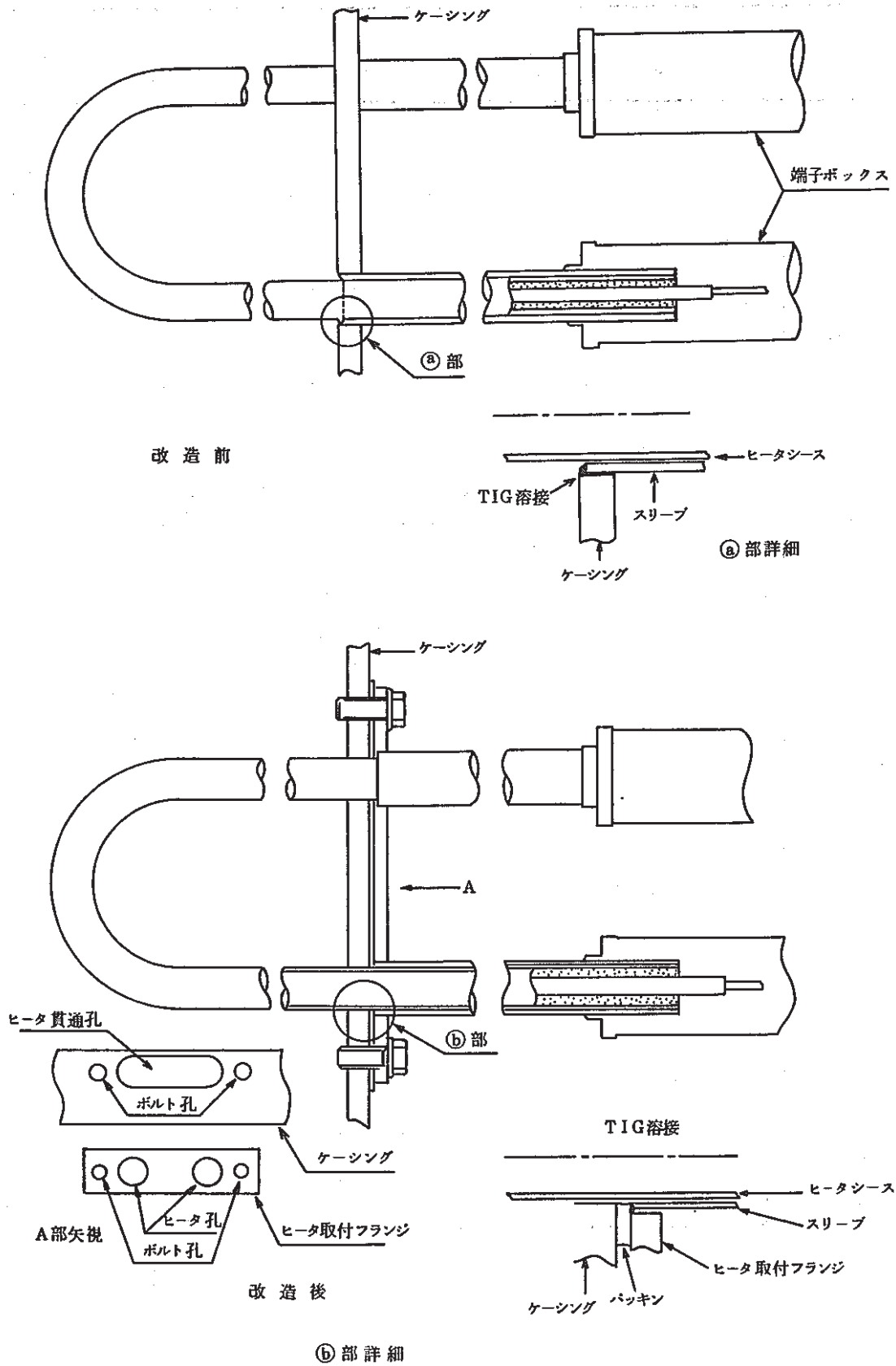


Fig5.3.5 内装ヒータのユニットへの固定方法

5.4 2次プロセス計装品の交換

5.4.1 概要

昭和58年3月に発生した2次純化系電磁ポンプのトリップは、同ダクト温度変換器のスパン調整用トリマ抵抗器ブラシの経年劣化による接触不良が原因であった。

2次系プロセス計装品は、系統設置後、既に10余年を経過し、近年に於ては、定期的に行なわれている点検による必要な保全作業で、求められる最小限の機能は維持できるものの、部品の故障の発生率が増加の傾向にあり、特に、現場計装品については、海塩粒子を比較的多く含む環境に設置されているため、その傾向が著しい。いわゆる計装品は摩耗故障期にあると判断された。一方、本計装品のメンテナンスパーツは、既にメーカーの保有限を超えている物が有るため、その調達が困難なものとなっていた。このため2次系プロセス計装品の老朽化の対策が計画され、その交換が実施された。

交換は、年次的になされ、昭和59年度に於いては、交換の対象とする計装品の選定が行なわれ、主冷却系、補助系、充填ドレン系および純化系の全ての交換器、アイソレータおよび警報設定器、合計72台が購入された。購入に際する各計装品の仕様については、基本的には、既設品に合せたが、精度および操作性の向上を目指すとともにバーンアウト機能等、従来に対して新しい機能も採用した。

昭和60年度（第5回定期点検時）に於ては、計装品の交換工事を実施した。工事に際しては、事前に計装品取付状態、配線径路等の調査を行い既存計装設備の問題点の摘出を行った。問題点については、工事計画に反映した。交換工事に於ては、購入品の仕様が既存計装ループと不整合となる等の問題点が発生し一時的に作業が停滞したが比較的軽微な改造で対処でき、予定通り完遂することができた。

交換工事後の試験検査については、入出力が特性試験、機器との組合せによる実作動試験を行い、交換工事が正常に完了したことを確認した。

現在、一連の交換工事が完了し約4ヵ月が経過した。この間、原子炉保護作動試験、第5回定期検査に係る警報装置の作動検査等により交換された計装品が実際に使用され、その操作性等が旧計装品に比べ向上したことが確認できた。

5.4.2 購入品の仕様

交換用計装品の仕様は、基本的には既設品に合わせたが、保守経験を基に一部の仕様、機能の変更を行うとともに精度的にも既設品より上位のものとした。Table 5.4.1 に購入計装品を示す。

購入品に採用した既設品に対する新規性のある仕様は以下のとおりである。

(1) 警報設定精度

購入品の全ての警報設定器の警報設定ダイヤルにフルスケールが10回転のロック機構付高精度ポテンショメータを採用した。これにより従来のフルスケールが1回転の警報設定ダイヤルに対し、設定精度が2%より0.5%に向上するとともに操作性、信頼性の向上が期待された。

(2) 信号発生器出力設定精度

原子炉保護作動試験に於て、2次冷却材流量「低」警報設定器（FA31・2-1A（1B）-D、E、F）への模擬信号源として用いられている信号発生器（FS31・2-1）の出力電圧設定ダイヤルにフルスケールが10回転のロック機構付ポテンショメータを採用した。これにより設定精度が従来の2.5%から0.5%に向上するとともに、出力電圧の微調整が容易になり原子炉保護作動試験の所要時間が大巾に短縮された。

(3) 温度変換器のバーンアウト機能

従来の温度変換器には、バーンアウト機能が備えられていないため、ケーブルを含むサーモカップルの断線の検出が行えないばかりでは無く、断線時の温度変換器出力がフローティング状態となるため、その下段に接続されている警報設定器の出力のインタロック上の使用状況によっては、機器の不本位な停止を発生させる可能性を内包していた。このため、上記不都合を解消すべく、購入する温度変換器には、機器のインタロックに応じバーンアウト機能を備えた。

(4) その他の機能

購入品の全ての警報設定器に警報出力の接点状態を示す赤ランプを備えた。また、全ての温度変換器にリニアライザを備えた。このため温度変換器の入、出力が直線の関係となり、次段以降の計装品を含めたループ較正の操作性が向上した。

5.4.3 購入品の品質管理

購入する計装品の品質管理については「日本計測工業会」の基準に基づき一般の工業用計装品の仕様で実施した。但し、購入時の立会検査については、可能な限り原子力用計装品のそれを採用した。試験検査項目は以下のとおりである。

(1) 仕様照合検査

(2) 外観寸法検査

(3) エージング試験

(4) 性能試験

- ① 精度試験
- ② 直線性試験
- ③ 再現性試験
- ④ 警報確認試験
- ⑤ その他

(5) 絶縁抵抗試験

(6) 絶縁耐力試験

5.4.4 交換工事

(1) 調査および計画

交換工事に際して、交換用計装品の盤内の取付位置を定めるため、および交換工事による誤配線を防止するために事前調査を行った。調査は、盤内寸法測定、展開接続図を基にした計装品の入、出力ケーブル、電源ケーブルのケーブル番号表示の現物との対応、およびケーブルの配線径路の調査を行った。また調査の中で交換工事の計画に反映の必要があると思われる幾つかの不具合を発見したため、それも以下のように工事計画に反映した。

- ① ケーブル番号表示の脱落、紛失が多く発見された。このため交換工事で布設するケーブルにはチューブ式でケーブル番号を表示することとした。
- ② 従来、計装品の盤内の入、出力ケーブルには1.25^φのI V線が使用されており、芯線が太径であり、可撓性が悪いため、特に曲げ径の小さい端子部付近においては、芯線の一部に断線が発見された。このため盤内配線については芯線径が小さく可撓性が優れている0.75^φのM V V Sケーブルを採用した。
- ③ 従来の計装品は、過去に行なわれた改造等のためにA、B系統の区別はされていたものの特に規則性を持たない配置となっていた。このため点検に伴うループ較正等に於ける同一計装ループ内の必要計器の取付位置に関しては、認識性に乏しいものがあった。このため、本交換工事では、その認識性を向上させるため、同一ループ内の計装品を可能なかぎり横一列に配置し規則性を持たせることとした。

(2) 交換工事

交換工事は、系統の運転状態に合わせてⅡ期に分けて実施した。すなわち前期目は、主冷却系統に係るA 7 1 2室の4 3 2盤内計装品およびS 4 0 2室の6 6 1盤内計装品

であり、6月10日から7月24日にわたり交換工事を実施した。後期目は補助冷却系に係るA505室の221盤の計装品であり8月27日から9月20日にわたり交換工事を実施した。以上、交換工事には試験・検査を含め延べ23日間を要した。

交換工事は、先ず交換対象品の電源の停止から開始された。

次に電源および入、出力信号ケーブルを撤去するために、その切断を計装品、端子台に旧ケーブルのケーブル番号の表示が残る位置で行った。これは、後に実施する新ケーブルの布設の際、それらを照合し誤配線を防止するためである。次に計装品の盤への固定に用いられている穴明アングルを計装品を含めて盤から取外し、交換工事に係る一連の撤去作業が終了した。

交換用計装品の取付は、その固定用として予め成形、加工したアングルを盤へボルトにより取付けた。次に、同一計装ループを構成する各計装品を横一列に集合してアングル上に配置した。次にケーブルの布設、結線を旧ケーブルの番号の照合と平行して実施した。新ケーブルの布設範囲は、信号ケーブルについては、各計装品から盤内の外部出力端子台まで、また電源ケーブルについては盤内の計器電源スイッチの2次側までとした。

また、本交換工事に併せて、432盤々面に取付けられていた原子炉保護作動試験用チャンネル切換スイッチの同盤内への移設も行った。これは、従来、同スイッチと盤内に設置されている原子炉保護作動試験用の模擬信号発生器とが位置的に離れており、同試験の実施に際し操作性が好ましくなく、それらの配置に関する改善が検討されていたためである。

(3) 試験・検査

試験検査が交換工事途中に必要なに応じて、また工事完了後に行なわれた。以下に試験・検査項目および結果を示す。但し、ここでは、全ての試験・検査結果を述べることは無意味と判断されるため、概要のみに止めることとする。

① 外観検査

計装品の取付状態、ケーブルの配線状態等の異常の有無を目視で検査した。その結果、異常は確認されなかった。

② 寸法検査

計装品の盤への取付け寸法を設計図面を基に検査し、取付寸法が設計通りであることを確認した。

③ 照合検査

計装品の配置、移設した保護作動試験用切替スイッチの配置を設計図面と照合し、問題のないことを確認した。

④ 接続確認

各計装品の電源ケーブルおよび信号ケーブルが所定の端子に接続されていることをテスター、目視により検査し、正常であることを確認した。また、同一の計装ループ内の計装品が回路的に問題なく接続されていることを確認した。

⑤ 絶縁抵抗検査

計装品の電源回路、信号回路の絶縁抵抗を測定し、基準値である20M Ω 、1M Ω 以上であることを確認した。

⑥ シーケンス試験

本交換工事で移設およびケーブルの交換を行ったもので回路にリレー、ランプ等が含まれ、ケーブルの接続確認が困難な、保護作動試験回路および警報設定器出力回路について、その確認をシーケンス試験で代行した。保護作動試験回路については、モードスイッチ等を実際に切り替えることにより、ランプ、リレー等が正常に機能することを確認した。警報設定器出力回路については、模擬信号を入力することにより次段以降のリレー、警報が正常に動作することを確認した。

⑦ 較正試験

交換した計装品の精度等を、いわゆるループ較正試験により確認した。併せて本交換工事の範囲には含まれていないが、ループの最終段にある記録計についても較正を実施した。

その結果、全ての計装品とも所定の性能を有していることを確認した。

5.4.5 まとめ

第5回定期点検に併せて2次系のプロセス計装品の交換が行なわれ概ね予定通り完了した。以下に一連の工事で得られた知見を示す。

(1) 計装品の仕様選定等について

- ① 本工事を進めて行く中で、一部、既存計装ループと交換用計装品の電氣的仕様が不整合となり、計装ループの配線計画の変更および計装品の仕様を変更せざるを得ない問題点が生じた。このため交換用計装品の購入に際しては、既存の計装品本体の銘板の記載内容および展開接続図等の事前調査が必要であるとともに、検出端を含めた計

装ループとしての仕様の確認が重要である。

- ② 警報設定器および原子炉保護作動試験用模擬信号発生器に採用した高精度ポテンシヨメータは、警報等の設定精度が向上したとともに、設定の操作性が向上し大巾にループ校正試験、原子炉保護作動試験の所要時間が短縮された。
- ③ 温度変換器に採用したバーンアウト機能は、熱電対の断線の監視、機器の不本意なトリップの防止に役立つとともに、運転員の心理的負担の軽減が期待され、評価できるものである。
- ④ 計装品の摩耗故障期を先取するとともにメーカーに於けるメンテナンスパーツの保有期限を考慮した本交換工事は、予防保全の観点から適時であったと評価できる。

(2) 交換工事等について

- ① 交換工事に先立ち行った既設計装品取付状態の事前調査は、工事を円滑に進める上で必要なものであるとともに、それにより摘出された問題点が工事計画に反映できるため非常に重要である。
- ② 計装品の入、出力ケーブルの撤去には、その切断を番号表示がケーブルの接続側に残る位置で行う方法を採用したが、新ケーブル布設時に旧ケーブルの番号と照合できるため誤配線防止に有効であった。

Table 5.4.1

購入計装品一覧表 (1)

No.	計器名称	Tag No	型式 (島津製作所)	入/出力信号	備考
1	流量変換器	FX31.2-1A-D	T672A0880	0 ~ 6 mV / 4 ~ 20mA	
2	"	" -1B-D	"	"	
3	"	" -1A-E	"	"	
4	"	" -1B-E	"	"	
5	"	" -1A-F	"	"	
6	"	" -1B-F	"	"	
7	アイソレータ	FISOL31.2-1A-D	M658A0880	4 ~ 20mA / 4 ~ 20mA	
8	"	" -1B-D	"	"	
9	"	" -1A-E	"	"	
10	"	" -1B-E	"	"	
11	"	" -1A-F	"	"	
12	"	" -1B-F	"	"	
13	警報設定器	FA31.2-1A-D	M670A2114	4 ~ 20mA / ON - OFF	表示: LL
14	"	" -1B-D	"	"	"
15	"	" -1A-E	"	"	"
16	"	" -1B-E	"	"	"
17	"	" -1A-F	"	"	"
18	"	" -1B-F	"	"	"
19	R / I 変換器	POX31.2-5A-1	M656A0980	2.6 ~ 157 Ω / 4 ~ 20mA	
20	"	" -5B-1	"	7.9 ~ 160.5 Ω / 4 ~ 20mA	
21	"	" -5A-2	"	9.6 ~ 160.3 Ω / 4 ~ 20mA	
22	"	" -5B-2	"	4.6 ~ 160.5 Ω / 4 ~ 20mA	
23	"	" -6A-1	"	4.8 ~ 157.0 Ω / 4 ~ 20mA	
24	"	" -6B-1	"	1.6 ~ 157.5 Ω / 4 ~ 20mA	
25	"	" -6A-2	"	2.0 ~ 155.9 Ω / 4 ~ 20mA	
26	"	" -6B-2	"	5.1 ~ 158.3 Ω / 4 ~ 20mA	

購入計装品一覧表 (2)

No.	計器名称	Tag No.	型式 (島津製作所)	入/出力信号	備考	
27	警報設定器	TA31.2-2A-1	M670A2125	4~20mA / ON-OFF	表示: H L	
28	"	" -2A-2	"	"	"	
29	"	" -2B-1	"	"	"	
30	"	" -2B-2	"	"	"	
31	手動設定器	FS31.2-1	M655A0091X	—— / 0~10mV	10回転設定式	
32	流量変換器	FX31.2-1A-1	T672A0880	0~6mV / 4~20mA		
33	アイソレータ	FISOL31.2-1A-1	M658A0880	4~20mA / 4~20mA		
34	警報設定器	FA31.2-1A-1	M670A2123	4~20mA / ON-OFF	表示	L A
		FA31.2-1B-1				L B
35	流量変換器	FX31.2-1B-1	T672A0880	0~6mV / 4~20mA		
36	アイソレータ	FISOL31.2-1B-1	M658A0880	4~20mA / 4~20mA		
37	流量変換器	FX31.2-1A-2	T672A0880	0~6mV / 4~20mA		
38	"	" -1B-2	"	"		
39	アイソレータ	FISOL31.2-1A-2	M658A0880	4~20mA / 4~20mA		
40	"	" -1B-2	"	"		
41	温度変換器	TX31.2-1A	T672A1681	0~24.9mV / 4~20mA (0~600℃)	C A 熱電対	
42	"	" -1B	"	"	"	
43	"	" -3A	"	"	"	
44	"	" -3B	"	"	"	
45	"	" -6A	T672A1682	"	"	
46	"	" -6B	"	"	"	
47	警報設定器	TX31.2-6A	M670A2825	4~20mA / ON-OFF	表示: H H H	
48	"	" -6B	"	"	"	
49	温度変換器	TX31.2-9A	T672A1581	0~10.78mV / 4~20mA (0~200℃)	I C 熱電対	
50	"	" -9B	"	"	"	

購入計装品一覧表 (3)

No.	計器名称	Tag No.	型式 (島津製作所)	入/出力信号	備考
51	警報設定器	TA31.2-9A	M670A2821	4~20mA / ON-OFF	表示: H A H B
		TA31.2-9B			
52	"	FA32.2-1	M670A2814	"	表示: L
53	"	TA32.2-2	M670A2825	"	表示: — L
54	温度変換器	TX32.2-1	T672A1681	0~24.9mV / 4~20mA (0~600℃)	C A 熱電対
55	"	" -2	"	"	"
56	R / I 変換器	POX32.2-3	M656A0980	30.3~143.3Ω / 4~20mA	
57	"	" -1	M656A0980	1500~2560Ω / 4~20mA	
58	流量変換器	FX32.2-1	T672A0880	0~14.0mV / 4~20mA	
59	アイソレータ	FISOL32.2-1	M658A0880	4~20mA / 4~20mA	
60	定電流発生器	TES32.2-2	M655A0091	—— / 0~20mA	
61	警報設定器	LA35.2-1	M670A2825	4~20mA / ON-OFF	表示: H —
62	流量変換器	FX34.2-1-1	T672A0880	0~18.58mV / 4~20mA	
63	アイソレータ	FISOL34.2-1-1	M658A0880	4~20mA / 4~20mA	
64	警報設定器	FA34.2-1-1	M670A2825	4~20mA / ON-OFF	表示: L · L L
65	偏差警報器	FVA34.2-1	M670A2831X	"	表示: H L
66	流量変換器	FX34.2-1-2	T672A0880	0~9.46mV / 4~20mA	
67	アイソレータ	FISOL34.2-1-2	M658A0880	4~20mA / 4~20mA	
68	警報設定器	FA34.2-1-2	M670A2826	4~20mA / ON-OFF	表示: H L
69	温度変換器	TX31.2-1	T672A1681	0~16.395mV / 4~20mA (0~400℃)	C A 熱電対
70	警報設定器	TA34.2-1	M670A2825	4~20mA / ON-OFF	表示: — L
71	温度変換器	TX34.2-2	T672A1682	0~24.9mV / 4~20mA (0~600℃)	C A 熱電対

購入計装品一覧表 (4)

No.	計器名称	Tag No.	型式 (島津製作所)	入/出力信号	備考
72	警報設定器	TA34.2-2	M670A2826	4~20mA/ON-OFF	表示：H —

5.5 原子炉付属建家空調換気設備・換気回数の適正化

5.5.1 概 略

高速実験炉「常陽」原子炉付属建家空調換気設備（以下付属空調と言う）は、空調器を具備する空調系、適度に給排気処理しながらスタックへ排気するスタック換気系、特別な外気処理は行なわず直接、室から排気する換気系、事故時非常排気処理を行う燃料洗浄室非常排気処理系の4つにて構成され、各機器類の正常な運転、常時運転員のいる室に対する空気調和、放射性塵埃等の除去希釈及び汚染拡大防止のため他の室と適当な圧力差を維持する機能を有している。

本設備における換気回数は系統の熱負荷の除去及び特定の室、放射線量区分から定められている換気回数により決定される。換気回数設定の基準となっている数値は熱負荷の最大値及び外気温日最高月平均値（夏場）をとっている。従って、設定された換気回数は十分余裕を持った値である。その結果給排気ファンは必要以上に高速回転となり、ベアリング・Vベルト等の負荷が著しく増大している。

このため付属空調設備の年間のメンテナンス作業頻度は約60回、月5回程度の補修作業を実施している。これらメンテナンス作業に要する消耗品費は年間500～600万円に達し、チャコールフィルターを交換する年度は1000万を越える消耗品費が必要となる。

よって、付属空調は保守的な設計条件を切り詰めることにより、大幅なコストダウンを達成することができる。

本メモは、これらの観点から付属空調・換気回数の適正化について提案するものである。

(1) 対象設備

高速実験炉「常陽」

原子炉付属建家空調換気設備

(2) 現行の換気条件

現行の換気回数は系統の熱負荷除去上は次式にて算出される。

$$\text{換気回数} = \frac{q}{0.29 \times \Delta t \times V} \dots\dots\dots \text{①}$$

q : 系統機器の発熱量 (kcal/h)

Δ t : 吹出温度差 (℃) = 室温 (40℃) - 外気温 (30℃)

0.29 : 空気の比熱 / 空気の比体積 (Kcal/m³℃)

さらに、特定の室及び放射線量区分から換気回数の制限値は

- | | |
|-------------------|------------|
| ① 廃ガス処理室 | 10回 / h 以上 |
| ② 放射線量区分がDクラス | 5回 / h 以上 |
| ③ 放射線量区分がA・B・Cクラス | 3回 / h 以上 |

と定められている。

従って、現行の換気回数は①式にて求められた値及び放射線量区分から定められた値より決定される。

(3) 換気回数の適正化についての検討

設計上の系統の熱負荷は各室に設置されている電源盤及び電動機その他の機器の運転条件を考慮した定格の総発熱量の最大値であり、実際の熱負荷を大幅に上回っている。

例えば、廃ガス処理室系の工認に記載されている熱負荷は40,000Kcal/h弱あり、その主たる熱源はコンプレッサー及びモーターであるが、コンプレッサーの発熱は冷却水にて大部分が除去される。これらの稼働率も5%以下であり、40,000Kcal/hの数字は現実的ではない。

また、昭和55年3月～同年8月にかけて断続的ではあるが付属空調系において省エネ運転を実施した。

この時に行った方法は、特定の給排気ファンを停止して各室及び電源盤内の温度上昇を測定する方法であった。この結果によれば、夏場・冬場における省エネ運転実施後の室温上昇は2～4℃程度であり、盤内の温度上昇についても顕著ではなかった。よって、この結果からも実際の熱負荷は設計値より大幅に低いことがわかる。

(4) 具体的な換気回数の設定及び実施方法

付属空調を管理区域内(スタック換気系)と保全区域(換気系)の空調の2つに大別して考える。なお、中央制御室、ホット実験室、装填燃料貯蔵室系、蓄電池室系については、運転員への室内環境作り、機器、燃料保護等の意味あいから対象外とする。

5.5.2 換気回数の設定

管理区域内の換気回数は各室の熱負荷状況を考慮するとともに、「もんじゅ」の補助建家の汚染又は汚染の可能性のある区域の換気回数に準じるものとし、その最低値を3回/hとする。Table 5.5.1に換気条件設定表を示す。

保全区域については、各室の空気の流れを基本的に確保する意味あいから、換気回数は

2回/hとする。

5.5.3 実施方法

現状の設備で換気回数を下げる具体的方法は①プーリー径の変更、②インバータ制御、③ダンパー固定による統一である。

プーリー径変更は、モーター側あるいはファン側のプーリー径を変えて、ファン側の回転数、風量を減じ、換気回数の低減を図るものである。

インバータ制御は、モーター回転数を直接制御して換気回数の低減を図るものである。

ダンパー固定による統一は、ダンパー開度を現行より閉めることにより換気回数の低減を図るものである。

管理区域内の空調、特に燃料洗浄室、廃ガス処理室系については汚染事故を想定している系統であり、異常時は早急に元の状態に復帰しなくてはならない。よってこの2系統については給排気ともインバータ制御方式とし、異常時は元の状態に復帰するものとする。その他の管理区域内の系統についてはプーリー径変更方式をとるものとする。

また、保全区域内の空調については、特に汚染事故等を考慮に入れず、早急に元の状態に復帰しなくても良い前提に立ち、プーリー径変更方式をとるものとする。

(1) 換気回数適正化の効果

換気回数の低減を図ると以下に示す効果が得られる。

【電力費の削減額】

1) プーリー径変更による

年間電力消費量

$$225.8\text{KW}(\text{モーター動力総和}) \times 24\text{H} \times 365\text{D} = 1,978,000\text{KWH}$$

プーリー径変更による削減率

50% (目安)

プーリー径変更による削減額

$$1,978,000\text{KWH} \times 0.5 \times 15\text{円/KWH} \approx 14,000\text{千円}$$

2) インバータ制御による

年間電力消費量

$$89\text{KW}(\text{モーター動力総和}) \times 24\text{H} \times 365\text{D} = 779,000\text{KWH}$$

インバータ制御による削減率

85% (目安)

インバータ制御による削減額

$$779,000\text{KWH} \times 0.85 \times 15\text{円} / \text{KWH} \approx 9,000\text{千円}$$

年間電力費の削減額は 約23,000千円

【消耗品類の削減額】

約2,000千円 (目安)

従って全体の削減効果は 約25,000千円である。

5.5.4 おわりに

本案の実施に当たっては運転担当課の協力を得て行うものであり、昭和61年度中実施を目指し進めていくものである。

Table 5.5.1 換気条件設定表

系 統 名	換気回数	方 法	系 統 名	換気回数	方 法
中央制御室系	対象外	—————	ディーゼルパワーセンター系 (A)	2回/h	プーリー径変更
ホット実験室系	〃	—————	ディーゼルパワーセンター系 (B)	↑ ↓	↑ ↓
装填燃料貯蔵室系	〃	—————	1次現場制御室系		
廃ガス処理室系	3回/h	インバータ制御方式	接触器盤室系		
燃料洗浄室系	↑ ↓	インバータ制御方式	圧空供給室系	2回/h	プーリー径変更
ホット配管路系		プーリー径変更			
Ⓢ設備室系		↑ ↓			
水冷却池室系					
1次アルカンガス系バルブ操作室系	3回/h	プーリー径変更			
燃料洗浄室非常排気処理系	対象外	—————			

5.6 2次Arガスバックアップフィルター点検

5.6.1 概要

2次Arガス系のバックアップフィルター（以下BFと略す）全数5基について点検を行なった。又その結果及び過去の点検結果を基にBFの点検頻度の検討を行なった。

今回の点検結果、ダンプタンク用BFエレメントにNaペーパーの付着が多かった。その他のBFエレメントへの付着はごく微量であった。

過去の点検結果、ダンプタンク用BF、呼吸ヘッダー用BFは他の3つのBFエレメントよりNaペーパー付着がはるかに多かった。ダンプタンク用BF、呼吸ヘッダー用BFにペーパーの付着が多い理由にオーバーフロータンクから戻りNaにより巻き込まれるArガスが定常的に同BFを通過するためである。

以上のことからダンプタンク用・呼吸ヘッダー用BFの機能を維持するためには、定検間のちょうど中間に一度分解点検及び必要に応じた点検が必要であると判断する。その他のBFについては定検毎の点検で十分であることが確認出来た。

5.6.2 2次Arガス系BFの概要

2次Arガス系には、ダンプタンク、オーバーフロータンクA、B、膨張タンクからのNaペーパーを含むArガスを呼吸ヘッダーに導びくラインに、Naペーパーをトラップさせるベーパートラップ（以下VTと略す）がある。BFはこのVTの下流側に設置しており、VTでトラップしきれないNaペーパーをトラップするVTのバックアップのフィルターである。

BFは

- ・ダンプタンク用BF → 1基 BF36.2-2
- ・呼吸ヘッダ用BF → 1基 BF36.2-4
- ・膨張タンク用BF → 1基 BF36.2-3
- ・オーバーフロータンクA用BF → 1基 BF36.2-1A
- ・オーバーフロータンクB用BF → 1基 BF36.2-1B

の5基が設けられている。

- ・BFの概略構造図は添付Fig5.6.1BF概略構造図参照。
- ・2次Arガス系の構成はFig5.6.22次Arガス系概略ライン参照。

※ 呼吸ヘッダ用BFはダンプタンクから呼吸ヘッダーライン間の呼吸ヘッダー側にありダンプタンク用BFを2重化したものである。BF呼び名称として「呼吸ヘッダー用B

F」としているものである。

5.6.3 点検作業内容

3.1 分解前点検

3.1.1 外観点検

3.1.2 漏洩試験

3.2 分解点検

3.2.1 フィルターエレメントの点検

3.2.2 オリングの交換

3.2.3 その他構成品の点検

3.3 組立後点検

3.3.1 外観点検




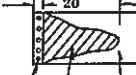
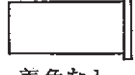
3.3.2 漏洩試験

5.6.4 点検結果

目視による点検でBFエレメントにNaペーパーの付着が多かったのはダンプタンク用BFである。

その次に付着していたのがオーバーフロータンクB用BF、オーバーフロータンクA用BFであった。

その他のBFは特に付着は見られなかった。(次表参照)

BF名称		膨張タンク用 (BF36.2-3)	オーボフロ-タンクA用 (BF36.2-1A)	オーボフロ-タンクB用 (BF36.2-1B)	ダンプタンク用 (BF36.2-2)	呼吸用ヘッダー用 (BF36.2-4)
点検項目						
分解前点検	外点 観検	良	良	良	良	良
	漏試 洩験	良	良	良	良	良
分解点検	フィルターエレメントの点検	 着色なし	 表面着色 淡い白色	 淡い白色 白色 着色なし	 塊白色 着色なし (粉)	 着色なし
	フィルターエレメント洗浄後の挿入(エレメント)枚数	90枚	90枚	90枚	90枚	90枚
	リングの点検	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
	その他構成品の点検	良	良	良	良	良
組立後点検	外点 観検	良	良	良	良	良
	漏試 洩験	良	良	良	良	良

5.6.5 まとめ

ダンプタンク用BF、呼吸ヘッダー用BFは第4回定検から1年後の60年2月（第4、5回定検間）に2次Arガス系圧力制御不調の為点検を実施した。

この時はダンプタンク用BFにNaのかたまりが有りNaペーパーの付着はフィルターエレメントの8割程度、呼吸ヘッダー用BFの方に7割程度みられた。（下表参照）

BF名称	BFタグNo	点検時期	点 検		第5回点検
		第4回定検 59年2月	60年2月	60年8月	
ダンプタンク用BF	BF36.2-2	オーバーホール 実施	Naの固まりがあり ペーパーの付着は 8割程度。	⇒ オーバー ホール 実施	ペーパーの付着は 4割程度。 ⇒ オーバー ホール 実施
呼吸ヘッダー用BF	BF36.2-4	"	ペーパーの付着は 7割程度。	⇒ オーバー ホール 実施	ペーパー付着なし
オーバーフロー タンクA用BF	BF36.2-1A	"	実施せず		ペーパーの付着 少々有り。 ⇒ オーバー ホール 実施
オーバーフロー タンクB用BF	BF36.2-1B	"	実施せず		ペーパーの付着は 1割程度。 ⇒ オーバー ホール 実施
膨張タンク用BF	BF36.2-3	"	実施せず		ペーパー付着なし

今回の定検は60年2月から約6ヶ月後の点検であった。結果はダンプタンク用BFエレメントにNaのかたまりはなくNaペーパーの付着のみであり呼吸ヘッダー用BFには無かった。

ダンプタンク用・呼吸ヘッダー用BFにNaペーパーの付着が多い理由にオーバーフロータンクから戻りNaにより巻き込まれるArガスが定常的に同BFを通過するためである。（Fig5.6.2参照）

この2つのBFは1回/年の点検ではBFの機能が限界近く至っているものである。しかし、1回/6ヶ月の点検ではBFの性能を十分確保出来るものである。

以上の事からダンプタンク用BF、呼吸ヘッダー用BFは定検間のちょうど中間に一度の点検及び必要に応じた点検が必要であると判断する。

次にオーバーフロータンクA、B用BF、膨張タンク用BFの今回の定検は、第4回定検から1年半後の点検であった。

結果、オーバーフロータンク B 用 B F にエレメントの 2 割程度 N a ベーパー付着がみられた。オーバーフロータンク A 用 B F に着色程度、膨張タンク用 B F には無かった。

これらの 3 つの B F に N a ベーパーの付着が少ない理由は、オーバーフロータンク A、B より N a がオーバーフローする時に A r ガスを一緒に巻込んでダンプタンクに流れ込む為、オーバーフロータンク A、B 用 B F の方へ N a ベーパーを含む A r ガスの流れが少なくなるものである。(Fig5.6.2 参照)

一方、膨張タンク用 B F に N a ベーパーの付着が殆んど無い理由としては、2 次補助系が封じ込めで運転されているために N a ベーパーを含む A r ガスの流れが殆んど無いものである。(Fig5.6.2 参照)

この 3 つの B F は定検毎の点検でも性能を十分確保出来ることが確認出来た。

番号	名 称	数量	材 質
1	フィルターエレメント	1	SUS304
2	フィルターエレメント保護筒	1	"
3	フィルター止め板	1	"
4	フィルター固定ボルト	1	SS41
5	フィルター当て板	1	"
6	ケーシング	1	STPG38
7	盲フランジ	1	SS41
8	Oリング	1	シリコンゴム
9	フィルターエレメント固定用ナット	1	SS41
10	フィルター止め板止めネジ	1	S20C
11	圧力計元弁	1	SF45

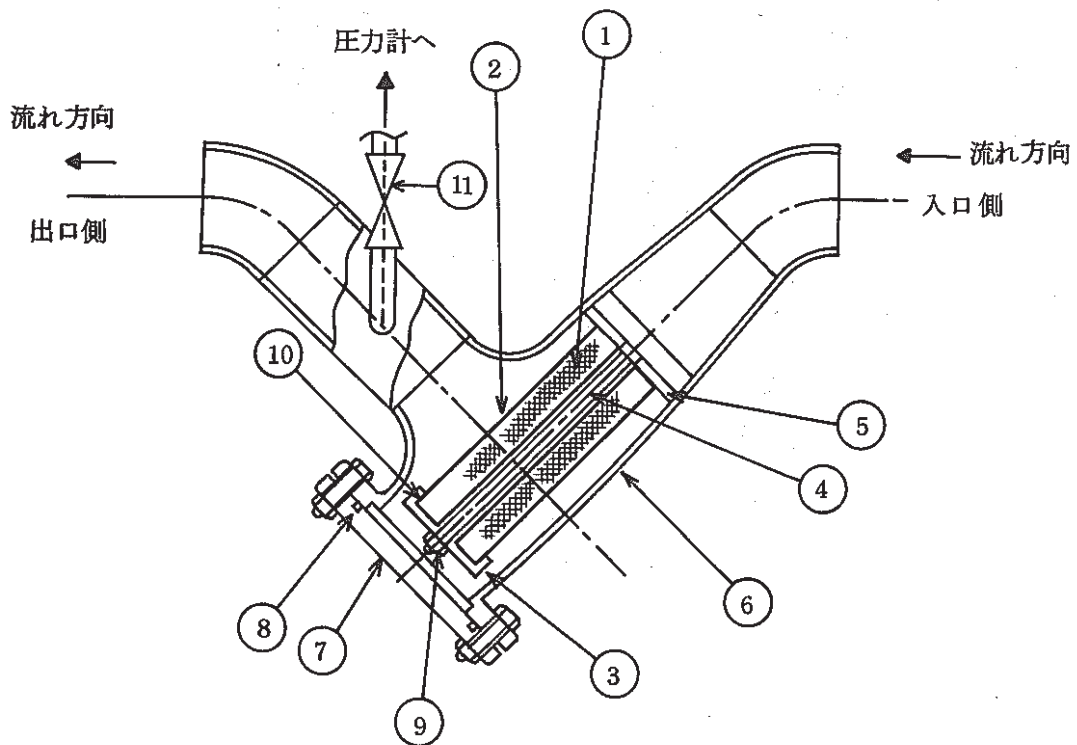


Fig5. 6. 1 BF概略構造図

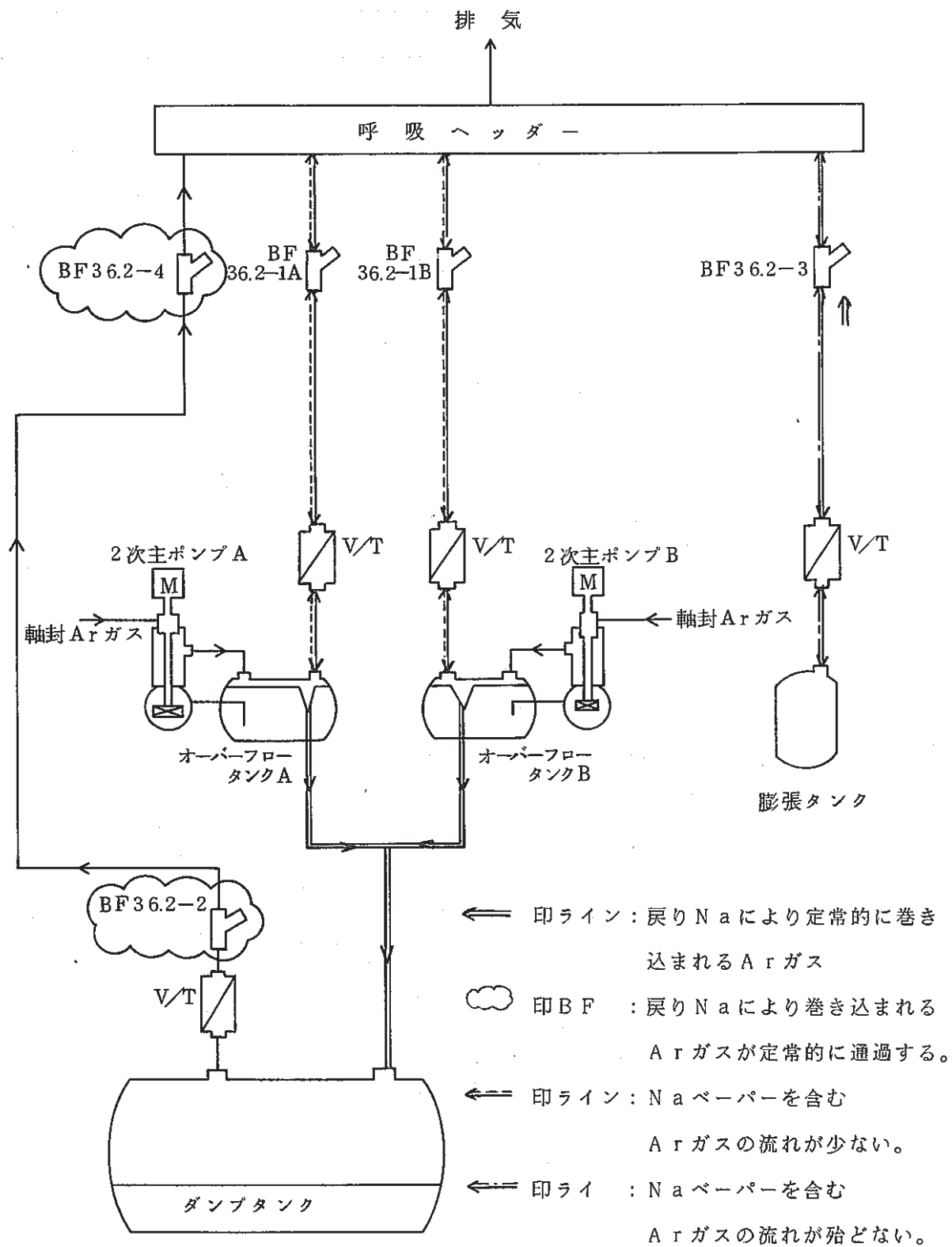


Fig5.6.2 2次 Ar ガス系概略ライン図

5.7 2次主循環ポンプ用メカニカルシール点検

5.7.1 概 要

「常陽」の2次主循環ポンプのメカニカルシールは、定検毎に分解点検を実施してきたが、点検の都度、上部シール面のシールリングに欠けや割れが発生していることが発見された。上部シールリングに欠けや割れが発生する原因は2つ考えられ一つは材質が樹脂を含んだカーボン材であるために、運転時において樹脂が発熱、膨張（ブリストア）することによるもの。もう一つは上部シールリング摺動面にエア溜りが出来、その結果、潤滑不良により発熱し膨張することによるものである。

この対策として同シールリングの材質を点検の都度変更（国産カーボン→改良国産カーボン→輸入カーボン→国産無含浸カーボン）して様子を見てきた。また、摺動面のエア溜りを無くする対策としては、エア抜きラインの改造を行なった。

これらの結果、国産無含浸カーボン材を使用した状態で欠けや割れが発生しないことが確認できた。このため、今後は、上部シールリングに国産無含浸カーボン材を使用することによって、従来定検毎に実施してきた分解点検の頻度を変えられる見通しが得られた。具体的な点検頻度については次回定検時に再度分解点検を実施し、健全性を確認した後決定したいと考える。

また、2次主循環ポンプの上部ベアリングの交換頻度について考えた場合、一般的な基本定格寿命としては計算上10年以上あるが重要機器という観点から寿命まで使用せずメカニカルシール分解点検の機会を利用して予防保全的に交換するのが好ましいと思われる。このことからメカニカルシールの点検頻度が少なくなれば結果的に当ベアリングの交換頻度も少なくなり微量ではあるがベアリング及びベアリング交換に要する経費の削減が期待できる。

5.7.2 メカニカルシールの概要

2次主循環ポンプA号機、B号機は共にメカニカルシールを用いている。このメカニカルシールはポンプ内部胴上部フランジ上方の軸貫通部にダブル形のシールを設け、アルゴンガスが大気中に漏れること、および、大気がアルゴンガス中に流入することを防止する為のものである。またメカニカルシール上下部シール間には2次主循環ポンプの上部軸受を設けており、シール面、軸受の冷却、潤滑を兼ねて、アルゴンガスより高い圧力の潤滑油を循環させている。2次主循環ポンプの上部軸受は組合せアングュラ形の玉軸受で、ポンプ回転時の軸方向スラスト荷重を支えると共にラジアル軸受としても働きポンプ本体の

軸方向の位置も此の軸受により決められている。このメカニカルシール上部、下部側シール面からの潤滑油の漏洩油はそれぞれ上部漏洩油回収タンク、下部漏洩油回収タンクを経由して主油タンクに戻る様になっている。

Fig5.7.1にメカニカルシール構造図を示す。

5.7.3 メカニカルシール上部シールリングの経緯

メカニカルシールは、上部、下部のシール面で構成されるが上部シール面のシールリングには前述したようにA号機、B号機共に欠けや割れが発生していることが過去の定検時に確認された。尚、下部のシール面には特に異常のないことが確認されている。このため、Table5.7.1に示すように定検の都度、シールリングの材質を変えて当シールリングに最適なものを見いだそうとしてきた。

その結果、国産無含浸カーボンを使用した場合、欠けや割れが発生しなくなり、今回、それが健全であることが確認できた。表中、ラッピングにより再使用とあるのは、シールリング部は一度分解した場合、シール面の密着性を保つために、ラッピング（摺り合せ）を必ず実施するのである。

それぞれのカーボン材の仕様をTable5.7.2に示す。

国産無含浸カーボンは、耐熱性に優れ樹脂の含有量も微量であるためブリストーを発生しにくいと思われる。また、摺動面にエア－溜りが出来、その結果潤滑不足によるリブリストーが起これると思われたことについては、第4回定検時にエア－抜きをよくする為の改造を行なった。Fig5.7.2に概略図を示す。

5.7.4 作業内容

- (1) 上下部フローティングシート・シールリングの平坦度測定。
オプチカルフラットにより平坦度測定を行なった。
- (2) 上下部フローティングシート・シールリング摺動面の粗さ測定。
外観目視点検及び粗さ計による粗さ測定を行なった。
- (3) 上下部シールリング摺動体の高さ測定。
ダイヤルディップスゲージにより測定を行なった。
- (4) 上下部シールリング摺動体ベローズ押え力の測定。
インストロン測定器により測定を行なった。
- (5) その他構成部品の点検。
 - ① Oリング、オイルシール

外観目視点検を行なった。

② スリーブ

外観目視点検及び内径の寸法測定を行なった。

③ ベアリング

外観目視点検及び手廻しで異常の有無の確認を行なった。

④ その他の部品

外観目視点検を行なった。

(6) 気密試験及び耐圧漏洩試験

① 気密試験

メカニカルシール組立後エアにて内圧 2 kg/cm^2 まで加圧し、石けん水を塗布して漏れの有無を確認した。

② 耐圧漏洩試験

タービン油 #90 にてメカニカルシール内圧 3 kg/cm^2 まで加圧し30分放置後圧力降下及び油の漏れの有無の確認をした。

5.7.5 点検結果

(1) 上部フローティングシート・シールリング摺動面の平坦度測定。

平坦度許容値 3 H . L . B (ヘリウム、ライト、パウンド) を超えている箇所は A 号機が上下部シールリング、B 号機では上部シールリング、下部フローティングシートであった。これらはラッピング処理を行なうことで許容値以内となった。

注) 平坦度が許容値を超えていてもこれはむしろ組立てる時の基準として捉えたほうが適切であり、実際の運転に於てはあまり問題とならない。運転中にはシール面からの漏洩油の量を確認することでシール面の健全性が確認できる。

(2) 上下部フローティングシート・シールリング摺動面の粗さ測定。

外観目視点検では A 号機の下部シールリング、下部フローティングシートに面荒れが生じていた。

又、粗さ計による測定では A 号機の上下部フローティングシート下部シールリングが許容値を超えていた。

許容値	⎧	上下部フローティングシート	0.8 μ 以上	⎥
		上部シールリング	1.5 "	
		下部シールリング	0.8 "	

これらは、ラッピング処理を行なうことで許容値以内とり外観上も良好となった。

注) 摺動面の粗さが許容値を超えている箇所があるが、これについても前項の注)と同じ判断による。

(3) 上下部シールリング摺動体の高さ測定。

A、B号機、ラッピング前・後共に基準値2mm以上であることを確認した。

(4) 上下部シールリングベローズ押え力の測定。

上下部シールリングベローズ押え力はA、B号機共に規格値に入っていることを確認した。

(5) その他構成部品の点検

① Oリングオイルシール

Oリングについては異常は無かった。オイルシールはリップ部が硬化していた。Oリング、オイルシールは消耗品扱いのため全数交換した。

注) オイルシールについては系内のオイルのシール部に使用しているのではなく外気中のゴミ等の進入を防ぐためにオイルシールを使用しているものである。この為、ゴミ等の進入を防ぐ機能は硬化していても十分あるものであり特に問題はないと考えられる。

② スリーブ

*①参照

セラミックコーティング部にオイルシールとの摺動による軽微な摩耗があった。これは系内オイルのシールでなく外気中のゴミ等の進入を防ぐものであり運転上特に問題ない。内径の寸法測定の結果許容値に入っており良好であった。

③ ベアリング

外観目視及び手廻しにより異常の無いことを確認した。尚、ベアリングは交換を行なった。交換した理由は以下の通りである。

ベアリングは第3回定検時に交換されて以来、今回の定検までに約26,000時間運転されている。一方当該軸受の基本定格寿命 L_{10n} は次式で計算できる。

$$L_{10n} = 500 f_n^p$$

L_{10n} : 基本定格寿命 [n] (一群の同じ軸受けを同一条件で個々に運転した時、そのうちの90%が転がり疲れによるフレーキングを起こさず回転できる。

すなわち信頼度90%の総運転時間)

f_n : 軸受の寿命係数 = 6 (ここでは寿命算出に必要な負荷の基本動荷重等が明確でないため一般的にベアリング設計に用いられている「1日24時間連続で運転され、事故による停止が絶体に許されない機器」に適用されている値を用いた。)

P : 3 (玉軸受の定数)

前式にこれらの数値を代入すると

$$L_{10n} = 500 \times 6^3 = 108,000 \text{ 時間となる。}$$

基本定格寿命としてのこの時間はかなりの余裕を持った値と言える。しかし試算した値は理想条件を基にしたものであり、寿命を決定する要素としてはベアリング本体以外にも環境や使用条件に依るものが多く単純に決定できないものである。

従って、本ベアリングは2次主ポンプの上部軸受に使用している重要機器であるという観点から従来どおりベアリングは寿命迄使用することを前提とせずメカニカルシールの分解点検時期に合わせて交換した方が好ましいと思われる。又、メカニカルシールの分解点検の総費用に占めるベアリング交換費用の割合は約5%程度であり、経済的にも特に問題にならないものと考えられる。

④ その他の部品

A、B号機共にベアリング締め付けナット及び座金は打キズ、バリ等があった。機能上は問題はないが消耗品である為次回定検時には交換が必要と思われる。その他構成部品は異常なく良好であった。

(6) 気密試験及び耐圧漏洩試験

① 気密試験

漏れはなく良好であった。

② 耐圧漏洩試験

圧力降下及び漏れもなく良好であった。

5.7.6 まとめ

2次主ポンプのメカニカルシールは設置後、定検の都度上部シールリングに欠け、割れ等が発見され、その対策としてシールリングの材質を変更するなどの措置をとってきた。

従来使用していた上部シールリングの材質は樹脂の含有量が多く、この樹脂が発熱、膨張（ブリストア）することにより欠け、割れがしたものである。

これらのことから上部シールリングの材質に国産無含浸カーボンを採用した結果欠け、割れが発生しなくなった。この国産無含浸カーボンは、樹脂の含有量が他のカーボンに比べ微量である為ブリストアが発生しにくいと思われる。又、ブリストアは摺動面のエア－溜りによる潤滑不足によっても発生するものと思われたためにエア－抜きをより良くするための改造も実施した。

これらのことによりブリストアによる欠け、割れは発生しなくなったものである。更に2次主循環ポンプ運転中において上部シールリングの健全性のめやすをつかむ為、上部漏洩油戻りラインに上部漏洩油回収タンクを設置（第4回定検時）し、漏洩油の量を確認できるようにした。

ここでメカニカルシール上下部摺動面の油漏洩率は、59年3月（第4回定検後）～60年6月（第5回定検）迄の2次主ポンプの運転時間で評価すると

- ・ 2次主ポンプ運転時間 10,800時間（A、B号機共）
- ・ Aポンプ上部摺動面油漏洩量 0.8ℓ → 油漏洩率 0.07cc/hr
- ・ “ 下部 “ 7.8ℓ → “ 0.72 “
- ・ Bポンプ上部 “ 0.32ℓ → “ 0.03 “
- ・ “ 下部 “ 5.0ℓ → “ 0.46 “

であり、シール面からの油漏洩油量の許容値5cc/hrを十分満足するものであった。以上のことからメカニカルシールは従来1回/毎年の点検が必要であったが1回/2～3年の点検にできる見通しが得られた。尚、第6回定検では再確認の為、本メカニカルシールの点検を実施する予定である。

No.	名 称	計量	材 質
A	上部フローティングシート	1	超硬合金
B	シールリング	1	カーボン
C	下部フローティングシート	1	超硬合金
D	シールリング	1	超硬合金
E	ベアリング	1	7324 ADF
F-1	Oリング	2	ニトリル
F-2	Oリング	1	バイトン
F-3	Oリング	1	ニトリル
F-4	Oリング	1	ニトリル
F-5	Oリング	1	バイトン
F-6	Oリング	1	バイトン
F-7	Oリング	1	バイトン
F-8	Oリング	1	バイトン
G	オイルシール	1	ニトリル
H-1	カラー	1	NK-2 1
H-2	スリーブ	1	SUS27

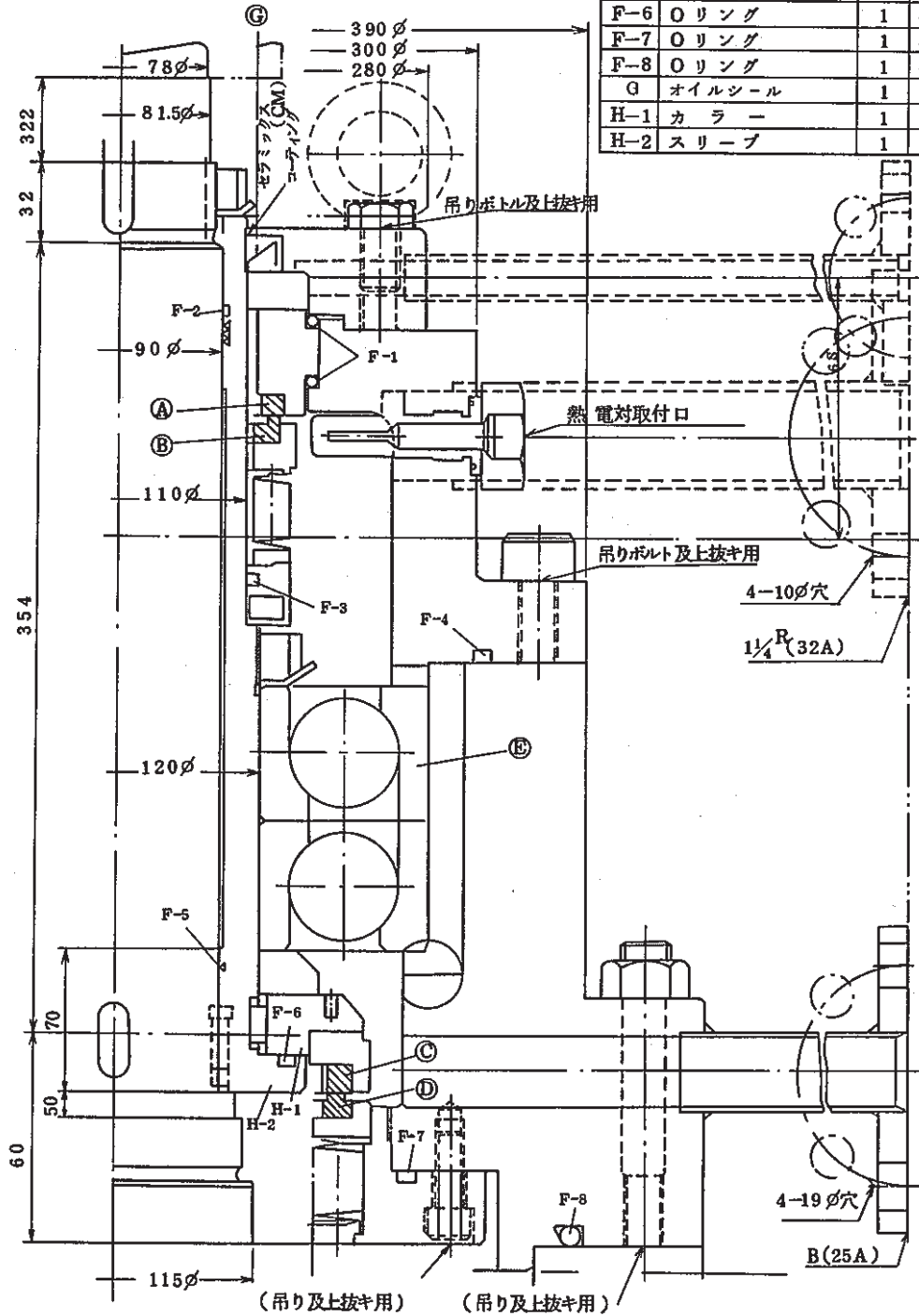
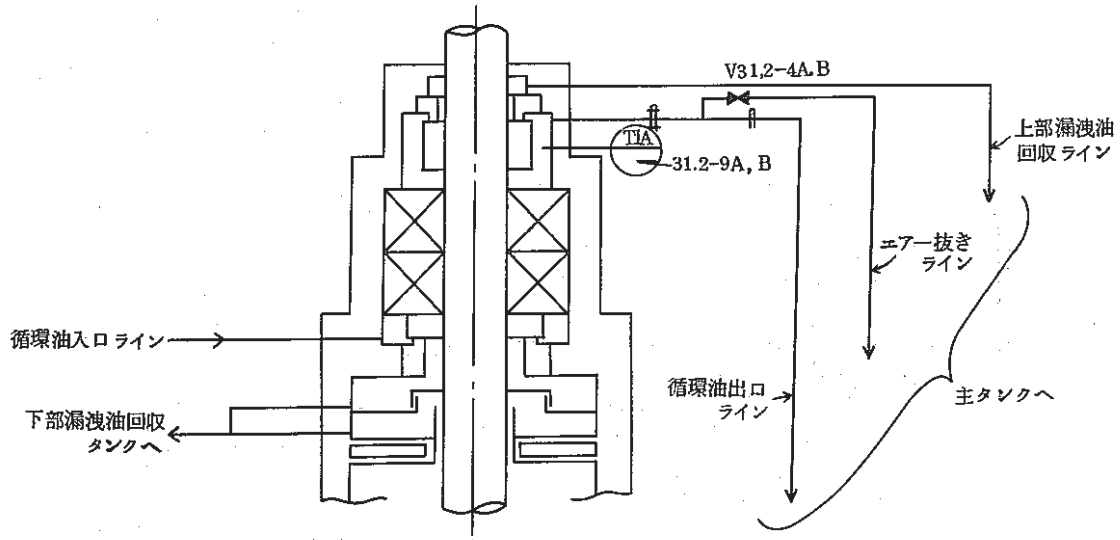
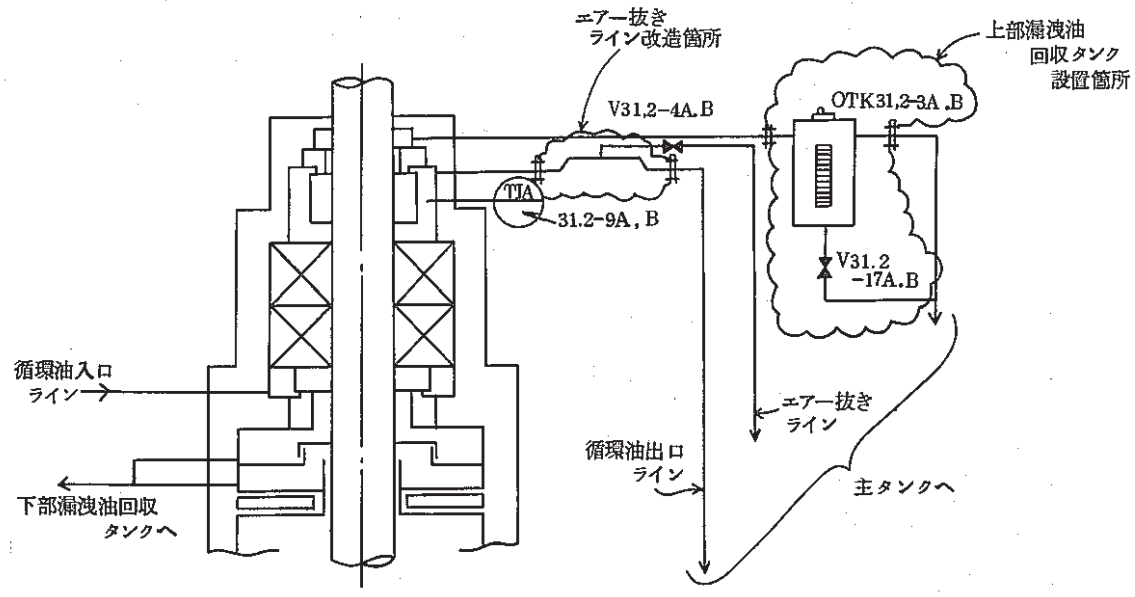


Fig 5.7.1 メカニカルシール構造図



エア-抜きライン改造前
上部漏洩油回収タンク設置前



エア-抜きライン改造後
上部漏洩油回収タンク設置後

Fig5.7.2 エア-抜きライン改造・上部漏洩油回収タンク概略図

Table 5.7.1 上部シールリングの経緯

	—	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回
	設置時	54/10	55/11	57/4	59/1	60/6.7
A号機	国産カーボンを取付けた。	割れ、欠けが発生していた。 ↓⊗ 新品（同材質）に交換した。	同左 ↓⊗ 改良国産カーボンに交換した。	改良国産カーボンに割れ、欠けが発生していた。 ↓⊗ 輸入カーボンに交換した。	輸入カーボンに割れ、欠けが発生していた。 ↓⊗ 国産無含浸カーボンに交換した。	国産無含浸カーボンに割れ欠け発生無し。 ↓⊗ ラッピングにより再使用した。
B号機	国産カーボンを取付けた。	割れ、欠けが発生していた。 ↓⊗ 輸入カーボンに交換した。	輸入カーボンに割れ、欠け発生無し。 ↓㊦ ラッピングにより再使用。	輸入カーボンに割れ、欠けが発生していた。 ↓⊗ 国産無含浸カーボンに交換した。	国産無含浸カーボンに割れ、欠け発生なし。 ↓㊦ ラッピングにより再使用した。	同左 ↓㊦ 同左

⊗ → 交換を実施。 ㊦ → ラッピングにより再使用。

Table 5.7.2 上部シールリングの仕様

	国産カーボン	改良国産カーボン	輸入カーボン	国産無含浸カーボン
主成分	黒鉛炭素質 フラン樹脂含浸	同左 フェノール樹脂含浸	同左 特殊樹脂微量含浸	炭素黒鉛質 無含浸（表面のみ微量樹脂を 含浸）
耐熱	約170℃	約250℃	約350℃	約450℃

5.8 FFD-DN法検出器交換

5.8.1 目的

燃料破損検出設備遅発中性子(DN)法のBF₃検出器は、検出器内部に核分裂ガスが封入されており、検出器の劣化は、照射による核分裂ガスの消耗よりもガス質の変化等に支配される。

MARK-I性能試験時及びMARK-II性能試験時に得られた検出器ディスクリ特性の比較から明らかな様に、MARK-IIで得られたディスクリ特性は、検出器の著しい劣化現象が確認できる。(これは、MARK-I当時に比べ検出器内のガス質の変化が進行しパルス波高が小さくなっていることを端的に示すものである。)

従って使用不能となる前に計画的にBF₃検出器の交換を行った。

5.8.2 検出器仕様

熱中性子感度	65.5cps/nvth
外壁材質	銅
内部充填ガス	BF ₃
絶縁抵抗	100MΩ以上(ケース~COM間)
静電容量	約6pF(ケース~COM間)
使用最高温度	100℃
適合コネクタ	TYPE 237
製造メーカー	CENTRONIC L.T.D(英国)

限界積算照射量(バーンアップ)10¹⁸(nvt)

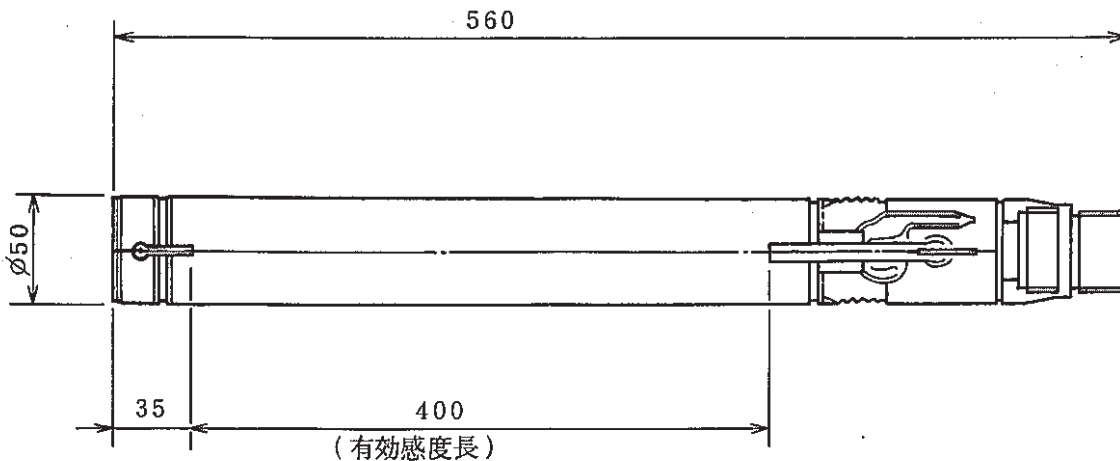
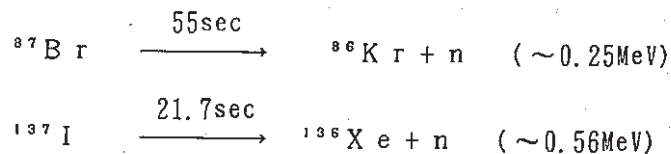


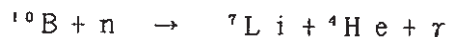
Fig5.8.1 BF₃検出器外形図

5.8.3 検出器の劣化度

B F₃検出器は、燃料破損の発生時、冷却材中に混入するF Pが遅発中性子法黒鉛減速体系近くの配管内で⁸⁷B rと¹³⁷Iが下記の通り崩壊した遅発中性子を放出する。



この遅発中性子は、黒鉛減速体系中で熱中性子となり、B F₃検出器に含まれる¹⁰Bに衝突してγ粒子を放出する。



γ粒子は、検出器に封入されたガスを電離して、イオン対を生成する。このイオン対の電子は、検出器の高圧の電場の作用で正電極に向かって移動し、その間に更にガスを電離して2次電子を生成する。

このようにして（電子は、鼠算式に増殖し）電子なだれを発生する。この時の総電子数は、B F₃検出器では有限で1次イオン対に比例した電荷信号が発生する。

検出器内に封入されているB F₃ガスは、上記の反応により消耗され、その限界積算照射量は、10¹⁸nvtとされているが現在までの検出器の積算照射量は、2.37×10⁹nvtであるため照射によるB F₃ガスの消耗は、無視出来ると言える。ただしB F₃ガスは、大線量のn、γ線下で使用するとB F₃ガスが下記の反応によりガス質の変化を起こす。



この反応によりFが生成する。¹⁰B (n、γ) ⁷L iにより生成するγ粒子による電離で生じるイオンをFが消費するため得られるパルス波高の低下が生じる。

以上のガス質の変化が進行することによりS/N比が低下する。すなわちB F₃検出器の交換時期は、ガス質の変化の程度により決定される。

5.8.4 ガス質の変化検討

(1) MARK-IとMARK-II性能試験時のディスクリ特性の比較

Fig5.8.2にMARK-II性能試験時のディスクリ特性を示す。MARK-I性能試験に得られた検出器ディスクリ特性とMARK-IIでのディスクリ特性から明らかな様にMARK-IIで得られたデータは、MARK-Iでのデータに比べディスクリ特性から検出器の劣化が顕著に見られる。

これは、MARK-I当時に比べ検出器のパルス波高が小さくなっていることも示しておりパルス波高の減少は、すなわちガス質の変化量の増加を端的に示すものである。

(2) 新しい検出器と既設検出器のディスクリ特性の比較

Fig5.8.3に新旧検出器ディスクリ特性を示す。検出器交換前後に線源(Am-Be 100mCi)を使用しディスクリ特性試験を行った結果からわかる様に検出器の劣化は激しい。

以上の結果よりBF₃検出器のガス質変化による交換時期は、装置の重要性及びメンテナンスからMARK-I運転積算照射量の 1.03×10^9 (nvt)が適当だと考える。

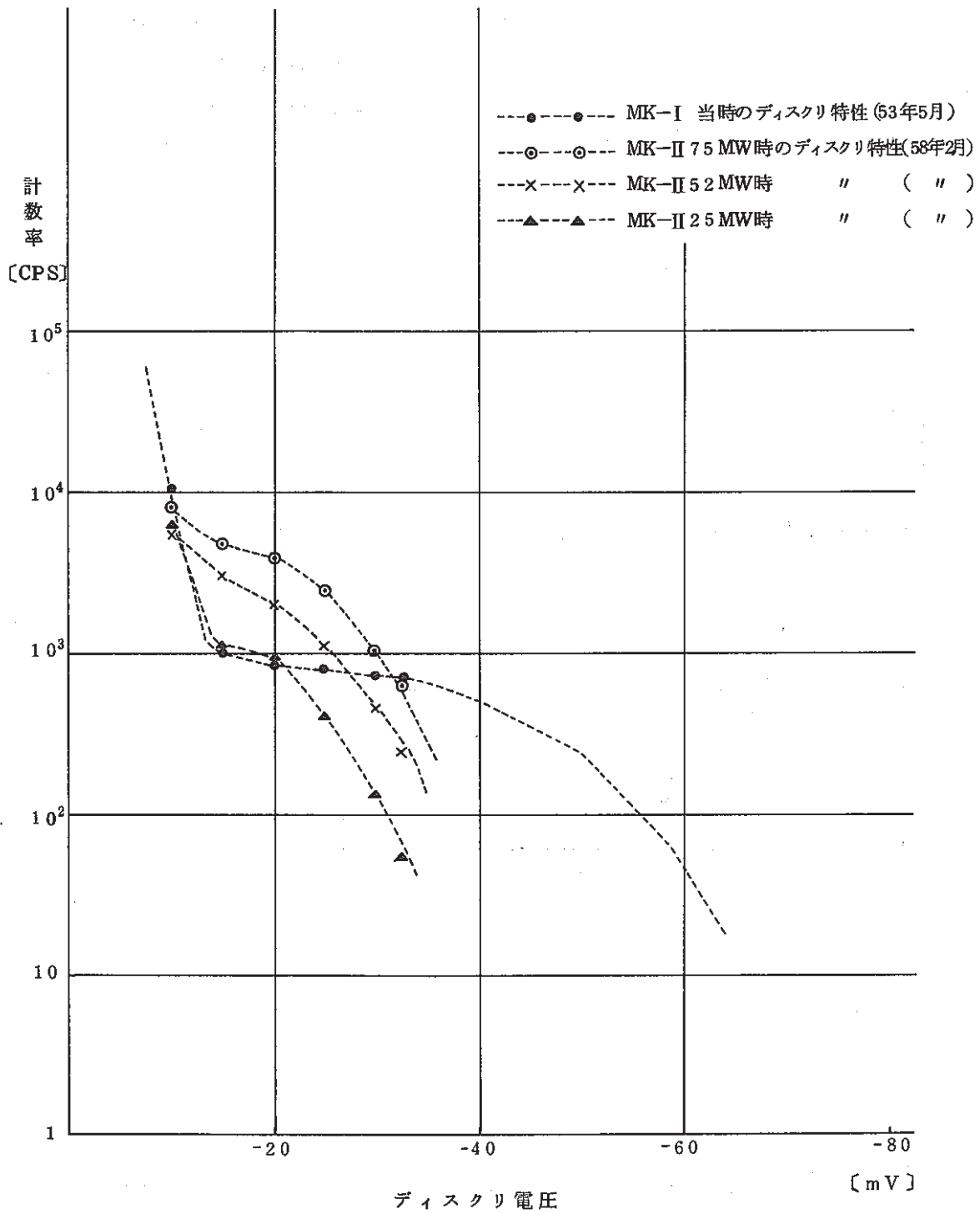


Fig5.8.2 MARK-I及びMARK-II性能試験時のディスクリ特性

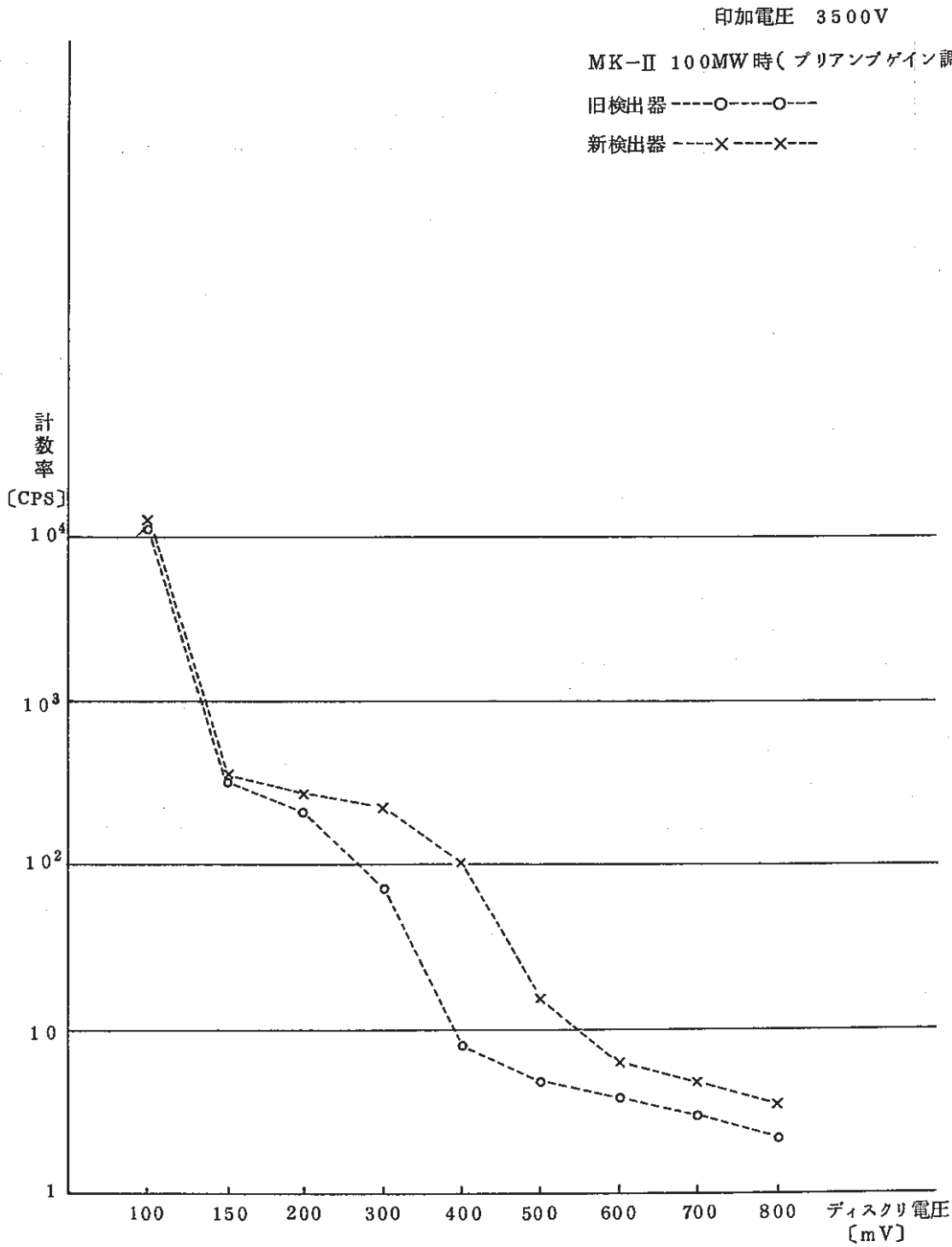


Fig5.8.3 新旧検出器ディסקリ特性

5.8.5 検出器の交換インターバル検討

ガス質の変化の検討結果より検出器の交換は、積算照射量で 1.03×10^9 (nvt) としたため「常陽」の今後の運転計画 5 サイクル/年 (5 サイクル積算照射 8.9×10^8 (nvt)) から検出器の交換頻度年/1回が適当と考えられる。尚BF₃検出器は、常用(2本)及び予備(2本)が設置されているが予備の検出器は交換して使用しなくてもn、r線によりガス質の変化が進行し使用できなくなるため経済性を考慮し予備の交換は不必要と考え常用2本のみとする。

(検出器1本に不具合が発生しても残りの1本が健全により計測できるため監視上支障はない)

5.8.6 まとめ

今回は運転経験により交換インターバルを決定したが国内で製作されている同一仕様の検出器の寿命表示(ガス質の劣化等を考慮した)から比較すると約4倍(使用されている検出器には寿命表示がない)である。このことから明らかな様にBF₃検出器の寿命は一般的に短いがディスクリ電圧及び印加電圧の調整によりどうにか使用している。

今後のFBRにおける燃料破損検出にBF₃検出器を使用していくことを考えると、高速実験炉「常陽」における保守技術開発計画の長寿命BF₃検出器の開発を早急に実施し安定した計測が出来る様にする必要がある。

5.9 295RTフロンターボ冷凍機の点検

5.9.1 目的

295RTフロンターボ冷凍機（以下「ターボ冷凍機」という）は、格納容器雰囲気調整系のうち床下室雰囲気冷却系、主循環ポンプ上蓋室冷却系、回転プラグ補助冷却系等の除熱用として設けられている。今回の点検は、本機の品質状態の確認、前回点検時に発見された不具合箇所の補修と構成部品の交換および保安装置の改造を行ない、今後の運転に際し、その機能を維持する目的で行った。

5.9.2 設備の概要

ターボ冷凍機は、ターボ圧縮機、凝縮器、主電動機、KODラム、冷媒ポンプ、潤滑油系機器および保安装置を含んだ制御盤等で構成されている。

冷却器で熱交換されたフロンガスは、ターボ圧縮機で圧縮され凝縮器で液化される。この液化したフロンをフロート弁で減圧させ差圧でKODラムに吸込み、冷媒ポンプで冷却器に送る。

冷却器入口に設けられた膨張弁によりフロン液はガス化し、冷却器内で熱交換をする。この熱交換後のガスがターボ圧縮機に入り、前述した過程を繰り返す。

本点検は、この冷凍サイクルのうち、ターボ冷凍機を構成する機器について行った報告であり冷却器系は除外した。

5.9.3 点検内容

今定期点検（以下「定検」という）で実施した点検内容を下表に示す。

点 検 個 所		点 検 内 容
主 電 動 機	ステータコイル	(1) ワニスの良否 (2) コイル表面の良否 (3) コイル縛糸の良否 (4) 絶縁抵抗測定 (5) 巻線抵抗測定
	ロータ軸	(1) 軸の変形並びに摩耗・接触の有無 (2) ロータバランス調整
	軸 受	・軸受の良否
	油 切	・亀裂、接触並びに変形の有無
増 速 機	増速歯車	・亀裂、摩耗の有無（目視点検）
	ケーシング本体	・腐食、亀裂の有無
圧 縮 機	インペラ	(1) 腐食、接触等の有無 (2) インペラ交換
	サクシヨンベーン機構	(1) 作動状態の良否並びに腐食の有無 (2) ベーンモータ分解点検
	ケーシング本体	・腐食、亀裂並びに接触の有無
潤 滑 油 装 置	オイルタンク	・汚れ、異物の混入の有無
	オイルポンプ	・摩耗、亀裂の有無
	モーター	(1) 絶縁抵抗測定 (2) 巻線抵抗測定
	オイルストレーナー	・汚れ、異物の付着の有無
	オイルクーラー	(1) 腐食、汚れの有無 (2) 組立後気密テスト
	オイル配管	・油洩れの有無並びに配管内の汚れの有無

点 検 個 所		点 検 内 容
熱 交 換 器	K O ドラム	(1) 腐食の有無 (2) 測温抵抗体の取り付け
	フロート室	(1) フロート作動の良否並びに腐食の有無 (2) 測温抵抗体の取り付け
	凝縮器水室	(1) チューブ、水室の汚れ並びに腐食の有無 (2) テストピースの取り付け
抽 気 回 収 装 置	液溜り室	(1) 異物の混入、腐食の有無 (2) フロート作動の良否
	電磁弁並びに逆止弁	・作動の良否
軸 封 装 置	メカニカルシール	(1) ドレン量の確認 (2) 給油配管の変更 (3) シールボックスの亀裂の有無
カップリング		(1) センタリング異常の有無（点検前後） (2) カップリングの変形等の異常の有無
電 気 品 関 係	高 圧 盤	(1) 作動の良否 (2) 接点の摩耗、傷の有無 (3) 絶縁抵抗測定 (4) ビスの緩みの有無
	冷凍機低圧操作盤	(1) シーケンスチェック (2) 絶縁抵抗測定 (3) ビスの緩みの有無 (4) ランプ切れの有無
保 安 計 器	圧力計	・圧力計指示誤差の有無並びに作動状態の良否
	温度計	・指示誤差の有無
	圧力・温度スイッチ	(1) 作動の良否 (2) 設定値の校正
	フロートスイッチ	・作動の良否
冷 媒 ポ ン プ	ポンプ（A、B号機）	(1) カーボンメタル、スリーブ並びにスラストカラーの異常の有無 (2) ケーシング並びにインペラ内異物の混入、摩耗、接触の有無 (3) ステータキャン並びにロータキャンの傷、接触の有無 (4) 組立後気密テスト
	モータ（A～C号機）	(1) 絶縁抵抗測定 (2) 巻線抵抗測定
気 密 テ ス ト	加圧テスト	・各フランジ並びに接続部の洩れの有無（点検前後について実施）
	真空テスト	・漏洩量の確認

点 検 個 所		点 検 内 容
試 運 転	大気圧運転（無負荷運転）	・異常振動並びに騒音等の有無
	負荷運転	(1) 異常振動並びに騒音等の有無 (2) 各電流、圧力、温度等の異常の有無

5.9.4 点検結果

ターボ冷凍機の点検結果を下表に示す。

点検項目		点 検 結 果	
		A 号 機	B 号 機
主 電 動 機	ステータコイル	(1) 外観 — 異常なし (2) 絶縁抵抗、巻線抵抗 — 異常なし	
	ロータ軸	ロータバランス調整実施、調整後異常なし	
	軸 受	軸受交換 (No. 6 3 1 4 C 3 ; 各 2 ヶ)	
	油 切	異常なし	
増 速 機	増速歯車	目視点検 — 異常なし	
	ケーシング本体		
圧 縮 器	インペラ	入口、出口側にドレンアタック現象による浸食あり。 インペラ交換 (No. N 4 5 6)	入口側にドレンアタック現象による浸食あり。 インペラ交換 (No. N 4 6 8)
	サクシヨンペーン 機構	(1) 作動状態 — 異常なし (2) ペーンコントロールモータはメーカーにて分解点検	
	ケーシング本体	異常なく良好	
潤 滑 油 装 置	オイルタンク	・タンク底部に若干汚れがあった。また、潤滑油も若干変色していた。	
	オイルポンプ	・目視点検 — 異常なし	
	モータ	・絶縁抵抗および巻線抵抗 — 異常なし	
	オイルストレーナ	・エレメント (LND-08-20 μ) に汚れおよび詰りがあったためエレメント交換	
	オイルクーラー	(1) 水室側フランジ面に腐食有り。(肉盛り後手仕上げ補修) (2) 組立後気密テスト — 異常なし (試験圧力; 4.60kg/cm ² G)	(1) 水室側フランジ面に腐食有り。(研磨仕上げ補修) (2) 組立後気密テスト — 異常なし (試験圧力; 4.98kg/cm ² G)
	油配管	油漏れ等異常なし	
熱 交 換 器	KOドラム	(1) 若干発錆あり (2) 測温抵抗体取り付け (ドラム表面にボス溶接)	
	フロート室	(1) フロート室内発錆大 (2) フロート弁の作動 — 異常なし (3) 測温抵抗体取り付け (フロート室にボス溶接)	

(つづき)

点検項目		点検結果	
		A 号 機	B 号 機
	凝縮器水室 (吸込管側のみ)	(1) チューブ内汚れ等なし (2) 水室ドアにテストピース (16枚/台) 取り付け	
抽気回収装置	液溜り室	(1) フロート弁の作動 — 異常なし (2) 異物混入等無し	
	電磁弁、逆止弁	・作動状態 — 異常なし	
軸封装置	メカニカルシール	(1) ドレンタンクレベル 0 cm (2) シールボックス外観目視点検 — 異常なし (3) 給油配管の変更 (油溜め対策)	
	カップリング	(1) センターリング確認 (点検前後) — 異常なし (2) カップリングの変形等異常なし	
電気品関係	高圧盤	(1) 作動、接点の摩耗等異常なし (2) 絶縁抵抗 — 異常なし	
	低圧操作盤	(1) シーケンスチェック、絶縁抵抗 — 異常なし (2) 故障表示灯ランプ切れ — 交換	(1) シーケンスチェック、絶縁抵抗 — 異常なし (2) 運転表示灯ランプ切れ — 交換
保安計器	圧力計	・指示誤差等異常なし	
	温度計		
	圧カスイッチ	(1) 蒸発圧力低下 (LPS 1、2)、凝縮圧力上昇 (HPS 1、2) の圧カスイッチを電子式の圧力発信器に改造した。 (2) 潤滑油圧力低下 (OPS 1、2) の圧カスイッチを交換した。 (3) 設定値の校正 — 異常なし	
	温度スイッチ	(1) 油温度上昇 (OTS 1) の温度スイッチを交換した。 (2) 設定値の校正 — 異常なし	(1) 油温度上昇 (OTS 1、2) の温度スイッチを交換した。 (2) 設定値の校正 — 異常なし
	フロートスイッチ	・交換後作動確認 — 異常なし	
冷媒ポンプ	ポンプ (対象 A、B 号機)	〈冷媒ポンプ A 号機〉 (1) インペラー背面に負荷側軸受ハウジングとの接触により発生した傷があった (深さ約 2 ~ 3 mm)。	〈冷媒ポンプ B 号機〉 (1) 摩耗、接触等異常なし (2) 組立後気密テスト — 異常なし (試験圧力; 10kg / cm ² G)

点検結果		点 検 結 果	
		A 号 機	B 号 機
冷 媒 ポ ン プ	ポンプ (対象 A、B号機)	〈冷媒ポンプ A号機〉 (2) 反負荷側カーボン軸受にクラックが発生していた。またスリーブおよびスラストカラーにも変形並びに変色が見られた。 (3) 組立後気密テスト ——— 異常なし (試験圧力; 10kg/cm ² G)	〈冷媒ポンプ B号機〉
	モータ	A～C号機について 絶縁抵抗および巻線抵抗 ——— 異常なし	
気 密 テ ス ト	加圧テスト	〈点検前〉 被点検側に N ₂ ガスを 1 kg/cm ² G 加圧し運転機への影響を見た ——— 異常なし 〈点検後〉 A号機 — ネジ込み部 7ヶ所、B号機 — ネジ込み部 1ヶ所より漏洩があったが増し締め後異常なし	
	真空テスト (許容値 〔 2 mmHg/ 12hr 以下 〕)	漏洩量 6 mmHg/12hrであったが、これはバタ弁からの漏れである。 ——— 異常なし	漏洩量 0 mmHg/17hr ————— 異常なし
試 運 転	大気圧運転 (無負荷運転)	・振動、騒音等異常なし	
	負荷運転	(1) 振動、騒音等異常なし (2) 各電流、電圧、温度等異常なし	

上表の点検結果のうち、点検中に発見された主要な不具合箇所の補修、交換および改造等は次の通りである。

(1) 不具合箇所

1) 圧縮機インペラの交換

ターボ冷凍機の圧縮機インペラのうち A号機は入口側、出口側にドレンアタック現象(冷媒が冷却器で気化せず液体のまま戻ってきてインペラに吸込まれる。このため液滴がインペラに叩きつけられこの先端が浸食し摩耗してくる現象)が見られた。また、B号機では入口側のみに同現象が見られた。これらは、前回の点検時においても認められたものであるが、今回は前回に比べ浸食等の程度が進行していたため、交換を行なったものである。

2) オイルクーラ水室側フランジ面の腐食

両ターボ冷凍機のオイルクーラ水室側フランジ面に腐食が見られた。これは長期間の使用に伴ない腐食に至ったものであるが、本状態のまま使用すればターボ冷凍機内へ水漏洩を起こす可能性があるため、ターボ冷凍機A号機については当該腐食部に肉盛りし、その後手仕上げで補修を行なった。また、同B号機のフランジ面表面を研磨加工仕上げで補修を行なった。

3) 冷媒ポンプA号機の不具合

冷媒ポンプA号機のインペラ背面に負荷側軸受ハウジングとの接触により発生したと思われる、深さ2～3mmの傷があった。また、反負荷側カーボン軸受にクラックが、スリーブとスラストカラーに変形および変色があった。このためインペラについては、PT検査の結果異常なかったためハウジングと共に手入れ補修を行なった。また、その他の部品については全て交換した。

(2) 改造

1) 冷媒温度測定用測温抵抗体の取り付け

蒸発・凝縮冷媒温度を記録計に指示させるため、KOドラムおよびフロート室にそれぞれ測温抵抗体を取り付けた。

2) 冷媒圧力用保安装置の検出器の改造

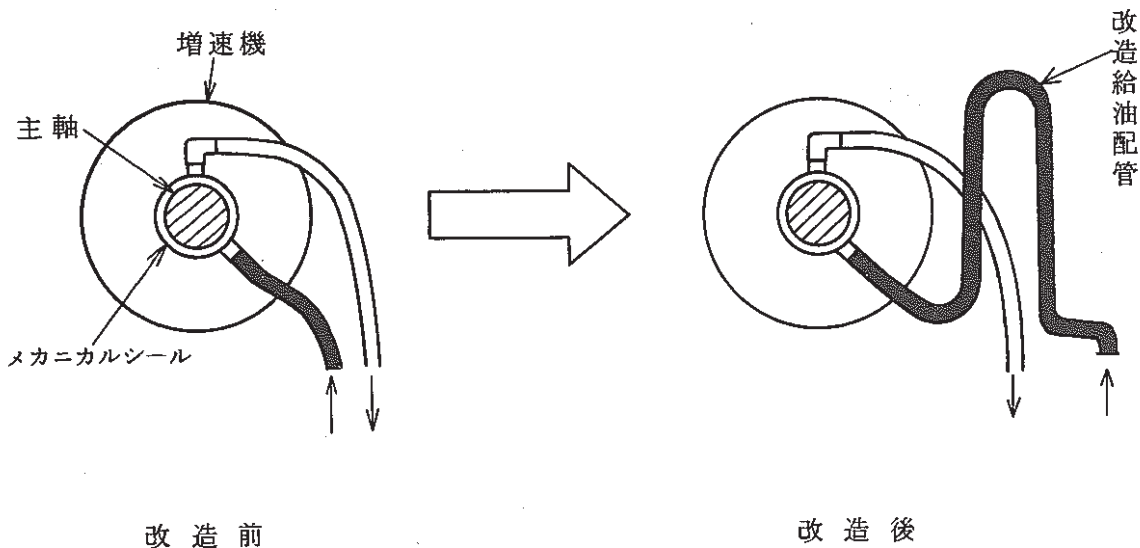
蒸発圧力低下(過冷却)および凝縮圧力上昇(高圧)の保安用圧力検出器は、機械式の圧力スイッチでターボ冷凍機本体の操作盤に設置されていたため、同冷凍機の運転に伴ない設定値がずれてしまう現象があった。これを防止するため、これらの圧力スイッチを圧力発信器に改造した。

3) フレオン冷凍機保安装置盤の設置

前記1)、2)の記録計および圧力発信器等を収縮するため、冷凍機本体と切り離れた場所に専用の盤を設置した。

4) メカニカルシール給油配管の改造

メカニカルシール部の保護のため給油配管の形状を下図のように改造した。これはターボ冷凍機が停止中においてもメカニカルシール部に潤滑油が溜っているようにしたものである。



(3) その他

ターボ冷凍機 A 号機の電動機単体での振動値および負荷運転での振動値が許容値を越えていた。このため同電動機のロータバランスの調整を行なった。また、同 B 号機においては振動値の異常現象はなかったが、予防保全的な考えから同調整を実施した。

これらの項目のうち主要項目の詳細を次に述べる。

5.9.5 点検結果の検討・評価

(1) 圧縮機のインペラ変換

ターボ冷凍機のインペラは前述のようにドレンアタック現象による浸食が進行していたため交換したが、これは A 号機の方が B 号機に比べかなり大きく現われていた。この原因として A 号機の場合、56 年 12 月まで設置されていた^④床上空調器の冷媒戻りガス配管が A 号機側に取り付けられていたことと、床下再循環空調器および格内の冷媒負荷からの戻り配管のうち液抜きのための配管 (V 8 4 - 8 1 0 部) が B 号機側に設置されていたことによると考えられる。この裏付けとして今回、点検のため両機を隔離して運転した場合に、A 号機は圧縮機の吐出ガス温度が 50~55℃ とかなり低く、相当の冷媒液を圧縮していたことがわかった。また、B 号機での同温度は 70~75℃ で、A 号機に比べ冷媒液圧縮はかなり少なく、液抜き配管の効果が大きく現われていたことが分かった。

旧インペラは下表のように昭和 54 年 10 月から約 6 年間使用していること、また一般のターボ冷凍機のようにガス圧縮に対して冷媒液圧縮が多いことなどから、インペラに対する金属疲労はこの使用期間でかなり進行したと思われる。よって、性能面での影響は少ないが金属疲労という目に見えない現象が発生している可能性があるため新しく予備

品と交換した。また、旧インペラは前記の理由から推察すると予備品としての再使用は予防保全的な見方をすれば中止した方がよいと考えられる。

インペラNo.	年月	52年以前	52年	53	54	55	56	57	58	59	60
MR 202225	B号機		3月 9月 補修	10月 10月 A号機							
MR 202264	A号機		6月	10月 10月 B号機							
460			6月 10月 A号機	10月			A号機			1月 7月	
350			3月 10月 B号機	10月			B号機		12月		8月
N456											7月
N468											8月

(2) フレオン冷凍機保安装置盤の設置

前述のように、高圧および過冷却用の圧力スイッチの設定値は、ターボ冷凍機の振動により、基準設定値と比較した場合かなり大きい誤差を生じていた。また、同じく操作盤に設置していた圧力計も振動により、その指示値がずれたことがあった。一方、凝縮冷媒温度、蒸発冷媒温度は、これらの圧力と密接な相関があり、ターボ冷凍機に不具合、異常またはトリップ現象が生じた場合、その指示値は残存しない。従って、これらの圧力、温度に起因する原因の究明は困難を極めていた。そこでこれらの指示値を残存させることと振動による設定値の誤差および指示値のずれを防ぐ目的で、フレオン冷凍機本体から分離した別の盤を設置しこれらを収縮することにした。これに伴ない、機械式の圧力スイッチを電子式の圧力発信器に変更し、これに附属する設定器、電源ユニット、記録計等も収納した。また、この発信器の取り付けのため、新しく計装配管を盤まで布設した。尚、ターボ冷凍機本体との配管の取り合いは既設の計装ラインを利用して接続した。Fig5.9.1に本盤の外形図をFig5.9.2に改造配管図を示した。

改造終了後、現在までの運転ではトリップ等の不具合は発生しておらず、原因究明のための有力データの採取はまだ確認されていない。しかし、起動から安定運転に至る期

間のデータを得ることができたため、これから大略的に見た場合、異常またはトリップ時の記録の推移が推定できる。

(3) 主電動機のロータバランス調整

前定検（S 59.12）後のターボ冷凍機 A 号機の主電動機単体試験において振動値が最大 17~19 μm と高かった。また、これまでの月例点検における測定結果においても同電動機軸受振動値が許容値の 30 μm を越えていた。

このような異常振動は、一般にロータの不つり合いが主要原因であるといわれている。そこで、ロータのつり合いについて検定した。その結果、Table 5.9.1 に示したように A 号機については、ロータの中心から見て左側に片寄った 25 g（5°）、34 g（166°）の不つり合いがあった。これに対し、B 号機は左右のほぼ対称のところに 42 g（134°）、20 g（305°）の不つり合いがあった。

以下につり合い評価およびロータバランス調整前後の振動値の比較結果を示す。

1) つり合い評価

今回実施したロータバランスのつり合い良さは下表に示す等級のうち G 2.5 を採用した。

単位 mm / s

つり合い良 さの 主な等級	G 0.4	G 1	G 2.5	G 6.3	G 16	G 40	G 100	G 250	G 630	G 1600	G 4000
つり合い良 さの 上 限	0.4	1	2.5	6.3	16	40	100	250	630	1600	4000

備 考 それぞれのつり合い良さの等級 G は、指定されたつり合い良さの上限の数値から零までのつり合い良さの範囲を含む。

つり合い良さは一般に次の式で表わされる（J I S より抜粋）。

$$G = \frac{\epsilon \cdot n}{9,550} \dots\dots\dots (1)$$

$$\therefore \epsilon = G \cdot \frac{9,550}{n} \dots\dots\dots (2)$$

- ε : 修正面偏心 (μ m)
- n : 回転数 (r. p. m)
- G : つり合い良さ

つり合わせには、1面つり合わせと、2面つり合わせがあるが本ロータの場合は、重心が軸受間にあり、かつ、修正面εが重心の両側にほぼ等距離にあるため2面つり合わせで実施した。

一般にロータのつり合いの程度を評価するには、修正面εにおける不つり合い量を用いて次の式で表わす。

$$\epsilon = \frac{m \cdot r}{\frac{M}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

$$m = \frac{\epsilon \cdot M}{2 r} \dots\dots\dots (4)$$

ここで

- ε : 修正面偏心 (μ m)
- m : 不つり合い質量 (g)
- r : 回転軸からの距離 (mm)
- M : ロータの質量 (kg)

よって、実際につり合わせを行なう場合は、残留不つり合い量(つり合わせの後に残る不つり合い量)が、計算で求めた不つり合い質量; m (g) 以下であれば指定されたつり合い良さの等級を満足することになる。

ここで、今回実施したロータのつり合いについて上記の(2)式を用いて計算すると、(イ) G 2.5における修正面偏心量εは、

$$\therefore \epsilon = 2.5 \times \frac{9,550}{2,960 (r. p. m)} \approx 8.0 (\mu m)$$

(ロ) G 2.5における不つり合い質量の評価値 m (g)

ここで、 $r = 75\text{mm}$ 、 $M = 300$ (kg)

$$\begin{aligned} \therefore m &= \frac{8.0 \times 300}{2 \times 75} \text{ (g)} \\ &= 16 \text{ (g)} \end{aligned}$$

となり、修正後の残留不つり合い質量が16g以下であれば、指定されたつり合い良さの等級G 2.5を満足することになる。

よって、Table 5.9.1から今回のロータのバランス調整後の残留不つり合い量は、主電動機A、B号機共に16g以下でありJIS規格を十分満足したことが分かる。

2) ロータのバランス調整前後の振動値の比較

ロータのバランス調整前後の主電動機A、B号機の振動値を下表に示す。

測定位置			水平方向		垂直方向		軸方向	
			A号機	B号機	A号機	B号機	A号機	B号機
1	主モータ 負荷側軸受 (μm)	調整前	2.5	3.5	12.0	5.5	2.8	4.0
		" 後	3.5~ 5.0	2.0~ 2.5	6.5~ 7.5	2.5~ 3.5	2.2~ 2.5	2.5~ 3.2
2	主モータ反 負荷側軸受 (μm)	調整前	9.0	4.5	15.0	5.5	6.0	6.5
		" 後	1.7	1.2~ 1.5	5.0~ 6.0	4.0	4.5~ 5.0	2.5~ 3.5
3	主モータ ケーシング (μm)	調整前	7.0	7.0	17.0	5.5	2.5	4.5
		" 後	6.5~ 7.0	3.0~ 5.0	6.0~ 8.5	1.7~ 2.0	2.3	1.5~ 1.7

ロータバランス調整前後の振動値の比較 (主電動機単体試験)

上表のようにロータのバランス調整前後で振動値はA号機の場合1/3~1/5、B号機では最大1/3に減少した。これらのことより今回ロータのバランス調整を実施したことは非常に有効であった。

(4) 熱交換器室へのテストピース取り付け

本ターボ冷凍機の凝縮器には1台当り370本の冷却管が使用されている。これは冷凍サイクル（蒸発→圧縮→凝縮→膨張）のうち、凝縮工程を行なうために極めて重要なものであり、肉厚1.32mmの脱酸銅（DCu）製のローフィンチューブ（冷却管の表面熱伝達面積を大きくするため冷媒側に背の低いひれ（フィン）を取りつけた管）が使用されている。この冷却管にピンホール等が発生すると冷媒に冷却水が侵入して、冷媒の凝縮ができなくなり冷凍機としての機能を喪失してしまうほか、冷凍機を酸化させ、錆が発生して冷媒系機器に悪影響を及ぼす。このため冷却管水側の腐食速度を知ることが冷凍機を安定に運転するための1つの方法であり予防保全的な考えからも重要である。

これを知るため、今回、熱交換器室へ冷却管と同一材料のテストピースを取り付けた。この取り付け場所は、吸込管側（増速器側）の凝縮器の蓋の内側でそれぞれ1台当り4枚ずつ4ヶ所に計16枚取り付けた。また、空調系冷却塔との腐食速度を比較するための同冷却塔Bにもテストピースを3枚取り付けた。

テストピースの取り付け日時及びLot. Noは以下の通りである。

1) ターボ冷凍機A号機

Lot. No 1～16、昭和60年7月30日取り付け

昭和60年8月5日通水開始

2) ターボ冷凍機B号機

Lot. No 17～32、昭和60年8月16日取り付け

昭和60年8月22日通水開始

3) 空調系冷却塔B

Lot. No 33～35、昭和60年12月28日取り付け

上記テストピースは、今後3～4年に渡り定検ごとに重量分析を行ない冷却管の寿命評価の裏付けとして活用することを考えている。

5.9.6 次回の定検で実施する点検内容について

過去の定検実績および今回の定検結果から、次回の定検で実施する点検項目および改造内容についての検討結果を以下に示す。

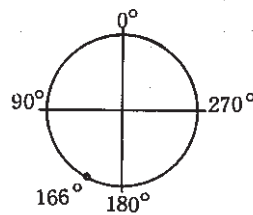
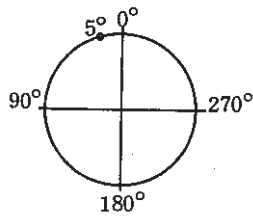
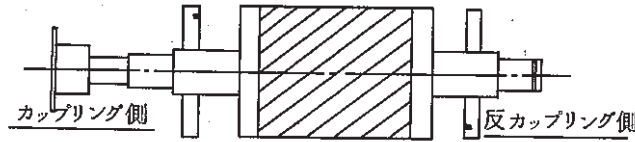
(1) 通常の分解点検

特に、今回は増速機について実施しなかったため、次回はメカニカルシールの交換も含め実施する必要がある。

- (2) 冷媒ポンプのロータバランス調整（A、B号機）
- (3) 冷媒ポンプの吸込圧力計取り付け元弁の改造
- (4) 凝縮器チューブの腐食調査
- (5) 凝縮器に取り付けてあるテストピースの解析（含；冷却塔）
- (6) オイルクーラーの改造（水冷却型 → フレオン冷却型）
- (7) 冷凍機まわりの計装機器の取り付け

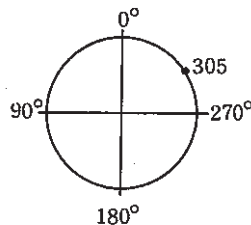
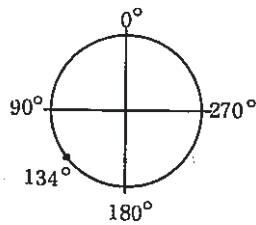
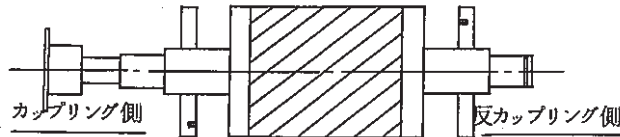
Table 5.9.1 主電動機のロータバランス調整結果

場 所	初期不つり合い量	修正量	残留不つり合い量
カップリング側	5° 25 g r	24 g r	1.0 g r
反カップリング側	166° 34 g r	33.5 g r	0.5 g r



主電動機 A号機

場 所	初期不つり合い量	修正量	残留不つり合い量
カップリング側	134° 42 g r	41 g r	1.0 g r
反カップリング側	305° 20 g r	19.5 g r	0.5 g r



主電動機 B号機

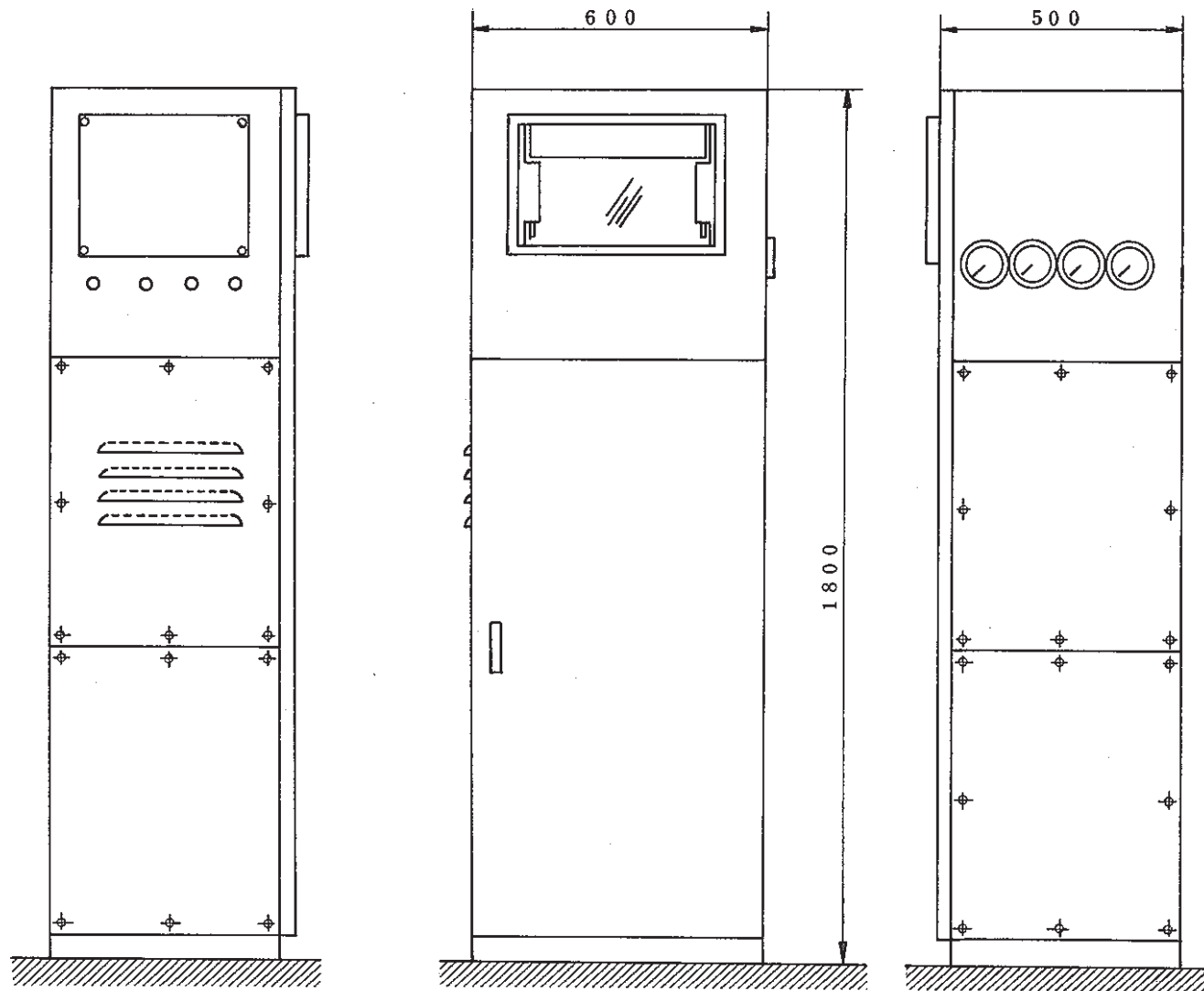


Fig 5.9.1 フレオン冷凍機保安装置盤外形図

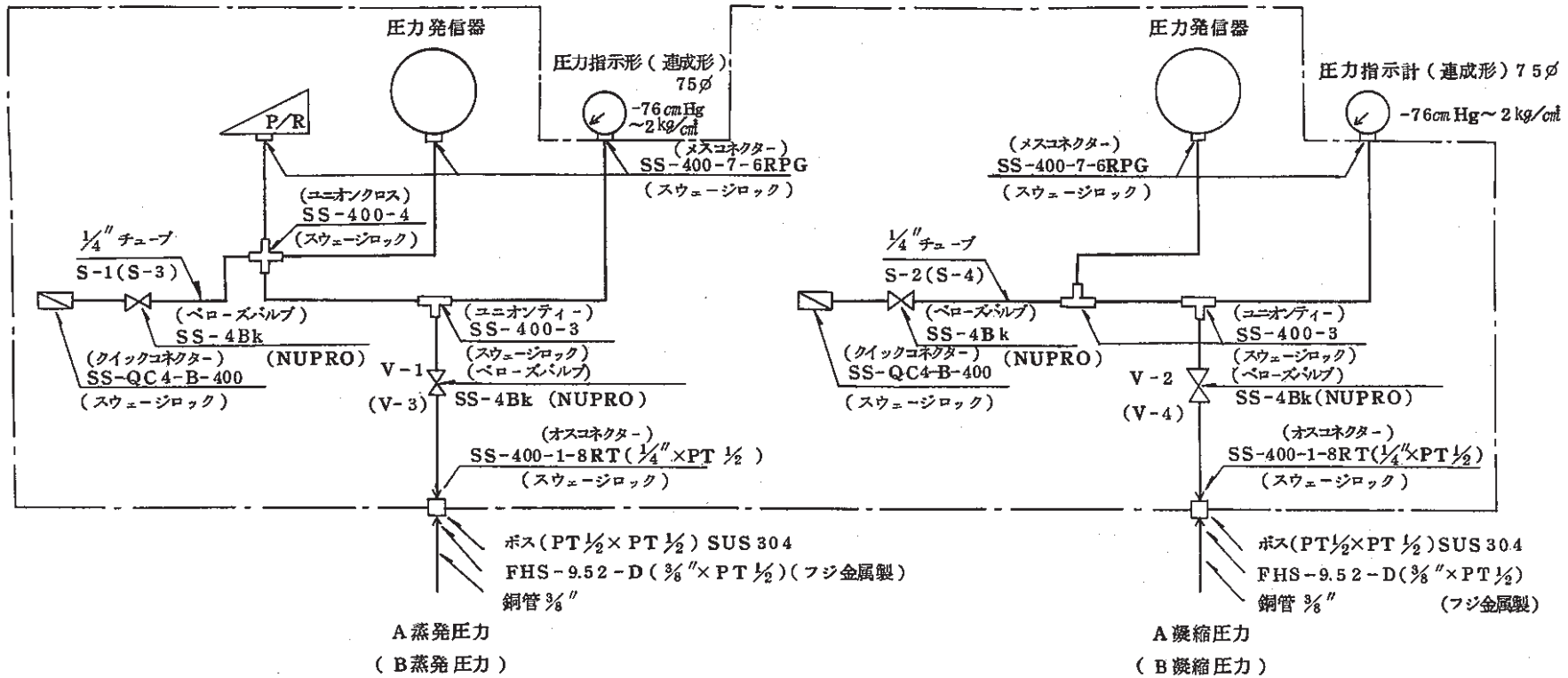


Fig 5. 9. 2 フレオン冷凍機保安装置計装配管図

5.10 1次冷却系Naの液面計の校正

5.10.1 概要

「常陽」の1次冷却系の自由液面を持つ機器（主中間熱交換器は除く）には、合計12基のNaの液面計が設置されており、そのうち炉容器、主ポンプ、オーバーフローカラムのNa液面計7基は原子炉保護系に組み込まれている重要なNa計装である。Na液面計は実液校正の後プラントへ据付けられる。Na液面計に於ても計装の精度確保に対する考え方は、他の計装と同様で定検毎に校正を行う。ただし、プラントへ据付た状態では、零点とスパンの調整しか実施しない。

これは、実液校正と同じように系統温度を液面計使用温度に渡って変化させ（炉容器の場合200～500℃）、すなわち原子炉運転中測定範囲の間を液位変化させることは、1次Naの液面に関する原子炉保護システムの全てをバイパスしなくてはならないから、実質的に不可能なためである。

零点は、Na液面計の測定範囲下限以下（ドレン状態）で調整できるが、スパンについては測定下限から基準液面であるGL-6100までしか調整できない。

例えば、測定スパンに対する基準液面の割合は、炉容器長尺液面計で82.1%、既設の炉容器液面計で50%、主ポンプでは28%である。ただし、実際に液面計の精度が要求されているのはGL-6100よりも下の部分なので、この部分について精度が確保されていれば実用上差しつかえないと考えられるが、プラントにおける液面計の調整には、このような条件がある。

Table 5.10.1に1次冷却系に設置されているNa液面系の仕様を示す。

5.10.2 校正方法

(1) 原子炉容器、主循環ポンプ（A）、（B）オーバーフローカラム（A）、（B）の校正

1) 零点調整

各液面計が設置されている機器のNaが、ドレンされている状態において、増幅器出力及び指示計の目盛がTable 5.10.2に示す値になるよう零点を調整する。

2) スパン調整

オーバーフローポンプにより原子炉容器へのNaチャージを行い、オーバーフロー点を確認した後オーバーフローポンプを停止し、増幅器出力及び指示計の目盛がTable 5.10.2に示す値になる様スパンの調整を行なう。

3) 調整後の確認(再現性チェック)

原子炉容器内のNaを炉容器液面計の読み値で液面計下端以下までドレンし、その後1)、2)と同様の操作を行ない零点及びスパンの再確認を行なう。

(2) ダンプタンク(A)、(B)液面計の校正

ダンプタンクは低域と高域の2種類の液面計で測定範囲をカバーしている。

1) 零点調整(低域、高域)

ダンプタンク低域液面計の増幅器出力及び指示計の目盛により、Naが測定範囲の下限以下であることを確認した後、増幅器出力及び指示計の目盛が、Table 5.10.2に示す値になる様に零点を調整する。

2) スパン調整(低域)

ダンプタンクにNaを充填し、高域の増幅器出力が上昇開始となった時点で充填を一旦停止し、低域の増幅器出力及び指示計の目盛がTable 5.10.2に示す値になる様にスパンの調整を行なう。

3) スパン調整(高域)

低域液面計のスパン調整後、Naの充填を再開し、低域の増幅器出力が飽和した時点で充填を停止する。この点において増幅器出力及び指示計の目盛をTable 5.10.2に示す値に調整する。

4) 調整後の確認(再現性チェック)

上記の調整終了後、低域液面計下端以下までNaを移送し、その後Naの充填を低域液面計の増幅器出力が飽和する点まで行ない、各点における増幅器出力及び指示計の目盛を再確認する。

(3) オーバーフロータンク液面計の校正

1) 零点調整

オーバーフロータンク液面計の増幅器出力及び指示計の目盛により、Naが測定範囲の下限以下であることを確認した後、増幅器出力及び指示計の目盛がTable 5.10.2に示す値になる様に零点を調整する。

2) スパン調整

校正済のダンプタンク液面計を基に、ダンプタンク容量線図により、ダンプタンクからオーバーフロータンクへの移送量を求め、オーバーフロータンク液面計のスパン調整を行なう。

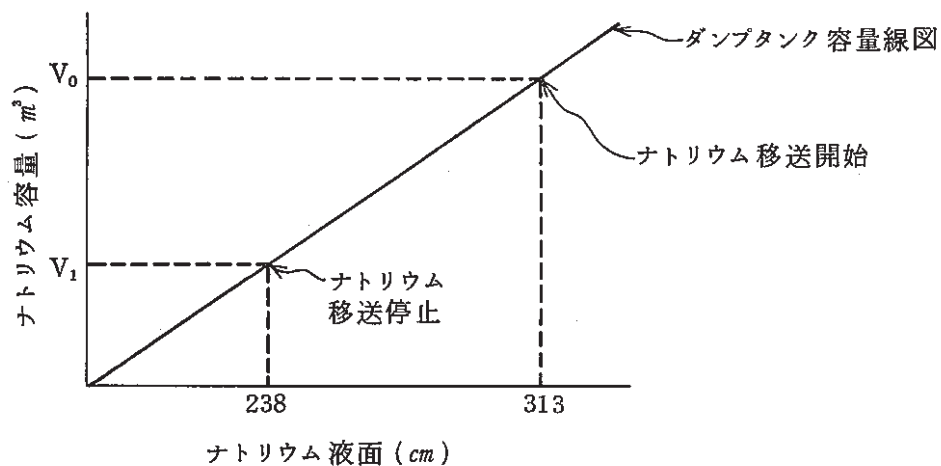
3) 調整後の確認 (再現性のチェック)

ダンプタンクにNa移送を行ない、再度①、②の手順と同様に増幅器出力及び指示計の目盛を確認する。

(4) オーバーフロー液位算出

ダンプタンク液位からオーバーフロー液位を求める手順は次の通りである。

1) ダンプタンク容量線図よりNaの移送量を求める。



ダンプタンク容量線図より V_0 、 V_1 は

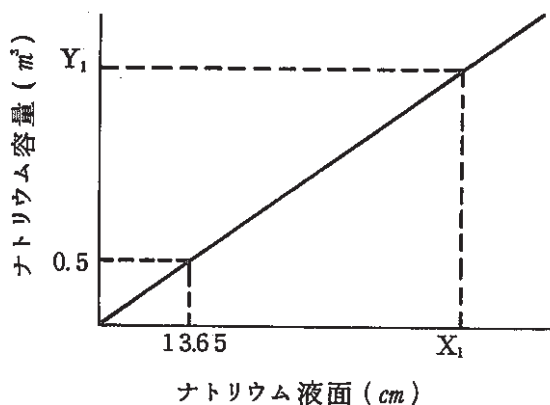
$$V_0 = 73.3 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_1 = 51.55 \text{ (m}^3\text{)}$$

よって移送量 ΔV (m³) は

$$\Delta V = V_0 - V_1 = 73.3 - 51.55 = 21.75 \text{ (m}^3\text{)}$$

2) オーバーフロータンク容量線図から上記移送量に対する液面を求める。



移送後のオーバーフロータンクナトリウム量 Y_1 は

$$Y_1 = 0.5 + \Delta V = 0.5 + 21.75 = 22.25 \text{ (m}^3\text{)}$$

よって、移送後のナトリウム液面 X_1 は

$$X_1 = 213 \text{ (cm)}$$

5.1 0.3 校正結果

- (1) 校正の結果、いずれの液面計も判定基準の $\pm 3\%$ 以内の精度を満たしており、異常のないことが確認された。校正データはTable 5.10.3に示す。
- (2) 調整前においては、オーバーフローカラム (B) オーバーフロータンクの液面計が計器精度の $\pm 3\% \text{ FS}$ を逸脱しており約 5% の誤差を有していた。誤差は零点とスパン点の基準出力に対する変換器出力の値を各々比較しており、零点がドリフトすれば、スパン点も零点と同一方向へドリフトすることになる。
- (3) 過去の校正結果においてもオーバーフローカラム (B) オーバーフロータンクの誤差は大きくドリフトが著しい。又、A-504 現場制御室に変換器が設置されている液面計は、零点、スパン点の誤差も大きく、不具合も集中している。これは現場制御室が空調されておらず変換器が過酷な状態に置かれ電子部品の劣化を早めていることが原因の

一つとして考えられる。

- (4) 今まで校正は定検最終段階のNa充填時に集中してタンク用も機器用も実施しており、その間約1週間は定検のクリティカルとなっていた。液面計校正の工程上のクリティカルを極力へらすために、タンク関係のNa液面校正は、Na充填時とは関係のないダンプタンクにNaがドレンされている床下メンテナンス期間中に実施すれば良く、時間的に余裕を持ち短期間に集中することなく点検が出来る。現在各液面計は1本当り2回の校正をしておりドレン、チャージを2度繰り返している。1回目にゼロ・スパン点を調整すれば2回目は液位指示の再確認で済む場合が多く、再調整する場合においても最大1%程度のズレであるため、1回目の調整だけとしても問題無く計器精度の±3%FSは十分満足出来る。したがってドレン、チャージは1度とすることで大幅な作業時間の短縮が計れる。ゆえにタンク関係のNa液面計を除く他の液面計のみが定検中クリティカルとなり、ドレン、チャージを1度とすれば、今まで1週間クリティカルとなっていたのが、2日程度に納まる。

5.1 0.4 点検、校正時の不具合対策

(1) 変換器ドアパッキンの劣化

設置後、現在まで一度も交換がなされておらず長年に使用により、ボロボロになっていたものを交換した。今回使用したパッキンは、全体がネオプレンで成形されたものを使用しており、スポンジを内部のクッション材として使用していた過去のものに比べ、長期間の使用に耐えられる様になった。

(2) 変換器（増幅器）ネオンランプの劣化

変換器12台中4台については、ネオンランプの点灯状態が暗かったので以下の変換器についてランプを交換した。

- 1) L×31・1-3
- 2) L×31・1-5A
- 3) L×31・1-5B
- 4) L×31・1-2A

(3) 変換器メータカバーの亀裂

変換器L×31・1-5Bメータカバー（液面指示計）に亀裂が入っていたため、カバーを交換した。アクリル性カバーが硬化を起し、カバー表面に亀裂が生じたものである。

(4) 変換器アイソレータ不良

ダンプタンク（B）高領域の指示がハンチングを起こし、一定の周期で変動し続け安定しなかった。変換器出力確認の結果、出力も同様に変化していることが判明した。又検出器よりの出力には、出力変化、ノイズ等は認められず、変換器内部の不良と考えられた。変換器内部の基板のうち、アイソレータを交換した結果出力、指示ともに正常に復帰した。原因はアイソレータ回路が内部発振を起こし、出力変動の原因となっていたことが判明した。

(5) 原子炉容器Naレベル計L×31・1-2の指示ハンチング現象。

調査の結果検出器L1コイルが接地されていたため変換器側と2点接地の状態となっていた。これにより検出器出力信号に、プラント側の各種の誘導により電位を生じたNaのノイズが加わり出力を変動させることとなった。よって変換器側を1点接地へ変更しこれにより正常に復帰することを確認した。

5.1 0.5 変換器（増幅器）交換予定部品

- (1) K-ADJUSTボリューム
- (2) K-ADJUST.C.ロータリSW
- (3) B-ADJUSTヘリカローム
- (4) R-ADJUST.C.ロータリSW
- (5) CHECK.POSIT.ロータリSW
- (6) 励磁回路保護用ヒューズ

以上各1個ずつLE31・1-2用変換器を除く11台について長期間の使用による、接地不良、抵抗値変化を防止する目的で交換を予定している。なおヒューズは有寿命品であり、使用条件により交換周期は異なるが、本変換品の場合10年以上経過しており、通常約10年で寿命と言われていることも考え、交換予定部品に加えたものである。

5.1 0.6 検出器絶縁抵抗値

- (1) 昭和54年よりの点検時における検出器絶縁抵抗値の来歴をTable 5.10.4に示す。現在までの点検において12台中7台に低下が見られた。この絶縁抵抗の低下は絶縁材である酸化マグネシウムが湿分を吸収し、水酸化マグネシウムとなることにより起こるものである。又、SUS316のシースおよび素線のニクロムは高温酸化により徐々に脆くなることが判明している。今回新たに交換した炉容器の長尺Na液面計検出器については、コイル部分がArガス封入されており、上記現象に対する対策が施こされたものが設置

されている。

5.1 0.7 系統Na充填時の長尺炉容器液面計の液位変化。

長尺化を計った炉容器Na液面計チャンネルBによるNa充填時の炉容器液位変化を図5.12.1に示す。長尺レベル計の設置により充填、ドレン時におけるプラント状態を有効的に監視出来、バルブ操作等を実施する上においても参考となる。又、Naレベルを確実に把握出来、炉容器出口配管より1次主ポンプ、オーバーフローカラム、主配管への流入状況をNaレベル記録計のプラトー特性からもつかまえることが出来る。

5.1 0.8 液面計変換器

本変換器は計装品としては、大型なものであり、熱容量も大きく、ウォーミングアップが終了するまで約6時間を必要とする。したがって長時間に渡り電源をOFFとした場合、変換器が安定する時間を考え校正を行う必要があり、特に優れた計器精度を求める場合ウォーミングアップは重要であると考えられる。

Table 5.10.1 1次系Naレベル計仕様一覧

No.	設置機器名	Tag. No.	測定範囲 (mm)	使用温度 (0℃)	原子炉保護作動	精度 (%)	備考
1	原子炉容器	LE31.1-1	695	500	2 OUT OF 3	±3	・ T / C10点付 ・ 温度補正回路付
		LE31.1-2	1950				
		LE31.1-3	695				
2	オーバーフローカラム	LE31.1-5A	2995	370	1 OUT OF 1	±3	
		LE31.1-5B					
3	主循環ポンプ	LE31.1-4A	1485	370	1 OUT OF 1	±3	
		LE31.1-4B					
4	オーバーフロータンク	LE33-1	2865	450	—	±3	
5	ダンプタンク A	LE35.1-1A	2495	150	—	±3	
		LE35.1-2A	2475				
6	ダンプタンク B	LE35.1-1B	2495	150	—	±3	
		LE35.1-2B	2475				

Table 5.10.2 液面計の入出力特性基準値

液 面 計 名 称	タグ No	零 点 調 整		ス パ ン 調 整	
		出力 (V)	目盛 (cm)	出力 (V)	目盛 (cm)
原 子 炉 容 器	L×31・1-1	0.1	-35	0.3	0
	L×31・1-2	1.0	-160	4.28	0
	L×31・1-3	0.1	-35	0.3	0
主 循 環 ポ ン プ (A)	L×31・1-4A	0.1008	-41.7	0.212	0
主 循 環 ポ ン プ (B)	L×31・1-4B	0.1008	-41.7	0.212	0
オ ー バ ー フ ロ ー カ ラ ム (A)	L×31・1-5A	0.1007	-287.5	0.484	0
オ ー バ ー フ ロ ー カ ラ ム (B)	L×31・1-5B	0.1007	-287.5	0.484	0
オ ー バ ー フ ロ ー タ ン ク	L×33-1	0.105	13.65	0.380	213
ダ ン プ タ ン ク (A) 低 領 域	L×35・1-2A	0.104	12.5	0.4845	250.3
ダ ン プ タ ン ク (A) 高 領 域	L×35・1-1A	0.1005	250.3	0.116	260
ダ ン プ タ ン ク (B) 低 領 域	L×35・1-2B	0.104	12.5	0.4845	250.3
ダ ン プ タ ン ク (B) 高 領 域	L×35・1-1B	0.1005	250.3	0.116	260

Table 5.10.3 N a レベル計の校正結果

注) データ欄に示す-/-は、調整前データが許容誤差内であるため調整を実施せず。

No	設 機 器 名	Tag. No	零 点 デ ー タ				ス パ ン 点 デ ー タ				備 考		
			基準出力 [V]	出力 ^(V) 1回目 [/] 誤差 (%)		出力 ^(V) 2回目 [/] 誤差 (%)		基準出力 [V]	出力 ^(V) 1回目 [/] 誤差 (%)			出力 ^(V) 2回目 [/] 誤差 (%)	
				調整前	調整後	調整前	調整後		調整前	調整後		調整前	調整後
1	原 子 炉 容 器	LE31.1-1	0.100	0.014 1.0	0.100 0.0	0.100 0.0	- / 注	0.300	0.303 0.8	0.300 0.0	0.300 0.0	- / -	記) ch 2 の C P U 設定値 NL : 3 % ZERO TEMP : 0.7 % SET SPAN : 82.1 % LE31.1-2につい ては、ノイズが 乗った為2回調 整をした。
		LE31.1-2	1.00	0.91 -2.3	0.99 -0.3	1.17 4.3	1.00 0.0	4.28	4.97 17.3	4.29 0.3	4.35 1.8	4.28 0.0	
		LE31.1-3	0.100	0.105 1.3	0.100 0.0	0.099 -0.3	- / -	0.300	0.302 0.5	0.300 0.0	0.300 0.0	- / -	
2	主 循 環 ポ ン プ	LE31.1-4A	0.101	0.107 1.8	0.101 0.0	0.101 0.0	- / -	0.212	0.223 2.8	0.212 0.0	0.212 0.0	- / -	
		LE31.1-4B	0.101	0.110 2.3	0.101 0.0	0.102 0.3	- / -	0.212	0.224 3.0	0.212 0.0	0.212 0.0	- / -	
3	オーバーフロー カ ラ ム	LE31.1-5A	0.101	0.111 2.5	0.101 0.0	0.103 0.5	0.101 0.0	0.484	0.491 1.8	0.484 0.0	0.484 0.0	- / -	
		LE31.1-5B	0.101	0.121 5.0	0.101 0.0	0.104 0.8	0.101 0.0	0.484	0.491 1.8	0.484 0.0	0.484 0.0	- / -	
4	オーバーフロー タ ン ク	LE33-1	0.105	0.120 3.8	0.105 0.0	0.106 0.3	- / -	0.380	0.398 4.5	0.380 0.0	0.379 -0.1	- / -	
5	ダンプタンク A	LE35.1-1A	0.101	0.109 2.0	0.101 0.0	0.101 0.0	- / -	0.116	0.119 0.8	0.116 0.0	0.116 0.0	- / -	高 域 用
		LE35.1-2A	0.104	0.108 1.0	0.100 -1.0	0.100 -1.0	0.104 0.0	0.485	0.486 0.3	0.489 1.0	0.489 1.0	0.485 0.0	低 域 用
6	ダンプタンク B	LE35.1-1B	0.101	0.113 3.0	0.101 0.0	0.101 0.0	- / -	0.116	0.118 0.5	0.116 0.0	0.116 0.0	- / -	高 域 用
		LE35.1-2B	0.104	0.112 2.0	0.100 -1.0	0.100 -1.0	0.104 0.0	0.485	0.497 3.0	0.485 0.0	0.487 0.5	0.485 0.0	低 域 用

Table 5.10.4 検出器絶縁抵抗値来歴表

Tag No. 計測点名称	点 検 日 測定点	S 54.10.12	S 56.2.9	S 57.8.23	S 59.3.8	S 60.10.6
		※は10.31				
LE31.1-1 原子炉容器	1次巻線-大地	50	50	50	50	50
	2次巻線-大地	50	50	50	50	50
	1次巻線-2次巻線	50	50	50	50	50
LE31.1-2 原子炉容器	1次巻線-大地	50	50	50	50	検出器リプレースの為別途点検を実施
	2次巻線-大地	50	50	50	50	
	1次巻線-2次巻線	50	50	50	50	
LE31.1-3 原子炉容器	1次巻線-大地	50 ※	50	50	50	50
	2次巻線-大地	50 ※	50	50	50	50
	1次巻線-2次巻線	50 ※	50	50	50	50
LE31.1-4A A・主循環ポンプ	1次巻線-大地	50	50	50	15	50
	2次巻線-大地	20	30	5	1.5	50
	1次巻線-2次巻線	50	50	50	25	50
LE31.1-4B B・主循環ポンプ	1次巻線-大地	50	50	50	50	50
	2次巻線-大地	50	50	50	50	50
	1次巻線-2次巻線	50	50	50	50	50
LE31.1-5A A・オーバーフローカラム	1次巻線-大地	2	1.2	1	2	3
	2次巻線-大地	2	1.3	1.5	3	2
	1次巻線-2次巻線	4	3	3	5	4
LE31.1-5B B・オーバーフローカラム	1次巻線-大地	25	40	40	50	30
	2次巻線-大地	35	50	40	50	45
	1次巻線-2次巻線	50	50	50	50	50
LE33-1 オーバーフロータンク	1次巻線-大地	50	50	50	50	50
	2次巻線-大地	50	50	25	50	50
	1次巻線-2次巻線	50	50	50	50	50
LE35.1-1A A・ダンプタンク (高域)	1次巻線-大地	25	10	10	40	20
	2次巻線-大地	35	15	15	50	40
	1次巻線-2次巻線	45	25	25	50	50
LE35.1-2A A・ダンプタンク (低域)	1次巻線-大地	50	50	30	50	50
	2次巻線-大地	35	25	7	50	20
	1次巻線-2次巻線	50	50	40	50	50
LE35.1-1B A・ダンプタンク (高域)	1次巻線-大地	50	50	50	50	50
	2次巻線-大地	50	50	50	50	50
	1次巻線-2次巻線	50	50	50	50	50
LE35.1-2B A・ダンプタンク (高域)	1次巻線-大地	50	50	50	50	50
	2次巻線-大地	50	50	50	50	50
	1次巻線-2次巻線	50	50	50	50	50

(単位: MΩ)

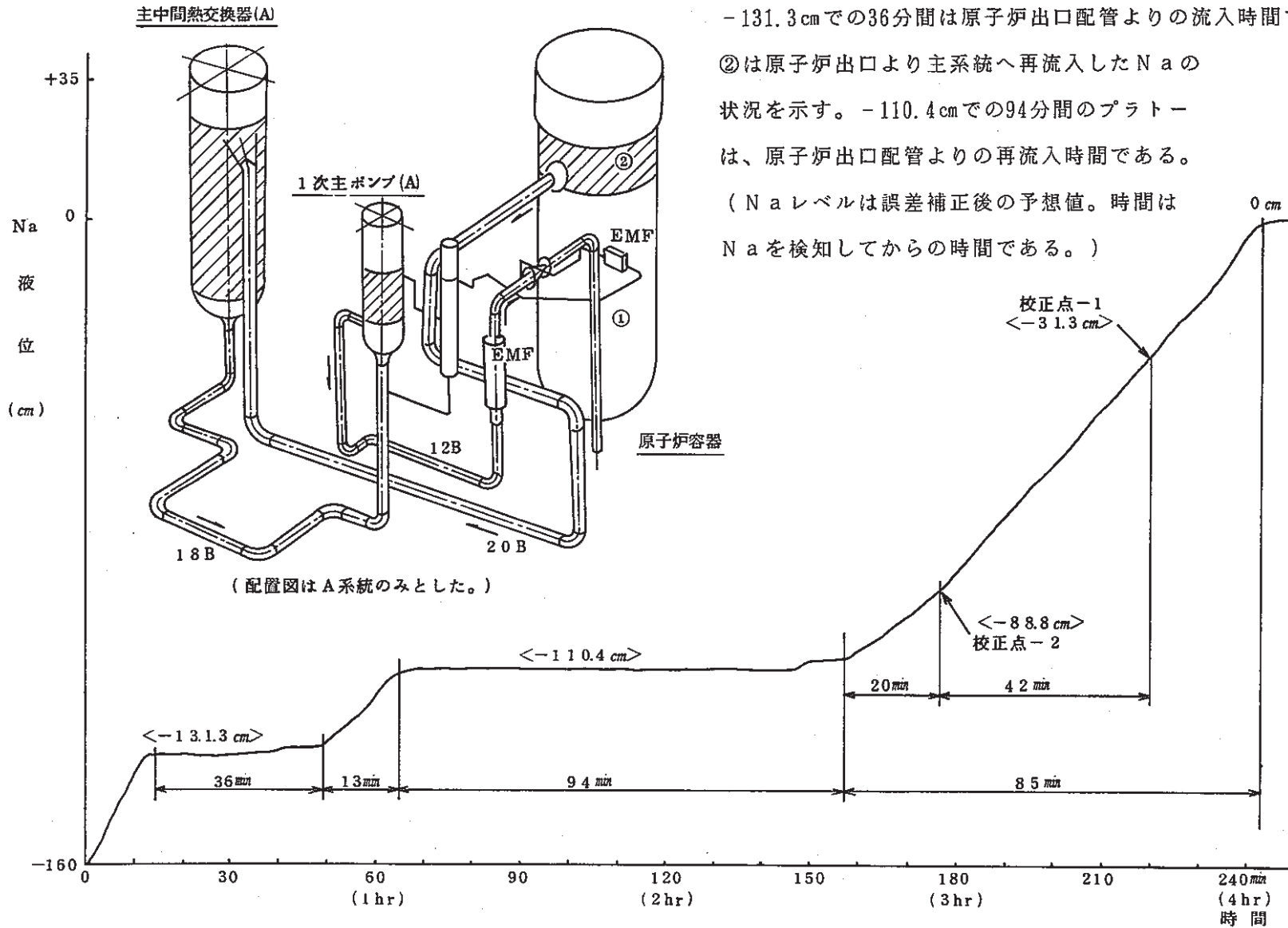


Fig 5.10.1 炉容器Na充填時の液位変化

5.1 1. 機器に付着した放射性ナトリウムの洗浄

5.1 1.1 はじめに

「常陽」の炉心構成機器の一つである制御棒案内管およびダミープラグ等は、放射性ナトリウムが付着した状態で炉心から移送用キャスク内に引抜かれ、そのままメンテナンス建家に移送されて専用洗浄槽にてナトリウムを除去し、プールに貯蔵される。

今回の定検では、制御棒案内管1体、ダミープラグ2体ナトリウムレベル計ウェル1体について、ナトリウムの洗浄と貯蔵を行った。

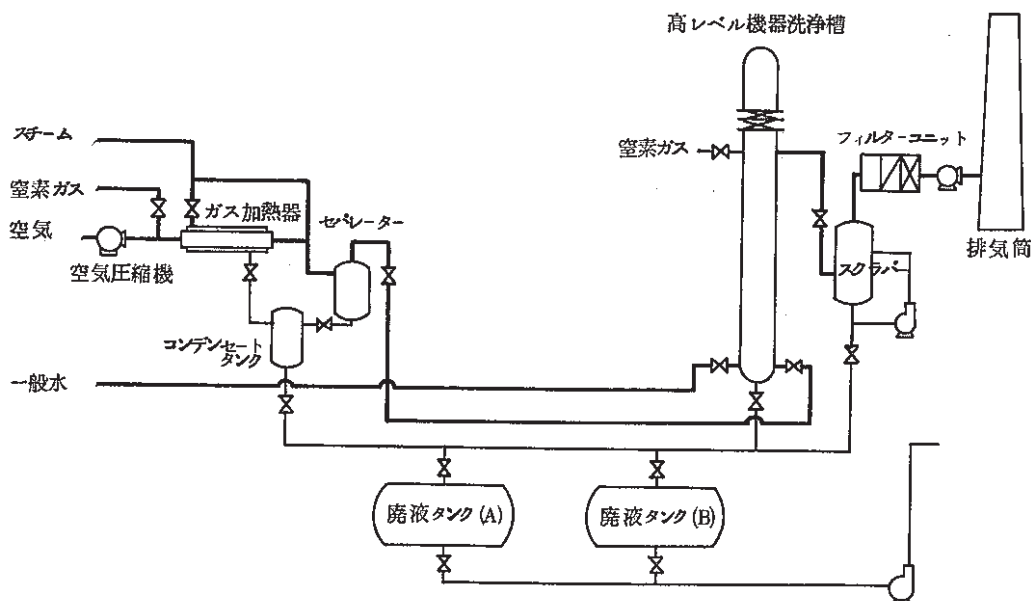
この洗浄結果をもとに、洗浄工程の見直し、洗浄廃液の評価および被洗浄体のナトリウム付着状況等について検討した。

5.1 1.2 設備と洗浄法

洗浄設備は、窒素ガス加熱器、水蒸気供給系、洗浄槽、セパレータ、スクラバ、フィルタ、廃液タンクおよび制御盤等で構成されている。

洗浄槽に挿入された被洗浄機器は、窒素ガス加熱器で加熱された窒素で約38℃に加熱される。この状態のまま120℃に加熱された水蒸気を供給する。この水蒸気とナトリウムが反応し被洗浄機器からナトリウムが除去される。その後被洗浄機器全体が浸るまで水を供給し水洗浄する。この洗浄に際し初期にあつては、洗浄槽内雰囲気酸素濃度を、洗浄中にあつては、水素濃度、温度および蒸気流量等を監視し、過剰反応を起さぬよう機器の運転を行う。

なお、本設備の系統は次のとおりである。



5.1.1.3 洗浄結果と考察

今回の洗浄に際し被洗浄機器に付着しているナトリウム量を知れば最適な洗浄工程を見出すことができると考え、洗浄廃液中の ^{22}Na 放射濃度および廃液量のデータを採取した。この結果をもとに洗浄工程等について次の如く検討した。なお、洗浄に要した諸条件及び廃液分析結果はTable 5.11.1に、洗浄工程をFig 5.11.1に示す。

(1) 付着ナトリウム量

被洗浄機器に付着しているナトリウムは、非放射性ナトリウム(^{23}Na)と放射性ナトリウム(^{22}Na)の混合物であり、各サイクルの分析結果によれば1g当りの放射能濃度が $0.234\mu\text{Ci}$ ではほぼ一定値を示している。そこで被洗浄機器に付着している全ナトリウムを求めるには、洗浄廃液中に示める ^{22}Na の放射エネルギーを知らば次式で付着ナトリウム量が判る。

$$\begin{aligned} \text{付着 Na 量 (g)} &= \frac{\text{洗浄廃液中の } ^{22}\text{Na 放射エネルギー (}\mu\text{Ci)}}{\text{一次側 Na 1g 中の } ^{22}\text{Na の放射能濃度}} \\ &= \frac{\text{廃液量 (cm}^3\text{)} \times \text{廃液放射能濃度 (}\mu\text{Ci/cm}^3\text{)}}{0.234\mu\text{Ci/g}} \end{aligned}$$

この式から、各被洗浄機器の付着ナトリウム量を求めると次のとおりである。

- ① 制御棒下部案内管 (3A3) ; 125g
- ② ダミ、プラグ (5C2) ; 127g
- ③ ダミ、プラグ (5F2) ; 25g
- ④ ナトリウムレベル計ウェル ; 21.5g

2) 被洗浄機器表面のナトリウム厚さは、ナトリウム浸漬部に均一に付着しているとすればナトリウム厚さは次式で求めると次のとおりである。

$$\text{付着 Na 厚さ (cm)} = \frac{\text{付着 Na 量 (g)}}{\text{Na の密度 (0.97g/cm}^3\text{)} \times \text{被洗浄機器表面積 (cm}^2\text{)}}$$

- ① 制御棒下部案内管 (3A3) ; 0.1mm
- ② ダミ、プラグ (5C2) ; 0.05mm

③ ダミ、プラグ (5 F 2) ; 0.01mm

④ ナトリウムレベル計ウェル ; 0.04mm

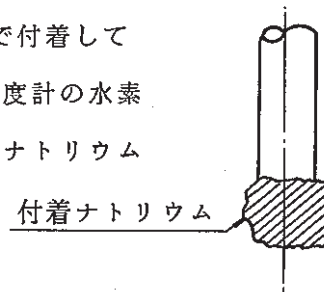
3) 上記 2)、3) 項の結果で、ダミ、プラグ 5 C 2 と 5 F 2 の付着ナトリウム量には相違がある。

この原因は、ダミ、プラグをキャスクに引抜き収納するとき、炉内ナトリウム液面上にダミプラグを吊り上げ、溶解ナトリウムを滴下させるが、この滴下時間の相違によるものであると推定できる。

(2) ナトリウムの付着状態

ナトリウムと蒸気の反応時間は、水素濃度計の指示値より各被洗浄機器とも 10~20 分であった。

ナトリウムの付着状態を推定すると均一な付着とそうでない場合がある。被洗浄機器の表面にナトリウムが均一に 0.1mm 程度で付着している前者の場合は瞬間的に除去されるはずであり、水素濃度計の水素検知時間にも幅はないといえる。また、右図に示すようにナトリウムが付着しているとナトリウム除去時間が前者に比べ長く、そして水素検知も時間幅があるといえる。



本洗浄においては、水素濃度計の水素検知時間に幅があったこと (Fig 1 では 20 分) から、ナトリウム付着状態は後者の方で均一でなかったことが明白である。

(3) 蒸気の効率

1) 上記 2) の結果より、ナトリウムは均一に付着していないと想定し、蒸気洗浄時の蒸気効率を求めた。

ナトリウム 1 g を融解するのに必要な熱量は、27.05cal であり、また飽和蒸気 1.0 kg / cm³ の熱量 (エンタルピ) は 638.5kcal / kg である。

ここでは、水素濃度検知時間が 10MIN と短く、かつナトリウム量は 127g と多かったダミプラグ (5 C 2) を対象物として次式より効率を算出した。なお、蒸気供給量は 20kg / Hr とした。

$$\text{蒸気効率 (\%)} = \frac{\text{付着ナトリウムの融解に必要な熱量}}{\text{蒸気供給熱量}} \times 100$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{付着ナトリウム (g)} \times 27.05 (\text{cal/g})}{\text{蒸気供給量 (kg)} \times 638.5 \times 10^3 (\text{cal/kg})} \times 100 \\
&= \frac{127 \times 27.05}{20 \times 10 / 60 \times 638.5 \times 10^3} \times 100 \\
&= 0.16
\end{aligned}$$

2) 計算結果より効率は非常に低かった。この要因として次のことが推定される。

洗浄槽内の湿潤ガスを引くブロワの容量は、600m³/hrである。一方、湿潤ガス（蒸気および窒素ガス）の洗浄槽への供給量は130m³/hr程度である。このため、洗浄槽内での蒸気はスピードを増し、ナトリウムに反応せずそのまま排気された。

これらのことから、今後さらに調査し蒸気の効率アップおよび運転時間の短縮化について検討する必要がある。

(4) 放射性核種

1) 被洗浄機器の付着ナトリウムからは⁶⁰Co、⁵⁴Mn、⁵⁸Co、²²Na等の核種が検出された。これらの核種の総量は、次式で求めると次の通りになる。

$$\text{放射能量} (\mu\text{Ci}) = \text{廃液放射能濃度} \mu\text{Ci/cm}^3 \times \text{廃液量} (\text{cm}^3)$$

- ① 制御棒下部案内管 (3A3) ; 16070 μCi
- ② ダミープラグ (5C2) ; 7730 μCi
- ③ ダミープラグ (5F2) ; 1696 μCi
- ④ ナトリウムレベル計ウェル ; 1079 μCi

2) ダミープラグの放射能量に大幅な相違 (5C2は5F2に比べ約4.5倍多い) が出た原因は先に算出したNa量の違い (5C2は5F2に比べ約5倍多い) によるものと推定する。また、各洗浄体に付着していたナトリウム1gに含まれる放射能量は、ダミープラグ (5C2と5F2) およびナトリウムレベル計ウェルが60~70 $\mu\text{Ci/cm}^3$ で、下部案内管が130 $\mu\text{Ci/cm}^3$ と前者に比べ約2倍多かった。この原因は、以下の理由のためと推定される。

- ① 前者が材質SUS316で、後者のSUS304に比べCP付着量が多かった。
- ② 前者はコールドレグにあるため、CPの沈着が後者に比べ強くなくナトリウム洗

浄での除去量が多かった。

(5) 洗浄による除染評価

除染評価を行なうため、キャスクに収納している洗浄体の槽内投入前（洗浄前）および取出し後（洗浄後）のキャスク表面放射線量率を測定した結果、放射線量率の変化はなかった。このことは、放射化された被洗浄機器の放射エネルギーに比べ、ナトリウムに含まれていた放射エネルギーは極くわずかであったといえる。

なお、洗浄による除染効果を求めるには以上の方法では、不可能であることが判った。

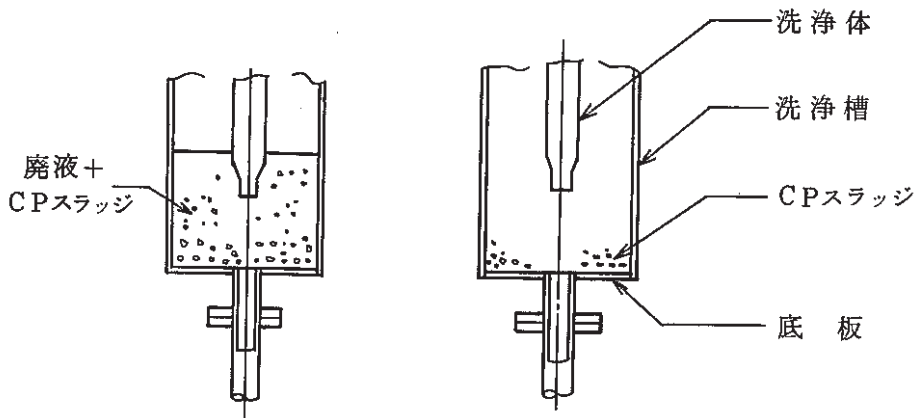
(6) 蒸気洗浄廃液量（凝縮水量）

蒸気洗浄廃液量は、蒸気供給量の約20%であった。残りは、スクラバを通過してスタックから放出されたものおよびスクラバで冷却された凝縮水になったものである。これらの蒸気は、スクラバの表面線量率に変化がなかったことから、排気系の蒸気にはCP成分がほとんど含まれていなかったと推定できる。

(7) 洗浄廃液の比較

1) 洗浄槽底部の水洗浄廃液の放射能濃度は、蒸気洗浄廃液に比べ数分の1であった。

これは、洗浄槽底部が次図に示すようにフラットにできているため、蒸気洗浄廃液回収時に廃液に混入していたCPスラッジが残留していたと考えられる。



蒸気洗浄廃液回収前

蒸気洗浄廃液回収後

2) 水洗浄廃液で検出された核種は、蒸気洗浄廃液の核種と同じであった。このことから1)項で述べた水蒸気廃液残渣であり、これが原因となっていることが明白である。

5.1 3.4 まとめ

(1) 制御棒下部案内管、ダミープラグ等に付着しているNaは多く見積っても130g以下である。

- (2) 付着ナトリウムは、均一に付着していないと推定される。
- (3) 付着ナトリウム量は、滴下時間を長くした方が少なくなると推定される。
- (4) ナトリウム中に含まれる全 γ 放射エネルギーは最大16mCi程度である。
- (5) 凝縮水は全蒸気使用量の約20%発生する。
- (6) CP成分は排気系に流入しない。
- (7) 蒸気洗浄時、有効に使用された蒸気は、0.16%であった。このため、今後詳細なる調査および検討が必要である。

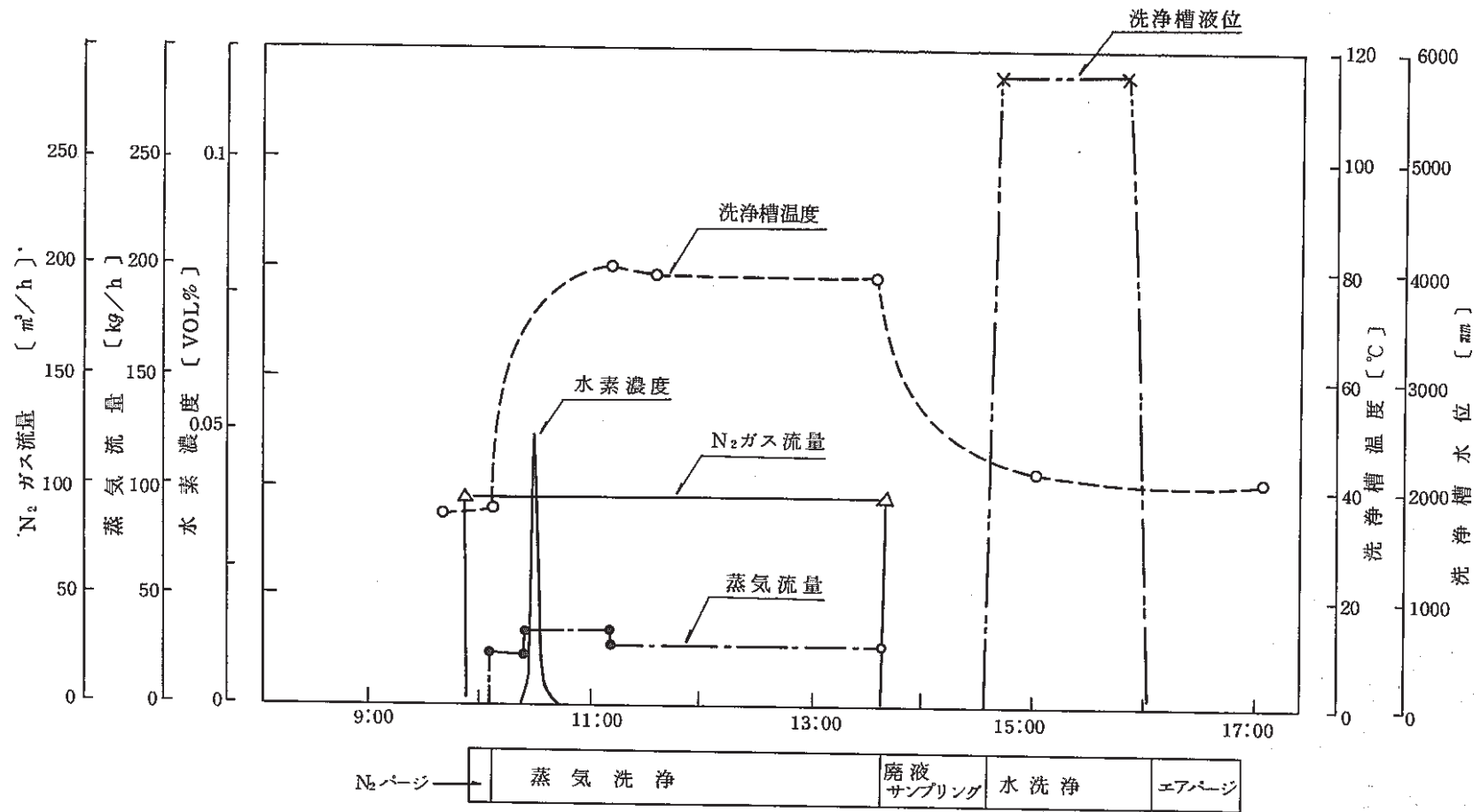
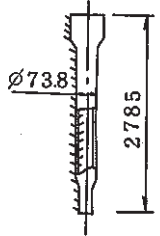
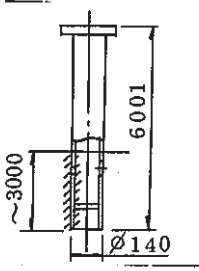
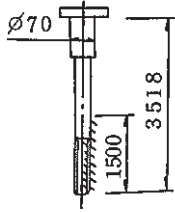


Fig 5.11.1 ダミープラグ (5 F₂) 洗淨工程

Table 5.11.1 洗浄データ

被洗浄機器名 項目	下部案内管 (3A3)	ダミープラグ (5C2)	ダミープラグ (5F2)	Naレベル計ウェル
運転時間(Hr)	8	6.75	7.0	7.5
蒸気使用量(kg)	85	96	100	100
N ₂ 使用量(Nm ³)	300	350	320	290
蒸気洗浄廃液 放射能濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)	$\gamma: 1.7 \times 10^{-1}$ $\begin{cases} {}^{60}\text{Co}: 1.1 \times 10^{-1} \\ {}^{58}\text{Co}: 3.3 \times 10^{-2} \\ {}^{54}\text{Mn}: 2.3 \times 10^{-2} \\ {}^{22}\text{Na}: 1.4 \times 10^{-3} \end{cases}$	$\gamma: 4.4 \times 10^{-2}$ $\begin{cases} {}^{60}\text{Co}: 3.8 \times 10^{-2} \\ {}^{54}\text{Mn}: 4.2 \times 10^{-3} \\ {}^{22}\text{Na}: 1.7 \times 10^{-3} \end{cases}$	$\gamma: 2.6 \times 10^{-2}$ $\begin{cases} {}^{60}\text{Co}: 2.3 \times 10^{-2} \\ {}^{54}\text{Mn}: 2.3 \times 10^{-3} \\ {}^{22}\text{Na}: 2.9 \times 10^{-4} \end{cases}$	$\gamma: 9.1 \times 10^{-2}$ $\begin{cases} {}^{60}\text{Co}: 6.4 \times 10^{-3} \\ {}^{54}\text{Mn}: 2.0 \times 10^{-3} \\ {}^{22}\text{Na}: 2.4 \times 10^{-4} \end{cases}$
廃液量(ℓ)	21	17.5	20	21
水洗浄廃液 放射能濃度	$\gamma: 5.0 \times 10^{-2}$ $\begin{cases} {}^{60}\text{Co}: 3.7 \times 10^{-2} \\ {}^{58}\text{Co}: 6.4 \times 10^{-3} \\ {}^{54}\text{Mn}: 6.7 \times 10^{-3} \end{cases}$	$\gamma: 2.9 \times 10^{-2}$ $\begin{cases} {}^{60}\text{Co}: 2.8 \times 10^{-2} \\ {}^{54}\text{Mn}: 8.0 \times 10^{-4} \end{cases}$	$\gamma: 4.2 \times 10^{-3}$ $\begin{cases} {}^{60}\text{Co}: 4.1 \times 10^{-3} \\ {}^{54}\text{Mn}: 8.1 \times 10^{-4} \end{cases}$	$\gamma: 3.7 \times 10^{-3}$ $\begin{cases} {}^{60}\text{Co}: 3.3 \times 10^{-3} \\ {}^{54}\text{Mn}: 3.6 \times 10^{-3} \end{cases}$
廃液量(ℓ)	250	240	280	240
キャスク表面線量率 洗浄前 洗浄後	50mR/HrMAX 50mR/HrMAX	BG BG	BG BG	BG BG
洗浄状態 (プール貯蔵時確認)	良	良	良	良
推定Na付着表面積	12200cm ²	26400cm ²	26400cm ²	5600cm ²
形状 (////印部にNaが付着したと推定)			同 左	
材質	SUS316	SUS304	SUS304	SUS304
洗浄日	S60.7.25	S60.9.3	S60.9.12	S60.9.26

5.1.2. 格納容器局部漏洩率試験

5.1.2.1 概要

格納容器の健全性を確認する手段として、従来格納容器全体漏洩率試験とともに、隔離弁及びケーブル貫通部に対する局部漏洩率試験を定期点検毎に実施してきたが、これまでの実績に基づき、全体漏洩率試験を3回/10年、局部漏洩率試験を1回/1年とすることを基準化し、今回の定期点検では局部漏洩率試験のみを実施した。

5.1.2.2 試験対象箇所

格納容器局部漏洩率試験は、次のように分類される。

(1) B種試験

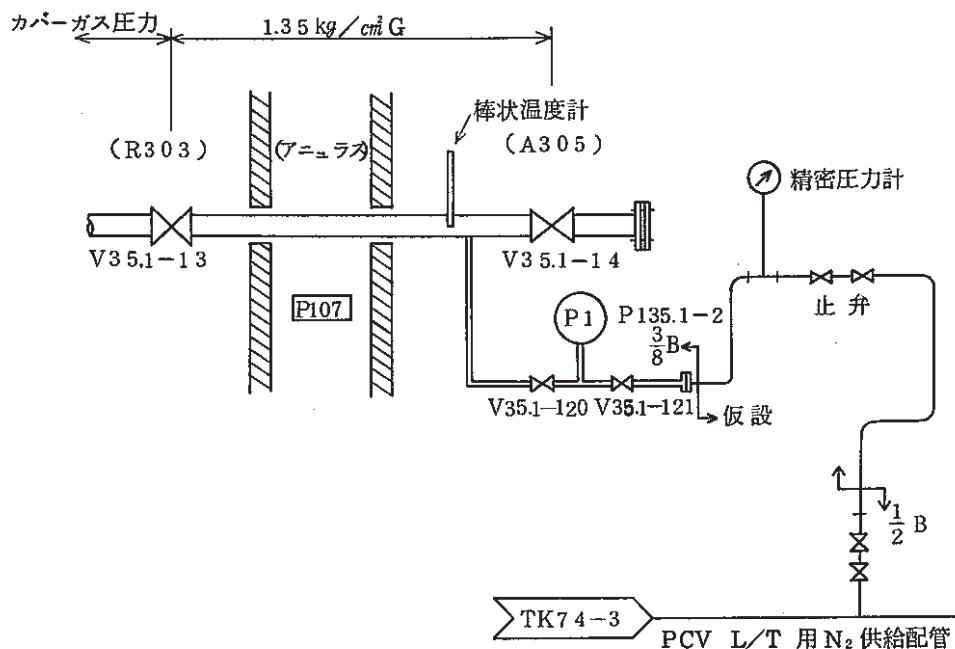
格納容器バウンダリーを形成する格納容器貫通部（ケーブルペネトレーション等）の漏洩率試験（32箇所）

(2) C種試験

格納容器隔離弁の漏洩率試験。（26箇所）

5.1.2.3 試験要領

格納容器貫通部あるいは隔離弁を、窒素、アルゴンまたは空気で試験圧力（格納容器の設計圧力：1.35kg/cm²G）に加圧した後、隔離放置して試験部の圧力及び温度の時間変化を測定して漏洩率を算出する。代表的な測定系を以下に示す。



1次ナトリウム充填ドレン系局部漏洩率試験要領図

5.1.2.4 局部漏洩率の算出

局部漏洩率は、試験部圧力、大気圧、温度（温度測定は領域ごとに1点測定し、その容積比による温度変化を考慮する）を各時間ごとに測定し、それを用いて各時間ごとの%漏洩量を算出し、統計処理法により漏洩率を求める。

(1) 計算式

漏洩率はBoyle-charlesの法則を適用し、次により求める。

試験部及び格納容器状態式 :

$$P_1 V = G_1 R T_1$$

$$P_2 V = G_2 R T_2$$

$$P_1 V_t = G_t R T_1$$

%漏洩量Qは、

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

P	: 試験部気体の絶対圧力	(kg / cm ²)
V	: 試験部容積	(m ³)
V _t	: 格納容器内容積	(m ³)
T	: 試験部気体の絶対温度	(° k)
G	: 試験部気体の重量	(kg)
G _t	: 格納容器内気体の重量	(kg)
R	: 気体常数 (29.27)	(kg · m / kg · ° k)
Q	: 試験経過時間の間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 (以下%漏洩量という。) (%)	

添 字

- 1 : 試験開始基準時刻における値
- 2 : H時間後の値

(2) 測定部温度

容積比による温度変化を考慮し測定部温度は次式より求める。

試験部が1領域の場合

$$T_1 = t_1 + 273.15$$

$$T_2 = t_2 + 273.15$$

試験部が2領域の場合

$$T_1 = \frac{1}{\frac{W_1}{t_1 + 273.15} + \frac{W_2}{t_2 + 273.15}}$$

$$T_2 = \frac{1}{\frac{W_1}{t_1 + 273.15} + \frac{W_2}{t_2 + 273.15}}$$

試験部が3領域の場合

$$T_1 = \frac{1}{\frac{W_1}{t_1 + 273.15} + \frac{W_2}{t_2 + 273.15} + \frac{W_3}{t_3 + 273.15}}$$

$$T_2 = \frac{1}{\frac{W_1}{t_1 + 273.15} + \frac{W_2}{t_2 + 273.15} + \frac{W_3}{t_3 + 273.15}}$$

W_1 、 W_2 、 W_3 ; 各領域の容積比

t_1 、 t_2 、 t_3 ; 各領域の温度

添字

1 : 試験開始基準時刻における値

2 : H時間後の値

5.1 2.5 判定基準

判定基準は以下のとおりである。

- (1) B種試験及びC種試験の合計漏洩率の合計が $1.14\% / \text{day} (= 1.90\% / \text{day} \times 0.6)$ 以下であること。
- (2) C種試験の合計漏洩率が $0.57\% / \text{day} (= 1.90\% / \text{day} \times 0.3)$ 以下であること。

5.1 2.6 試験結果

局部漏洩率の測定結果をこれまでの結果と併せてTable 5.12.1に示す。これから、格納容器バウンダリーの劣化を示す徴候は見られず、構造の健全性を確認することができた。

5.1 2.7 考 察

今回の局部漏洩率試験に先立ち、作業能率の向上と作業員の安全を目的に、加圧気体である窒素ガスの供給配管を主要な試験箇所まで布設した。

その結果、作業期間短縮の面から、前回と比較して延べ約10日間の短縮を図り、経費削減の観点からも、前回の360人工から今回220人工と約40%の削減を図ることとなった。

今後も本 N_2 供給配管を十分反映した局部漏洩率試験工程立案により、更に作業期間の短縮を図ることが可能であると思われる。

Table 5.12.1 局部漏洩率試験の合計漏洩率の推移

(単位: % / day)

試験実施期間	昭和57年1月～3月	昭和57年7月～9月	昭和58年12月 { 昭和59年4月	昭和60年5月～11月 (今回)
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}
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}
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}

5.1 3. 廃液タンクの除染作業

5.1 3.1 概要

「常陽」附属建家地下2階の高レベル廃液タンクは、過去MK-II移行に伴う燃料集合体等の洗浄廃液により、タンク表面線量率及び空間線量率が急激に上昇し、本系統の運転及びメンテナンス時における作業員の被曝が問題となった。

これを緩和するため、昭和57年5月から昭和58年3月にかけて廃液タンクの除染が実施された。

これ以後、「常陽」は原子炉出力100MW定格運転を昭和58年3月より開始し昭和60年3月までに7サイクル運転を終了している。

この間、高レベル廃液タンクに回収された燃料集合体等の洗浄廃液により、再び廃液タンクの表面線量率及び空間線量が上昇する傾向にあるため、燃料洗浄廃液処理設備の改造工事に先立って本工事に係る作業員の被曝低減を目的とした高レベル廃液タンクの除染作業を昭和60年4月30日から6月22日にかけて実施した。

また、低レベル廃液タンクについても、スラッジ等の回収を目的に同期間にわたり除染作業を実施した。

以下に、今回実施した一連の除染作業結果について記す。

5.1 3.2 燃料洗浄本数と廃液移送量

「常陽」は、MK-II移行後の昭和58年3月から100MW定格運転を開始し、昭和60年3月までの約2年間に7サイクル運転を終了している。

この間、燃料交換作業に伴い、88体の燃料体及び反射体等が洗浄され、これにより発生した約54m³の高レベル洗浄廃液は、総て高レベル廃液タンクに回収され随時処理建家へ移送されている。

次表に、昭和58年4月から昭和60年4月までの各燃交毎に洗浄された燃料体本数と高レベル廃液発生量を記す

ア ド レ ス	ACT 1	ACT 2	ACT 3	ACT 4	ACT 5	ACT 6	ACT 7	ACT 8	ACT 9	ACT 10
燃 交 期 間	S58 4/11~4/15	6/7~6/9	7/11~7/27	12/9~12/13	S59 4/2~4/7	6/17~6/19	8/20~8/24	11/6~11/10	S60 1/30~2/3	4/7~4/8
炉 心 燃 料 集 合 体	9	4	1	4	7	5	9	11	11	1
安 全 棒	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
制 御 棒	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1
内 側 反 射 体	1	2	0	0	4	2	1	1	0	0
試 験 用 炉 心 燃 料 体	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
試 験 用 反 射 体	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
※ 照 射 リ グ (S M I R)	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0
B 型 特 燃	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C 型 特 燃	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
γ 線 源 部 受 入 収 納 体	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
合 計	10	6	8	6	11	9	10	12	14	2
高 レ ベ ル 廃 液 発 生 量 (ℓ)	1960	1300	1500	1700	4500	6285	10700	12200	12450	1350

※ S M I R (Structure Materials Irradiation Rig)

5.1 3.3 除染計画

(1) 除染方式

高圧水ジェット洗浄機使用によりタンク内面に付着しているCP（放射性腐食生成物）を除去し、フィルターに回収する。

(2) 除染目標値

廃液タンク表面線量率 : Max 30mR/h 以下

空間線量率（エリアモニタ） : Max 8mR/h 以下

(3) 計画被曝線量

総被曝線量 : 14.18man・rem

個人最大被曝線量 : 800mrem

5.1 3.4 除染方法

廃液タンク内のCPを短期間に効率良く除去する方法としてFig 5.13.1に示す様に高圧水をタンク内面に噴射することにより、ライニング面に付着しているCPを剝離除去するとともにタンク底部に堆積しているスラッジをタービンポンプにより流動させフィルターに回収する。

この方法は、前回（第3回定検時）の高レベル廃液タンク除染に於いても実施しており、その実績からも、十分成果が得られている。

今回は、更に除染効率を向上させるとともに作業員の被曝低減化を図るべく、次の改善が施された。

- 1) 圧縮空気を使用してタンク内のエアバブリングを行うとともに、廃液の攪拌により、CPの剝離効果を向上させる。
- 2) 作業中最も被曝が予想されるフィルター交換作業では、Fig 5.13.2に示す固定式のフィルターハウジングから直接フィルターのみを抜き取り、A型キャンに収納する。
- 3) 放射線カメラを使用し、タンク内に存在するCPの流動的、時系列的变化を監視する。

5.1 3.5 除染運転の経過

廃液タンクの除染運転は、リサイクル運転と循環運転に分けて実施した。

前者は、タンク内に脱塩水及び廃液を張った状態でのエアバブリング及びタンク気層部のライニング面に高圧水を噴射してのCP剝離除去を行い、発生した廃液についてはフィルター濾過にてCPを回収した後、再び同タンクに戻される。

後者は、タンク内の液位を下げた状態で、タンク底部に堆積しているスラッジを高圧水

噴射により洗い流し、発生した廃液については随時フィルター濾過にてCPを回収した後、共用するもう一方のタンクに送る方法にて除染運転を実施した。

(1) 高レベル廃液タンク

① リサイクル運転

除染作業前に約2 m³の高レベル廃液を処理建家へ移送した後、タンク内に残った約0.7 m³の廃液（廃液濃度 $1.1 \times 10^{-1} \mu\text{Ci}/\text{cc}$ ）については、0.45 μ ～150 μ のフィルターを使用しリサイクル運転を行うとともに、高圧水（約100 kg/cm²・G）をタンクマンホール部より噴射し、タンク内面に付着しているCPの剝離除去を実施した。

3日間にわたるリサイクル運転の結果廃液濃度は低レベル基準濃度である $1 \times 10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{cc}$ 以下を満足する $9.0 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cc}$ となったため、高レベルタンクから低レベルタンクへ移送する循環運転が開始される。

② 循環運転

リサイクル運転で発生した約1 m³の廃液は0.45 μ ～1 μ のフィルターを通過させ、全て低レベルタンクに移送された。

その後、高レベルタンクのライニング面に付着したCPを高圧水で剝離除去するとともに、タンク底部に堆積したスラッジ等押し流し、随時フィルターにてCP捕獲を行い低レベルタンクの移送を実施した。

この作業を繰返し実施した結果、除染開始から5日目には、除染目標値の高レベルタンク表面30 mR/h以下、空間線量率8 mR/h以下を満足しタンク内のCPはほぼ回収されたと判断したため高レベルタンクの除染を終了し、低レベルタンクの除染へと移行した。

(2) 低レベル廃液タンク

① リサイクル運転

除染開始前に、高レベルタンクから受け入れた約5 m³（廃液濃度 $3.7 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cc}$ ）を処理建家へ移送した後、タンク内部を観察した結果、タンク底部に堆積しているスラッジのほとんどがヘドロ状であることが確認された。

よって、50 μ ～150 μ の粗いフィルターを使用したリサイクル運転を行い、ヘドロ状のスラッジ回収を行った。

その後、1 μ ～50 μ のフィルターを使用し、微粒子のCP捕獲を実施したが1 μ 程度のフィルターでは短時間に閉塞し、多量のフィルターを消費する結果となった。

② 循環運転

リサイクル運転によりヘドロ状のスラッジをほぼ回収した後、 $0.45\mu\sim 5\mu$ のフィルターを使用し、高レベルタンクへ廃液移送を行った。

その後、底レベルタンクのライニング面及び底部に付着、堆積したスラッジを、高圧水噴射により除去し随時高レベルタンクへ廃液を移送する循環運転を実施した。

7日間にわたる低レベルタンク除染作業の結果、タンク内のスラッジはほぼ回収され、線量率も除染目標値を下まわったことにより、底レベルタンクの除染を終了した。

尚、底レベル廃液タンクの除染に使用したフィルター総数は65本となり高レベル廃液タンクの19本を大幅に上回った。

5.1 3.6 除染結果

(1) 線量率の推移

除染前の線量率測定結果から、廃液タンク表面でMax5500mR/h、空間線量（エリアモニタ付近）で40～50mR/hであったが、除染後の線量率測定結果はタンク表面Max30mR/h、空間線量率3.5mR/hであり除染目標値以下であった。Fig 5.13.3に高レベル廃液タンク表面線量率の推移をまたFig 5.13.4に低レベル廃液タンクの表面線量率の推移をそれぞれ示す。

(2) 放射能の算出

除染作業に伴う除去放射エネルギーを以下のとおり算出した。

尚、低レベルタンクの線量は極めて低いため測定誤差等を考慮し無視するものとする。

① 除染前の高レベルタンク放射エネルギーの算出

放射エネルギーは次式から求めた。

$$Q = \frac{D L^2}{0.522 E}$$

Q = 放射性物質の量 (Ci)

D = 表面線量率 0.06 (R/h)

L = 距離 2.5 (m)

E = γ 線エネルギー 1.25 (MeV)

主要核種を ^{60}Co とすると
$$\frac{1.33\text{MeV} + 1.17\text{MeV}}{2}$$

タンク底部を点線源とすると

水遮蔽係数 $\mu_m = 0.06\text{cm}^2 \cdot \text{g}$ 実効水位 3 cm

$$e^{-\mu_m x} = 0.84$$

鉄遮蔽係数 $\mu_m = 0.4\text{cm}^2 \cdot \text{g}$ 肉厚 0.9 cm

$$e^{-\mu_m x} = 0.7$$

これからQを求めると

$$Q = \frac{0.06 \times 2.5^2}{0.522 \times 1.25 \times 0.84 \times 1.7}$$

$$= 0.977\text{Ci}$$

$$= 977\text{mCi}$$

② 除染後のフィルター捕獲放射能量

①式より線源はAキャン中心にあるものとし

D : キャン表面から 1 m の総線量率 0.434 (R/h)

L : 缶中心から 1.125 (m)

鉄遮蔽係数 $\mu_m = 0.4\text{cm}^2 \cdot \text{g}$ 肉厚 0.24 cm

$$e^{-\mu_m x} = 0.91$$

$$Q = \frac{0.434 \times 1.125^2}{0.522 \times 1.25 \times 0.91}$$

$$= 0.925\text{Ci} \quad \approx 925\text{mCi}$$

③ 高レベルタンク除染効率

①、②式から

$$\frac{\text{フィルター捕獲放射能量}}{\text{除染前高レベルタンク放射能量}} = \text{除染効率}$$
$$\frac{925 \text{ mCi}}{977 \text{ mCi}} = 0.94$$

よって今回の除染効率は94%であった。

また、高レベルタンクに残った放射能量は

$$977 \text{ mCi} - 925 \text{ mCi} = 52 \text{ mCi}$$

であった。

(3) 被曝低減対策と結果

① 被曝低減対策

イ) 被曝管理

第5回定検期間中の作業別個人被曝管理要領に従い、各作業者個人に対して計画被曝線量を守るとともに日、週、月、3ヶ月の被曝管理を充分に行った。

ロ) フィルター交換作業の簡略化

除染作業の内、最も被曝が予想されるフィルター交換作業では、Fig 5.13.2に示すように固定式のフィルターハウジングからフィルターのみを引抜き、直接A型キャンに収納する方法により、時間短縮による被曝低減と作業の簡略化を図った。

ハ) 作業状況の監視

除染作業中無用な被曝を避けるため、TVカメラによる作業状況の連続監視を行い、作業員への指示、監督を徹底するとともに、テレドーズを使用し個人被曝の連続監視を行い、各作業エリアにおける被曝状況を予測し、計画的な被曝管理を実施した。

ニ) 放射線モニタリング

空間線量率及び廃液タンク表面線量率をレコーダで連続記録し、除染運転に伴う線量率の推移を評価した。

また、今回初の試みで放射線カメラを使用し高レベル廃液タンク表面線量率の分布を随時カラーディスプレイに表示させ、タンク内に存在するCPの流動的变化及び表面線量率の推移を監視した。

② 被曝結果

一連の除染作業の結果、総被曝線量3.863man・remであり、計画被曝線量14.18man・remを大幅に下まわる結果であった。

その主な理由としては、高レベル廃液タンクに蓄積されたCPの絶対量が少なく、当該タンクの除染が短期間に終了したこと、また最も被曝が予想されたフィルター交換作業の簡略化及び取扱うフィルター本数の低減等が考えられる。

以下に、個々の被曝結果を記す。(TLD結果より)

総被曝線量	3.863 man・rem
個人最大	481 mrem

5.1 3.7 考 察

(1) 効果的除染方法

今回実施した除染作業の実績から、廃液タンク内のCPは、大別するとタンク内面のゴムライニングに付着して乾燥しているものと、タンク下部に堆積しているものとに分けられる。

前者は、ライニング面への高圧水噴射及びタンク内液位を500mm～1000mmを維持してのエアバブリング、後者は、タンク内の廃液を移送した後、高圧水をタンク底部に噴射してCPを洗い流す方法が最適である。

今後更に効果的除染方法を確立するためには、自動遠隔化装置、フィルター自動交換装置等の導入により、作業の簡略化、被曝低減を図って行く必要がある。

また、廃液タンクの線量率上昇を抑制し、除染作業の頻度を最小限に止めるため廃液タンクの下部に堆積するCPをエアバブリングにより攪拌し、廃液移送と同時に処理建家へ移送する方法が望まれる。

(2) 効果的CP捕獲

今回の除染作業で発生したCPは、リサイクル運転及び循環運転によりフィルターに捕獲した。また、フィルターの目詰まりまたは表面線量率の上昇をきたしたときは、随時フィルター交換作業を行った。

今回の除染実績から、カートリッジフィルターを使用してのCP捕獲は当初の成果を

上げたものの、CP吸着面積が限られること、CP粒径に応じたフィルター使用範囲が $0.45\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$ に限られ微粒子状のCP捕獲が困難なこと、さらにはフィルター交換作業時に最も被曝を受けることなどから、今後、効果的なCPの捕獲を図る方策として逆洗方式によるフィルター交換作業の削減及び被曝低減対策の観点から、自動フィルター交換装置の導入等の計画が進められている。

これらは現在アルファベット計画でその検討が進められており、その検証結果により今後更に効果的除染方法及び効果的CP捕獲技術の開発を進めて行くとともに高レベル廃液タンクに回収される燃料洗浄廃液等により上昇するであろう表面線量率及び空間線量率を抑制し、線量率の上昇を未然に防ぐことも重要な課題である。

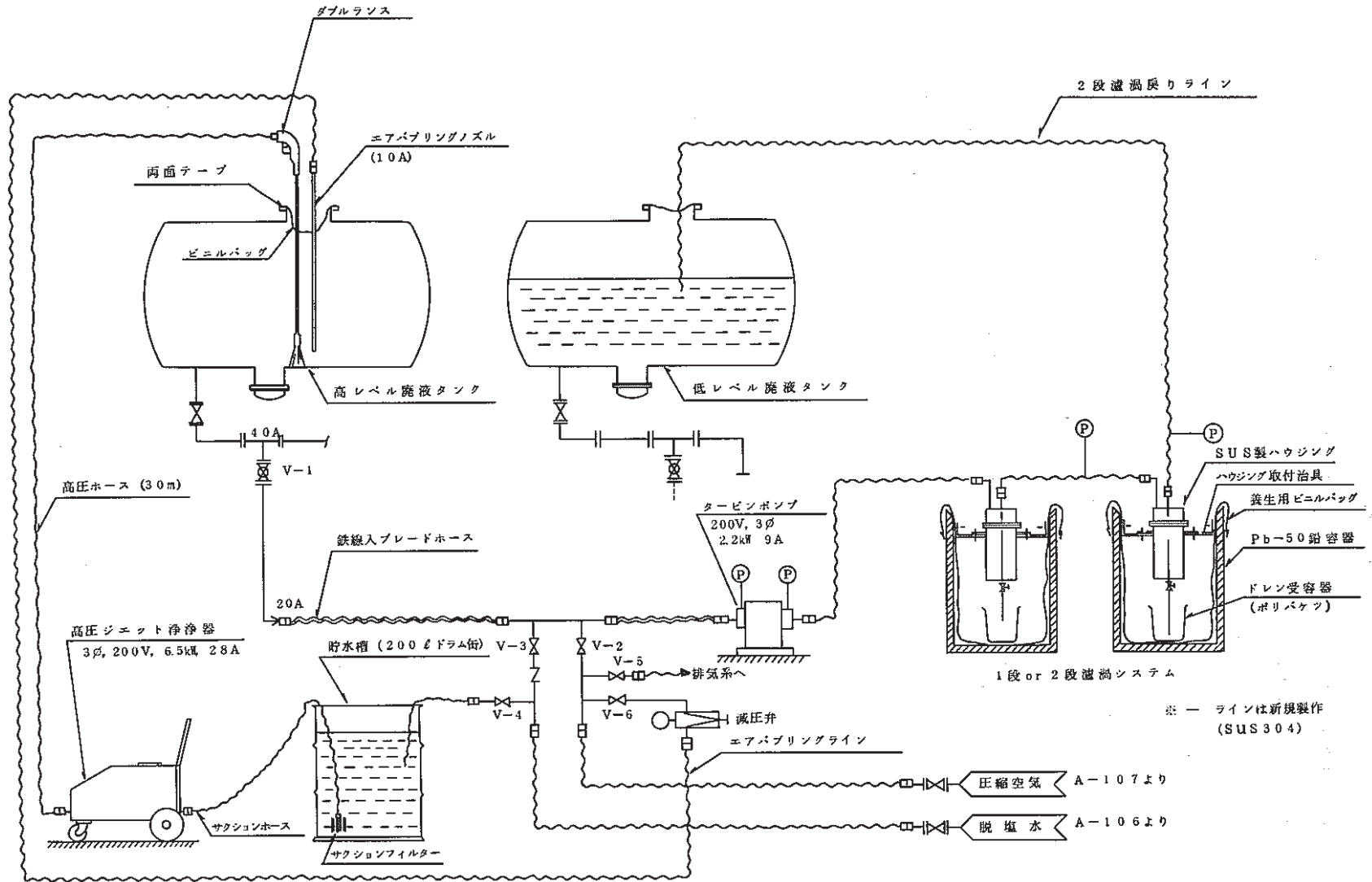
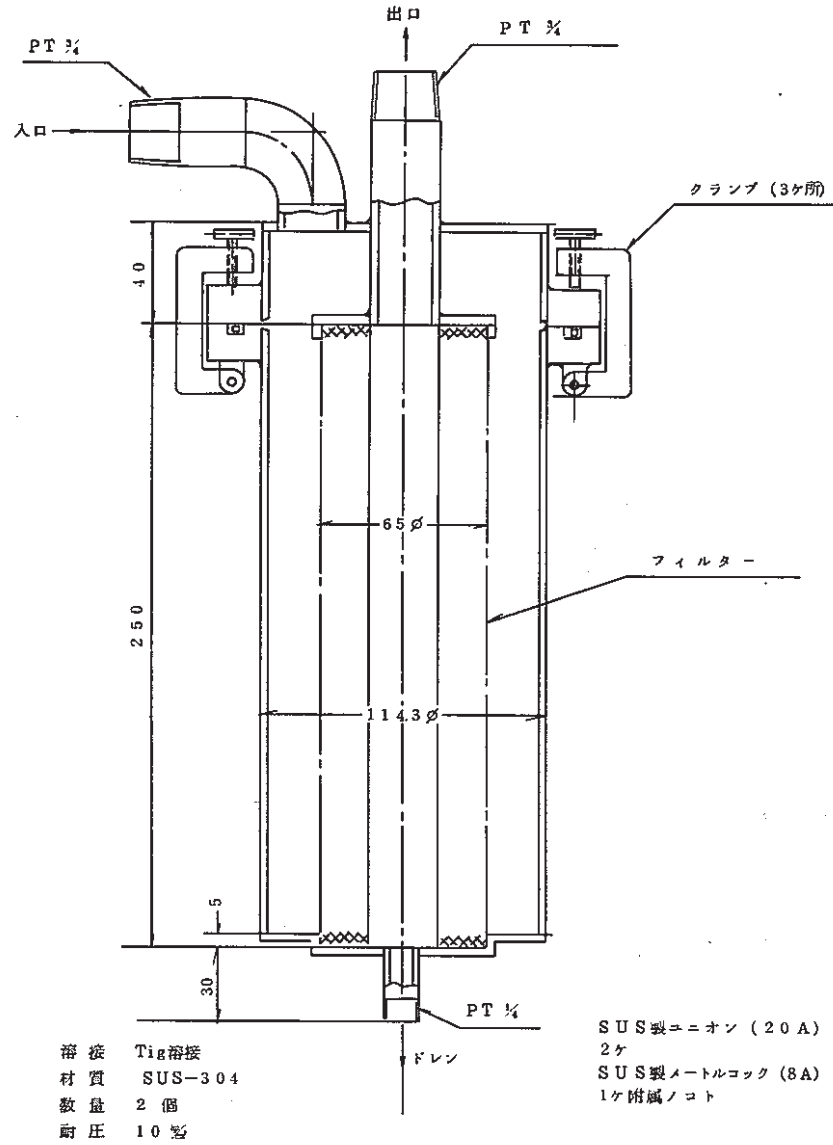


Fig 5.13.1 廃液処理設備除染作業フローシート



フィルター詳細図

材質と構造

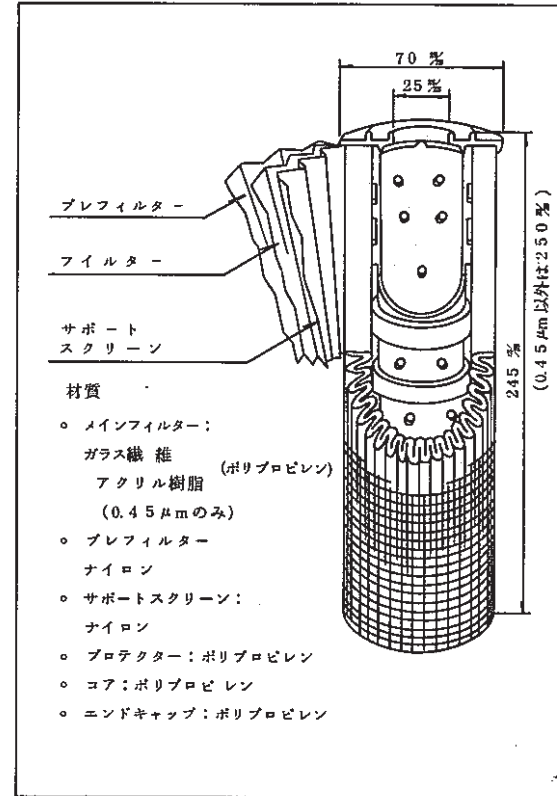


Fig 5.13.2 フィルター・ハウジング・フィルター構造

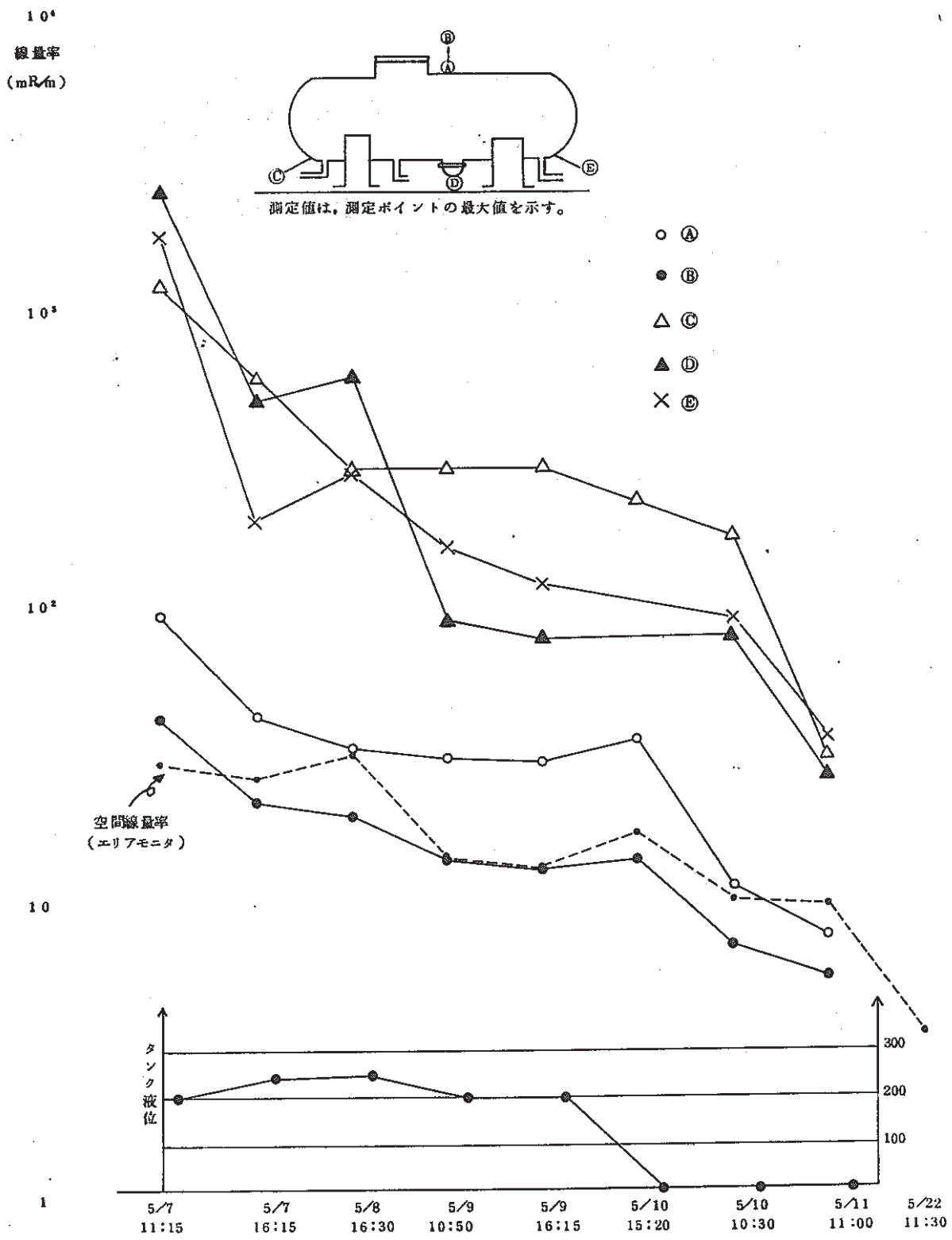


Fig 5.13.3 高レベル廃液タンク表面線量率の推移

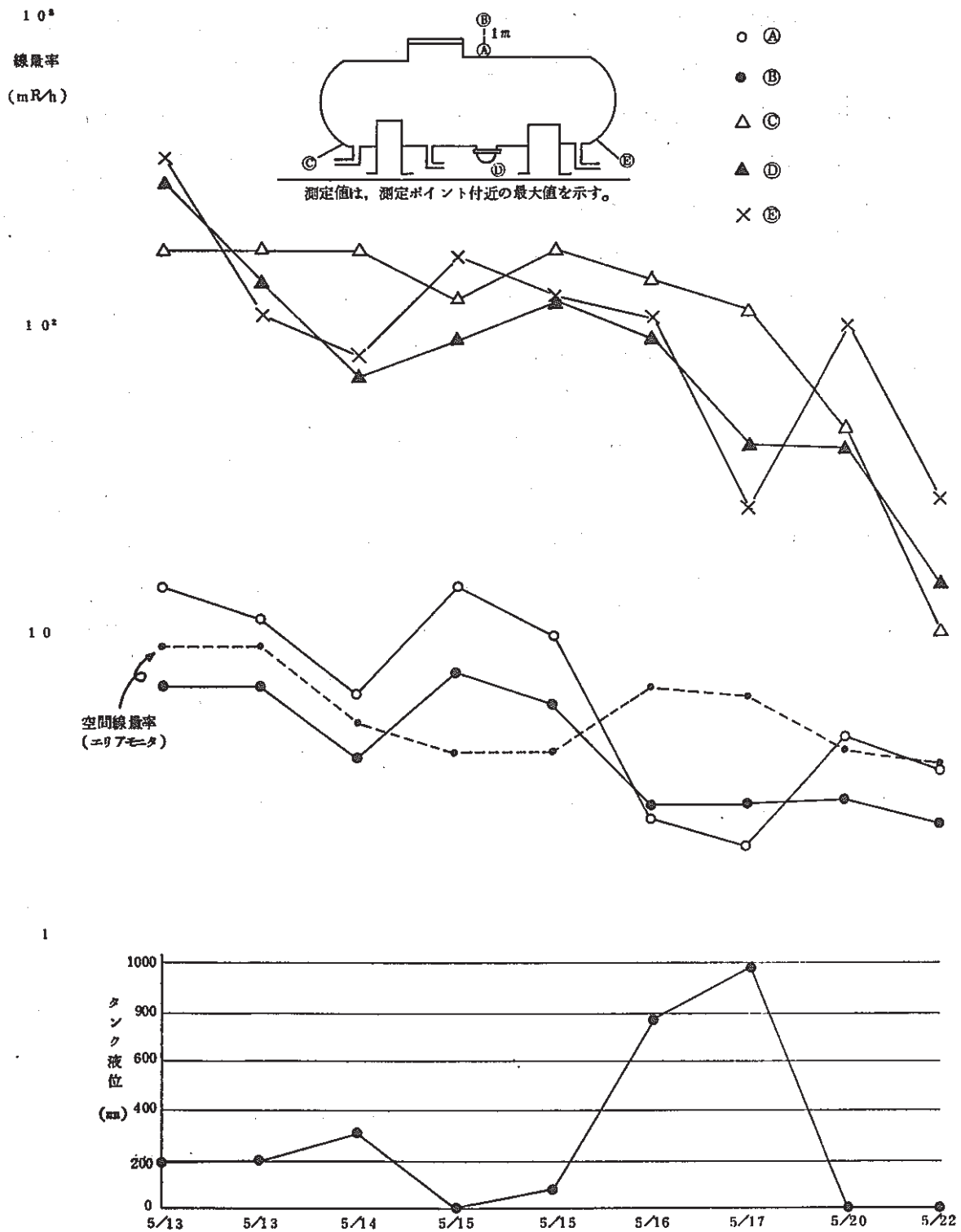


Fig 5.13.4 低レベル廃液タンク表面線量率の推移

5.1.4 1次系制御装置の点検

5.1.4.1 概要

1次系主循環ポンプの速度制御は静止セルビウス方式である。電動機の世界制御は、サイリスタのゲート制御（点弧角位相制御）により直流主回路のインバータ電圧を制御し、電動機2次側回路の電流値を変化させ、電動機発生トルクを加減する方式を採っている。セルビウス方式は、巻線形誘導電動機において、2次巻線に発生する誘導起電力をスリップリングを介してシリコン整流器、直流リアクトル、サイリスタインバータを含む外部回路（直流主回路）に導き、直流変換し、直流リアクトルを通して電流の脈動を抑制し、サイリスタインバータにより電源周波数と同じ周波数の交流電力に変換したものをインバータトランスにより、電源電圧と同じ電圧へ昇圧し1次側へ返還している。又、1次補助系、オーバフロ系、1次Na純化系電磁ポンプ（EMP）は、FLIPタイプで、駆動原理はフレミングの左手の法則に従っており一般の電動機の固定子に相当する亀甲状コイルを3相交流で励磁することにより、移動磁界をポンプダクト内のナトリウム中に発生させ、ナトリウム中に発生した誘導電流と磁界に垂直な方向に生ずる駆動力により、ポンプダクト中をナトリウムが流れる。補助系を除く他のEMPの運転は流量を設定値とする電圧自動制御であり、補助系は手動による電圧一定制御である。これら1次系の制御装置は、定検時において点検を実施してきており、以下に第5回定検時の点検結果を報告する。

5.1.4.2 点検範囲、内容

(1) 1次主冷却系主循環ポンプ用制御装置

下記に示す盤を点検対象とした。

No.	盤 名 称	A 系 統 盤 No.	B 系 統 盤 No.
1	570KVA 乾式変圧器盤	101-1	111-1
2	DCリアクトル盤	101-2	111-2
3	SCR-SR盤	101-3	111-3
4	サージアブソーバ盤	101-4	111-4
5	2次切換盤	101-5	111-5
6	現場速度制御盤	101-6	111-6
7	コンビネーションスタータ盤	101-7	111-7
8	再起動切換盤	101-9	111-9
9	速度制御装置盤	209	201

点検は主循環ポンプ運転時点検と停止時点検に分けて行った。

1) 主循環ポンプ運転時点検

① 外観点検

- ② 盤内取付け機器の温度異常、破損等の有無
- ③ 異常音響の有無

② 制御系の点検

下記の測定を行った。

- ④ 受電々圧
- ⑤ モータ1次電流
- ⑥ モータ速度
- ⑦ モータ2次直流電圧
- ⑧ " 電流
- ⑨ インバートランス1次電流
- ⑩ 速度設定電圧

- ⑥ 速度帰還電圧
- ① A P P S入力電圧
- ① 各制御盤内温度

2) 主循環ポンプ停止中点検

主ポンプ停止中に下記の点検を実施した。

- ① 570kVA乾式変圧器、DCリアクトル盤
 - ② コイル表面の傷、変形、放電痕跡、過熱変色の有無
 - ⑥ 支持碍子の破損、締付け状態
 - ③ 導電接続部・リード線の過熱変色、締付け状態、断線接続不良の有無
 - ④ 絶縁抵抗測定
 - ⑤ 保護回路動作チェック
 - ⑦ 各部の清掃
- ② SCR-SR盤、サージアブソーバ盤
 - ② 各部の破損、変形、変色、発錆の有無
 - ⑥ セレンアレスタの放電状態
 - ③ 導電接続部・リード線の過熱変色・締付け状態、断線接続不良の有無
 - ④ 絶縁抵抗測定
 - ⑤ ゲートパルス位相角の測定
 - ⑦ ゲート電圧、電流の測定
 - ⑤ SCR素子漏洩電流の測定
 - ⑥ 保護回路の動作チェック
 - ⑦ 各部の清掃
 - ① オイルコンデンサ全数交換
- ③ コンビネーションスタータ盤、現場速度制御盤、2次切換盤、再起動切換盤
 - ② 電磁接触器……接点ワイブの状態及び接点の摩耗、変色、変形の有無
 - ⑥ 抵抗器・コンデンサ……変色、変形、破損、発錆、腐食の有無
 - ③ 導電接続部・リード線の変色・締付け状態、断線接続不良の有無
 - ④ 絶縁抵抗測定
 - ⑤ 保護回路の動作チェック
 - ⑦ 各部の清掃

④ 速度制御装置盤

- ② 電磁接触器……接点ワイプの状態及び接点の摩耗、変色、変形の有無
- ③ 抵抗器・コンデンサ……変色、変形、破損、発錆、腐食の有無
- ④ 導電接続部・リード線の変色、締付け状態、断線接続不良の有無
- ⑤ 各種アンプ基板の変色、変形の有無
- ⑥ AVR出力電圧の測定
- ⑦ 各部設定値の確認
- ⑧ 保護回路の動作チェック
- ⑨ 回路静特性測定
- ⑩ 回路動特性測定
- ⑪ 各部の清掃

⑤ 主ポンプ制御装置用冷却ファン点検

SCR冷却ファン、DCL冷却ファン、SCRT r冷却ファンについて点検を行った。(A、Bループ 計6台)

- ② 外観検査
- ③ モータ点検
 - ・異常音の有無
 - ・回転方向の確認
 - ・異常振動の有無
- ④ 各冷却ファン動作状態の確認
- ⑤ 導電接続部のチェック
- ⑥ 冷却ファンリード線の交換

(2) 電磁ポンプ用制御装置（補助系、オーバフロ系、純化系各系共通）

下記に示す盤を点検対象とした。

No.	盤 名 称	盤 No.
1	一次補助系電磁ポンプ I V R 盤	1 2 1 - 1
2	“ リアクトル盤	1 2 1 - 2
3	“ コンデンサ盤	1 2 1 - 3
4	オーバフロ系電磁ポンプ制御盤	2 1 2
5	“ I V R 盤	1 4 1 - 1
6	“ リアクトル盤	1 4 1 - 2
7	“ コンデンサ盤	1 4 1 - 3
8	一次 N a 純化系電磁ポンプ制御盤	2 1 1
9	“ I V R 盤	1 3 1 - 1
1 0	“ リアクトル盤	1 3 1 - 2
1 1	“ コンデンサ盤	1 3 1 - 3

① 外観点検

盤取付機器の腐蝕、汚損、破損、変色の有無、端子部のチェック

② I V R 駆動機構部の点検

② 駆動モータの動作状態、減速機構部軸受等状態確認

③ ブレーキ、ギア等の外観、動作点検

④ 取付機器の締付け状態

③ 絶縁抵抗測定

④ I V R 出力電圧リミット確認

⑤ F L S ゲートパルス及び出力波形の測定〔補助系ポンプは除く。〕電磁オシロにより F L S のゲートパルス及び出力電圧・電流の測定。

⑥ 保護回路の動作チェック

⑦ 各部の清掃、端子部のチェック

5.1 4.3 点検結果

今回の点検の結果、各盤内回路の絶縁抵抗はいずれも基準値を満足した。主ポンプA側の現場盤は1次現場制御室系吸気ファンの吹き出し口付近にあり、また空調給気ダクトの空气中水分が凝縮により結露し、この影響を受け主ポンプA側は若干抵抗値の低下等が見られた。吹き出し口の変更及び結露防止処置をとれば、発錆、抵抗値の低下は防げると思われる。各盤のその他の点検結果については以下に示す。

(1) 1次主冷却系主循環ポンプ用制御装置

1) 570kVA乾式変圧器盤内高圧限流ヒューズ断線表示。

使用上支障は無かったが、A系統T相の高圧限流ヒューズの断線表示のターゲットが出ていた。本ヒューズは導通試験の結果断線ではなかったが、交換は約5年に1度と言われていることも合せ、耐用年数を越えているものと判断し、A、B系全数のヒューズ6本を新規交換した。

2) サージアブソーバ盤内のオイルコンデンサ油漏れ。

サージアブソーバ盤内オイルコンデンサ3個に油漏れを生じていることが、前回の点検時に判明していたため、全数12個の交換を実施した。今回新たに取付けたコンデンサは、オイルシール部が2重構造となり、過去のシール方法に比べ密封性が向上している。

3) 現場速度制御盤抵抗器のクラック及び表示器の不良。

A系統現場速度制御盤内抵抗器表面にクラックが発見された。抵抗は巻線型で被覆は、ガラス(無機質酸化物)のエナメル(ほうろう)がコーティングされている。この被覆は抵抗器巻線より発生する熱を表面全体に伝え均一化し、良好な放熱器の役割を果たすものであり、長年の使用における熱サイクルの繰り返しにより発生したと考えられる。このため、次回点検時において同型式の抵抗器4個について交換を予定している。又、B系現場速度制御盤内、整流器過熱用ターゲット表示器動作不良のため交換した。

4) コンビネーションスタータ盤内電気部品の劣化。

① A、B系ともに、使用されているカレントリミットヒューズ(CLF)3.6KV100A及びパワーヒューズについては、起動、停止の繰り返しにより劣化が進んでおり、自然溶断の定量的把握が困難であるが、13年経過していることから、寿命に近いものと判断し次回点検時に、交換の予定である。

② A、B系ともに使用されている乾式トランスは長年の使用によるトランスの寿命で、高圧巻線口出部の絶縁が劣化し断線を起こすことが知られている。耐用年数は使用環境（温度、湿度、通電時間等）により異なるが、寿命は10～15年である。本設備の場合13年経過し交換時期に来ているため次回点検時に、交換の予定である。又、A、B系ともに接触器接触子表面に荒れが見られたため、やすりにより表面の仕上げ作業を行った。

5) 再起動切換盤延焼防止材の飛散。

A系統再起動切換盤内は、1978～79年の2期に分けて実施したケーブル火災防火対策工事の時に、使用した延焼防止剤が一部分に飛散しているが使用上支障は無い。

6) 起動、再起動抵抗器抵抗値

測定の結果設定値よりの大幅なズレは見られず値も正常であった。

7) 盤内冷却ファンリード線交換及び開口部シールの実施。

570kVA乾式変圧器盤、DCL盤、SCR-SR盤内冷却ファン計6台について、リード線の劣化が著しいため、リード線の交換をした。又、SCR-SR盤を除く上記の盤のケーブル開口部がシールされていなかったため、ネオシールを用い開口部を塞ぎ、ほこり、粉塵の流入防止を図った。

(2) 電磁ポンプ用制御装置（補助系、オーバフロ系、純化系各系共通）

1) 制御盤のケーブル引込口開口部のシール

補助系、オーバフロ系のIVR盤、補助系、オーバフロ系、純化系のコンデンサ盤、及び補助系のリアクトル盤のケーブル引込口開口部がシールされていなかったためネオシールを用い開口部を塞ぎ、ほこり、粉塵の流入防止を図った。

2) オーバフロ系EMP制御用基板の調整。

オーバフロ系電磁ポンプは点検後の試運転において起動失敗によるトリップが多発した。起動失敗は「印加電圧80V到達後25秒経過した時点で $3\text{ m}^3/\text{h}$ 以下のNa流量の場合電磁ポンプをトリップさせる。」回路が動作したものである。原因は、IRモータ制御用のサンプリングコントローラの特性が変化し、電磁ポンプへの印加電圧を制御するIRモータの動きが遅くなったことによるものであり、IRモータへの昇、降圧信号を送っているサンプリングコントローラ基板の信号発生時間（ON TIME）を長くすることにより、IRモータの動作時間を延ばし、モータの動きが早くなる様調整を実施した。この結果オーバフロ電磁ポンプは上記トリップ条件をクリアす

るまで27秒程度かかっていたものが12秒程度でクリア出来る様改善された。

3) オーバフロ系 I V R モータの交換。

オーバフロ系 I V R モータは、ブレーキシューパット、口出し線、ブレーキコアの摩耗、劣化が著しいため、モータを予備品と交換し、取外したモータは上記部品の交換及び固定子、回転子の洗浄、錆落とし、エアブロー、乾燥ワニス処理をし、軸受ベアリングの交換を行ない、予備品とした。

旧品 360427-5 1970年製

新品 360427-6 1970年製

4) オーバフロ系、純化系 I V R 盤減速機構部構成品の劣化、摩耗。

オーバフロ系、純化系の I V R 盤減速機構部は、I V R モータの動作頻度が多いことにより、ブレーキシューとパット、ブレーキコアが摩耗している。又、I V R モータ起動、停止の際に衝撃荷重を繰り返し受けたことにより、ピニオンギアの劣化摩耗が見られる。この他に I V R 本体軸受部ホワイトメタルの摩耗等により、減速ギア、ウォームギア、各軸受部のガタが大きくなる不具合が発生している等、I V R 全体のオーバーホールが数年の内に必要であると判断する。

I V R のオーバーホールは、減速機構部を主として工場にて実施する必要がある。新規製作ではコストが高く、製作後の機能試験、調整も行なわなくてはならない。オーバーホールの場合、製作時の 1/2 ~ 1/3 程度のコストで済むと考えられるので、3 年以内にはオーバーホールを実施する予定である。

過去においては I V R モータが駆動頻度の多さから昭和53年10月にオーバフロ系 I V R モータを焼損し交換、57年4月第3回定検時にはオーバフロ、純化系をそれぞれ定期的に交換し、57年11月純化系サンプリングコントローラ内トランジスタ漏れ電流増加及び58年3月純化系 F L S 主回路 R 相ヒューズの劣化による自然熔断、59年6月純化系 F L S (サイリスタ) の劣化によって計3回のダメージがモータに加わり、駆動頻度の増大、欠相による加熱によって焼損し59年6月に交換、59年10月ピニオンギアの経年的な劣化による折損及び I V R モータ駆動頻度大により純化系 I V R モータが焼損し交換等多くのトラブルを経験している。ピニオンギアは回転時の衝撃荷重に対して応力集中が小さく、かつすぐれた耐摩耗性を有する高速回転用の絶縁樹脂成形材で製作されているものの折損に至っており約5年に1度の交換が必要と考えられる。又、I V R モータにおいては約3年に1度のオーバーホールが必要と思われる。

オーバフロ、純化計 I V R は、一般の I V R（誘導電圧調整器）と比較して動作回数が非常に多く I V R モータは過酷な状態で運転されていると考えられる。I V R 各部もそれに比例し衝撃荷重を繰り返し受けたことによりガタも大きくオーバーホールが必要なのは前述の通りである。これらの不具合は流量一定制御のため、電磁ポンプ自動起動時、コールドトラップの圧損変動、N a サンプリング時の流量変更等、I V R モータが頻繁に O N - O F F することに起因している。従って本設備と同様の頻度で同方式の制御を採用する場合制御方式の再検討が必要であり本設備についても恒久的対策として I V R 各部の不具合を防止するため電圧自動制御を実施しない方式（電圧一定制御等）の検討を行なう必要があると思われる。例えば電圧一定制御の場合 N a の温度変化によりプラント停止中約 200℃と定格出力運転中約 450℃では、10%程度の流量の相違が生じることになるが、定格出力運転時を基準とすれば流量は確保出来る。圧損変動が問題となる純化系は新コールドトラップの設置により急激な流量変化は解消されるものと予想され運転方法の変更及びシーケンス改造を一部必要とするものの不具合は減少すると考えられる。

5) I V R モータ手動操作用ハンドル脱落防止対策

前述に記した様に動作頻度の多さからオーバフロ系 I V R モータ手動ハンドルは脱落が発生しており、脱落防止対策を実施している。純化系についてはこの対策がなされておらず、ハンドルを固定している、ロックピン、ネジにゆるみを生じ同様の現象が発生する可能性があり、次回点検時に、脱落防止対策を施す予定である。

6) 純化系電磁ポンプ制御盤内モールドトランスのクラック

純化系電磁ポンプ制御盤内モールドトランス（T R A 3 P E - S）は、前回点検時熱劣化により側面モールド部にクラックが発生しているのを確認しており今回、トランスが特殊品のため、製作に長期間を要し交換時期に間に合わなかったが、同型式のオーバフロ系のトランスも含め、性能上問題無いものの、次回、点検時に、交換の予定である。

5.1 4.4 その他

(1) 1次主循環ポンプ制御装置

1) A-主循環ポンプ回転計ループ抵抗器追加。

A号機はパイロット発電機をオーバーホールの際、強磁したため、フィードバック電圧が高くなり既設の可変抵抗器（VRSP）では速度調整範囲を越えてしまったため、新たに18k Ω の固定抵抗を追加した。

2) 1次主循環ポンプ流量制御用マスターコントローラの設置。

1次主循環ポンプの流量調整計は、現在A、B各ループごとに独立しており、ポンプ昇、降速時には慎重な操作が要求されている。現在マスター流量調節計の設置を検討中であり、自動昇、降速機能等の追加も含め第6回定検中に流量制御系の改造を実施する方向で計画中である。

5.1 5. 1次系電動弁、電動ダンパの点検

5.1 5.1 点検目的

1次冷却系、予熱N₂ガス系及び、安全容器呼吸系に設置されている電動弁44台、電動ダンパ4台、合計48台について駆動部点検を実施し、電動弁、電動ダンパの健全性維持を目的とする。

5.1 5.2 点検方法

電動弁、電動ダンパ48台（Table 5.15.1参照）について、以下の項目について点検を行った。

(1) 点検前作動試験

- 1) 電動開閉試験（開閉時間、電流値測定）
- 2) 手動開閉試験

(2) 駆動部点検

- 1) グリス交換
- 2) 劣化部品交換

(3) 点検後作動試験

- 1) 電動開閉試験（開閉時間、電流値測定）
- 2) 手動開閉試験

5.1 5.3 点検結果

本点検において点検対象48台中37台に何らかの不具合が生じていた。Table 5.15.2に点検結果を示す。

5.1 5.4 検 討

(1) E X Tバルブ（床貫通弁）の不具合の多発について

総点検台数48台のうち、遠隔電動弁－エクステンションバルブ（E X Tバルブ）は19台あり、そのうち18台に何らかの不具合が認められた。主な不具合は、電動操作不能、手動操作が重い、E X T部からの異音等であった。E X Tバルブ構造図をFig 5.15.1に示す。又、不具合の原因について以下に示す。

1) 開方向操作不良について（不具合発生台数4台）

本不具合は電動操作で開とならない、又は開方向作動中停止するものであり、いづれも異常トルクのためトルクS Wが作動したものである。異常トルク発生箇所として、弁本体、E X T部、駆動部内が考えられるが、駆動部についてはこれまでの点検により

不具合箇所の保守を実施してきている。又、弁本体に直接駆動部が設置されているバルブにはこのような不具合が生じていない等の理由から E X T 部でバルブ開閉操作に影響するほどの負荷が生じているものと考えられる。E X T 部での負荷発生の原因としてグラندパッキンの硬化、ユニバーサルジョイント部の潤滑油切れがあげられる。E X T 部グラندパッキンは設置以来交換は行われておらず、油脂分の喪失、硬化が著しい。又、ユニバーサルジョイント部への注油は過去数回実施されているが、ユニバーサルジョイント部が床下設置のため、熱、放射線により劣化（粘性の低下）が著しく長期に渡る潤滑効果が確保されていない恐れがある。以上により E X T 部による負荷が電動開閉操作に大きな影響を及ぼしていると判断できる。今後の対策としては、E X T 部グラندパッキンの交換、ユニバーサルジョイント部への耐熱性と耐放射線性を兼ね備えた潤滑油の塗布を実施する予定である。

2) 手動操作が重い（不具合発生台数17台）

本不具合は手動操作が重いものであり、原因は1)と同様である。本不具合は1)の作動不良の前兆と言え、将来的に見れば電動操作不能に至る恐れがある。対策としては1)と同様である。

(2) DP33-1、DP34.1-1 操作不能について

DP33-1、DP34.1-1は点検前の電動開閉試験時、操作不能であった。分解点検の結果、原因はトルクSW樹脂部品が放射線、熱によって劣化破損し、作動状態となっていたことが判明した。トルクSWの樹脂部品はスイッチプランジャーであり、その劣化破損は直ちに弁の不作動に結びつく。今回は同一仕様部品と交換を実施したが、今後耐熱、耐放射性部品への交換が必要である。

5.1 5.5 まとめ

電動弁電動ダンパの点検は、プラント上前期と後期に分けて実施した。前期は主に停止中である予熱N₂ガス系の床上に設置されているバルブについて、後期はNaドレン後、床下に駆動部が設置されているバルブ及び、主に1次系のバルブについて点検を実施した。これは点検上系統停止中の方が安全かつ作業性が良いからである。しかし、一部バルブは系統運転状態で点検を実施しなければならなかった。このため変則的なプラント操作を実施し点検を行った。本点検においてプラント状態に応じた点検要領で、実施することにより、点検のためのプラント操作回数減少、作業期間の短縮と被曝低減及び、コストダウンが画れた。

又、バルブ駆動部の点検頻度は、外観及び作動試験1回/1年、分解点検1回/3年、でありほぼ確立された。今後本点検で認められたE X Tバルブの不具合点についての改善、及び、E X Tバルブの点検内容の検討、点検要領の立案、及び、点検頻度の確立が必要である。また、電動弁操作不良を引起すことのない貫通部シール方法等についても検討を進めていきたい。

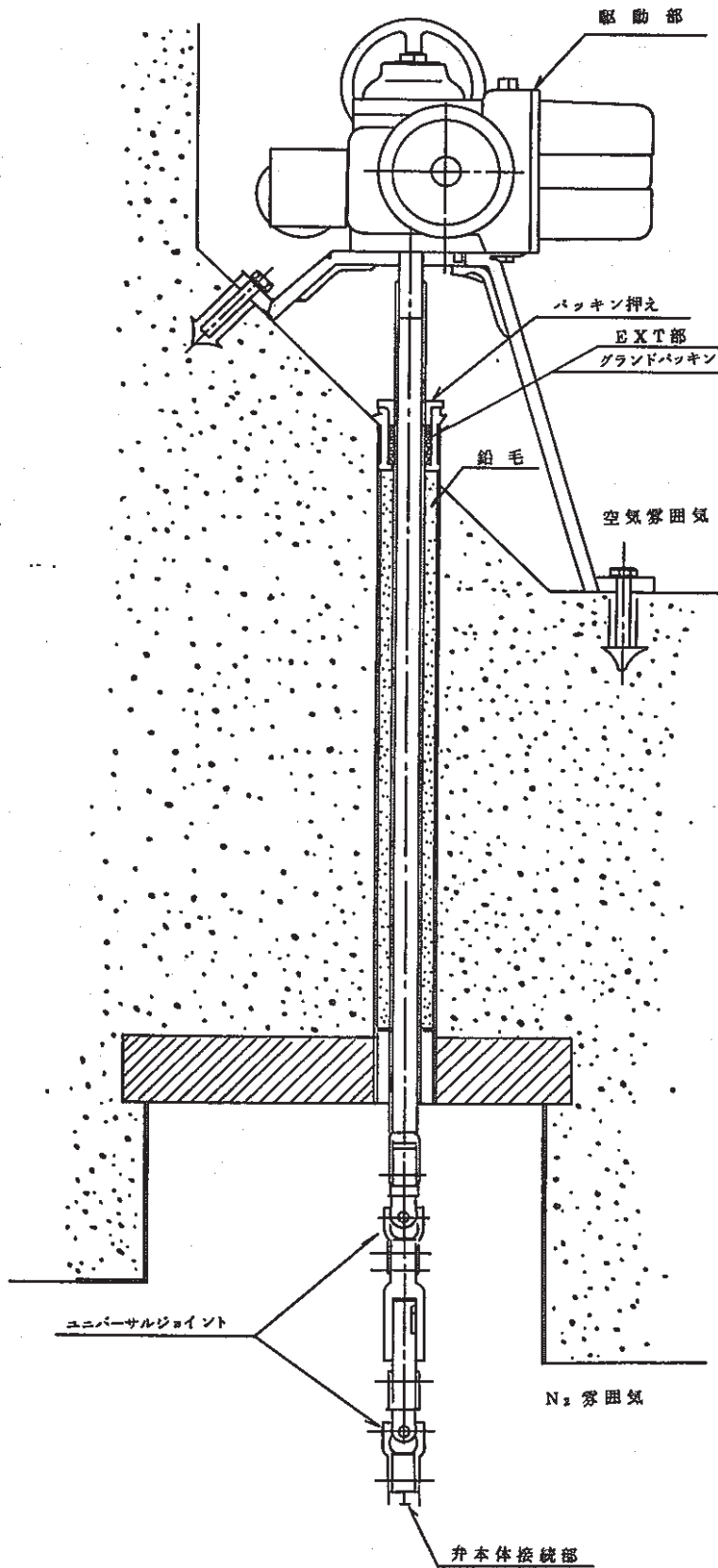


Fig 5.15.1 E X T 部構造図

Table 5.15.1 点検対象弁リスト(1/3)

弁 仕 様						駆 動 機 構 仕 様						備 考
弁 番 号	弁 名 称	型 式	口 径	流 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)	※	
V32・1-1	補助冷却系炉容器出口弁	GL(B)	4B	Na	R-305	日本ギヤ工業株式会社	RPU	#424	DC110V	3.9	EXT	GL(B) : グローブ弁 (バース) 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 ※ : エクステンションバルブ(床貫通弁)
V32・1-3	補助冷却系炉容器出口弁	GL(B)	3B	Na	R-305	"	RPU	#424	DC110V	3.9	EXT	
V32・1-6	補助冷却系サイフォンブレイク止弁(A)	GL(B)	1B	Na	R-305	"	R-408	#424	DC110V	1.8	EXT	
V32・1-7	同上 (B)	GL(B)	1B	Na, Ar	R-305	"	R-408	#424	DC110V	1.8	EXT	
V32・1-8	同上 (C)	GL(B)	1B	Na	R-305	"	R-408	#424	AC220V	1.2	EXT	
V32・1-9	同上 (D)	GL(B)	1B	Na, Ar	R-305	"	R-408	#424	AC220V	1.2	EXT	
V34・1-3	Na純化系緊急汲上切替弁	GL(B)	2B	Na	R-202	"	R-303	#424	AC220V	1.2	EXT	
V34・1-11	オーバーフロー緊急汲上弁	GL(B)	2B	Na	R-202	"	R-303	#424	AC220V		EXT	
V34・1-22	C/T入口冷却ガス外側隔離弁	G	14B	N ₂	A-306	"	A-306	#424	DC110V	27.5		
V34・1-23A	AC/T冷却ガス入口弁	B	14B	N ₂	R-203	"	R-203	#424	AC220V	4.2		
V34・1-23B	BC/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	G	14B	N ₂	A-306	"	A-306	#424	DC110V	27.5		
V34・1-34	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	GL	2 1/2 B	Ar	A-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		

Table 5.15.1 点検対象弁リスト(2/3)

弁 仕 様						駆 動 機 構 仕 様						備 考
弁 番 号	弁 名 称	型 式	口 径	流 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)	※	
V36・1-38	排出Arガス外側隔離弁	GL(B)	6B	Ar	A-206	日本ギヤ工業株式会社	A-206	#424	DC110V	11.0		GL(B) : グローブ弁 (ボーズ) (シル) G : ゲート弁 B : バタフライ弁 GL : グローブ弁 N : ニードル弁 ※ : エクステンションバルブ(床貫通弁)はEXTで表示。無印は弁、駆動部一体。
V71-1	予熱N ₂ ガスブロウ出口弁	G	16B	N ₂	A-208	"	A-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	A-206	"	A-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	A-206	"	A-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	EXT	
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	EXT	
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	EXT	
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	EXT	
V71-8	予熱N ₂ ガス補助系出口弁	GL	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	A-206	"	A-206	#205	DC110V	6.0		
V71-10	予熱N ₂ ガスBループ出口隔離弁	G	12B	N ₂	A-206	"	A-206	#205	DC110V	6.0		
V71-11	予熱N ₂ ガスブロウバイパス弁	B	12B	N ₂	A-208	"	A-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	A-206	"	A-206	#424	DC110V	5.9		
V71-42	予熱N ₂ ガス補助系入口弁	GL	4B	N ₂	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	N ₂	R-206	"	R-412	#205	AC220V	3.4	EXT	
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	EXT	

Table 5.15.1 点検対象弁リスト(3/3)

弁 仕 様						駆 動 機 構 仕 様						備 考
弁 番 号	弁 名 称	型 式	口 径	流 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)	※	
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	EXT	GL(B)：グロー ブ弁 {バロス 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 ※：エクステン ションバル ブ(床貫通 弁)はEXT で表示。無 印は弁、駆 動部一体。
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	EXT	
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	EXT	
V83-8	"	GL	2B	N ₂	R-202	"	R-303	"	AC200V	1.22	EXT	
V83-12	格雰囲気連通弁	GL	2B	N ₂	R-202	"	R-300	"	AC200V	1.22	EXT	
DP32・1-1	E M P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	P L計冷却ダンパ	B	12B	N ₂	R-103	"	R-103	#421	AC200V	1.5		
	P L計絞り弁	N	12B	N ₂	R-103	"	R-103	#421	AC200V	1.5		

Table 5.15.2 1次系電動弁電動ダンパ点検結果(1/7)

項 目	内 容	不具合の発生台数	原 因	処 置	該当弁番号
1 弁側からの異音	電動弁開方向作動時、開度が0~10%の範囲で、弁本体より振動を伴う異音が発生した。	6	異音が生じた弁は、ゲート弁、バタフライ弁のいずれかであり、シート面から弁体はずれる時発生する音と思われる。	特に処置を施していない。	V34・1-23A V34・1-23B V71-1 V71-4 V71-5 V71-48A
2 EXT(エクステンション)部からの異音	電動弁開閉操作時、エクステンション部(床貫通部)より異音が発生する。	3	EXT部グランドパッキンの硬化が認められた。又、シャフトへのグランドパッキン押えの接触が認められたものもあった。	グランドパッキン部へ潤滑剤の塗布及び、グランドパッキン押えの調整を行った。	V71-6A V71-46B V71-47B
3 点検前電動操作不能	開方向作動時、トルクSWにより停止する。	4	トルクSWにより停止した電動弁はすべてEXTバルブであり、原因はEXT部グランドパッキンの硬化及び、ユニバーサルジョイント部の潤滑油切れである。	EXTグランドパッキン部へ潤滑剤の塗布を行うことにより、V71-6B以外は操作可能となった。しかし、手動開閉操作は非常に重い。次回点検時グランドパッキン交換を予定している。	V34・1-3 V71-6B V71-46A V71-47A
	トルクSW破損により、トルクSWが作動した状態となっていた。	2	熱、放射線によりトルクSW樹脂部品の破損が原因である。	トルクSWを交換した。	DP33-1 DP34・1-1
4 点検後電動操作不能	点検後も開方向作動中トルクSWにより停止する。	1	EXT部グランドパッキンの硬化、ユニバーサルジョイント部の潤滑油切れ、弁本体グランドパッキンの硬化と思われる。	次回点検時、グランドパッキン交換、ユニバーサルジョイント部への注油を予定している。	V71-6B

Table 5.15.2 1次系電動弁電動ダンパ点検結果(2/7)

項目	内容	不具合の発生台数	原因	処置	該当弁番号
5 手動操作が重い	手動による開閉操作が重い。	17	不具合発生バルブはすべてEXTバルブであり、EXT部グランドパッキンの硬化、ユニバーサルジョイント部の潤滑油切れ、と思われる。	EXTグランド部へ潤滑材の塗布を実施した。その後、いくらか軽くなったが、次回点検時、グランドパッキンの交換及び、ユニバーサルジョイント部への潤滑材の塗布を実施する予定である。	V34・1-3 V32・1-3 V32・1-6 V32・1-7 V32・1-8 V32・1-9 V71-6A V71-6B V71-7A V71-7B V71-46A V71-46B V71-47A V71-47B V71-41 V83-8 V83-12
6 リミットSW損傷	リミットSWのフィンガー部分が、黒く変色していた。	6	リミットSW作動時のスパークによるものであった。	フィンガー部、接点部の清掃又は、リミットSWの交換を実施した。	V71-8 V71-7A V71-48A V71-49A DP33-1 DP34・1-1
7 トルクSW不良	トルクSWスイッチプランジャーの破損が認められた。	2	トルクSWスイッチプランジャーは樹脂部品であり、熱、放射線により劣化、破損したものであった。	トルクSW交換を実施した。	DP33-1 DP34・1-1
8 端子台破損	駆動部内端子台に破損が認められた。	3	DP33-1、DP34・1-1については、熱、放射線による劣化、破損である。 V71-35は、端子台据付時に破損したと思われる。	端子台交換を実施した。	V71-35 DP33-1 DP34・1-1

Table 5.15.2 1次系電動弁電動ダンパ点検結果(3/7)

項 目	内 容	不具合の発生台数	原 因	処 置	該当弁番号
9 開度計用ギヤボックス内への油漏れ	開度指示計用ギヤボックス内への油漏れが認められた。	11	駆動用ギヤボックス内のグリスが、開度指示用シャフトのOリングのシール不良のため、にじみ出したものと思われる。	開度計用ギヤボックス内の清掃を実施した。 次回点検時Oリング交換を実施する。	V34・1-23A V34・1-23B V36・1-6 V71-10 V71-11 V71-42 V71-48A V71-49A DP33-1 DP32・1-1 V71-34
10 駆動部ギヤボックスからの油もれ	駆動部ギヤボックス内のグリスがシャフト取付部より漏れ出していた。	1	シャフト部Oリングの不良と思われる。	シャフト取付部の増し締めを実施した。次回点検時Oリングを交換予定である。	V71-10
11 開度計指示不良	全閉で2%、全開で98%を示す。	1	開度指示機構の不良である。	今回処置は実施していない。	V71-1
12 開度発信器不良	電動ダンパ開度発信器不良により、中制開度計開度指示不良となっていた。	2	開度発信器(セルシン発信器)のブラシ部の摩耗により、接触不良となっていた。	開度発信器(セルシン発信器)の交換を実施した。	DP33-1 DP34・1-1
13 開度計用アクリルカバー破損	開度計開度指示部アクリルカバーが破損していた。	6	破損したアクリルカバーはすべて床下に据付られた電動弁電動ダンパに設置されていたものであり、熱、及び放射線により劣化破損したものであった。	一部については予備品と交換を実施した。今後アクリルカバーをガラス製に交換する予定である。	V71-48A V71-48B V71-49A V71-49B DP33-1 DP34・1-1
14 駆動部モーター口出線の劣化	口出線が油脂分のため劣化していた。	1	駆動部内グリスの漏れにより、口出線被覆に油脂分が付着し、劣化したものである。	油脂分の除却を行った。口出線については特に処置は行わなかった。	V71-34

Table 5.15.2 1次系電動弁電動ダンパ点検結果(4/7)

項目	内容	不具合の発生台数	原因	処置	該当弁番号
15 駆動用モーター定格電流値オーバー	電動弁開方向作動時に、駆動用モーター定格電流値をオーバーする。	2	V32・1-6及び7は開閉操作頻度が非常に少なく(1回/年)又、EXTバルブでもあることから、EXT部グランドパッキンの硬化、弁グランドパッキンの硬化、ユニバーサルジョイント部の潤滑油切れにより、駆動用モーターの定格電流値をオーバーするものと思われる。	EXT部及び、弁グランドパッキンに潤滑剤を塗布することにより、駆動用モーター電流値は定格内となった。	V32・1-6 V32・1-7
16 リミットSW、トルクSW調整不良	V34・1-3は、全閉で開度-1%を指示し、開方向操作不能であった。又、V34・1-22は、電動操作で全閉とした後、手動操作でさらに閉方向へ操作できた。	2	リミットSW、トルクSWの設定調整不良であった。	リミットSW、トルクSWの設定調整を実施した。	V34・1-3 V34・1-22
17 制御回路不良	V71-7B、V71-42の制御回路が混線していた。但し、通常弁開閉操作では、支障がなく、点検時において、制御電源を“切”(仮に7Bを“切”とした場合)とした場合、他方(42)の制御電源が“切”となる。	2	電動弁据付時からの混線と思われる。詳細な原因は不明である。	通常操作では支障がないため、次回点検時に詳細な調査及び補修を行う予定である。	V71-7B V71-42
18 リミットSW取付部より油漏れ	リミットSW取付部(リミットSW駆動用シャフト部)より、駆動用ギヤボックス内からのグリスのにじみ漏れが認められた。	1	リミットSW取付部のパッキンの不良と思われる。	今回は、取付部の増締めを実施した。次回点検時にリミットSW取付部パッキンの交換を行う予定である。	V36・1-38
19 駆動部取付位置による点検不可	駆動部周辺の構造物の干渉のため、開度計内の点検が実施できなかった。	1	駆動部取付位置不適當。	操作上駆動部取付位置の変更は行えないため、特に処置はほどこさない。	V71-41

Table 5.15.2 1次系電動弁電動ガンパ点検結果(5/7)

項目	内容	不具合の発生台数	原因	処置	該当弁番号
20 駆動部据付場所による点検制限	V71-48Bは、据付場所が、IH X(B)の直近であり、空間線量率が高く(駆動部上部で120mR/H、作業エリア周辺最大950mR/H)被曝の面から点検は制限された。(作動確認のみ)	1	駆動部設置位置の不适当である。	作動については特に問題はないが、不具合発生を考慮し、今後の検討が必要である。	V71-48B

5.1 6. 1次系T/C定点校正結果

5.1 6.1 概要

クロメル-アルメル熱電対(CA T/C)の熱起電力は経時変化によりJIS許容誤差から逸脱することがあるため、測定精度の維持に対して問題となる。又、供用前に使用温度付近でエージング処理しておくことでドリフト量が少なくなることも知られている。今回校正したものは1次主冷却系出入口温度測定用CA(K)熱電対である。これらは点検毎に交換を行ない、校正することにより誤差の経時変化の把握、エージング効果とエージング条件の確立を計ることを目的としており、過去の校正結果も含めその結果を以下に報告する。

5.1 6.2 対象熱電対

(1) 原子炉入口温度

1) 原子炉保護系用

TE31・1-9A、9B、10A、10B、11A、11B

(シングルエレメント)

2) 記録計及び警報用

TE31・1-8A、8B

(ダブルエレメント)

(2) 原子炉出口温度

1) 原子炉保護系用

TE31・1-2A、2B、3A、3B、4A、4B

(シングルエレメント)

2) 記録計及び警報用

TE31・1-5A、5B

(ダブルエレメント)

5.1 6.2 熱電対仕様

- | | |
|------------|-------------------------------|
| (1) シース外径 | 3.2φ |
| (2) 精度 | JIS0.75級 |
| (3) 熱電対種類 | クロメル-アルメル |
| (4) 測温接点形状 | 非接地型 |
| (5) シース材質 | SUS316(但し、今回取外したTE31・1-5A、5B、 |

(6) エージング条件

- 1) 今回取り付けた熱電対は470℃で約15分間エージング。
- 2) 今回取り外した熱電対は470℃で約3時間(但し、TE31・1-5A、5B、8A、8Bは600℃で2時間)のエージング。

5.1 6.3 校正方法

物理的、化学的にも純粋な金属の錫、鉛、亜鉛の凝固点を利用するもので、一定条件のもとに液相よりゆっくり純金属を冷却した場合、凝固が起こると固相と液相の二相系となり、傾斜のないプラトーが得られ温度変化をしない特性を利用するものである。凝固点は錫が231.9℃、鉛327.5℃、亜鉛419.6℃である。これら3点の凝固点を用い各熱電対の校正を行ない熱電対の直線性を確認しドリフト傾向を把握することが出来る。Fig 5.16.1にCA熱電対の基準熱起電力を、Fig 5.16.2に校正装置の概略を示す。

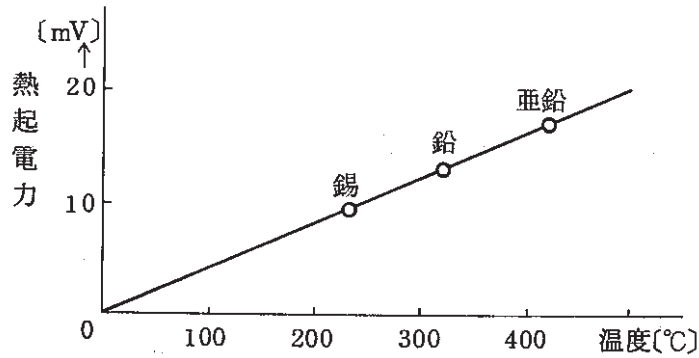


Fig 5.16.1 CA熱電対の基準熱起電力

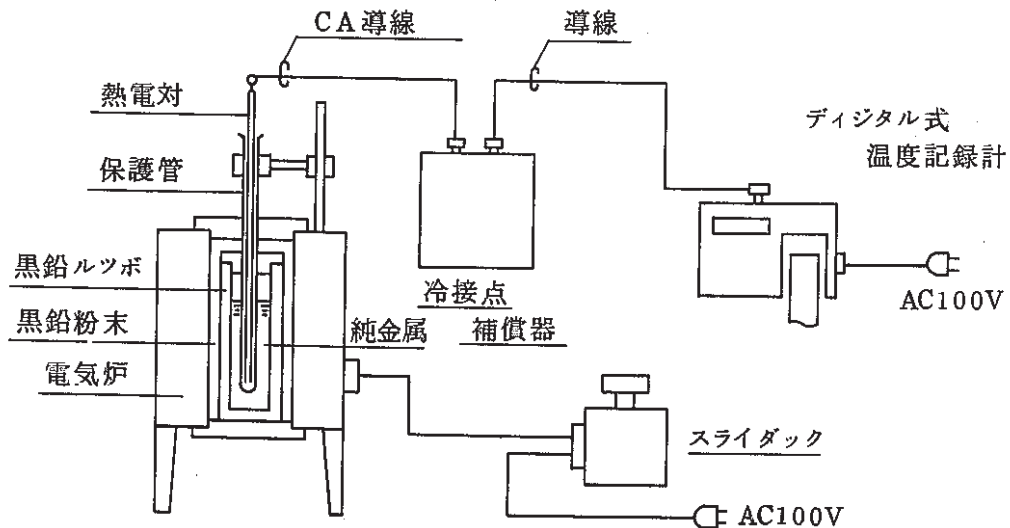


Fig 5.16.2 校正装置概略図

5.1 6.4 校正結果

- (1) 今回取付け、取外したT/CはJ I S 0.75級を満足している事が確認出来た。又、ホットレグ、コールドレグの取付け場所の違いによるドリフト量への有意な差は見られず、使用前においてエージング処理を行なえば熱起電力のドリフト量は取付場所の使用温度に左右されず低く抑える事が出来ることが判った。
- (2) エージング処理を施さないT/Cは過去の点検毎の校正結果からも判る様に熱起電力が増加し、J I S精度を逸脱することが判明している。これを防止し温度測定精度の確保を計るため、T/Cのエージング処理を行なっている。現在まで三種類(470℃ 3 hr、470℃ 15min、600℃ 2 hr)の異なる処理がされたT/Cを使用した。1.5年程度使用したのちの定点校正においては、いずれもJ I S精度を満足している。中でも470℃ 15minの処理をしたT/Cは最もドリフト量が少なく良好な結果を示した。又熱起電力はいずれも減少していく傾向が見られた。次表にエージング処理をしたT/Cのドリフト量を示す。

測定点 エージング条件	ドリフト量 (℃)	
	原子炉出口	原子炉入口
470℃・3 hr	-0.2~-3.6	-1.1~-4.4
600℃・2 hr	+0.1~-3.5	+0.3~-4.0
470℃・15min	+0.2~-1.6	+0.1~-2.3

5.1 6.5 熱電対の経時変化

「J O Y O」1次主冷却系の出入口温度を測定しているT/Cのうち、過去に使用していた、エージング処理をしていないものは熱起電力がいずれも増加していくことが判明している。これは素線材料であるクロメルの組成変化に起因しているものと考えられる。クロメルの変化の過程は次の通りである。クロメルはNiとCrを融合させて作られたもので、結晶格子を構成する原子は特定の格子位置を占め、規則正しい原子配列をとっている。これが短時間に、熱の影響により不規則状態が起こる。この結果、部分的な規則状態(短範囲規則化)となり、クロメルの熱起電力が大きく変化する。よって、Fig 5.16.3(a)

にも示した様に熱電能（熱起電力）は増加し最終的にはJ I S精度が満足出来なくなる。例えば、Fig 5.16.3(a)にて温度400℃、使用時間（熱処理時間）45分では+0.36 μ V/℃の変化をする。従って400℃における変化量は約3.6℃プラス側へドリフトしたことになる。Fig 5.16.3(a)のクロメルの熱電能変化の関係は、The 5th Temperature symposium proceedingsにおいてA. N. Fentonにより明らかにされたものである。

又、現在では、エージング処理をしたT/Cが一般的に使用され、1次主冷却系の出入口温度のT/Cも処理したものを使用している。

エージング処理をしたT/Cは校正の結果、熱起電力が減少していく傾向にあり、これはクロメルが熱処理により短範囲規則化された後に使用しているためであると考えられる。T/Cの素線はMgO及びシースにより外気と遮断されているため素線酸化によるクロメルのCr濃度低下は起こらず、熱起電力は増加する方向へドリフトしない。よって熱起電力が減少していくのはエージング処理をしたT/Cの正常な経年変化と思われる。又、エージング処理をしたT/Cは、現時点ではJ I S精度から逸脱しているものは見られないので、エージングによる効果はあると思われる。経時変化の抑制を考えていく上では、クロメルの組成変化は避けられないものであり、T/Cのエージング処理条件を決定する時も重要な影響を与えている。国内各メーカーにおいても、CA T/Cのエージング処理条件は確立されておらず、各種の熱処理温度、時間、冷却、過熱方法が採られており、使用条件が異なれば、エージング処理条件も変わっている。

現在は、クロメルの熱起電力変化によるCA T/Cのドリフト量をFig 5.16.3(b)にも示した様に把握し、合せて検討を加えエージング処理条件を決定しているものと考えられる。「常陽」1次主冷却系の出入口温度を測定しているT/Cもエージング効果は見られるが、現時点ではエージング条件は確立されていない。

5.1.6.6 その他

(1) T/Cの放射化

1次主冷却系原子炉出入口に設置されているためT/Cの放射化が進んでいる。A側原子炉出口は比較的低く、A側入口、B側出口、B側入口の順で高くなって来ており、第5回定検時取外したものは、最大1.8Kcpmであった。

(2) T/Cの端子部ビスの腐食

今回取外したT/Cの内、ダブルシースのものについて、端子部ビスに腐食が見られた。ビスは真ちゅう製でニッケルメッキがされており、メッキ処理が不十分のため発生

したものと考えられる。

(3) T / C 交換時の被曝線量

T / C 交換時は床下における管理区域内作業となるため被曝線量が定検毎に増加しており、第 5 回定検時は約 0.5レムの総被曝線量であった。定検毎の T / C 交換は、ケーブルの劣化を招き、交換後の計装ループの動作を確認する必要がある。被曝低減の面からもエージング条件の確立及び T / C の交換期間に対する見直しを計らなければならない。又、第 4 回定検時に取外した T / C を今回 J I S 精度を満足していることを確認したため再使用した。この T / C は第 6 回定検時に取外し再校正する予定であり、長期間に渡る使用後のドリフト量、傾向を把握出来る。C A T / C に変わる適当な検出器は現時点ではなく、設置されている場所等を考えると将来においてはメンテナンスフリーとすることを検討していかななくてはならないと思われる。

Table 5.16.1 定検時に取外したT/Cの測定結果(1/2)

測定位置	TAG. No	錫 231.9 ℃			鉛 327.5 ℃			亜鉛 419.6 ℃		
		第1回	第2回	第3回	第1回	第2回	第3回	第1回	第2回	第3回
		誤差 [℃]			誤差 [℃]			誤差 [℃]		
A原子炉出口	TE31・1-2A	+3.2	+2.4	+3.3	+4.2	+4.0	+4.0	+5.1	+4.7	+5.1
"	" -3A	+3.6	+2.8	+3.0	+4.0	+3.0	+3.9	+4.8	+4.7	+4.8
"	" -4A	+3.2	+2.4	+3.9	+4.0	+3.9	+4.0	+5.1	+4.6	+5.2
B原子炉出口	" -2B	+2.9	+2.4	+2.9	+4.0	+3.3	+3.6	+5.1	+4.8	+4.6
"	" -3B	+2.9	+2.6	+2.9	+4.2	+3.7	+3.9	+5.3	+4.9	+5.0
"	" -4B	+3.8	+2.5	+2.9	+4.6	+3.2	+3.7	+5.6	+5.1	+4.5
A原子炉出口	" -5A(A)	+2.7	+3.0	+3.2	+3.2	+3.2	+3.6	+3.9	+5.1	+4.7
"	" -5A(B)	+2.7	+3.0	+3.2	+3.2	+3.2	+3.6	+3.9	+5.1	+4.8
B原子炉出口	" -5B(A)	+2.5	+3.2	+3.2	+3.6	+4.0	+4.2	+4.2	+5.1	+5.2
"	" -5B(B)	+2.6	+3.2	+3.2	+3.5	+4.1	+4.1	+4.1	+5.1	+5.2
A原子炉入口	" -9A	+3.2	+2.4	+3.2	+3.7	+1.3	+3.3	+4.8	+4.9	+4.6
"	" -10A	+2.5	+2.6	+3.4	+3.9	+1.5	+3.1	+5.6	+4.8	+4.4
"	" -11A	+3.0	+2.3	+3.2	+4.0	+1.1	+3.4	+5.5	+3.9	+4.2
B原子炉入口	" -9B	+2.3	+2.2	+3.5	+3.8	+1.2	+3.4	+5.3	+4.3	+4.2
"	" -10B	+3.1	+2.5	+3.5	+3.9	+1.3	+3.1	+5.6	+3.6	+3.9
"	" -11B	+3.2	+2.6	+3.3	+4.3	+2.1	+3.9	+5.8	+4.9	+4.8
A原子炉入口	" -8A(A)	+2.4	+2.6	+3.5	+3.8	+1.0	+3.7	+4.9	+4.8	+4.4
"	" -8A(B)	+2.3	+2.6	+3.5	+3.6	+1.1	+3.7	+4.7	+4.8	+4.4
B原子炉入口	" -8B(A)	+2.9	+2.4	+3.9	+3.6	+1.1	+3.8	+4.9	+3.1	+4.7
"	" -8B(B)	+2.9	+2.4	+3.8	+3.6	+1.1	+3.7	+4.9	+3.0	+4.5

注) 第1回は第1回定検時取外したT/Cを表わす。
第2回は第2回 "
第3回は第3回 "
(・いずれもエージング処理を実施していないもの。)

定検時に取外したT/Cの測定結果(2/2)

測定位置	TAG. No	錫 231.9℃		鉛 327.5℃		亜鉛 419.6℃	
		第4回	第5回	第4回	第5回	第4回	第5回
		誤差 [℃]		誤差 [℃]		誤差 [℃]	
A原子炉出口	TE31・1-2A	-1.1	-0.7	-0.7	-0.4	-1.1	+0.6
”	” -3A	-0.1	+1.0	-0.1	+0.7	+0.2	+0.6
”	” -4A	-0.3	-1.2	-0.5	+1.6	-0.3	+0.6
B原子炉出口	” -2B	-0.4	+1.5	+0.5	+1.0	-0.1	+0.2
”	” -3B	-0.2	-0.1	-0.5	+0.5	-0.8	-0.8
”	” -4B	-0.9	-0.6	-0.7	-0.2	-0.6	+0.5
A原子炉出口	” -5A(A)	-0.6	-0.9	-1.0	+0.5	-0.9	±0
”	” -5A(B)	-0.6	-1.1	-1.1	+0.6	-0.8	-0.3
B原子炉出口	” -5B(A)	-0.5	-0.7	-0.6	+1.2	-0.8	-1.6
”	” -5B(B)	-0.3	-0.7	-0.5	+1.0	-0.6	-1.7
A原子炉入口	” -9A	-0.5	+0.3	-1.0	+0.1	-0.1	-1.2
”	” -10A	+0.2	+1.2	-0.5	-1.0	-0.1	-1.6
”	” -11A	-0.1	-0.2	-1.2	-0.3	-0.3	-0.4
B原子炉入口	” -9B	-0.9	±0	-1.9	-0.9	-0.8	-0.9
”	” -10B	-0.5	+0.7	-1.9	-1.0	-0.7	-0.7
”	” -11B	-0.5	-0.1	-1.3	-0.8	-0.3	+0.3
A原子炉入口	” -8A(A)	-0.9	+0.8	-1.6	-2.3	+0.1	-1.6
”	” -8A(B)	-0.9	+0.7	-1.4	-2.5	+0.2	-1.7
B原子炉入口	” -8B(A)	±0	+1.3	-1.6	-1.0	-0.4	-2.1
”	” -8B(B)	+0.3	+1.4	-1.3	-1.2	-0.2	-2.5

注) 第4回は第4回定検時取外したT/Cを表わす。
 第5回は第5回 ”
 (・いずれもエージング処理を実施したもの。
 ・第4回定検時取外したT/Cは、今回第5回に再使用した。)

Table 5.16.2 定検時取付けたT/Cの測定結果

測定位置	TAG. No	錫 231.9 °C			鉛 327.5 °C			垂鉛 419.6 °C		
		第3回	第4回	第5回	第3回	第4回	第5回	第3回	第4回	第5回
		誤差 [°C]			誤差 [°C]			誤差 [°C]		
A原子炉出口	TE31・1-2A	+0.5	+1.4	-1.1	+0.1	+2.2	-0.7	-0.4	+2.5	-1.1
"	" -3A	±0	+2.0	-0.1	-0.5	+2.0	-0.1	-0.2	+2.5	+0.2
"	" -4A	±0	+2.0	-0.3	-0.6	+2.1	-0.5	-0.4	+2.6	-0.3
B原子炉出口	" -2B	+0.1	+1.7	-0.4	-0.6	+2.2	+0.5	-0.3	+2.5	-0.1
"	" -3B	-0.1	+1.9	-0.2	-0.6	+2.2	-0.5	-0.3	+2.6	-0.8
"	" -4B	±0	+2.2	-0.9	-0.6	+2.3	-0.7	-0.3	+2.6	-0.6
A原子炉出口	" -5A(A)	-0.2	+1.6	-0.6	-0.8	+1.2	-1.0	-0.5	+1.9	-0.9
"	" -5A(B)	-0.2	+1.6	-0.6	-0.8	+1.2	-1.1	-0.5	+1.9	-0.8
B原子炉出口	" -5B(A)	±0	+1.7	-0.5	-0.6	+1.1	-0.6	-0.4	+1.9	-0.8
"	" -5B(B)	±0	+1.6	-0.3	-0.4	+1.0	-0.5	-0.3	+1.7	-0.6
A原子炉入口	" -9A	+1.0	+1.8	-0.5	+0.9	+2.0	-1.0	+1.4	+2.0	-0.1
"	" -10A	+1.1	+1.8	+0.2	+0.9	+1.3	-0.5	+1.3	+2.8	-0.1
"	" -11A	+1.0	+1.4	-0.1	+0.8	+2.5	-1.2	+1.2	+2.8	-0.3
B原子炉入口	" -9B	-0.1	+2.0	-0.9	-0.5	+2.3	-1.9	-0.4	+1.7	-0.8
"	" -10B	±0	+1.8	-0.5	-0.6	+1.6	-1.9	+0.2	+2.5	-0.7
"	" -11B	+0.1	+1.1	-0.5	-0.6	+2.2	-1.3	-0.4	+2.5	-0.3
A原子炉入口	" -8A(A)	+0.8	+1.7	-0.9	+0.6	+1.3	-1.6	+0.8	+1.9	+0.1
"	" -8A(B)	+0.8	+1.6	-0.9	+0.7	+1.2	-1.4	+0.9	+1.8	+0.2
B原子炉入口	" -8B(A)	+0.1	+1.1	±0	-0.8	+1.2	-1.6	-0.5	+1.9	-0.4
"	" -8B(B)	+0.2	+1.1	+0.3	-0.6	+1.2	-1.3	-0.5	+1.8	-0.2

注) 第3回は第3回定検時取付けたT/Cを表わす。

第4回は第4回 "

第5回は第5回 "

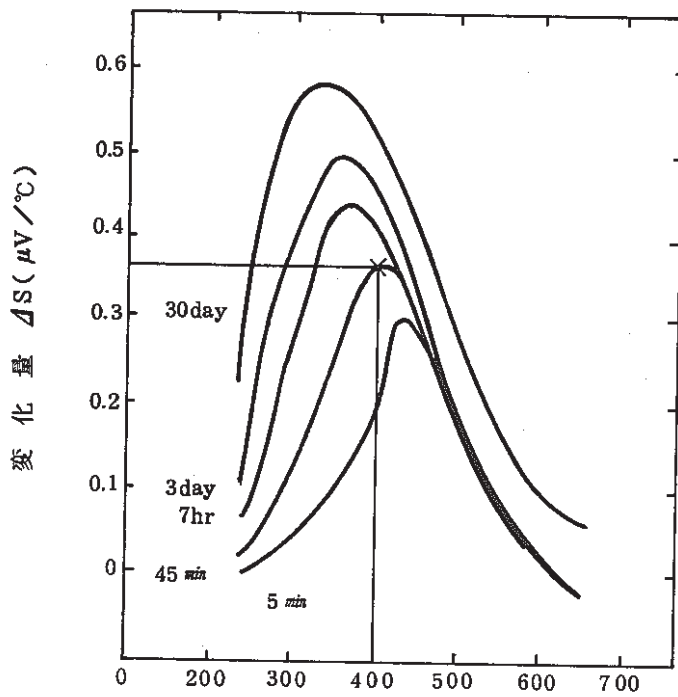
(・ T/Cのループへの取付け前の校正結果である。
 ・ 第5回取付け品は第3回取付け品(第4回取外し)を再使用した。)

Table 5.16.3 T/C放射化の推移

測定位置	TAG. No	第2回点検時 取外し品 (cpm)	第3回点検時 取外し品 (cpm)	第4回点検時 取外し品 (cpm)	第5回点検時 取外し品 (cpm)
A原子炉出口	TE31・1-2A	BG	BG	200	120
"	" -3A	BG	100	200	140
"	" -4A	BG	BG	200	120
B原子炉出口	" -2B	120	330	650	800
"	" -3B	130	350	600	900
"	" -4B	BG	350	700	850
A原子炉出口	" -5A(A)	BG	100	250	160
"	" -5A(B)	BG	100	250	160
B原子炉出口	" -5B(A)	130	300	700	800
"	" -5B(B)	130	300	700	800
A原子炉入口	" -9A	BG	300	500	700
"	" -10A	BG	250	500	600
"	" -11A	120	280	500	600
B原子炉入口	" -9B	180	600	1200	1650
"	" -10B	170	500	1100	1500
"	" -11B	150	580	1000	1550
A原子炉入口	" -8A(A)	BG	250	400	600
"	" -8A(B)	BG	250	400	600
B原子炉入口	" -8B(A)	100	580	1200	1800
"	" -8B(B)	100	580	1200	1800

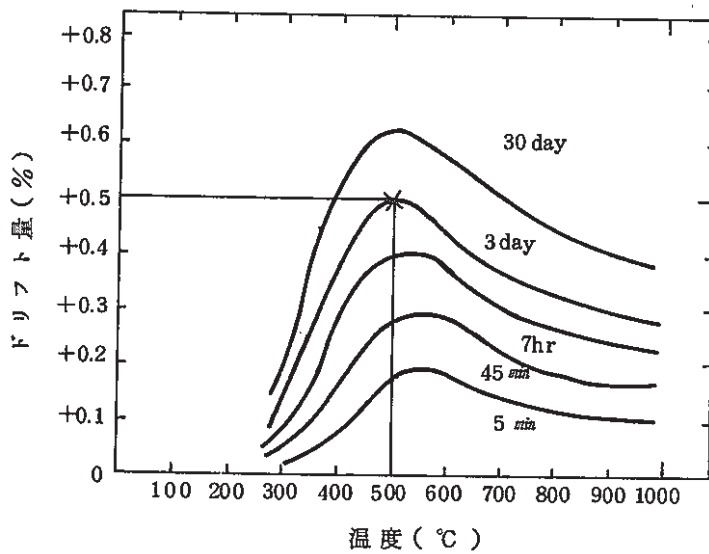
BGL : 70cpm

(5A、8Bには端子ビスに腐食が見られた。)



例
400°Cの温度で45
分間クロメルをおく
と熱電能が約0.36
μV/°C 増加する。

(a) 熱処理温度 (°C)
クロメルの熱電能変化



例
CA T/C を500°C
の温度で3日使用した
場合にドリフト量は
+0.5% (+2.5°C)
となる。

(b) CA T/C 短範囲規則化エラー

Fig 5.16.3 CA熱電対のドリフト量

5.17. 電気計装品の交換リスト

電気計装品の交換リストをTable 5.17.1～Table 5.17.6に示す。

Table 5.17.1 1次系計装品交換リスト

交 換 品 リ ス ト							1 / 4
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考	
打点式記録 計用切替SW ブラシ	新	大 倉	15R用 入力切替SW内 ブラシ	I 4 A 1 0 2 3 8 0 2	2 個	A - 5 0 4 (TR71-100A、B) 1次主冷却系予熱温度 (A)(B)記録計	
	旧	"	"	"			
チャート モーター	新	日 立 (日本サーボ)	V K P - 6 4 用	50Hz、110V、6 rpd	11 個	1次冷却計 { FR31・1-1A、B、 34・1-1、33-1 PR36・1-7、71-101 71-102 TR31・1-5B 32・1-1、33-1、 34・1-5 }	
	旧	"	"	"			
バランスング モーター	新	日 立 (日本サーボ)	"	110V、50Hz	14 個	1次冷却計 TRS83-25 { FR31・1-1A、B、 32・1-1、33-1 34・1-1、PR36・1-7 71-101、71-102 TR31・1-5A、B、 32・1-1、33-1、 34・1-5 }	
	旧	"	"	"			
インク チューブ	新	日 立	"	—	15 合分	1次冷却計 { " LRS33-1 }	
	旧	"	"	—			
スライド コンタクタ	新	2 "	"	—	15 合分	1次冷却計 { " }	
	旧	"	"	—			

交 換 品 リ ス ト

2 / 4

品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
指 示 計 指 示 機 構	新	日 立	VM86-SA	メーターパート	1 個	1次冷却計 A-712 (TIS31・1-10A) A-原子炉入口Na温度
	旧	"	"	"		
コンデンサ	新	日立(日本ケミコン)	VP81-A2	ケミカルコンデンサ全数	16 台分	A-504 予熱計 TS32・1-11、12、19、 21、35・1-4A、B、 6A、B、9A、B、 11A、B、14A、B、 16A、B
	旧	"	"	"		
主P制御装置 軽故障ターゲット	新	日 立	A-1	110V 150Hz	1 個	1次主P(B) A-403 整流器過熱用ターゲット
	旧	"	"	"		
高圧限流 ヒューズ	新	"	M-25A	3.3KV 250KVA	6 本	A-403 1次主P(A)(B) 570KVATr盤内
	旧	"	"	"		
Oil コンデンサ	新	日立(日立コンデンサ)	PG5GBT5A	5μF、1000VAC	12 個	A-403 1次主P(A)(B) サージアブリーバ盤内
	旧	"	NCBI-B20LVW	"		
電 流 計	新	日 立(桑野電気)	RM-83	0~30A(主P) 0~15A(PL)	3 個	1次計EMF電源部用 (・主冷却計(A)(B)) (・PL計)
	旧	"	"	"		
コンデンサ	新	日立コンデンサ 日本ケミカル	KX100T-100、200T-10 63T-10、63T-22、63T-220 HCG2B2A103Y、CE62B2A331X		46 個	1次計EMF電源部用 (・主冷却計(A)(B)) (・PL計)
	旧	"	—			

交換品リスト

3/4

品名		メーカー	型式	仕様	数量	備考
アイソレータ	新	日立	X-EIR-1形用	—	1台	ダンプタンク(B)高域 Naレベル計変換器 A-504
	旧	"	"	—		
指示計カバー	新	"	X-EIR-1形用	前面調整式 LR43型 アクリル製	1個	オーパフローコラム(B) 変換器用 A-504
	旧	"	"	"		
記録計	新	"	VKP65	2ペン式 1~5V 110V、50Hz	1台	炉容器Naレベル記録計 A-712(#424) LR31-1-1
	旧	"	VKP64	1ペン式 "		
変換器	新	"	EIR-3形(特殊形)	110V、50Hz、校正点付 直線性、温度補償付	1台	炉容器Naレベル計No.2用 A-712 LX31・1-2
	旧	"	X-EIR-1形	110V、50Hz 温度補償付		
コンデンサ	新	日立(日本ケミコン)	VC-33FG ETR-33(T)(V)用	—	52個	自動PL計 A-712、A-208 変換器用
	旧	"	"	—		
"	新	"	VKP65-4P、VA- -33、VA-33MV用	—	78個	自動PL計 A-712 記録計、警報計
	旧	"	"	—		

交 換 品 リ ス ト

4 / 4

品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
ポテンショ メーター	新	日 立 (栄通信)	SMB10-30B6 TICS用	30φ 0~500℃	3 個	予熱系ヒーターコントロー ラ用温度設定ダイヤル A-504
	旧	〃	〃	〃		
基 板	新	〃	TICS用	mV/V基板、比較器	4 台分	予熱系ヒーターコントロー ラ用
	旧	〃	〃	〃		
LEDランプ	新	日 立 (岡谷電機)	BD-301RR	—	4 個	〃
	旧	〃	〃	—		
	新					
	旧					
	新					
	旧					
	新					
	旧					
	新					
	旧					

Table 5.17.2 2次系計装品交換リスト(プロセス計装1/4)

名 称	Tag No.	型式(メーカー)	仕 様	員数	備 考
流量変換器	FX 31.2-1A-D	T672A0880 (島津製作所)	0 ~ 6 mV / 4 ~ 20mA	1	
"	" -1B-D	"	"	1	
"	" -1A-E	"	"	1	
"	" -1B-E	"	"	1	
"	" -1A-F	"	"	1	
"	" -1B-F	"	"	1	
アイソレータ	FISOL31.2-1A-D	M658A0880	4 ~ 20mA / 4 ~ 20mA	1	
"	" -1B-D	"	"	1	
"	" -1A-E	"	"	1	
"	" -1B-E	"	"	1	
"	" -1A-F	"	"	1	
"	" -1B-F	"	"	1	
警報設定器	FA31.2-1A-D	M670A2114	4 ~ 20mA / ON - OFF	1	
"	" -1B-D	"	"	1	
"	" -1A-E	"	"	1	
"	" -1B-E	"	"	1	
"	" -1A-F	"	"	1	
"	" -1B-F	"	"	1	
R / I 変換器	POX31.2-5A-1	M656A0980	2.6 ~ 157 Ω / 4 ~ 20mA	1	
"	" -5B-1	"	7.9 ~ 160.5 Ω / 4 ~ 20mA	1	
"	" -5A-2	"	9.6 ~ 160.3 Ω / 4 ~ 20mA	1	
"	" -5B-2	"	4.6 ~ 160.5 Ω / 4 ~ 20mA	1	
"	" -6A-1	"	4.8 ~ 157.0 Ω / 4 ~ 20mA	1	
"	" -6B-1	"	1.6 ~ 157.5 Ω / 4 ~ 20mA	1	

名 称	Tag No.	型式 (メーカ)	仕 様	員数	備 考
R / I 変換器	POX31.2-6A-2	M656A0980 (島津製作所)	2.0~155.9Ω / 4~20mA	1	
"	" -6B-2	"	5.1~158.3Ω / 4~20mA	1	
警報設定器	TA31.2-2A-1	M670A2125	4~20mA / ON-OFF	1	
"	" -2A-2	"	"	1	
"	" -2B-1	"	"	1	
"	" -2B-2	"	"	1	
手動設定器	FS31.2-1	M655A0091X	— / 0~10mV	1	
流量変換器	FX31.2-1A-1	T672A0880	0~6 mV / 4~20mA	1	
アイソレータ	FISOL31.2-1A-1	M658A0880	4~20mA / 4~20mA	1	
警報設定器	FA31.2-1A-1	M670A2123	4~20mA / ON-OFF	2	
	FA31.2-1B-1				
流量変換器	FX31.2-1B-1	T672A0880	0~6 mV / 4~20mA	1	
アイソレータ	FISOL31.2-1B-1	M658A0880	4~20mA / 4~20mA	1	
流量変換器	FX31.2-1A-2	T672A0880	0~6 mV / 4~20mA	1	
"	" -1B-2	"	"	1	
アイソレータ	FISOL31.2-1A-2	M658A0880	4~20mA / 4~20mA	1	
"	" -1B-2	"	"	1	
温度変換器	TX31.2-1A	T672A1681	0~24.9mV / 4~20mA (0~600℃)	1	
"	" -1B	"	"	1	
"	" -3A	"	"	1	
"	" -3B	"	"	1	
"	" -6A	T672A1682	"	1	
"	" -6B	"	"	1	
警報設定器	TA31.2-6A	M670A2825	4~20mA / ON-OFF	1	
"	" -6B	"	"	1	

名 称	Tag No.	型式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
温度変換器	TX31.2-9A	T672A1581 (島津製作所)	0~10.78mV/4~20mA (0~200℃)	1	
"	" -9B	"	"	1	
警報設定器	TA31.2-9A	M670A2821	4~20mA/ON-OFF	2	
	TA31.2-9B				
"	FA32.2-1	M670A2814	"	1	
"	TA32.2-2	M670A2825	"	1	
温度変換器	TX32.2-1	T672A1681	0~24.9mV/4~20mA (0~600℃)	1	
"	" -2	"	"	1	
R/I変換器	PDX32.2-3	M656A0980	30.3~143.3Ω / 4~20mA	1	
"	" -1	M656A0980	1500~2560Ω / 4~20mA	1	
流量変換器	FX32.2-1	T672A0880	0~14.0mV/4~20mA	1	
アイソレータ	FISOL32.2-1	M658A0880	4~20mA/4~20mA	1	
定電流発生器	TES32.2-2	M655A0091	— / 0~20mA	1	
警報設定器	LA35.2-1	M670A2825	4~20mA/ON-OFF	1	
流量変換器	FX34.2-1-1	T672A0880	0~18.58mV/4~20mA	1	
アイソレータ	FISOL34.2-1-1	M658A0880	4~20mA/4~20mA	1	
警報設定器	FA34.2-1-1	M670A2825	4~20mA/ON-OFF	1	
偏差警報器	FVA34.2-1	M670A2831X	"	1	
流量変換器	FX34.2-1-2	T672A0880	0~9.46mV/4~20mA	1	
アイソレータ	FISOL34.2-1-2	M658A0880	4~20mA/4~20mA	1	
警報設定器	FA34.2-1-2	M670A2826	4~20mA/ON-OFF	1	
温度変換器	TX34.2-1	T672A1681	0~16.395mV/4~20mA (0~400℃)	1	
警報設定器	TA34.2-1	M670A2825	4~20mA/ON-OFF	1	
温度変換器	TX34.2-2	T672A1682	0~24.9mV/4~20mA (0~600℃)	1	
警報設定器	TA34.2-2	M670A2826	4~20mA/ON-OFF	1	

(電磁流量計励磁電源装置)

名 称	Tag No.	型式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
電解 コンデンサ	—	—	50V 47000 μ F	4	員数はA、 Bループ の合計
"	—	—	60V 10000 μ F	2	"
"	—	—	50V 100 μ F	2	"
"	—	—	25V 220 μ F	6	"
"	—	—	50V 2.2 μ F	2	"
"	—	—	160V 2.2 μ F	4	"
"	—	—	50V 220 μ F	2	
冷却 ファンモータ	—	CT. 3B60. D	A C 200V	6	"

(2 次系煙式 N a L / D 設備 (2 次主冷却系 ・ 2 次補助冷却系))

名 称	Tag No.	型式 (メーカー)	仕 様	員数	備 考
抵 抗			1 M Ω 2 W	8	
"			50 Ω 20 W	1	
"			6.8 K Ω 10 W	1	
電解 コンデンサ		マルコン電子製	330 μ F 400 V	8	
"		"	10 μ F 25 V	80	
"		"	8 μ F 1600 V	20	
"		"	100 μ F 16 V	10	
"		"	330 μ F 16 V	10	
"		"	47 μ F 16 V	10	
ダイオード		三菱電機製	S R I G 1 6	26	
オペアンプ		アナログデバイス社製	A D 5 0 6 J H	1	

Table 5.17.3 電源設備計装品交換リスト

3 Gr (1/8)

交 換 品 リ ス ト						
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
タ イ マ	新	富 士	SSC1PF	DC110V 0.1~1.0sec	1	252S1T 1CM/C 「2C P/C」
	旧	〃	〃	〃		
〃	新	立石電機	D M T	DC110V 0~10sec	〃	252C2T 2CP/C 原子炉付属建家 2C-1 C/C
	旧	〃	〃	〃 0~6 min		
〃	新	〃	〃	〃 〃	〃	252C3T 2CP/C 原子炉付属建家 2C-2 C/C
	旧	〃	〃	〃 〃		
〃	新	〃	〃	〃 0~10sec	〃	252C4T 2CP/C 4 C 電源
	旧	〃	〃	〃 0~6 min		
〃	新	〃	〃	〃 0~60sec	〃	252C5T 2CP/C A コンクリート冷却ブロワ
	旧	〃	〃	〃 0~6 min		
〃	新	〃	〃	〃 0~10sec	〃	252C6T 2CP/C 原子炉建家 2C C/C
	旧	〃	〃	〃 0~6 min		
〃	新	〃	〃	〃 〃	〃	252C7T 2CP/C 7 C 整流装置
	旧	〃	〃	〃 〃		
〃	新	〃	〃	〃 0~30sec	〃	252C8T 2CP/C 2次補助 2S C/C
	旧	〃	〃	〃 0~6 min		

交換品リスト						
品名		メーカー	型式	仕様	数量	備考
タイマ	新	立石電機	DMT	DC110V 0~6min	1	252C10T 2C P/C I R A F
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" 0~10sec	"	252C12T 2C P/C 主冷却機建家 2C C/C
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	252C13T 2C P/C 5C 整流装置
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" 0~30sec	"	252S1T 2S P/C 原子炉付属建家 2S C/C
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	252S2T 2S P/C メンテナンス建家 2S C/C
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	252S3T 2S P/C S F F 建家非常系、 消化ポンプ電源
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	252S4T 2S P/C 原子炉建家 2S-1 C/C
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	252S5T 2S P/C 原子炉建家 2S-2 C/C
	旧	"	"	" "		

交換品リスト						
品名		メーカー	型式	仕様	数量	備考
タイマ	新	立石電機	DMT	DC110V 0~30sec	1	252S6T 2S P/C 非常系照明電源
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" 0~10sec	"	252D2T 2D P/C 原子炉付属建家 2D-1 C/C
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	252D3T 2D P/C 原子炉付属建家 2D-2 C/C
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" 0~10sec	"	252D4T 2D P/C 4D電源
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" 0~60sec	"	252D5T 2D P/C Bコンクリート冷却ブロワ
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	252D6T 2D P/C 原子炉建家 2D C/C
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	252D7T 2D P/C 7D整流装置
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" 0~30sec	"	252D8T 2D P/C 2次補助 2S C/C
	旧	"	"	" 0~6min		

交換品リスト						
品名		メーカー	型式	仕様	数量	備考
タイマ	新	立石電機	DMT	DC110V 0~10sec	1	252D12T 2D P/C 主冷却建家 2D C/C
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	252D13T 2D P/C 5D整流装置
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" 0~60sec	"	252D10T 2D P/C 補助電源設備
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" 0~30sec	"	352C2T 3C P/C 1次補助電磁ポンプ
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	352C4T 3C P/C 計算機 3C 電源
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" 0~30sec	"	352C6T 3C P/C 主冷却建家 3C C/C
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" 0~30sec	"	352D2T 3D P/C 1次補助電磁ポンプ
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	352D4T 3D P/C 計算機 3D 電源
	旧	"	"	" "		

交 換 品 リ ス ト						
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
タ イ マ	新	立石電機	D M T	DC110V 0~30sec	1	352D6T 3D P/C 主冷却機建家 3D C/C
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" 0~10sec	"	352S1T 3S P/C 原子炉付属建家 3S C/C
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	352S2T 3S P/C オーバーフロ電磁ポンプ
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" 0~30sec	"	352S3T 3S P/C ダストモニタ分電盤
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" 0~30sec	"	352S4T 3S P/C 原子炉建家 3S C/C
	旧	"	"	" 0~6min		
"	新	"	"	" "	"	352S5T 3S P/C 1次Na純化系電磁ポンプ
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	852C2T 1HC P/C 1次予熱ヒータ接触器(1)
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	852C3T 1HC P/C 1次予熱ヒータ接触器(2)
	旧	"	"	" "		

交 換 品 リ ス ト						
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
タ イ マ	新	立石電機	D M T	DC110V 0～6min	1	852C4T 1HC P/C 1次予熱ヒータ接触器(6)
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	852C6T 1HC P/C 2次補助予熱ヒータ接触器
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	852D2T 1HD P/C 1次予熱ヒータ接触器(3)
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	852D3T 1HD P/C 1次予熱ヒータ接触器(4)
	旧	"	"	" "		
"	新	"	"	" "	"	852D4T 1HD P/C 1次予熱ヒータ接触器(5)
	旧	"	"	" "		
遮 断 器	新	富 士	RFC913Ⅲ / 1000Mf-L1	ACBコンタクトスプリング	90 (15×6)	2A P/C (4)、1HC P/C (5) 3C P/C (4)、予備(1) 2HC P/C (1)
	旧	"	"	"		
"	新	"	RFC913Ⅲ / 2000Mf-L1	"	156 (26×6)	3A P/C (6)、3C P/C (1) 2C P/C (1)、2S P/C (6) 予備(1)、一般系照明(1)
	旧	"	"	"		
"	新	"	RFC913Ⅲ / 4000Mf-L1	"	18 (3×6)	3A P/C (1)、2C P/C (1) 予備(1)
	旧	"	"	"		

交 換 品 リ ス ト						
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
遮 断 器	新	富 士	10M / 600-250 / 6Mf	TCBコンタクトスプリング	96 (16×6)	1C M/C (8)、1A M/C (8)
	旧	"	"	"		
"	新	"	10M / 1200-250 / 6Mf	"	24 (4×6)	1C M/C (2)、1A M/C (2)
	旧	"	"	"		
"	新	"	10M / 2000-350 / 6Mf	"	6	1A M/C (2)
	旧	"	"	"		
"	新	"	RFC913 III / 1000Mf-L1	ACBモーターブラシ	32 (16×2)	2A P/C (4)、1HC P/C (5) 3C P/C (4)、予備(1) 2HC P/C (1)
	旧	"	"	"		
"	新	"	RFC913 III / 2000Mf-L1	"	52 (26×2)	3A P/C (6)、3C P/C (1) 2C P/C (1)、2S P/C (6) 予備(1)、一般系照明(1)
	旧	"	"	"		
"	新	"	RFC913 III / 4000Mf-L1	"	6 (3×2)	3A P/C (1)、2C P/C (1) 予備(1)
	旧	"	"	"		
"	新	"	10M / 600-250 / 6Mf	TCBモーターブラシ	32 (16×2)	1C M/C (8)、1A M/C (8)
	旧	"	"	"		
"	新	"	10M / 1200-250 / 6Mf	"	8 (4×2)	1C M/C (2)、1A M/C (2)
	旧	"	"	"		

交 換 品 リ ス ト						
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
遮 断 器	新	富 士	10M/2000-350/6Mf	TCBモーターブラシ	2	1A M/C (1)
	旧	"	"	"		
リ レ ー	新	"	HH23PW	DC24V (3a、3b)	3	19X、4R1、4R2 6 C インバータ
	旧	"	"	"		
タ イ マ	新	"	ATS2PAF	DC24V 0.5~5.0sec	1	1T 6 C インバータ
	旧	"	"	"		
リ レ ー	新	"	HH23PW	DC24V (3a、3b)	3	1X、19X、4R1 6 D インバータ
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	AC110V (3a、3b)	1	84 6 D インバータ
	旧	"	"	"		

Table 5.17.4 燃料破損検出設備計装品交換リスト

3Gr(1/4)

交 換 品 リ ス ト						
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
ロータリー スイッチ	新	立石電機	A7AS	DC5V (00~99)	1	ソークタイム FFD-CG法プレシピテータコ ンソール
	旧	"	"	"		
電源ユニット	新	CLEAR RADIO CO.,	HPS-3.5P-500X	DC20V (3~4KV)	1	高圧電源ユニット FFD-DN法(BF ₃)
	旧	"	"	" (3.5KV)		
コンデンサ	新	マルコン電子	——	1000 μ F (63V)	8	FFD-DN法(BF ₃ , B ¹⁰) 対数計数率計
	旧	"	——	"		
"	新	"	——	10 μ F (50V)	44	BF ₃ , B ¹⁰ 電荷形前置増幅器
	旧	"	"	10 μ F (35V)		
"	新	"	"	10 μ F (50V)	2	"
	旧	"	"	1 μ F (35V)		
"	新	"	"	22 μ F (35V)	8	BF ₃ , B ¹⁰ パルス波高弁別器
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	33 μ F (25V)	4	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	1 μ F (35V)	2	BF ₃ , B ¹⁰ 対数変換器
	旧	"	"	"		

交換品リスト						
品名		メーカー	型式	仕様	数量	備考
コンデンサ	新	マルコン電子	"	0.1 μ F (35V)	2	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	600 μ F (15V)	2	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	60 μ F (50V)	2	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	————	10 μ F (35V)	4	BF ₃ 、B ¹⁰ 直流増幅器
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	15 μ F (35V)	2	BF ₃ 、B ¹⁰ 校正信号回路
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	100 μ F (50V)	4	BF ₃ 、B ¹⁰ 15V電源
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	100 μ F (25V)	4	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	1 μ F (16V)	4	"
	旧	"	"	"		

交換品リスト						
品名		メーカー	型式	仕様	数量	備考
コンデンサ	新	マルコン電子	"	470 μ F (160V)	2	B ¹⁰ " 20V電源
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	3900 μ F (40V、DC)	1	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	68 μ F (40V、DC)	1	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	—	22 μ F (25V)	4	B ¹⁰ 高圧電源
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	10 μ F (25V)	2	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	10 μ F (50V)	1	"
	旧	"	"	"		
半固定抵抗器	新	—	—	500 Ω	4	BF ₃ 、B ¹⁰ パルス波高弁別器
	旧	"	"	"		
"	新	"	"	50K Ω	8	BF ₃ 、B ¹⁰ 警報設定器
	旧	"	"	"		

交 換 品 リ ス ト						
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
コネクタ-	新	日本航空電子	HV3106E	————	8	BF ₃ 、B ¹⁰ 対数計数率計(2) 電荷形前置増幅器(6)
	旧	"	"	"		
"	新	"	HV3102	"	8	"
	旧	"	"	"		
"	新	"	MRF-PI-PP-59U	"	2	BF ₃ 、B ¹⁰ 対数計数率計(1) 電荷形前置増幅器(1)
	旧	"	"	"		
"	新	"	CA3106E18-8F-K510	————	2	BF ₃ 、B ¹⁰ 対数計数率計
	旧	"	"	"		

Table 5.17.5 原子炉制御設備計装品交換リスト

交 換 品 リ ス ト						
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
ポテンション メータ	新	コパル電子	J-50S	1K Ω (1.5W)	12	原子炉制御盤(#423) 位置指示計 「長針(6個) 出力 — 短針(6個)
	旧	”	”	”		
指 示 計	新	東 芝	SF8-V	DC1~5V \pm 450kg	2	原子炉制御盤(#423) WI12-1、WI12-2 荷重指示計
	旧	”	”	DC \pm 1.5V ”		

Table 5.17.6 格納容器雰囲気調整系計装品交換リスト

交 換 品 リ ス ト						1 / 6
品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
記録指示計	旧	山 式	NBX10-X-421	AC100V 50Hz in 4~20mA	1	中制(422) 回転プラグ給気圧力指示記録計 (PdRI84-203)
	新	"	"	"		
"	旧	"	NBX30-X-421	"	1	中制(422) 床下圧力指示記録警報計 (PdRIA84-202)
	新	"	"	"		
"	旧	"	NBL12-X-421	"	3	床上圧力指示記録警報計 予熱N ₂ 、A、B温度指示記録警報調節計 中制(422) (PdRICA84-101 TRICA84-301、302)
	新	"	NBL13-X-421	"		
"	旧	"	NBL22-X-421	"	1	中制(422) 遮コン圧力指示記録警報調節計 (PdRICA84-301)
	新	"	"	"		
指示計	旧	"	NBW82-X-X	"	2	中制(422) 格納容器真空圧力指示警報計 PdISA81-234、235
	新	"	"	"		
"	旧	"	NBL02-X-4	"	2	アニュラス部圧力指示警報調節計 中制(422) 床下圧力指示調節計 (PdICA84-501 PdIC84-201)
	新	"	NBL03-X-4	"		
記録計	旧	Y E W	ERB-12	AC110V 50Hz	3	R-601 コンクリート遮蔽体温度記録計 TR-1、2、3 (60.2.交換)
	新	"	4008	"	2	

交 換 品 リ ス ト

2 / 6

品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
A i r 電 磁 弁	旧	日本アスコ	HT8344A74	AC110V 50Hz (1/2 B)	10	予熱N ₂ 系A、B給還気弁 V84-120、520、125、 525、121、523 バックアップモード弁 V84-105、106 二次主配管室B給還気弁 V84-198、199
	新	"	"	"		
"	旧	日本精器	BN764	AC110V 50Hz (10A)	3	冷媒ポンプ(A、B、C) 吐出弁 V84-163、171、176
	新	"	"	"		
"	旧	小金井	250E1	AC110V 50Hz (1/4 B)	1	床下排気隔離弁 V84-93
	新	"	"	"		
A i r シリンダ	旧	焼結金属	CVPL100-150-1	電磁弁付シリンダ	4	二冷主配管室A、B給還気 ダンパ DP84-54、55、61、62
	新	甲南電気	MP66S2-B-N-LBX100-150-12L	"		
コ ン ト ロ ー ル モ ー タ	旧	山 武	M940B	AC120V 50Hz	1	予熱N ₂ 系A還気風量調整 ダンパ DP84-47
	新	"	"	"		
オ イ ラ (ルブリ ケータ)	旧	日本精器	BN-2350	15A	10	予熱N ₂ 系A、B給還気弁 バックアップモード弁 V84-105~108、120、125 121、123、127、128 (金属キャップ)
	新	"	BN-2301	"		
リミット スイッチ	旧	立石電気	ZE-NA2-2	AC100V 50Hz	4	遮コン冷却器冷却水給水弁 予熱N ₂ 系A還気弁 V84-129、525
	新	"	"	"		

交換品リスト

3 / 6

品名		メーカー	型式	仕様	数量	備考
スピード コントローラ	旧	焼結金属	AS4000-04	1/2	1	予熱N ₂ 系A還気弁 V84-525
	新	"	"	"		
フレオン 冷凍機 蒸発圧力 スイッチ	旧	ダンホッス	RT1A	圧力スイッチ -60cmHg~5kg/cm ² 1C接点	4	フレオン冷凍機A、B 蒸発圧力 LPS-1、2 凝縮圧力 HPS-1、2
	新	長野計器	KH61-233	圧力発信器 -76cmHg~3kg/cm ² (4~20mA)	2	
フレオン 冷凍機 凝縮圧力 スイッチ	旧	鷺宮	SNS-C103	圧力スイッチ 0~2kg/cm ² 1C接点	4	"
	新	長野計器	KH61-233	圧力発信器 -76cmHg~3kg/cm ² (4~20mA)	2	
フレオン冷凍機 警報設定器	新	山武	NAX144	モタスイッチ AC100V 50Hz in 4~20mA out 2接点	4	"
フレオン冷凍機 電源ユニット	新	エムシステム	DS-42	デストリビュータ AC100V 50Hz out DC24V	4	
P/R変換器	旧	緑測器	PP16-F	76cmHg~0kg/cm ² (1KΩ)	2	フレオン冷凍機A、B (P/R)
	新	"	"	"		
レベル スイッチ	旧	桜測器	CS-1000	1C接点	1	フレオン冷凍機A (LS)
	新	"	CS-1102W	"		
フロー スイッチ	旧	マクドネル	FS4-3E	1C接点	2	フレオン冷凍機A、B (FS)
	新	"	FS4-3J	"		

交 換 品 リ ス ト

4 / 6

品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
温度スイッチ	旧	鷺 宮	TNS-C1100Q	1C接点	2	潤滑油温度上昇(トリップ用) フロン冷凍機A、B (OTS-1)
	新	"	"	"		
"	旧	"	TNS-C1070Q	1C接点 45~75℃	1	潤滑油温度調整用 フロン冷凍機B (OTS-2)
	新	"	"	" "		
差圧スイッチ	旧	"	WPS-L201Q	1C接点 0.15~1.0kg/cm ²	4	潤滑油圧力低下(トリップ用) フロン冷凍機A、B (OPS-1、2)
	新	"	"	"		
圧 力 計	旧	ミギシタ精器	B形U株3/8 75φ	0~15kg/cm ²	13	予熱N ₂ 系A、B給気還気弁、バックアップモード弁 V84-105~108、121、125 520、521、523、127、 128、126
	新	"	"	"		
"	旧	長野計器	D形U株3/8 150φ	0~6kg/cm ²	1	N ₂ 再循環冷却器(B) P ₁
	新	"	"	"		
"	旧	"	A形U株3/8 75φ	-76cmHg~1kg/cm ²	1	" P6B
	新	"	"	"		
"	旧	"	D形U株3/8 75φ	-76cmHg~2kg/cm ²	1	フロン冷凍機B 蒸発圧力計
	新	"	"	"		
"	新	"	"	"	4	フロン冷凍機A、B 保安装置盤新設 蒸発、凝縮圧力計

交 換 品 リ ス ト

5 / 6

品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
グローブ弁	旧	森川産業	RGF50C2	50A	2	床下再循環空調機冷媒入口弁 V84-70、79
	新	千曲技研	R50GF	50A		
電 磁 弁	旧	R・S CO (USA)	S5F	50A	2	床下再循環空調機冷媒入口 電磁弁 V84-71、81
	新	鷺 宮	REV-5020BXP	2 1/2 OD (50A)		
バタフライ弁	旧	B F 工業	AA-A (AT-50)	65φ	1	冷媒ポンプ(C)出口弁 V84-176
	新	"	AEZ-AT (AT4-50)	"		
"	旧	"		530φ	2	床上給気ファン入口ダンパ DP84-1、3
	新	エスケー工業	V D	"		
電 磁 弁	旧	油研工業	DSG-03-2B3-A100-40	AC100V 50Hz	6	オートグリスタ B (遮コン、ペデ B)
	新	"	DSG-03-2B3-A100-41	"		
エアフィルタ	旧	焼結金属	AF400	15A	1	真空破壊弁 V81-205
	新	日本精器	BN-2700	15A		
補助リレー	旧	富士電気	SRC50-2F	3a、3b接点 コイルAC110V 50Hz	2	遮コンプロワ A、B C/C盤 (52SX)
	新	"	SRC3631-5-1	3a、2b接点 コイルAC110V 50Hz		
"	旧	富士電気	SRC3631-5-1	"	1	2C-1 C/C盤 (非常ガス処理装置 A) 投入ヒータ用(88X)
	新	"	SRC3631-5-1	"		

交 換 品 リ ス ト

6 / 6

品 名		メ ー カ	型 式	仕 様	数 量	備 考
補 助 リ レ ー	旧	立石電気	MK-3P	3c接点 コイルAC110V 50Hz	21	2C-1 C/C盤、2D-1 C/C盤 (88X、88X1)
	新	"	"	"		
タ イ マ	旧	"	SYS-C	AC100V 50Hz セット0.5~24H	4	オートグリスタ A、B ・ポンプ作動用 ・電磁弁作動用
	新	"	H3CA-A	AC100V 50Hz セット0.1sec→9990hr		
電 流 計	旧	東洋計器	ACP-10	0~500(A) 2倍延長メモリ in 0~5(A)	3	遮コンプロワ A、B 現場操 作盤 遮コンプロワ A C/C盤
	新	"	"	"		
電 磁 弁	旧	日本マスコ	HT834474	AC100V 50Hz (1/2 B)	3	バックアップモード弁 V84-108、127、128
	新	"	HT8344A74	"		
"	旧	"	HT834474	"	1	バックアップモード弁 V84-107
	新	"	HTX8344A75V	"		
"	旧	"	HT8344A74	"	2	予熱N ₂ 系B給還気弁 V84-521、123
	新	"	HTX8344A75V	"		

6. 今後の保守計画

6.1 固体廃棄物処理計画

6.1.1 はじめに

メンテナンス建家内の固体廃棄物一時貯蔵庫（以下貯蔵プールと略す）は、「常陽」から廃棄物として払出される長尺寸物（以下長尺物と略す）を廃棄処分するまで、一時的に貯蔵するため設けられている。

貯蔵プールの貯蔵能力は29体である。これに対して貯蔵済長尺物は20体となっている。一方、長尺物の交換計画によれば、6回定検（昭和61年）に3体、7回定検（昭和62年）に4体、8回定検（昭和63年）に4体の貯蔵が必要とされ、その結果長尺物の総数は31体となり、このままでは8回定検で払出される2体が貯蔵不可能となる。

そこで、プール内の貯蔵物を廃棄処分するため、その処理計画を立案するとともに、それに必要な水中カッタ設備の点検整備と模擬体の切断処理試験を実施した。

本項は、これらについてまとめたものである。

6.1.2 設備の概要

水中カッタ設備は、貯蔵プール、水中カッタ本体、2種類の移送台車、水中移送機、水中監視装置、移送カスクおよび監視運転を行う制御盤で構成されている。

「常陽」から払出される長尺物のうち、一次系Naが付着しているものは、別設備のNa洗浄装置にて洗浄し、他のものは洗浄せずに、そのまま各々の専用カスクを用いて貯蔵プールに一時貯蔵される。貯蔵後、時期をみて、これら貯蔵物は水中カッタ設備で切断され、廃棄処分される。

6.1.3 貯蔵量と廃棄処理

(1) 第5回定検終了時における貯蔵量とそれ以後の第8回定検終了時までの貯蔵量は、長尺物交換計画からまとめると次のとおりになる。

定検No. 貯蔵物名	第5回	第6回	第7回	第8回
制御棒上部案内管	4	4	4	4
		(3)	(2)	(1)
制御棒下部案内管	3	4	6	8
		(3)	(4)	(5)
Na液面計ウェル	1	1	1	1
		(1)	(1)	(1)
処理不可物	12	14	16	18
		(14)	(16)	(18)
長尺物総数	20	23	27	31
		(21)	(23)	(25)

注；（ ）内は切断処理した場合の貯蔵量である。

- (2) 6.1.1項で述べた如く、貯蔵プールの貯蔵能力は29体である。これに対し上記表に示した如く、計画貯蔵量が増加し、第7回定検終了時にプールの貯蔵能力が限界に近づき、貯蔵数は27体になる。そして、第8回定検時には4体中2体の貯蔵が出来なくなる。
- (3) そこで、貯蔵されている長尺物を水中カッタで切断し、廃棄処理することになるが、水中カッタで切断可能な長尺物は制御棒上部案内管、下部案内管とNa液面計ウェルのみであり、中性子検出器、グミープラグおよびINTA保持装置等は現在の水中カッタでは構造上切断できない。従って、水中カッタによる切断は、制御棒上部、下部案内管とNa液面計ウェルのみについて廃棄処理を計画することにした。

6.1.4 切断処理日数と経費

(1) 切断処理日数

水中カッタ設備による長尺物の切断処理は、次表に示す大略8工程からなる。この表の作業内容①～④の時間については、本年度実施した模擬体切断試験結果より、また、⑤～⑦については各方面で実施した同類の作業を参考に作成したものであり経験上大きな誤差とはならないと考えた。

作業内容	1 日 目			2 日 目			3 日 目		
	9:00	12:00	17:00	9:00	12:00	17:00	9:00	12:00	17:00
① 運転準備	2Hr								
② 廃棄物収納缶の水中セット	1Hr								
③ 切断処理物の移動	2Hr								
④ 切断処理および水中移送台車の移動	2Hr								
⑤ キャスクのプール内セットおよび廃棄物収納缶の引上げ				4Hr					
⑥ キャスクの引上げ、および輸送準備				3Hr					
⑦ キャスクの運搬、および収納缶の廃棄処分							6Hr		

(2) 長尺物を水中カッタで切断する最長寸法は300mmであり、これは原研処理場の受入れ缶寸法および移送キャスクの許容線量等から決定されたものである。一方、制御棒下部案内管は2785mm、上部案内管は6824mmであり、廃棄処理に要する日数は、(1)で述べた如く、1切断工程で3日を要し、切断物の長さから各々次の日数であることがわかった。

- 1) 制御棒上部案内管 ; 3.2箇月(実働69日)、23缶
- 2) 制御棒下部案内管 ; 1.4箇月(実働30日)、10缶
- 3) Na液面計ウェル ; 1.5箇月(実働33日)、11缶

また、本作業で使用されるいくつかの設備、機器を含めたメンテナンスを考慮すれば年間2体の切断が妥当である。このことから先に述べた貯蔵プールの実質貯蔵量は、6.1.3項の()内数値になり、切断処理しても1回の定検分しか延長できないことが解った。そこで、処理を第6回定検後(昭和62年)から開始し第10回定検開始時まで年2体の切断処理を行った場合、貯蔵スペースがどうなるか検討した。この結果、毎年2体の切断では第10回定検中に貯蔵量が29体となり限界に達することが解った。そこで緊急時を考慮して1体分の予裕をとれば、第9回定検時に3体の切断処理をしなければならないことになる。この検討結果のまとめをFig 6.1.1に示す。

(3) 切断処理経費

切断処理に要する経費は、人件費、運搬費、収納缶製作費等であり、類似作業の実績を参考に算出した結果、各々の経費は大略次の通りである。この費用のうち人件費と運

搬費はほぼ同額であり、全経費の8割を占める。

- 1) 制御棒上部案内管 ; 11,000千円(1体分)
- 2) 制御棒下部案内管 ; 4,700千円(1体分)
- 3) Na液面計ウェル ; 5,200千円(1体分)

6.1.5 切断処理計画のまとめ

メンテナンス貯蔵プールに貯蔵される長尺物の貯蔵計画と切断処理に関し検討し、次の結果を得た。

- (1) 切断処理をしない場合、第8回定検終了時に2体が貯蔵不可能になる。
- (2) 従って、第6回定検終了後に切断処理を実施しなければならない。
- (3) 切断処理数は年2～3体が妥当である。
- (4) 年2体の切断処理を行っても第10回定検終了時、残り貯蔵スペースは1体分であり、引続き切断処理を行う必要がある。
- (5) 制御棒上部案内管と下部案内管各1体の切断処理実日数は約4.5箇月必要である。
- (6) (5)項を実施した場合の経費は、1570万円程度である。

6.1.6 水中カッタ設備の点検内容と結果

貯蔵プールに貯蔵される長尺物の貯蔵計画から、貯蔵物を第6回定検終了後から切断処理をしなければならないことが、これまでの検討結果から解った。そこでこの切断処理に備えて今回、水中カッタの点検を次の目的で実施した。

水中カッタ設備による切断処理は、本設備設置後(昭和54年3月)、これまでなされていなかった。このため設備そのものの大略は知り得ても、詳細な知識が不足しており、また、水中にある水中カッタ本体の機構部の状態が不明であった。そこで、保修技術を習得すること、機構部を熟知することおよび水中カッタの品質を確認し、不具合箇所は是正することを目的に点検を行った。以下、主な点検項目の点検内容とその結果について述べる。

(1) 水中カッタ本体の放射線状況

水中カッタ本体を水中から引上げ、プール内で表面を観察した。表面は、全体に1～2mm程度のスラッジが集積しており、この時の表面線量は5mR/Hrであった。そこで、集積物を除去するため、水洗いおよび大小ブラシによるブラッシングを行なった。この結果、表面線量は0.2mR/Hrに低下した。しかし、機構部の形状が複雑なため、細部の集積物は除去できなかった。この部分は廃棄物移送台車上に引上げ後、紙ウェス等でふき取りを実施した結果、全体が0.2mR/Hr(バックグラウンド程度)になった。また、集

積物の除去が比較的容易であったことは部品の表面仕上が良かったためと推定される。尚、引上げ作業は、約1 Hrで完了した。

(2) 外観点検

カッタ本体上面(SUS部)には、切粉等でもらい錆が発生していた。これは以前に改造工事が行なわれた際、水中に切粉が落下し、これらが沈積したためと推定した。また、シリンダおよびカッタ刃には、塗装が浮き上がり、部分的に錆が発生しており、特にカッタ刃は仕上塗料(白、エポキシ)がとれ、錆止め塗装だけとなっていた。

カッタ本体の錆は、サンドペーパーですべて除去した。シリンダについては仕上および錆止め塗料をすべて剥き取り、シリンダ外面の腐食状況を検査したが先に述べたとおり錆止め塗装が残っていたため、腐食は認められなかった。検査後、錆止め塗装および仕上塗装を実施した。尚、他に不具合箇所はなかった。

(3) カッタ刃の交換と硬度測定

1) カッタ刃(SKD11, 合金工具鋼)の表面は、前項で述べたとおり、仕上塗料がとれ、部分的に錆が発生していた。この錆はカッタ本体の錆ではなく、集積物の錆によるものでいわゆるもらい錆であった。

カッタ刃は、当初、カッタ刃単体で取外す予定であったが、切断時、カッタ刃に最大荷重500Tonがかかるため、カッタ刃およびカッタ刃取付板の取付部寸法と取付部仕上が精密加工されており、ガタが無くまた、密着性が良かったことから人の力では取外しできなかった。

そこで、カッタ刃取付板(カッタ刃は組込んだまま)を水中移送機グリップ操作により本体から取外し、その後カッタ刃を取外したが、作業に多大な時間を要した。

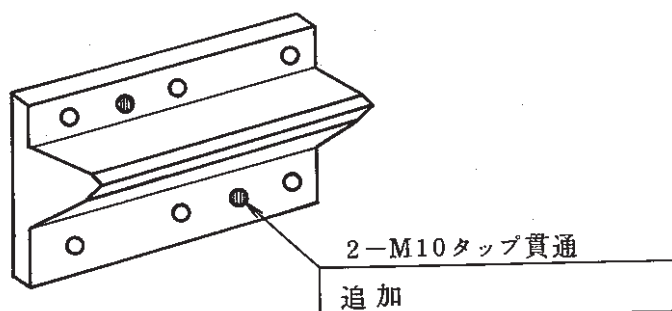
尚、取外し時のカッタ刃放射線量は2000cpm(スミヤ法)であり、他に比べ10倍程度高かった。

2) カッタ刃の品質を検査するため、塗装面等を紙ウェスでふき、錆および錆止め塗料を全て剥ぎ取った。この結果、放射線量は150cpm以下(バックグラウンド)になり、汚れは除去された。この後、硬度測定をショア硬さ試験機で実施した結果、硬度はHS 82~85(HRC 60.6~62.1)であり、水中に7年程度つかっていても変化はなかった。腐食は、硬度測定、寸法検査および目視点検等の結果、発生してないことが確認された。これらの検査後、塗装および乾燥に2日間を要するため、工程を考えこの刃を予備品にし、これまで予備品であった刃(新品)を取付けた。なお、今回の刃交換時もま

た、取外しおよび取付けに多大な時間が必要であると思われる。

3) そこで、カッタ刃単体での取外しを簡単にするため、次図に示すとおり変更を行な

えば良い。しかし、手持ちのカッタ刃には熱処理（焼入焼もどし）が施されているため、機械加工は不可能である。従って新たに製作する刃については改良することになる。



(4) ベローズ漏洩検査

シリンダロッドはベローズの中に収納されている。ベローズはシリンダロッドの動きに合わせて伸縮し、ロッドシール部からの油漏れを水中に出さないことおよび水中の塵等がロッドに付着しないことを目的に取付けてある。

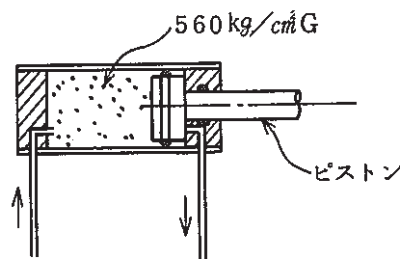
検査は、床部のポートブロック加圧専用ポートより N_2 ガスを供給し行ったが漏洩箇所はなかった。加圧専用ポートは水中へ沈める部分のフィテング取外しを避けるため設けられている。尚、ベローズは破損しやすいため、ベローズ上には物を落下させないよう注意することが必要である。

(5) 油圧系の性能検査

カッタ刃はシリンダと連結されている。切断はシリンダの推力（最大500Ton）により行なうが、その場合油圧配管には $560\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ の高圧がかかる。

検査は配管およびシリンダ等の耐圧と漏洩、圧力スイッチの作動および電磁弁の作動検査を行なったが異常は発見されなかった。

なお、耐圧、漏洩検査はピストンをシリンダの押し側および戻し側に底付けさせ、ピストンおよび配管を加圧し、漏洩の有無を検査した。次図は押し側の検査におけるピストン位置である。



また、この検査時、水中の配管については検査できない。このため、今回は油タンクのレベル確認のみとした。

6.1.7 水中カッタ設備の切断処理試験内容と結果

10種類の模擬体を製作して、大気中と水中で切断を行った。大気中試験は、水中カッタの切断能力を確認すること、および中性子検出器を切断するための改造案（昭和58年度実施）を確認することを主なる目的として9種類の模擬体を切断した。

また、水中試験は運転技術を習得すること、および運転工程を確認することを主なる目的として1種類の模擬体を切断した。次に、切断処理試験内容とその結果について述べる。

(1) 大気中試験

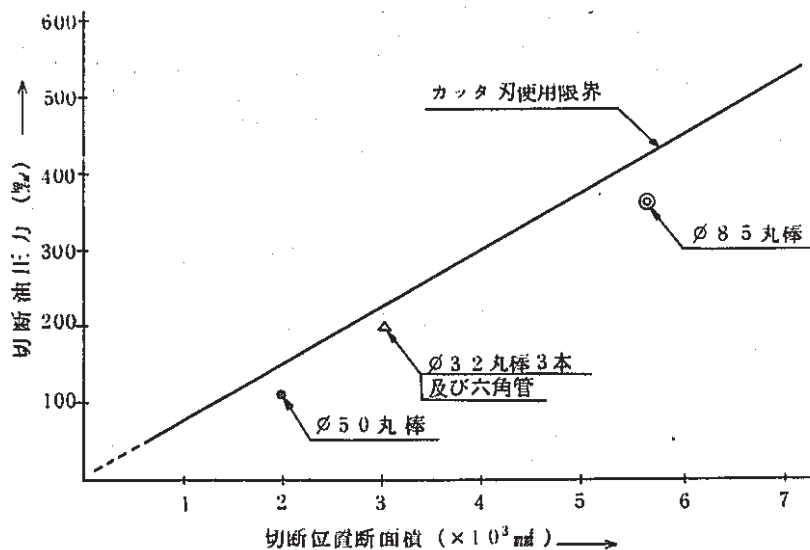
本試験は、固体廃棄物移送台車上で行った。試験手順は、模擬体を水中移送機グリッパで吊り、切断物挿入口へ装荷および切断長さをセットし、切断した。

データをTable 6.1.1に示す。

1) 丸棒（中実材）

3種類の模擬体を切断した結果、全てスムーズに切断できた。これら模擬体のうち、最大径 $\phi 85$ 中実材の切断概要について述べる。

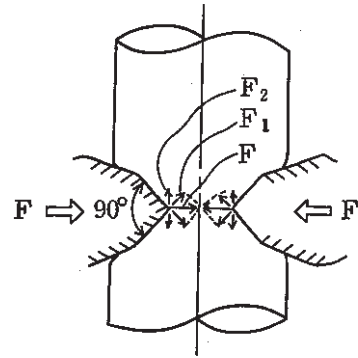
$\phi 85$ 中実材（S45C半調質加工材、HRC22）の切断時のシリンダ供給油圧力は $360\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。この時のシリンダ推力すなわち切断力は 290.8ton であり、許容最大値 500ton に対し、十分な余裕があった。また、切断後のカラーチェックではカッタ刃に異常がなかった。なお、カッタ刃に加える限界油圧力と切断位置断面積の関係は下図の如くであり、切断試験に供した模擬体は、いずれも使用限界以下であった。



一方、切断破壊時にφ85にかかった概略応力は次式より、次のとおりになった。

$$\sigma = \frac{2 F_2}{A} = \frac{F}{A} = 98.1 \text{ kg/mm}^2$$

F : 290800kg
 F_1 : 205627kg
 F_2 : 145400kg
 A : 2963mm²
 σ : 応力kg/mm²



この応力は、S45Cの引張り強さ（HRC22の時80kg/mm²以上で破断する）に合致していた。

本試験でφ85丸棒が切断できたため、このことから中性子照射による硬度増加の程度により異なるが、これに近い径のものは切断出来ると思われる。

2) フレキシブルチューブ

中性子検出器のフレキシブルチューブ部を想定した模擬体を2体作り切断試験を行った。その結果、1回の切断ではフレキシブル外面の保護ワイヤ0.2mmが数本残り分離できないことが判った。次に同一箇所の切断を5回繰り返した。その結果、分離する時と分離しない時があり、確実性に乏しいことが解った。また、フレキシブル内に入れていた遮蔽球（SUJφ2）は、切断部が封じて落下しない場合と未封状態となって落下する場合があった。これも確実性に乏しかった。この原因は、切断刃相互間のスキ間が約1mmに保持するように設計されているためである。これらのことから、中性子検出器の切断処理を可能にするためには、S58年度実施した「水中カッタ改造の検討」の報告書を基に、切断機構部を改造しなければならぬことが本試験からも証明された。

なお、フレキシブルチューブを切断するための改造案をTable 6.1.2に示す。

3) パイプ

制御棒上部案内管および下部案内管の本体を想定したパイプの切断を行った。この結果、両者ともスムーズに処理することができた。このことは、予定されている上部、下部案内管の切断が問題なく出来ることが確認された。なお、切断片面は、プレート

に近い状態になった。

(2) 水中試験

本試験は、6.1.4項で述べた工程表のうち②～⑤について行った。この結果、設備そのものについては、欠陥もしくは不具合もなく遂行することができた。しかし、プール水にCPスラッジが存在していたことで水につかった移送機グリッパおよび収納缶の除染に余分な時間を費した。また、操作性については、Table 6.1.3に示す不合理内容があった。

6.1.8 点検と切断処理試験のまとめ

点検および模擬体の切断処理試験を行ない、次の結果を得た。

- (1) 水中カッタの引上げ、装荷作業はクレーン操作を確実に行なえば、両作業とも約1時間で完了することができる。
- (2) 制御棒上部案内管、下部案内管およびNa液面計ウェルの処理は、問題なくできることが確認された。
- (3) 切断能力は、中実材の場合で中性子照射による硬度増加の程度により異なるがφ85に近い径のものが可能であると思われる。
- (4) 中性子検出器の切断処理は、切断機構部を改造しない限り不可能である。尚、改造は「水中カッタ改造の検討」報告書を基にして行なう。
- (5) 6.1.4(1)項で述べた切断処理日数の短縮化は、プール水のCP除去および設備の一部改善を行なえば可能であると思われる。

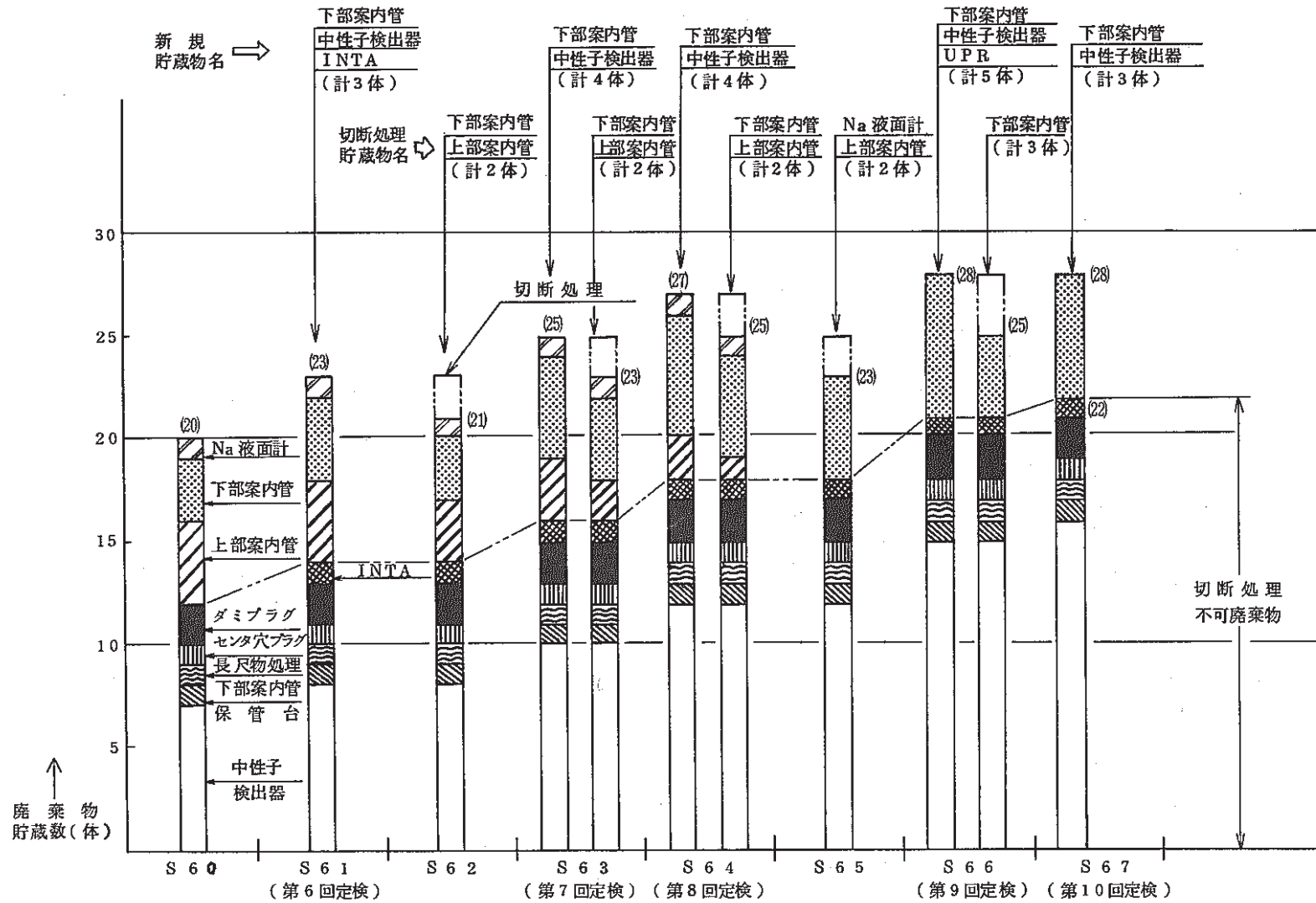


Fig 6.1.1 貯蔵物の貯蔵数推移

Table 6.1.1 切断処理試験データ











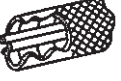









項目 No	模 擬 体 の 仕 様				切 断 試 験 デ ー タ					試 験 場 所
	名 称	略 図	規 格 ・ 材 質	備 考	切 断 可 否	切 断 状 況	略 図	ビ ー ク 圧 (刀 推 力)	備 考	
1	φ50 丸 棒		φ50 SS41		○	被切断の倒れもなくスムーズに切断できた。		110 kg/cm (77.0ton)		大 気 中
2	φ85 丸 棒		φ85 S45C 半加工鋼質	送 込 品 交 換 不 要	○	被切断物の倒れもなくスムーズに切断できた。切断時の衝撃音が高かった。		360 kg/cm (290.8ton)		同 上
3	六角管 (30φ丸棒 三本入)		六角管 SUS304 対 辺 80×3t 丸棒 φ32 SUS304(三本)		○	スムーズに切断できた。		210 kg/cm (162.5ton)		同 上
4	1Bパイプ (ケーブル入)		1B SGP (B) 1φケーブルφ2(1本) チューブφ8×1t SUS304(1本) 同軸ケーブルφ8(1本)	保持せず	○	スムーズに切断できた。		発生せず (855kg以下)		同 上
5	1Bフレキシブル チューブ (遮蔽球 ケーブル入)		1Bフレキシブル SUS304 遮蔽球 SUJ 1φケーブルφ2(1本) チューブφ8×1t SUS304(1本) 同軸ケーブルφ8(1本)	保持せず N D を 履	× ○	(1)1回切断だけでは分離できなかった。 (2)5回切断を繰り返したが、ワイヤが残って分離できず。カッターをくい込ませた状態でリッパを引上げたら分離できた。		発生せず (855kg以下)	遮蔽球 落下し 合り	同 上
6	2Bフレキシブル チューブ (ケーブル入)		2Bフレキシブル SUS304 1φケーブルφ2(1本) チューブφ8×1t SUS304(1本) 同軸ケーブルφ8(1本)	N D を 履	× ○	(1)1回切断だけではチューブ保護ワイヤが若干残り分離できなかった。 (2)同方向から5回繰り返して切断を行なった(2回目、4回目は90°回転)		発生せず (855kg以下)		同 上
7	6B パイプ		6B Sch 120 STPG 38	上部を案内 管を履	○	被切断物の倒れもなくスムーズに切断できた。		300 kg/cm (239.5ton)		同 上
8	φ5 ワイヤロープ		φ5 線径 0.25mm より線	保持せず	×	5回切断を繰り返したが分離できず。そのあと、カッターをくい込ませた状態でリッパを引上げたが分離不可であった。		発生せず (855kg以下)		同 上
9	φ8 同軸ケーブル		φ8 線径 0.20mm	保持せず	×	分離はできなかった。		発生せず (——)		同 上
10	3B パイプ		3B Sch10 SUS304	下部を案内 管を履	○	スムーズに切断できた。		95 kg/cm (64.1ton)		水 中

Table 6.1.2 フレキシブルチューブ切断改造案

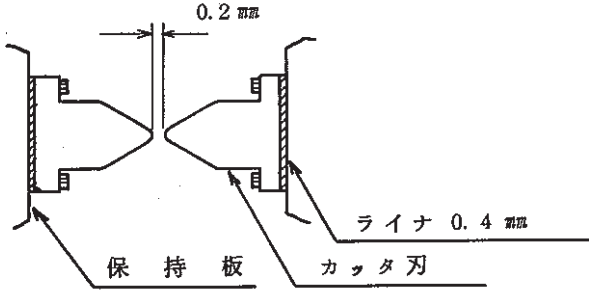
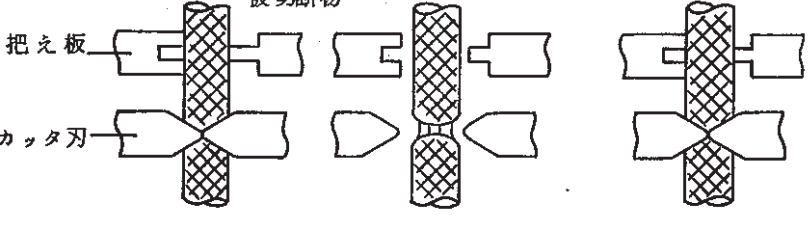
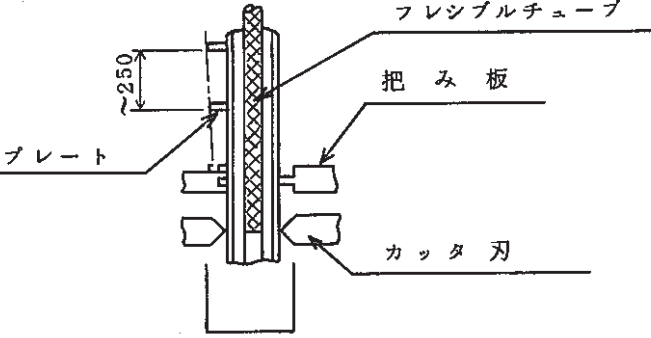
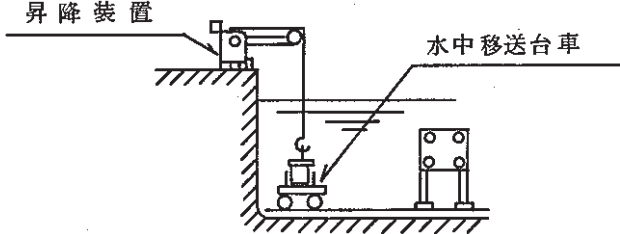
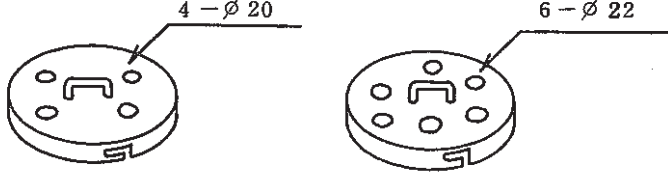

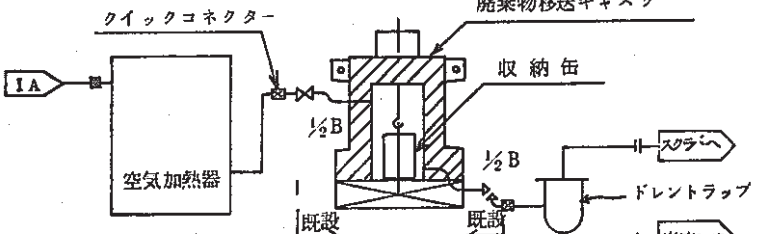
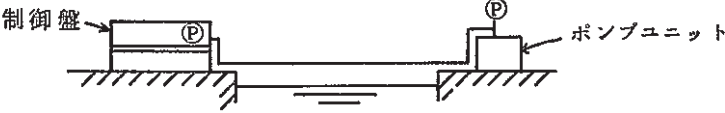
No.	改 造 の 内 容
1	<p>前進端でのカッタ刃の隙間を1mmから0.2mmにする。その調整はカッタ刃とカッタ刃保持板にライナをかます。</p> 
2	<p>カッタ刃の隙間は現状で、把え板がφ25までのものが保持出来るように寸法変更するとともに強力型にする。尚現在は最小φ48のものしか保持できない。切断時は、まわし切り（90°被切断物を回転する切り方）を数回行なう。若し、数本残った場合は移送機グリッパを上昇させ、分離さす。</p>  <p style="text-align: center;">1 回目 切 断 2 回目 切 断 前 2 回目 切 断</p>
3	<p>フレキシブルチューブ切断時、3Bのパイプを入れ、その中にフレキシブルを入れ切断する。3Bパイプには約250ピッチで落下防止および切断長さ調整用のプレート等を溶接する。</p> 

Table 6.1.3 水中カッタ運転での不合理内容と改善案

No.	不合理内容	改善案
1	<p>収納缶（空）を水中移送台車にセットする場合、移送機グリッパで行なうため、位置決め等に時間がかかる。</p>	<p>収納缶（空）専用の昇降装置（使用しない時は移動）をプールサイドに設け、位置決めを行なう。</p> 
2	<p>収納缶（切断片入り）の上蓋取付時、トング操作（上蓋穴にトング棒先を入れる作業）に時間がかかる。</p>	<p>上蓋のトング差し込み穴を大きくし、穴数をふやす。</p>  <p>改善前 改善後</p>
3	<p>制御盤スイッチ把手はオーバルタイプである。そのため、「カッタ刃前進」「水中カメラ昇降」時にスイッチをホールドするのに疲れる。</p>	<p>スイッチタイプをピストルタイプにして、つかみ易くまたホールドも容易にする。</p>  <p>改善前 改善後</p>
4	<p>収納缶（切断片入り）の水切りに長時間（約5 Hr）かかる。またプール水がキャスク内に残った場合、原研処理場の保管場を汚染することが考えられる。</p>	<p>(1) 廃棄物移送キャスクに収納缶を収納し、キャスク内で乾燥する。乾燥設備を新設する。</p>  <p>(2) 収納缶に水をはじくペイントを塗る。</p>
5	<p>制御盤にシリンダ用圧力計がない。このため離れた場所にあるポンプユニットの圧力計で監視するため監視専用員が必要である。</p>	<p>制御盤に圧力計を追加し、圧力指示値を記録できる記録計も設ける。</p> 

6.2 予防保全技術の開発

6.2.1 はじめに

わが国の原子力発電の設備利用率は昭和59年度において過去最高の73.9%を記録し、軽水炉を中心とする原子力発電所は成熟期に向ってきている。この理由として①定検期間の短縮、②運転期間の長期化、③トラブルの減少が挙げられている。このためには、予防保全を重視した効率的な保守活動、品質管理等が重要な要素となっているのは言うまでもない。高速実験炉「常陽」においても、プラントの高度化の一つとして、予防保全技術の開発の重要性はますます高くなってきている。

定期点検が主となるプラントの予防保全は、経年変化および機器設計上の問題点に起因し発生する異常、故障を未然に防止するため、機器・部品の劣化の進展度、プラントでの重要度と保守費用等の要素から、経済性を勘案し、適正な点検周期・点検内容および信頼性向上のための改善等を予め設定し計画的に実施していくことが必要とされている。予防保全策定の具体的な方式として「常陽」では次のように考える。

第1は、信頼性管理方式による予防保全の確立である。これは設置台数が多く統計処理の可能な機器を対象にそれらの故障率の経時変化から摩耗故障期に入ったことを検知して対策を施すものであり、信頼性データベースを利用し実施するものである。また同時に運転保守履歴管理も行うものである。第2は状態監視方式による予知保全技術の導入である。これは、設置台数が少なく信頼性管理方式の適用が困難で、プラント構成上重要な機器を対象に運転状態を常時監視して異常の兆候、劣化状況を検知し対策を施すものであり、機器異常診断システムを利用するものである。

一方、上記2種類の保全方法を含めて多くの保全作業には、熟練した保守技術者の経験や知識が必要であり、限られた人的資源の下でさらに高度の保全活動を実践していくには、このような経験や知識をいつでも誰でも使える形に整理しておかねばならない。このために、熟練者の知識、経験をコンピュータに組み込み、あたかも熟練した保守技術者のように保守員と対話しながらガイダンスを与えるシステムを開発し、保守作業の支援を行うことが重要となってきている。

「常陽」における予知予防保全技術の開発は、以上のように、

- 1) 信頼性管理方式による予防保全
- 2) 状態監視方式による予知保全
- 3) 保守経験・知識の継承、有効活用による作業支援

の3点に重点をおいて実施する。

1)についてはFBR機器運転保守データベース(FREEDOM)の開発、2)については機器状態監視・余寿命評価システムの開発、3)についてはエキスパートシステムを基本とした保守作業支援システムの開発をそれぞれの予知予防保全技術開発項目としている。

以下にそれぞれの開発計画を述べる。

6.2.2 FBR運転保守データベースの開発

信頼性管理方式に基づく予防保全とは、機器およびそれを構成する部品の故障率が、時間とともにいわゆるBath-Tub曲線を描くことに着目し、故障率の経時変化から摩耗故障期に突入したことを知り、機器の損傷の前に対策を施す方法である。この方式においては機器故障率の算定等のため、機器の運転、保守、異常故障に関する膨大な数のデータを取扱わなければならない、コンピュータを利用するデータベースの確立が必要となる。FBR機器に関する信頼性データベースとして既に米国オークリッジ国立研究所(ORNL)で開発されたCREDO(Centralized Reliability Data Organization)がある。事業団でも高速炉プラントの確率論的安全評価のための基礎データ獲得を目的として導入が決まり、CREDOには日本側のデータとして、「常陽」はじめ大洗工学センターのNaループ施設のデータを入力することになった。CREDOへの「常陽」データ入力にあたっては、(1)「常陽」独自のデータのCREDO入力様式への編集、(2)物理量の単位変換、(3)使用語句の日英変換などの多大なマンパワーを必要とする。このため「常陽」で運用されている帳票類になるべく近い形でデータバンキングする機能、それらのデータをCREDO入力様式に編集する機能を有するシステムFREEDOM(FBR Reliability Evaluation Data Base of Operation and Maintenance)が開発されている。現在、FREEDOMの一次データベースには、「常陽」一次冷却系、二次冷却系及び原子炉制御設備の機器類を対象としており、昭和60年3月までのデータが蓄積されており、第五回定期点検データを含む昭和61年度データも整備中である。Fig 6.2.1にFREEDOMの機能概要を示す。FREEDOMには、上記CREDO入力データ編集機能の他に「常陽」の予防保全活動を支援するため、機器の運転保守履歴の管理機能を主に持つ。この機能を基にして「常陽」機器の保守基準の見直し、クリティカルパーツの抽出などを行い、高速炉の保守方策の策定の最適化を図っていく計画である。

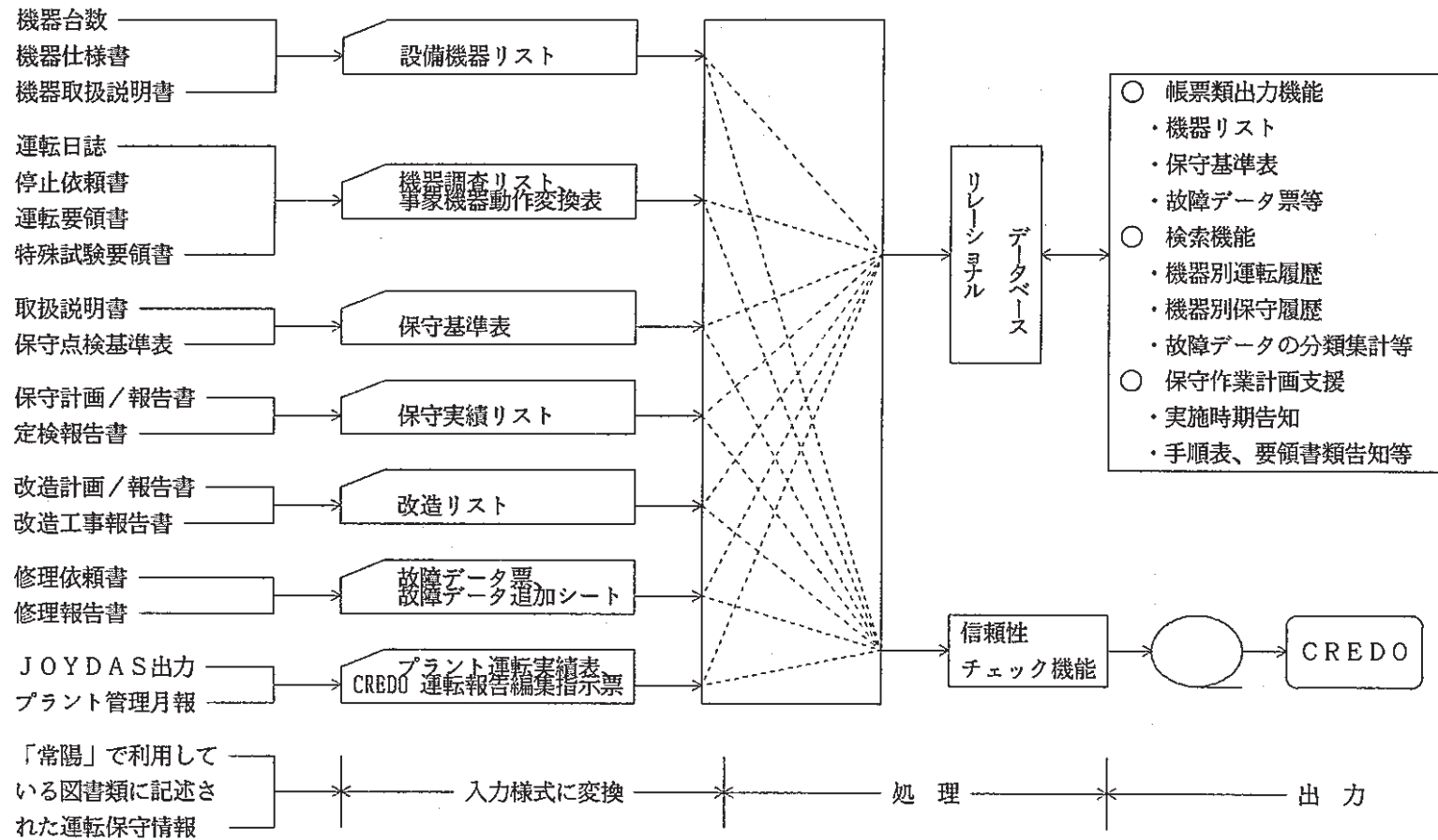


Fig 6.2.1 機器信頼性データベースシステム概要

6.2.3 機器状態監視システムの開発

(1) 概要

通常、設備で運用されている振動計は、機器の振動をピックアップし、振動値が規準レベル以上になった場合に、アラームを発生させると共に、機器をトリップさせ破壊防止に役立て様とする場合が多い。破壊防止の観点からすれば、このような“予防保全”的な取扱いで十分であろうが、機器から発生する振動は、ランダム振動であり、瞬時の振動値の中には、特定の周波数に対する振動レベルが多数混在している。したがって、上記運用方法の場合、機器の初期異常の検知は不可能である。

本状態監視システムは、機器の初期異常を早期に検知する事を目的とするもので、いわゆる日常の振動性状を把握する事により、その性状が如何様に変化しているかを絶えず状態監視し、機器の“予知保全”に努めると共に、メンテナンスへのフィードバックを計るものである。尚、異常検知の物理量としては、時間遅れ無く適確な検出が可能な“振動”をピックアップし、さらに高振動数領域で感度が良く、微小欠陥から発生する衝撃波を検出するのに優れている“加速度”を採用している。

(2) システム構成

システムの構成は、振動を検出する加速度計と、発生した電荷を電圧に変換し、これを10倍に増幅するチャージコンバーターを検出部として、現場に設置している。検出した信号は、中央制御室へ伝送した後、フィルター及び増幅器からなる信号処理部、さらに振動の実効値を常時監視する連続監視部及び各チャンネル毎に順次状態を監視し処理するコンピューター監視部からなる。以上システムのブロック図をFig. 1に示す。

(3) 信号処理方法

機器の状態を監視する手段として、振動波形に対して周波数分析を行い、異常を判別する方法と、振動波形の実効値の連続的な変化を監視する方法を取っている。尚、後者は傾向を連続的に監視するのみで、異常の判別処理は行っていない。

1) 周波数分析

振動波形を周波数分析した場合、どの振動数の成分がどの程度の振幅をもっているかを把握する事が出来る。いわゆる信号の時間関数 $x(t)$ 、周波数関数 $x(f)$ に書き直す事により、単にオーバーオールな振幅の大きさでは無く、振動量が周波数の関数として表される。したがって、定常時と異常時の振動レベルの区別が明確となる為、あらかじめ定常時の振動スペクトルを把握した後、各周波数毎に許容値を設定し、

両者の比較を行い異常の有無を判定しようとするものである。

2) 実効値

前項の処理は、各チャンネルに対してシーケンシャルに行う為、一回の判定から次の判定迄に時間の空白が生じる。従ってこれを補う意味で、絶えず変化している振動のレベルを連続的に監視する手段として、RMS/DCコンバーターを用い、実効値による評価を可能としている。特にこのRMS/DCコンバーターは、衝撃的振動の発生をも検知すべく、クレストファクターの高い信号が入力されても、十分適応できる様に配慮している。

(4) システムの現状

MK-II第8サイクルより1次、2次主ポンプを対象にプログラムの試行を兼ねて、測定を開始した。この時間(100MW定格運転中)における1次主ポンプのスペクトル分析結果を、図2に示す。ここで顕著に表れているスペクトルは、ポンプの圧力脈動に起因するもので、ポンプの回転数に対する基本周波数の高調波成分である。又、矩形波はアラームレベルを表しており、試行的に設定したものである。この様に機器の性格上、避けがたい振動スペクトルと、そうでないスペクトルが明確となり、それ相当のアラームレベルを設定すれば良い事になるが、設定に当っては事前に十分な振動性状の把握が必要となる。

7. 結 言

第5回定期点検は原子炉の安全な運転を維持するために実施され、昭和60年12月10日に定期検査合格証を受領し、すべての作業を予定通り終了することが出来た。

今回は、特に電気計装機器の点検に重点を置き、古くなった変換器等は積極的に交換を行った。これらの実績は現在整備しつつある信頼性データベースに入力され、機器の保守基準策定に反映される。また、炉容器液面計の長尺化や冷却塔の交換工事などにみられるように、単に設備維持のための交換工事ではなく、これまでの経験を生かした新しい装置の導入などによりプラントの性能向上も図っている。

このように第5回定期点検で得られた経験や実績は今後の「常陽」の保守活動に役立つばかりでなく、「もんじゅ」ならびに大型炉における設計ならびに保守の有り方に大きく貢献することと思われる。

8. 謝 辞

第5回定期点検の実施に当っては高速増殖炉第一課の運転直をはじめとして、部内外の協力を得た。ここに感謝の意を表す。

添付資料 1

第 5 回定期点検中の詳細工程表

4 月実績工程表 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				
				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	土	日	火
点検	S-408	A r N ₂ ガス供給系点検	㊟	■	■	■																															
	R-501	地震計 (A, B, C) 点検	㊟				■	■	■																												
	A-712	中性検出器性能試験、調査	㊟			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	A-712, S-408	N ₂ 供給系レベル計点検	㊟												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	運転管理棟	第1種圧力容器点検																			○	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	A-106	アルコール濃度計点検	㊟ ㊦																			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	S-408	A r 供給系自動放出弁点検	㊟																			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	A-104	廃ガス系インターロック試験	㊟					■																													
	主 冷	スナバー点検									■																										
	A-712 他	原子炉保護系点検	㊟																							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	S F F	70/10 t クレーン設備年次点検																									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	A-511B	70 t クレーン設備年次点検																																			
	付 属	エレベータ定期点検	㊟																																		
	R-701	旋回クレーン保守点検	㊟																																		
	A-403, 712	1次主P回転計の較正	㊟		■																																
	A-712	YEW PACK点検	㊟				■																														
補修	A-712	F F D, ANN回路補修	㊟													■																					
	A-508	メンテナンス台車専用レール補修																																			
	A-506	付属フィルターユニット架台補修	㊟																																		
	付 属	空調設備ファンベルト調整	㊟																																		
	R-601	F F D, 第1ババップバルブ計測交換	㊟													■																					
	A-407	西側蒸気供給系減圧弁交換	㊟																																		
	A-712	補助系Na流量記録計補修	㊟																																		
	付属屋上	安全柵補修																																			
工事	A-712	1次純化系O/F系振脱レコーダ本設化	㊟		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	R-303	1次Na S/P装置グローブBOX改造																																			
	放管棟	屋根防水工事																																			
その他	R P U	S/A熱電対不具合調査	㊟		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	R-501	機器搬入口開閉作業			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	R-501	炉上部ビット蓋移動				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	R P U, R-501	ORD熱電対ケーブル撤去				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	M-301, A-304	プール水調査	㊦																																		
条件	㊟: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 ㊟: 停電あり ㊦: Na取扱作業 ㊦: 放管立台 ○: 労基署立合 ㊟: 局立 ㊦: 酸欠危険作業																																				

4 月 実 績 工 程 表 2/2

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		
				月	火	水	木	金			月	火	水	木	金			月	火	水	木	金			月	火	水	木	金					火	
他	主 冷	主送風機入口ベーン動作確認	㊟																																
	A-205	照明不具合調査																																	
	A-109	A r 廃ガス圧縮機出口ヘッダ安全弁調整	㊟																																
	A-712	CR荷重測定	㊟																																
	A-712	S/A温度設定値変更																																	
	A-708,603,707,P-201	バッテリー均等充電	㊟																																
	A-106 他	高低レベル廃液タンク除染作業	㊟㊟																																
	A-712,主冷	主送風機インターロック確認																																	
							</																												

6 月実績工程表 2/2

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			
				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	土	日
補修	A-510	燃取格外操作室空調器補修	㊟																																	
	床下 (BM2F)	84系電磁弁の補修	㊟																																	
	床下	床下非常通話設備調査補修	㊟																																	
工事	全域	PCVL/T用N ₂ 供給ライン布設工事	㊟ ㊦																																	
	運転員控え室	非常階段塗装工事																																		
	A-104	空調系ポンプ吊上装置設置工事																																		
	A-106 他	燃料洗浄廃液処理設備の改造工事	㊟ ㊦																																	~1/29
	RPU	Naレベル計R/Pケーブル布設工事																																		~7/4
	"	" " 治具ボルト孔明																																		~7/26
	R-404, 303 床下各室	格納容器床下圧配管変更及び圧力検出器の移設	㊟																																	
その他	M-301, R-407~409	FFD-CG法第2V/T洗浄	㊟ ㊦ ㊧																																	
	A-712	格納容器空調計器交換	㊟																																	
	A-304	ECDガスクロ調整																																		~1/19
	R-302	1次Arガス系床下安全弁盲板取付	㊟																																	
	A-712, S-402	2次系計器交換に伴う調査	㊟																																	
	S-402	主冷1A1BC/C盤改造																																		
	M-301, R407	FFD-CG法第2V/T洗浄	㊟ ㊦ ㊧																																	
	A-118 他	廃液タンク除染後の廃棄物処理	㊦																																	
	A-102, 118 他	電源盤清掃	㊟																																	
	主冷	ボイラ煤煙濃度測定																																		
	R-105	非常通話装置不具合調査																																		
	主冷	主送風機廻り手摺台塗装																																		
	A-104	廃棄処理系電磁弁交換	㊟																																	
	格内	機器搬入口チェーンブロック交換																																		
	付属	空調設備ベルト調整	㊟																																	
	SFF	" フィルター交換	㊟																																	
	全域	PCVL/T B. C種試験	㊟ ㊦																																	~11/29
条件	㊟: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 ㊦: 停電あり ㊧: Na取扱作業 ㊨: 放管立合 ○: 労基署立合 ◎: 局立 ㊩: 酸欠危険作業																																			

7月実績工程表 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	
				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	
点検	床下FR-303,A-304	1次系現測計器点検	⊙																																
	A-207	1次純化系C/T冷却器点検	⊙																																
	床下全域	1次配管支持装置点検	⊙																																
	R-104	自動連続式プラグイン計点検	⊙ ⊕																																
	S-701,702	2次主Pメカニカルシール点検	⊙																																
	全域	火報設備点検	⊙																																
	S-601,602	2次主Pメカシール用OPU点検	⊙																																
	S-701,702	2次主Pモータ点検	⊙																																
	S-402	2次系EMF用電源装置点検	⊙																																
	S-403,419,505,512	主送風機及び入口ベーン点検	⊙																																
	" " " "	" モータ点検	⊙																																
	" " " "	" ブレーキ点検	⊙																																
	主 冷	2次系電気設備点検	⊙																																
	S-413	2次系C/T送風機点検	⊙																																
	S-403,419	2次主系統圧空設備点検	⊙																																
	A-701,702	2次主P速度制御装置点検	⊙																																
	S-102,A-104,117	補機系ポンプ分解点検	⊙																																
	R-501,R-303	格納容器Na雰囲気系ファンの点検	⊙																																
	A-102 他	格納容器フロン冷凍機の点検	⊙																																
	S-402	塩分モニタリングシステムの点検	⊙																																
	付属,格内	ハロゲン計の点検	⊙																																
	A-102,103 他	格納容器床系ファンの点検	⊙																																
	R-501	格納容器圧空供給設備点検	⊙																																
	R-103,104,105,203	D/T,O/FT, EMP外觀検査	⊙																																
	A-103	チリングユニットANN点検	⊙																																
	R-501,410,412	1次主ポンプ電動機点検	⊙																																
	A-504	NaL/D盤点検	⊙																																
	全域	1次系プロセス計装品点検	⊙																																
補修	床 下	予熱ヒータ用T/Cの点検補修	⊙																																
	A-712	自動連続式プラグインO ₂ 計補修	⊙																																
	A-516	ホット実験室用空調器補修	⊙																																
	運転管理棟 3 F	渡り廊下床面補修	⊙																																
	床下区域各室	床下照明設備補修	⊙																																
	A-204,床下	床下照明(水銀灯)補修	⊙																																
条 件	⊙: 停止依頼書あり ※: 巡回クレーン使用 ⊕: 停電あり ⊕: Na取扱作業																																		
	⊕: 放管立合 ○: 労基署立合 ⊙: 局立 ⊕: 酸欠危険作業																																		

7 月実績工程表 2/2

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			
				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			
補修	SFF	水冷却池室系給気ファンベアリング交換	㊟																																		
	A-407,118	付属空調ファンベルト調整	㊟																																		
	A-712	補冷制御盤ANN補修	㊟																																		
	A-712 他	付属空調計器交換	㊟																																		
	付属	外壁補修																																			
	屋外	雨水槽配管補修及び洗浄作業																																			
	中制	A r 供給系レコ-グモータ交換	㊟																																		
	アニュラス内	格納容器圧空作動弁用機器の補修	㊟																																		
	A-712	DN法電液装置不具合調査	㊟																																		
	屋外	外灯証明用器具の補修	㊟																																		
工事	R/P~中制	Naレベル計ケーブル布設工事	㊟																																		
	R-404,303 床下各室	格納容器床下圧空配管変更及び圧力検出器の移設	㊟																																		
	A-102	格納容器フ里昂保安装置盤の設置工事																																			
	R-410,412	1次主P、油Pシーケンス改造																																			
	床下、付属	2chページング増設工事																																			
	廃棄物建家、付属	各クレーンワイヤロープ交換工事																																			
	A-712	ロジック盤改造	㊟																																		
	主冷	2次側排気筒塗装工事																																			
	その他	床下全域	メカスナ取外し(10台)サーベイ	㊟																																	
A-507 他		メカスナ作動試験ブリス交換	㊟																																		
床下全域		グリス交換メカスナ再据付																																			
A-304		ECDガスクロ調整																																			
A-712,S-402		2次系プロセス計装品交換	㊟																																		
メンテナンス		下部案内管洗浄	㊟																																		
"		下部案内管ブール装荷																																			
A-102,304		格納容器チャコ-ル吸着試験	㊟																																		
A-410,604		付属空調計器交換	㊟																																		
A-215		" プ-リベルト調整	㊟																																		
A-118,410	" チャコ-ルサンプル取出し																																				
床下全域	もんじゅ用メカスナ交換																																				
M-301,RPU,R-501	下部案内管交換作業	㊟※㊟																																			
全域	PCVL/T, B, C種試験	㊟㊟																																			
条	㊟: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 ㊟: 停電あり ㊟: Na取扱作業 ㊟: 放管立合 ○: 労基署立合 ◎: 局立 ㊟: 酸欠危険作業																																				

9月実績工程表 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				
				月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月			
点検	R-205,206,105 他	1次系電動弁電動ダンパ点検	⊙																																		
	A-504,403	1次系P, EMP制御装置の点検	⊙																																		
	A-504	予熱ヒータコントローラの点検	⊙																																		
	S-125	電源盤点検																																			
	S-414	2次Arガス系点検	⊙																																		
	S-402,501,A-505	2次系C/リアクトル盤点検	⊙																																		
	S-402,A-505	2次系EMP, I VR点検	⊙																																		
	S-501,A-505	2次系予熱ヒータC/C点検	⊙																																		
	S-403,419,413,A-505	ベーンダンパ用ドライブユニット点検	⊙																																		
	S-505,512	DHX出口ダンパ駆動モータ点検	⊙																																		
	A-712,R-303	呼吸ガスヘッダ安全弁作動試験	⊙																																		
	S-125,130	D/G機関分解点検	⊙																																		
	A-712,R-501	F F D-DN法計装点検	⊙																																10/5		
	床下 (B 2 F)	格納容器遮コンベデスタルブロワ(A)点検	⊙																																10/12		
	A-505	2次補助圧空設備点検	⊙																																		
	S-402	2次予熱制御装置点検	⊙																																		
	主冷, 付属	2次系配管支持装置点検	⊙																																		
	A-712,S-402	2次系プロセス計装品点検	⊙																																		
	S-403,419	主送風機ブレーキ点検 (残工事)	⊙																																		
	S-402,A-505	2次補助EMP点検	⊙																																		
	A-505	2次補助冷却器送風機点検	⊙																																		
	S-412,212	2次純化系EMP点検	⊙																																		
	主冷,A-505,112	2次プロセス計器点検 (残工事)	⊙																																		
	S-403,419,505,512	主送風機, 主冷却器点検	⊙																																		
	S-220,主冷	主冷O ₂ 計点検	⊙																																		
	A-504,403	1次主P, EMP制御装置の点検	⊙																																		
	A-712	1次Arガス系弁インターロック試験	⊙																																		
	A-405	圧空系圧縮機等の点検	⊙																																		
	S-402,A-505,712	煙式NaL/D点検	⊙																																		
	S-402 他	2次系ナトリウム液面計点検	⊙																																		
補修	R-302,303	呼吸ガスヘッダ安全弁リミット交換	⊙																																		
	R-501	N ₂ 再循環ファンA, プーリ交換	⊙																																		
	付属, 格内, フォア	照明器具の補修	⊙																																		
	共同溝	配管保温材補修及び塗装																																			
条件	⊙: 停止依頼書あり	※: 旋回クレーン使用	⊕: 停電あり																																		
	⊗: 放管立合	○: 労基署立合	⊖: 局立																																		
			⊙: Na取扱作業																																		
			⊕: 酸欠危険作業																																		

10月実績工程表 1/3

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	31			
				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	土	日
点検	A-405	圧空系圧縮機等の点検	㊟																																		
	A-712	1次系Naレベル計校正																																			
	A-504,403	1次主P, EMP制御装置の点検	㊟																																		
	A-712	1次AUX, EMP作動試験																																			
	"	0/F, EMPインターロック試験	㊟																																		
	S-402, A-505, 712	型式NaL/D点検	㊟																																		
	S-402 他	2次系ナトリウム液面計点検	㊟																																		
	床下 (B 2 F)	格納容器遮コンベスタルブロワ分解点検	㊟																																		
	A-712, R-501	F F D - D N法計装点検	㊟																																		
	A-712, 208	1次系プロセス計装点検	㊟																																		
	A-405	圧空系除湿装置の性能検査																																			
	A-712	S/船計装点検																																			
	R-203, RPU 他	格納容器空調計器の点検	㊟																																		
	A-712 他	2次主ポンプEMP作動検査																																			
	主冷, 放管棟	ボイラ及び放管棟一圧点検	㊟																																		
	付属 格内	格納容器フロン冷媒系点検	㊟																																		
	エアロック	格納容器エアロックの点検	㊟																																		
	A-712	R/V, chB, Naレベル計の校正																																			
	A-403, 712	1次主ポンプ回転計調整	㊟																																		
	A-504	0/F, EMP制御装置調整	㊟																																		
補修	屋 外	水透過設備流量計補修																																			
	R-401, 404, 405	格納容器2次主配管室給還気ダンパ補修	㊟																																		
	床下 (B M 2 F)	格納容器床下電磁弁の補修	㊟																																		
	A-102	格納容器V84-163, 169の補修	㊟																																		
	R-501	4L系荷重指示計の補修	㊟																																		
	A-514	付属空調換気扇補修	㊟																																		
	A-215	空調設備排気ファン補修	㊟																																		
	A-802	補助水槽水位計取付	㊟																																		
	A-208	V71-17交換工事	㊟																																		
	A-109	廃ガスタング入口弁の補修	㊟																																		
	A-802	補冷冷却塔入口弁リミットSW補修	㊟																																		
	"	" " 出口ストレーナ清掃	㊟																																		
	A-707	順序投入タイマー交換																																			
	床下 (R-206, 305)	格納容器V84-525, 123の補修	㊟																																		
条件	㊟: 停止依頼書あり	※: 旋回クレーン使用	㊟: 停電あり																																		
	㊟: 放管立合	○: 労基署立合	◎: 局立																																		
			㊟: Na取扱作業																																		
			㊟: 酸欠危険作業																																		

10月実績工程表 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	31			
				火	木	金	月	火	水	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木			
補修	A-405	圧空/P(B)モータベアリング交換	⊙																																		
	主 冷	20tクレーン電装品の交換																																			
	付属 屋上	薬品小屋屋根目補修																																			
	A-712 他	格納容器床下温度計補修	⊙																																		
	R-501	床上O ₂ 計補修	⊙																																		
	A-527,外室	放管棟ストレージタンク廻り保温材の補修																																			
	S-402	2次主ポンプ振動計補修	⊙																																		
	R-501	格納容器ベピコンの補修	⊙																																		
工事	RPU, メンテナンス	炉容器Naレベル計交換工事	⊙ ⊕																																		
	A-802,S-705	冷却塔交換工事	⊙																																		
	付属, 主冷	ケーブル布設工事																																			
	A-106 他	燃料洗浄処理設備改造																																			
	A-712 他	核計装アース工事	⊙																																		
	床 下	FFD-DN法検出器交換	⊙																																		
	屋 外	フォークリフト車庫設置及び舗装工事																																			
	A-603	7C蓋電池交換工事	⊙																																		
	RPU	S/Aケーブルコネクタ改造	⊙																																		
	主 冷	外壁補修工事																																			
	R-501	常陽オペフロアクリル棚製作設置																																			
	A-802	冷却塔付帯設備工事	⊙																																		
	その他	A-505	2次補助系プラグング計改造	⊙																																	
A-712		TOSMAP改造	⊙																																		
A-304 他		機器洗浄廃液性状分析	⊕																																		
廃棄物処理建家		タンクヤード空調フィルター交換	⊕																																		
A-305,R-501		N ₂ ガス供給系C種L/T	⊙																																		
A-712		2次系OPUシーケンス改造																																			
付 属		順序投入用タイマー交換																																			
床下 (BM2F)		格納容器エアフィルターオイルの点検	⊙																																		
A-407,704,215		ファンベルト調整																																			
床下 (R-206)		格納容器V84-120ストローク調整	⊙																																		
R-410,412		1次主ポンプ手廻し	⊙																																		
中制 RPU		R/V Naレベル計chBノイズ調査																																			
SFF		空調設備フィルター交換	⊙																																		

条件 ⊙: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 ⊕: 停電あり ⊕: Na取扱作業
 ⊕: 放管立合 ○: 労基署立合 ⊙: 局立 ⊕: 酸欠危険作業

10月実績工程表 3/3

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	31				
				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	土	日	
その他	A-311, 405	空調設備フィルター交換	◎																																			
	A-202	格納容器遮コン系ストレーナの交換	◎																																			
	A-712	CRDM状態記録装置設置	◎																																			
	R-501, RPU	CRDM裾付調整	※◎⊕																																			
	中 制	ロジック盤改造	◎																																			
	床下 (R-201, 205, 206)	格納容器床下電磁弁の交換	◎																																			
	主冷, A-712	2次系計器校正 (残件)	◎																																			
	A-505	2次補助プラグング計ノイズ調査	◎																																			
	A-712	主P, フローコスト板設計器設置	◎																																			
	床下 (R-102)	遮コンブロワサクションペロー交換	◎																																			
	A-102, 118	格納容器オートグリスタシーケンス改造	◎																																			
	A-712	主Pフローコストデータ採取	◎																																			
	"	主Pボニーモータ引継局立リハーサル	◎																																			
	"	1次AUX, EMPの作動局立リハーサル	◎																																			
	"	RWT切替弁作動試験	◎																																			
	"	2次系プロセス計器不具合調査	◎																																			
	R-102, 109	格納容器遮コンベデブロワL/T	◎																																			
	A-712 他	電装リハーサル	◎																																			
	R-501	機器搬入口閉作業	◎																																			
条件	◎: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 ⊕: 停電あり ⊖: Na取扱作業																																					
	⊕: 放管立合 ○: 労基署立合 ⊙: 局立 ⊕: 酸欠危険作業																																					

11月実績工程表 1/3

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				
				金	火	水	木	金	火	水	木	金	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	
点検	A-712	スクラム制御棒一斉挿入条件確認	⊙					リハナール																													
	"	警報装置作動検査(1次系)	⊙																																		
	"	1次補助系流量記録計校正	⊙																																		
	付属 格内	格納容器フレオン冷媒系点検	⊙																																		
	運転管理棟(1F)	ターボ冷凍機停止後点検	⊙																																		
	A-712	YEW, PACK点検	⊙																																		
	全 域	ベージング点検																																			
	「常陽」外周	P. P設備総合点検																																			
	A-712	R/VNaレベル計使用前検査	⊙																																		
	"	主P, ボニーモータ引継確認局立	⊙																																		
	"	1次AUX, EMPの作動試験	⊙																																		
	A-712, R-410, 412	主ポンプEMPの作動試験	⊙																																		
	付属 主冷屋上	冷却塔使用前検査																																			
	中 制	TOSMAP使用前検査	⊙																																		
	主冷, 中制	D/G発電機起動試験	⊙																																		
	中 制	S/A出口温度計校正検査	⊙																																		
	R-501	再循環ファンVベルト点検	⊙																																		
	A-507, アニュラス	P CVL/T, B. C種局立	⊙																																		
	A-712 他	2次系NaL/Dプロセス計装品点検	⊙																																		
	"	A-103保護系点検	⊙																																		
	"	A-202警報装置作動検査	⊙																																		
	床下全域	運転前総点検	⊙																																		
	A-712 他	エリアモニタ警報作動検査	⊙																																		
	R-501, 中制	原子炉保護系点検	⊙																																		
	A-712 他	アイソレーション条件確認	⊙																																		
	A-712	41系, 84系警報装置の点検	⊙																																		
	中制, R-501	原子炉制御設備計器校正検査	⊙																																		
補修	中 制	#413, 423, ANN基板交換	⊙																																		
	R-501	格納容器V115-5の補修	⊙																																		
	R-601	床上O ₂ 計の補修	⊙																																		
	R-201, 205, 206	格納容器床下オイルの補修	⊙																																		
	A-707	2 DP/C変圧器フィルター交換	⊙																																		
	S-130	2号D/G発電機電機子温度計切替S.W交換	⊙																																		
	A-102	格納容器冷媒ポンプ吐出弁補修	⊙																																		
条 件	⊙: 停止依頼書あり ※: 旋回クレーン使用 ⊕: 停電あり ⊕: Na取扱作業																																				
	⊕: 放管立台 ○: 労基署立台 ⊙: 局立 ⊕: 酸欠危険作業																																				

11月実績工程表 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				
				金	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	
補修	放管棟	放管棟パッケージ蒸気ライン補修	㊟																																		
	S-101, 102	D/G系揚水P, 出口流量計点検整備	㊟																																		
	A-403 他	1次主, EMF, 主P制御装置コンデンサ交換	㊟																																		
	A-504	純化系P, L計EMFコンデンサ交換	㊟																																		
	R-501	格納容器バルブV84-93補修	㊟																																		
	屋外	航空障害灯ランプ交換	㊟																																		
工事	A-802	冷却塔付帯設備工事	㊟																																		
	RPU	S/Aケーブルコネクタ改造																																			
	屋外	屋外投光器据付工事																																			
	"	フォークリフト車庫設置及び補装工事																																			
	主冷	外壁補修工事																																			
	A-106 他	燃料洗浄処理設備改造																																			
	R-501	常陽オベフロアクリル糊製作設置																																			
	A-712 他	核計装アース工事	㊟																																		
	付属, 屋上	冷却塔点検台塗装工事																																			
	A-405	圧空C/P出口逆止弁の改造	㊟																																		
	主冷, 付属	避雷針設備補修工事																																			
	床下	ケーブル布設工事																																			
	メンテナンス	換気扇ケーブル布設工事																																			
その他	B-412, 408	バウンダリ閉作業																																			
	A-706, 707	保護継電器設定値変更	㊟																																		
	A-710	中制室空調器調整交換	㊟																																		
	A-102	格納容器フロンレシーバタンク冷媒充填																																			
	R-102, 109	格納容器遮コン, ベデプロワ/T	㊟																																		
	A-204 他	ケーブルベネN ₂ 供給配管作業																																			
	A-712	1次Na純化系レコーダ用抵抗本設化	㊟																																		
	A-712, R-104	自動P, L計流量指示異常調査	㊟																																		
	R-712, S-402	局立リハーサル(2次系計装品)	㊟																																		
	中制	CRDモータブレーキ変換器校正	㊟																																		
	"	S/A警報設定値確認	㊟																																		
	A-712	格納容器床下温度計不具合調査	㊟																																		
	A-102	格納容器チャコールフィルタの交換	㊟																																		
	A-712, R-501	FFD-DN法ノイズ調査	㊟																																		
条件	㊟: 停止依頼書あり		※: 旋回クレーン使用	㊟: 停電あり		㊟: Na取扱作業																															
	㊟: 放管立合		○: 労基署立合	㊟: 局立		㊟: 酸欠危険作業																															

12月実績工程表 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	水	木	金	土	日
点検	A-712	警報装置作動検査 (F F D)	⊙							リレー	⊙A-202																											
	A-712, R-501 他	原子炉保護系点検	⊙																																			
	A-106, 108	700-1廃液カクN ₂ 加圧ライン圧力計点検	⊙																																			
	シュミレータ (1 F)	第1種圧力容器性能検査	⊙																																			
	R-501	旋回クレーン保守点検	⊙																																			
	付 属	エレベータ保守点検	⊙																																			
	R-601, RPU	R/VNa レベル計/C点検	⊙																																			
	付属, 格内, マチナ	41系, 84系, 79系年末点検																																				
	主 冷	空調設備自主点検	⊙																																			
	付属, 北側	補機系水透過設備処理水槽入口弁分解点検																																				
補修	A-704	遮コン系温度記録計補修	⊙																																			
	S-102	空調系補給水P, 出口流量計清掃	⊙																																			
	付 属	付属空調フィルター交換ダンパー補修	⊙																																			
	A-104, 712	廃ガス系ANNリレー交換	⊙																																			
	放管棟	放管棟貯湯槽減圧弁補修	⊙																																			
	A-106	アルコール廃液タンクN ₂ 供給ライン補修	⊙																																			
	A-208	予熱N ₂ 系油カクカクガム交換	⊙																																			
	A-407	燃料洗浄室系給気ファンベルト交換	⊙																																			
	主 冷	蒸気ライン補修																																				
	A-504	予熱ヒータコントローラ不具合調査	⊙																																			
	A-505	1次現場制御室系給気ファンベルト調査	⊙																																			
工事	「常陽」外周	P. P設備補修工事																																				
	付属, 床下	CRDM状態記録装置ケーブル布設残工事	⊙																																			
	付属, 屋上	補機冷却系設備配管塗装工事																																				
	主 冷	外壁補修工事																																				
その他	A-712	F F D - D N法警報設定値変更																																				
	屋 外	屋外マンホール塗装																																				
	付 属	フィルターインプレッション試験	⊙																																			
	S-602	2次主P (B) O P U異音調査	⊙																																			
	S-402	2次純化系充填弁 (4B) 不具合調査, 補修	⊙																																			
	付 属	付属空調アルコールフィルター交換及び点検調査	⊙																																			
	A-712	F F D - プラット特性試験																																				
条 件	シ: 停止依頼書あり	※: 旋回クレーン使用	㊦: 停電あり	㊧: Na取扱作業																																		
	ホ: 放管立合	○: 労基署立合	◎: 局立	㊨: 酸欠危険作業																																		

添付資料 2

高速実験炉「常陽」における保守技術開発の成果と今後の展望

1. まえがき

高速実験炉「常陽」は日本で初めて建設された高速炉であり、昭和52年4月の初臨界以来種類の困難をのりこえて、実プラントでなければ得られない多くの運転保守技術に関する経験を蓄積してきた。これは純国産技術で建設された高速炉の運転保守に関する自主技術確立のため、その計画案から実践までを自らの手で行なってきた賜であると信ずる。「常陽」は我国の高速開発を行なっていくうえでその成果をまとめ次のステップへ継承していかなければならない使命を帯びているといえる。

「常陽」の建設の目的として、(1)その設計・製作・建設および運転を通じて高速炉プラントの経験を得る。(2)高速炉燃料および材料の照射試験施設として利用する。という2点が掲げられており、増殖炉炉心でのMark-I運転で高速炉としてのプラントの成立性を証明し、その後より効果的な照射試験を行うために照射用炉心への大規模な改造が行なわれ、Mark-II照射運転を開始し現在に至っている。

しかしながら高速炉の研究開発項目は多岐にわたっており、その開発が進むにつれて安全性の向上あるいは信頼性向上といった技術開発が強く望まれており、「常陽」の利用目的も単なる照射施設としての利用だけではなく、Na技術の開発や安全性評価などのために工学的試験施設としての利用、先行炉としての性能向上、被ばく低減等の実プラントに密着した技術開発、そして新しい技術の実験・実証の場としての利用など将来炉の開発のために、まだ果たさねばならない役割が数多くある。

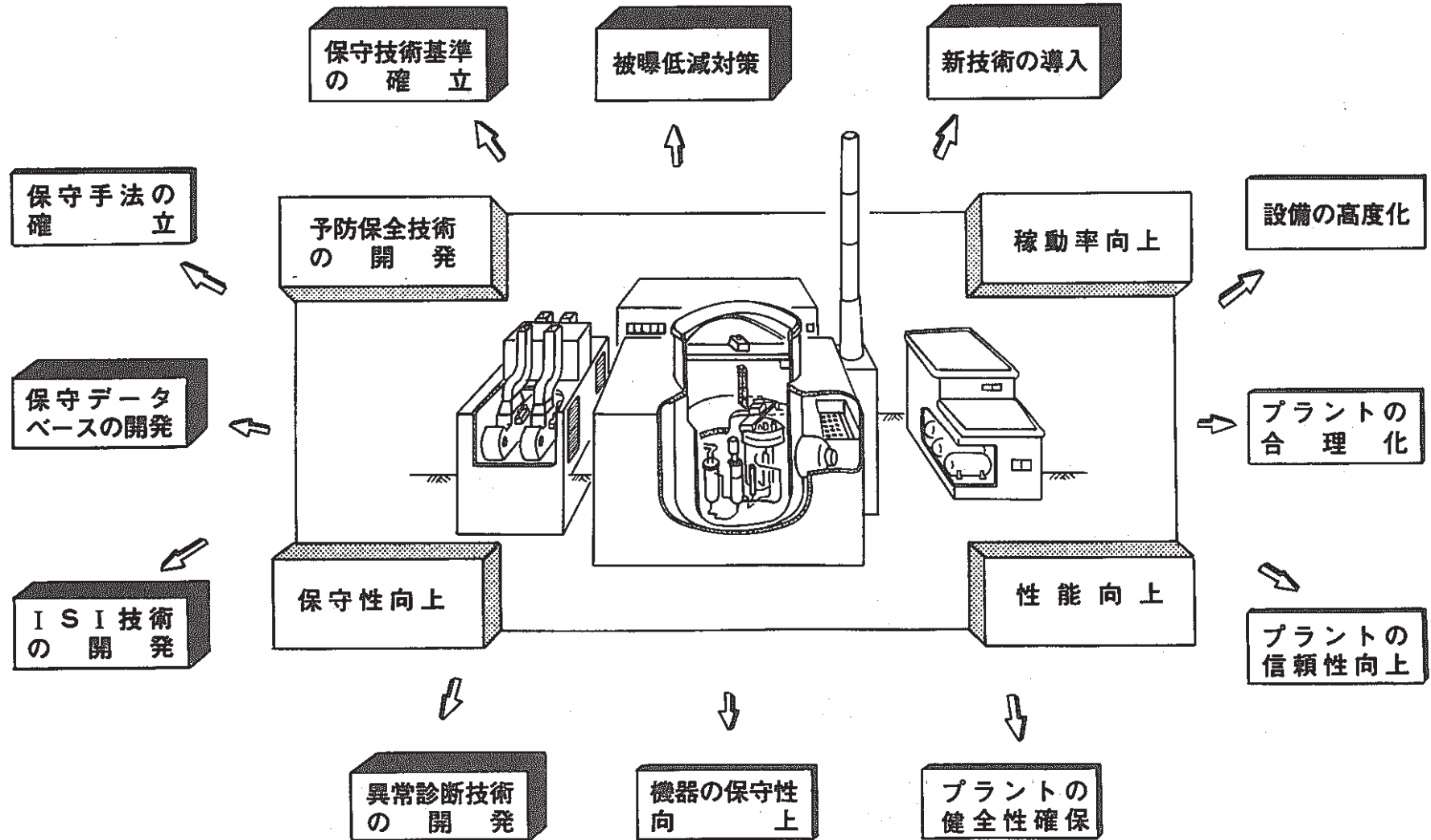
「常陽」が我国唯一の高速実験炉として、その役割を果たすためには、安定した運転とこれを支える的確な保守技術が要求され、これまでの技術の蓄積の基礎の上に、さらに高速炉の運転・保守技術を、高度化していくことは、ひとり「常陽」のためだけではなく将来炉への提言・技術の継承としても貴重なものである。また、これらの技術をより高度にかつ、信頼性のあるものにするためには、各システムのよりいっそうの高性能化を図るとともに、被ばく低減などの保守技術を含めた予防保全技術の開発や、これらを総括する保守技術管理システムの普遍化と体系化を行い、将来炉に向けてのコスト低減に取り組まなくてはならない。

ここに、今までに高速実験炉「常陽」でつちかわれてきた保守技術に関する成果を整理するとともに今後の保守技術開発の展望を行い、「常陽」における保守技術開発の指針とする。

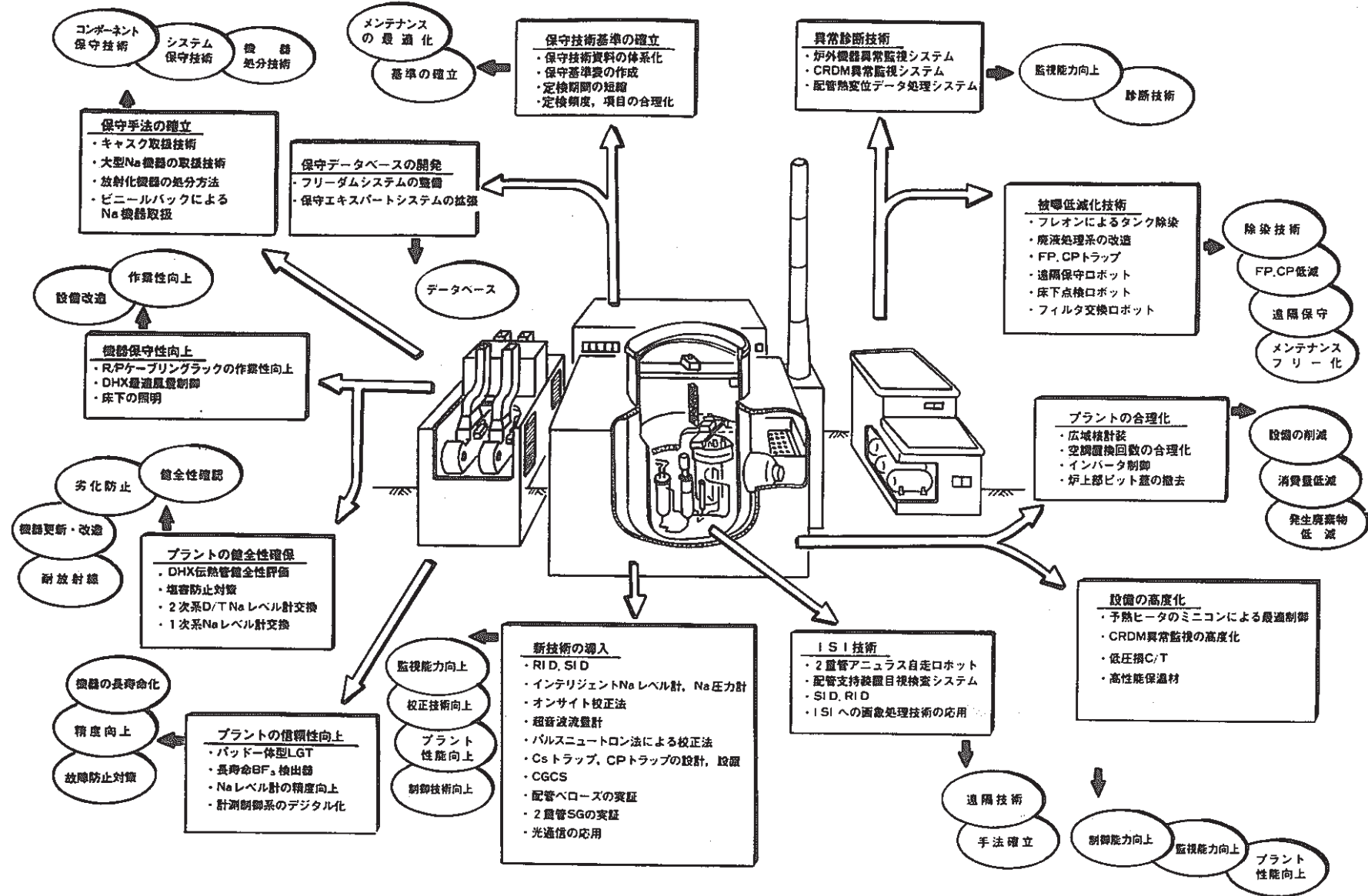
2. 常陽における保守技術開発の展望

常陽における保守技術の開発成果と今後の開発計画について、項目のリストアップを行い、開発効果別の分類を行った。

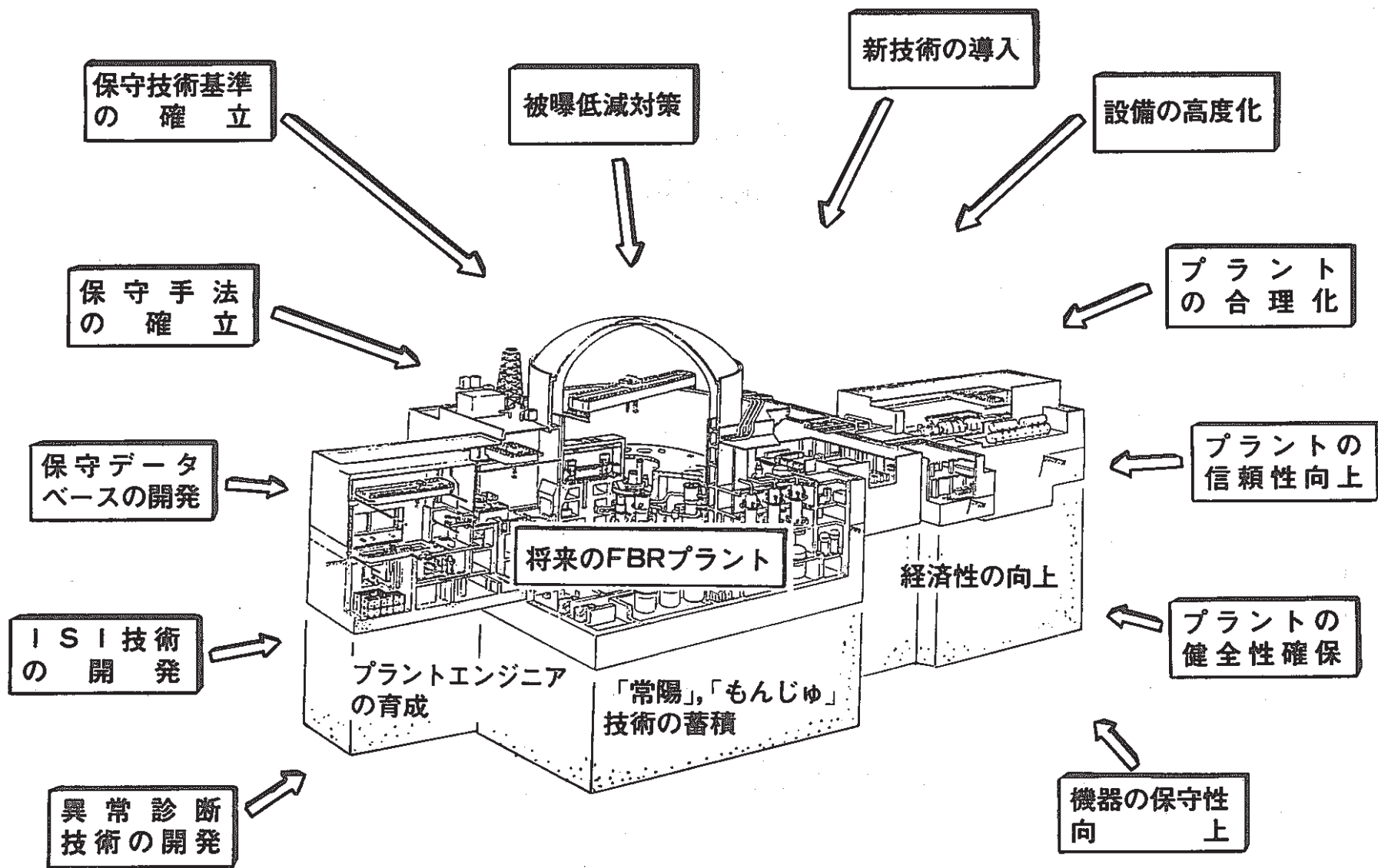
1. 「常陽」における保守技術開発の展望



2. 「常陽」における保守技術開発の展開

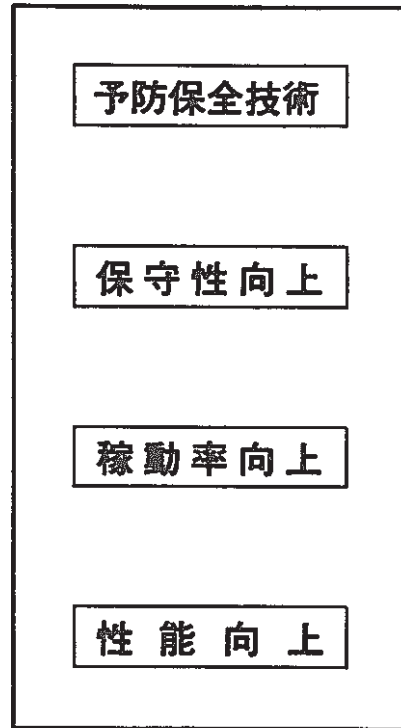


3. 保守技術開発成果の反映

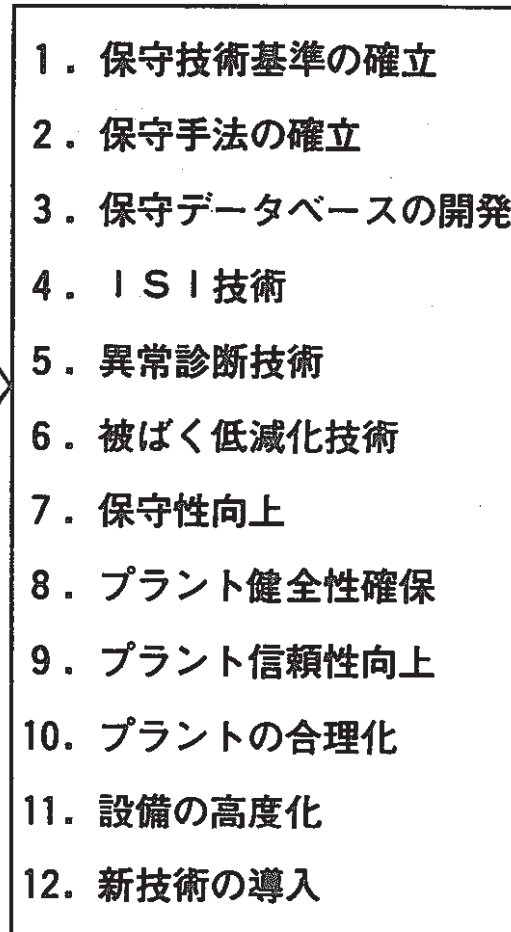


高速実験炉「常陽」における保守技術開発

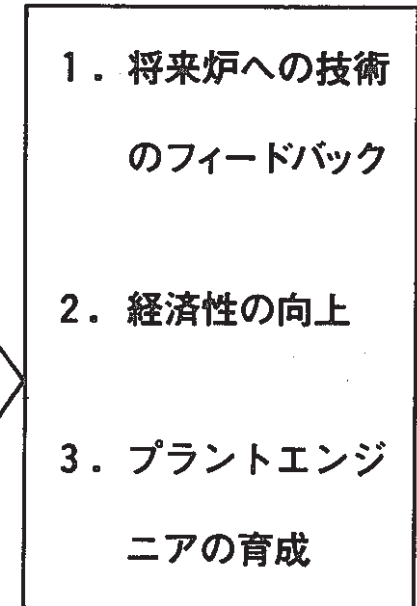
基本的考え方



手段



成果の反映



3. 保守データベースの開発

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)														
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70				
データベース	FREEDOMシステムの開発														FREEDOMシステムの整備	→
	保守エキスパートシステムの開発														保守エキスパートシステムの拡張	→
	CREDOへの参加とPRAの支援															→
	JOMEC作成															→
	機器台帳の整備															→

4. I S I 技術

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)										
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">手 法 確 立</div>	<ul style="list-style-type: none"> — ISI規格ASME Sec XI の適用 — 1次系機器・配管のISIとプラント状態 — Na配管供用中溶接技術 — 2次系サーベランス材取り出し手法の確立 											▶
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">遠 隔 技 術</div>	— 2重管アニュラス自走ロボットの開発											▶
	— 配管支持装置目視検査システムの開発											▶
	— ISI目視検査への画像処理の応用											▶
	— DHX 伝熱管監視装置の開発											▶
	— SID, RIDの設置											▶

5. 異常診断技術

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)												
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		
監視能力向上	パルス法による信号線路診断													
	TOSMAPの設置													
	炉外機器異常監視システムの開発													
	配管熱変位測定装置設置													
	CRDM異常監視システム													
診断技術	保守エキスパートシステムの開発													
	保守エキスパートシステムの拡張													

6. 被ばく低減化技術 (含 アルファベット計画)

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)												
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		
除 染 技 術	1次主ポンプの除染													
	水ジェットによる廃液タンク除染													
	フレオンによるタンク除染技術開発													→
	化学除染の適用													→
FP,CP低減	燃料洗浄廃液の性状分析													
	廃液処理設備の改造と運転													
	Csトラップの設置													
	FPトラップの設置													→
	CPトラップの設置													→
遠 隔 保 守	フィルタ交換ロボットの開発													
	性能向上													→
	遠隔保守ロボットの開発													→
	床下点検ロボットの開発													→

7. 保守性向上

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)											
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	
作業性向上	CRDMケーブルコネクタの改造												
	ケーブリングラックの作業性向上			→									
	補助電源盤の設置(電源盤点検)												
	格納容器床下グレーチング設置			→									
設備改造	高速炉における床下照明のあり方												
	中性子検出器の国産化												
	2次Ar ガス系Na ベーパビルドアップ対策												
	主送風機風量最適制御方式の検討												
	コンクリート遮蔽体冷却ブロック用オートグリスタの改造												

8. プラントの健全性確保

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)																		
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70								
健全性確認	<ul style="list-style-type: none"> — 1次主ポンプ分解点検 — 予熱ヒータ健全性評価 — 2次主ポンプメカニカルシール健全性確認 																			
	<ul style="list-style-type: none"> — DHX 伝熱管健全性評価 — 2次主ポンプ分解点検 																			
塩害防止	<ul style="list-style-type: none"> — 主送風機・主ポンプモータ等へのスペースヒータ取付 — 空調設備ガラリ改造 — 給気フィルタユニット改造 — 塩害モニター — 補機系冷却塔交換 — 主送風機ベーン材質変更 																			
	<ul style="list-style-type: none"> — 塩害防止のためのフィルタ設置 																			
耐放射線	<ul style="list-style-type: none"> — 格納容器床下機器設置位置変更による耐放射線性向上 — 床下機器・部品の耐放射線化 																			
機器更新造	<ul style="list-style-type: none"> — 無停電電源設備の蓄電池交換 — 一般排水設備改造 — 2次系プロセス計装品の交換 																			
	<ul style="list-style-type: none"> — 2次ArガスV/T再生方法の検討計 — 2次D/T新型液面計の設計及び交換 — 1次主冷系長寿命液面計の設計及び交換 																			

9. プラントの信頼性向上

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)													
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70			
機器の 長寿命化		パッド部一体化 下部案内管の開発													
		長寿命BF ₃ 検出器の開発													
精度向上	<ul style="list-style-type: none"> — ロジック盤の改造 — — C/A熱電対のドリフト対策 — キャンベル出力方程式の定式化 														
		炉容器液面計の特性補正による精度向上													
		計測・制御装置のデジタル化													
		廃液タンク液面計の改造													
故障防止対策	<ul style="list-style-type: none"> — 1次主ポンプ対流防止板の設置 — メカスナ固着防止止策(新型潤滑油) — CRDスクラム検出コイル取出部改造 — 瞬停防止回路の設置 														

10. プラントの合理化

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)												
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		
設備の削除	格納容器貫通部冷却系の停止													
	広域核計装 設備の開発 炉上部ピット蓋の撤去													
消費電力低減	空調設備置換回数の合理化													
	各種回転機器へのインバータ制御の適用													
発生廃棄物 低 減	機器洗浄槽の設置													
	アルコール廃液処理設備の設置													

11. 設備の高度化

項 目	成 果	開 発 計 画 (年度)																					
		60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70											
制御能力向上	DHX制御のインテリジェンス化																						
監視能力向上	制御棒スクラム時間測定の自動化																						
	煙式Na L/D の性能評価																						
プラント性能向上	Naレベル計較正の自動化																						
	フィルタ交換ロボットの開発																						
	もんじゅメカスナ健全性評価																						

3. 高速炉保守技術開発項目の流れ図

常陽における保守技術開発項目について、過去の成果ならびに今後の展開を詳細に記載し、その開発の流れを示す流れ図を作成した。各項目の分類は系統別に行った。

原子炉冷却系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
1次主ポンプ対流防止板の効果	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">"もんじゅ"モックアップポンプ試験時にNa軸受スティック</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">アウターケーシングとインナケーシング内筒間隙部におけるArガス対流による温度差が原因の熱変位と判明</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">対流防止板の開発</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">"もんじゅ"モックアップ試験により実証</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">1次主ポンプB分解点検時に対流防止板取付温度差、ケーシング変位ともに大巾に減少</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">B号機 Na軸受に摺動跡あり</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">B号機に取付けられているサーベランステストピースの取外し（6ブロック中の）1つ対流防止板の取付</div>	<原因は同じ>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">1次主ポンプA分解点検時に対流防止板取付温度差、ケーシング変位ともに大巾に減少</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">A号機 Na軸受に摺動跡あり</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">B号機点検結果よりA号機点検、改造の必要ありと判断</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">1次主ポンプ運転基準値の見直し、緩和</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">プラントの稼働率向上</div>					
1次主ポンプ分解点検結果											

Na軸受負荷容量を越えて運転しても主ポンプスティックには直ちに結びつかない。

原子炉冷却系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
1次系機器内部のNa付着状況				<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">2重構造のため、バウンダリ溶接部へのアクセス困難</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">主ポンプA号機分解点検時にTVカメラをアウターケーシング内へ降出し、溶接線、Na付着状況を確認</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">機器内Naは良くドレンされている。溶接線の健全性確認</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ISIとして有効（ルーフ型FBRのISIの1手段）</div>							
電動弁の経年劣化と対策		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">掘付後初めて電動弁の点検を行い、故障箇所とその原因を明確にした。</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">第2回点検を行ない、点検頻度を定めた。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">空気作動弁についても点検実施</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">点検に伴うプラント状態、点検手法を確立した。</div>							

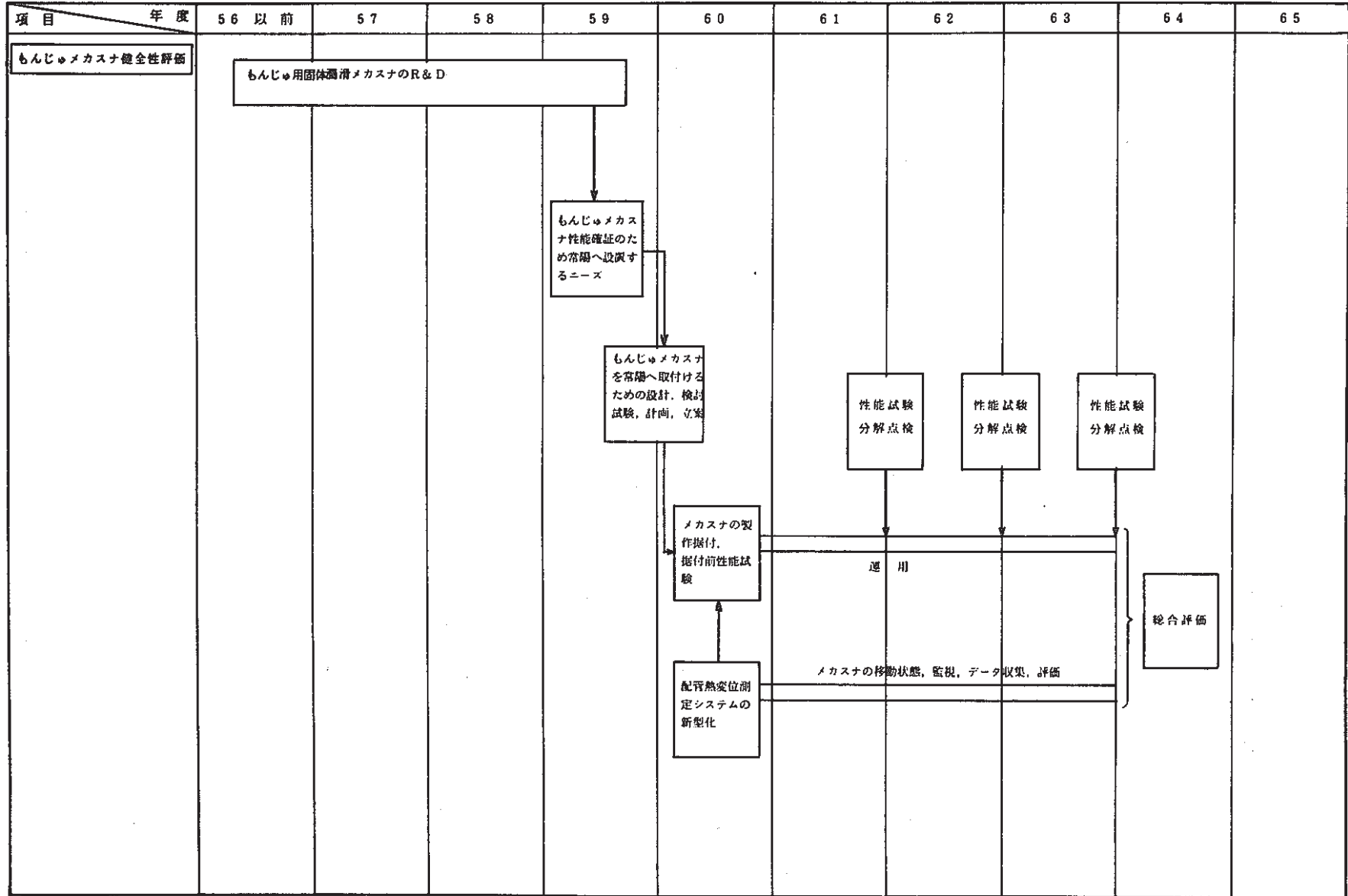
原子炉冷却系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">1次主ポンプのCP分布と除染技術</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">1次主ポンプB号機分解点検時CP分布測定、コールドレグ機器のCP分布、付替機式を確認</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">CP除去には物理除染が有効</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">B号機分解点検時高汚染機器のビニールバックによる移動システム、ビニールバックによる系統への装荷方法等を確立</div>				<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">A号機分解点検にも適用</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">汚染Na機器取扱手法の確立</div>						
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ビニールバックを用いたNa機器の取扱技術</div>										

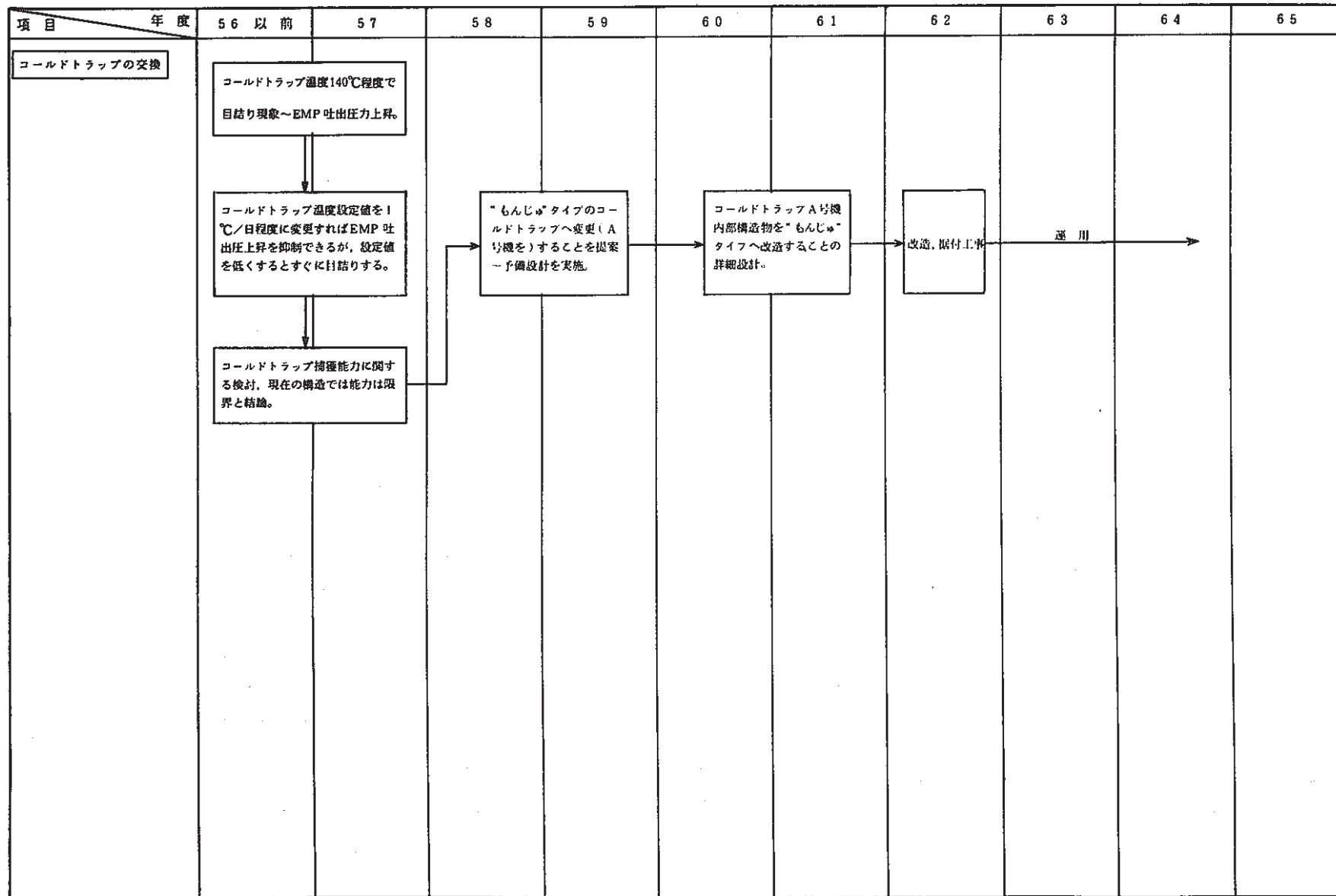
原子炉冷却系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
メカスナ困窮現象とその対策	56年度までに1次系134台、2次系16台の交換が完了			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">2F2でメカスナ困窮発見。原因はS-3グリッドと判明</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">常備で点検の結果15台に困窮を発見</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">14台を軽水が用(耐放射線性低)グリッドへ交換</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">FBR用に新グリッドを開発</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S3グリッドは5×10¹⁷R以上で作動性が改善される。</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">新開発グリッド7台、“もんじゅ”メカスナ6台を常備に取付け、配管熱変位測定システムによりモニタ、および定検毎に取出しての作動試験を実施</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">“もんじゅ”メカスナの共同研究立案</div>						

原子炉冷却系統



原子炉冷却系統



原子炉冷却系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
2次系保設コールドトラップによる初期純化方法の確立	総合機能試験中に仮設CTにより系統の初期純化を行ない、その効果を確認し、さらに捕集不純物の同定及びこれらのCT内分布挙動に関するデータを得た。									
2次主ポンプモータ及び主送風機モータへのスペースヒータ取付(モータの絶縁劣化防止法の確立)	主ポンプ用モータの絶縁低下防止対策としてモータにスペースヒータを取付けて停止時はヒータをONとするようにした。	主送風機モータにも同様の絶縁低下現象が認められたため、スペースヒータを設置して対処した。								
2次Arガス系の改造	<p>オーバーフロー-NaによるO/FタンクからD/TへのArガス巻込みが確認された。</p> <p>ベーパートラップ及びArガス系配管へのNaベーパー負荷が増大した。</p> <p>オーバーフロー-Na量を減らす為Naの汲上げ量を6/3 m³/Hから4/2 m³/Hに変更</p> <p>ガス巻込量をこれ以上低下させることは不可</p> <p>B/Fの追加 単位面積当たりのNaベーパー付着量を低くする為に配管径のサイズアップ 弁の着脱時の保守機能向上させるため継手をフランジとした。</p>									

原子炉冷却系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
2次主ポンプメカニカルシールの健全性評価	<p>2次主ポンプのメカニカルシールは、点検の都度上部シールリングに欠けが見られ、その原因が明確でない。また、1次系に比べて点検頻度が高い。従ってその対策が必要となった。</p>		<p>A側は欠けが認められたが、無含浸カーボンを用いたB側には欠けが認められなかった。従ってA側にも無含浸カーボンを採用した。</p> <p>潤滑油ラインの戻りラインにエア抜きを良くするための改造を実施した。</p>			<p>シールリングの点検結果より検討評価をする。</p>	<p>前年度の検討結果を実機で再確認、評価</p>			
	<p>・A,B共に欠けが認められた。 ・上部シールリングの材質を従来のカーボンより無含浸カーボン（B側のみ）に交換した。 ・より良い潤滑性をもたらせるために油の戻りラインのエア抜きラインを改造する必要が生じた。</p>					<p>次回からの点検制度、方法等へ反映</p>				
2次 Ar ガス系ベータトラップ再生検討				<p>2次系呼吸ラインのベータトラップを流れるArガスの量が多い為に当ラインに設置してあるV.Tの閉塞が懸念される。従ってその対策が必要である。</p>		<p>ベータトラップの再生方法の調査・検討</p>	<p>再生実施評価</p>			
2次補助系へのサンプリングライン設置				<p>2次補助系のPL計が出力の上昇と共に閉塞する傾向が確認されている。この原因がNaの純度（第3物質の混入）によるものかどうかNaのサンプリング装置を設置して調べる。</p>		<p>流量回復しなかった場合サンプリング装置検封</p>	<p>据付実施</p>	<p>評価</p>		
2次補助プラグング計改造及び性能評価				<p>当PL計は出力上昇と共に閉塞するようになりPL計の機能を全く果たさなくなってしまう原因はPL計出入口にあるフィルターの目詰りと結論付けた。</p>		<p>フィルターの交換実施</p>	<p>性能評価</p>			

原子炉冷却系統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;"> 配管ベローズ設置計画及び性能評価 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 主送風機廻り塩害防止用フィルタの設置 </div>					<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;"> ループタイプFBRの1次系配管を簡素化し、コストダウンを図る手段の一つとして配管ベローズでの採用が検討され、ベローズ本体の開発試験が進められている。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 2次系に於ける主送風機、主冷却器は外気と直接接触するために、他の機器に比べて特に海塩粒子等による腐食が激しい。従ってこれらの防止対策が必要である。 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;"> 「常備」2次系での配管ベローズ性能検証に関するフィージビリティ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 塩害防止用フィルターの設置検討計画 </div>			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;"> 据付実施 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 評価 </div>		

原子炉冷却系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> DHX 制御のインテリジェンス化 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 50MW時熱衝撃検討 ・2次系Na流量低下時の温度制御性不良 ・2次系Na流量と空気流量のコストダウンカーブの不一致 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 異常時に補助調節器を設置 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 100 MW出力上昇に関して制御性の検討を実施 ・過渡時の熱衝撃を許容値内に制限するフィードフォワード制御が必要 ・インターロックによる不連続制御が必要 ・ベーン開度上限近傍での制御ゲイン補償が必要 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 運転上の要求により原子炉入口温度一定制御法の検討 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> マイコン利用の制御システムに改造 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 100 MW性能試験及び検証 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 運用 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 主送風機へのブレーキ設置 (空気冷却器内冷却材の異常時に於ける過冷却防止法の確立) </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 主送風機にブレーキ設置 </div>									

核 計 装 設 備

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">広域核計装設備の開発</div>			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 「常陽」国産核分裂計数管の開発にともない、広域系への適用試験を行なった。 この結果、耐久性、作動特性とも良好な結果が得られ、広域用として充分使用できることが確認された。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 広域用前置増幅器の試作試験により良好な作動特性が確認された。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 広域試験用核分裂計数管の搬付 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 広域用核計装システムの特性試験及び耐久試験を実施。 約2年間トラブルフリーの実績 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 実機適用のための総合試験 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 総合評価 </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 実機製作・搬付 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 性能評価 </div>	

核 計 装 設 備

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
中性子検出器の国産化											
1. 核分裂計数管		<p>75 MW第6サイクルまで耐久性、適合性試験を行ない、次の結果が得られた。</p> <p>(1) パルス系で 5×10^3 cps までの直線性を有することが確認された。</p> <p>(2) 起動系と中間系のオーバーラップは2桁得られた。</p> <p>(3) 逆のないパルス波形が得られた。</p> <p>(4) 全照射量 1.19×10^{17} nvt に対し検出器の特性に変化は見られなかった。</p>	<p>「常陽」における核分裂計数管の国産化の確立</p>	<p>「常陽」起動系CH-1 中間系CH-4に交換品として実装。定格出力100 MW運転で良好な作動が確認された。</p>	<p>「常陽」中間系CH3, CH-5に実装し、定格100 MW運転で良好な作動が確認された。</p>						
2. ガンマ線補償型電離箱 (CIC)		<p>昭和54年4月から昭和56年12月まで約2年半にわたり、100 MW (45日/サイクル) で10サイクル分に相当する 8.4×10^{18} nvt (γ線照射量約 2.7×10^3 R) まで照射を行ない、良好な作動性を有することが確認された。</p>									

核 計 装 設 備

項目	年 度	56 以 前	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
パルス反射法による信号線路の異常診断												
		<p><状 況></p> <p>① ch1検出器と上限位置でペリオド計、計数率計の指示がフルスケール中でランダムに振れる。</p> <p>② ch1検出器下限位置で計数率計が、不連続に1cpsを指示する。また、本症状は検出器の引抜・挿入操作時に発生する確率が高い。</p>										
		<p><技術的検討></p> <p>信号線の異常に起因した指示の不安定現象であると考えられたため、パルス反射法により異常の発生箇所と異常の現われ方を正確に把握することにした。</p>										
	<p><診断結果></p> <p>検出器を下限位置から徐々に引抜いたところ中間位置でパルス波列が変化した。パルス反射波より、案内管のコネクタボックス内で接触不良又は、断線状態が生じていることが考察された。</p>											

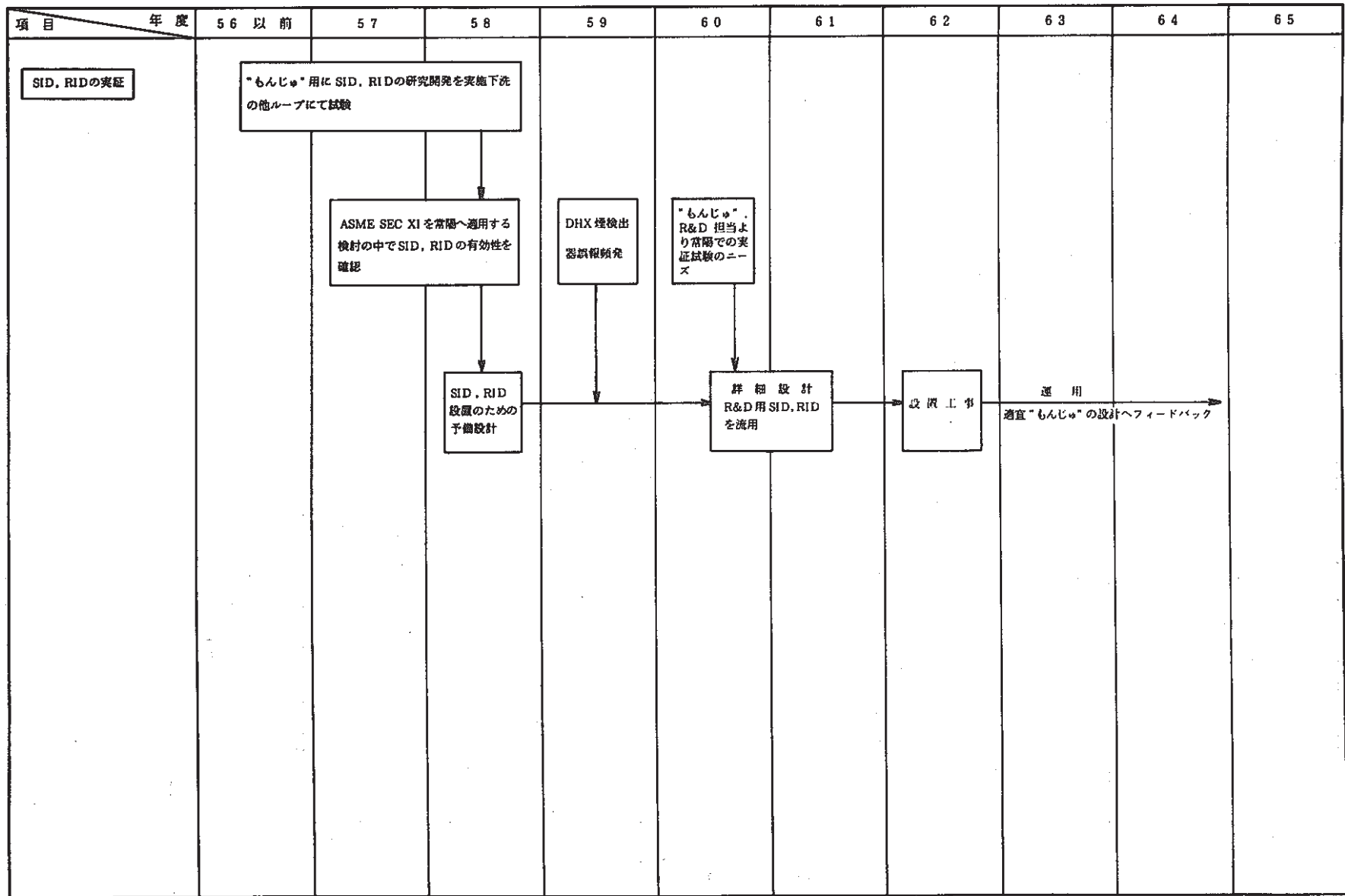
核 計 装 設 備

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
キャンベル法出力方程式の定式化		統計的変動法を用いた中間系の低出力領域で指示が低下する現象が観測された。									
		↓									
		統計的変動法の指示低下特性の表現式を導き、数値計算を行なった。									
		↓									
		「常備」出力50KW以下で実際に観測された指示低下値と計算の結果はよく一致した。									

核 計 装 設 備

項目	年 度	56 以 前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
<div data-bbox="286 261 495 296" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> ペリオド計特定数の設定 </div>		<div data-bbox="533 261 674 520" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 臨界試験時に起動系のペリオド短の警報が頻繁に発生した。 原因はペリオド計のマルチポンプ回路の出力電圧のゆらぎによると判明した。 </div> <div data-bbox="533 520 674 555" style="text-align: center;">↓</div> <div data-bbox="533 555 674 624" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> ペリオド計の特定数を大きくした。 </div> <div data-bbox="533 624 674 659" style="text-align: center;">↓</div> <div data-bbox="533 659 674 858" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 変更後の特定数と応答速度は他の原子炉と比較して十分に小さいため安全であることが確認された。 </div>									

計測制御系統



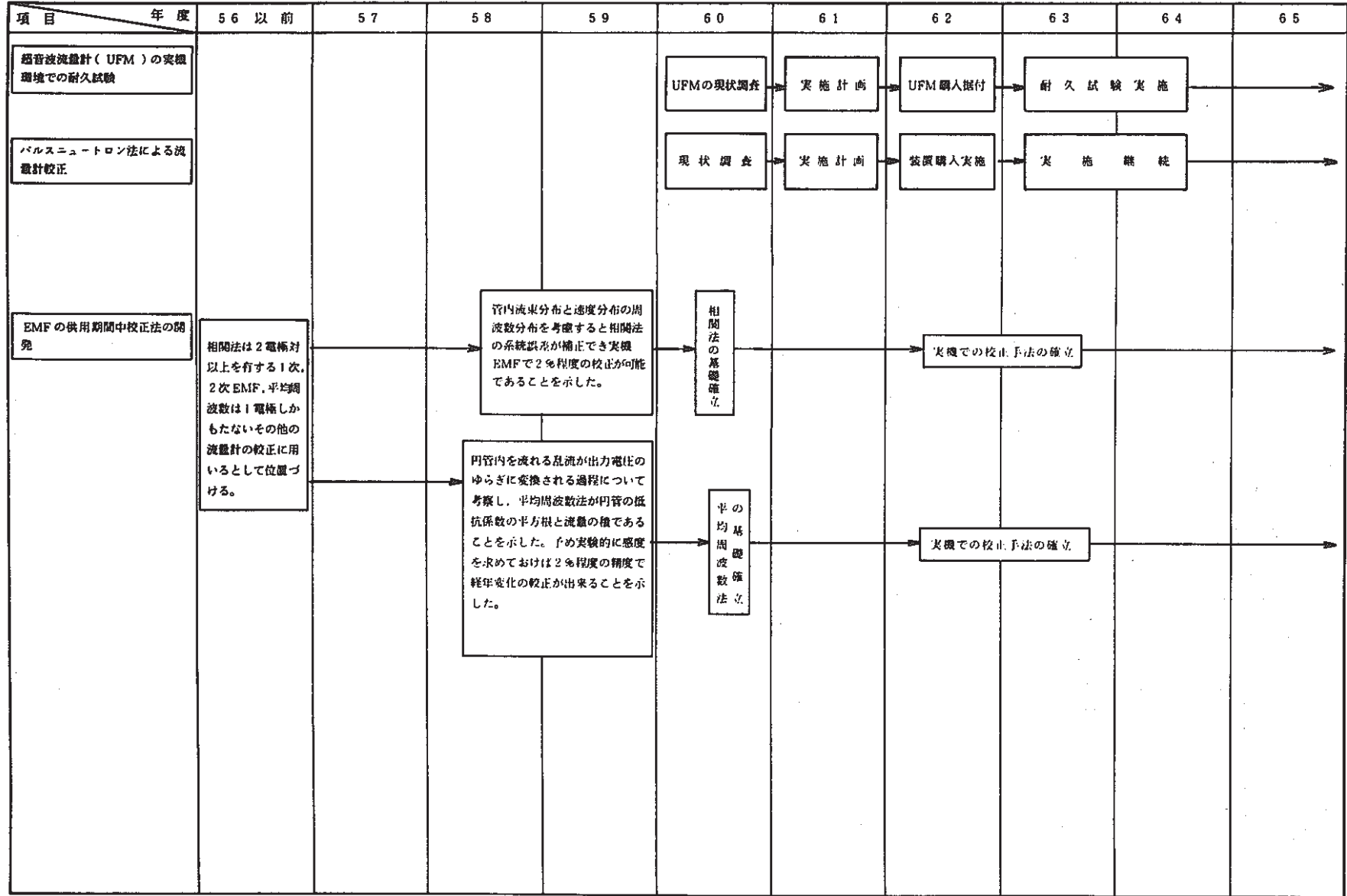
計測制御系統

項目	年度	56以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
CAT/Cのドリフト対策		<p>1次系、2次系T/Cの校正を実施したところ精度を逸脱しているものがあった。 ドリフトは初期に発生し、あとは増加しない。</p>									
		<p>供用前にエージングすることがドリフト対策として有効である。</p>	<p>定検毎にエージング済T/Cと交換を実施。 取外したT/Cの校正を実施、エージング条件を確立。 ドリフト対策済のT/Cは交換不要</p>								

計測制御系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 制御系への光通信の適用 (光ベネ等) </div>						<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 現在使用されている光通信設備の調査及び使用範囲の設定 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> ベネ部を光通信にするための基礎設計、試作及び試験 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 基礎試験 計 価 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 実機設置 </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 評 価 </div>

計測制御系統



計 測 制 御 系 統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
制御棒スクラム時間測定装置の開発	制御棒のスクラム時間測定は測定器を準備しなければ測定不可能		原子炉運転中に発生した意図しないスクラムに対しては、時間測定が不可能								
	スクラム時間自動測定装置の検討、設計										
	CR-2にて試行		結果は従来までの測定装置(電磁オシロ)との測定差はmax 6m secで良好である。		75 MW第3サイクルまでのCRD性能確認試験の結果、スクラム時間自動測定装置の使用が可能となった。						
	MK-II移行 CR-1~6の全制御棒にスクラム時間自動測定装置取付。 補助继电器盤V断設し、スクラム時間表示パネル、デジタルプリンタ設置			100 MW 定 格 運 転							
				効果 (1) 原子炉運転中意図しないスクラム発生時の時間が自動測定でき、データ収録が可能。 (2) 自動化による監視、操作性の向上が図れる。							

計測制御系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
CRD スクラム検出コイル取出し MI ケーブルの改造		<p>MK-II 移行時 CR-I のスクラム 検出 コイル取出し部を 損傷した。</p>	<p>検討 スクラム検出コイルを内部配線にする。</p>	<p>上部案内管予備品 を内部配線にする。</p>			<p>上部案内管交換時、 CRDM を内部配線 に改造する。</p>			

計測制御系統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
長寿命 BF ₃ 検出器の開発					現在使用している BF ₃ 検出器は5サイクルしか使用できない。	検討の結果 現在している検出器では、ガス洩れ及びガス質の変化が生じる。	長寿命の BF ₃ 検出器 検討	検出器 試作	実機に 装着	機能 評価	実機の使用可能又は不可能かを判断する。	

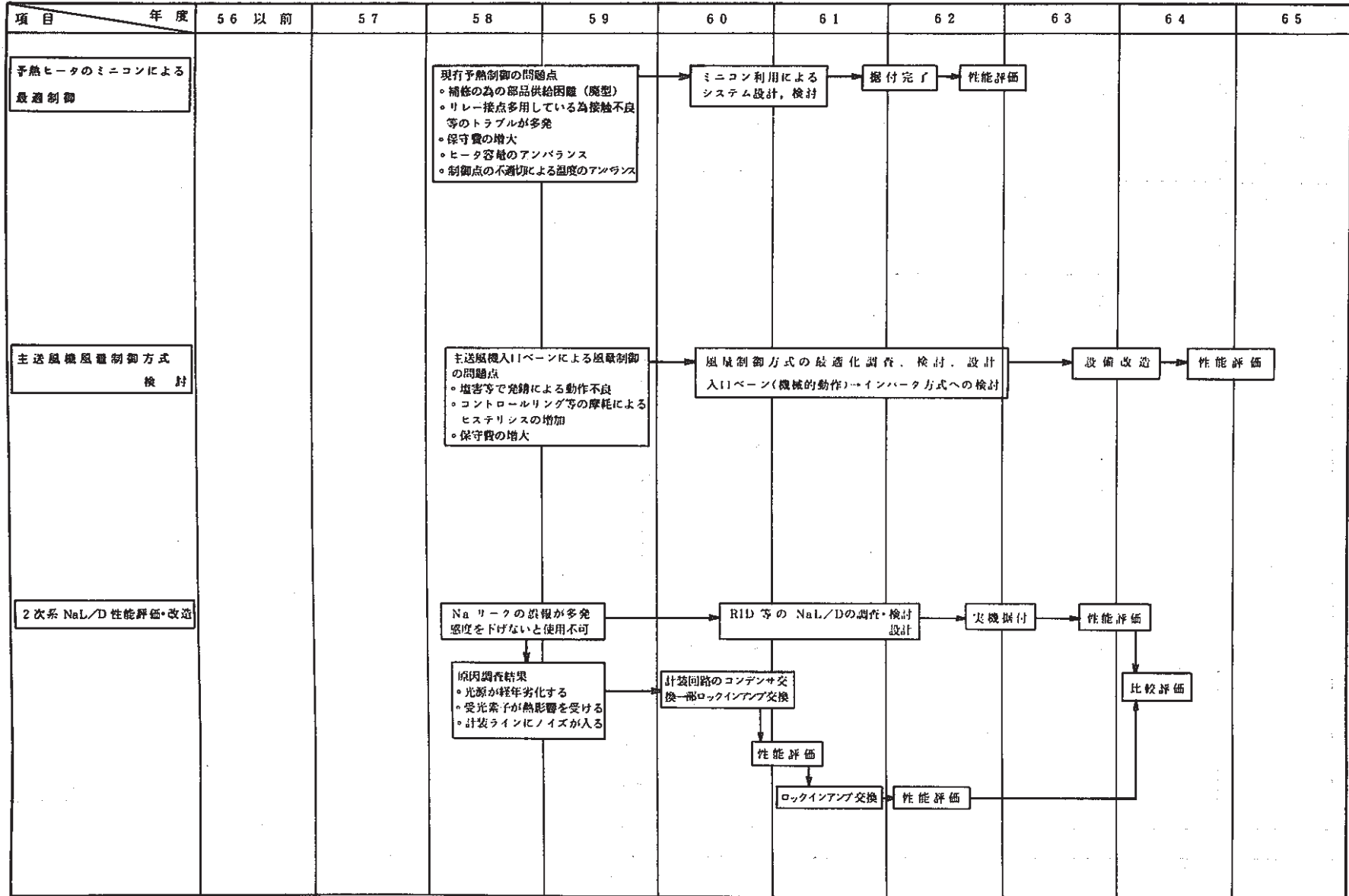
計測制御系統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
ロジック盤改良				<p>米岡セーラム原子力発電所にて、原子炉自動停止装置不動作発生</p>							
				<p>「常備」の原子炉保護系（ロジック盤）の改良検討</p>		<p>安全性に係わる改良 リレー励磁にスクラム・一斉挿入信号を発生していたものをリレー無励磁にて発生する様にした。</p>					
						<p>点検機能に係る改良 原子炉運転中点検の行なえなかったロジック盤最終段リレーの点検を可能とした。</p>					
						<p>実機応用</p>					
						<p>効果</p> <p>(1) 電源断によるスクラム、一斉挿入機能の喪失を回避した。</p> <p>(2) ロジック盤の健全性の確認が可能となった。</p>					

計測制御系統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
CRDM 異常監視装置の開発					CRダッシュラムのスプリングによりLG Tダッシュポット部で干渉発生	<p>検 討 従来は、CRDMの引抜挿入時の異常荷重によるCRDMの保護のみを行っていたが検討を行った結果以下の事についても測定する必要がある。</p> <p>1) CRDM つかみ操作時に於けるCR荷重特性</p> <p>2) CRDMの引抜挿入時の荷重特性及び経年変化</p> <p>3) ダンピングコイル及びスクラムコイルの特性及び経年変化</p>	CRDM 特性記録装置製作	CRDM 特性記録装置により CRDM 特性採取	CRDM 異常監視装置ソフト開発	CRDM 特性記録装置を改造し、CRDM 異常監視を行う。	

計測制御系系統



格納容器雰囲気調整系統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
床下での電磁弁据付方法		<p>床下圧空作動弁用電磁弁に使用されているプラスチック製の部品がMK-II運転になり劣化が著しく現われるようになった。これは、パイロット用電磁弁の心臓部ともいえるインサートというプラスチック製部品が床下の線量増加および温度上昇で劣化速度が上昇したものである。</p>									
					<p>床下電磁弁取り付け場所の検討および改造用電磁弁の機種選定</p>	<p>取り付け場所については、電磁弁のメンテナンス性を考慮しアキュームレタ傍に取り付けた。また、改造用の電磁弁はインサート部を金属製に交換することで電磁弁の劣化防止を計った。</p>					
					<p>現電磁弁の部品では原子炉を1サイクル運転するだけでAir 洩れ等の不具合が発生する</p>	<p>原子炉出口運転中における改造用電磁弁の性能評価。 また、据付場所変更に伴う電磁弁の影響の評価。</p>					

格納容器雰囲気調整系統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
床下気密対策		<p>53年に窒素漏洩量確認試験を実施。その結果、床下雰囲気圧+50mmAq(大気圧より)における窒素消費量が設計時の予想値65Nm³/hを大中にこえる190Nm³/hであった。</p> <p>再循環系ダクト補修等の対策</p> <p>補修対策により窒素消費量を85Nm³/hまで減少させた。</p> <p>本試験により床下の気密は負圧にしない限り保たれることが確認された。また、同圧力を+25mmAqにすることでN₂消費量を1/3程度に減少させることも確認された。</p>									
		<p>床下雰囲気圧力を50mmAq以下の運転を実施 窒素消費量は以下の通りであった。</p> <p>(1) 50 MW 出力運転時 平均 79.5 m³/h (2) 75 MW 出力運転時 平均 47.8 m³/h (3) 100 MW 出力運転時 平均 66.2 m³/h (第7サイクルまで)</p>									

格納容器雰囲気調整系統

項.目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
チャコールフィルター交換 基準の検討 (非常用ガス処理装置)		S 53. 6 ~ S 59. 4 までヨウ素によるチャコールフィルター吸着試験を実施。 その結果、チャコールフィルターの除去効率は有機ヨウ素の場合約10年で基準値を下回ることが確認された。										
					チャコールフィルター交換品の選定							
				チャコールフィルター交換器のチャコール詰め替え	チャコールフィルター交換に伴なうリーク試験費額の検討							
					チャコールフィルター交換							
					ヨウ素吸着試験によるチャコールフィルターの除去効率評価 チャコールフィルター交換基準の確立							
チャコールフィルター交換基準の検討				チャコールフィルターは従来2~3年に1度交換していた。交換基準の適正化が必要	チャコールの吸着効率試験による性能評価 外部に於ける交換基準等の情報収集 チャコールフィルターより高性能フィルターの調査							
						検討・評価						
						基準化						

格納容器雰囲気調整系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
<div data-bbox="295 247 526 319" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> チョコフィルターの吸着試験法の確立 </div>	<div data-bbox="548 239 683 343" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> (53年度) 吸着試験装置の製作 </div> <div data-bbox="548 383 683 518" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> (54年度) 50MW使用前検査による吸着試験 </div> <div data-bbox="548 558 683 662" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> (55年度) 第1回定期検査による吸着試験 </div> <div data-bbox="548 726 683 813" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 第2回定期検査による吸着試験 </div>	<div data-bbox="705 726 840 813" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 第3回定期検査による吸着試験 </div> <div data-bbox="638 837 795 909" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 排気精線ラインの一部改造 </div> <div data-bbox="728 1069 918 1165" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> これまで試験経験による不具合箇所の見直し検討 </div>	<div data-bbox="862 829 985 901" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 試験装置改造 (No1) </div>	<div data-bbox="1008 726 1142 813" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 第4回定期検査による吸着試験 </div>	<div data-bbox="1086 829 1220 901" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 試験装置改造 (No2) </div>	<div data-bbox="1164 726 1299 813" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 第5回定期検査による吸着試験 </div> <div data-bbox="1288 877 1489 965" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 試験装置改造終了、試験マニュアル確立 </div>				

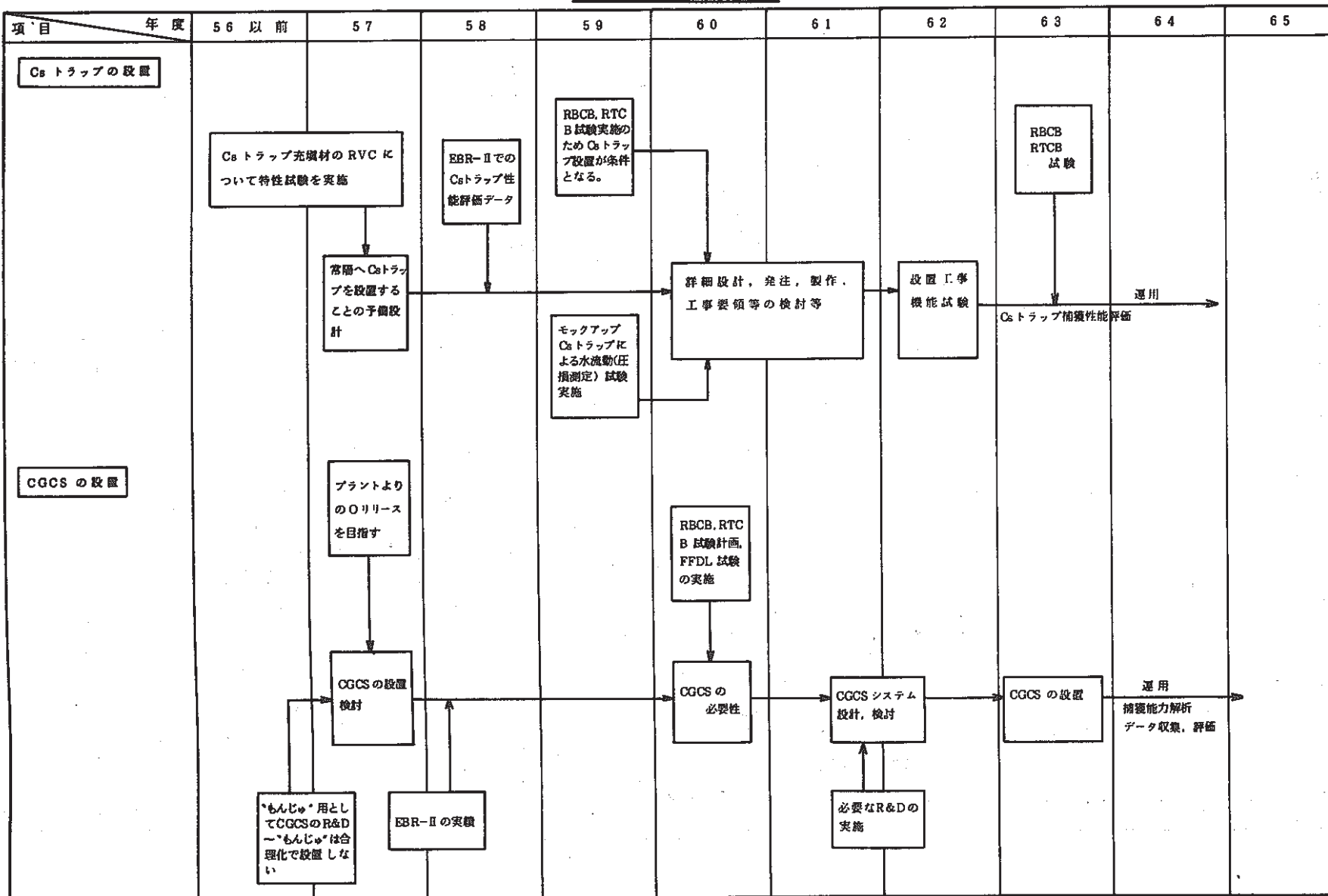
格納容器雰囲気調整換気設備系統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
N ₂ 雰囲気中の部品 材質変更 ① エアフィルタ・ルブリケータのカップ材質変更 ② 電磁弁のパイロットバルブ機構材質変更 ③ コントロールモータ内制御機構材質変更				<状況> エアフィルタ・ルブリケータのカップ（アクリル製）に亀裂等が生じる。 原因として熱・放射線による影響がある。		<対策> エアフィルタ・ルブリケータのカップ材質をアクリルより金属製に変更した。	<評価> 炉運転（第6・第7サイクル）後のカップを点検した結果は、特に異常は認められなかった。				
			<状況> 電磁弁より作用用圧力気体の漏洩が生じる。 原因として電磁弁のパイロットバルブ（プラスチック製）機構が熱・放射線の影響により破損する。		<対策①> 電磁弁内パイロットバルブ機構の材質をプラスチックより金属製に変更した。						
			<状況> ダンパ駆動用コントロールモータ内制御機構のカム（プラスチック製）が熱・放射線の影響により破損し制御不能となる。		<対策②> コントロールモータ内制御機構のカムの材質をプラスチック製より金属製に変更した。						
							<対策③> 電磁弁の据付位置の変更	<評価> 性能評価			
											<評価> 性能評価

雰囲気調整換気設備系統

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
N ₂ 雰囲気中の検出器取付位置変更		床下に設置されているプロセス用計器（圧力発信器）の高温又は高放射線量状況下における部品の劣化防止メンテナンスおよびメンテナンス時の被曝低減検討									
			同計器を空気雰囲気中に移設し部品の劣化防止メンテナンス性の向上を計った。 (対象計器) 6台								

廃棄物処理設備



廃棄物処理設備系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
高レベル廃液タンク除染	<p>MK-II 移行に伴う燃料洗浄廃液により高レベル廃液タンクの総量が上昇し、作業員の被曝が問題となった。</p> <p>↓</p> <p>部内特別対策委員で検討の結果当該タンクの除染が決定された。</p>	<p>高レベル廃液タンクの効果的な除染方法について検討の結果、高圧水ジェット洗浄によりCPを剥離しフィルターに回収する方法を採用これにより当該タンク室の空間線量は約1/10に低減された。</p>			<p>100MW 第7サイクル終了に伴い、この間高レベル廃液タンクに排出した燃料洗浄廃液により再び空間線量率が上昇した。よって、前回同様の装置を用い高レベル廃液タンクの除染を行い被曝低減と除染技術の蓄積を図った。</p>	<p>廃液タンク除染 4/30 ~ 6/21</p>				
「常陽」燃料洗浄廃液性状分析			<p>「常陽」燃料洗浄廃液対策の総合検討</p>	<p>第1回燃料洗浄廃液性状分析</p>	<p>第2回燃料洗浄廃液分析</p>					
「常陽」燃料洗浄廃液処理設備の改造				<p>1次主P洗浄廃液性状分析</p>	<p>機器洗浄廃液性状分析</p>					
				<p>「常陽」燃料洗浄廃液処理設備の改造に係る詳細設計、認可申請</p>	<p>認可</p>	<p>現地掘付改造工事</p>	<p>局立合格証</p>			<p>運転データの蓄積、データ評価</p>

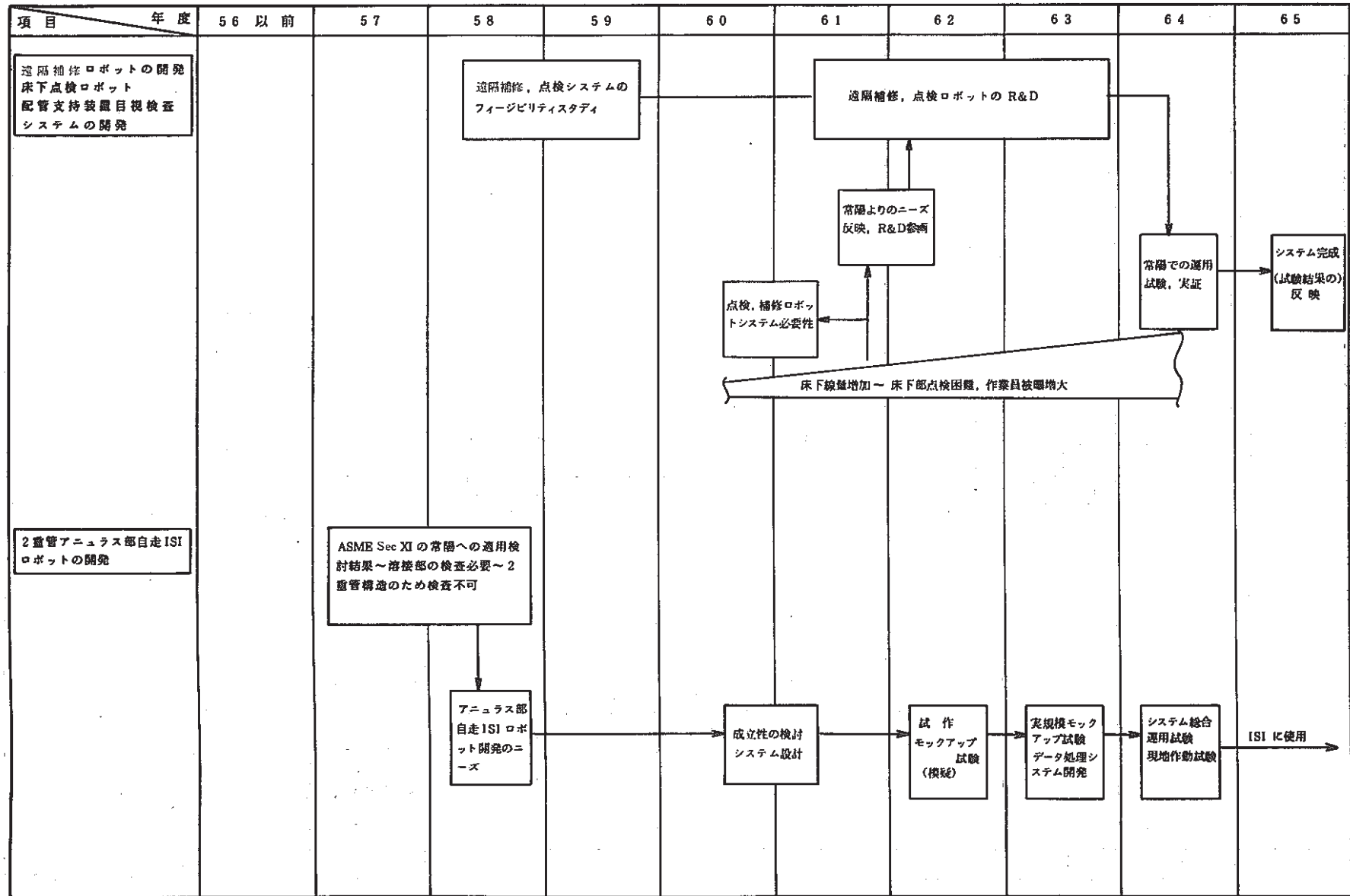
廃棄物処理設備系統

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
アルコール廃液処理設備の設置	<p>燃料取扱（洗浄）設備より発生するアルコール廃液は水及び放射性ナトリウムを含んでおり、その処理が容易でない。燃交母にアルコール廃液が発生するので放射性廃液が増大する。</p> <p>アルコール廃液低減への検討</p> <p>アルコール廃液処理設備の設置</p> <p>性能評価 → 運用</p>									
廃ガスC/P、圧空C/Pの点検頻度と手法確立によるコスト低減	<p>運転状態、摩耗程度に拘らず、部品交換、分解点検を実施（マニュアル通り）</p> <p>点検頻度と交換部品の見直し</p>	<p>点検頻度を見極めるため運転時間を延長した。</p>	<p>全分解は1回/年 消耗部品は再使用又は交換とし 点検頻度は2倍 交換部品と点検費用は1/2になった。</p>							

I S I

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
ASME Sec XI の常備への適用と検査結果	ASME Sec XI Div 3が正式発行	Sec. XIの常備への適用を検討 検査項目を明らかにする。								
1次系機器配管のISIとプラント状態	<ul style="list-style-type: none"> ・1次主配管 ISI ・サポート点検 	<ul style="list-style-type: none"> ・1次主配管 ISI (ファイバースコープを用いた検査) ・EMPダクト ISI ・サポート点検 	<ul style="list-style-type: none"> ・1次主配管 ISI ・DHX伝熱管ISI ・主ポンプアウターケーシング内面検査 ・1次系機器配管目視検査 ・2次主配管異材継手体積検査 ・サポート検査 	<ul style="list-style-type: none"> ・1次主配管 ISI ・サポート点検 						
		<ul style="list-style-type: none"> 異材継手の体積検査, 1次系機器配管の目視検査, SIDの設置 ISI頻度の決定 	<ul style="list-style-type: none"> 検査結果評価と不具合対策検討 	<ul style="list-style-type: none"> 対策(保温等)作業 						
		<ul style="list-style-type: none"> ISI時のプラント状態確立 予熱ヒータ 予熱N₂ガス系 								

I S I



項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
フィルター交換ロボットの開発		排気系フィルター交換時の被曝が懸念された。	フィルター交換時の被曝低減及び省力化対策 ↓ フィルター交換ロボットの試作	使用上の問題点の抽出		問題点を反映した交換ロボットの改良、検証		運用			
DHX 伝熱管健全性評価		DHX 伝熱管の健全性評価 ・材料のくさしろに対して充分余裕のあることがわかった。 ・塩害による伝熱管外面腐食のモニタが必要 ・伝熱管の熱変形のモニタが必要		伝熱管の点検・錆の性状分析 ・伝熱管の変形			これまでの健全性の評価の妥当性を確認するため伝熱管を切断し材料検査を行なう。		評価	ISI 方法の見直し	

I S I

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
2次系サーベイランス材取出し法の確立	<p>2次系の機器配管にもサーベイランス材が装着されており設計寿命中5回の取出し作業が計画されている。</p> <p>また、その作業のためのリハーサルを作業用キヤスク等を実施した。</p>									
	<p>ダンプタンク(約200°C)より試験片を取出す作業をキヤスク等を用いて実施し、その手法等を確立した。</p>	<p>主配管・オーバーフロータンク(共に常温)よりそれぞれ試験片を取出す作業を実施し</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶接手法 ・検査法 ・作業要領 <p>等についてその手法を確立した。</p>				<p>第2回目の取出し作業が予定されている。</p> <p>以降第3, 4, 5回と5年毎に計画</p>				
Na 浸漬材同士の再溶接手法の確立	<p>2次主冷却系配管のサーベイランス材取出し作業に於て、Naループで長時間使用された配管の再溶接が必要となる。</p> <p>これに備えてナトリウム配管溶接後の配管の健全性確認のための試験研究を実施し、その結果溶接施工及び取手性能上、問題ないことを確認した。</p>									

原子炉本体

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
一体型下部案内管の開発				<p>制御棒下部案内管は現在、パイプとパッド部を溶接している。</p> <p>このため、中性子照射によるスウェリング差により応力が発生し、溶接部を破損するため使用限界がある。</p>							
						<p>長寿命型制御棒下部案内管の検討</p> <p>パイプとパッド部を一体化することにより寿命をのばすことができる。</p>		<p>概念設計</p>		<p>製作</p>	<p>実機使用</p>

原子炉格納施設

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
PCV L/T 手法の標準化	第1回, 第2回全体漏洩率試験の実施	第3回全体漏洩率試験の実施 標準化				第4回全体漏洩率試験の実施 (標準化の実証)				

付属建家空調換気設備

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
付属空調省エネ運転検討 (空調システムの合理化)				付属建家空調換気設備の合理化検討 ・空気置換回数が必要以上に大きい							
				その結果以下の問題点が抽出 ・フィルター交換頻度の増大 ・軸受の " ・Vベルトの " ・プーリの摩耗の増大 ・保守費の増大 ・電力費の増大		省エネ・省コスト対策の検討 ・置換回数の見直し		評価			
						ファン類のプーリ径変更					
						インバータ回転数制御導入計画・検討実施					

諸 設 備

項目	年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
格納容器貫通部冷却系の停止		<p>2次系配管格納容器貫通部の熱通過時の熱衝撃を軽減させるため、貫通部コンクリートと同配管を断熱構造に改造した。</p>									
		<p>貫通部コンクリートへの入熱が低下した。</p>		<p>格納容器貫通部冷却系停止時のコンクリート温度飽和特性の把握</p>							
					<p>格納容器貫通部冷却系停止状態での原子炉運転の可否検討</p>						
					<p>停止が可能</p>						
					<p>定検費(保守費) 電力費の削減</p>						

諸 設 備

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
高性能保温材の開発				飽和制御による配管予熱の実証を検討						
			常陽の配管予熱特性評価 <ul style="list-style-type: none"> 昇温特性が場所により異なる。 予熱中の個々のヒータの ON-OFF 特性のバラつきが大きい。 系統 Na 循環時の配管表面温度指示のバラつきが大きい。 		問題点 <ul style="list-style-type: none"> 予熱制御の簡素化によるコストダウン T/C 削減によるコストダウン ISI, LD の合理的な適用の実現 保温材の軽量化による耐震荷重の低減 					
					高性能保温材の調査 検討計画	実機据付	性能評価			

メンテナンス設備

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
機器洗浄槽の設置	<p>小物のナトリウム付着機器の洗浄においてもポンプ洗浄槽しかなくユーティリティ、腐液発生量等の問題が発生した。</p> <p>↓</p> <p>機器洗浄槽の設計製作</p> <p>↓</p> <p>メンテナンス 建室内へ設置</p> <p>↓</p> <p>小物のナトリウム付着機器の洗浄開始</p>					<p>小物のナトリウム付着機器の洗浄に現在も使用中ユーティリティ(ST, N₂ガス)使用量の低減化腐液発生量の低減化に寄与している。</p>				

建 家 関 係

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65	
使用中中性子検出器の 処分方法の確立			<p>処理不可能 要因の抽出 及び処理条 件の決定</p> <p>↓</p> <p>「水中カッター 改造の検討」に ついて予備設計 を実施。 水中カッターを 改造すれば切断 処理が可能であ るとの結論を得 た。</p>			<p>水中カッター 改造の問題 項目等抽出</p>		<p>水中カッター 改造の詳細 設計、製作</p>	<p>水中カッター 据付、試運 転</p> <p>↓</p> <p>性能評価</p>	<p>中性子検出器の 切断処理</p>	

共 通

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
保守経験の蓄積と 将来炉への反映										
(1) JOMEC 作成			JoYo Operation and mainterane engineering compile として58年度まで の保守経験を1件1様に まとめる。		第1回 Review 系統別に分類し 製本	第2回 Review	第3回 Review	第4回 Review	第5回 Review	
(2) 大型炉要素技術の開発 (保守性からみた大型炉設計)					保守経験トピック 大型炉設計への のまとめ 適用性検討			常備保守経験からみ た大型炉設計の提 のまとめ		
(3) 常備-もんじゅ技術 開発検討会		<ul style="list-style-type: none"> 放射線管理設備運 転経験 廃棄物処理設備運 転経験 常備プラント経験 報告 	<ul style="list-style-type: none"> 第3回定検に係る 保守経験 MK-II 移行作業 		<ul style="list-style-type: none"> もんじゅフローシ ート検討会 常備修理報告書検討会 	<ul style="list-style-type: none"> もんじゅ制御盤検討会 もんじゅ燃焼系検討会 酸素濃度計使用経験 もんじゅ損害防止検討会 				

共通

項目 \ 年度	56 以前	57	58	59	60	61	62	63	64	65
故障データ集積と分析 (FREEDOM)			過去のデータ整理に着手	MK-I 期間中原子炉廻り、冷却系機器(25種)のデータ整理に本格的に取り組み、CREDO入力編集用データベース(FREEDOM)作成	MK-II 期間中原子炉廻り、冷却系機器(25種)対象にデータ整理、FREEDOM の処理機能拡充	MK-I、MK-II 期間中、冷却系、原子炉廻り対象機種拡張 FREEDOM 検索機能付加	MK-I、MK-II 期間中、対象システム拡張、FREEDOM、検索解析機能付加		定常データ入力、FREEDOM 本格運用	
保守支援エキスパートシステムの開発				エキスパートシステム支援ソフトウェア環境調査、フロン冷却機廻り保守エキスパートシステム試作	フロン冷却機廻りシステム refinement 保守エキスパートシステム構築一般手法確立 84系エキスパートシステム検討	84系保守エキスパートシステム製作	冷却系エキスパートシステム製作	制御設備保守エキスパートシステム製作	その他設備保守エキスパートシステム製作	保守エキスパートシステム本格運用
機器異常診断システム製作	流量計診断法開発				中性子検出器、その他計装検出器診断法開発	計装検出器診断系システム化(処理装置購入)	IHX, DHX 診断系追加拡充	Naポンプ診断系の追加拡充	診断システム本格運用	
大気中塩分濃度測定および腐食試験				大気中塩分濃度測定および腐食試験実施	同左継続、および取得データの評価解析実施		大気中塩分濃度測定腐食試験およびデータの評価解析継続。塩害対策策定			
耐放射線性振動計用チャージアンプの開発					耐放射線性確保のための基礎的要件調査		開発、試作		試用、評価	
ISI 目視検査等への画像処理技術の応用					画像処理周辺技術の調査研究		目視検査等への応用に関する基礎的検討		画像処理 ISI 装置の設計、試作、試用	