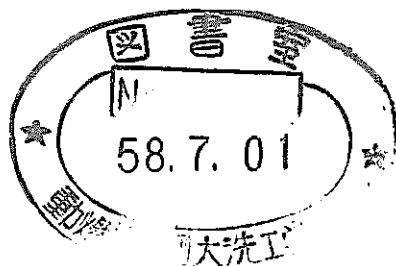


区分変更	
変更後資料番号	〃
決裁年月日	平成 13 年 7 月 31 日

高速実験炉「常陽」運転試験報告書

56年度補修依頼状況



1983年6月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

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

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

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

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



配 布 限 定

PNC^TN942 83-04

1 9 8 1 年 6 月

高速実験炉「常陽」運転試験報告書

56年度補修依頼状況

中 野 誠* 堀 来 利 元* 佐 野 建 治*
山 下 芳 興* 砂 押 博* 佐 藤 勲 雄*
溝 尾 宜 辰** 井 上 晃 次*

要 旨

高速実験炉「常陽」における56年度（56年4月1日～57年3月31日）に発生した補修依頼についてまとめたので報告する。

56年度は、75 MW 第4サイクルから第6サイクルまで運転し、57年1月から第3回定期点検とともに、照射炉心移行作業が開始された。この間に自然循環の試験も行なわれ、成功している。

56年度の修理依頼票発行件数は270件で、燃料取扱設備の25件を差し引くと245件となる。54年、55年、56年の3年間、件数ではほぼ一定となり、安定期に入っていると言えるであろう。この安定は年一回の定期点検、月例点検、週間点検などの定着化によるところが大である。依頼件数の270件のうち系統別にみると、2次冷却系、付属建家空調設備、格納容器雰囲気調整系が上位を占めており、全体に占める割合は減少したものの、件数の多い系統としては55年度にほぼ等しい。

補修原因には、計器、バルブ、制御盤が原因の主流を占めており、これも全体に占める割合は減少しているが、55年度と同じ傾向を示している。

補修特性についても動き度の小さい、人意性の少ない補修が多く55年度と傾向が同じである。しかし56年度は補修期間の長いものが多少目についた。

* 大洗工学センタ高速実験炉部原子炉第一課

** 大洗工学センタ高速実験炉部原子炉第二課



配 布 限 定

PNC^TN942 83-04

1 9 8 1 年 6 月

高速実験炉「常陽」運転試験報告書

56年度補修依頼状況

中野 誠* 堀 来 利 元* 佐 野 建 治*
山下 芳 興* 砂 押 博* 佐 藤 勲 雄*
溝 尾 宜 辰** 井 上 晃 次*

要 旨

高速実験炉「常陽」における56年度（56年4月1日～57年3月31日）に発生した補修依頼についてまとめたので報告する。

56年度は、75 MW第4サイクルから第6サイクルまで運転し、57年1月から第3回定期点検とともに、照射炉心移行作業が開始された。この間に自然循環の試験も行なわれ、成功している。

56年度の修理依頼票発行件数は270件で、燃料取扱設備の25件を差し引くと245件となる。54年、55年、56年の3年間、件数ではほぼ一定となり、安定期に入っていると言えるであろう。この安定は年一回の定期点検、月例点検、週間点検などの定着化によるところが大きい。依頼件数の270件のうち系統別にみると、2次冷却系、付属建家空調設備、格納容器雰囲気調整系が上位を占めており、全体に占める割合は減少したものの、件数の多い系統としては55年度にほぼ等しい。

補修原因には、計器、バルブ、制御盤が原因の主流を占めており、これも全体に占める割合は減少しているが、55年度と同じ傾向を示している。

補修特性についても動き度の小さい、人意性の少ない補修が多く55年度と傾向が同じである。しかし56年度は補修期間の長いものが多少目についた。

* 大洗工学センタ高速実験炉部原子炉第一課

** 大洗工学センタ高速実験炉部原子炉第二課



NOT FOR PUBLICATION

PNC T₀N942 83-04

Jun. 1983

Japan Experimental Fast Reactor "JOYO" Operation Report

Incidents Recorded during Operation

(April 1981 - March 1982)

M. Nakano^{*}, T. Horigome^{*}, K. Sano^{*},
Y. Yamashita^{*}, H. Sunaoshi^{*}, I. Sato^{*},
N. Mizō^{**} and T. Inoue^{*}

Abstract

This report deals with the incidents recorded during the period from April 1981 to March 1982.

During this period JOYO was operated 4th to 6th normal operation cycle at rated power 75MW. From January 1982, Mark two project was started.

270 incidents or troubles were requested to repair. Of these 12% were associated with the secondary sodium cooling system and 11% with the service building air conditioning system.

From the analysis of these incidents, the frequency of incidents involving instrument is highest. Valves and control panels are also high.

* Operating Section, Experimental Fast Reactor Division, Oarai Engineering Center, PNC

** Technical Section, Experimental Fast Reactor Division, Oarai Engineering Center, PNC

目 次

1. 月別修理依頼件数について	1
2. 系統別修理依頼件数について	6
3. 原因別補修件数について	16
4. 補修件数のクラスタリング	24
5. 各系統設備の補修傾向	33
6. あとがき	41
7. 参考資料	42

1. 月別修理依頼件数について

昭和56年度の高速実験炉「常陽」の工程を、ここに概略説明する(第1図参照)。56年度は75 MW第4サイクルの継続ではじまって、5月11日に終了している。5月29日燃料中心温度測定のための特殊運転が行われた。

6月16日から8月9日まで75 MW第5サイクルの運転が行われた。この間、7月1日にはブロワトリップ、7月25日にはオーバーフロー電磁ポンプトリップによって原子炉は停止した。

9月29日、30日、10月1日には自然循環予備試験が実施され、12月に行われる75 MWからの自然循環試験のための十分な予測が行われた。

2次主冷却系は予想以上に塩害がひどく、2次主送風機ベーンの痛みも激しいため、摺動部の注油およびリンク機構の調整を行って75 MW第6サイクルをむかえた。

75 MW第6サイクルは11月2日より開始された。しかし11月16日早朝に、2次主ポンプAの2次側ブラシ損耗により、ポンプ回転数が880 rpmに、流量が1230 m³/hrから1140 m³/hrに減少した。ブラシ交換のため原子炉を停止し、補修の後、18日に再び原子炉を起動した。このあと12月15日には30 MWからの自然循環試験を行った。この時一次、二次主循環ポンプも停止し、自然循環による除熱を確認した。

12月23日75 MW出力状態より、一次、二次主循環ポンプ、およびオーバーフローポンプ、ポンプモータ等全てを停止して自然循環試験を行った。集合体出口温度は、510℃から試験開始後60秒で412.5℃まで到達してその後下降していった。この際の1次系自然循環流量は、A、Bループとも約2%であり、2次系流量はAループが3~4%、Bループが2~3%と確認された。

57年1月から第3回の定期点検に入るとともに、増殖炉心(MK-II)移行のための炉心構成要素の交換が開始された。1月4日より17日まで、炉心燃料とダミー燃料集合体を置換して、照射炉心移行にあたって、十分な未臨界度を確認した。このあと18日より23日まで、制御棒駆動機構の全数撤去作業が行われた。照射炉心では全ての制御棒はスクラム機能を保持することになっており、その改造も含まれた。

1月30日より2月14日に第1回の炉心構成要素の交換作業が行われ25体の構成要素が貯蔵施設より、炉容器内に移送された。2月15日より3月6日まで制御棒下部案内管2体、3A3,3D3の交換作業が行われた。増殖炉心では、これら2体の下部案内管にもスクラム検出コイルの新たな取り付けが必要となったためである。

3月18日より第2回目の炉心構成要素の交換が行われ、3月末までに30体炉容器内に移送された。これと時期を同じくして、1次主ポンプ(B)インナケーシングに取り付けられているサーベランス材取り出しと、対流防止板の取り付けのため、ポンプ引抜作業が行われ、3月14日に系統よ

り引抜かれ、メンテナンス建物で改造のための洗浄、分解がはじまった。

昭和 56 年度の中央制御室から発行された補修依頼件数を主要工程とともに第 1 図に示した。57 年 1 月から運転グループの直員が、これまでと違って、燃料取扱設備の運転も直体制で実施した。いままでは燃料取扱系の運転および保守は、燃料取扱設備運転グループで実施していた関係から、修理依頼票を自から発行して自から補修することになり、修理依頼が発行され難い状態であったので、修理依頼件数が必ずしも当該系統の補修傾向を代表するものではないとの観点より燃料取扱設備に関する修理依頼はその対象からはずしていた。しかし、照射炉心移行期間は 10 ヶ月間あり、運転直員が燃料取扱設備の運転を実施して、保守は燃料取扱グループで行うようになり、原子炉プラントと同じ形態をとるようになったことから、全ての不具合に関して修理依頼が発行されるものと考え、対象に入れることにした。

56 年度の修理依頼件数は 270 件であった。この他にフィルタ交換連絡書が 20 件あった。付属空調系のフィルタ、ベルトの修理依頼については統括管理者までの承認を得る必要のない軽微な修理依頼であるということで、連絡書という簡略化された形式に変更された。フィルタについては 53 年 11 月よりベルトは 56 年度より連絡書という形式で直接中央制御室より、保守担当者に連絡書が回送されることになった。

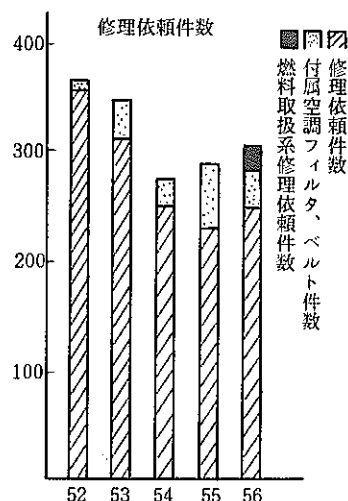
燃料取扱系の修理依頼は今回 25 件あったので、燃料取扱系、付属空調のフィルタ、ベルトに関する修理依頼を除くと 56 年度修理依頼件数は 245 件となる。なお 52 年度は 357 件、53 年度 312 件、54 年度 251 件、55 年度 229 件である。

第 1 図に燃料取扱系の補修依頼数も図示されているが、これは特に照射炉心移行が開始された 54 年 1 月より顕著になったことが明らかである。それ以前の 8 月および 10 月は、燃料取扱設備運転グループが発行した修理依頼である。運転と保守が同一グループで行われる関係で、修理依頼票の発行が極端に少い見本でもある。

52 年度より 56 年度までの修理依頼件数を図と表にまとめてみた。55 年度が最低を示しているが、54、55、56 年度は、ほぼ横ばい状態と言えるであろう。修理依頼件数はプラント運転状態にも大きく依存するので一概には言えないが、54 年度から安定期に入ったと言えるかも知れない。

56 年度の運転実績を第 1 表に示す。57 年 1 月より照射炉心移行作業に入った関係で、その稼働率は 38.2% と低調である。56 年 4 月より照射炉心開始までの 9 ヶ月では、50.7% となり 53 年度に等しい高稼働率となる。照射炉心

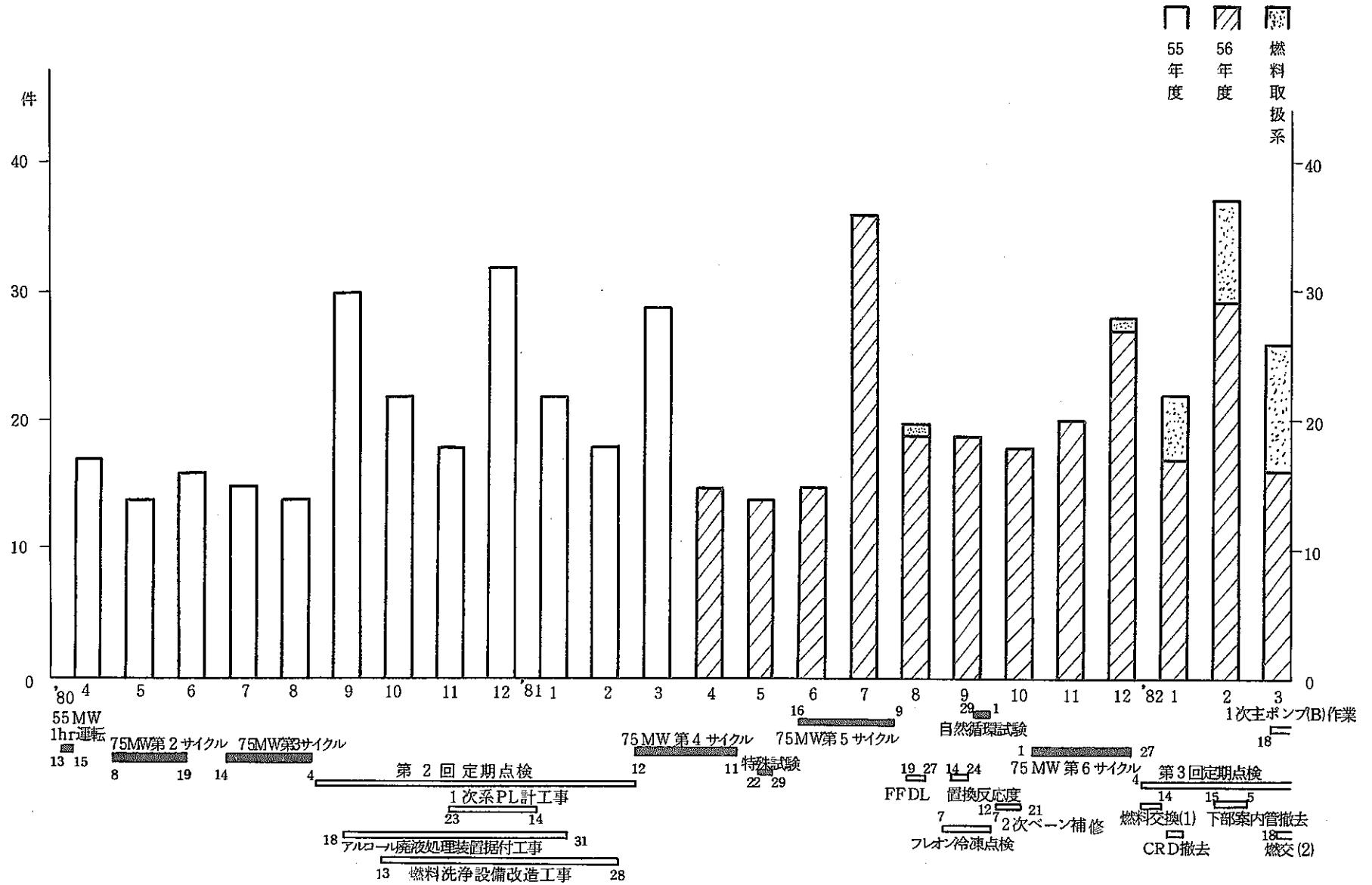
年度	修理依頼件数	フィルタ	ベルト
52	357	1	7
53	312	29	6
54	251	16	10
55	229	41	18
56	245	19	20



移行後は照射ベツトとして高稼働率を要求される。年間4サイクル運転が計画されているが1サイクル45日であると稼働率は良くて50%である。燃料供給計画、初期余剰反応度などの面で許されるならば、稼働率を上げるために1サイクルの期間を45日より長くとらねばなるまい。

なおここで増殖炉心終了にあたって「常陽」の歩みを下記しておく。

- 45年 2月 原子炉の設計許可(50 MW熱出力)
- 3月 建設に着手……建設契約締結
- 5月 鋳入式
- 47年 11月 東海プル燃で炉心燃料製造開始
- 49年 10月 原子炉機器据付および格納容器リークテスト完了
- 50年 5月 炉心燃料集合体、119本の製造完了
- 6月 ナトリウム受入開始
- 52年 4月 初臨界
- 53年 7月 50 MW出力達成
- 9月 50 MW使用前検査合格
- 75 MW運転のための設置変更の許可
- 同時に、MK-II(100 MW)炉止のための設置変更許可
- 54年 7月 75 MW出力達成
- 55年 2月 75 MW使用前検査合格
- 第1回定期検査合格
- 75 MW出力運転開始
- 56年 3月 第2回定期検査合格
- 12月 75 MW出力での自然循環試験
- 増殖炉心での75 MW出力運転サイクル終了
- 57年 1月 照射炉心への移行作業開始



第1図 月別補修依頼件数

第1表 56年度「常陽」運転実績

月	最高出力 MW	運転時間 hr (%)	停止時間 hr	当月積算出力 MWhr	積算出力 MWhr
56 4	75	720 (100)	0	53,355.72	5.0454×10^5
5	75	306 (41.1)	438	13,826	5.1836×10^5
6	75	326.53 (45.4)	393.47	21,795	5.4016×10^5
7	75	700 (94.1)	44	50,772	5.9093×10^5
8	75	116.96 (15.7)	627.04	7,413	5.9834×10^5
9	1	17.0 (2.4)	703	3.68	5.9834×10^5
10	1	40.68 (5.5)	703.32	2.25	5.98351×10^5
11	75	598.2 (83.1)	121.8	40,481.4	6.3883×10^5
12	75	524 (70.1)	220.0	34,497	6.7333×10^5
1	0	0	744.0	0	6.73330×10^5
2	0	0	672	0	6.73330×10^5
3	0	0	744.0	0	6.73330×10^5
計	—	3,349.37 (38.2)	5,410.63	2.22146×10^5	6.73330×10^5

原子炉運転時間の総計 12,976.97 hr

2. 系統別修理依頼件数について

系統別の修理依頼件数を第2図に示す。56年度は付属空調設備のフィルタおよびベルトに関して、修理依頼表からはずしたため、55年度の付属空調設備の修理依頼件数からベルトに関する18件を、56年度と比較するために除いた。しかし第3図の系統別年間修理依頼件数については、このような処置をしていないので、付属空調設備の修理依頼件数が見かけ上減少している。

第2図の系統別修理依頼件数をみると、56年度は55年度と似た傾向を示している。修理依頼件数の多い系統は、二次冷却系、付属空調設備、格納容器雰囲気調整系、一次冷却系、燃料取扱設備とつづいている。55年度は二次冷却系、一次冷却系、電源設備、付属空調設備、格納容器雰囲気調整系とつづく。56年度と55年度と比較すると、5系統のうち4系統については55年度も件数の多かった系統の中に入っており、電源設備だけが燃料取扱設備に置き変わっていて、傾向は類似していることがわかる。

55年度と比較して56年度に大きく変化した系統は燃料破損検出系である。8件が2件に減少している。しかし55年の8件のうち現象が消滅してしまったため、修理報告書が返却されなかったもの、修理報告書に「異常なし」と記載され返却されたものもあったので、実際にはそれほど大きな変化はしていない。

第3図の系統別年間修理依頼件数をみると、1次冷却系、2次冷却系、格納容器雰囲気調整系、付属空調設備に修理依頼件数の多いことがわかる。これは55年度における修理依頼件数の多い系統と同じであり、56年度も過去の傾向と類似していることを意味するものである。

上記系統の修理依頼件数が全体に占める割合を示してみると下記になる。()内は55年度

1次冷却系	11.5% (12.1%)
2次冷却系	9.3% (17.0%)
格納容器雰囲気調整系	10.4% (7.7%)
付属空調設備	10.7% (15.4%)
燃料取扱設備	9.6% (—)

修理依頼件数は平均化していることが特徴的である。

第4図に系統別月別修理依頼件数を示した。燃料取扱設備が、照射炉心移行に伴って運転直にて当該設備を運転はじめてから修理依頼件数が急激に増加しているのがわかる。照射炉心移行開始により燃料取扱設備（以下燃取設備と略す）の使用頻度が増加したためであり、運転担当と保守担当が別になったので、修理依頼票発行の必然性が生れたためであろう。実際の補修件数に近い修理依頼票が発行されたものと考えられる。

56年度修理依頼票に対する修理報告書は58年3月末までの分を拾い上げた。未報告は5件で

あった。メ切日が遅ければ、その数は減少するはずである。55年度はメ切日が56年12月末で、未報告は9件であった。

56年度末発行修理報告書5件は全て電源設備に関係するものである。これらを追跡調査してみると、

- (イ) 56年10月発行「非常系照明電源、電源喪失後の自動投入不良」
- (ロ) 56年12月発行「燃取用真空ポンプNFBスイッチ取手破損」
- (ハ) 57年2月発行「電源2C P/C各負荷順序投入回路不良」
- (ニ) 57年2月発行「4C電源用自動、手動投入不可」
- (ホ) 57年2月発行「原子炉付属コントロールセンタ過電流発生」

であり、(イ)、(ハ)、(ニ)項については、58年2月末から3月における100MW出力上昇試験中の電源喪失試験にて確認することと、いまだに修理報告が発行されていない。非常用照明電源の自動投入および2C P/C負荷投入回路については、出力上昇試験期間における5回の外部電源喪失時にも問題なく作動し、異常は認められなかった。4C電源投入回路については、2月17日の外部電源喪失試験時その異常が再度発見されたため、予備の遮断器と交換した。

燃取用真空ポンプNFBスイッチ取手は、58年度に新しい取手を買入することになり、近日中に取り付けられることであろう。

原子炉付属コントロールセンタ過電流については、燃取系で使用している原子炉付属3SC/C BANK-1AのNFBであり、使用頻度が少いため現在NFBを切として、調査されずにそのままになっている。

56年度の修理依頼であるので58年4月までには少なくとも1年は経過している。運転員は修理依頼を発行した機器、設備については、機器の切替時にも当該機器を運転しないように、また状態変化があったとき、当該機器が作動しなくても十分安全を保てるように、常に心にとめているものである。長期間修理が行われないと、運転員は、いつまでも記憶しておかねばならず上記のような注意が行きとどかなくなる恐れもある。原因調査はプラント状態にも大きく依存するものではあるが、発行から少なくとも1年以内に報告書が発行されることを切に望む次第である。

修理報告書に「異常なし」と回答されたものが37件ある。55年度は35件であった。56年度の「異常なし」を分析してみると、

1) 現象が消滅してしまったもの 26件

格納容器雰囲気調整系6件、付属建家空調系5件、一次冷却系4件、二次冷却系2件、出力制御設備2件、廃気設備2件、その他予熱N₂ガス系、非常用電源設備、火災報知器、補機冷却系、燃取系がそれぞれ1件づつあった。修理依頼件数の多い系統に、現象が消滅してしまって原因不明の件数が多いということは、原因不明がある系統に偏ることなく、全系統に分布しているこ

とを示している。しかし格納容器雰囲気調整系の内訳は6件中5件がフロン冷媒系に起因している。それらは、フロン冷凍機過冷却トリップ、冷凍機遠隔起動不可、冷凍機潤滑油圧力計指示不良、冷凍機ベーンコントロール不良、再循環冷却器入口冷媒圧力計指示不良、の5件である。冷媒系の運転には微妙な操作が要求され、原子炉出力変化や外乱に対して鋭敏である。従って事象の再現性が少ないため原因が判明し難いのであろう。運転員が介在する度合の多い系統であるが故に十二分の保守、整備によって信頼度を高めてほしい系統である。

2) 設備上いたしかたないもの 5件

格納容器雰囲気調整系N₂ヘッダ減圧弁圧力調整については、この減圧弁が調整ネジによってバネのスパンを調整しバネの力で弁を上下するタイプであり、調圧に時間がかかるのは構造上やむを得ないとの回答であった。

補機系揚水ポンプ下部軸受油漏れについては、オイルシールで完全なシールは難しく、最大1～2 cc/hrの漏れはやむを得ないとのことであった。

起動系チャンネル2の指示値が3.5 cpsあるのに、中性子束低の警報が発生してバイパスキーなしでは制御棒の引拔が出来ないという件に対しては、この指示計が対数目盛で、目盛が1.2.3.5.7となっており読みにくく、誤差範囲で問題ないという報告であった。

出力レンジの切替時に中性子束低の警報が発生した件については、レンジスイッチ切替時、回路が瞬間的にオープン状態になるが、すみやかに切替を行えば問題ないとの回答を得ている。小回転プラグ目標角度と指令角度のずれについては、「回転準備完了」のスイッチを入にしてからの保持時間が短い場合に発生するので、角度表示が設定値と一致することを確認してから当該スイッチから手を離す様に要求されている。

非常用ガス処理装置内温度が低い件について、当該設備のヒータは1KWであり、ガス処理装置の総面積を考えると冬期、16～22℃は当然であるとの回答である。ちなみに夏季は35～40℃と高く、ヒータ容量が小さいため外気温度に依存しているとのことである。

Ar常用廃ガスコンプレッサの不調については、常用と非常用コンプレッサが同時に運転していると、非常用コンプレッサの方が容量(178 m³/hr)が大きいため、非常用コンプレッサに流量を取られ、常用コンプレッサの1段吐出圧が0.2～0.4 Kg/cm²程度となり、流量低下による圧力低下であると報告されている。非常用コンプレッサ停止時の常用コンプレッサ1段吐出圧力は正常値1.4 Kg/cm²Gを指示している。

これらは、設備上いたしかたないものであって、修理又は改造するほどではないが、別の意味から見ると、運転員はプラントの異常に関して十二分に注意を払っていることを意味している。

3) 誤認によるもの 4件

(イ) 2次純化系コールドトラップ入口ダンパ駆動用ポジショナーからの空気漏れ

(ロ) 付属空調系排風機モータケーシングとプーリ間が異常に接近している件

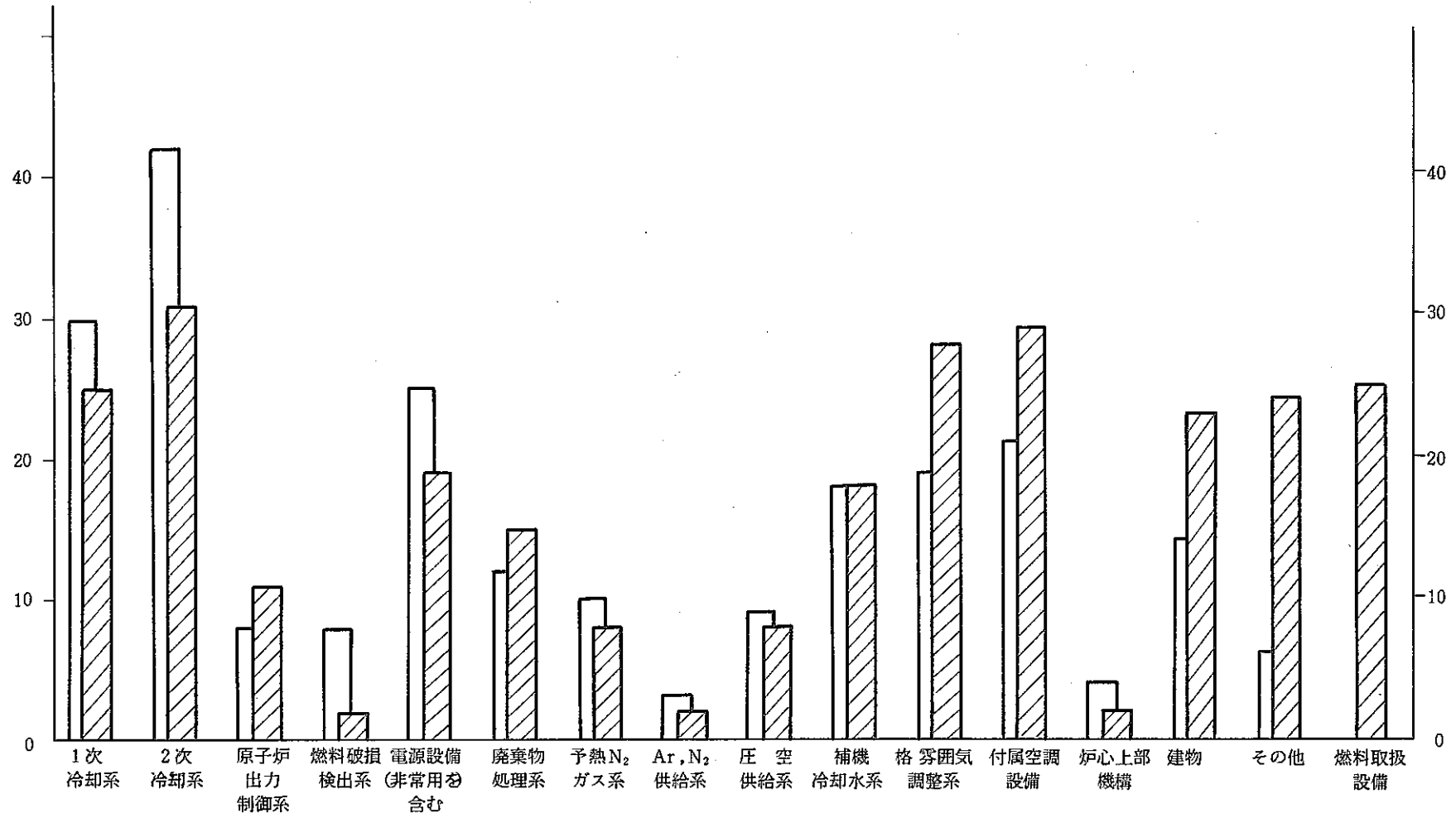
(イ) 1次補助系電磁ポンプ自動起動不可

(ニ) 調整棒No.1の引抜、挿入不能

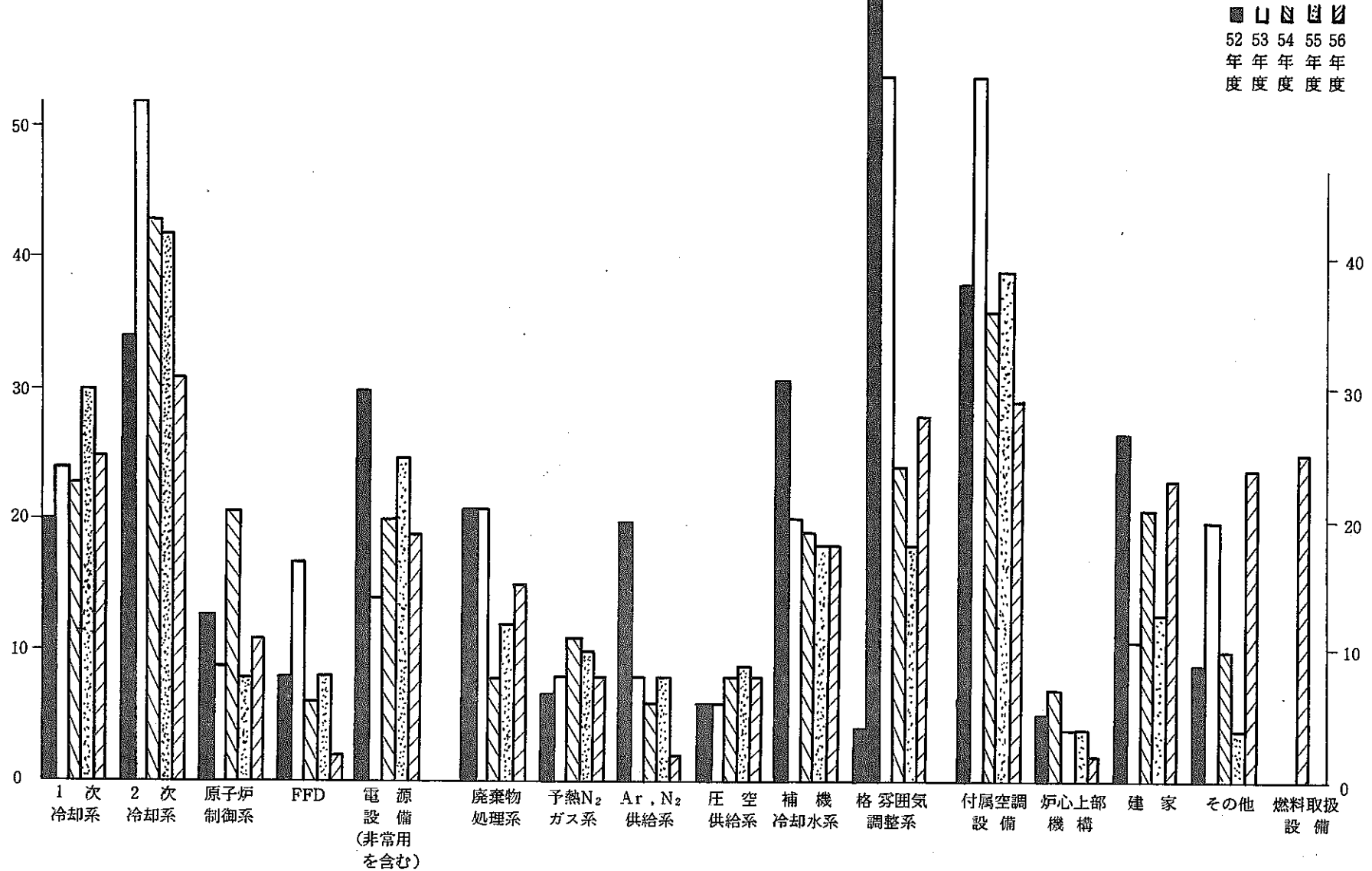
(イ)はパイロット弁とピストンとのギャップから圧縮空気が大気中に放出されているが、このギャップはピストンがシリンダ内に固着することを防ぐために予め設けられているものであり、従ってこのギャップからの空気漏れ現象は異常ではないとのことである。

(ロ)はモータ本体とプーリの間隔は4～5mmであって、ロックナットの緩みや、プーリのずれた形跡もなく、一見モータとプーリの間隔が他の機械と比較すると過少に見えるが機能の健全には問題ないと報告されている。

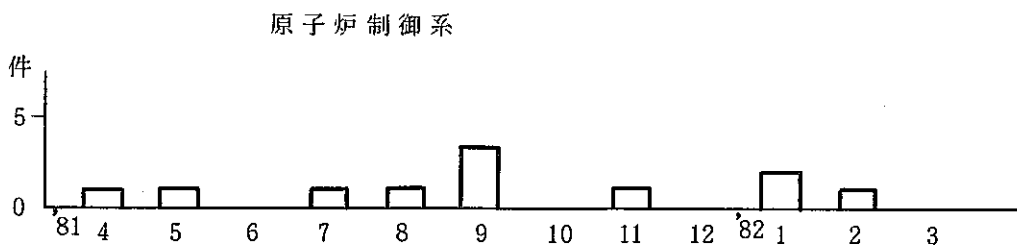
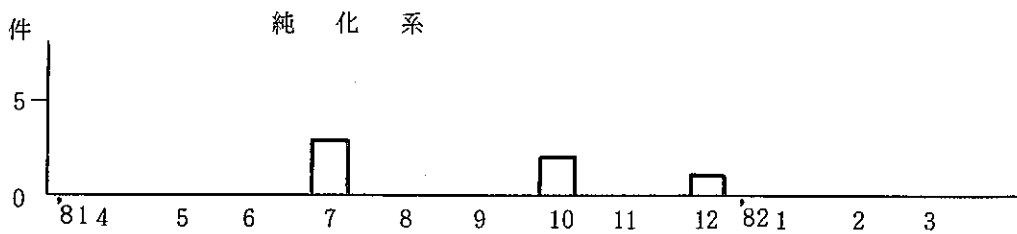
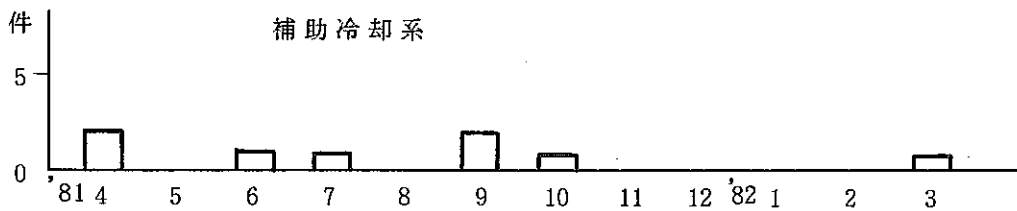
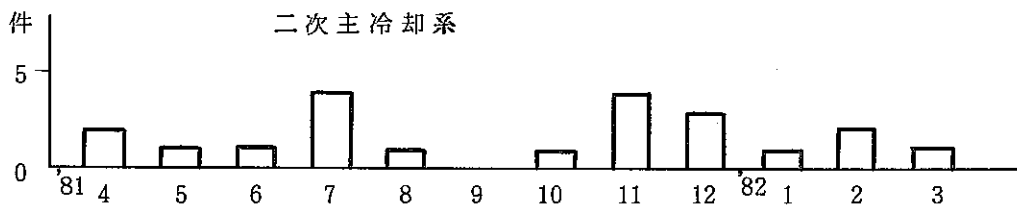
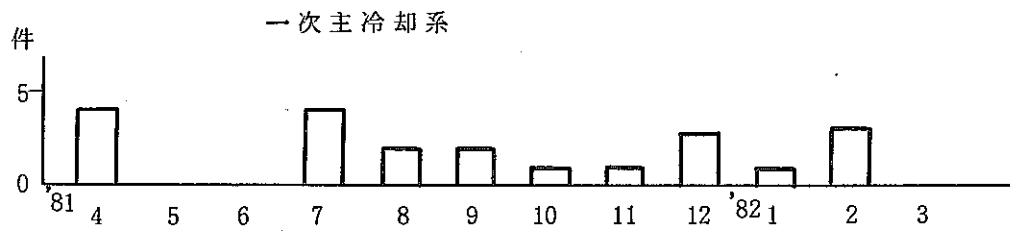
(イ)、(ニ)についてはインタロックシーケンス上異常ではなくシーケンス動作確認の結果も良好であったとのことである。シーケンスを十分解読していれば、この修理依頼は発行されなかったであろう。



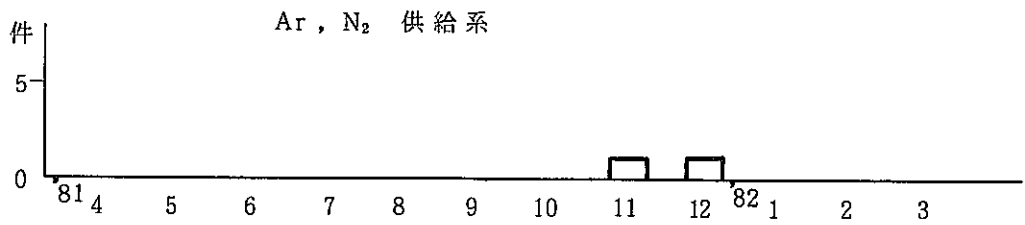
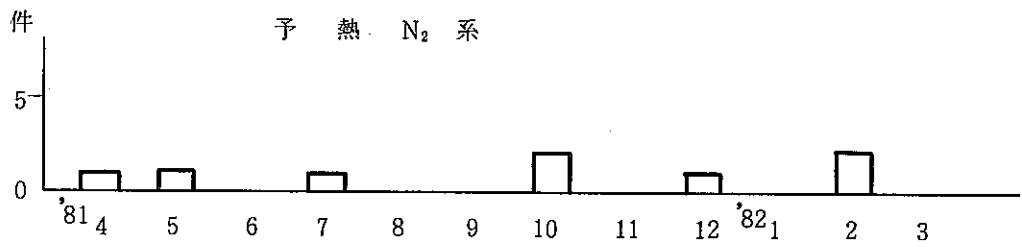
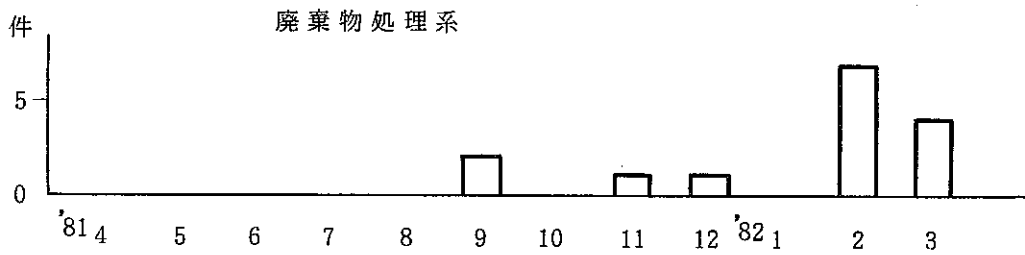
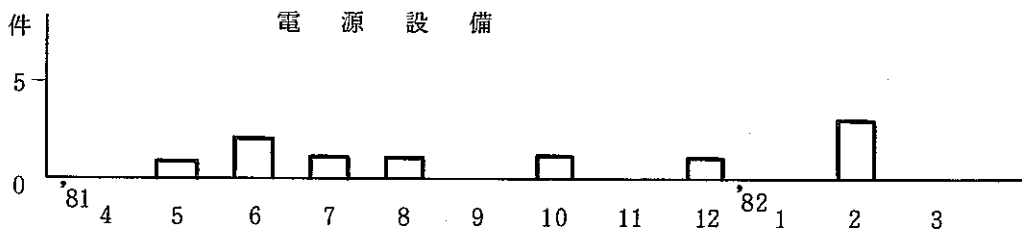
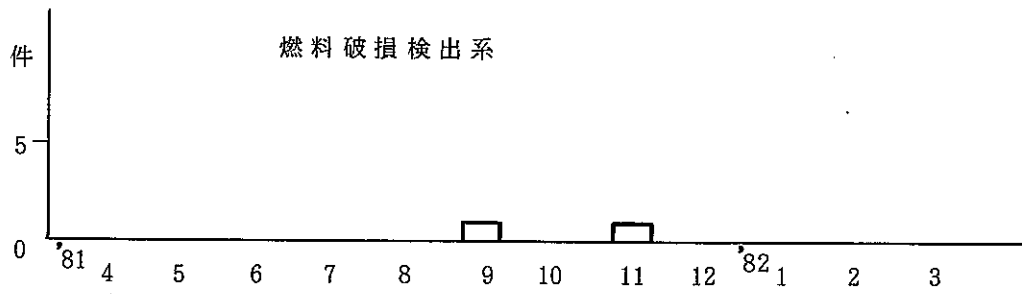
第2図 システム別修理依頼件数



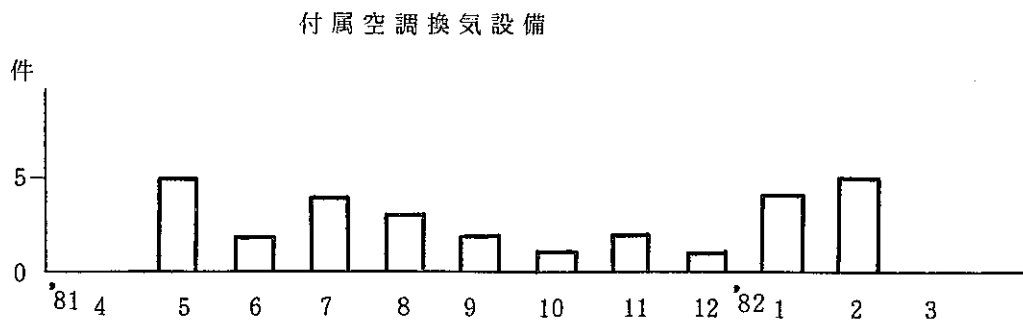
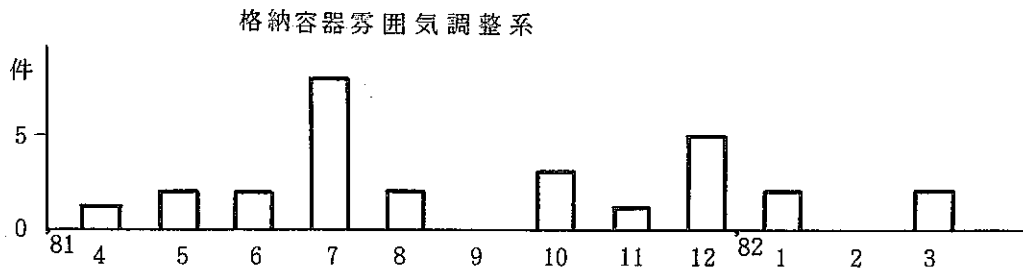
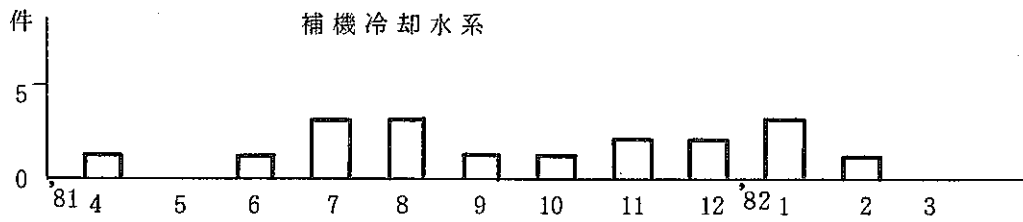
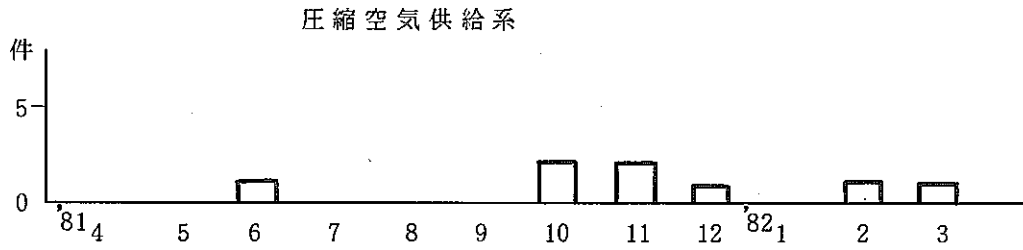
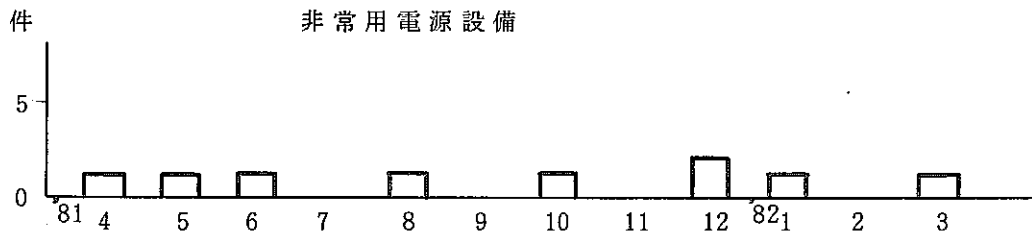
第3図 系統別年間修理依頼件数



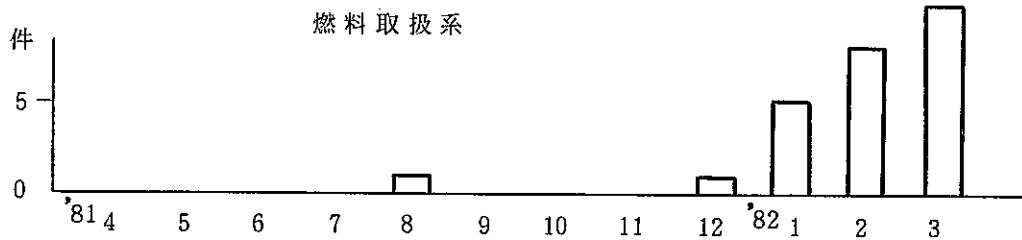
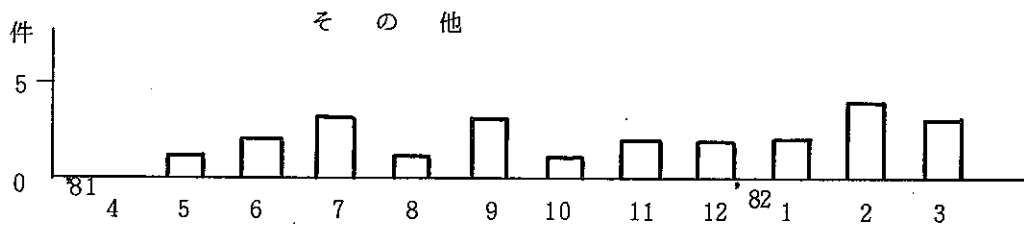
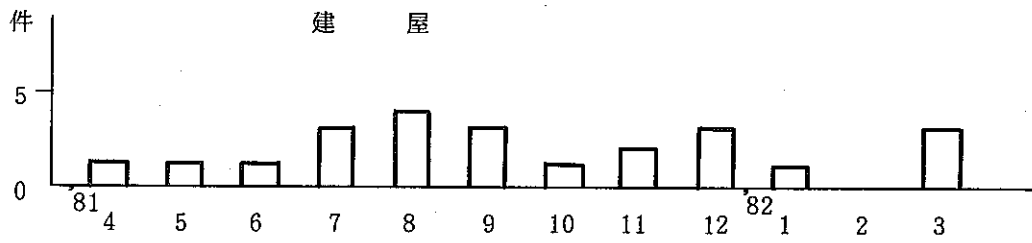
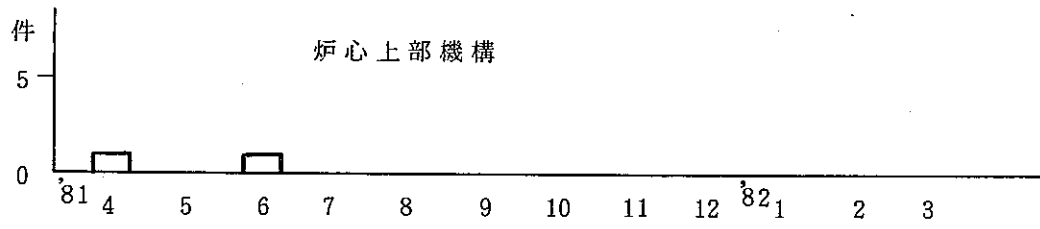
第4図 系統別月別修理依頼件数 (1/4)



系統別月別修理依頼件数 (2/4)



系統別月別修理依頼件数 (3/4)



系統別月別修理依頼件数 (4/4)

3. 原因別補修件数について

56年度の修理依頼に対する修理報告のうち、「異常なし」と報告されたものを除く原因の明らかなものについて、原因別に分類し第5図と、第6図に示した。第5図は燃取系を含んでいない原因別補修件数であり、第6図は燃取系を含んだ件数を示す。但し、第6図の56年度分は燃取系を含んでいるが、比較として示した55年度分には燃取系を含んでいない。原因は動き度の大きい機器から小さい機器の順に左から右に並べられている。

配管配線の項が増加したのと、配管と配線は一緒にするほど類似したものではないということから、今回配管と配線の項を分離した。

第7図には原因別補修割合が表示されている。毎年の補修件数が異なるため、件数のみでは前年度との各原因の占める割合を比較することが出来ないので、この原因別補修割合の図を作成している。

原因別にみると計器が最大であるのは変りないが、次第にその割合が減少しているのもここ数年の傾向である。バルブ、制御盤、その他、配線、配管につづいている。その他の中には、電球、蛍光灯安定器、建家の鍵、防振器、保温材などが含まれている。

配線、配管が漸次増加しているのも近年の傾向である。ベルトが大巾に減少したのは、付属空調系のベルトを修理依頼から除外したことが大きな原因である。

原因となった機器の全体に占めれ割合をみると、計器が15%、制御盤が10.6%、バルブ10.6%となっており、55年度における計器17.2%、制御盤12.3%、バルブ11.8%と比較してみても原因の平坦化が進んでいることが注目される。

計器を補修原因とするものが56年度、最も多かった。計器が全体に占める割合は、53年度33%、54年度27%、55年度17%、56年度15%と単調に減少している。故障原因をさらに詳細に分析してみると、

検出機構	1	
変換機構	2	
調節機構	0	
積算機構	0	
指示警報	3	
記録計	24	
チャート送り不良	12	
打点機構不良	6	
指示不良	2	

インクつまり	0
報報設定不良	2
その他	2
スイッチ類	0
現場指示計	2
ケーブル	2
計	34

計器の大半は記録計であり、中でもチャート送り不良が大部分を占めている。記録計のうち、その他の内訳はカッターの破損、フォトコーダがある。

55年度は計器の中の記録計の占める割合が57%であったのに対し、56年度は70%と大きくなっている。

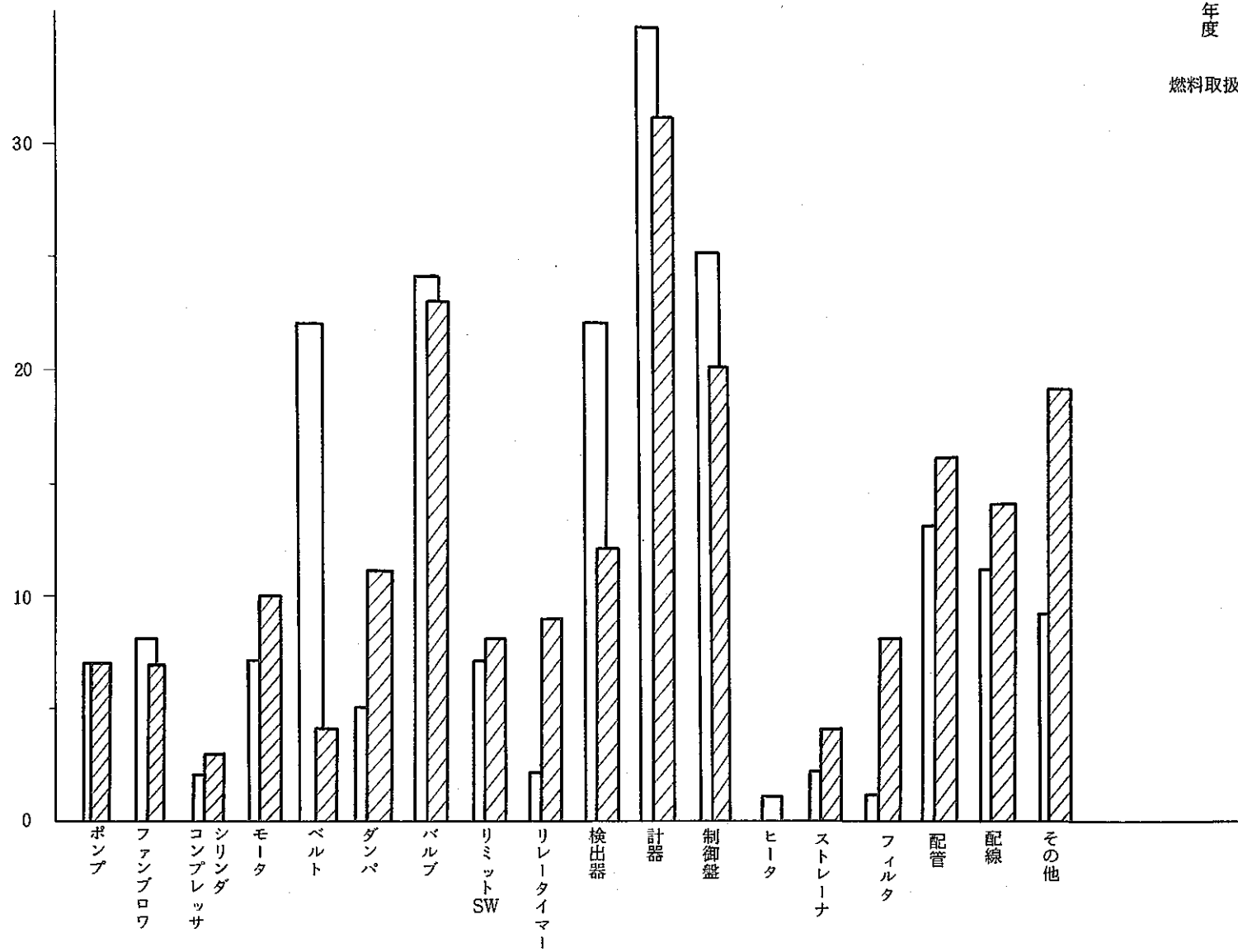
第8図に系統別原因別補修割合を示している。それぞれの系統の補修原因の合計を100%として、当該系統における補修原因となる機器の分布を知るものである。系統ごとに10以上の原因のあるものについてのみ図示した。

一次冷却系は計器に原因が多く、その他は比較的少ない。二次冷却系はそれほど特徴的な原因はないが、多くの機器に原因が分散している。これは55年度の傾向と類似している。計器、検出器、制御盤あたりがピークで、両側に山のすそ野を形成している。

格納容器雰囲気調整系と付属空調設備については、ベルト、ダンパ、バルブあたりにピークがある。一次、二次冷却系よりピークが多少動き度の高い方にずれており右側に広いすそ野を示している。これも55年度の傾向に類似している。

廃棄物処理系、補機冷却系は件数が少ないので十分な分析は出来ないが、56年度はバルブのように動き度の多少高い方にピークがある。しかし55年度の廃棄物処理系は検出器にピークがあった。

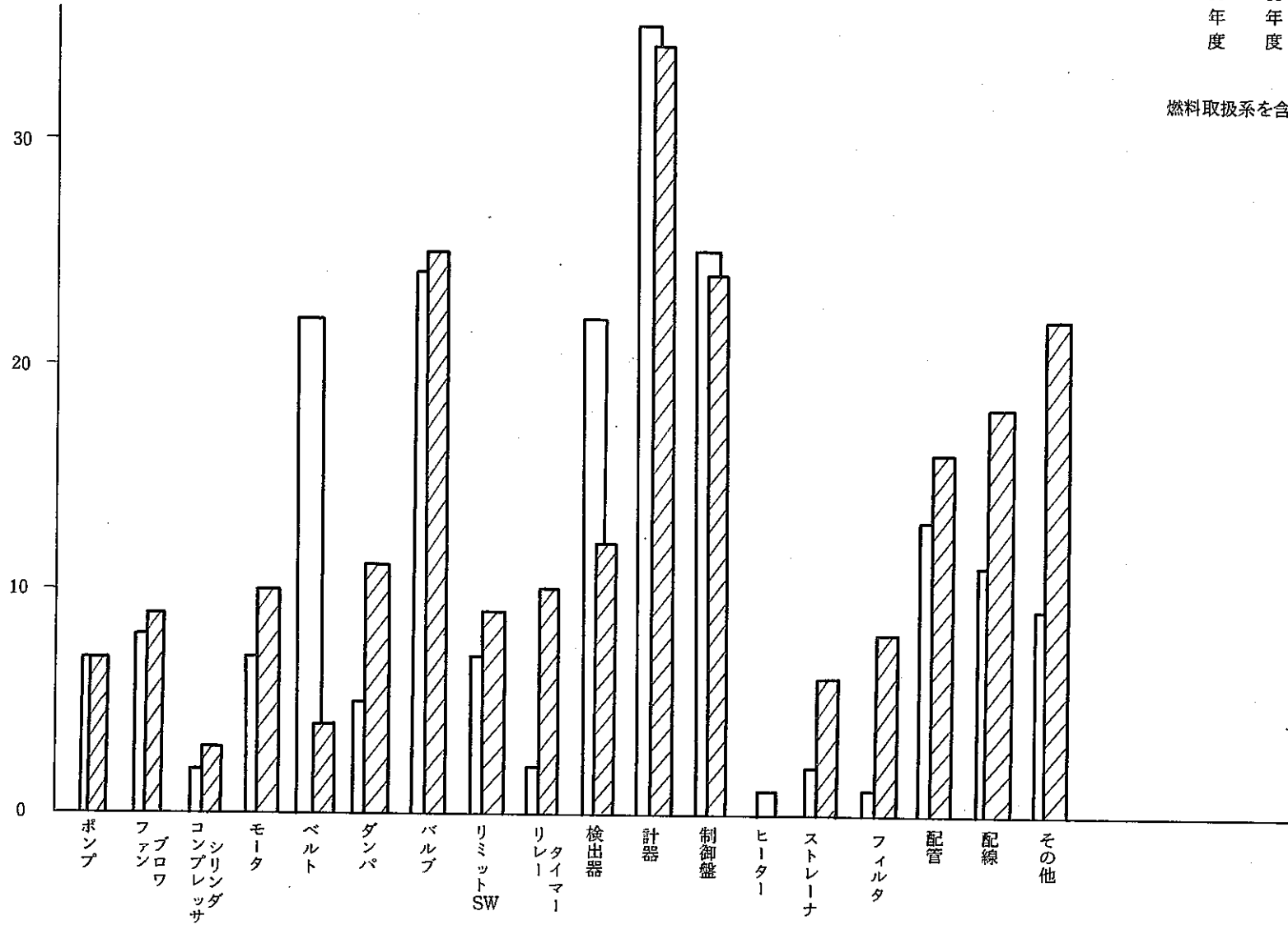
▨ 56年度
□ 55年度
燃料取扱系を除く



第5図 原因別補修件数

▨ 56年度
□ 55年度

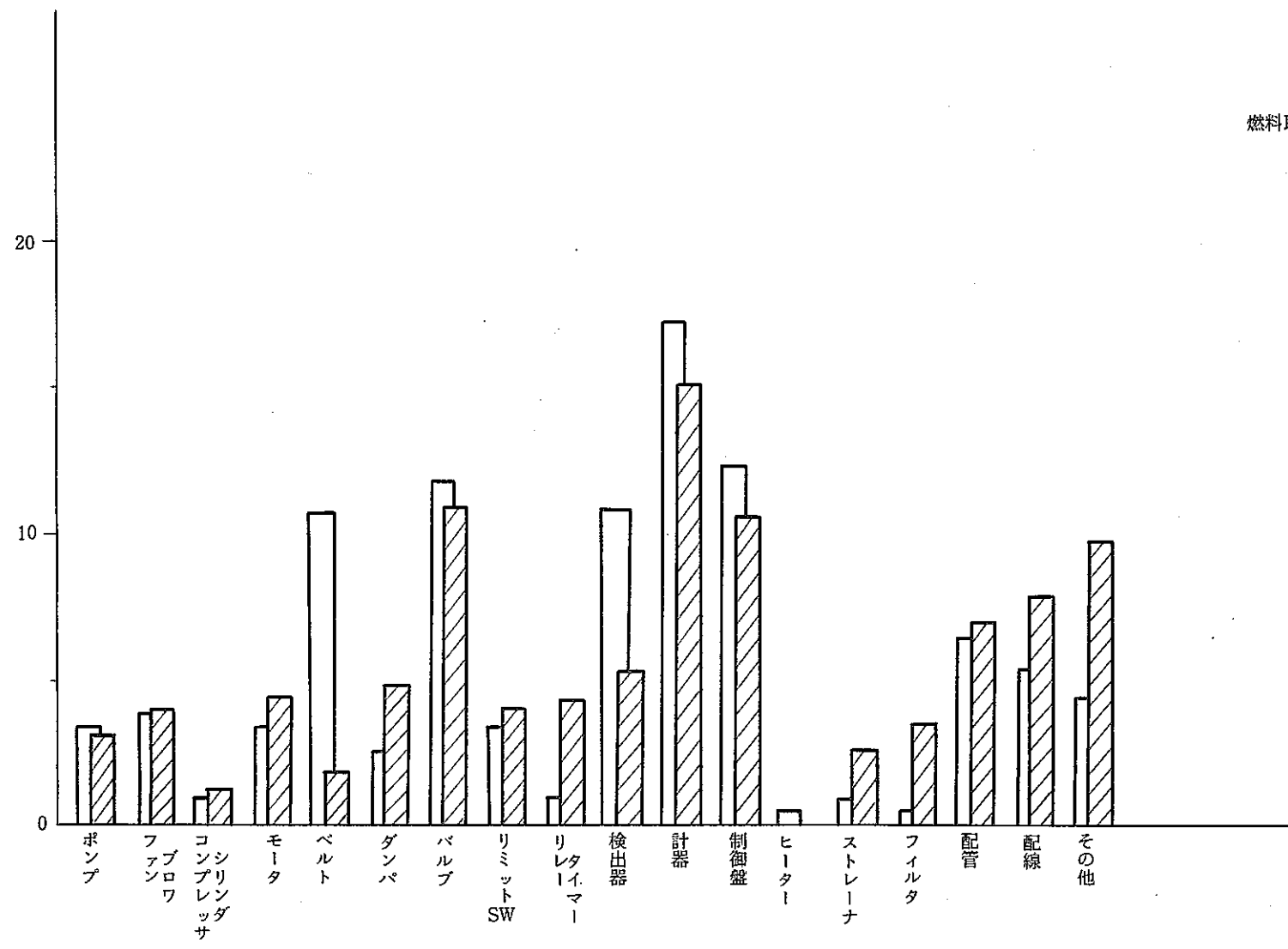
燃料取扱系を含む



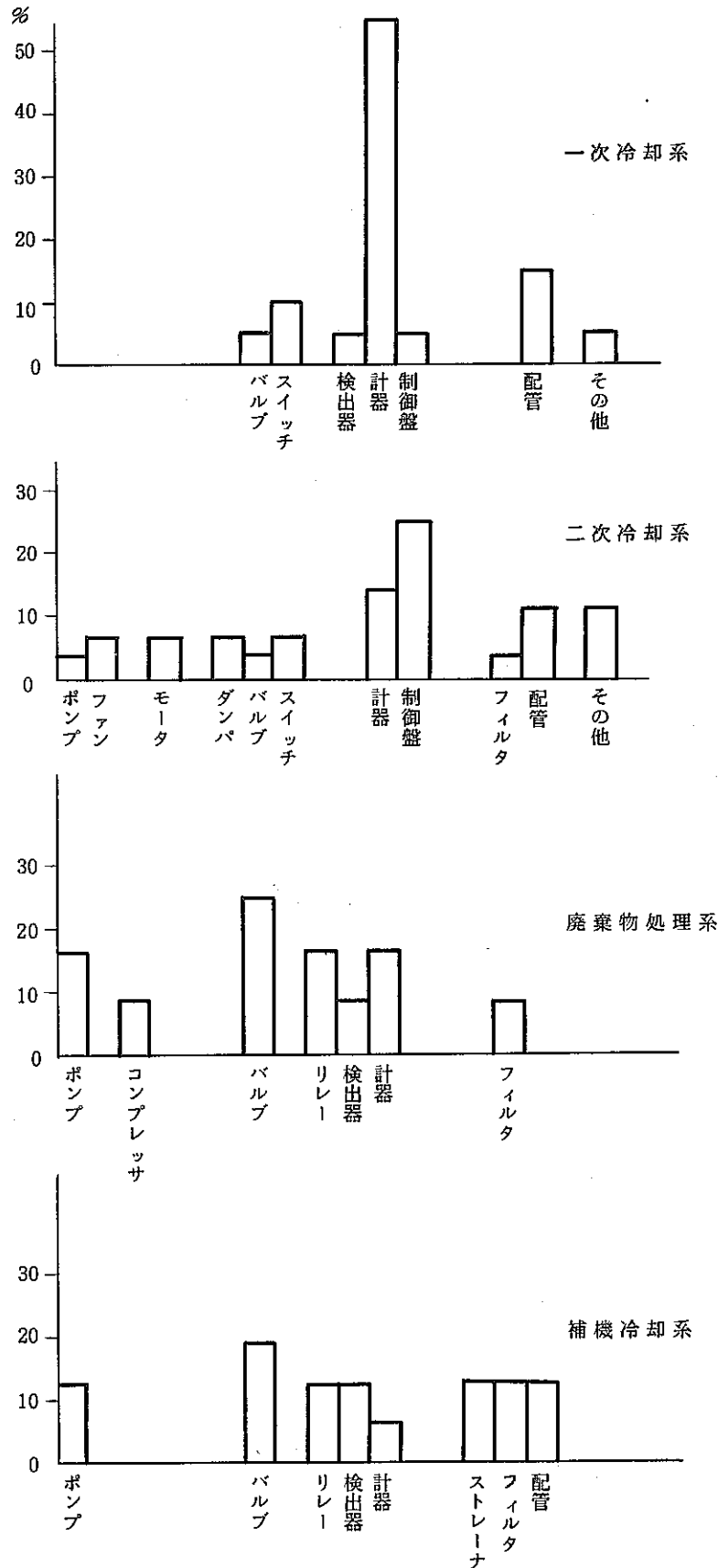
第6図 原因別補修件数

56年度 55年度

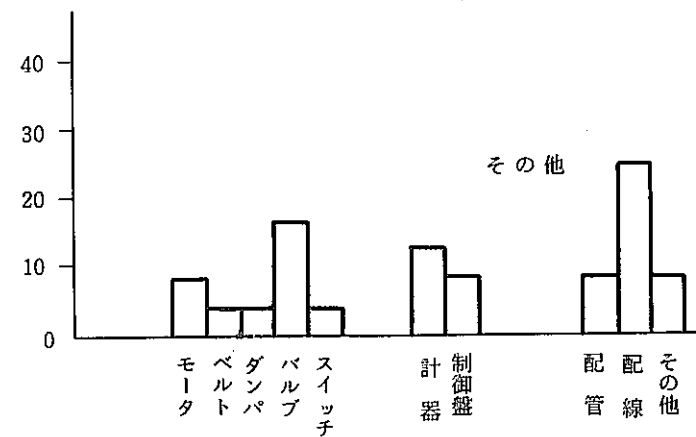
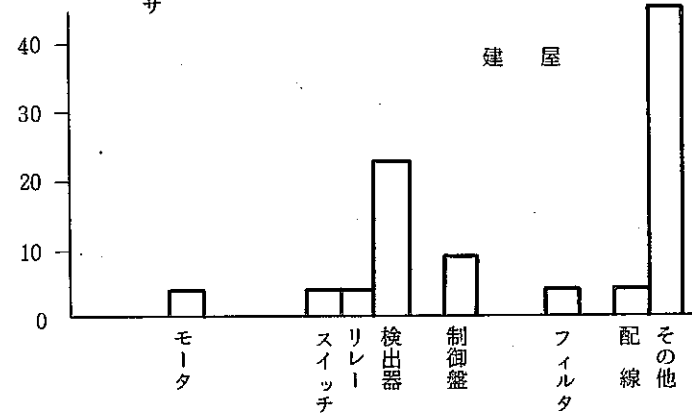
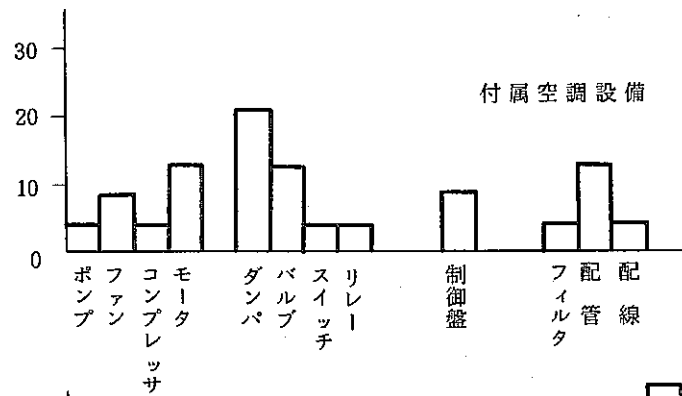
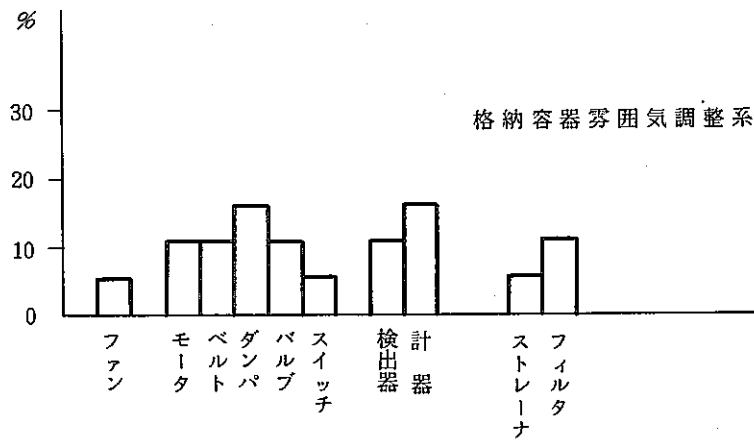
燃料取扱系を含む



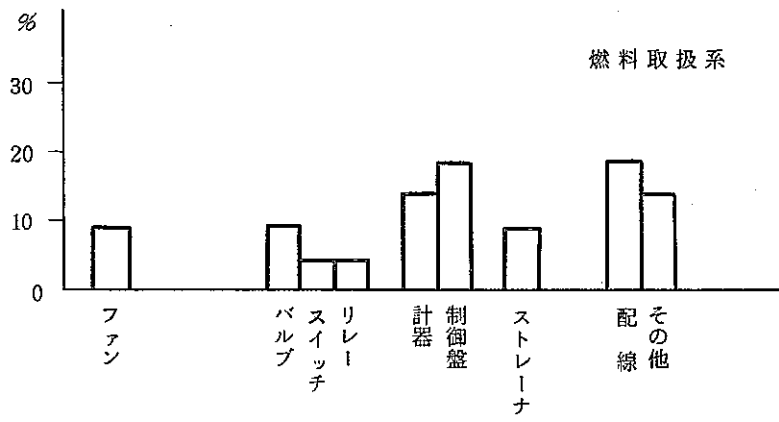
第7図 原因別補修割合



第 8 図 系統別原因別補修割合 (1/3)



系統別原因別補修割合 (2/3)



系統別原因別補修割合 (3/3)

4. 補修件数のクラスタリング

56年度「常陽」の補修は、補修原因の分析により、特徴が明らかにされた。しかしこの分析はあくまでも補修の系統別、原因別の分類である。この補修を別の角度からながめることによって補修の特性を解明することを試みた。

全補修件数を人意性、動き度、補修期間の3つの尺度で編成し直してみた。第9図は補修件数を人意性、動き度、補修期間の3次元で表示したものである。人意性の軸は5等分して、上に行くほど人の介在度の高い補修原因を表している。すなわち、設計ミス、操作ミスにより補修に到ったことを表している。

動き度の軸は6等分し、左上に行くほどポンプモータなどの高速回転機器の補修を表わし、右下の方向は動きの少ないフィルタ、ストレーナ等を示している。

補修期間の軸も同じく6等分し、左下方向へ行くほど補修に長期間を要することを意味し、右上方向はその日数の短いことを示している。

この様な分類で56年度の補修件数をふりわけると第9図のごとき分布が得られた。3点以上集まった点を・印または○印とし、10以上は○で囲んである。

この表に使用された件数は、補修依頼に対する原子炉第2課からの回答のうち原因が明らかで補修完了日が記載されているもののみとした。

第9図にみられる傾向は55年度と類似であって、劣化、寿命の項が多く、動き度の低い機器に補修が集中していることがわかる。

人意性の高い補修では、操作に問題があったものが全体の60%ある。1次Arガスサンプリングコネクタの変形、建家遮蔽扉の鍵不良、格納容器内監視テレビの回転しすぎによる断線、ランプカバー締付けすぎによるソケット部空まわり、記録計のチャート交換時チャートのほぐしが不完全なための送り不良、補助水槽ガラス液面計のボルト締付けすぎによる破損等があった。

56年度は55年度と、ほぼ類似した傾向を示している。第9図は各点で3件以上の補修を図示したものであるが、これを各点2件以上の補修について第10図に図示してみた。第10図は第9図の基礎となるものであり、将来の傾向を暗示するものであろう。第10図をみると55年度より人意性の高い補修が多いことに注目する必要がある。動き度の高い補修に0～2日で完了する短期補修がなく、動き度の低い補修に多いことは興味ある点である。動き度の高い機器の補修は、故障の程度が大きく補修に時間がかかるというのではなく、むしろ付属空調設備等原子炉として重要な機器でないため、補修を後まわしにするためであろう。

第9図、第10図は、動き度、人意性、補修期間の3つのパラメータで図示しているが、補修期間については、先に説明した動き度の高い機器についてのみ、わずかながら特徴が見られたが、

その他に特徴というものは見られないので、補修期間を除いた2つのパラメータにて、52年から56年までの補修傾向を第11, 12, 13, 14, 15図に示した。第15図からも人意性の高い補修が目立っている。

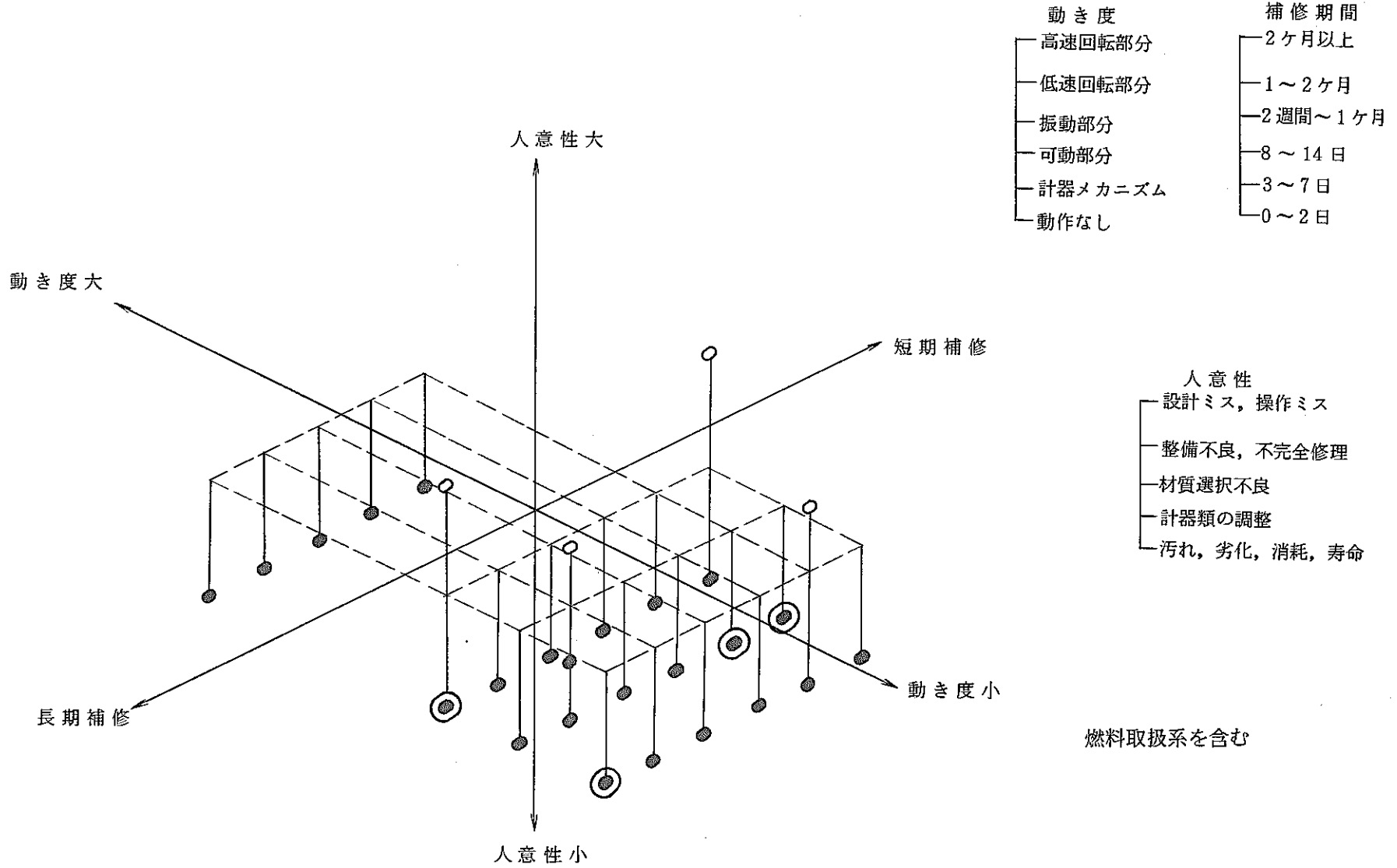
この他図には現われなかったが、長期補修が目立ったことも56年度の特長である。これらを調査してみると、右図のごとくなる。

補修期間は4ヶ月以上8ヶ月未満、8ヶ月以上1年未満、1年以上に分類した。

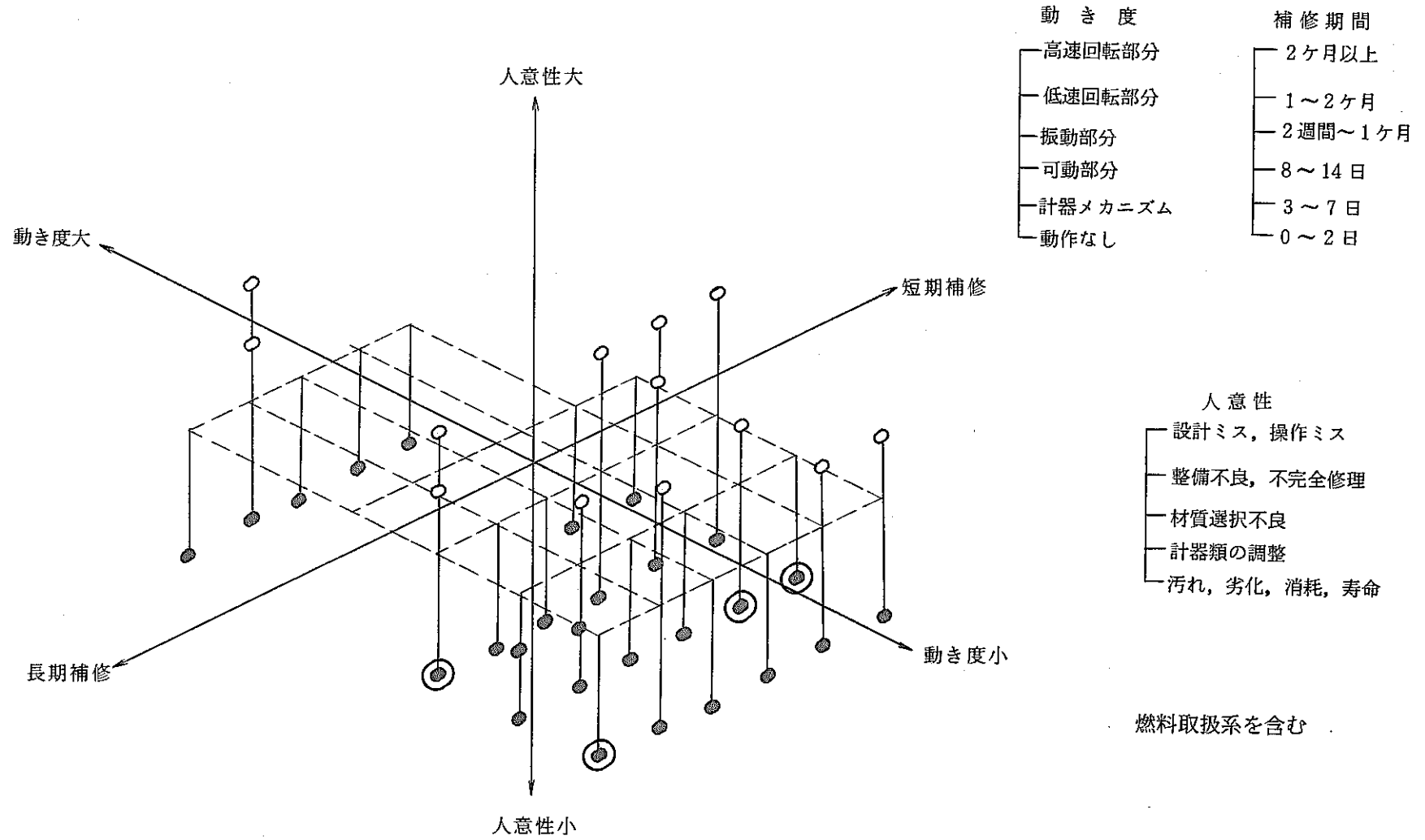
1年以上の2件は、格納容器雰囲気調整の炉容器ジャケット部(A)還流ダンパモータブレーキ不良、および直流無停電電源7D接地であって、前者は格納容器床下立入のプラント状態に依存しており、

後者は接地ANNが時々点灯するため、調査が出来にくかったためであろう。しかしこれ以外のものの中には補修期間を早くすることの可能な機器もある。これが先に挙げた不完全修理、整備不良のような人意性の高い補修の増加とともに、保守担当の原子炉第2課の作業量増大が原因であるとすれば、人員の増加等の必要な措置を構ることが望まれる。55年度4ヶ月以上の補修期間を要した機器は9件、8ヶ月以上を要したものが3件、1年以上が1件であり、1年以上のものは圧縮空気供給系配管の空気漏れであった。

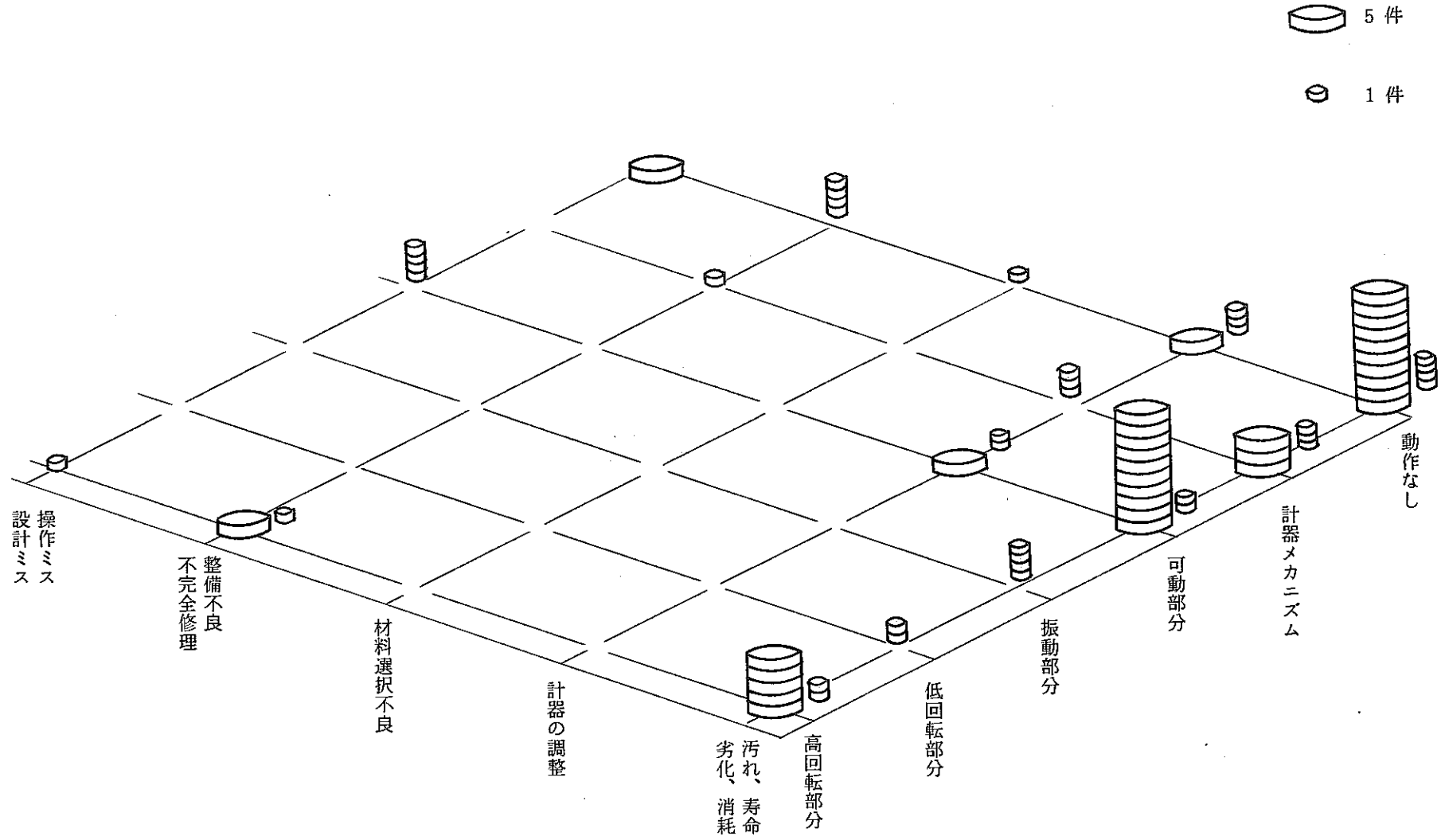
補修期間 動き度	4ヶ月以上	8ヶ月以上	1年以上
高回転部分	2	1	1
低回転部分	1	0	0
可動部分	7	6	0
計器メカニズム	5	1	0
動作なし	7	1	1



第9図 補修報告結果のクラスタリング

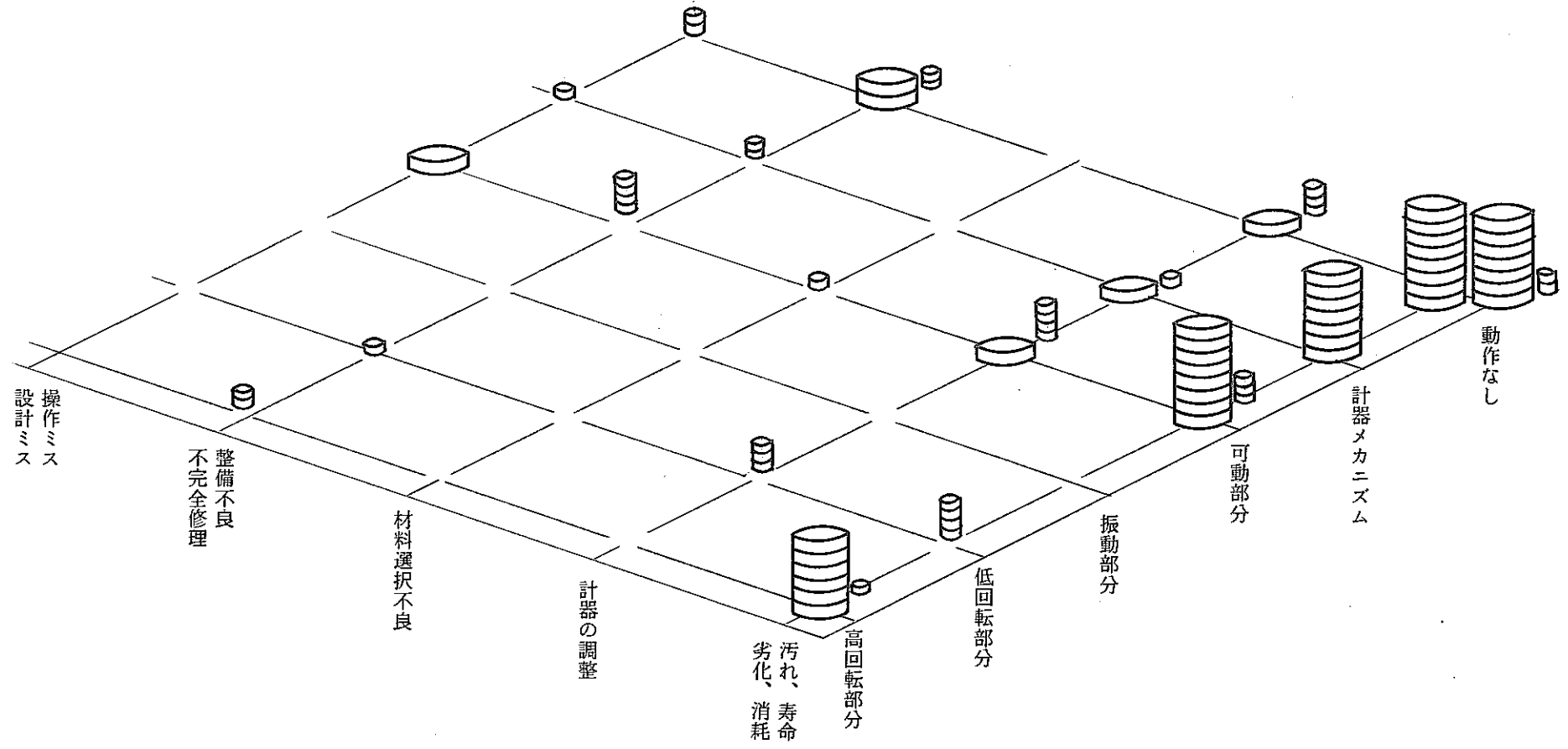


第10図 補修報告結果のクラスタリング

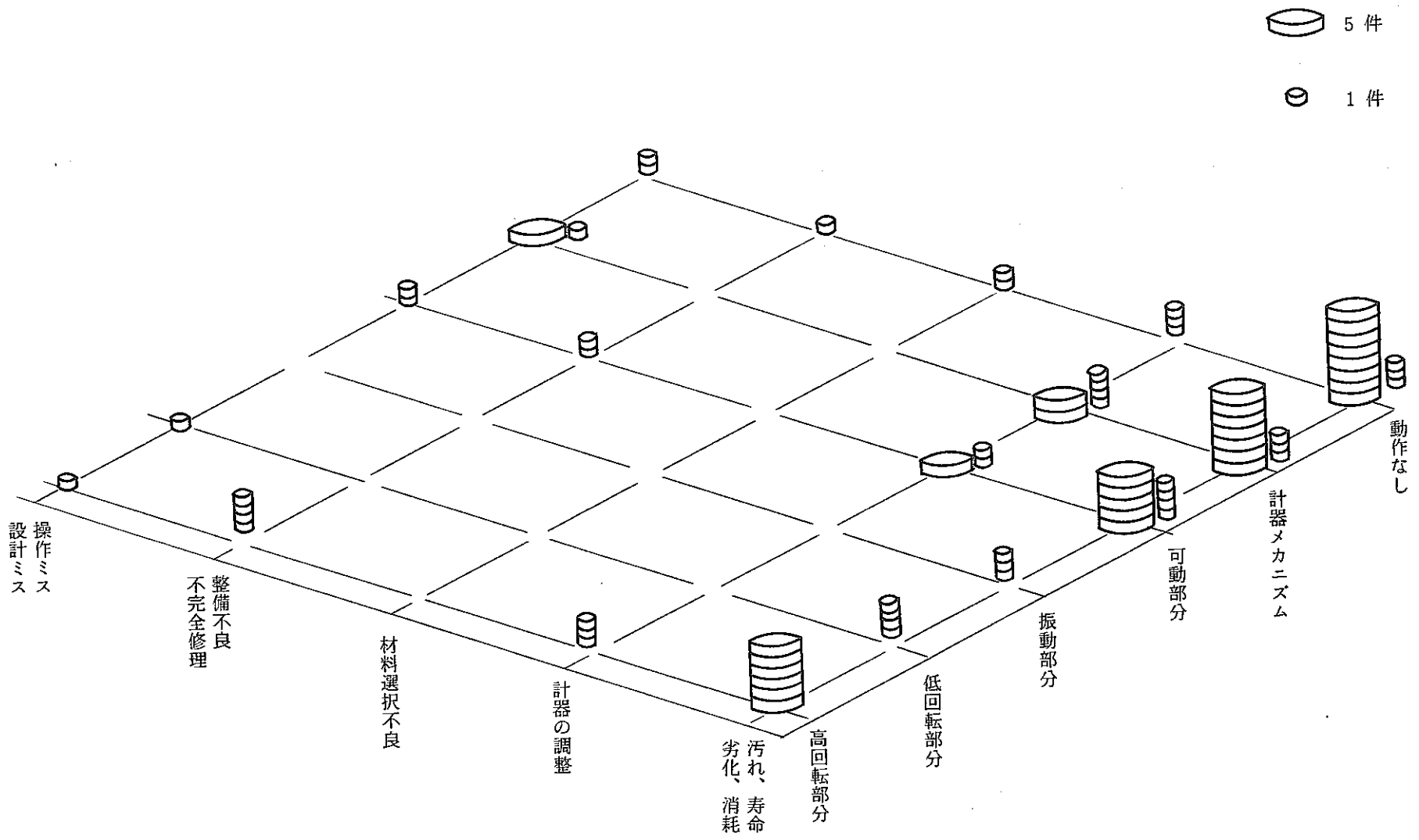


第 11 図 52 年度補修傾向の分類

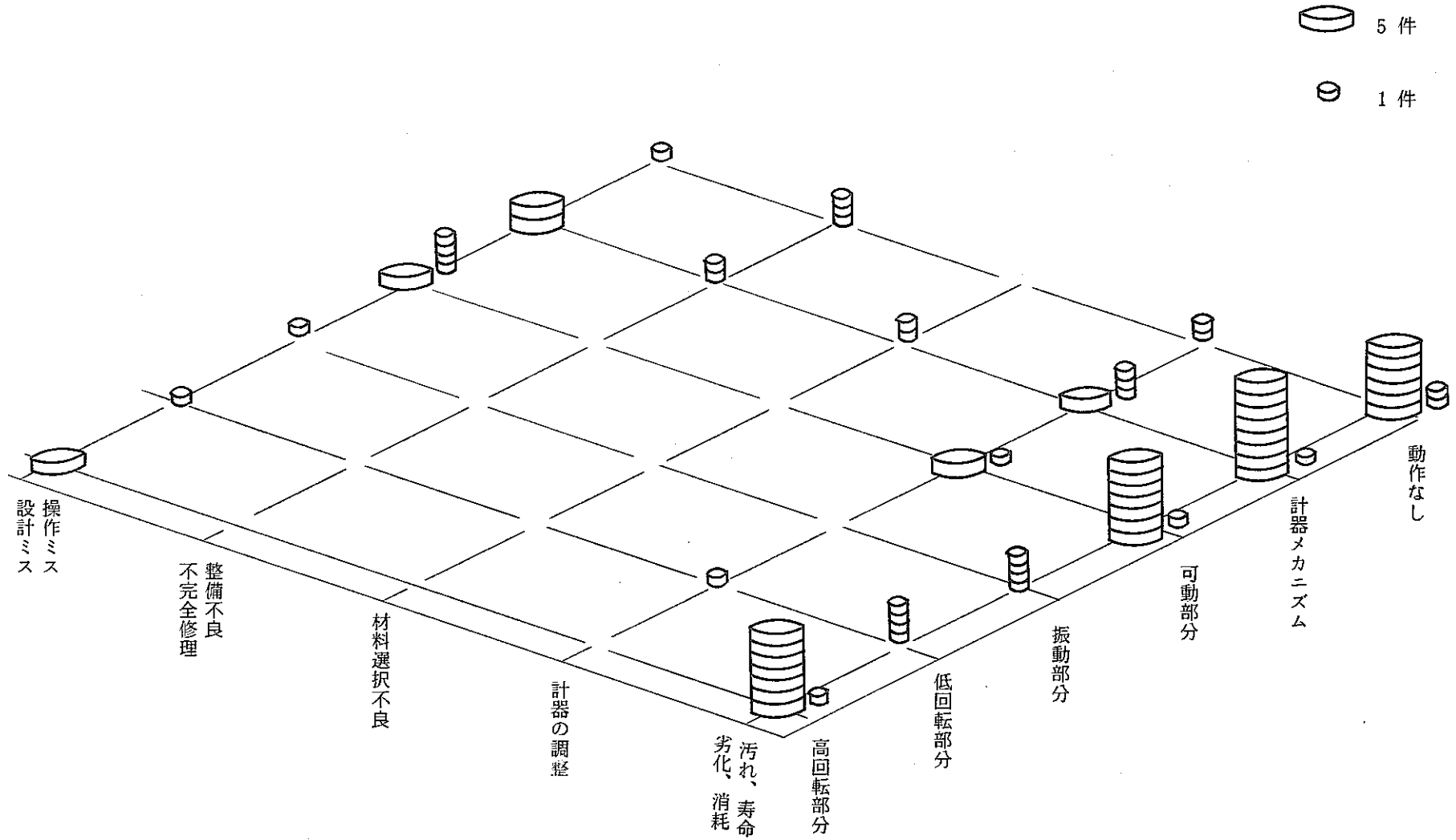
5 件
1 件



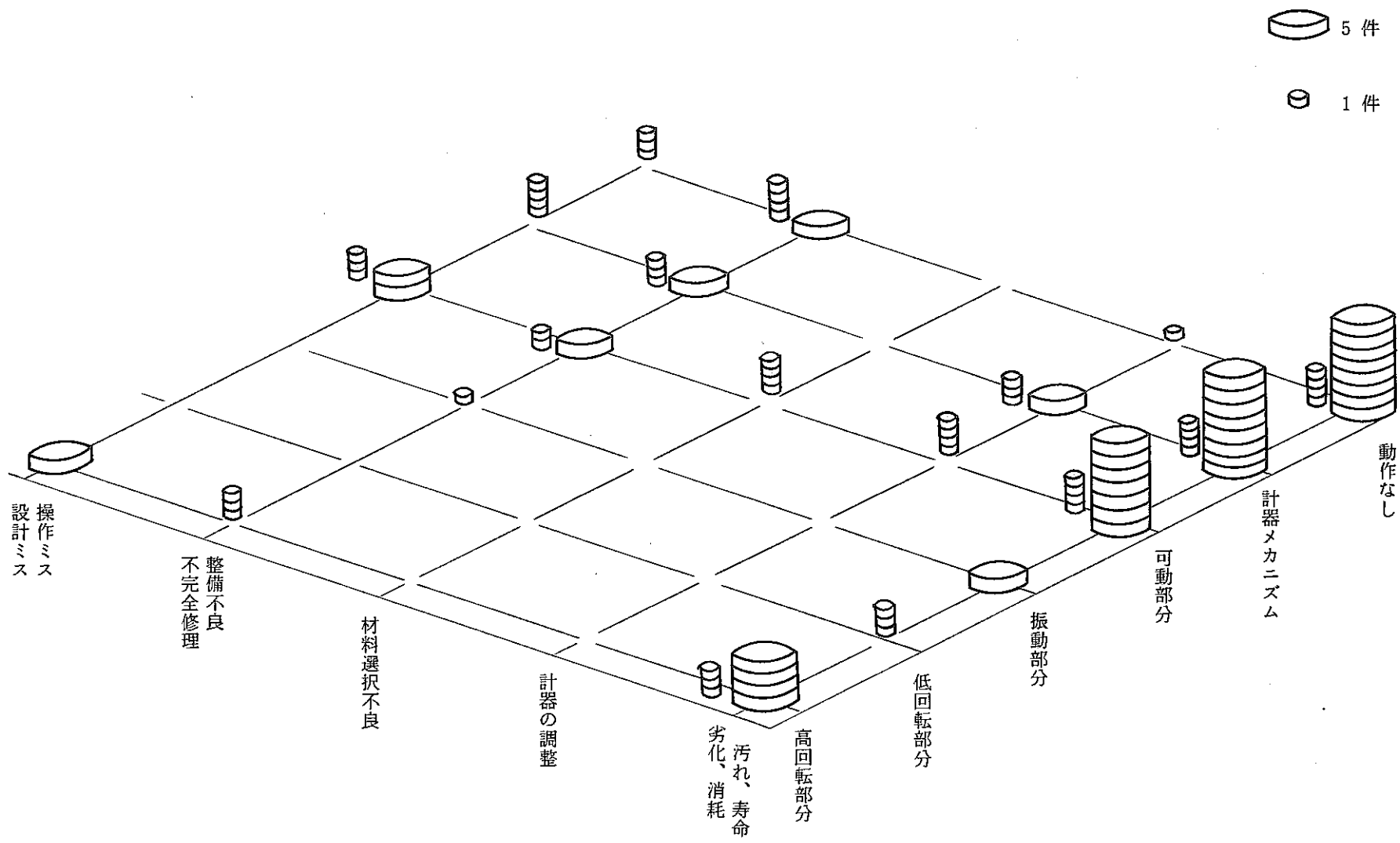
第 12 図 53 年度補修傾向の分類



第13図 54年度補修傾向の分類



第 14 図 55 年度補修傾向の分類



第 15 図 56 年度補修傾向の分類

5. 各系統設備の補修傾向

このレポートで分析している補修は、運転員が運転中およびパトロール中に発見した不具合であって原子炉第2課で行っている月例点検、週間点検等定期点検中に発見されたものは含まれていない。従って52年度から56年度までの修理依頼件数の減少は原子炉第2課の定期点検の拡充に大きく依存していることがわかる。

ここに56年度の補修内容を各系統ごとにサーベイし、56年度の特徴を抽出してみる。

1) 1次冷却系

レコーダの補修が多い。またカバーガスサンプリング、ナトリウムサンプリングのための設備の補修は、1次系特有のものである。

57年2月に1次系カバーガス圧力指示がレコーダで、マイナスを示して、「カバーガス圧力異常」の警報が発生した。原子炉第2課にて較正を行ったところ、NaK圧力計自体は異常がなかった。従って温度の影響によるものと推定された。ここにその調査結果を示す。

i) NaK圧力伝送器の動作原理

第16図にNaK圧力伝送器の構造を示す。圧力検出部は接液側置換部、保護置換部およびブルドン管部さらに差動変圧器の4部分から構成されている。

接液側置換部は接液ダイヤフラムと接液側封入液（NaK）から成り、接液ダイヤフラムは測定液体と接液側封入液とを隔離し、接液側封入液は測定圧力を接液ダイヤフラムを介して保護側置換部に伝達するものである。

保護側置換部は保護ダイヤフラムと保護側封入液（NaK）から成り、保護側封入液は前記測定圧力を保護ダイヤフラムを介してブルドン管に伝達するものである。

ブルドン管部はブルドン管と連結板から成り、ブルドン管は前記測定圧力によって管先端に変位を発生させるもので、連結板は管先端の変位をコアーに伝達させるものである。

差動変圧器はコアーと1次コイルおよび2次コイルから成り、コアーの変位により2次コイル差電圧出力が変化する。この2次コイル差電圧を増幅器を通して4～20mAの電気信号に変換し、指示計等に信号を伝送する。伝送器は格納容器床下R-302室に設置されている。

ii) 各部温度変化による影響

原子炉出力とR-302室の温度変化は出力上昇につれて、37℃より49.7℃まで上りする。またR-302室温と原子炉カバーガス圧力と呼吸ガス調整ヘッダ圧力との差は50℃で約75～78mmAqとなる。これらのことより原子炉出力上昇に伴いR-302室温も上昇する。またR-302室温が上昇すると原子炉容器カバーガス圧力も上昇する傾向を示している。

この温度上昇によりNaKの膨張が起こり、実際の原子炉容器カバーガス圧力より高めに指示される。

iii) 温度による影響

接液部の予熱ヒータ制御巾による影響

接液部予熱ヒータ (H36.1-10) の制御巾は $200 \pm 10^\circ\text{C}$ でありこの温度変化による圧力変化は、

$$0.496 \text{ mmAq}/^\circ\text{C} \times (\pm 10^\circ\text{C}) \cong \pm 5 \text{ mmAq} \text{ となる。}$$

炉容器カバーガス圧力伝送器が設置されているR-302室の温度変化によりブルドン管に影響が与えられる。

R-302の温度変化は75 MW-3サイクル出力上昇時において約 13°C であり、この温度変化により約 25 mmAq の圧力変化が生じている。

iv) 計測系の誤差

NaK圧力伝送器の精度 $\pm 1.5\%$

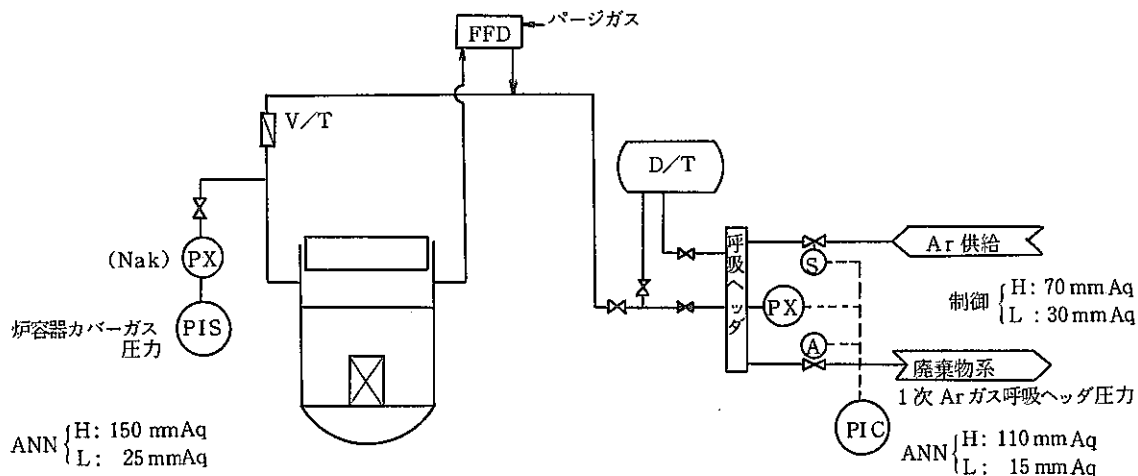
圧力指示警報計の精度 $\pm 1.5\%$

$$\text{計測系の相対誤差} = \pm \sqrt{1.5^2 + 1.5^2} \cong \pm 2\%$$

本計測系の測定スパンは $4,000 \text{ mmAq}$ ($-2,000 \sim +2,000 \text{ mmAq}$) であるため $4,000 \times \pm 0.02 = \pm 80 \text{ mmAq}$ の誤差を含んでいる。

しかし、実際には過去の較正試験結果から見て約 $+0.7\%$ 程度の誤差が生じている。これを圧力に換算すると $+28 \text{ mmAq}$ の誤差になる。

v) 外部温度変化による誤差の検討



以上の誤差を合計すると炉容器カバーガス圧力は呼吸ヘッダ圧力の上限 70 mmAq を加えて最大 128 mmAq を指示することになる。呼吸ヘッダ圧力制御の誤差 10 mmAq 程度を加えて

ると圧力指示は 138 mmAq。カバーガス圧力警報設定誤差が 150 ± 15 mmAq であると、たびたび警報が発生することになる。

vi) 対策

圧力伝送器が設置してある R-302 室は原子炉運転に伴い 50℃ まで室温が上昇する。この影響を受けないように伝送器全体を恒温槽構造にする。また本圧力伝送器と同一伝送器を同一場所に設置し、その信号を用いて温度補償を行う。以上の改善案はあるが予算との関係で、炉容器カバーガス圧力異常の警報設定値を 150 mmAq より 200 mmAq に設定変更した。炉容器カバーガスの圧力制限は回転プラグフリーズシールメタル状態により決定される。フリーズ中の安全弁作動圧力は 1000 mmAq であり、メルト中は 600 mmAq であるので、圧力設定値 200 mmAq は十分余裕のある値である。

NaK 圧力伝送器は未だ実証されたものとは言いきれないことが判明した。開発的要素の大きいものには補修経験のフィードバックが将来の信頼性向上に重要な要素となることを述べておきたい。

2) 2次冷却系

主冷却ダクト内 Na 漏洩警報器ロックインアンプの不良は昨今減少した。油圧防振器の油もれがあった。1次系は全てメカニカルスナバに交換したが、2次系は放射線による損傷がないので油圧防振器のままである。

2A 主送風機入口ベーン制御不調の修理依頼があった。A ループは主冷却器建物の海側にあるため、B 側より塩害がひどい。軸とベーン取付部の可動部が腐食し、ベーンが滑かに開閉しなくなったもので、分解し、さびを落して注油した。最終的には 57 年第 3 回定期点検中に、材質を SS41 より SUS 304 に交換している。

計器以外に主冷却器関係の補修が多い。上に述べた 2A ベーンの不調の他、1A ベーン倍率器の特性リフト、入口ベーン切替ハンドルの折損、入口ダンパ駆動用圧空入口弁の空気漏れなどがあった。

ヒータについても補修が多く、予熱ヒータスキャンナの異常が再三発生している。また温度指示の指針駆動部の機械的ひっかかりがあった。

3) 原子炉制御系

修理依頼の件数に対して、「異常なし」の回答率が 42% と非常に多い。レンジ切替時の中性子束低、起動系中性子束低設定不良、調整棒ラッチ後の引抜不能、起動系ノイズによるペリオド変化、床下圧力高による警報発生、起動系レコーダ出力不良の 6 件であるが、前 3 件は第 3 章で説明したように、設備上いたしかたないもの、誤認によるものであるが、後の 3 件は現象が消滅してしまったものである。起動系ペリオド計のノイズによるペリオド短は以前からも発生しているものである。出力制御盤自体の配線に何らかの異常があるのかもしれない。

原子炉保護系として、ロジック盤リセットによるアイソレーション動作が起った。これはブ

リント基板不良によるもので、基板交換を行っている。

4) 燃料破損検出系 (FFD)

FFD計数率計指示不良は、プリアンプの利得を調整した。またFFDバルブ開閉用表示ランプのトランス電圧で、トランスには200/14.5Vと表示されているが、実際には24Vあったというケースに対して、これは製品の表示ミスであり、ランプ全数交換した。

56年度FFDに関する修理依頼は減少している。この系統はノイズと、利得の不安定による回路の発振に関する修理依頼は55年度に高かった。

5) 電源設備

電源設備は、商用電源による一般電源系統、ディーゼル発電設備を伴う非常用電源系統それに無停電系統に分けられる。従って電源盤、コントロールセンタまでの修理依頼は、この項に入れるのを原則としている。

3Aパワーセンタで56年5月に地絡警報が発生した。頻発するが、すぐにリセットされるため、原因追求に時間を要した。しかし10月末までに下記系統で地絡が発生していたことを究明した。

- i) 廃棄物建家よりモニタリング小屋へのケーブル断線
- ii) 補機冷却系用薬注ポンプでのケーブル地絡
- iii) 放射線管理施設水モニタ内部での地絡

の3つの原因が発見され補修された。これらは各系統側に入れる方が良いのだが、3Aパワーセンタの地絡警報器作動により上記地絡の発見に至ったことから、電源側に入れてある。

遮断器の自動投入不良、順序投入回路の不良等が3件ほどみられた。遮断器が作動するのは異常時であり、運転員は多くの操作に忙殺されている時である。遮断器の投入不良によって、さらに運転員への負荷を増すことは好ましくない。プラント状態にも依存するであろうが、早期補修を希望する機器である。

潤滑油ポンプに関する補修が、例年通り多い。異音、振動というのが主であって、静かな部屋で停止中の潤滑油ポンプが起動すると起動時の音が反響して、大きく聞こえることがある。たびたび原子炉第二課より、「異常なし」の回答が来るケースが多い。音による早期発見はパトロールにおける重要な手段であるが、人による差を何とか解消するため、音を振動として記録すると便利である。しかし設備の重要性と費用の問題があるので、改造とまではいかない状態である。56年度は潤滑油ポンプ異音振動大の他に、タイマの不良が2件あった。

56年6月末にディーゼル発電機起動用コンプレッサ内のオイル白濁現象がみられた。これは以前にも発生したが、コンプレッサで空気を圧縮する際、空気中の水分が油の中に混入したものとされる。この油を分析したところ、水分が0.6%含まれていたが、油の汚染、アルカリ度等には異常がなかった。梅雨期に発生しており、試みとして油の種類を現在いろいろと変えている。

6) 廃棄物処理系

全体の86%が廃ガス系に関するもので、廃液に関するものはわずかである。バルブの不具合の比較的多い系統である。

高レベルタンクレベル計の不良があった。これはレベル計導圧管内にヘドロが入ったためであり、導圧管内をフラッシングしてヘドロを除去した。タンク設置から10年程度経過し、この間燃料洗浄廃液を受け入れて来たため、ヘドロが蓄積したと思われる。洗浄廃液の中にはヘドロと共に放射性腐食生成物(CP)もあり、これがタンク外周部の放射線レベルを上げることにもなる。ヘドロを早急に除去する必要がある。

7) 予熱N₂ガス系

記録計の不具合と軸封ブロウ不具合で、全体の75%を占めている。

軸封ブロウ(B)のサーマルトリップが、57年2月に発生した。再起動したところ、ブロウケーシング内部で接触音があったので停止した。分解したところ、ランナとブロウケーシングに接触傷が発見された。これはブロ入口側を絞りすぎたため、ブロウ温度が60~70℃まで上昇しトリップに至ったもので、バイパス弁を開けることによってブロウ温度は、30℃程度に保つことが可能である。

8) Ar, N₂供給系

弁についての補修のみであるが、貯蔵タンクまわりの弁については簡単に修理できない。弁の補修に9ヶ月程度かかっている。55年度も弁の補修のみであり、かつて弁のシートもれ、弁の凍結によるガスの連続放出などあったが、55年、56年度は修理依頼件数が激減している。補修による成果であろう。

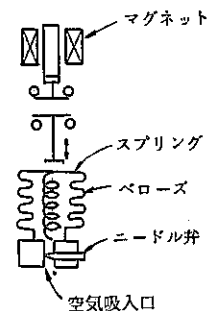
9) 圧縮空気供給系

全体の60%が弁の補修であり、廃棄物処理系と同じく弁に補修の特長が見られる系統である。よく見られる不具合に四方弁の切替不良がある。四方弁の信頼度は、未だ高くないようである。

10) 補機冷却水系

この系統も弁が補修の主流である。大気開放型の冷却塔を持っている関係で、塵埃が混入するため、弁の不具合を減少させることは無理であろう。

56年7月に瞬時停電が発生し、この時補機系揚水ポンプが自動起動回路があるにもかかわらず、再起動しなかった。過去にも自動起動しなかった例はあったが、それは自動起動回路の中のタイマが右図のような空気注入式オフディレイタイマであったため、ベローズがやぶれて空気の吸入制御ができず、接点の保持動作ができなかったものである。今回も自動起動回路を調査した結果故障はなかった。原因はこの空気吸入式タイマの特性上瞬停時にリレーが、あるものはOFFとなり、あるものはONの状態を保つため、自動起動回路が作動せず、自動起動しな



ったものであることが判明した。従ってシーケンスを多少変更し、タイマーにはモータタイマを使用するように改造した。

11) 付属空調設備

フィルタおよびファンベルトを連絡書の方にまわしたので、フィルタ、ベルトについての修理依頼はなくなり、ダンパの補修が最大となった。55年、54年度にはベルトにピークがあり、53年度はフィルタにピークがあった。

当該設備に補修原因として、フィルタが1件ある。これは、計算機室の空調器フィルタが詰ったためである。原子炉第二課で調査した結果、この空調器は性能上室温20℃以下では過冷却となり、熱交換器に発生した水分が氷結するためであることが判明した。フィルタは氷結して目詰を起こしたため、空調が働かずに室温が上昇したものである。空調器は冷凍機ではないので運転温度を23℃程度に保つ必要がある。これは通常の付属空調設備フィルタとは性質が異なるためここにあげた。

12) 格納容器雰囲気調整系

52年、53年度には最大の補修件数を示し、その内計器の補修件数がずばぬけて多かったことを考えると、56年度補修件数は減少し、その中で計器の補修も目立たなくなってしまった。55年度は計器よりもベルトの補修の方が多かったが、56年度はダンパと計器がならんでいく。

3分の1がフロン冷媒系に関するものである。補修傾向が変りつつあるようである。

13) 炉上部機構

集合体出口温度計の不良と、ケーブリングラックのコネクタ部接触不良があった。ケーブリングラックは、原子炉を停止し燃料交換の際ラックよりケーブルを取りはずす。原子炉起動に先だって巻き込む。この操作は運転員が行っているが、ケーブルの数は114本であって、錯綜しないようにケーブルは束ねられており、そのために、巻き込みのはじめには数本のコネクタに全ケーブルの重量がかかるので傷んだものと思われる。

14) 建 物

照明、火災報知器、エレベータ、扉、鍵などが主であり、全体の約3分の1が照明関係であり、4分の1が火災報知器であった。その他に階段の手摺り、雨漏れ等があった。

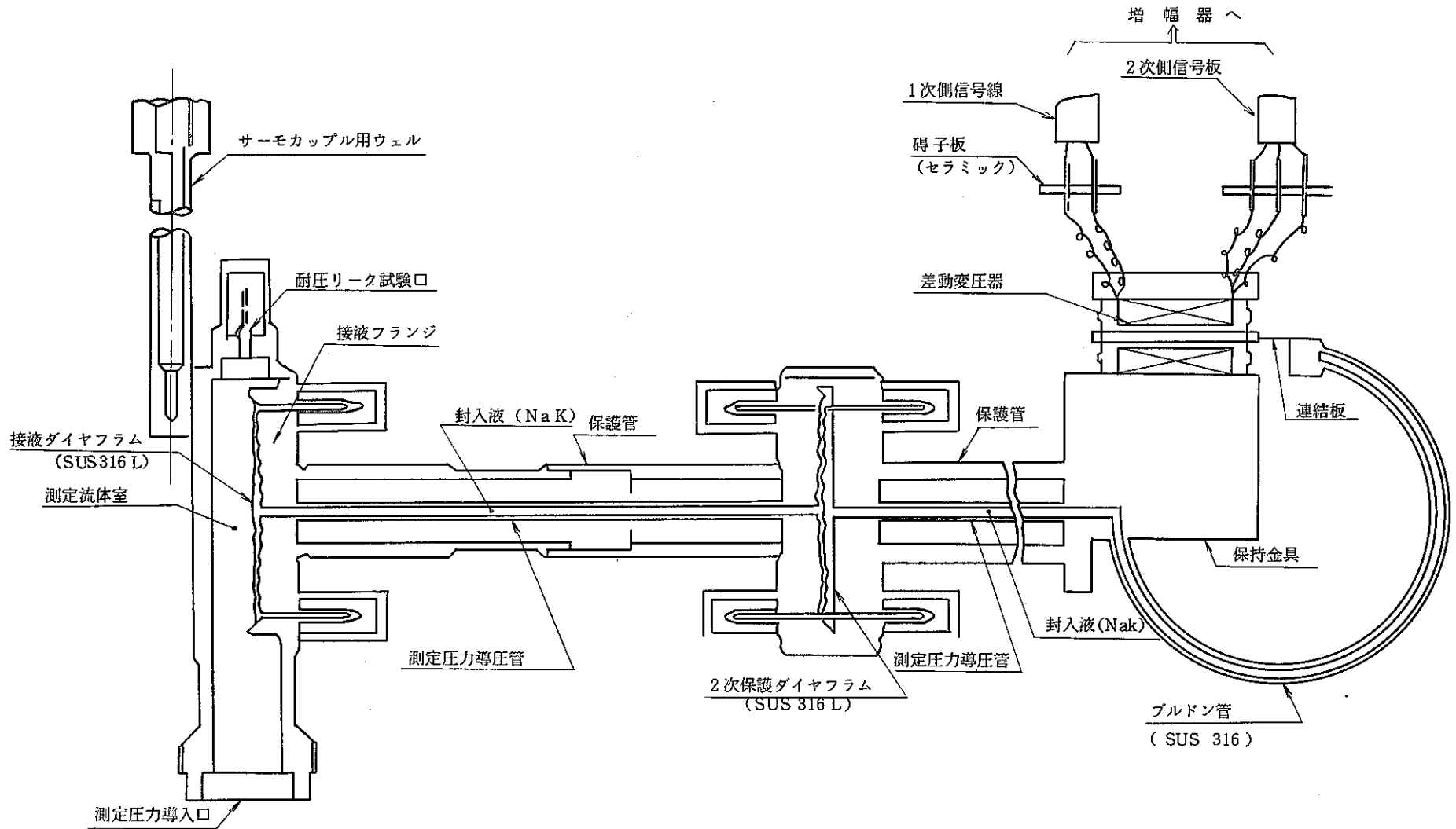
15) そ の 他

その他の中には安全容器呼吸系のコンクリート遮蔽体出入口温度記録計のチャート送り不良が2件あった。安全容器については、いままで補修がなかったので、系統として項を起していない。

蒸気系と計算機関係補修で、それぞれ全体の約4分の1を占めており、この2系統で全体の半分の修理依頼件数となっている。

16) 燃料取付設備

今回はじめて考慮に加えた系統である。補修原因の主な機器が制御盤と配線である。配線は使用済燃料移送機グリッパ用ケーブルの断線、移送機横行台車ケーブル断線等、ケーブルを伴った可動機器の断線、接触不良がみられた。



第 16 図 Na K 圧力伝送器の構造

6. あ と が き

56年度の補修状況を調査した結果、運転員が、運転操作中、あるいはパトロール中に発見し、原子炉第二課に修理を依頼した件数は全部で270件であり、燃料取扱系の25件を差し引くと245件となる。54年が251件、55年が229件、56年が245件で、件数の上では一定になったと言える。この安定は保守を担当する原子炉第二課の年1回行われる定期点検、月例点検、週間点検などの定着化によるところが大である。

系統別に件数の多い順にみると、2次冷却系、付属建家空調系、格納容器雰囲気調整系、燃料取扱系、1次冷却系の順であり、55年度は、2次冷却系、付属建家空調系、1次冷却系、電源設備、格納容器雰囲気調整系の順であった。上位を占める系統は、だいたい固定したようである。当該系統に関する修理依頼の全体に占める割合をみると、2次系は56年度が11.5%、55年度は17%、付属建家空調系は56年度10.7%で55年度15.4%であり、全体として平均化して来ていることが明らかである。

燃料取扱系を加えたが補修原因では、55年度と大きな変化は現われなかった。原因の多かった順に、全体に占める割合とともに示すと、計器が15%、制御盤が10.6%、バルブが10.6%で、55年度は計器が17.2%、制御盤が12.3%、バルブが11.8%であった。補修原因の面でも上位を占める機器は決まったようだが、その割合は、やはり減少しており、原因においても、とび抜けた機器がなくなり、平均化、平坦化されているのが注目される。

補修特性については、動き度の小さい、人意性の少ない補修が主流であって、55年度と傾向は類似している。ただ補修期間についてみると、長期に亘るものが多かった。

7. 参 考 資 料

- 1) 76年計装制御技術会議テキスト 日本能率協会
- 2) SN 941 78-05 総合機能試験期間の部分使用機器の補修状況
- 3) SN 942 79-01 Incident Recorded during JOYO Operation
- 4) SN 941 79-189 高速実験炉「常陽」運転試験報告書 53年度補修依頼状況
- 5) SN 942 80-08 高速実験炉「常陽」運転試験報告書 54年度補修依頼状況
- 6) SN 942 82-02 高速実験炉「常陽」運転試験報告書 55年度補修依頼状況