

1 MW不安定現象試験装置の 運転試験報告書

1978年2月

動力炉・核燃料開発事業団

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下さい。

〒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

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

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

1 MW不安定現象試験装置の運転試験報告書

八木沢 秀治* 泉 嘉朗* 川真田和雄*

長井 秋則* 谷川部敏雄* 西原 孝二*

保田 仁司*

要 旨

1 MW不安定現象試験装置の運転試験は事業団職員による要員の確保が困難であったこと、および装置がこれまでのシエルアンドチューブ式蒸気発生器に比べて非常に複雑になっていること、の二点から初めての試みとして、建設メーカへの委託という形で進められた。

本報告書は不安定現象試験装置の建設から委託運転完了までの全貌について纏めたもので、その主体をなすのが、ナトリウム水蒸気の両系統をもつプラント技術であり、特に装置の建設過程あるいは委託運転に入る前の予備試験において、既存設備等に生じた各種不具合の発生経過、原因、対策等について述べたものである。

その他、委託内容のあらまし、装置の変更改造点とそれに伴う運転要領の変更、さらには委託運転の結果等多岐にわたる内容を網羅し、今後に予想されるこの種委託運転や本施設の運転操作上に多少なりとも役立つ様にと取纏めた。

* 1 MW蒸気発生器試験室
(現 50 MW蒸気発生器試験室)

Report of 1 MW Instability Test Rig Operation

H.Yagisawa*, Y.Izumi*, A.Nagai*,
K.Nishihera*, T.Yatabe*,
H. Yasuda* and K.Kawamada*

Abstract

Operation of the Instability Test Rig, ITR, was conducted by Toshiba/Mitsui, manufacturers of the ITR, since staffs of the PNC were engaged in the operation of 50 MW steam generator test facility.

This is to report the operating experience of the ITR, including troubles encountered during construction of the ITR and trial operation, and counter-measure are also mentioned. Besides, outline of entrust operation, results of the test operation, modification of test facility and revision of operation guidance accompanied by are described, intending .

This report shall be an aid for contract of entrust operation in future and for operation of the test facility.

* 50MW Steam Generator Sec., Steam Generator Div., O-arai Engineering Center, PNC.

目 次

1. 緒 言	1
2. 装置建設と運転委託	3
3. 装置の概要と運転装値	9
4. 試験計画の概要	61
5. 調整試運転経過と装置の不具合	66
6. 試験経過とその成果	120
7. 装置の改造計画	132
8. 結 語	136

I 緒 言

ナトリウム加熱蒸気発生器の研究開発は高速原型が「もんじゅ」用蒸気発生器を目標に、各種R&Dとして蓄積に進められている。これら実用規模の蒸気発生器（以下SQと略称）は耐用年限（約30年）を考えた場合、伝熱管の疲労現象の究明が重要となる。

伝熱管の疲労はナトリウムおよび水蒸気の、高温、高圧の条件下にさらされ、腐食、ナトリウムによる脆化現象、各種アタック、流体振動、熱歪、応力などいろいろ考えられる。この中で水側の流動不安定は流体振動とともに熱的破壊し応力、振動などを伴い、材料疲労上重大であり、この現象の究明が必要になった。

蒸気器の流動不安定はこれまで1 MWや50 MW Qでも経験されているが、現象の定量的評価、設計に対する安全限界など解明されておらず、材料面ともなるとほとんど手掛けられていない。

そこで、もんじゅSQの実動前に、これらの究明が必要になるが、従来の試験施設（1 MW、50 MW SQ共）では計装設備など装置上の制約から、手続に試験ができなかった。このためこれまでの1 MW SQを撤去した後に、それらの試験目的にあった装置が建設されることになった。

装置はヘリカルコイル伝熱管のコイル性を異にするための特異性、すなわち、多層伝熱管群における水相相流域から沸騰域での水位変動や、二相流域での遠心力や重力作用による水滴飛散、これに伴う管壁の温度変動、さらには各領域での圧力変動等が詳細に計測できるよう、二重管方式で計画されている。

装置建設は昭和50年1月より翌年3月を目標に設計製作が進められ、途中熱電対取付不具合により当初予定より4ヶ月遅れで、現地撤付が完了した。

この装置の運転は、計画当初、50 MW SQ定検時期の昭和51年7、8、9月を利用して動燃（以下PNGと略称）職員の手で運転する予定にしていた。しかし熱電対の不具合等から装置の完成納期が8月末日となるなど、それが困難となった。

また、本装置はこれまでのSQと比べ、ナトリウム中にラプチャディスクを有すること、運転中の伝熱管切替操作を伴うこと、二つのナトリウム自由液面差が5mと大きいことから運転操作も複雑になっている。さらに各種試験は、すべてのデータが非常に高い精度を要求されるなど、短期運転では成果が期待できないと予想された。

そこで、運転試験はグ・ク整理等も含めて建設メーカへ委託し、長期的に運転されることになった。

施設をメーカへ全面貸与しての委託運転はこれまでにはなく、初めてのケースでもあり、契約上の問題もさることながら装置のトラブルの懸念、運転操作上の問題など心配される点が多かったが、前述の通り委託運転に断切らざるを得なかった。

委託運転は9月いっぱい、装置に慣れるための訓練運転期間とし、10月より本格試験に入る予定にしていた。しかし、幸いにも装置完成が7月末で、50MW施設の定検期間も8、9月と2ヶ月残っていたなどから、8月初めから、PNCの手による調整運転が確保され、かつ9月の訓練期間の指導も行われることになった。

既設装置はすでに5年余の運転により老朽化している部分があるとはいえ、水蒸気系は官庁立合による水圧検査など定期検査を済せ、また電気計装設備についても自主検査などで万全を期していたが、予想(前述の様な懸念はあった)に反して各種不具合が発生してしまった。

これら不具合はほとんどが運転初期に発生しており、長期停止後の再起動時の問題が認識されたなど、これら経歴はナトリウムと水蒸気系をもつ高運転システムを開発する上で、多いに参考になるものと思われる。

なお、委託運転は不具合発生にもかかわらず、各方面の関係者の応援を得て、早期解決をはかり、当初より40数日の遅れを十分カバーして目的を達成することができた。

本報はこれら全貌と今後の計画等について、纏めて報告するものである。

2 装置建設と運転委託

2.1 建設

1 MW不安定現象試験装置 (Instability phenomenon Testing Rig = ITRと略称) は昭和49年度と50年度の2年度(償還貸出行為)として認可され、1億円の予算をもって計画を実行に移し、昭和50年1月契約、昭和51年3月末完成を目標に設計、製作が進められた。

表1にその建設経過を示した。設計、製作の進展につれ、ナトリウム-水反応解析結果などから契約変更が余儀なくされ、1千万円の予算追加ならびに熱電対の不具合発生と相まって、納期遅延などを含む契約変更がなされた。

このITR装置は、これまでのシエル、アランド、チューブ式SQが撤去された後に据付けられるため、そのSQ撤去工事が昭和50年7、8月に行われた。ITRとの取合が明確でなかったなどから、解任期間、所掌関係も不明な点が多く、この辺の取合工事のため、第一期先行工事が11月14日より進められた。これに付随して既存装置設備者へ、技術者派遣を依頼し、10月15日より派遣者による準備作業が進められた。

この第一期先行工事は、前述の様に、主に取合関係工事であり、工場製作されているITR本体の熱電対不具合が発生し、納期変更が確定した12月18日まで進められた。

その後、製作工場では熱電対取付不具合箇所の原因究明と対策工事に努力が払われた。そして、2月16日には本体完成のメドと、その後の日程を考慮して、第2次先行工事が開始された。この主な工事は本体を据付けるための架台や液面制御タンクの据付で、本体組込み時邪魔になり取外す必要のある放出系配管も一旦仮配置された。

3月28日には本体が現地に到着し、以後の工事は表1通りの工程で進んだ。7月22日、予熱昇温試験の合格をもって装置引取となった。

表1 装置建設の経過

経過年月(H)	経過の概要
49年10月	メーカと計画打合せ(Nego)に入る
50年1月	正式契約成立(契約先:東芝;製作:三井造船神玉野工場) 設計、材料手配
6月	材料入荷、製作開始

材料検査	
7月	
10月	ユニットとして組立
11月4日	第1期現地先行工事 → 12月18日 第1期分終了
11月後半	主に既設部撤去と取合関係工事 本体組立最終検査、熱電対取付部に不具合発生（詳細後項参照） これに伴い本体現地着予定（12月15日）が3ヶ月以上遅れ（3月28日）となった。
2月16日	第2期先行工事開始
3月29日	本体据付部芯出し、放出系配管、液面制御タンク据付工事等
3月31日	800φコイルユニット } 吊り込み（動燃ニュース紹介） 2000φコイルユニット }
4月21日	予熱ヒータ、熱電対取付、保温工事 （4月5日盤改造 → 4月25日シーケンステック）
4月30日	予熱ヒータ昇温試験（組合せ前）
5月30日	800φと2000φコイルの組合せ SG本体廻り架台およびギヤラリ等取付 放出系の本付配管、主系統の配管工事 主系統配管の溶接工事を終了 計装配管（計器取付）各種試験検査 （6月14日ケーブルチェック計装工事開始 消防、労基立合 6月30日コンピュータ納入 電気関係工事 配管系予熱ヒータ取付完了 保温工事開始 → 7月18日終了 機械関係工事完了 7月5日～計装関係定検（島津） 電気計装工事を含むすべての工事が完了 7月8日～予熱制御盤改 造工事（常陽三協） 予熱昇温試験（動燃ニュース紹介） 本試験完了をもって装置引取りとした。
7月21、22日	

2.2 運転委託

昭和51年7月23日付でメーカより引取られた1TR装置は、すでに述べた様に9月1日より装置の建設メーカと同じ所へ運転を委託することになった。
ここでは委託運転に關する依頼細則と受託組機をあきらかにするとともに、運用上の問題点や計画などを述べ、この種委託をする場合の参考になるようにした。

今回の委託の時機はPNCの試験施設を受託者に全面貸与し、施設の運転と試験データの採取、その類め一切を受託者が行うことにある。ただし、当然のことながら施設保全の責任はPNCにあった。

1) 委託の基本方針

- (1) 装置の起動、停止あるいは緊急時はPNC担当者が立合または指示し、処理する。
- (2) 契約上の試験データ採取数の確保のため、装置不具合発生時はPNCの責任において速やかに修理する
- (3) 運転指導及び予備試験を含む詳細試験計画立案をPNC責任で行う。
- (4) 貯蓄、販運等の整備を行い、提供する。
- (5) 直休制はこれまで、1MWSGや50MWSG室で採用している4班3交代制とする。
(8日サイクルで、1 12 2 3 3 明休休)

- (6) 次の作業をPNCの定常業務とする。（但し常陽産業、作業者の役務）
 - ① 補給水系の管理（純水装置の再生、水処理）
 - ② 回転機器（コンプレッサ、給水ポンプ、凝縮器、デイズル発電機等）の日常点検、調整、給油。
 - ③ 不活性ガス（窒素、アルゴンガス、標準混合ガス）等の管理
 - (7) 依頼者側職制は次による

運転責任：八木沢、泉、菊池（常陽産業）
データ責任：栗地、久保田
保守責任：保田、菱和工業

- (8) 運転指導体制は上記運転責任者と次の運転直員が当る。

1班	2班	3班	4班
○鹿志村洋一	○飯野 次夫	○白土 清一	○谷田部敏雄
金子 義久	佐藤 聡	阿部 明男	森本 誠
亀井 広一	松本 正樹	長井 秋則	甲高 義明

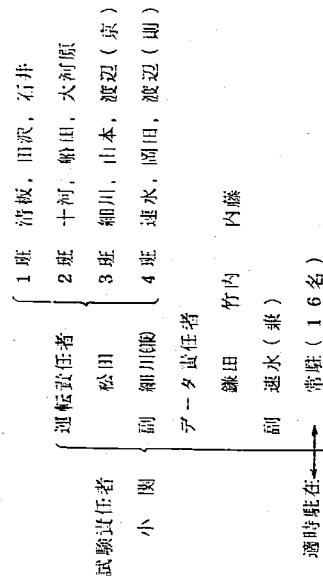
西原 孝二（欠員補充者：○山田榮吉、山下英俊）

注記 ① 9月中旬は上記PNC職員の直体制に受託者側直員が入りPNC主体による訓練運転が行われた。

② 装置の不具合発生に伴い、10月1日からは受託者が主体（但し直任体制としてPNCが持つ）での運転とするが、そこに上記PNC職員の○印者が加わり11月7日まで、運転指導に当った。

2) 受託側の体制と役割

(1) 体制



(2) 運転関係者の責務

受託者は装置の安全運転のため、次の作業を行う。

- ① 試験計画書に従った、各種試験の遂行
- ② 中央制御盤の監視とデータ記録(1)(2)
- ③ 予熱ヒータ系の監視記録
- ④ 現場巡視と計測点データ記録（装置に問題がある場合、補修依頼伝票を作成）
- ⑤ 各直任に業務日誌及び作業日誌を記載

この他、運転者の業務としてデータ・グループとの接点とも考えられる次の様なデータを採取する。

- ① 運転経過が判る実績表の作成
- ② ナトリウム純化系と水リーク検出系の挙動データ（データ表とグラフの作成）
- ③ 主要系統の運転データの採取とグラフの作成
（SG出入Na温度、Na流量、給水温度、蒸気温度、給水流量、蒸気圧力）
- ④ 水質管理表の作成

(3) データ関係者の責務

- ① 毎日の業務として試験データの採取と纏めおよび運転者への作業指示
- ② 一週間に運転指示書として、次週に行われる予定の試験の工程、運転モード指示、試験手順、その後の予定、それまでの実績等を纏める。

3) 運転要領書

従来（改造前）から使用していた要領書と改造部（ITR本体側）要領書を合せて用い、これで不都合が生じた部分について修正しながら、運転する方法とした。
後で述べるように、特にナトリウムチャージ手法について変更が余儀なくされた。
これらについては従来の手法と異なる部分と併せて後述する。

4) 運転指導

(1) 受託担当メーカーの従事者に、ナトリウム経験者が少なかったことから、ナトリウム取扱技術の教育指導が必要であった。

(2) 改造部（ITR本体側）はともかくも、既設部装置の癖を知ってもらうため、各直任にPNCの直員をつけ、実地に指導することにした。

(3) 全施設の概要と装置運転上のキーポイント等の説明を実地に言うこととした。

特にナトリウム-水蒸気の熱交換器という、これまでの火力ボイラでは経験できないような特殊装置について、詳細説明することにした。

(4) 最終的には、ナトリウム-水の結合運転にて、定格運転及び不安定試験1ケースまでを運転指導し、その後、全面的に装置を貸与し委託運転に入ることとした。

5) 合意事項

- (1) 装置の起動、停止その他特殊操作は日勤時間（8:30～17:00）に行うこととした。
- (2) (1)の特殊操作の指示はPNCがするのを原則とした。
- (3) 起動時の予熱ヒータチェックはPNCが行うこととした。
- (4) 夜間に緊急事態が発生した場合は50MWSSG室直員が一時的に相談にのることとした。
- (5) 運転中、異常に気付いた場合、PNC責任者に連絡をすることにした。
- (6) 受託者は訓練期間中日誌を作成し、その成果のチェックをPNCが行うこととした。
また、50MWSSG施設との間に、次の協力体制を敷いた。

- ① 昭和51年10月16日～昭和52年3月20日までの2、3直および休日（原則として流し運転時）に異常が発生した場合、1MW運転当直長の要請に基づき、50

MW運転員が協力（技術相談、アドバイス、応援、防護体制）するものとした。

- ② 当然ながら、安全保護系の動作あるいは緊急事態発生時には、1 MW施設責任者及び受託責任者に速やかに連絡をとり、必要あればSG試験室の防護体制をとれるようにした。

3 装置の概要と運転要領

1 TR装置は既流式ナトリウム加熱蒸気発生器の蒸発器において避けて通れないといわれている水側の流動不安定や、DNR (Departure from Nucleate Boiling) 点の伝熱管管壁温度変動などの現象説明をするために各種伝熱流動試験が行え、かつ精度のよいデータが採取できるよう工夫されている。

本装置は元来的にはSGの輻射し熱応力を受けた伝熱管が耐用年限（もんにゅで30年を予定）の間、問題なく使用に耐えられるかどうかを究明することにあるといえる。このため装置は計装設備等を考えて特殊構造をとるなど、これまでのシュール・アンド・チュープ式SGとは異なる点が多い。

そこで、ここではこれまでの装置と異なる点や、それに伴い変更された運転要領等について述べる。

3.1 装置の概要

1 TR装置はこれまで試験されてきたシュール・アンド・チュープ式1 MWSGを撤去した後、据付けられたもので、この本体交換に伴い、全体系統、主に本体廻り系統や、安全系、計測設備、予熱制御および一部シークエンスの変更があった。

以下、1 TR本体およびその廻り配管系とともにそれら変更点について述べる。

3.1.1 全体系統の概要

図1に1 MW蒸気発生器試験施設の全体系統図を示した。本施設は被試験体である1 TR本体とその廻り配管系以外は可能な限り既設ループの転用をかけた。

ナトリウムループ系における変更改造は、液面制御タンク入口遮断弁（V-1）以降から1 TR出口遮断弁（V-2）までの本体およびその廻りの機器について行われた。このうち既設転用品は、V-2弁がナトリウム付着の状態で取付位置が変更されたほか、カバーガス系のベーパートラップ3基：ガスクロ用（VT-1）、膨張タンク用（VT-802）、液面制御タンク用（VT-2）、それにNAK圧力計2台（液面制御タンク用、1 TR出口NA圧力用）さらに液面制御タンクのガス系が従来SGの液面制御系のガス制御系（図17参照）からそれぞれ取外し転用された。それ以外はすべて新原に製作された。

また、水蒸気系においては、SG隔離弁（AV-201、203）より本体側の機器

で、AV-205と安全弁を含むフラッシング系以外新規製作されている。

放出系は別項で詳述するが、反応生成物取納容器以外新設され、これまでの1放出ラインが6放出ラインに、そして、12系統のラプチャディスクによって圧力開放系が構成されるようになった。

この計装設備や、ナトリウム系の予熱制御設備等の変更がなされたが、これらについては後述する。

図2に新設部であるITR廻りナトリウム-水蒸気系統図を示した。これらの中で給水流量計(FE-1~3)ナトリウム遮断弁(OV1~3)電磁流量計(FE7~9)等はPNCからの支給品で構成され、特にFE-7、FE-1~3は既設転用品が使用された。

3.1.2 ITR本体

ITR本体は計装設備の重視の観点から、すでに述べたように50MWSGや、もんじゅSGの様なシェル・アンド・チューブ式構造がとれず、二重管構造のナトリウム加熱ヘリカルコイル式貫流型蒸気発生器となっている。

このSGは表2の運転条件および構造データにみられるように、伝熱管1本当りで見ると、50MWSGやもんじゅ用240MWSGの蒸発器を模倣しており、表3の様子が達成されるように計画されている。

図3はITR本体の組立図で、伝熱管3本で構成されている。熱出力は既設装置(主加熱器、電磁ポンプ、給水ポンプ等)からの制約を受け、伝熱管2本で1.2MWとなつている。二重ヘリカルコイルの内管を構成する伝熱管はもんじゅSGと同じ外径25.4φ肉厚3.2mmでしかも材質も同じSTBA-24材を採用している。またコイル径についてはもんじゅSGの最内層コイル径0.8m(A、B管2本)と最外層の2m径(C管1本)で構成されており、伝熱管の巻き上げ角度も9度で下から上に向かって時計方向に巻き上げられている。巻数はコイル径0.8mのものが12巻、2mのものが4.7巻となっている。

給水は全領域が非加熱域となっているダウンカマを経て、ITR本体下端から入り、二重管の内管を通して上部より加熱蒸気になってでる。

これに対してナトリウムは、二重管のアニュラス部を上部から下部へと流れ、ナトリウムから水への対向流の熱交換を行う。

図4と図5は800φと2000φヘリカルコイルそれぞれが定格条件で運転された

図 3 ITR本体の組立図

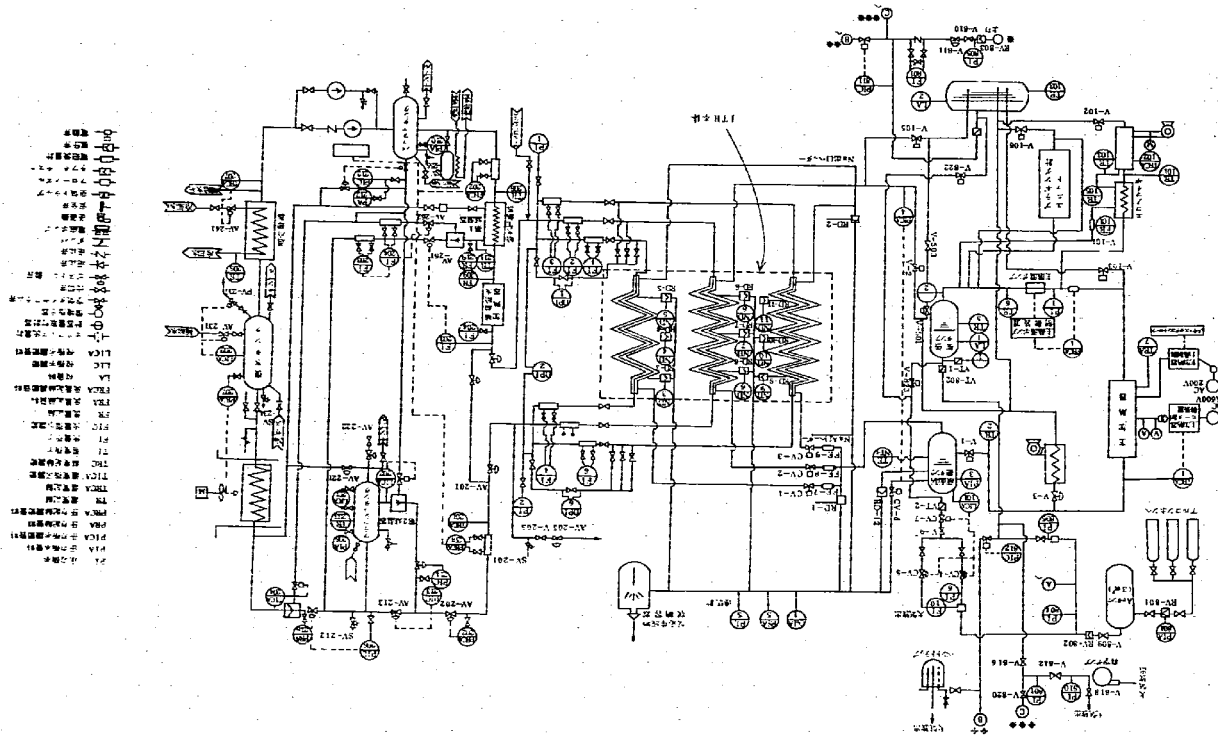


表 2 定格条件及び構造データ

形 式	ナトリウム加熱ヘリカルコイル2重管出流型	
定格運転条件	構造データ	
熱出力	1 MW	伝熱管外径
給水入口温度	240℃	伝熱管肉厚
蒸気出口温度	飽和+30℃	伝熱管長さ
蒸気出口圧力	14.3kg/cm ²	伝熱管巻上げ角
給水流速	2.1×10 ³ kg/hr	伝熱管本数
ナトリウム入口温度	475℃	コイル径
ナトリウム出口温度	340℃	伝熱管材質
ナトリウム流量	220×10 ³ kg/hr	外管材質
使用伝熱管数	2本	外管材質

表 3 目的

1. 50 MW、もんじゅ用蒸発器を模倣したSG (I T R) において流動不安定の起らない限界を確認する。
2. 限界条件から静定条件、発生防止策を確立。
3. 不安定現象解析コード整備のための基礎データを得る。
4. ヘリカルコイル伝熱管のDNB点における流動、圧力、伝熱管壁温度変動の極相を把握し、不安定現象面の解明をする。
5. 以上のデータを基に、今後のSGの伝熱流動、材料問題に関して検討し、基礎資料を得る。

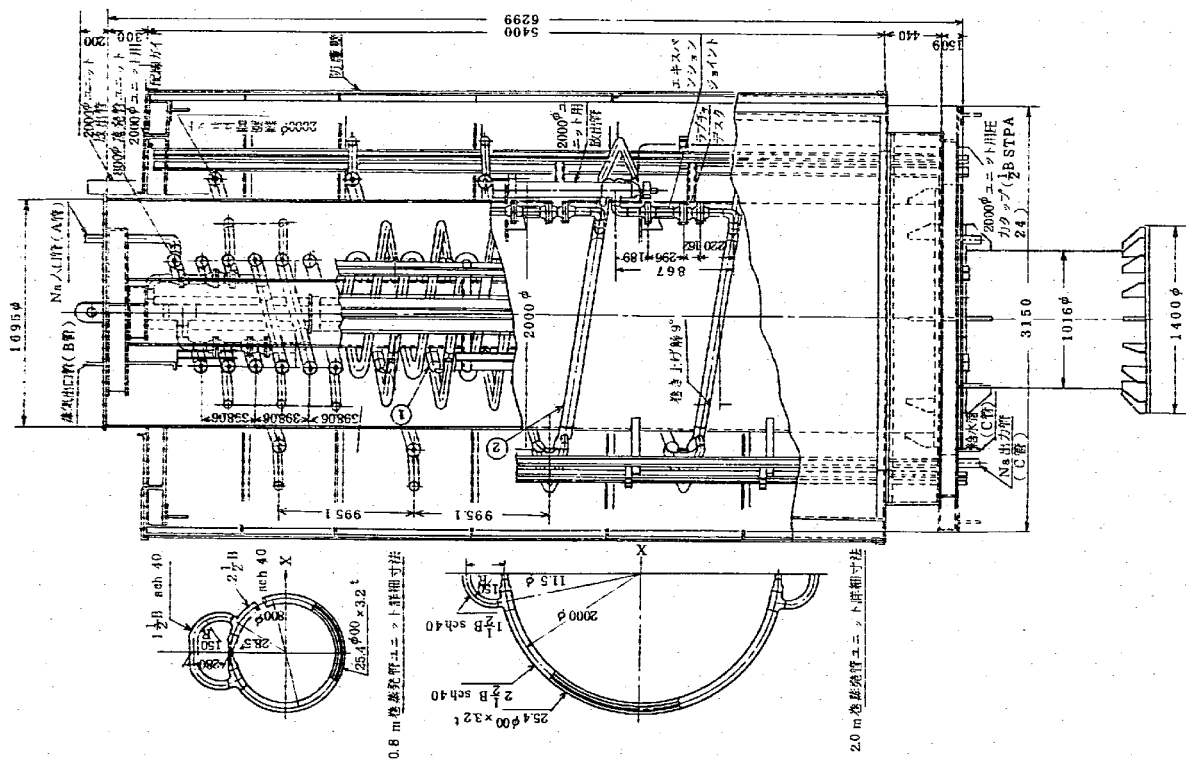


図3 ITR本体組立図

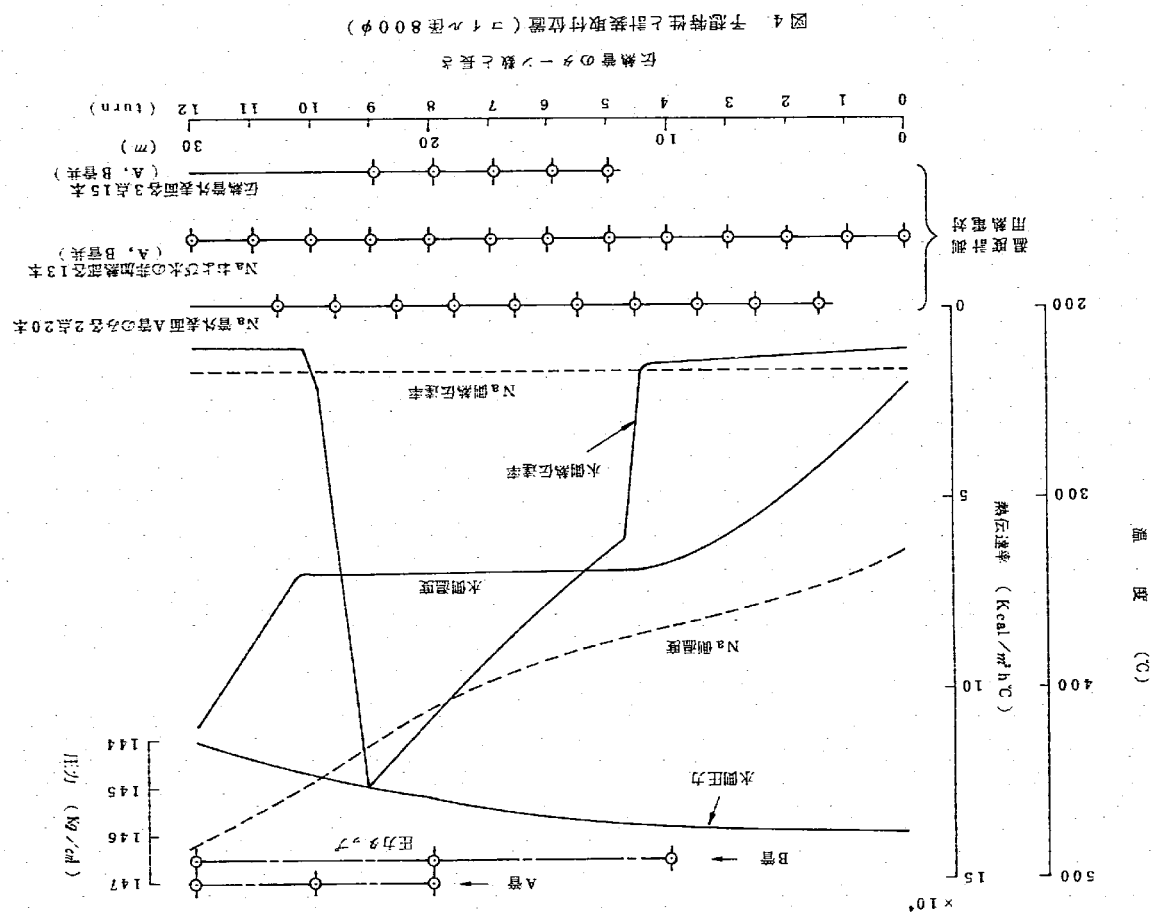
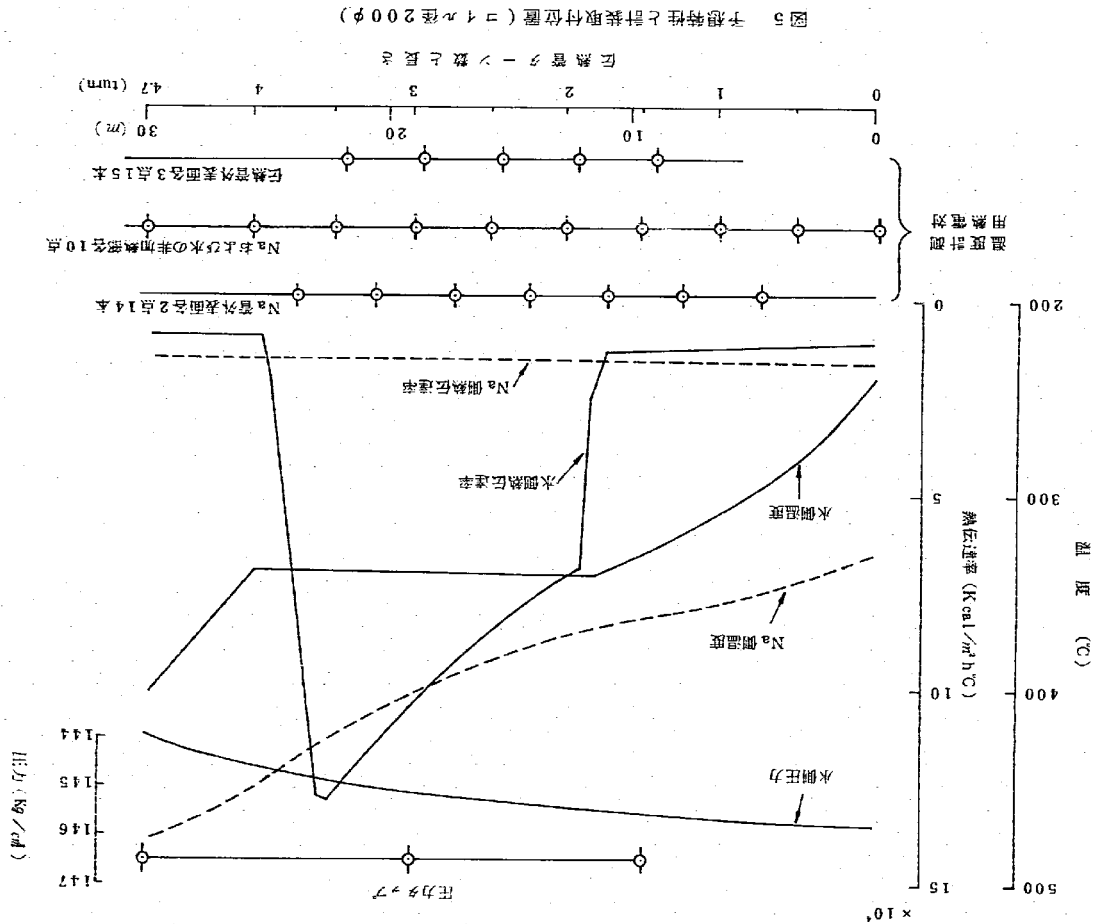


図4 予想特性と計装取付位置(コイル径800φ)



場合の伝熱流動特性の予想と、これら特性を実測するための熱電対や圧力計の取付位置を示したものである。この様に、伝熱管の長手方向においてナトリウム側、水側それぞれの平均温度を正確に測定するため、図3のユニット詳細図にみられるように、コイル径0.8 mものは1巻を、2 mものは0.5巻をそれぞれ1ノードとし、そのノード毎に温度計測できるようにしている。また水側熱伝達率の大きい領域、すなわちクオリティ0～1の沸騰ゾーンではノード毎に伝熱管の外壁温度を周方向3点について計測できるようにしている。これによって、D N B点近傍伝熱管の管壁温度変動の様子をみることもできる。さらに、ナトリウム流路の温度計測のバックアップとしてナトリウム管外壁にもノード毎に熱電対を付設するなど、ナトリウム、水蒸気両面より伝熱特性が把握できるようにしている。

水蒸気側の圧損を測定するためには0.8、2 mコイルそれぞれ3点ずつ、最も正指が大きくなると予想される部分に圧力タップを取付、計測できるようにしている。

図6はノード毎に取付けられているそれら熱電対や圧力タップの取付方法を示したものである。伝熱管外表面温度測定用熱電対はシース径2.3φで先端をつぶした接地型が用いられ、B管において上面側周方向3点、A、C管が下面側3点で、それぞれの管の流れ方向の5ノード分に(管1本当たり合計15本)取付け、管壁温度変動を計測できるようにしている。

これら計設設備に伴い、伝熱管にはノード毎に非加熱部ができています。この長さを加熱部長さとともに示すと次の通りである。

	加熱部長	非加熱部長	合計
巻径0.8 m	2 7.4 5 m	3.0 9 m	3 0.5 4 m
巻径2 m	2 7.5 8 m	2.0 7 m	2 9.6 5 m

ITR本体には以上のほかに、STPA-2.4材の $2\frac{1}{2}$ B管のナトリウム流路外管の各ユニット(A、B管800φ、C管2000φ)それぞれにダブル方式のラプチャデイスが3セットずつ取付けられ(詳細次項参照)、万一の伝熱管水リーク時の放出系として組込まれている。

3.1.3 安全保護系

SQ施設において最も重要なのが、万一の伝熱管リーク事故時のリーク検出及び放出系などの安全保護系と考えられる。次には電源喪失や機器故障のとき装置を安全に停止

するためのアイソレーション回路等であらう。

ここでは、これら重要な機器の動きについて、これまでの装置との相違点を中心に概要を述べる。

図7は水リーク検出器と放出系の構成を簡単に示したものである。ここで、ナトリウム中の水素検出器である隔膜式水素計は以前のSGIからのものが使用されている。

ガスクロはこれまでSGIのカバーガス水素濃度を測定するようになっているが、今回のITR装置は自由液面をもたないため、膨張タンクのカバーガスをサンプリングするようになった。

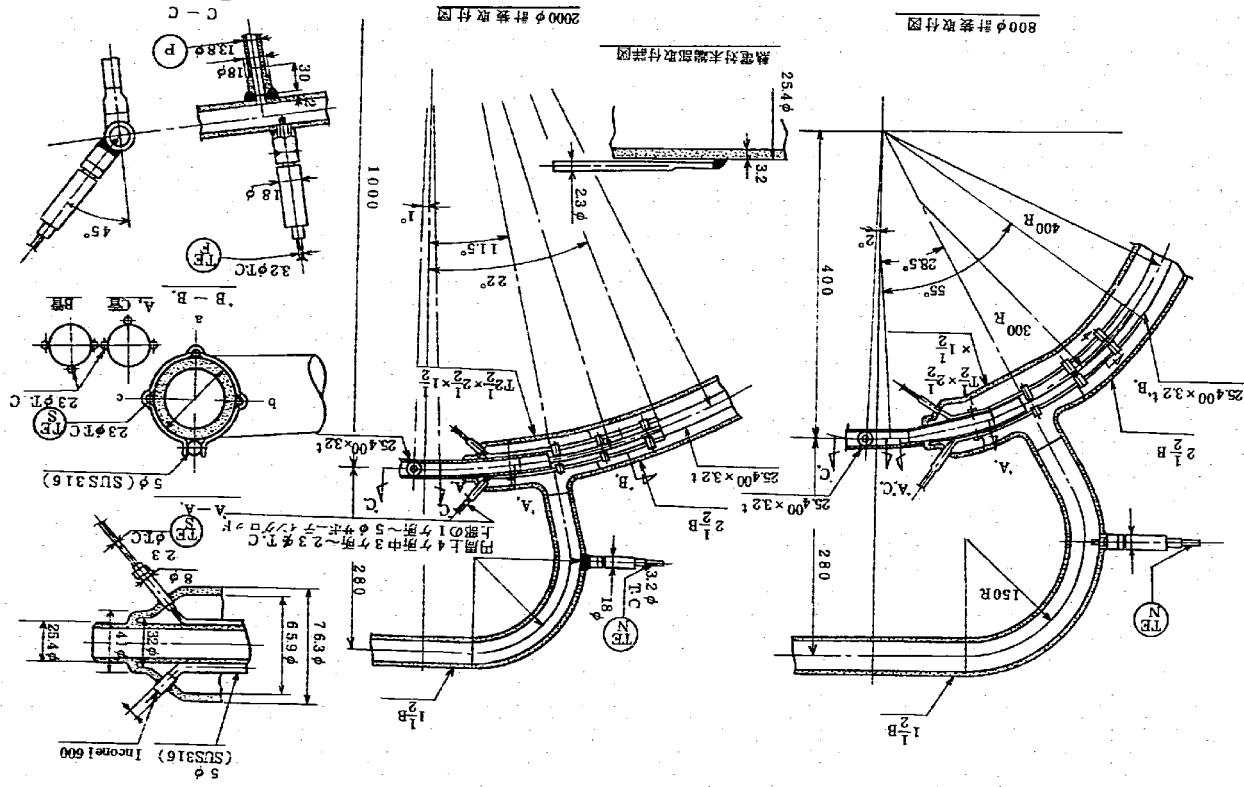
放出系はITR本体が二重管で、これまでのSGIに比べて万一の水リーク時には圧力開放が非常にし難い構造であるなどから、小口径（2B）ではあるが、伝熱管1本（ユニット）当たり3系統の放出系（反転式ダブルラプチャディस्क）をもたせようとした。これらは図3でみられたように本体の保護壁内に収納されており、一旦組込まれた後はディस्क交換ができないことから、耐圧試験圧の 12.5 kg/cm^2 を考慮して、破裂圧を 14 kg/cm^2 のものを採用している。またディスクをダブルにした理由は比較的薄い（ 0.2 mm ）インコネル製のラプチャディスクをナトリウム中で使用した実績がなく、その誤動作等を考慮した場合、シングルの場合は問題があると考えられたためである。この二枚のラプチャディスク間にはブラグ型のリーク検知器を設け、初段ディスクにリークが生じた場合、それを検知できるようにしている。

伝熱管3本（A, B, C管）の分岐ヘッダであるナトリウム出入口ヘッダには既設ループ（設計最高使用圧 5 kg/cm^2 ）の保護から破裂圧 4 kg/cm^2 （ $at 475^\circ\text{C}$ ）のラプチャディスクを設けられたが、PNCの手による試運転において2回にわたるラプチャディスクの作動器示があった。（詳細は第5章参照）このため、本ラプチャディスクはその後、 12.7 kg/cm^2 （ $at 70^\circ\text{C}$ ）に変更された。

さらに、ナトリウム自由液面をもつ液面制御タンクには、ループ系への影響をできるだけ低減するため、カバーガス中に破裂圧 5 kg/cm^2 のシングルのラプチャディスクと小リーク時の圧力開放用としてスモールリーク逃し弁がITR出口ヘッダ近くに取り付けられたNaK置換型圧力計（PT-4）が 2.5 kg/cm^2 以上に達したとき、開く様になっている。

ITR本体のナトリウムリークに対しては、本体収納壁内に設けられたスモーク検知器があり、ナトリウム火災時の白煙を光学的に検出できるようになっている。

図6 ITR本体詳細取付図



以上の様な万一の事故時の安全系のほかに、電源喪失や機器故障、さらにはラプチャデイスクが破裂しないような小リーク事故時に装置を安全に停止するため、図8に示すようなアイソレーション回路が、制御システムとして組込まれている。ここで、新規に増設された回路は①S(1)出口Na圧力高々、②S(1)入口Na圧力高々、③S(1)入口Na圧力高々、④Na中水素濃度高と液面制御タンクNaレベル高が同時に発生したときなど、ブランチトリップが起きるようになっている。

3.1.4 計装設備

1TRB装置の計装は水側の流動不安定やDNB点の温度変動等を精度よく測定するため、図9に示した様に本体の熱電対だけでなく数多く取付けられており、このほか本体側の計装およびループの運転状態監視等を含めると、表4に示した様に200点に近い計装設備となった。

これらの計装はその試験の性質上、可能な限り時間遅れをなくし、同時計測が望まれた。このため、これまで使用されてきたスキミングスピード0.5秒(1計測当り)のデターログガー設備は使えなかった。そこで新たにミニコンピュータを導入せざるを得なかった。

図10にミニコン導入(3年間のリース契約)後のオンラインデータ処理システムの全体概念図を示した。現場計器である計測対象信号は熱電対がmVで、その他の工業計器はすべてmAで中央制御室に置かれた中継端子盤に入力される。この端子盤にはmA信号をmVに変換するための無誘導抵抗(20Ω)やヒータあるいはDNB計測用のジャック端子150chが取付けられている。

この中継端子盤の一連の端子は表5-1~6に示した様な対応で、現場計器、計算機入力端子(MPX端子)およびジャック端子とが接続されている。したがって同じ信号レベル間では、それら対応表にしたがっての信号の入れ替えも可能となっている。

図11は計算機入力用のデータ処理システム図を示したもので、デジタル計算機において問題とされている各種ノイズをできるだけ除去し、これにより計測値の信頼性を向上するとともに、そのための電解(雷、接触器などからの誘導)から計算機の構成機器(半導体素子からなるアンプ)を保護するためのものである。すなわち、1TRB装置の計装出力端子とミニコンデータ集録装置(MPX)の入力端子間において計算機処理上問題となる(特に接地型熱電対)ノーマルあるいはコモモンモードのノイズをフィルタやアイソレータさらにはアイソレートアンプ等により除去するものである。

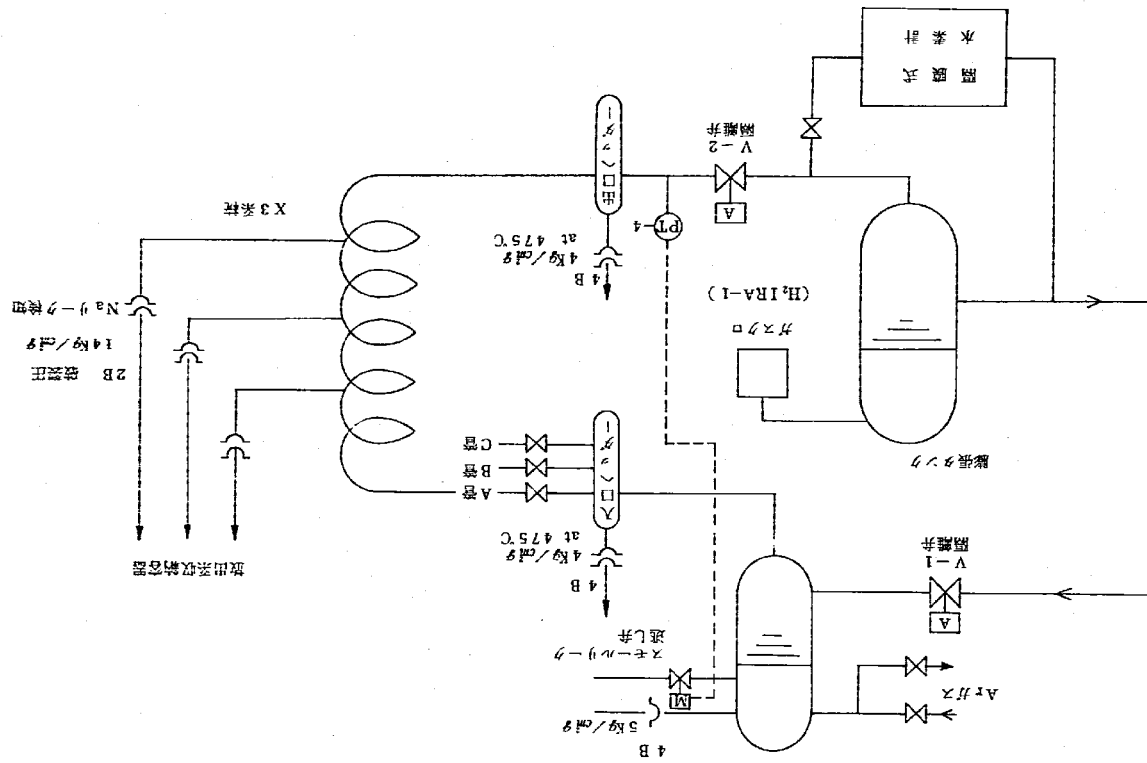
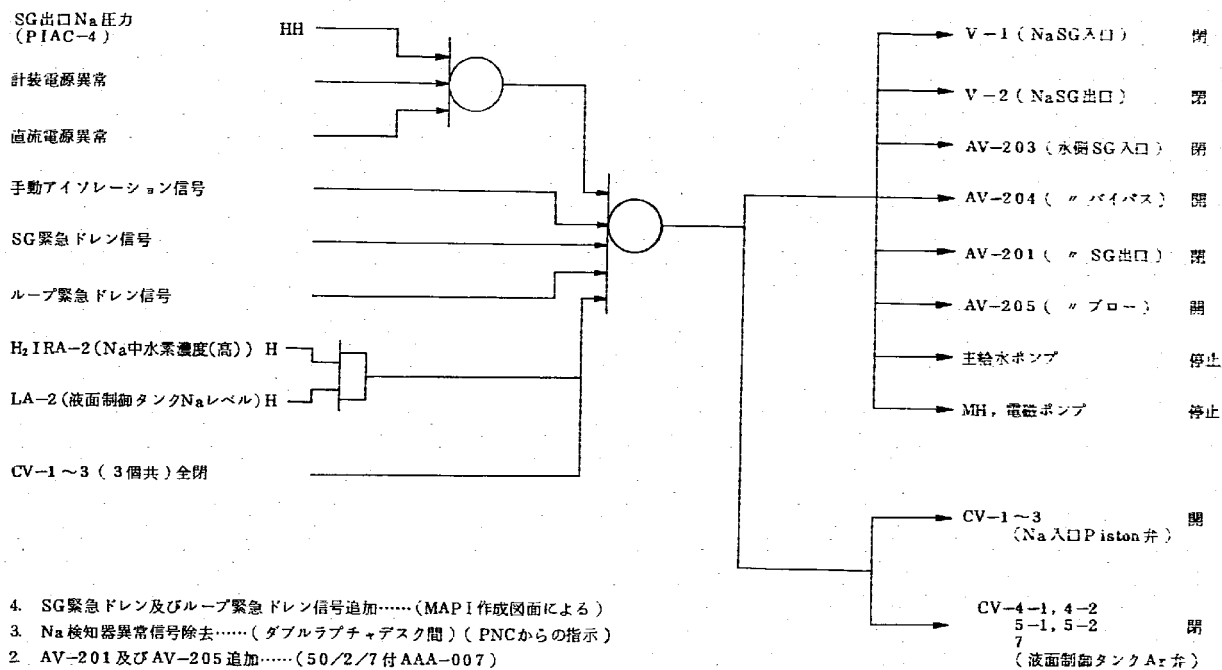


図7 安全保護系(水リーク検出器と放出系)

検 出 端 接 点 回 路 動 作



4. SG緊急ドレン及びループ緊急ドレン信号追加……(MAP I 作成図面による)
 3. Na検知器異常信号除去……(ダブルラプチャデスク間)(PNCからの指示)
 2. AV-201及びAV-205追加……(50/2/7付AAA-007)
 1. スモーク検出器及び水素計(ガスクロ)の信号除去……(PNCからの指示)
- 契約Specからの変更点

図8 アイソレーション回路(S.50.4.28現在)

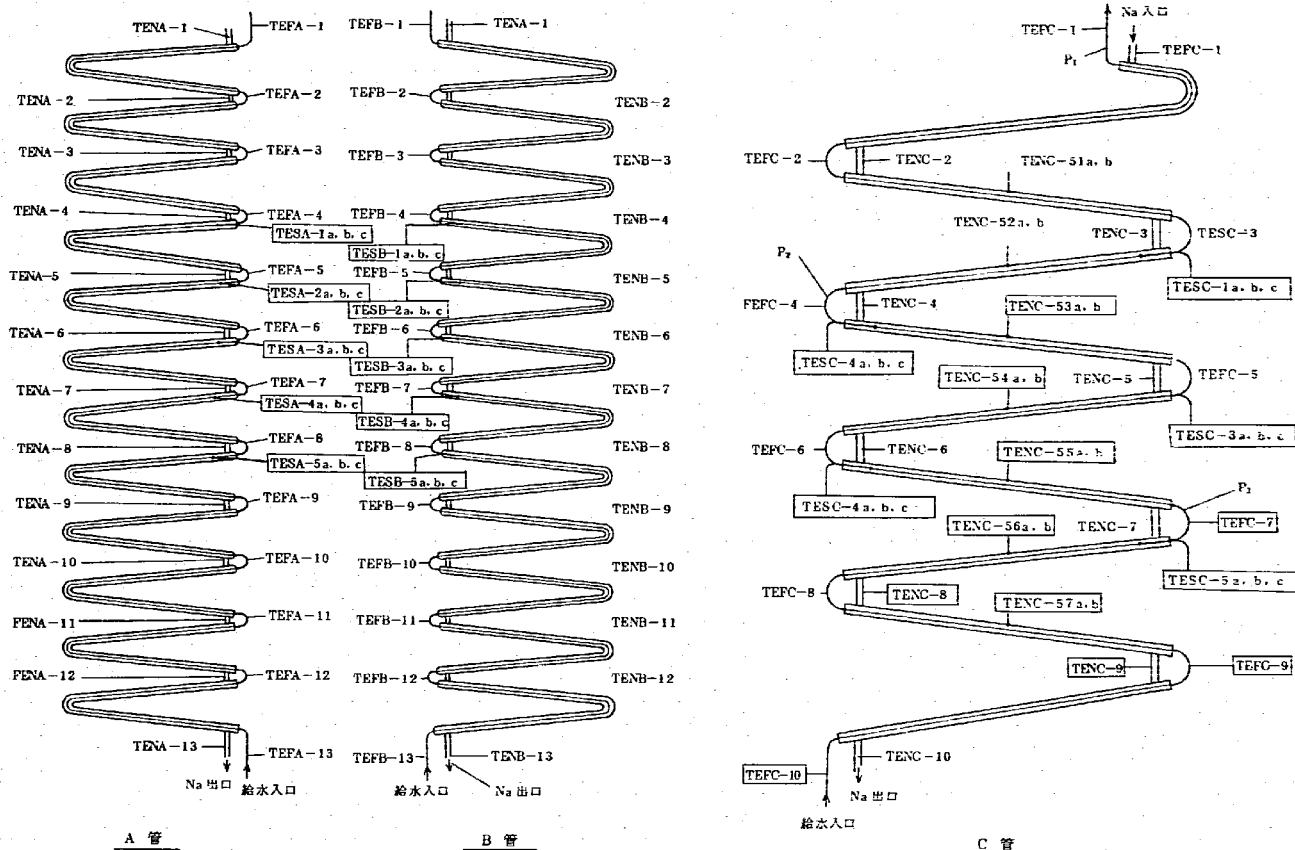
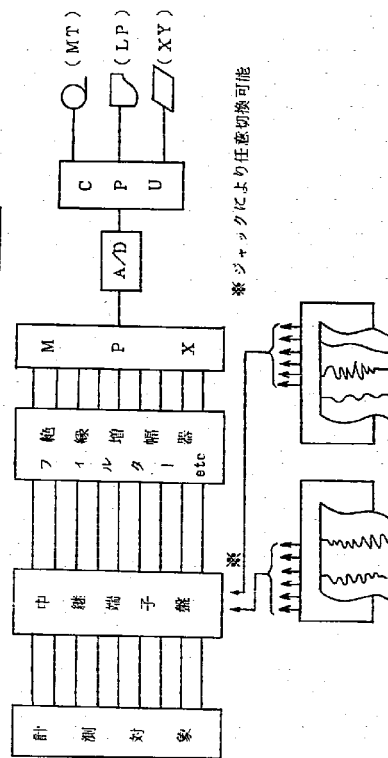


表4 計装(計算機)入力一覧表

1. I T R 本体 (温度計装用 C A 熱対 1 5 1 本)															
(1)伝熱管外壁 (セクション当り3本)				(2)N a 管外壁				(3)N a 温度				(4)水・蒸気温度 (非加熱領域) (非加熱領域)			
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
15	15	15	20	0	14	13	13	10	13	13	10	13	13	10	

2. I T R 本体側															
(1) 流量計 (8 点)								(3) 差圧計 (6 系統)							
①～③ N a A, B, C 各管								①給水絞り弁前後 A B C 切替							
④～⑥ 給水								②蒸気絞り弁前後 A B C 切替							
⑦ 蒸気 A, C 管								③伝熱管 (A 管) 3 タップ切替							
(2) 圧力計 (4 点)								④ " (B 管)							
								⑤ " (C 管)							
N a 側								⑥ S G 出入口差圧 給水, 蒸気 ヘッダ間							
水 側								⑦液面制御タンク							
								⑧ S G 出口ヘッダ							
								⑨給水ヘッダ							
								⑩蒸気ヘッダ							

3. ループ運転監視用(12点)
① S G 出入口Na流量
② S G 給水流計
③ S G 蒸気流量
④ Naポンプ出口圧力
⑤ S G 給水圧力
⑥ 蒸気調圧弁入口圧力
⑦ S G 入口Na温度
⑧ S G 出口Na温度
⑨ M H 出口Na温度
⑩ S G 入口給水温度
⑪ S G 出口蒸気温度
⑫ 給水ポンプ回転数



モニタ用アナログレコーダ DNB計装用データレコーダシステム

図10 データ処理の全体概念図

表5 端子番号対応表

中継端子 中継端子 No.	計器 No.	計算機入力	ジャック端子 A R の No.	備考
1	TE SA-1a	H1-0	J-77	"
2	SA-1b	" 1	J-78	"
3	SA-1c	" 2	J-79	"
4	SA-2a	" 3	J-80	"
5	SA-2b	" 4	J-81	"
6	SA-2c	" 5	J-82	"
7	SA-3a	" 6	J-83	"
8	SA-3b	" 7	J-84	"
9	SA-3c	" 8	J-85	"
10	SA-4a	" 9	J-86	"
11	SA-4b	" 10	J-87	"
12	SA-4c	" 11	J-88	"
13	SA-5a	" 12	J-89	"
14	SA-5b	" 13	J-90	"
15	SA-5c	" 14	J-91	"
16	TE SB-1a	H2-0	J-92	"
17	SB-1b	" 1	J-93	"
18	SB-1c	" 2	J-94	"
19	SB-2a	" 3	J-95	"
20	SB-2b	" 4	J-96	"
21	SB-2c	" 5	J-97	"
22	SB-3a	" 6	J-98	"
23	SB-3b	" 7	J-99	"
24	SB-3c	" 8	J-100	"
25	SB-4a	" 9	J-101	"
26	SB-4b	" 10	J-102	"
27	SB-4c	" 11	J-103	"
28	SB-5a	" 12	J-104	"
29	SB-5b	" 13	J-105	"
30	SB-5c	" 14	J-106	"
31	TE SC-1a	H3-0	J-107	"
32	SC-1b	" 1	J-108	"
33	SC-1c	" 2	J-109	"
34	SC-2a	" 3	J-110	"
35	SC-2b	" 4	J-111	"
36	SC-2c	" 5	J-112	"
37	SC-3a	" 6	J-113	"

No.2

中機室 中継端子 No	計 器 No	計算機入力	A RのNo	備 考
38	SC-3b	113- 5	J-114	3(V)
39	SC-3c	" 6	J-115	"
40	SC-4a	" 7	J-116	"
41	SC-4b	" 8	J-117	"
42	SC-4c	" 9	J-118	"
43	SC-5a	" 10	J-119	"
44	SC-5b	" 11	J-120	"
45	SC-5c	" 12	J-121	"
46	TE NA- 1	L3- 6	J- 5	"
47	NA- 2	" 7	J- 6	"
48	NA- 3	" 8	J- 7	"
49	NA- 4	" 9	J- 8	"
50	NA- 5	" 10	J- 9	"
51	NA- 6	" 11	J- 10	"
52	NA- 7	" 12	J- 11	"
53	NA- 8	" 13	J- 12	"
54	NA- 9	" 14	J- 13	"
55	NA-10	" 15	J- 14	"
56	NA-11	L4- 0	J- 15	"
57	NA-12	" 1	J- 16	"
58	NA-13	" 2	J- 17	"
59	TE NB- 1	" 3	J- 18	"
60	NB- 2	" 4	J- 19	"
61	NB- 3	" 5	J- 20	"
62	NB- 4	" 6	J- 21	"
63	NB- 5	" 7	J- 22	"
64	NB- 6	" 8	J- 23	"
65	NB- 7	" 9	J- 24	"
66	NB- 8	" 10	J- 25	"
67	NB- 9	" 11	J- 26	"
68	NB-10	" 12	J- 27	"
69	NB-11	" 13	J- 28	"
70	NB-12	" 14	J- 29	"
71	NO-13	" 15	J- 30	"
72	TE NO- 1	L5- 0	J- 31	"
73	NO- 2	" 1	J- 32	"
74	NO- 3	" 2	J- 33	"

No.3

中機室 中継端子 No	計 器 No	計算機入力	A RのNo	備 考
75	NO- 4	L5- 3	J-34	3(V)
76	NO- 5	" 4	J-35	"
77	NO- 6	" 5	J-36	"
78	NO- 7	" 6	J-37	"
79	NO- 8	" 7	J-38	"
80	NO- 9	" 8	J-39	"
81	NO-10	" 9	J-40	"
82	TE FA- 1	" 10	J-41	"
83	FA- 2	" 11	J-42	"
84	FA- 3	" 12	J-43	"
85	FA- 4	" 13	J-44	"
86	FA- 5	" 14	J-45	"
87	FA- 6	" 15	J-46	"
88	FA- 7	L6- 0	J-47	"
89	FA- 8	" 1	J-48	"
90	FA- 9	" 2	J-49	"
91	FA-10	" 3	J-50	"
92	FA-11	" 4	J-51	"
93	FA-12	" 5	J-52	"
94	FA-13	" 6	J-53	"
95	TE FB- 1	" 7	J-54	"
96	FB- 2	" 8	J-55	"
97	FB- 3	" 9	J-56	"
98	FB- 4	" 10	J-57	"
99	FB- 5	" 11	J-58	"
100	FB- 6	" 12	J-59	"
101	FB- 7	" 13	J-60	"
102	FB- 8	" 14	J-61	"
103	FB- 9	" 15	J-62	"
104	FB-10	L7- 0	J-63	"
105	FB-11	" 1	J-64	"
106	FB-12	" 2	J-65	"
107	FB-13	" 3	J-66	"
108	TE FO- 1	" 4	J-67	"
109	FO- 2	" 5	J-68	"
110	FO- 3	" 6	J-69	"
110	FO- 4	" 7	J-70	"

No.4

中継室 中継端子No	計 器 No	計算機入力	A R の No	備 考
112	PO-5	L7- 8	J-71	*3V)
113	PO-6	" 9	J-72	"
114	PO-7	" 10	J-73	"
115	PO-8	" 11	J-74	"
116	PO-9	" 12	J-75	"
117	PO-10	" 13	J-76	"
118	TENT-1			"
119	TENT-2	L3- 2		"
120	TENT-2		J- 1	"
121	TEFT-1	L3- 4		"
122	TEFT-1		J- 3	"
123	TEFT-2	L3- 5		"
124	TEFT-2		J- 4	"
125	NA-51a	L1- 0		"
126	NA-51b	" 1		"
127	NA-52a	" 2		"
128	NA-52b	" 3		"
129	NA-53a	" 4		"
130	NA-53b	" 5		"
131	NA-54a	" 6		"
132	NA-54b	" 7		"
133	NA-55a	" 8		"
134	NA-55b	" 9		"
135	NA-56a	" 10		"
136	NA-56b	" 11		"
137	NA-57a	" 12		"
138	NA-57b	" 13		"
139	NA-58a	" 14		"
140	NA-58b	" 15		"
141	NA-59a	L2- 0		"
142	NA-59b	" 1		"
143	NA-60a	" 2		"
144	NA-60b	" 3		"
145	NO-51a	" 4		"
146	NO-51b	" 5		"
147	NO-52a	" 6		"
148	NO-52b	" 7		"

No.5

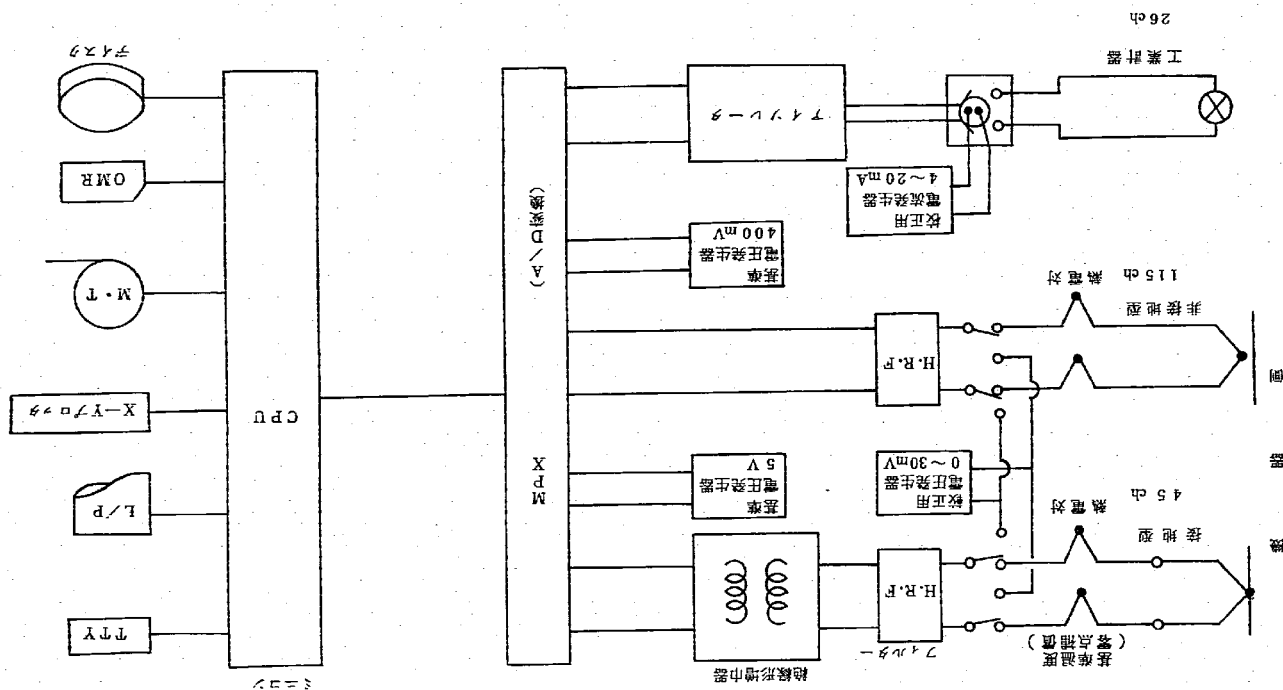
中継室 中継端子No	計 器 No	計算機入力	A R の入力	備 考
149	NO-53a	L2- 8		*3V)
150	NO-53b	" 9		"
151	NO-54a	" 10		"
152	NO-54b	" 11		"
153	NO-55a	" 12		"
154	NO-55b	" 13		"
155	NO-56a	" 14		"
156	NO-56b	" 15		"
157	NO-57a	L3- 0		"
158	NO-57b	" 1		"
159	PT- 1	L8- 3		"
160	PT- 2	" 4		"
161	PT- 3	" 5		"
162	PT- 1	L8 11	J-133	"
163	PT- 2	" 12	J-132	"
164	PT- 3	L8 9	J-131	"
165	PT- 4	" 10	J-134	"
166	DPT-1	" 13	J-135	"
167	DPT-2	" 14	J-136	"
168	DPT-3	L9 0	J-138	"
169	DPT-4	L8-15	J-137	"
170	DPT-5	L9- 1	J-139	"
171	DPT-6	" 2	J-140	"
172	FT- 4	L8- 6	J-128	"
173	FT- 6	" 8	J-130	"
174	FT- 7	L8- 0	J-122	"
175	FT- 8	" 1	J-123	"
176	FT- 9	" 2	J-124	"

中継端子No	計 器 名	計算機入力	A R の入力	備 考
201	FRCA-1	L9-3	J-141	(A)
202*1	FRCA-202	" 4		"
203*1	FRA-201	" 5		"
204	PI-1	" 6	J-144	"
205	PRCA-211	" 7	J-145	"
206	PRCA-202	"	J-146	"
207	TR-4	L9-11	J-148	(V)
208	TRCA-1	" 12	J-149	(A)
209	TRA-210	" 13	J-150	"
210	TRCA-201	" 14		"
211	RI-201	" 10		(V)
212	TIC-207			(A)
213	TR-2			(V)
214*2	FI-1		J-125	(A)
215*2	FI-2		J-126	"
216*2	FI-3		J-127	"
217*2	FRCA-202		J-142	"
218*2	FRA-201		J-143	"

注記)

- 1) *1は開平演算器に入る前の信号を接続(計算機用信号である)
*2は開平演算器で演算後の信号を接続(A R用信号である)
- 2) *3は信号の種類
(A)電流信号 (V)電圧信号
- 3) J-2及びJ-129は予備(ケーブルなし)

図 11 データ処理システム図



また熱電対信号には室温補正のための零接点補償器を設けるとともに、全(T/C)計装点について検出器と計装機前面の異常の有無のチェックを行えるよう校正チェック明替え接点と定電圧電源を用意している。

工業計器のmA信号系においてはジャック端子を設け定電流装置により、校正可能にしている。

そのた計算機とその周辺機器あるいはそのソフト等については別報(SN941-76-114)を参照されたい。

図12は動特性計測用データレコーダシステムを示すもので、DNB点の微小温度変動データなどを精度よく計測するために、すでに購入されていたデータレコーダ(5600B)とAux. Ampe(5600B AUX)に、今回、サプレッション機能を有し、しかも高倍率で安定性の高いアンプ(Accudata218)を追加構成されたシステムである。例えば、高い入力信号に重畳している小さい温度変動信号等は高入力分をサプレッション、微小変動分だけを増巾してデータレコーダや電磁オシロあるいはペンオシロ等で時間軸を同じにして同時記録が可能である。

これによって、DNB点の温度振動周期、変動巾等がこれまで以上に高精度でデータ処理が可能になっている。

3.1.5 予熱ヒータ制御系

1MWSSG施設のナトリウム系の予熱ヒータは、ダンブタンクや主加熱器の予熱など大型機器以外はヒータの発熱量を調整するため、ヒータ単体ごとに電動変圧器が用いられていた。またこれに併用してスキャニング方式のコントローラを介して、コンタクタのON、OFFにより温度制御されている。

この電動変圧器(56個)は幅3450mm、高さ2350mm奥行800mmの大きな筐体に取り付けられ、中央制御室に設置されていたが、トランスからの発熱や、設置スペースの問題もさることながら、今回の計算機導入に伴い、誘導障害の問題等が提起されることになった。

また、I TR本体設置とも関連して予熱ヒータの電源系も含め、制御系の見直しが必要になった。すなわち、I TR本体の設置により、これまでのSGに比べてかなりの温度制御点が見込まれ、予熱制御(スキャニングコントローラ)筐体の組み替えも必要であった。なおI TR本体およびその廻り配管系の予熱ヒータは、配管に対してヒータの巻き方を工夫し、ワット密度を調整するようにしているため、ヒータ当りには100V

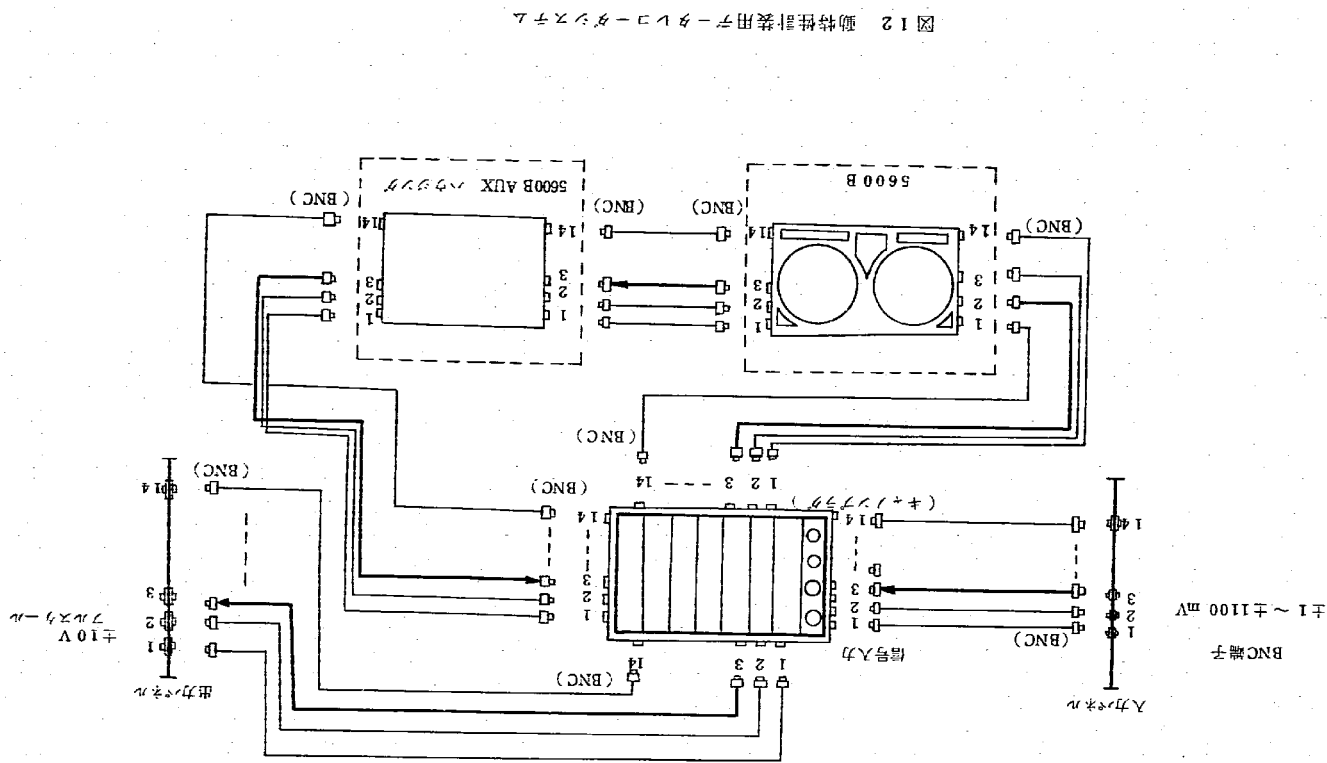


表 6 予熱ヒータ記録紙

日 月	年	月	日	試験項目				予熱ヒータ名			
				1点	2点	3点	4点	名	種	1重	2重
462	8	1	1	SGA 管外管	1			SGA 管外管	管外管		
			2	SGU 管外管	2			SGU 管外管	管外管		
			3	SGC 管外管	3			SGC 管外管	管外管		
			4	SGN 管外管	4			SGN 管外管	管外管		
			5	SGA 管外管	5			SGA 管外管	管外管		
			6	H	6			H			
			7	C	7			C			
			8	SGN 管外管	8			SGN 管外管	管外管		
			9	SGU 管外管	9			SGU 管外管	管外管		
			10	SG 4B 管外管	10			SG 4B 管外管	管外管		
463	8	2	1	SGA 管外管	1			SGA 管外管	管外管		
			2	SGU 管外管	2			SGU 管外管	管外管		
			3	SGC 管外管	3			SGC 管外管	管外管		
			4	SGN 管外管	4			SGN 管外管	管外管		
			5	SGA 管外管	5			SGA 管外管	管外管		
			6	H	6			H			
			7	C	7			C			
			8	SGN 管外管	8			SGN 管外管	管外管		
			9	SGU 管外管	9			SGU 管外管	管外管		
			10	SG 4B 管外管	10			SG 4B 管外管	管外管		
464	8	3	1	SGA 管外管	1			SGA 管外管	管外管		
			2	SGU 管外管	2			SGU 管外管	管外管		
			3	SGC 管外管	3			SGC 管外管	管外管		
			4	SGN 管外管	4			SGN 管外管	管外管		
			5	SGA 管外管	5			SGA 管外管	管外管		
			6	H	6			H			
			7	C	7			C			
			8	SGN 管外管	8			SGN 管外管	管外管		
			9	SGU 管外管	9			SGU 管外管	管外管		
			10	SG 4B 管外管	10			SG 4B 管外管	管外管		

表 7

I MW 蒸気発生器試験施設 予熱ヒータ容量表										
負荷番号	負荷名称									
329	弁 3B-V-2	0.6	1640	1	1640	0.6	200	0.30	66.7	
330	弁 2B-V-1	0.5	1360	1	1360	0.5	120	0.18	80	
331	弁 2B-V-3	0.5	1360	1	1360	0.5	140	0.25	80	
332	弁 2B-V-103	0.5	1360	1	1360	0.5	120	0.18	80	
333	弁 2B-V-105	0.5	1360	1	1360	0.5	140	0.25	80	
334	弁 2B-V-104	0.5	1360	1	1360	0.5	120	0.18	80	
335	弁 3/4B-V-102	0.5	1052	1	1052	0.5	120	0.18	80	
336	弁 3/4B-V-106	0.5	1052	1	1052	0.5	120	0.18	80	
337	弁 3/4B-V-101	0.5	1052	1	1052	0.5	140	0.25	80	
338	配管 2B-001	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	28.6	
339	配管 2B-004	0.7	3590	2	7180	1.4	200	0.69	28.6	
340	配管 2B-001	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	28.6	
341	配管 2B-002	0.7	3590	2	7180	1.4	120	0.51	28.6	
342	配管 2B-002	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	28.6	
343	配管 2B-002	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	28.6	
344	配管 2B-002	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	28.6	
345	配管 2B-002	0.23	1220	2	2440	0.46	160	0.30	87.0	
346	配管 2B-005	0.23	1220	2	2440	0.46	120	0.17	87.0	
347	配管 2B-005	0.7	3590	2	7180	1.4	120	0.51	28.6	
348	配管 3B-003	1.0	3882	2	7764	2.0	120	0.72	20	
349	配管 3B-005	1.0	3882	2	7764	2.0	140	0.98	20	
350	配管 3B-003	1.0	3882	2	7764	2.0	120	0.72	20	
351	配管 2B-006	0.7	3590	2	7180	1.4	120	0.51	28.6	
352	配管 2B-006	0.7	3590	2	7180	1.4	120	0.51	28.6	
353	配管 2B-004	0.23	1220	2	2440	0.46	120	0.17	87.0	
354	配管 2B-004	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	28.6	
355	配管 2B-004	0.7	3590	2	7180	1.4	160	0.90	28.6	

1 MW 蒸気発生器試験設備 予熱ヒータ容量表									
負荷番号	負荷名称								
356	配管 2B-004	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	286
357	圧縮機ポンプ外装	0.1	1090	1	1090		200		364
358	空気冷却器ノズル外装	0.5	740	2	1480				
359	空気冷却器	0.6	2090	2	4180	1.2	150	0.77	333
360	配管 2B-101	0.6	2090	2	4180	1.2	140	0.59	333
361	配管 2B-101	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	286
362	2B-101	0.7	3590	2	7180	1.4	120	0.51	286
363	2B-103	0.7	3590	2	7180	1.4	120	0.51	286
364	2B-102	0.7	3590	2	7180	1.4	120	0.51	286
365	2B-102	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	286
366	2B-102	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	286
367	2B-103	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	286
368	2B-103	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	286
369	2B-103	0.7	3590	2	7180	1.4	140	0.69	333
370	配管 3/4B-104	0.6	2090	2	4180	1.2	160	0.77	333
371	3/4B-105	0.6	2090	2	4180	1.2	120	0.44	333
372	3/4B-107	0.6	2090	2	4180	1.2	200		50
373	3/4B-109	0.4	1384	2	2768	0.8	160	0.52	50
374	3/4B-108	0.4	1384	2	2768	0.8	200		50
375	3/4B-108	0.4	1384	2	2768	0.8	140	0.40	50
376	3/4B-110	0.4	1384	2	2768	0.8	160	0.52	50
377	3/4B-111	0.4	1384	2	2768	0.8	160	0.52	50
378	3/4B-111	0.4	1384	2	2768	0.8	160	0.52	50
379	3/4B-816	0.6	2090	2	4180	1.2	200		333
380	2B-803	0.7	3590	2	7180	1.4	200		286
381	弁 3/4B-V-822	0.5	1052	1	1052	0.5	200		80
382	配管 3/4B-816	0.6	2090	2	4180	1.2	200		333
383	3/4B-816	0.6	2090	2	4180	1.2	200		333

1 MW 蒸気発生器試験設備 予熱ヒータ容量表									
負荷番号	負荷名称								
384	3/4B-816	0.6	2090	2	4180	1.2	200		333
385	3/4B-816	0.6	2090	2	4180	1.2	200		333
386	2B-808	0.52	2590	1	2590	0.52	200		215
387	3/4B-816	0.4	1384	2	2768	0.8	200		215
396	サンプリングポンプ	0.7	3590	2	7180	1.4	200		50
313	流量計外装ENP-I	0.23	1220	2	2440	0.46	200		50
		0.7	150	1	150	0.07	140	0.034	571

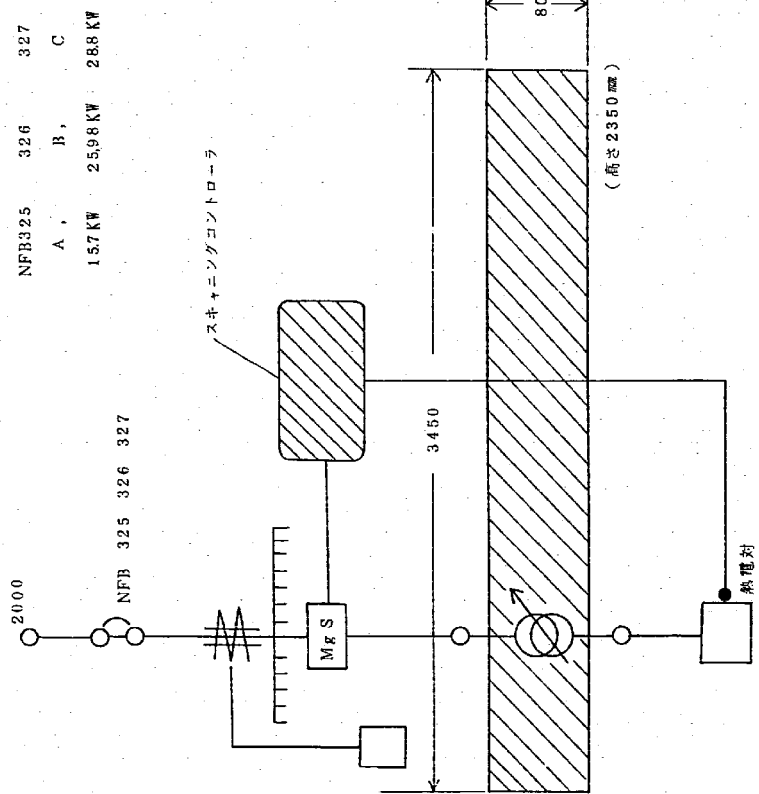


図 13 予熱ヒータ電源系統図

200 V非常系コントロールセンター

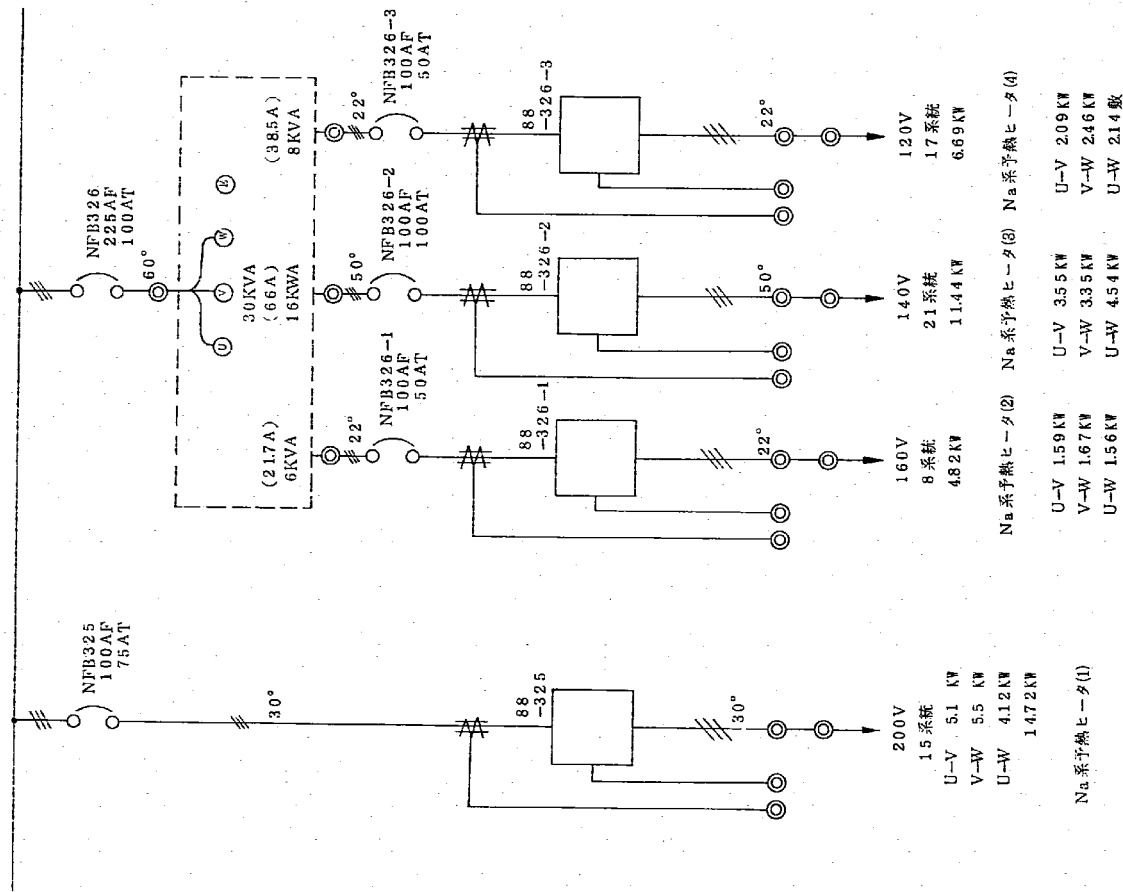


図 14 改造後の予熱ヒータ電源単結図

ないし 200 V の一定電圧が印加できるようになっている。

表 6 に制御点組替後のスキュンニングコントローラの Na と制御ヒータ個所の対応を示した。ここでグループ②および⑦は運転条件に応じて設定温度を変える必要がある。これ以外のグループは通常 200 V で前後の予熱温度になるようにしている。例えばグループ⑦のストレージタンク Na 温度は 150 °C 以下の予熱温度に、グループ②の各ラブチャディスタは 250 ~ 400 °C を温度制御目標にしている。

図 13 は既設ナトリウムループの予熱電源およびその制御系を単結線図内に示したものであるが、中央制御室設置のスライドトランスを前述の問題から撤去することにした。撤去に当たっては既設ヒータの仕様と現に設定されているスライドトランスの設定電圧がほぼ 120, 140, 160 および 200 V の 4 種類で満足されることがわかった。

そこで、図 14 の単結線図に示すように、3 相のタップトランスを用意し、既設の系統ヒータに接続する様にした。

3.2 運転要領

ITB 装置については、すでに述べた通りであるが、本装置がこれまでの装置と大きく異なる点を要約すると次の通りである。

- (1) ナトリウムチャージ時の膨張タンクと液面制御タンクの内ナトリウム自由液面の位置が約 5 m 異なる。(これまでは膨張タンクと SG 同一レベル)
- (2) 伝熱管 3 本 (A, B 管 800 φ, C 管 2000 φ) のナトリウム流量、給水流量の各配分調整とそれら伝熱管の切替および差圧計の切替等、運転中の現場操作が必要。(これまでは起動後の現場操作は一切なかった。)

- (3) 設計条件が異なる。() 内従来

最高使用圧 170 atg (182), 定格運転圧 143 atg (173) Na 温度 475 °C (520)。これに伴い、安全弁の設定圧、警報トリップ値、運転条件等それぞれ変更する必要がある。

- (4) ナトリウム中に 11 系統、ガス系に 1 系統、合計 12 系統と次の様な数多くのラブチャディスタが設置され、誤作動など新たな問題が提起された。

- ① A, B, C 管各 3 系統 14 atg (2 B)
- ② Na 出入口ヘッダ, 各 1 系統 4 atg (4 B) 後に 12.7 atg に変更
- ③ 液面制御タンク (カバールガス中) 1 系統 5 atg (4 B)

ただし、すべて反転式ラブチャディスタで、しかも液面制御タンク以外の系統は二重

方式となっている。

以上のような点から、当然、要領等の変更も余儀なくされた。

そこで、以下これらの調整や操作手順等について説明する。

3.2.1 液面制御タスクのガス系調整法

本液面制御御タンク川ガス系は以前のS Uからの転用品のため、前述(1)、(4)と関連して、次の様な問題も付随し、操作を困難なものにしている。

- イ) ガス系設備が真空に対して耐漏洩でない。
ロ) ナトリウムチャージ後のガス空間圧が以前の S Q に比べて非常に小さくなっている。

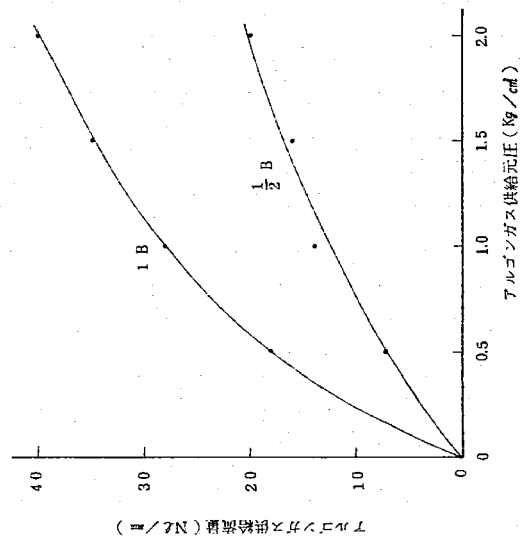
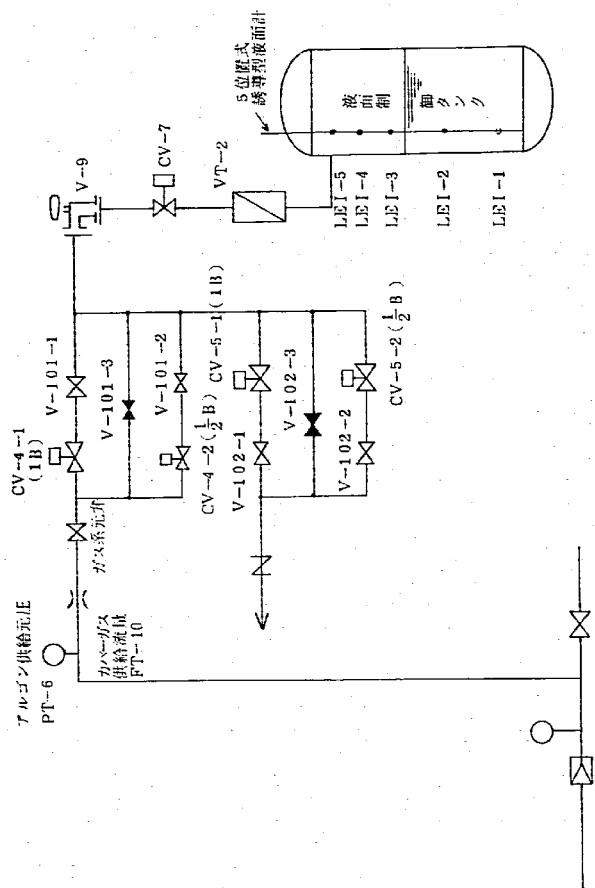
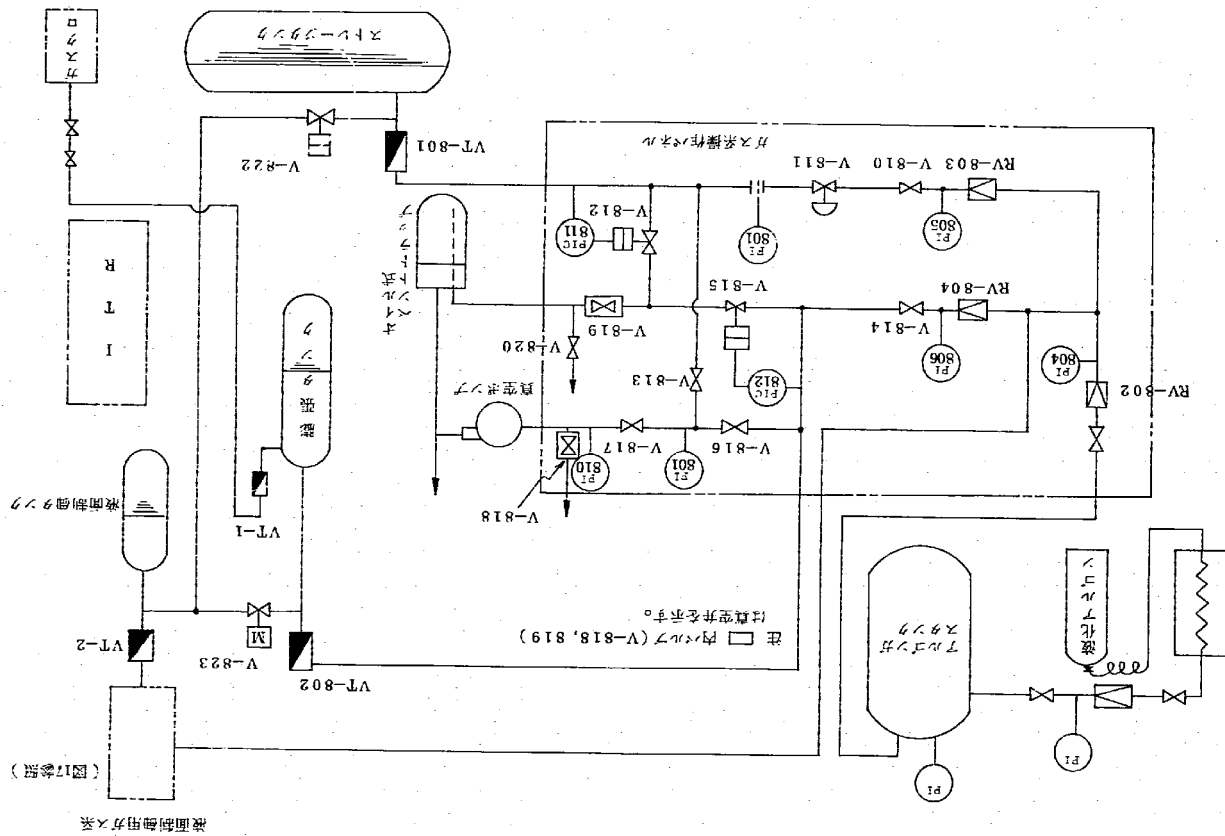


図18 アルゴン元圧とガス流量の関係

ところろが通断弁はいずれも通断弁のためガス流量コントロールができず、かといって真空チャージ中、現場手動絞りをコントロール弁として使用することも、耐漏洩上できない、結局のところ、ループが真空引きされているときは、真空弁V-9およびCV-7弁を閉にしており、V-9より供給側では1.5~2.0 kgのガス圧が保たれることになる。

絞り弁(V-101-1, 2, V-102-1, 2)の調整がなされてない、ガス供給元圧がもろにV-9あるいはCV-7にかかっており、これら弁の開閉によって液面制御タンク圧が急激に変わって、ナトリウム液位の変動をきたすことになる。

また絞り弁(V-101-1, 2, V-102-1, 2)はストップ弁と称するもので、絞りが効をきかすにはほとんど全閉に近い状態になるなど、操作性のよいものでなかった。そこで、苦肉の策として、次の様なガス系調整法をあらみ出し、ほぼ問題なく使用できたので、その手順を以下に示す。

(1) ガス流量調整

- ① 液面制御盤の手動-自動切換スイッチを手動にする。
 - ② アルゴンガス圧(P-T-6)が 2 kg/cm^2 であることを確認する。
 - ③ CV-4-1, 2, CV-5-1, 2, CV-7, V-9, V-101-1, 2, 3, V-102-1, 2, 3すべてを全閉としておく。
 - ④ IBのアルゴン供給および放出ラインのガス流量を設定する。
 - (イ) CV-4-1, CV-5-1, V-102-1を全開とする
 - (ロ) V-101-1を除々に開として、流量計(F-T-10)指示が $4.5 \text{ Nm}^3/\text{H}$ になる様にする。(供給側設定)
 - (ハ) V-102-1を除々に閉として、流量計(F-T-10)指示が $4.0 \text{ Nm}^3/\text{H}$ になる様調整する(放出側設定)
- 以上で、1Bの給排気絞りの調整を終り、CV-4-1, CV-5-1を中央室操作盤で閉とする。
- ⑤ 次に $\frac{1}{2}$ B, 給, 排気絞りを調整する。
 - (イ) CV-4-2, CV-5-2, V-102-2を全開とする。
 - (ロ) V-101-2を除々に開にして、ガス流量指導が $2.5 \text{ Nm}^3/\text{H}$ になるようにする($\frac{1}{2}$ B供給側設定)
 - (ハ) V-102-2を除々に閉にして、前述ロのガス流量が、 $2.0 \text{ Nm}^3/\text{H}$ になるようにする。(1/2B放出側設定)

以上で $\frac{1}{2}$ Bの給排気絞りの調整が終り、CV-4-2, CV-5-2を中央制御室操作で閉とする。

この調整でのバルブ開閉度の1例は次の通りで、またアルゴン元圧とガス流量の関係は図18の通りである。

$\frac{1}{2}$ B供給絞りの弁(V-101-2) $6\frac{2}{3}$ 閉 } 全開 $6\frac{3}{4}$ 回転
 $1/2$ B排気絞りの弁(V-102-2) $6\frac{1}{6}$ 閉 }

1B供給絞りの弁(V-101-1) $2\frac{1}{6}$ 閉 } 全開 $2\frac{3}{4}$ 回転
 1B排気絞りの弁(V-102-1) $2\frac{2}{3}$ 閉 }

- ⑥ 絞りの調整後CV-7, V-9を開とすることにより、中央制御室でのレベル制御が可能となる。

(2) 液面制御タンクレベル自動制御

- ① カバーガス圧力を遠隔弁により操作、加減しながら、ナトリウムレベルを所定の範囲(LB1-2~LB1-3の間)になるように設定する。

- ② 自動-手動切換スイッチを自動に入れる。

これで、表8に示すレベル標示と制御弁の開閉動作により液面制御タンクのナトリウムレベルは、前述範囲に自動制御される。

- ③ 通常運転でのレベル異常変動の原因は次のものが考えられる。

Na液位が上昇する場合

- ① 電動弁(V-823)の洩れ

- ② CV-6の洩れ

- ③ Na流量の急増

- ④ アルゴンガス喪失

次に液位が低下する場合としては、

- ① Naドレン弁(V-102~V-106)の洩れ

- ② Na流量の急減

- ③ 連通弁(V-822)の洩れ

- ④ 何らかの原因による液面制御タンク内のガス圧上昇

3.2.3 ITRのナトリウムチャージ法

5章に述べた様にITR装置は従来からのナトリウムチャージ手法の採用によって、2回にわたりラプチャディस्कが作動するというトラブルが発生した。これはガス系など

表 8 レベル標示と制御バルブの開閉動作関係

レベル標示ランプ	動作バルブ	レベル標示	
		ON	OFF
LEI-5 (通常)	CV-7	閉	④
LEI-4 (OFF)	CV-4-1 (1B)	閉	④
LEI-3 (OFF)	CV-4-2 ($\frac{1}{2}$ B)	閉	④
LEI-2 (通常)	CV-5-2 ($\frac{1}{2}$ B)	④	開
LEI-1 (ON)	CV-5-1 (1B)	④	開

○ 通常運転時状態

において過度な加圧操作や過度なバルブ開閉操作が原因と予想されるなど、ナトリウムループにおいては、Naチャージ手法1つとってもループの様々な制約条件を加味し、臨機応変に対応しなければならぬことが多い。

すなわち、ナトリウムループの特殊性として、①予熱操作監視が必要、②特殊構造体のナトリウム機器ではガス留り防止から、真空チャージ法を用い、これに伴い十分な気密保持も必要となる。③ベロシバルブやナトリウム中にラプチャディスクを置く機な場合、ナトリウム充填速度等にも気を付ける必要がある。④ナトリウム液位バランスなど、ループにおいて特に注意を要するのがこの操作であり、レベル計に絶対的信頼の乏しい現状ではなおさらである。⑤起動時には初期汚染ナトリウムによる細管閉塞の注意など主な5項目が考えられる。

以下、ナトリウムチャージ要領について説明するが、前述特異性などをすべて網羅したのでは、非常にはんざつになるので、ここでは要点のみをおり込んで記す。細心の注意と臨機応変な技術の応用と対処によって実際の操作に当たりたい。

まず、操作上の注意を記しておく。

- (1) ナトリウム弁の操作に当たっては、必ず予熱温度が規定値の150～200℃に達していることを確認の上行うこと。
- (2) 真空引き開始に当たっては大気との接続バルブ、特に次の各弁が、閉になっていることを厳重に確認すること。

真空弁 (V-818, 819), ガスクロ元弁 (2ケ), 液面制御タンク用ガス系弁 (V-9, CV-7), スモールリーク遮断弁 (CV-6), 真空ポンプ付リーク弁を閉とし、その他減圧弁 RV-802, 803, 804 の設定圧を0以下に戻す。V-809～820のすべてのバルブを閉にしておく。

- (3) Naチャージ開始に当たっては、膨張タンクおよび液面制御タンク液位計が正常に動作することを厳重にチェックすること。

- (4) 真空引き開始に当たってはV-813, 816, 全開後、V-817を除々に開とし、系統をゆっくり真空に引きはじめること。

以下において、予熱操作および真空引き操作が終わったものとしてNaチャージ手順を示す。

1) Na チャージ前確認事項

No	確認と操作	確認現場	備 考
1	真空計 (PI-810) スイッチ [ON] 確認	中制	トビエニ真空計はエレメントの保護上、系内の真空度が 200 Torr 以下になってから [ON] とすること。 (図 3-8 参照の上)
2	予熱温度監視装置にて, Sc, NaJ-144 までの Na ループおよび弁関係予熱温度を測定	中制	ストレッチタンク Na 温度 130~150℃ 系統温度 200℃前後
3	次のバルブが開になっていることを確認のこと。 V-1, 2, 3, 101 V-102, 103, 104, 105, 106 V-822, 823 サンプリングライン出口バルブ	中制 現場	バルブの操作は予熱温度が 150℃以上の時、実施のこと。
4	次のバルブが開になっていることを確認のこと V-810, 811, 812, 813, 815, 816 817, 818, 819 CV-7, V-9	中制 現場	ガスクロライン弁 2 個閉あるいはこの系統にマクラウンド真空計を接続のこと ☐ 内バルブは真空引中閉となる。
5	真空ポンプ、真空計 (PI-801) が [ON] になっていることを確認のこと	現場	
6	Na 検知器および煙検知器の各スイッチが [ON] になっていることを確認のこと	中制	
7	膨張タンク、液面制御タンク液位計の動作チェックを行うこと。	中制 現場	膨張タンク液位計高レベル (5H) と液面制御タンク液位計高レベル (LE1-4) については厳重に確認のこと
8	Na ループの到達真空度 0.5 Torr 程度になっていることを確認のこと ストレッチタンク真空ライン [V-813] 閉	中制 現場	ループ側真空引き継続、真空計も活かしたまとする。

2) Na チャージ速度監視装置

Na チャージに際しては、以下の計表用熱電対、液位計、電磁流量計等を用い、その信号変化の様子から、Na レベルの位置的確認を行い、過激なチャージを避ける様にする。

計表用熱電対	TE-1, TE-2, TE-4, TE-6, TE-360 TE-362, TE-7-3, TE-7-4, TE-7-5, TE-7-12
電磁流量計	PROA-1, FE-7, FE-8, FE-9
液位計	膨張タンク液位計 (LA-1 LA-2, 3M, 4F, 5U1) 液面制御タンク液位計 (LE1-1, 2, 3, 4, 5)

3) Na チャージ手順

操作順序	操作項目と要領	備 考
1	PI-804 を監視しながら「RV-802」にてアルゴンガス供給ライン圧を 1 kg/cm ² に設定する	
2	PI-805 を監視しながら「RV-803」にてストレッチタンク加圧ラインを 0.1 kg/cm ² に設定する	
3	上記 2 で圧力設定後「V-810」を開にする	
4	上記 3 の後、流量計 (PI-801) を監視しながら「V-811」にてガス流量を 40 Nℓ/min に設定し、一定時間保持する。この時ストレッチタンクの圧力計 (PIC-811) の圧力上昇も監視する	⑧, ガス流量 40 Nℓ/min を厳守のこと。
5	上記 1~4 の設定 (圧力、流量) にて、前記のチャージ速度監視装置を確認しながら主加熱器内挿入バルブ TE-7-5 までは Na をチャージする	TE-7-5 の温度変化により、ここまで Na チャージされたことを確認する。
6	上記 5 を確認後、流量計 (PI-801) を監視しながら「V-811」にて、ガス流量を 60 Nℓ/min に増加設定し、一定時間保持する。	⑧, ガス流量 60 Nℓ/min を厳守のこと。
	但し、ガス流量が 60 Nℓ/min 確保できないときは「RV-803」にて、PI-805 の設定圧を多少上げてやること。	V-811- 端閉の上で行うこと。

7	上記6の設定(圧力、流量)にて、前記の速度監視計器を を確認しながら膨張タンクレベルの4目までNaチャ ージする。但し4-11点灯後数秒間保持する。	4目点灯にて、Naチャ ージと判定する。
8	上記7確認後「V-811」を閉とする	ガス供給停止
9	各ドレン弁「V-102, 103, 104, 105, 106」を閉とす る。	
10	V-816 817 閉後、真空計、真空ポンプ停止	真空ポンプ停止後はポン プ付リーク弁を速やかに 閉とする
11	P1-806 を監視しながらRV-804にてExpT、加圧 ラインを0.1 kg/cm ² に設定する	
12	ExpT、圧力計(P1C-812)および液面制御タンクレベ ル計(LE1-1~5)を監視しながら、V-814を微開とす る。	現場と申すにてトララン シバ等で連絡をとりなが ら、注意して操作のこと。
13	上記12の設定にて、前記の速度監視計器を確認しなが ら液面制御タンクレベル「LE1-3」までNaチャージする。	LE1-3点灯で、Naチ ャージと判定する。
14	上記13確認後V-814を一端閉とする	
15	液面制御タンク用ガス系が調整されていることを確認後、 CV-4-2, CV-7開とし、現場にてV-9微開としながら 液面制御タンクにガス供給すると同時に液位変動がないよ う、膨張タンクにもガス供給する。	チャージ操作で最も慎重 を要する
16	LeT 庄、0.3~0.5 kg/cm ² 、レベルLE1-2点灯 ExpT 庄、0.5~0.7 kg/cm ² 、レベルLE-3M点灯 にてNaチャージ操作が完了したことになる。 そこで、CV-4-2, V-814を閉とし、V-9を全 開とする。	

上記1~16までの操作で一通りのNaチャージが終了したことになるが、その後
一定時間保持し、レベル変化のないことを確認する。ドレン弁のリークがあり、レベ
ルが低下する様な場合は前記12, 13の段階で、ストレージタンクへの加圧操作も

同時に行う必要がある。

Naチャージ直後のNa循環は主系統から始め、プラボング温度測定が完了するま
で、コントロールラップ系、WLD系の補助循環系は活きない様にする。

3.2.3 SGI通水要領

1) 操作前準備

- (1) Na系はLTRを通して200℃循環運転されている。
水系はLTRをバイパスして200℃等温運転されている。
- (2) 各差圧計、流量計などの計器弁は0点ポジションとする。
(低圧側を閉、均圧弁および高圧側を開)
- (3) 各管の入口弁(V-204~206)及出口弁(V-207~209)を全閉にする。
- (4) 各種水素計(WLD, ガスクロ, プラギング計)に異常のないことを確認する。
- (5) 系統循環水の水质がクラッド値で0.5 ppm以下で、PHも9.2~9.4であること
を確認しておく。

2) 通水

- (1) SGI入口弁(AV-203)を除々に開
- (2) 各管入口管ベント弁(V-140~142)開(ベント後閉)
- (3) 給水流置計(FT-1~3)のベント弁開(ベント後閉)
- (4) 給水流置計はベント後活かす。
- (5) 各管ダウンカマドレン弁開(温水、蒸気が飛散しない程度)暖管後ドレン弁を閉
- (6) 各管給水入口弁(V-204~206)僅かずつ開とする。
- (7) 各伝熱管下端温度(TDPA-13, TDFB-13, TDFC-10)に急激な
温度変化が無い事をペンレコーダにて確認しながら入口弁(V-204~206)を
全開
- (8) 各管入口弁(V-204~206)全開、ドレン弁(V-143~145)全閉
(給水ラインの暖管完了)(6)~(8)の所要時間約30分
- (9) 各管蒸気弁(V-207~209)を僅かずつ開とする。
- (10) 各管蒸気側ベント弁(V-146~148)開(ベント後閉)
- (11) 各管蒸気流量計(FT-4~FT-6)のドレン弁開(ベント後閉)
- (12) 蒸気ブロー弁(V-205)閉確認後AV-205を開とする。その後V-205
を僅かずつ開にする。蒸気ブロー弁より蒸気ブローしながらAV-213, AV-214を

閉とする。(この時系統の圧力上昇に注意)

- (13) 次に、SQ出口弁(AV-201)開、SQバイパス弁(AV-204)を閉とする。V-206AまたはV-207Aよりベントし、蒸気戻りラインを暖管する。

(復水タンク可視レベル計の中間程度までブローする。) (1)~(13)までの所要時間は約

1時間

蒸気戻りラインの暖管およびフラッシング終了後AV-214開、AV-205閉、V-206AまたはV-207Aを閉としてITRを通った給水全量をフラッシングラインに流す。

3) 通水後の確認事項

- (1) 各弁のリークの有無をチェック
- (2) 各差圧計、流量計の指示値に異常がないかチェック
- (3) SQ出入口配管の振動(振動があるようであれば給水流量を増すか、圧力を多少上げるかしてみる)
- (4) 復水タンクのレベルが上昇していることを確認
- (5) 水質分析 $\left(\begin{array}{l} \text{PH: 9.2前後} \\ \text{クラッド0.5ppm以下} \end{array} \right)$ を確認、クラッド0.1以下の時、昇温可、0.05以下の時、沸騰可
- (6) Na/水反応の有無(WLD、ガスクロの水素濃度、ブラギング温度)
- (7) Na液面計(LcT, ExPT)が正常なことを確認
- (8) SQ出入口における水蒸気及びNaの温度、圧力等に異常がないことを確認すること。

3.2.4 伝熱管の切替と流量バランス

1) 操作前準備

伝熱管切替時の運転条件(圧力、流量、温度等)は確定されたものはないが、下記の様な条件での切替え実績があることを付記しておく。

ナトリウム流量	280 L/min
ナトリウム温度	475℃
給水流量	1500 kg/H
給水温度	240℃
蒸気圧力	14.3 Kg/cm ² g

各管の圧力、流量、温度の状態が安定していることを確認しておくこと。

2) 3本管から2本管への切替操作

- (1) 操作の基本は次の様に対応するナトリウム弁と給水弁を交互にゆっくり絞り、全閉までもっていくものである。ただし水蒸気出口弁は現状のまま操作しないものとする。

管名	Na弁	水蒸気弁	Na流量計	水蒸気流量計
			(入口側) / 出口側	(入口) / (出口)
A	CV-2	V-205/V-208	FE-8	FE-2/FE-5
B	CV-3	V-206/V-207	FE-9	FE-3/FE-4
C	CV-1	V-204/V-209	FE-7	FE-1/FE-6

- (2) 計器監視は、上記計器のほか対象となる伝熱管の差圧(DPT-1)の監視も行うものとする。このほかの中央制御盤の監視計器を下記に示す。

給水流量(PIC-202)、蒸気圧(PI-2)、SQ入口温度(TIC-210)、SQ出口温度(TIC-201)第1/第2/第3減圧弁入口圧(PICA-203/204/205)、加熱器流量(FRCA-1)加熱器出口温度(TRCA-1)

- (3) 以上の計器等を監視しながら、対象となる弁を全閉にもっていく。

- (4) 2本管になってからの流量バランスは後述する方法で、Na弁水蒸気(出入口)弁の調整を行う。(この時、必ずNa側弁の1つは開状態にしておくこと。Na弁3個開でトリップ)

- (5) 以上の操作は現場と中央制御室間において、トランシーバ等で密な交信をとりながら行うこと。

- (6) 各差圧計廻りの計器元弁が適した位置(ポジションモード)にあることを確認しておくこと。

3) 1本管ないし、2本管より1本管やす操作

- (1) 活かそうとする伝熱管の差圧計およびラインのドレン弁やベント弁すべてが閉になっていることを確認する。

- (2) 活かそうとする伝熱管のDPT-1の低圧側元弁を開とし、その後暖機弁を除々に開とする。(本操作は逆流水蒸気により、活かそうとする伝熱管の給水および蒸気管廻りの冷帯部分を暖管するものである)

伝熱管との対応弁は次の通りである。

伝熱管	低圧側元弁	暖機弁
A	V-112/V-402	V-405

B V 1 1 3 / V - 4 0 3 V - 4 0 6
C V 1 1 1 / V - 4 0 1 V - 4 0 4

(3) 暖管はあまり長時間行わず、活かそうとすると差圧計配管廻りが暖ってきたら、暖機弁を開とする。

(4) 次の伝熱管との対応弁のうち、活かそうとする伝熱管のNa弁と給水弁を交互に開けてゆく。(但し、Na側は活かそうとする管にあらからじめ、Naを確が流しておくこと。また、水蒸気側出口弁は開になっていることを確認しておくこと。)

伝熱管	Na弁	水蒸気弁	Na流量計	水蒸気流量計	(入口/出口)	(入口/出口)
A	CV-2	V-205/V-208	FE-8	FE-2/FE-5		
B	CV-3	V-206/V-207	FE-9	FE-3/FE-4		
C	CV-1	V-204/V-209	FE-7	FE-1/FE-6		

(5) 活かそうとする伝熱管の差圧計(DPT-1)は高圧側元弁、低圧側元弁を開と同時に均圧弁閉を行う。ただし複数管活かす場合は、どちらから一方に速定する。また、差圧計には片圧を絶対かけないよう注意すること。すなわち、高圧元弁のうち、どちらかが開となっているときは必ず均圧弁も開になっているようにする。さらに、この計器導圧管ラインには高温水蒸気を流すことも避けること。

(6) 活かそうとする伝熱管と対応する各弁の操作や流量バランス操作などは中央制御室と密に連絡をとり、中央制御室からの指示で操作のこと。

4) 流量バランス手順

伝熱管切替操作後の活かされている各管のNaおよび水蒸気の流量バランス操作について、以下に記す。

(1) 給水流量バランス

水蒸気側はV-204(C管)、V-205(A管)、V-206(B管)のバルブにて、各管の流量を調整する。

① 絞っていくバルブは各バルブ全開時、一番流量の多い管のバルブを操作するが、必ず中央制御室とで連絡をとりながら行うこと。

中央制御室では各管の流量計FI-1(C管)、FI-2(A管)、FI-3(B管)を監視しながら、現場のバルブ操作者に適切な指示を与える。

② 前記給水調節弁を絞るときは急激に行わないことはもとより、この絞り弁前後差

圧測定用DPT-1のレンジが5Kg/cm²であることから、過大な差圧にならないようにすることも必要である。

なお、参考までに、給水絞り弁は約4 $\frac{1}{2}$ 回転で全閉となり、3回転程絞り込んだところから、急激に流量変化が現われるような特性のバルブとなっている。

③ 給水流量の設定はFI-202の値を正とし、試験条件として $\pm 5\%$ 以内の精度内で、各管の流量バランスもとるのが望ましい。

④ 給水絞り弁前後の差圧が大きくなりすぎたときは前記操作とは逆に、流量の最も小さい管のバルブを開ける方向で調整する。

(2) Na 流量バランス

Na側はCV-1(C管)、CV-2(A管)、CV-3(B管)のバルブで各管それぞれの流量を調節する。

① 絞っていくバルブは全開時一番多く流れている管のバルブを操作し、中央制御室とトランシーバ等で合図をしながら行う。

中央制御室では各管の流量計FE-7(C管)、FE-8(A管)、FE-9(B管)を監視しながら、現場バルブ操作者に指示を与える。

② バルブ操作は水側同様、急激に行わないようにする。参考までに、Na側の上記バルブは3 $\frac{1}{2}$ 回転で全閉となり、流量変化が現われるのは2 $\frac{1}{2}$ 回転程絞った後と思われる。ただし、水側もそうであるが、操作に当ってはあくまでも中央制御室監視者の指示に従い、慎重に行うものとする。

③ Na流量の設定はFICA-1を参考値とし、FE-7, 8, 9の各流量指示値を正とする。設定精度は $\pm 2\%$ まで許容とする。

④ 各管Na流量計には下記のごとく特性の違いがあり、その流量バランスには注意が必要である。

FE-8, 9はほぼ同じ特性であるが、FE-7はそれより約1.1倍の出力力大となっている。

⑤ Na弁は前述の様に開閉標示用リミットスイッチが閉動作しない範囲で調整すること。

3.2.5 Na ドレン要領

通常時におけるNa ドレンの操作は以下の手順のもとずき操作するものとする。

1) Na ドレン前操作手順と確認事項

操作手順	操 作 確 認 事 項	確 認	備 考
1	NaループのNa 温度の降溫作業を行いNa 温度 (TRCA-1)が200℃~350℃になったから以下手順にて操作及び確認をする。	TRCA-1 にてNa 温度が200℃~350℃の範囲になっていることを確認すること。	
2	主加熱器電源 (MHS) 及び主加熱器ヒータ (MH) 8 ブロック共にOFF になっていることを確認する。	MHS及びMHスイッチのON, OFF 表示灯が総て白灯になっていることを確認すること。	
3	主循環ポンプ (MEMP) 出力の零(V)を確認後MEMP電源をOFFにする。	MEMP電圧表V, MEMPスイッチON, OFF 表示灯が白灯になっていることを確認すること。	
4	PL計を停止する。	注) PL計が自動運転の場合は切替えスイッチをOPERATION からSTAND BYにする。又手動運転の場合はSTAND する。	
5	PL計プロア-を停止する。		
6	加熱器冷風機を停止する。	電熱スイッチ表示灯が白灯になっていることを確認すること。	
7	コールドトラップ (CT) を停止する。	CT及びCTプロア-スイッチ表示灯が白灯になっていることを確認すること。	
8	CTプロア-を停止する。		
9	液面制御切替えスイッチを自動から手動に切替える。	切替えスイッチが確実に手動になっていることを確認すること。	
10	隔膜式水素計 (WLD) 電磁ポンプを停止する。	WLD EMP 電源 (スライダック) が零V, WLD EMP 冷却ファンスイッチがOFF, WLDが熱熱器電源及び加熱器ヒータスイッチがOFF になっていることを確認すること。	
11	WLD EMP 冷却ファンを停止する。		

操作手順	操 作 確 認 事 項	確 認	備 考
12	WLD 加熱器電源及び加熱器ヒータ (制御用 2KW×1本, 4KW×2本)をOFFにする。		
13	予熱温度監視盤にてNa 温度が200℃~350℃に保持されていることを確認する。SeNo1~144 まで総て確認すること。		
14	V-819, V-820を完全に開とする。		
15	V-814が開になっていることを確認する。		
16	V-815が閉になっていることを確認する。		
17	V-811を閉とする。		
18	V-810を閉とする。		

2) Na ドレン操作手順

Na ドレン操作は「LTR」廻りの安全系として付設されているラプチャダスク (特にRD-1.2) に予想されないような動的過渡圧が付加されてバックリングが起ることのないよう行われるものとする。

すなわち、ストレージタンク (ST), 液面制御タンク (LeT), 膨張タンク (EP T)等のそれぞれのガス圧を総てドレン弁が開になってもNa 液位変動が起らない様な圧力に設定しておく、例えばMEMPが停止のNa 静止状態では

$$\left. \begin{array}{l} \text{S. T} \quad 1.5 \text{ Kg/cm}^2 \\ \text{E\&P. T} \quad 0.5 \sim 0.7 \text{ Kg/cm}^2 \\ \text{Lc. T} \quad 0.3 \sim 0.5 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right\} \text{程度と考えられる。}$$

上記のガス圧にすることによって、総てのドレン弁を開にしてもNa 液位の低下は起らない。但し、コールドトラップ系は、不純物の攪拌ドレンをきらい他系統がドレンされた後に行うものとする。ガス圧が上記圧に設定されているものとして以下にドレン操作手順を記すので操作手順に従って実施すること。

注記: Na 弁を操作する際は、予熱温度監視盤にて弁の予熱温度を監視し、予熱温度が180℃~250℃の範囲に入っている時のみ行うこと。

操作手順	操 作 事 項	確 認	備 考
1	V-103, V-104, V-105, V-106, V-503を開とする。	V-103, 104, 105, 106は 開閉表示灯が緑灯から白灯にな ることを確認のこと、又 V-50 3は現場にて手動で開とし開を 確認のこと。	
2	V-3を開とする。	開閉表示灯が緑灯が白灯になる ことを確認のこと。	
3	V-812を開とする。	同 上	
4	上記3の後、V-819を微開にしST のガスを少しずつ抜く。	この時STガス圧が急激に低 下しないようにPIC-811を常 時監視すること。	
5	上記4までの操作によりExPT, LcTの Na液位が低下する。かつSTのガスを 抜いた分LcTのガス圧が下がる。	(注) ExPTのガス供給系は減圧弁 を現在のタンク圧に設定してお き、常にガスを供給しておく。	
6	LcTの液位計が緑で消灯したところで、 LcTのガス圧をExPTガス圧と同圧に する。OV-4-2を開にし、PIC-812 と、PI-3が同圧になったらOV-4-2 を開とする。	弁開閉表示灯で開閉を確認のこ と。	
7	ExPTとLcTのガス圧が同圧になったと ころで逆通弁V-823を開とする。	同 上	
8	上記7までの操作を保持しSTのガス圧 がExPT及びLcTガス圧と同じガス圧ま でガスを抜く	STガス圧がExPT及びLcT ガス圧と同圧になると、CT以 外は全Naドレン完了である。	
9	ST ExPT, LcTのガス圧が同圧になっ たらV-822を開とする。	弁開閉表示灯で開閉を確認のこ と。	
10	上記9まで完了後V-102を開とする。	同 上	
11	V-812を開とする。	弁開閉表示灯で開閉を確認のこ と。	

操作手順	操 作 事 項	確 認	備 考
12	以上の操作にてNaは絶てドレンされる。 よって以下にNaドレン後の系統ドレン 確認試験を行う。		
13	上記11までの操作後約30分間程度現 在の状態を保持する。		
14	V-822, V-823を開とする。	弁開閉表示灯で開を確認のこと。	
15	V-102, V-103, V-104, V-105, V-106, V-503を開とする	同 上	
16	V-812を開にしSTガス圧をExPTガ ス圧より0.3~0.5kg/cm ² 位低くなるまで ガスを抜く		
17	上記16の操作にてSTガス圧とExPT ガス圧の差圧が0.3~0.5kg/cm ² にな ったらV-812を開とする。		
18	V-102を開としガスが流れることを 確認する。	導通確認は調診器で行なう。	
19	V-102を開とする。		
20	V-103を開としガスが流れることを 確認する。	同 上	
21	V-103を開とする。		
22	V-104を開としガスが流れることを 確認する。	同 上	
23	V-104を開とする。		
24	V-105を開としガスが流れることを 確認する。	同 上	
25	V-105を開とする。		

操作手順	操 作 事 項	確 認	備 考
26	V-106を開としガスが流れることを確認する。	同 上	
27	V-106を閉とする		
28	V-503を開としガスが流れることを確認する。	同 上	
29	V-503を閉とする。		
30	各弁の導通が総て確認されればNaドラインが完了		
31	V-819を閉とする。		
32	CV-7を閉とする。	弁開閉表示灯で閉を確認のこと	
33	以上の操作が完了したらNaループ全系をArガスにより0.3～0.7kg/cm ² に加压保持のこと（Exptガス供給ラインを使用のこと）		
34	以上の操作後Arガス圧を管理し、1昼夜おき、その後予熱ヒーターを総てOFFにする。		

4 試験計画（予定）の概要

すでに本試験が委託運転されたことを述べたが、これらは1976年7月末のITR装置完成後、表9に示すスケジュールで、PNCの手による調整運転を経たあと、本試験へと進める予定であった。

すなわち

(1) 予備試験

(2) ミニコンの整備

(3) 試験運転 ⇒ 装置の整備が万端整ったところで本格委託試験に入る。

(4) 上記(1)～(3)と平行して試験計画書の作成を行う。

さらに、7、8、9月の3ヶ月間の水蒸気系およびナトリウム系の運転計画を示したのが表10-1～3である。

8月19日の系統（ITR含む）へのNaチャージが行われたあと、9月16日のSG通水までは水系はITRを除く系統のフラッシングを、Na系はITRを含む循環運転を行い、Naの純化と系統圧損の測定や流量配分試験、電磁流量計の校正試験などを行う。

またミニコンの管号処理システムが完成したところで、熱電対の比較検定と全系々統からの放散熱量測定などをミニコン計装設備を用いて行う予定にしていた。

すなわち、計装設備の完成とともに、これらの調整運転や各種検定を終了した時点（9月15日を予定）でSG（ITR）に通水を行い、ITR建設メーカ立合（0.5ヶ月）のもとに負荷上昇後定格運転および不安定試験1ケース程度を行ったあと10月1日より委託試験に移行する計画としていた。

しかし、実際は次章に述べるように各側の不具合発生により、8月19日以降の工程は40日間程の遅れとなってしまい、実質的に委託試験に入ったのは11月8日からであった。

試験計画等に関しては動燃報ZN908 77-01に詳細に述べてあるので、参照されたい。

表 9 不安定現象試験装置の試験工程

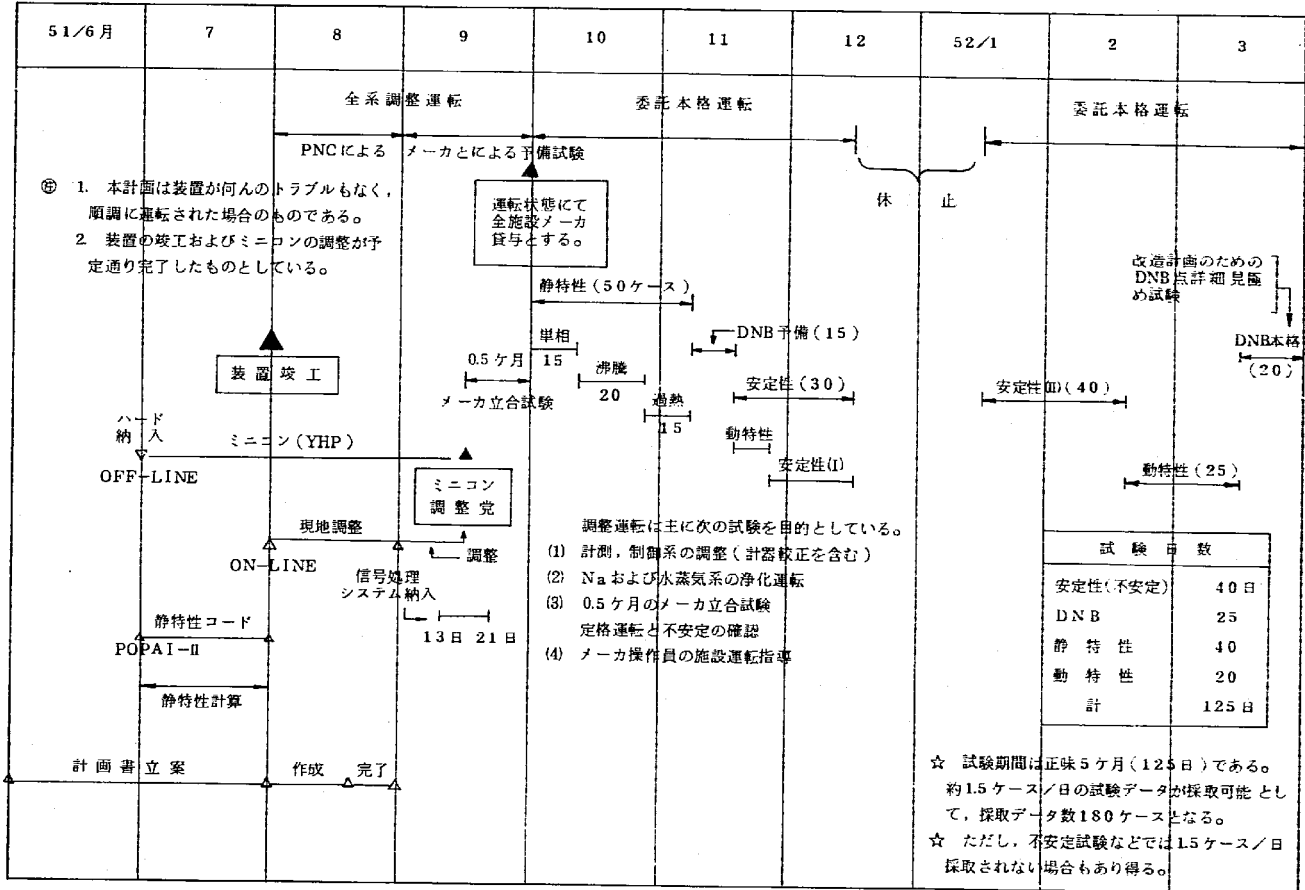


表 10-1 ITR予備試験工程(7月分)

系	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
水系フラッシング (補助ポンプによる)																															
主系統流量計 校正準備																															
校正試験																															
出力																															
純水、採水																															
補給水系運転																															
無人運転																															
コンプレッサ連続運転																															
Na系予熱試験																															

表 10-3 ITR 予備試験工程 (9 月分)

概	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	10/1
施設運転指導 (PNC)																															
Na 純化運転	東芝、三井純化運転											電話流量計比較検定 ピストン弁の絞り特性 (流量配分)																			
水系純化運転	SG 圧揚調整											ルーザー系のみ運転																			
熱電対比較検定												(Na 流量大)																			
放熱量の測定												各管および全体 (Na 流量大)																			
Na - 水蒸気結合運転												0.5ヶ月ノーカ位合稼 SG 過水 定格運転 不安定試験 確認																			
信号処理システムの完成												予定																			

5 調整試験運転経過と装置の不具合

5.1 経過の概要

I T R装置は建設の途中で、熱電対の取付部に不具合が生じたため、当初計画より遅れて、76年7月末に最終引取検査であるNa系の予熱ヒータ昇温テストを無事合格して、メーカーより動燃（以下PNCと略称）に引取られた。この間既設ループ系においては水系統施設の定期点検整備や計測制御系の点検整備が行われた。

整備後の本装置は今回の工事部分も含めて、Na系は危険物取扱所として消防署の立合を、水系については第一種圧力容器として労働基準局の立合検査を受け、それぞれ合格している。

なお、本I MW SSG施設はNa-水蒸気系とも75年6月以降約1年間休止しており、かつ、水系のループ全体が第一種圧力容器として認可されていることから、水系全体について使用再開検査も同時に受検している。

また、本装置の運転試験は前述の様に50 MW SSG施設とのパラ運転となること、本装置がNa系と水蒸気系をもつうえ、これまでのSGに比べて系統が複雑であるなど、運転の難易性から建設メーカーへの委託運転という形で進められることになった。ただし、7～9月は50 MW施設が定検時期にあたったことから、7～8月をPNCだけでによる調整試験とし、9月をPNCと受託先合同による運転訓練期間とした。

これら調整あるいは訓練運転では次の様な作業を主目的に進められた。

- (1) 水系のフラッシング：水系は1年以上の長期間にわたって休止していたので、系統の汚れがひどいと予想された。そこで冷水および温水による系統フラッシング（クリーニング）を重点的に行うことにした。
- (2) Na系のベークリングとNaのチャージドレン：コールドトラップ装置が以前のSGから継続使用されているので、SGによる初期Na汚染により閉塞されることのないよう、可能な限りコールドトラップ以外による不純物の削減対策を講ずるものとした。
- (3) 計測器類の校正試験：計測値の精度向上のため、Na流量計（4台）、差圧計（6台）をループへの実装状態で校正するものとした。
- (4) Na系の純化運転：バイメタリックループ特有のダブアラギング現象物質により、コールドトラップを閉塞させないための運転手法をとる必要があった。
- (5) 運転要員の訓練：受託先要員の運転指導はもとよりPNC要員についても、改造部につい

での指導訓練をする必要があった。

- (6) 計測制御系の点検調整：ミニコン導入に伴う計測設備（計装点186点のハード、ソフト面）の調整ならびにSG本体廻りや制御系など運転条件変更に伴う警報インタロック、安全隔離系の設定値の調整、整備が必要であった。

これら調整運転の実施は、装置不具合発生に伴って、概ね次の四つの区分にて運転された。

まず、第1は調整試験運転期間において順調に運転された期間（7月19日～8月18日）、第2はやや試験運転期間であるが、各種不具合が発生し、その対策が必要となった期間（8月19日～11月4日）、第3は装置が安定してきた76年11月8日から12月16日までの後期の試験である。

ここでは第1、2区分での運転経過や建設時不具合を含む原因、対策等を述べ、本格委託運転の前・後期試験などについては次章にゆずる。

表11に不具合の主な発生内容を発生経過順に、また図19と図20に施設の調整運転状況とそれに伴って生じた不具合（建設時のものは除く）の発生経過などについてした。

I MW G S施設の運転はI T R完成前の7月12日より既設水系ループより運転が開始された。前述の様に水系ループは一年間の休止により、この間緊急保管管とはいえ開放工事等をやっており錆びの発生が予想されたため、I T Rの検収引取（7月24日）以前に開始されたわけである。

これらの運転は主に純水の製造→脱気器など補給水系の運転→水系統（ループ系のみ）循環→プロローの繰返しサイクルでの系統フラッシングが行われた。この系統フラッシングは当初経間だけ継続運転され、8月3日から直運転で本格的に始められた。10日には今回オーバーホールされた給水ポンプのホットアライメントが給水温度120℃で行われるなど、順調に進み、18日までには水系計器（差圧計、流量計、正力計等）の校正も一通り済み、水質等においても一応のメドが立った。

そこで、それらと並行に8月15日からはNaループのベークリング（全系予熱真空引き）を開始し、19日には予定通りSGを含む全系にNaをチャージした。このチャージはこれまで同様の真型チャージ手法がとられたが、比較的低下（4 at g）のラプチャダイヤスクがNaと接液して使用されているなどから、操作は慎重に行われた。しかし、チャージ終了まぎわ（系統加圧時）にSG出口ラプチャダイヤスク付属のNaリーク検知器が瞬時作動した。このときは警報が瞬時のみであったので、ラプチャダイヤスクが作動（座屈）してい

図 19. 調整運転と不具合発生との経過 (その 1)

[illegible]

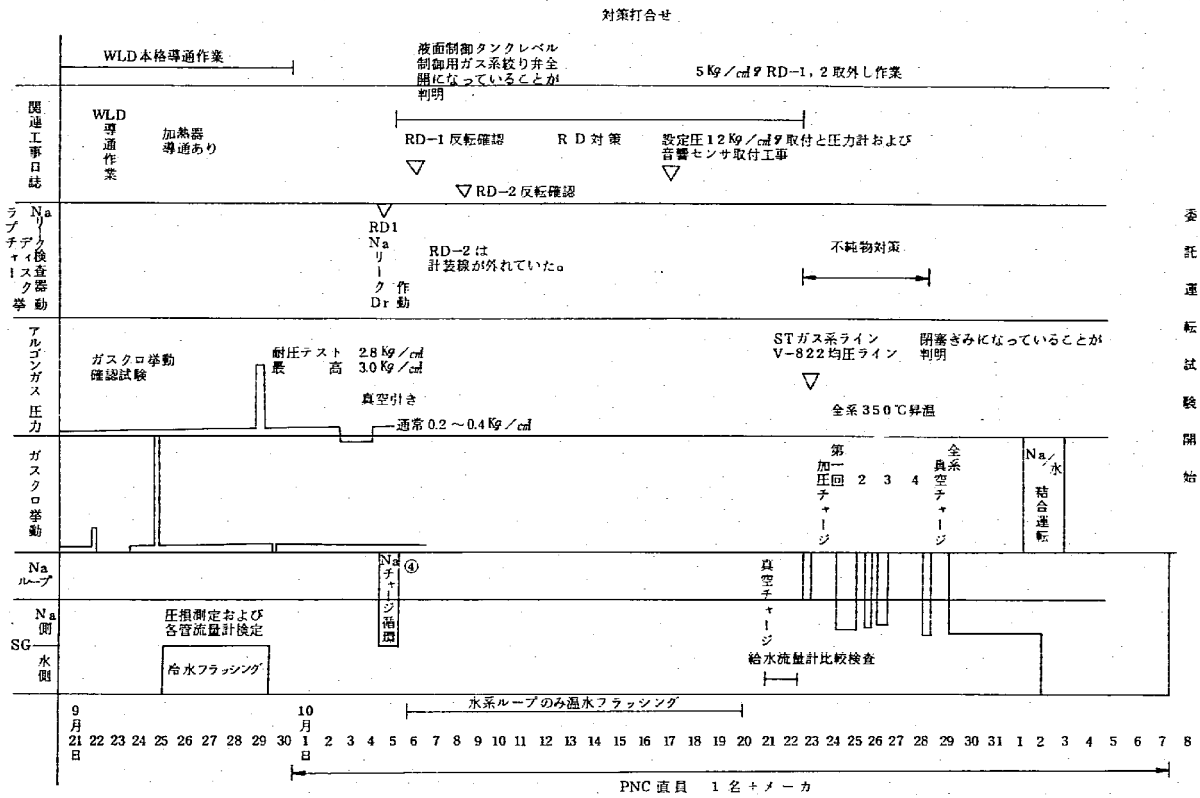


図 20 調整運転と不具合発生の経過 (その 2)

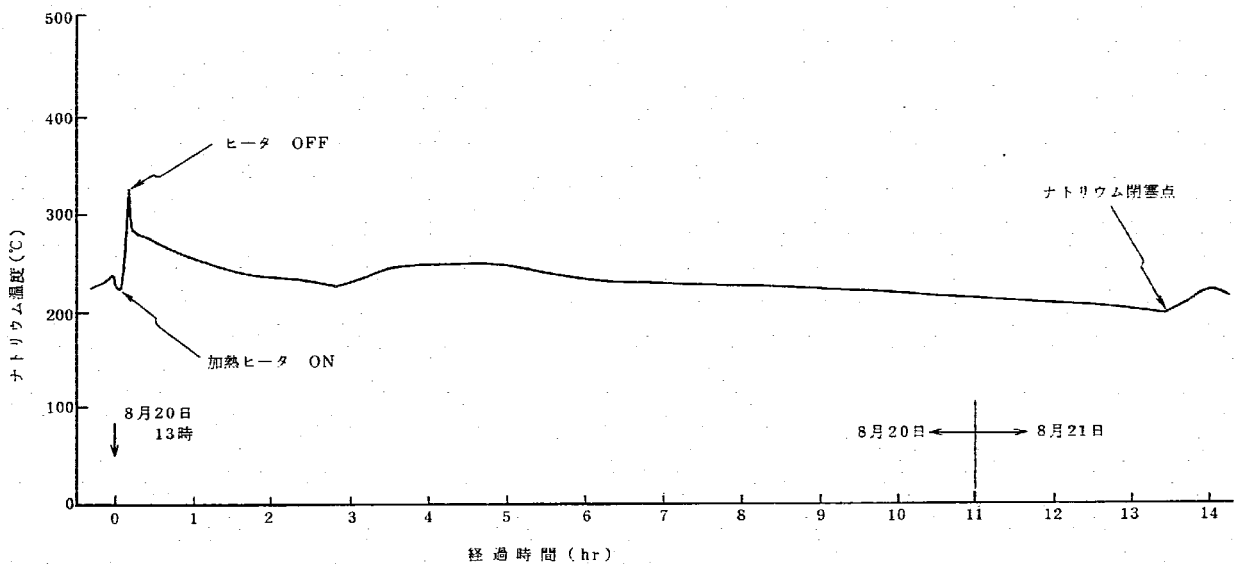
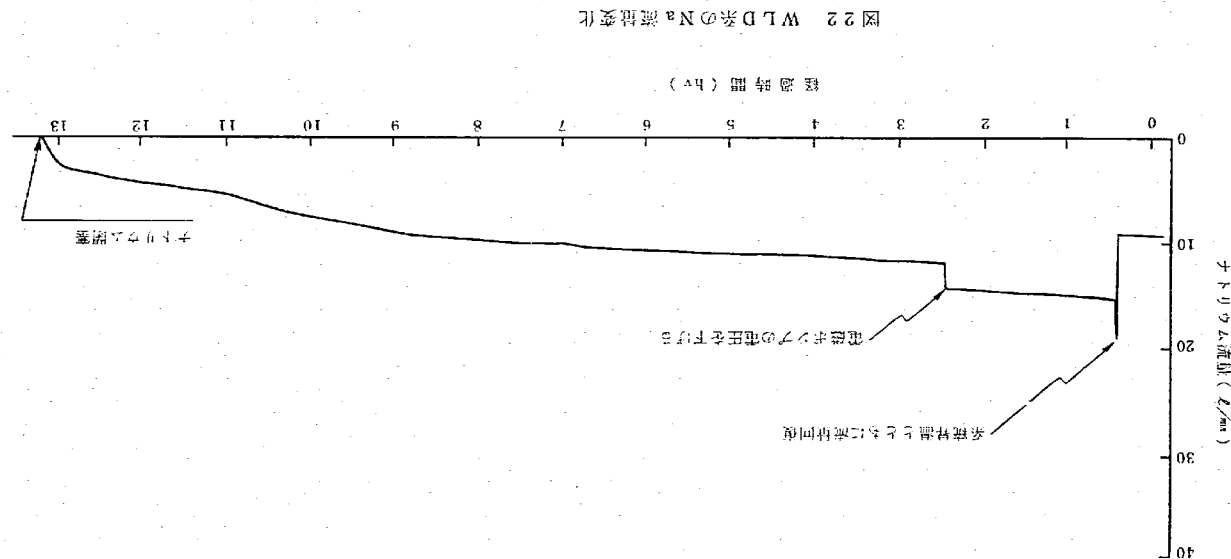


図 21 WLD加熱器出口温度変化



ると考えず、Na リーク検出器の誤作動と判断した。

全系チャージャ後の Na は S/G 隔離弁 (V-1, 2) を閉にして S/G バイパス弁 (V-3) 側で、ループ系のみの循環運転に入った。この間、I T R (S/G) は Na を循環しない状態で 350°C 目標に昇温をし、本体に付着していると予想される各種不純物 (吸着ガス、銅等) を Na に溶解させることを試みた。

Na ループ系はプラギング計、コールドトラップ系、WLD (隔膜式水素計) 系など循環系をもつ補助系について、機器の異常の有無を確認するため、各系統とも Na の循環が行われた。コールドトラップは流量が十分確保できることがわかったが、プラギング計はオリフィス部流量の指示がでないことがわかった。ただし、オリフィス部の温度変化などから Na の流れがあることがわかったので、現場調査した結果、電磁流量計の電極が破損していた。このため、プラギング温度の測定は行えなかった。

WLD 系は Na の循環がみられず、予熱温度の設定を上げたり電磁ポンプの極性を変えたりして、流量回復を試みたら、僅か Na の流れが出てきた。そこで図 21 にみられるように WLD の加熱器を活かし 350°C 目標に昇温をし、Na 流量の完全回復をはかろうとした。しかし操作指示の不徹底から、このヒータを切ってしまう、その後温度はどんどん低下し、図 22 に示した様に WLD 系を閉路に至らしてしまった。

その後 9 月 16 日にかけて断続的ではあったが、種々の回復を試み、いずれも効果を示さなかった。そこで、本系統については 9 月 17 日以降本格的に配管切断を含む尋通作業が行われた。

これ以外の経過については、各不具合項目ごとに述べたので参照されたい。

5.2 熱電対の不具合

1) 不具合の発見経緯と概要

I T R 装置はすでに第 3 章であきらかに非接地型熱電対 (3.2φ×7.2本) と接地型熱電対 (2.3φ×4.5本) がそれぞれスリーブを介して本体に TIG (タングステンイナートガス) 溶接されている。

これら熱電対は表 1 の設置建設経過で述べたように昭和 50 年 11 月 25 日から本体の最終検査の段階をむかえ、伝熱管 (A, B 管) へ取付けられた熱電対の端末処理 (補償導線接ぎ込み) 作業が開始されることになっていた。

これに先だって熱電対の通常検査である外観、Tag No. 尋通、絶縁などの諸検査がなされた。これらの検査で、図 23 の様に Na ④部および水素気流部⑤部に取り付けられた

管名称とノードNo.	Tag No.	測定日時	判 定
A-9	TESA-1a	12/13 22° 20'	10(10×68) (変化有) 10×72
B-7	TESB-3a	12/13 22° 20'	(10×68) (") 10×72
B-9	TESB-1a	12/13 22° 00'	(30×22) (") 300×30
B-9	TESB-1b	12/14 14° 00'	(10×73) (") 10×83
C-4 $\frac{1}{2}$	TESC-1b	12/13 11° 00'	(30×15) (") 30×43

最終的には12月22日17時に測定しており、上記結果通りの判定と変わっていない。
なお、参考までに非接地型熱電対(シース長さ0.5~1.5m)において絶縁劣化の著しかったもの(2本)と絶縁に問題のなかったもの(4本)についてH_e試験を行ってみた。
その結果は絶縁劣化の著しかったものは1時間以内にH_eが検出され、絶縁のよかつたものでもH_e検出されたものが2本あった。

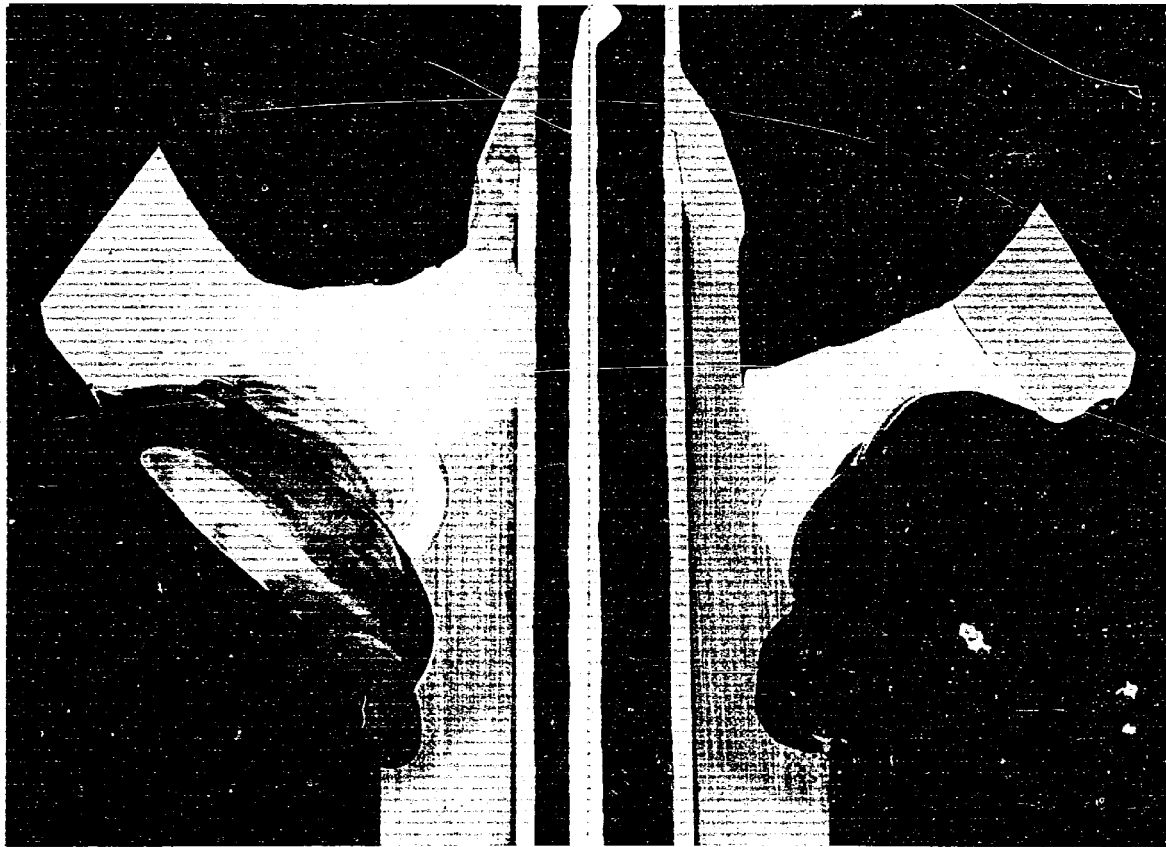
2) 原因調査結果

本装置は試験目的の性格上から、非常に繊細な熱電対が耐圧構造の伝熱管やナトリウム管にスリーブを介して直接溶接されており、(1)シースが直接接液となっていて(2)耐クレビスコロージョンの配慮からスリーブの溶接に際して、裏波をきれいにし出すことを重視したこと。さらに信頼性の向上(配線上、接近不可)から(3)スリーブとシース間は両端封じ溶接を施していることなどから、施行上の難しさは認識されており、その施行法も予備試験にて確かめられていた。

しかし、不祥にして前述の様な不具合が発見されたため、これらの詳細原因を究明するため破壊検査が行われた。その結果を要約すると、次の通りである。

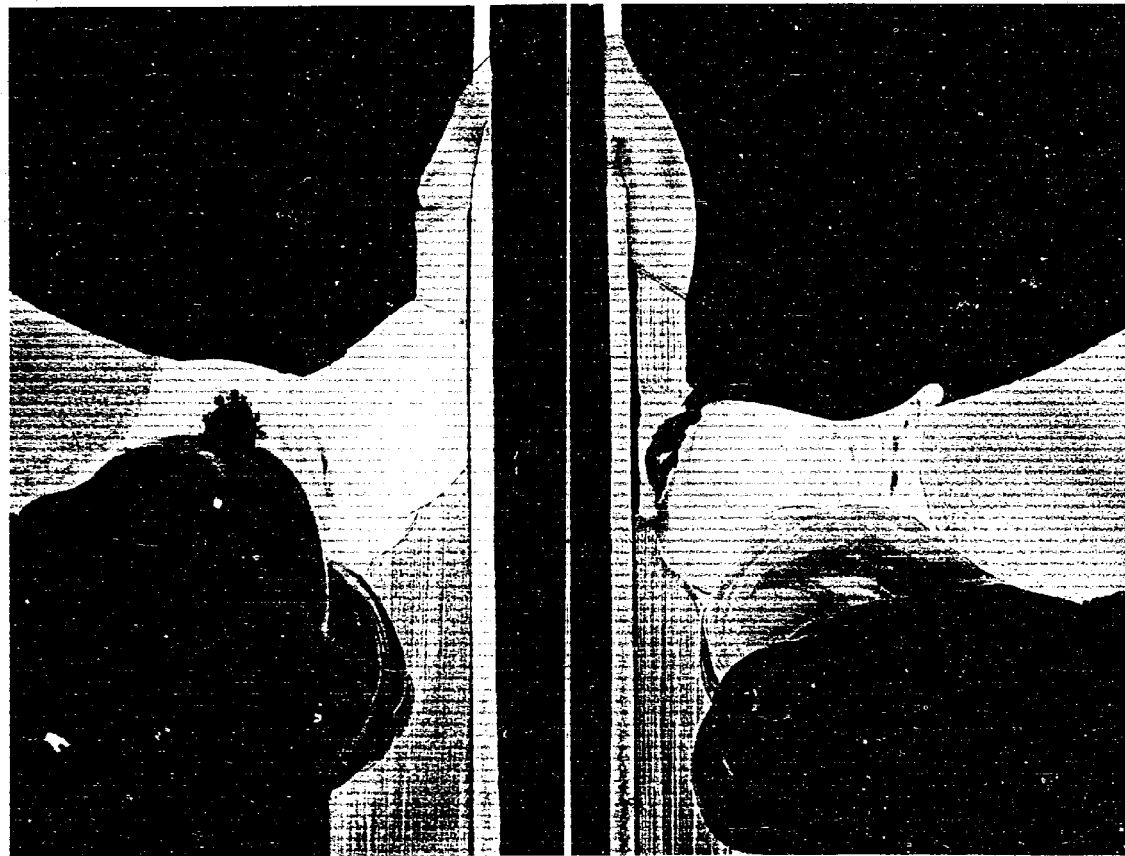
- (1) スリーブを本体に裏波隅肉溶接する際、溶け込みがスリーブとシース間の間隙にまで及び(写真1)、その溶接時の熱によって間隙中のガスが加圧され、溶け込みを貫通して接液側に吹き出し(写真2)、さらにシースとスリーブ間の溶接部でシースを貫通している。
- (2) なかには、スリーブとシースの溶接時点で、写真3の様でシースを貫通しているものもあった。

以上の様に接液側から絶縁材を結ぶルートができ、非接地型では絶縁低下、接地型ではマグネシヤ(Mg_o)を透過したH_eが検出される結果となったわけである。



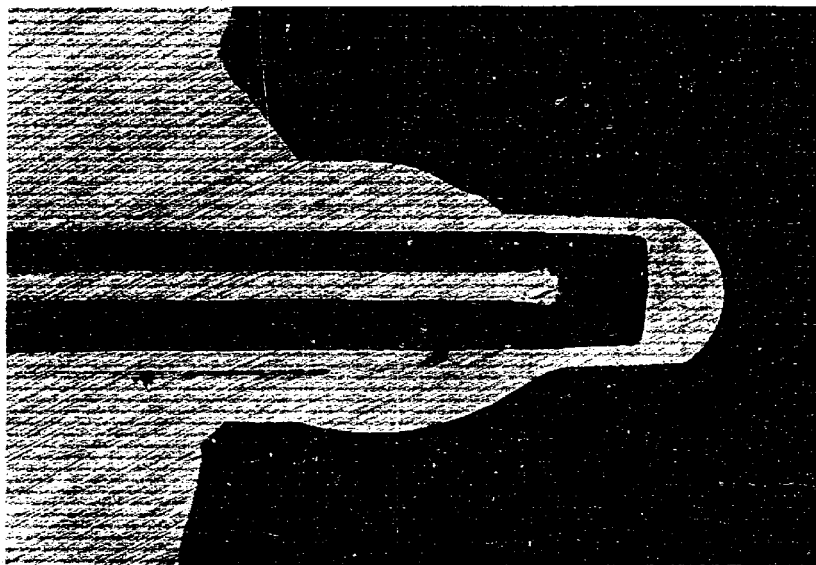
(×10倍)

写真1 熱電対(TEFA-12)取付不具合部マクロ写真



(×10倍)

写真2 熱電対 (TEFB-10) 取付不具合合部マクロ写真



(×10倍)

写真3 熱電対 (TEFB-10) 側溶接部欠陥マクロ写真

が初めてななどから決定的な原因がみつからず、結局、これまで通りに復旧し、液面制御タンク圧およびナトリウム出口ヘッダの圧力を連続記録するという対策にとどめられた。

その後、これまでと同じ様な手法でNaチャージ・ドレンが2回(9月6日と9月16日)行われており、しかもNa温度350℃で初めてNa循環もなされ、定格流量以上の運転までされ、問題がなかった。なお、これまでと条件が違っている点といえれば液面制御タンクガス系の絞り弁がラプチャディスキの1回目作動時全開状態であったものを適宜絞り込み調整された点だけである。

しかしこの弁は9月29日WLD復旧に伴う耐圧試験時に、全系に3Kg/cm²までのガス圧を張るため、再び全開にされ、その後絞り調整するのを忘れられていた。

第4回目のループ全系(ITR含む)へのNaチャージ(10月24日)時に2回目のラプチャディスキ作動(今度はナトリウム出入口両方のRD-1, 2)が起きた。RD-1はRD-2より取付位置が約11m高い位置にあること、今回のチャージ時にはミス操作によりラプチャディスキに過激な圧力が加わることがなされたと考えられること、Naチャージ後のブラギング温度が著しく高かったこと、さらに10月23日以降の各種試験結果から系内に不純物が多くみられたことから、ディスキのラプチャはすでにNaチャージ前に起っていたと考えられるなど、運転操作と密接に関連している面が非常に大きい。

そこで、以下において、それらの具体的経過を説明し、合せて原因、対策等にもふれてみる。

1) 経過

8月19日ITR装置全体に初めてNaチャージされた。チャージの最終段階でもある液面制御タンクへのアルゴンガス加圧時、出口ラプチャディスキ(RD-2)のNaリーク検知器が瞬時作動した。このときは誤動作と思われた。8月21日にはITR本体の不純物(錆び等)のNaによる溶かし出し操作を終って、Naをドレンした。

8月20日はRD-2の作動懸念もあり、その場合、原因が液面制御タンク内のガス操作系にあると予想され、直ちにガス系の調整を行い、またNa検知器の現場確認もしたが異常は認められなかった。

8月27日はメイン電磁流量計(FE-1)の実流校正を行うため、V-1, 2隔離でループのみにNaチャージしたところRD-2のNaリーク検知器が連続的に作動標示するようになった。このときはループのみの運転でもあり、ディスキ破断は起り得ないと考え、かつWLDの導通作業を優先させたなどから直ちにNaドレンすることなく、FE-1の校正を進めた。それと同時にメカへNa検知系の調査依頼をした。当然のことなが

ら、WLDの導通作業も進められた。

8月30日WLDの予熱ヒータの増強工事を行うためNaドレンし、ヒータ増強後ループ系のみ再チャージした。これと平行して、Naリーク検知器を取外したところ、プラグ先端にNa付着がみられ、チャージしたばかりのNaをドレンした。

9月2日RD-2の交換工事、RD-1についてもNaリーク検知器の取付ねじを外し、ファイバースコープで内部視察を行っているが、問題なかった。ただし、この復旧処置が悪かったため、後になって、ねじ部より空気の吸込みやNaリークの原因になっている。

ラプチャディスキ対策と並行してNaループ系ではWLD対策としてNaチャージ・ドレンも繰返えされた。

9月4日ラプチャディスキ廻りのHe試験と保温工事がなされた。ラプチャディスキ破断の原因がつかめず、とりあえず液面制御タンクガス圧とNa出口ヘッダ圧力の二点を連続記録できるようにした。

9月6日ITR装置としては第2回目の全系へのNaチャージが行われた。当然のことながら、液面制御タンクのガス系は調整されており、前述圧力計においても過激な圧力上昇は認められていない。その後主流量計(FE-1)と各管流量計(FE-7, 8, 9)の比較校正やループ圧損測定が定格運転流量以上まで行われた。ただし、Na温度350℃でITR系の初めての循環運転のせいか、9月8日にはブラギング温度が270℃まで高くなった。このため、コールドトラップの閉塞を恐れ、全系Naドレンした。

9月12日ストレージタンクのNa温度の下がったところで、第3回目の全系Naチャージが行われた。9月14日までWLD系を除く系統の純化運転が行われたが、この日、液面制御タンクのNaレベルを自動制御中、レベル計を引抜くというアクシデントがあり、ガス系へ、Naを横溢させてしまった。このため、Naはドレンされた。

9月17日 これまで姑息な手段で導通作業を試みてきたWLD系は、配管切断を含む本格的な導通作業工事として進められることになった。

9月19日Na系の運転ができない現在、水系計器の校正試験を行うべく、しばらくぶりにSGに通水したところ、水素濃度の急激な上昇がみられた。このため、24日にかけて、伝熱管のHeリーク試験やガスクロの挙動試験などが行われ、異常ないことが確認された。

9月24日WLD系の閉塞が解除され、復旧工事に入った。

9月25日伝熱管にリークのこないことが確認された。ITRに通水し、系統フラッシン

ングと各管の給水流量計の検定と圧損測定などが行われた。

9月29日 復旧工事の終わったWLD系の耐圧試験のためITR含むループ全系に3kg/cm²のアルゴンガスが加圧された。この加圧は液面制御タンクのガス系より行われたが、液り弁が調整されているため、ガス流量が大きくとれず、運転員の判断で、その弁が全開にされた。その後、この弁の調整を怠っている。

10月4日 第4回目の全系への真空Naチャージが行われ、電磁ポンプ起動後しばらくしてからRD-1破裂のANNが出た。このチャージ操作後、次の様なことが判明した。

(1) 前述の様に、耐圧試験時に開にした液面制御タンクガス系弁(1Bガス供給絞り弁)が全開になっていた。

(2) 真空チャージにもかかわらず操作ミス(膨張タンクと液面制御タンクの連絡弁V-823を閉のまま膨張タンクにガス加圧)により、入口ラプチャディスク(RD-1)近傍にはアルゴンガスが封入されてしまった。

(3) 系統へのチャージナトリウムの温度が130℃と低かったにもかかわらず、ループNa温度200℃でブラギング温度が190℃と高かった。

(4) 電磁ポンプ(20'56')起動から、しばらくして(23'00'頃)RD-1破裂のANNが出た。

(5) その間、液面制御タンク圧は0.7kg/cm²を越えておらず、このガス圧変動によってRD-1破裂ANNの点滅があった。すなわち、液面制御タンクのガスを抜くとANNが消え、ガスを供給すると点灯するという具合である。これは、液面制御タンク圧によって、二重ラプチャディスク間のナトリウムレベルが変化していたものと推測される。

(6) ガス系には多かれ、少なかれ、微小漏れを起す箇所があるため、通常Naチャージ中は真空引きを行っているのが普通であるが、今回これがやられておらず、チャージ開始前に真空ポンプを停止している。

(7) RD-1のNaリーク検知器(プラグ)取付ねじ部より外部にNaが漏れていた。

(8) RD-1取外し、内部観察の結果、写真5にみられる様に、高温酸化した形跡があった。

(9) RD-2を取外したところ、RD-1同様、座屈がみられた。警報がでなかったのは第1回の補修時に検知器を取付忘れをしていたためである。

10月6日～10月22日にかけて、Na系ではラプチャディスクの対策工事が行われた。

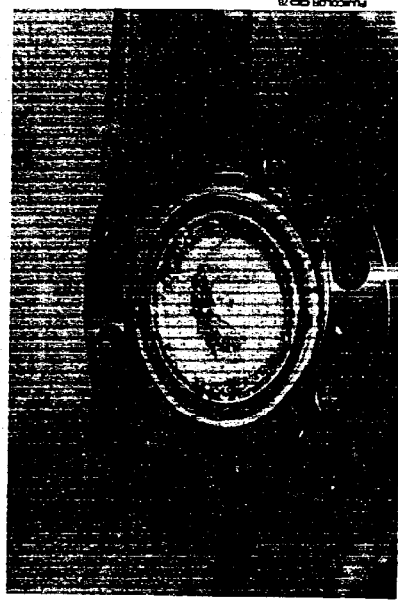


写真4 ラプチャディスクが反転した様子



写真5 二重ラプチャディスク間ナトリウムの高温酸化の状況

10月17日 RD-1, 2の恒久対策として14.7kg/cm² at 70°Cのラプチャディスクが取付けられた。またRD-2廻りには、後述する様にエンジン指圧計と音響検出器の取付も同時に行われた。

なお、この工事の過程で、Na出口ヘッダ内部にかなりの量の酸化物が存在することが判明した。多くは真白なふわふわした感じの酸化物であった。ヘッダ近傍のものでは、きるだけ除くため、真空掃除器による吸い取りも試みられた。

10月23日 ラプチャディスクの復旧後、真空放置試験とループ系のみのNaチャージ速度試験などを行った。

10月24日から28日にかけて、Na不純物の除去対策がたてられた。詳細は後述する様に、ループへ低濃Naを加圧チャージ、昇温後ドレンを四回行った。

10月29日 全系統型チャージで、以後正常な運転に復することができた。

2) 原因究明と対策

原因を述べる前に、まず反転式ラプチャディスクの特徴を述べておく。

(1) 破裂圧の設定精度が従来型の±20%前後に比べ、一桁よい、±2%である。反面、取付方に左右され易い。

(2) 反転速度はmSオーダーで非常に速い。

(3) 反転にはさしてエネルギーを要しない。

このラプチャディスクは日本B&B社が米国B&B社より輸入。ホルダーは日本B&B社が国内で製作したものである。(図26参照)

ナトリウム中での使用実績は海外では多くの例があるが(設定圧は不明)、国内では初めてである。このため不安もあり、二重構造方式の採用となったわけである。

原因究明についてはメーカーにて種々検討されたが、確信のもてる解答は得られず、結局前述特徴が大きく左右しているものと考えられた。

すなわち

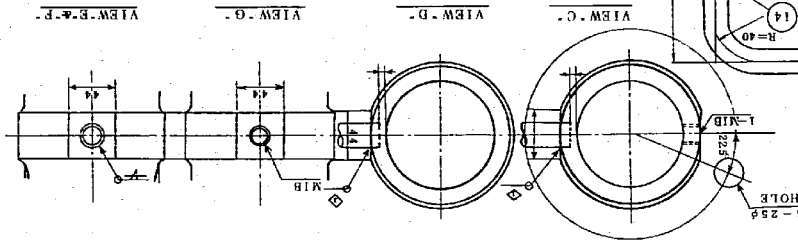
(1) ラプチャディスクの据付誤差またはホルダ締付力不足が、RD-1と2回目のRD-2に認められた。

これは設定圧以下で反転する可能性がある。

(2) ホルダとディスク間の一時的な温度差に起因する熱応力状態が破裂圧の精度に影響を与える可能性がある。

(3) 弁の急閉時に発生するNaハンマによる過剰的な圧力の発生

PART NO.	DESCRIPTION	QUANTITY	MATERIAL	REMARKS
1	INLET FLANGE	1	SCS304	W.N. FOR SCH40 (EQUIVALENT TO JIS 304/304F)
2	COLLAR FLANGE UNIT	1	SCS304	SOLID BODY
3	OUT LET FLANGE	1	SCS304	W.N. FOR SCH40 (EQUIVALENT TO JIS 304/304F)
4	KNIFE BLADES	2	STS631	
5	RUPTURE DISK (RD-1)	2	INCONEL	4g/cm ² AT 475T TOLDGANG S
6	STUD BOLTS	16	ASTM A193-B16	M22×125L
7	HEX. NUTS	32	ASTM A194-04	M22
8	METAL O-RING	1	INCONEL N-PLATED	V 3641-1N(NL)-D-150 24P 0.9
9	COMPANION FLANGE UNIT	1	SCS304	2P JIS 304/cm ²
10	EXCESS FLOW VALVE	1	SCS304	
11	COMPANION FLANGE	1	SCS304	2P JIS 304/cm ² S.O.
12	STUD BOLTS	4	SCS304	M16×105L
13	HEX. NUTS	8	SCS304	M16
14	PIPE	1	SCS304 TP 3B SCH40	
15	GASKETS	2	ASTM A20 42 56 3	



SCALE 1/2

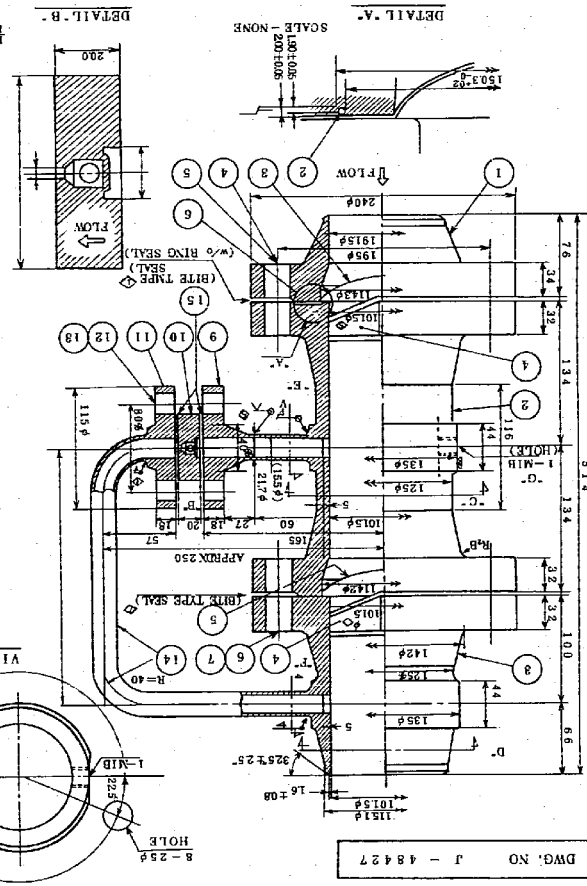


図26 ラプチャディスク取付ホルダ

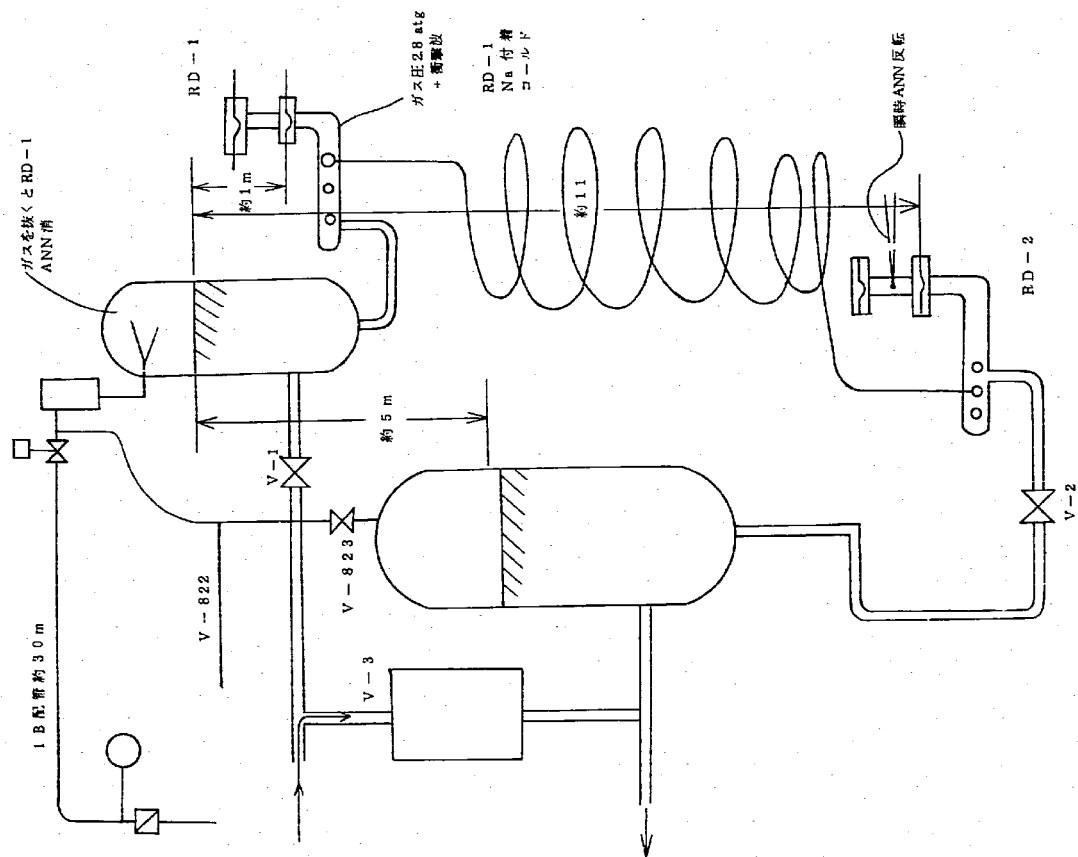


図 27 ラブチャイスク廻り配置図

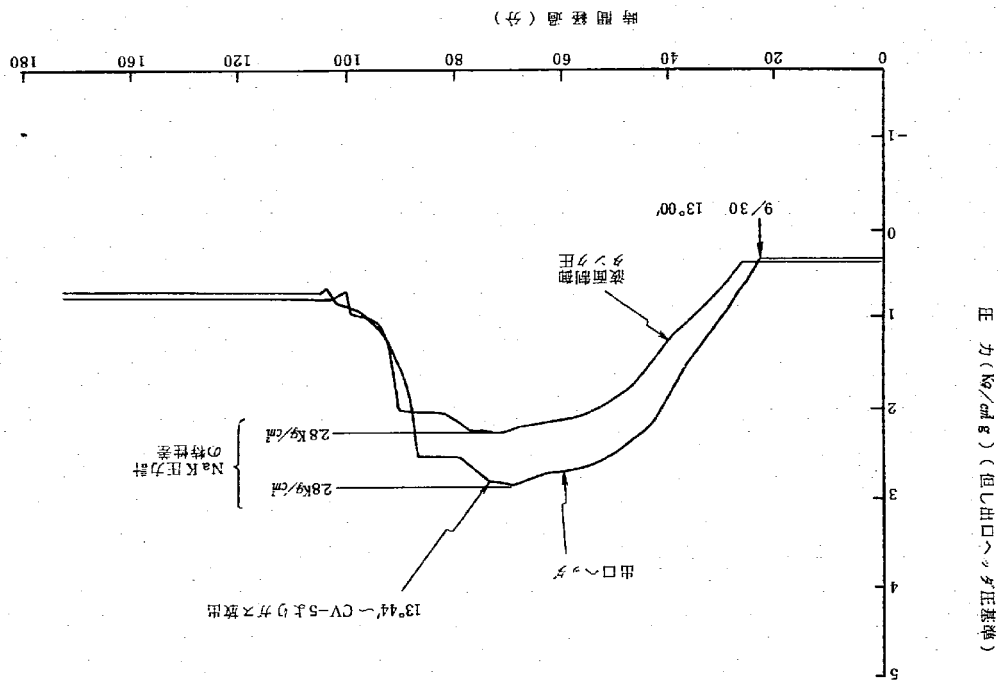


図 28 耐圧試験時のガス圧挙動

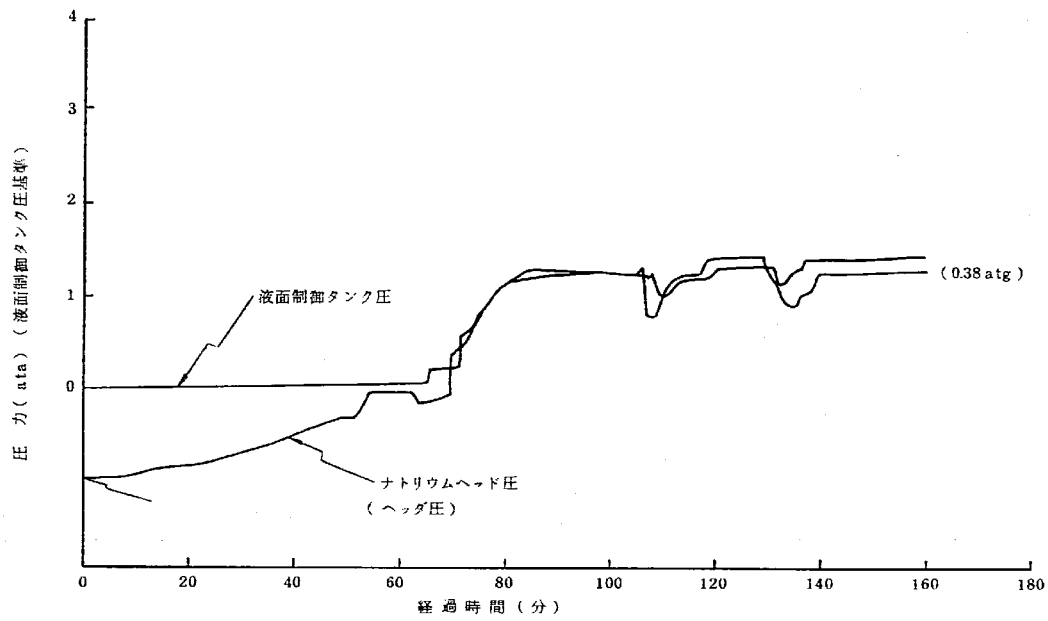


図 29 Na チャージ時の圧力挙動 (9 月 1 2 日)

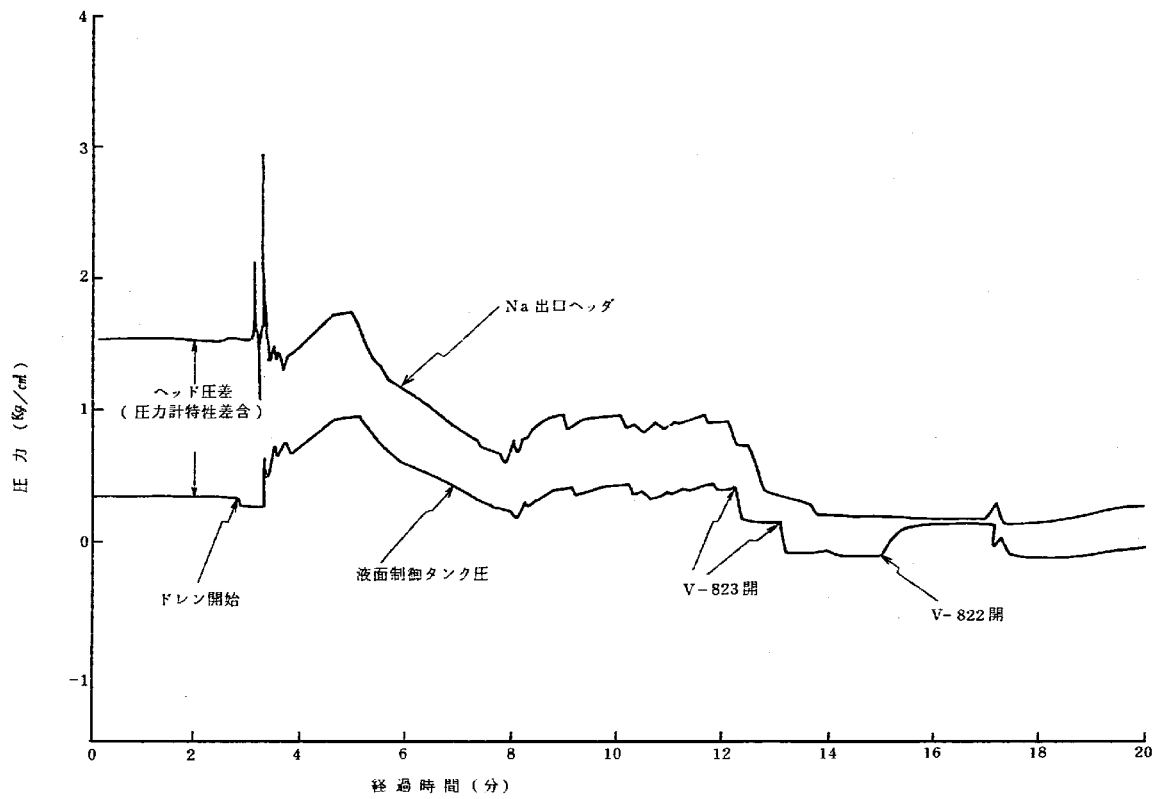


図 30 Na ドレン時の圧力挙動 (9 月 1 4 日)

(4) ナトリウムの真空チャージ時に、Na液頭が急激にラプチャディスクに衝突して発生する圧力波

(5) 真空時から、液面制御タンクへの急激なアルゴン注入操作により、ラプチャディスク手前に発生する圧力波。

しかし、これまでの経過や状況から判断して、上記のうち(1)と(5)の可能性が最も高く、現状破裂圧のままであれば再度同じ問題を引き起こすことが予想される。

そこで、次の様に破裂設定圧の変更を行うとともに、圧力センサや音響センサを取付その後の運転監視と、さらには運転要領の見直し、急激なアルゴン加圧操作の排除などに心掛け、不必要な動的、過渡的圧力の発生を極力抑える様にした。

変更後のラプチャディスクのスペックは $4 \text{ atg} \rightarrow 14.7 \text{ atg} (at 70^\circ\text{C})$ 材質 SUS-316 (日本B&B手持品)

上記 4 atg の温度スペックを 475°C で換算すると 1.2 kg/cm^2 の破裂設定圧になる。

なお、参考までに、図27にラプチャディスク割りの配管図をそして、図28に9月29日に行われた、耐圧試験時の加圧経過を、また、図29、30には9月12日から14日にかけてのNaチャージドレン時の液面制御タンクガス圧と出口ヘッダNa圧のそれぞれの挙動の結果を示した。

5.4 WLD系の閉塞

WLD系の閉塞に至るまでの経過はすでに5.1章で述べたので、ここでは、その原因と対策について簡単に紹介するものとする。

WLD閉塞部の導通作業は8月19日の閉塞から完全導通のはかれた9月28日までの約40日間にわたって順々の作業が試みられた。

この様に導通作業が長引いた原因にはループの構成および閉塞時の状況などが作用していることはもとより、作業環境、ならびに9月1日より委託の運転訓練に入るなど期間的に切迫され、どちらかというと安易でしかも姑息な手段がとられがちであったことに原因があったと考えられる。

不具合や事故等が発生した場合はなんとも冷静な情勢判断と分析等により、適切な対策を講ずることが早期解決の道であるといえる。しかし、これらは経験の積み重ねによってのみ会得されるものであって、無の経験からの発想はあり得ない。

同様の不手際を繰返さないため、敢て今回の経験を紹介するものである。

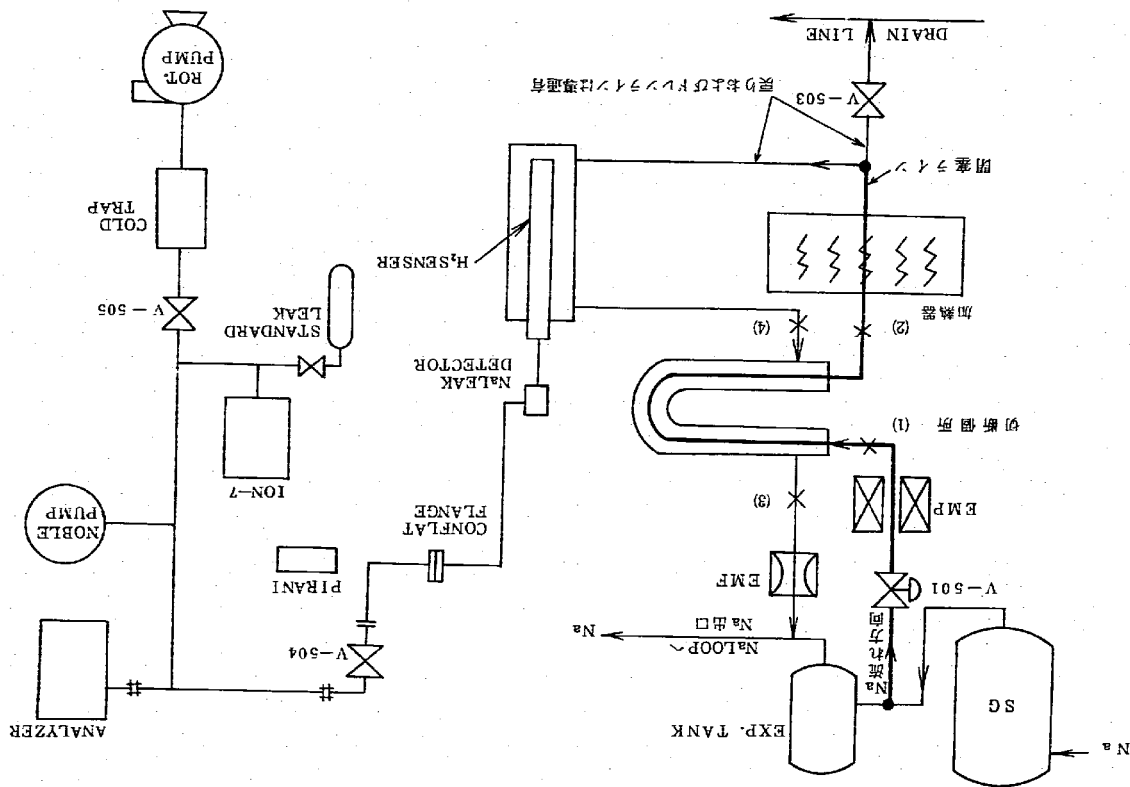


図 31 隔膜式水素計 (WLD) 系統図

1) 閉塞原因

閉塞原因はナトリウム取扱技術を忘れたためのおそまつな操作によるもので、ループ初期運転の最もナトリウム汚染が予想され、しかも流路の流量減少がみられているにもかかわらず、そのまま放置されたことにある。二次的には系統の放散熱量が大であったことに起因する。

すなわち、主循環系統のNa温度350℃にて、LTR隔離で、WLRDを運転しているとき、エコノマイザおよび加熱器からの放熱が大きく、加熱器出口Na温度がプラギン温度(210℃前後と予想されている)以下になっていたと考えられることである。悪いことにはプラギング計も前述の様に電磁流計の電極破損により計測できる状態になってなかった。

2) 導通作業

導通作業は図31の系統において、戻りラインには閉塞がないことが判っているので、入口ラインの加熱器出口までの間(太線で示した)で行われた。

方法としては、以下の様なものが考えられた。

- (1) 現状のまま回復をはかる
 - (2) 閉塞部を検知し、その部分にヒータ増強する
 - (3) 閉塞部と予想される部分のバーナ加熱
 - (4) 閉塞部ラインすべてにヒータ増強、系統昇温
 - (5) 配管切断、ヒータ増強、昇温とともにガス圧印加
- 閉塞が起った初期には、上記方法の(1)~(3)までをいろいろな形で試みられたが、いずれも効を奏しなかった。

その理由は、

- (1) 配管切断なしでの作業は、系統との関係からNaチャージを行なって、電磁ポンプの駆動力(たかだか、1kg/cm前後)にたよっての導通作業であったこと。
- (2) 不純物による閉塞のため、溶解温度が500℃以上と考えられ、しかももともと放散熱が大であったことから、それまで加熱するのが困難であった。
- (3) プロゲージデテクタによる閉塞個所の推定も試みたが、エコノマイザは二重管、加熱器はヒータピンが入っているなどから検出困難で、しかも配管が $\frac{1}{2}$ Bと細く、勾配ととの関係から、閉塞部以降にもNaが塞がっていると予想された。

以上の様な作業は断続ながら、9月16日まで続けられ、9月17日より配管切断によ



写真6 ガス加圧管の取付状況



写真7 エコノマイザのヒータ巻作業



写真8 加熱器の取付状況

る本格的導通作業へと移った。

9月17日 主磁ポンプ出口配管切断(図31の切断箇所①)し、その所に、写真6にみられる様なガス加圧管を溶接して、これより上流側の導通を確認したところ、閉塞がないことが判った。次に、エコノマイザの保溫とヒータを取外し、アセナレンバーナ2本で加熱しながら、この部分のガス導通確認を行ってみたが、失敗であった。

そこで、9月18日、エコノマイザと加熱器の間(切断箇所②)で切断し、両方の導通を試みたがいずれも閉塞していた。また加熱器は保溫と予熱ヒータを取外し、バーナ加熱してみたが、導通はとれなかった。

そこで急きょエコノマイザは戻り管(3.4)切断の上、SG室より取出し、写真7にみられるように、ヒータを密に巻き、保溫の上全体を500℃目標に加熱させ、ガス圧による導通を行った。当然のことながら出口部にはバルブを付設し、アルゴンガスを6Kg/minかけ様子を見ていたところ、配管温度が420℃になったところできなり導通がはかられた。高温のナトリウムが空気に吹き出したため、ナトリウムは直ちに燃焼をはじめ、室内が白煙につつまれるというアクシデントも伴った。

導通後のエコノマイザは酸化防止の観点からアルゴンガスを流しながら、冷却がはかられた。

加熱器は場所的に配管切断後の溶接復旧が困難なため、写真8にみられる様な現状位置で、ヒータ巻き、保溫の上導通作業が行われた。なお、この写真をみても放熱量の大きい構造であったことがうかがえる。(ヒータ管とサポート間はアスベスト1枚による断熱のみであった。)

この様に、局所的に放熱の多い部分があるせいでもないであろうが、加熱器は温度測定点で500℃に達しているにもかかわらず、なかなか導通がとれなかった。そこで、懸念のあったニッケルセンサー近くのドレンラインにヒータを増強したりしたが、やはりだめであった。そうこうしているうち、どうやらガス加圧ラインがおかしいということで、ガス供給管のスエジロックを取外したところ、膨張したNaがこの所まできて固化していることがわかった。

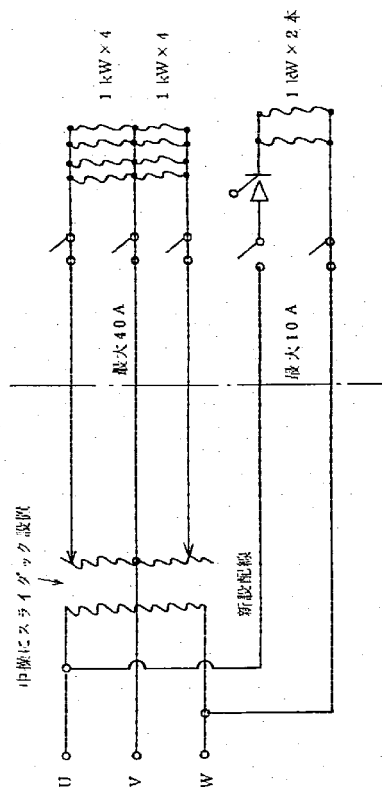
この部分のバーナ加熱によってNa閉塞は完全に解かれ、簡単に導通がはかられた。すなわち、本格的に導通作業を開始してから、一週間目にして完全導通がはかられたわけである。

9月27日から配管溶接ヒータ保溫工事が進められ、10月2日をもって完全に復旧さ

れた。

なお、これらの工事と合せて、次の様な改造も同時に行われた。

- (1) エコノマイザと加熱器(12本の内予熱ヒータピンのうちの2本断線部分)にこれまでの予熱用シーズヒータとともにマイクロヒータを増設した。
- (2) 加熱器内予熱ヒータの電源方式を次の様にした。



これは加熱器のヒータピン12本のうち2本の断線に伴い、残りヒータピンに均等に負荷を配分するための措置である。

これに伴い、中操盤操作スイッチの名称も次の様に変更した。

1 KWは予備とする。2 KW：制御用とする。

3 KWを4 KWに名称替、4 KWはそのままとする。

以上の経緯を要約すると

- (1) 不純物によるNa流路閉塞解除は、作業としてはきざられる配管切断が、最も早い解決法である。

- (2) 膨張ナトリウムと、その固化に伴う無理な応力発生が起らないよう、注意を要する。

5.5 凝縮器および冷却器の伝熱管リーク

本項は定検時等の注意喚起の意味で紹介する。

1 MWSG施設は昭和46年4月の運転開始からこれこれ足掛け6年が経過しているが、これまで施設の定期点検といえ主に回転機器やこれまで故障のあった機器および電気計装関係の滑槽、調整等であった。このため盲点ともいえる環境腐食による事故等は見逃されやすかった。

今回のリーク事故は、凝縮器が腐蝕による腐食で、いずれも起るべきして起ったという感がある。

何故なら、凝縮器は雨水が下レンでできない構造であつたこと、冷却器は原水を要注なしで使用するおり、この様な使い方としては冷却されるべき温水が140°と高いことなどがあげられる。

以下、それらの状況、対策等について述べた。

1) 凝縮器

昭和51年9月2日系統温水循環中に発見された。この凝縮器は外置空冷型で、S(1)で得た熱量を帯てやりこえて、15.0℃、441gの凝縮水を得るためのもので、図3.2(a)に示す様にフィン多管式空気冷却器である。フィンチューブは断面図にみられる様に、3列のものが長手方向に36列で合計108本から構成され、その出口へッダが冷却空気がダクトの内部に入っている。この内部には雨水が溜り易く、かつドレンできる構造になっているため、腐食が進行した様である。

伝熱管はボイラ熱交換器用炭素鋼管 (STB-35-S) の外径 1 5.9 φ、肉厚 2 mm の管で、正入式のアルミフィンが装着されている。これら管はひどい所で 0.1 mm 以下、多くは 0.5 mm 前後まで蝕肉されていた。また (b) 図のヘッダ接手部も同様に蝕肉しており、補修するには困難な様相を呈していた。これらは新しいものを作り替えるには半年以上の工期がかかると思われるなど、始まったばかりの委託運転には幸先の悪いものであった。

委託運輸のことを考えると、何んとでも補修しなければならず、再発を覚悟で次の様な方法で補修した。

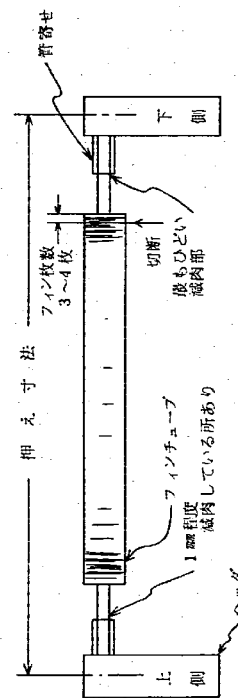


図32 ファイン多管式空気冷却器（凝縮器）の構造図

- (1) フィン両端の減肉のひどい部分で上下切断
- (2) フィンチューブの長さが、上下、同じになる様、両端のフィン焼損部を片側で3~4枚程度のとこで切断
- (3) フィンチューブと同じ径の削り出し管を突合せ溶接（一部酸洗）
- (4) ヘッド管を酸洗して、現状の管寄せにフィンチューブを差し込み溶接した。

これらは、10日間で水圧試験も含めて完全復旧された。しかし、前述の懸念通り、12月16日の前期試験終了の温度降下時、補修部とは異なるところの管寄せにリークが発生した。

今度ばかりは補修のできる状態ではなかったので、欠陥部の管を切断し、盲栓溶接にて間に合せた。また、同型品の新品購入手配もなされた。

このリーク事故による委託運転のデスタターはほとんどなかった。

2) 冷却器（過冷却器、電導度計用冷却器）

委託本試験に入った11月8日以降、運転中に補給水（150~200kg/H）をどんどん供給しても復水タンクのレベルが低下するという異常事態が2回程あった。

1回目（11月16日）はSG安全弁（次項で示す）のリーク等が重なりあって起っており、かつ液位減少の原因を究明している間に復水タンクレベルが回復するなど、運転に差しかえることがなかった。そのままになってしまった。ところが、11月29日になって再び復水タンクのレベル低下が著しくなり、運転継続が難しい状況となった。そこで、細部にわたって徹底的にもれの有無をチェックした。特に冷却器は運転中ながら冷却水を停止させ、もれの有無を調べた結果、過冷却器と電導度計用冷却器に、冷却水側への温水もれが確認された。

そこで、いずれも応急措置として、運転を停止することなく、次の様な補修対策を講じた。

過冷却器は木栓打込みを、電導度計用冷却器は温水側に止水がなかったもので、苦肉の策として冷却水側の出口に止水弁を設け、冷却水の出入口弁閉によってリークを止めた。しかし、電導度計用冷却器はメイン水の電導度が測定できなくなると、いつまでもこのままにできないので同形状であるが、これまでの炭素鋼をステンレス鋼に変えたもので作り、12月16日から翌年1月15日にかけてのループ休止期間中に交換された。

5.6 水素など不純物の異常挙動

すでに5.1章で概要を述べたように、9月19日ナトリウム系にナトリウムがナ

ャージされてないとき、ITRに通水したら、ガスクロ、隔膜式水素計の異常上昇がみられた。

10月4日にはITRとして4回目の全系ナトリウムチャージが行われ、2回目のラプチャディスクの作動があったこととでも述べた。また、チャージ直後の不純物濃度（プラグインク温度）が異常に高かったこと、さらに10月17日にはラプチャディスク交換時、系内に異常なほどの不純物増加がみられたこと。これに伴い、10月23日に真空脱置試験を行っているが、リーク現象は認められなかったこと。しかし、系内不純物が多量に存在していることは現実であり、このための不純物対策を10月24日~28日にかけて行っていること。

この様に、ナトリウム施設ではちょっとした原因や不注意がその後の運転に大きく影響をおよぼすことが知られた。

また、11月12日には、再度、ガスクロ水素濃度の急激な上昇もみられた。

この様な現象や対策等は今後のナトリウム施設運転に役立つことが多いと考え以下に9月19日発生の水素計の異常挙動と、これとは別の角度から発生している10月4日以降の不純物の異常増加について紹介する。

1) 水素計の異常挙動

結論を先にいえば、いずれも系統温度（250℃以上での変化）の急変が原因であった。

水素濃度の異常上昇現象は2回にわたって起った。1回目は前述の様9月19日から20日にかけての通水時にこのときは水リークと間違われ、リーク試験がなされている。

第2回目は本格的な委託試験に入ってからすぐの11月12日に起っている。この時は2回目でもあり、簡単に原因もわかり、かつ対策もたてられた。

1回目は、これまであまりにもトラブル続きで精神的にまいっているところに、追打をかけるように、しかも二台の水素計が同時に上昇するなど、水リークと間違った断定をくだし、リーク確認試験まで行われた。

図33はその時の水素計の異常挙動を示したものである。ガスクロ指示が急激に上昇している。水リークの可能性ありと、SG隔離操作に入ってしまった。隔膜式水素計の指示も急激に上昇している。このため、ますます水リークの疑いがもたれ、翌21日には伝熱管にヘリウムガスを加圧ナトリウム側でHe検出を試みたが、まったく異常は認められなかった。

後になって判明したことであるが、これらの現象は次の様な操作によって起ったものと想像される。

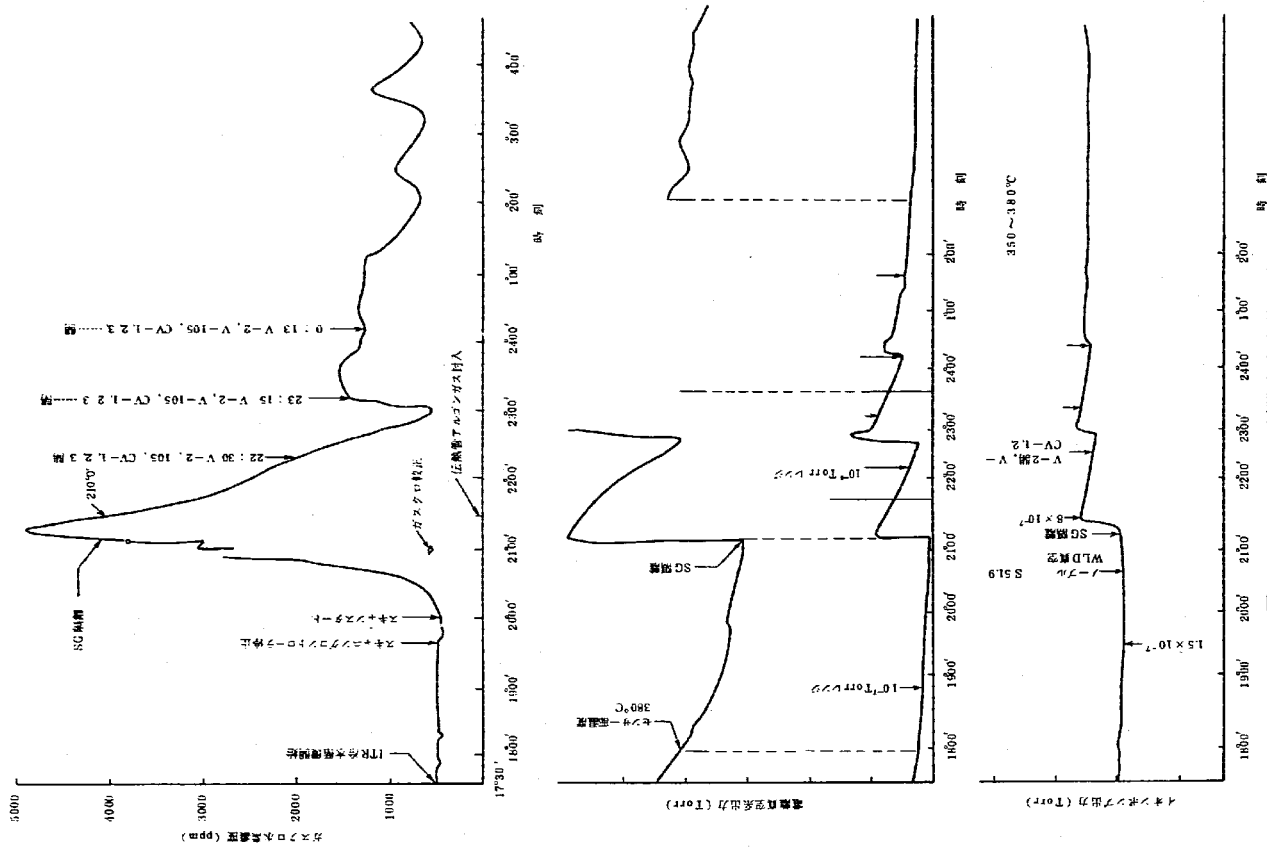


図 33 ガスクロと隔膜式水素計の挙動

予熱ヒータ系の予熱温度記録の際、誤ってスキヤニングコントローラを停止させてしまい、これに気づき起動した後に異常現象がみられている。このミス操作は、これまでであり、まいであったガスクロの異常挙動をあきらかにし得た点では不韌中の幸といえる。

すなわち、その後の試験で、図 3 4 と 3 5 に示したようにガスクロの指示に最も影響しそうな膨張タンクとガスクロ用ベーパートラップの予熱温度を上げてみたところ、ガスクロ指示は、それら温度に敏感に影響されていることがわかった。時に、ガスクロ用ベーパートラップはこれまで長い間使用していたものを Na 付着のまま再使用しているため、水素の吸着も多く、加熱によって水素の吐き出しが行われたものと考えられた。

このことから、これまではっきりしなかった図 3 6 の様なガスクロ指示の波打ち現象も、結局は予熱ヒータの ON、OFF によるものであることがわかった。これは特に、通常きれないナトリウムと接触することのないカバークラス系において、予熱ヒータの温度変動を拾い易いことを物語っている。

11月12日には Na-水の実験運転において、図 3 7 のようにガスクロ指示の急激上昇がみられた。このときは Na 中水素計、プライング計とも何ら異常が認められず、やはり予熱ヒータによるものと推測された。というのはこれと前後して、スキヤニングコントローラのデジタル温度指示計にフラツキ現象がみられ、温度指示が安定しないことがわかつてくる。また、膨張タンクの 3 分割ヒータのうち、最上部ヒータが入りっぱなしになり、この部分の温度が 55.9℃にも達していることがわかった。

これはスキヤニングコントローラの比較アンプの入力ケープル用差し込みプラグが接触不良を起し、その時点でヒータの OFF になっているものは OFF に、ON になっていたものは ON となりっぱなしとなり、通常 Na と接していない膨張タンク上部がたまたま ON 状態で、急激な温度上昇に至ったものである。

2) 不純物の異常増加

10月4日の異常プライング温度の上昇と10月17日のラプチャディスク交換時に系内に不純物が多くみられたこと、また前述の様にラプチャディスク部から空気が混入があったと予想されること、さらにはラプチャディスクが Na チャージ前に破損していたと思われることなど、真空リーク試験や不純物純化運転結果などから、それらを類推してみる。

後述内容を理解し易くするため、まず結論から先に述べると、前述の様に不純物は、R D-1 のラプチャディスクから吸込んだ空気が増加しており、それにはラプチャディスク破損が Na チャージ前であったとするのが自然なことである。

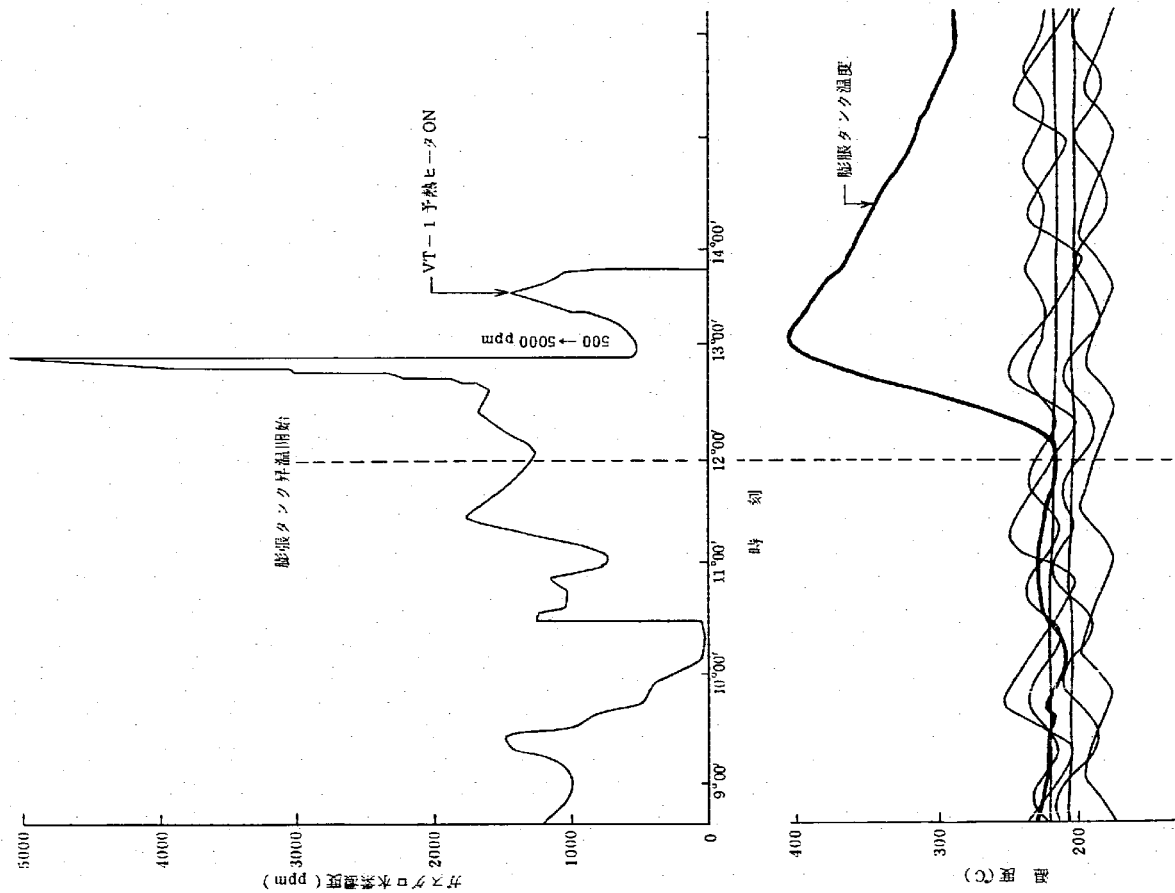


図 34 膨張タンク温度とガスクロ指示の関係

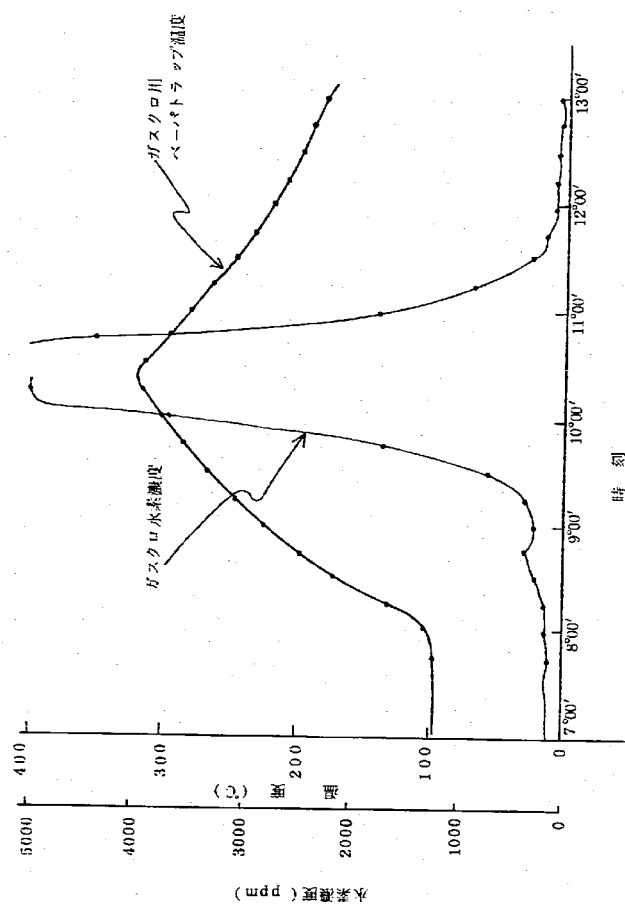


図 35 ガスクロ用ペーパトラップ温度とガスクロ指示の関係

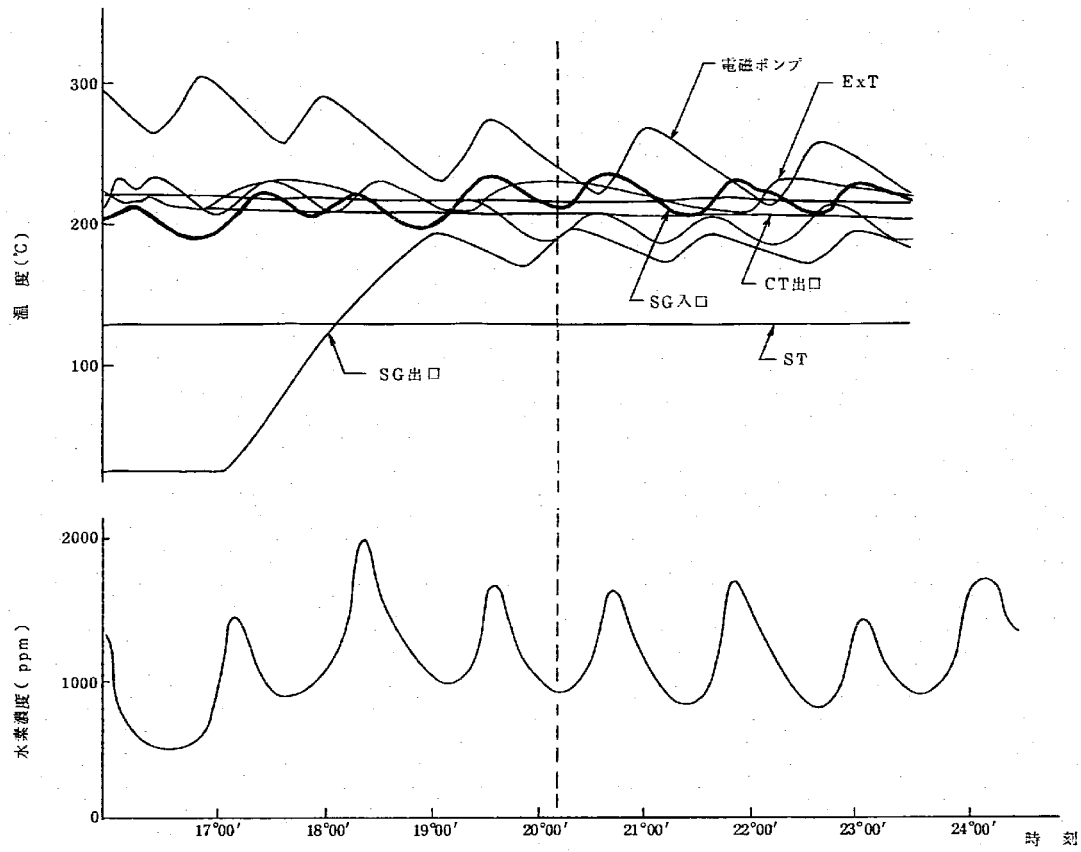


図 36 ガスクロ指示と系統予熱温度の波打現象

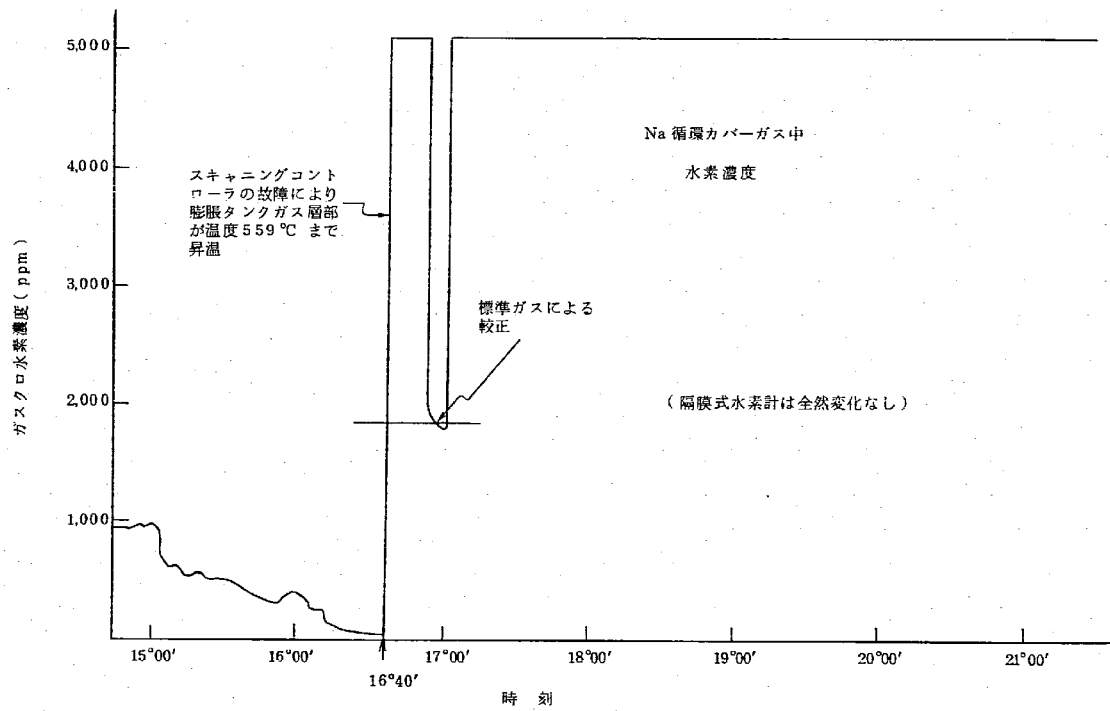


図 37 ナトリウム-水蒸気結合運転でのガスクロの挙動

これを要付けるものとして、(1)ラプチャディスクRDR-1以外の系統にはリークのないことを確認する。(2)不純物を把握し、この量からどの程度の空気配入がみられ、そのリーク時間と規模はRDR-1として妥当なものか推測してみる。

図38と39は2回目のラプチャディスク交換後のナトリウム系における真空排気特性と真空放置特性をそれぞれ示したもので、いずれも問題になるような傾向は見られていない。ということは、10月4日のブラギングの異常温度上昇、および10月17日にみられた系内不純物の増加原因はRDR-1からの空気吸込み以外には考えられないことになる。

次に、10月24日から30日にかけて行ったナトリウム純化試験のデータから不純物の増加量を調べてみる。

図40はコールドトラップ閉塞問題为避免のため、ナトリウムのチャージ、ドレンによってループ内不純物をストレージタンクへ落すことを試みたものである。すなわち、ストレージタンクのナトリウム温度を低く抑えて、これをループにチャージし、不純物の溶け出し易い温度（ここでは350℃）までナトリウムを昇温、さらに循環させ、ブラギング温度が高くなったところで高温ドレンを行ったわけである。

1回目はナトリウムチャージ温度130℃でブラギング温度も未飽和状態と思われる、300℃でドレンされた。2回目は1回目の高温ドレンによりストレージタンクの温度が高くなったが、それでも200℃でチャージすることができ、しかもブラギングは飽和状態とみられる290℃でドレンされた。3回目はナトリウム温度213℃でチャージ、ドレンブラギング温度は255℃であった。4回目は1日おいての試験でチャージ温度が、180℃となり、ドレンは213℃であった。

以上4回のナトリウムチャージは不純物増加を極力抑える意味から、いずれも加圧チャージ方式がとられた。

これまでの操作でループ内不純物は大部分がストレージタンクへ落すことができたと考えられたので、5回目のチャージはナトリウム純化後直ちに特性試験に入れるよう真空チャージがとられた。

図41に5回目チャージ後の純化運転記録を示した。これまではブラギング計に二重ブレーク現象はみられなかったが、コールドトラップ運転と同時にその現象が現われている。これはコールドトラップ中の二重ブレーク物質が一端吐き出されたものと解釈できる。その後はコールドトラップ温度の低下とともに二重ブレーク物質も低下している。

しかし、通常問題にされる酸化物（二重ブレーク時の第2ブレーク点）はこれまでのチ

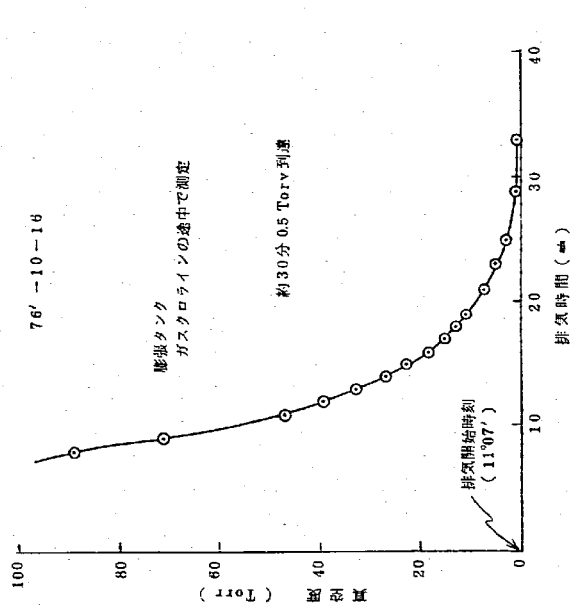


図38 ITR装置の真空ポンプによる排気特性

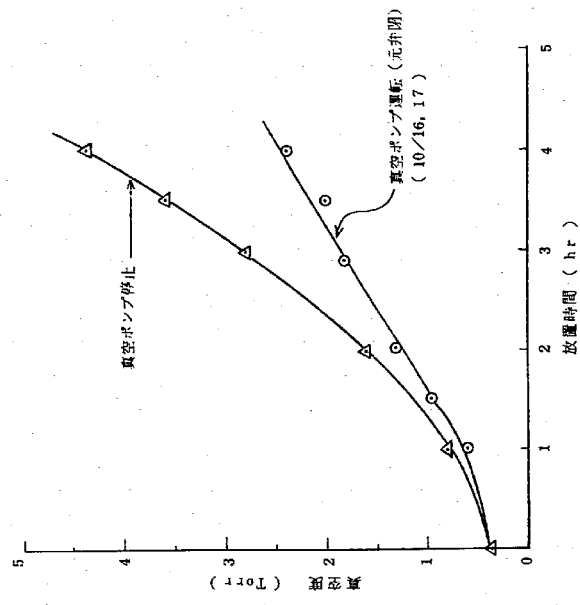


図39 ITR試験施設 (Na系) の真空劣化特性

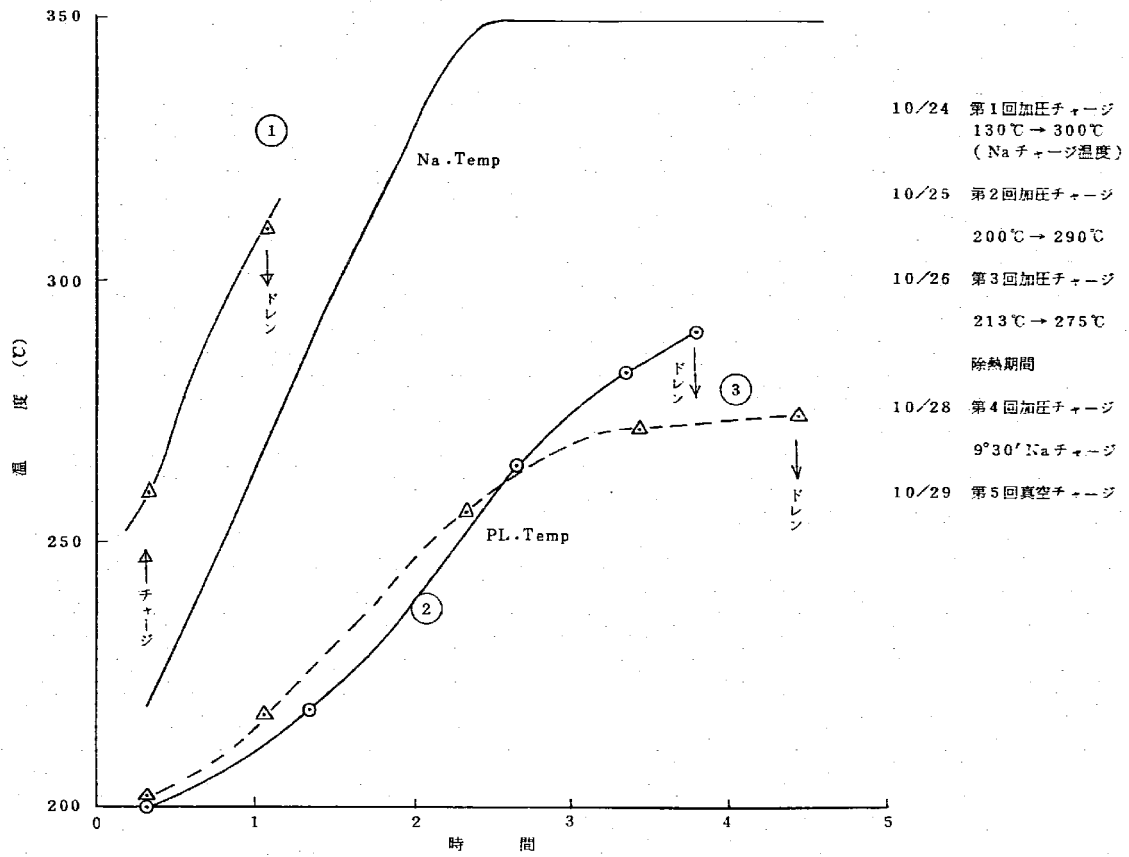


図40 Na系の汚染度合確認試験

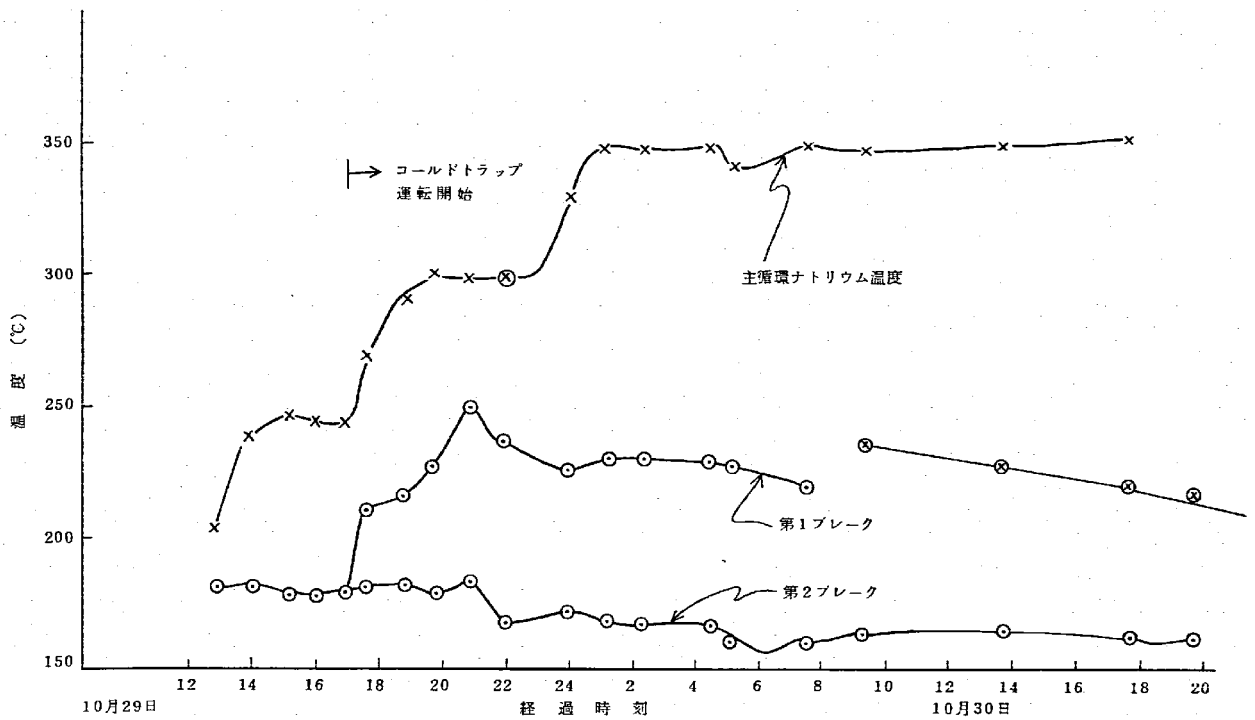


図41 Na純化運転記録

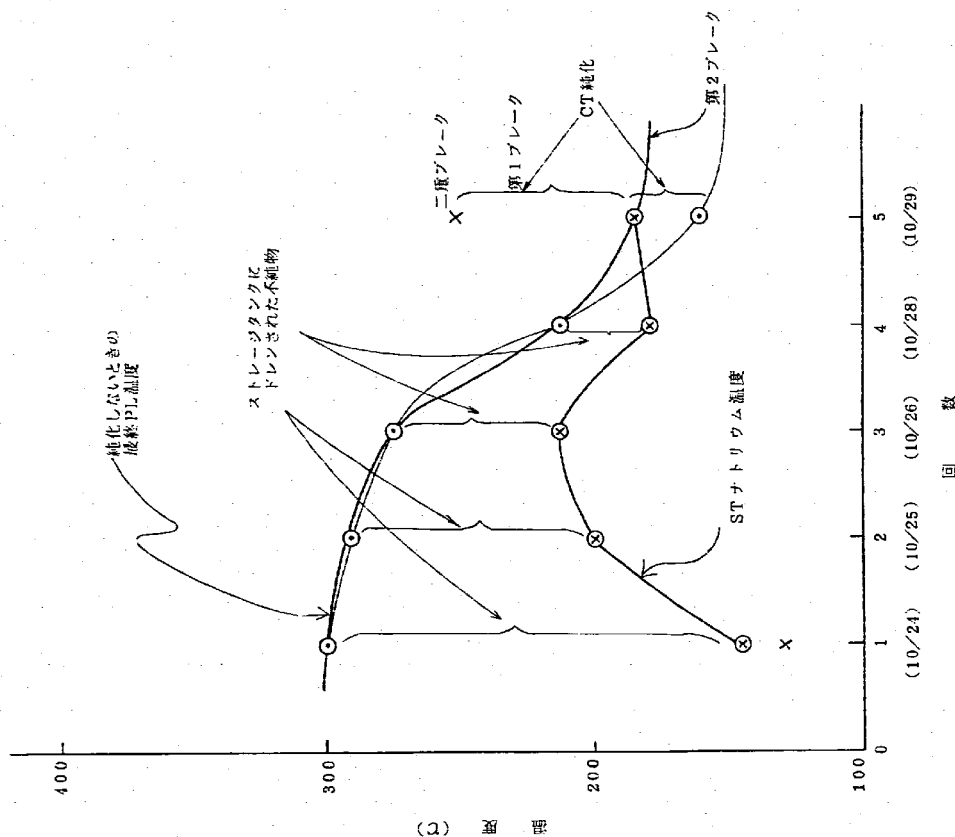


図 4.2 Na チャージとドレン時のブラギング温度変化幅

チャージ・ドレン操作によってほとんどループ系から除去されていることがわかった。

図 4.2 はこれまでの不純物除去対策の経過をブラギング温度の変化形で示したもので、これから、どれだけ不純物がストレージタンクに落されたのか、次の横にして概を見当がつく。

第 1 回目	145℃	= 2.5 ppm	300℃	= 9.3 ppm	差 90.5
第 2 回目	200	= 11.5	290	= 7.6	64.5
第 3 回目	213	= 15.5	275	= 5.7	41.5
第 4 回目	180	= 6.7	213	= 15.5	8.8
					205.3

$$1.8 \text{ トン (ループの Na 量)} \times 10^{-6} \times 2053 \times 10^{-6} = 3709 \text{ (O}_2\text{)}$$

これを室温 30℃ の空気として換算すると約 1.4 m³ の空気が必要となる。この空気の吸入経路は、すでに述べている様に、RD-1 のリーク検知プラグの取付ネジ部からであり、そして吸入が起る前提条件として、そのラプチャディスクの破綻後が考えられる。

また、5.3 章で述べたように 10 月 4 日のナトリウムチャージ時、RD-1 には何ら反転座屈を起すに至るような原因が印加されていない。したがって、これ以前 (9 月 29 日の WLD 耐圧試験時) にすでにラプチャディスクは破綻しており、Na チャージのミス操作 (チャージ中真空ポンプ停止) が重なって、より多くの不純物生成となったと考えられる。因みに、先の空気吸入量 1.4 m³ が真空引き開始から、チャージ終了の大気に戻すまでの時間 (200 分間) にすべて酸化物化したと考えると、リーク率は 1400/200 = 7 L/min となり、プラグねじからの漏れ込みとしては受当な値となる。

5.7 計装弁の不具合

すでに第 3 章であきらかにした様に ITR 本体およびその廻りには計装用として数多くの差圧、圧力等の導圧管が付設されているが、これら導圧管すべてに計器を取付けた場合、おびただしい数となるため、表 1.2 の計装弁一覧表に示す如く、沢山のバルブによって系統切替えを行い、最小の計器数で測定を満足できるようにしている。

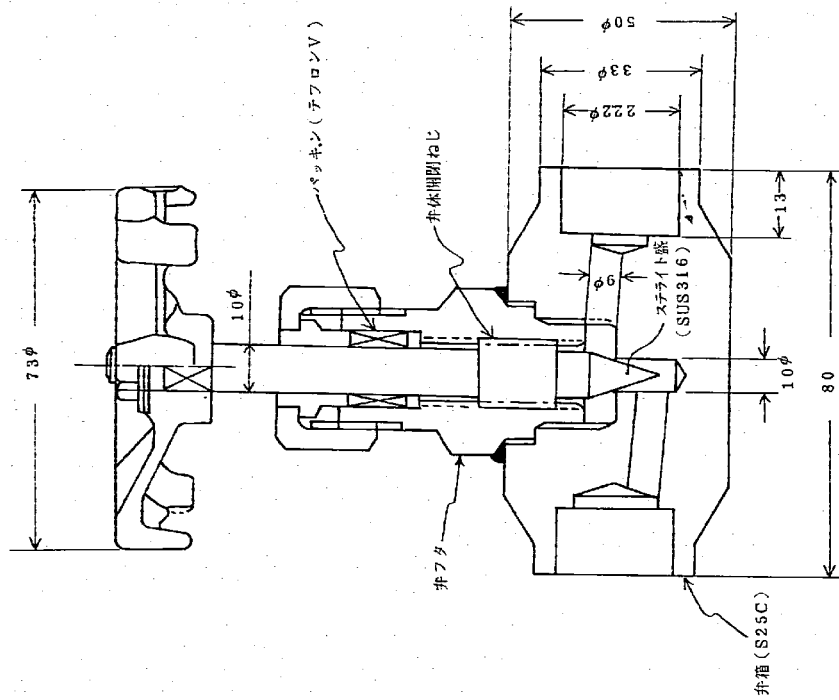
この系統切替え用バルブとしては図 4.3 に示す構造のバルブが使用されている。これらバルブは運転中であっても流体を流すことがないため、設計温度 100℃ と低温仕様のバルブが用いられている。

しかし、実際は系統切替えがひんぱんに行われたり、次に示す様なバルブ構造のまささから、数多くの弁座あるいはグラインドリークの発生があった。

表 1 2 計装弁一覧表

計 器 名	付属する水系導圧管小型弁	個 数
DPT-1	V-110~V-113 V-124 V-163 V-164	6
DPT-2	V-161 V-162	2
DPT-3	V-118 V-25~V-128 V-165 V-166	28
DPT-4	V-119 V-129~V-132 V-167 V-168	
DPT-5	V-120 V-133~V-136 V-169 V-170	
DPT-6	V-114~V-117 V-121 V-149 V-150	
FT-3	V-159 V-160	6
FT-4	V-151 V-152	
FT-6	V-153 V-154	

計42



設計温度 : 100℃
設計圧力 : 170kg/cm²
流 体 : 水

表 1 3 断線ヒューズ交換表

SCNo	MCNo	場 所	原 因	対 策
63	312	電磁流量計 1 外装	劣化	交換
102	365	SGDレン配管	劣化	交換
107	370	ExPT入口配管 3/4B	劣化	交換
108	371	SKT～ECO間の配管 3/4B	劣化	交換
110	373	ECO出口配管	劣化	交換
111	374	C/Tドレン配管 3/4B	劣化	交換
113	376	PL計出口配管 3/4B	劣化	交換
114	377	PL計ドレン配管 3/4B	劣化	交換
115	378	PL計ドレン配管 3/4B	劣化	交換

(1) 低温仕様が炭素鋼が使用されており、通常流体が流れないなどから錆びが発生し易く、軟質のためゴミキズ等によわい。

(2) 弁体と弁座が1体構造で、しかも閉閉用ねじが弁蓋内部に置かれているため、弁座の当り面が常に一定であること、および偏心などに対して剛の構造である。

以上の理由により、ナトリウム-水蒸気の結合運転に入った11月2日以降、かなりの数のバルブにリークが発見された。

11月18日～20日にかけて全数分解点検した結果でも、弁座の片当りのものが約9割もあり、また、弁座部分や弁箱には配管溶接後の酸化被膜の様なものが多く付着していた。

当面のリーク対策としては、全数スリ合せを行ない、もれの大きいものは弁箱をステンレス製に交換、あるいはダブル弁とすることで急場をしのいだ。

12月16日から1月15日のループ休止期間には、新たに高温仕様のバルブを増設するとともに、伝熱管切替時の暖管用バルブ等も付設するなど、計装弁に問題が起らないようにした。

以上の経験から、今後への提言は次の様に要約される。

- (1) 低温使用の計装弁たりとも、高温仕様のバルブを用いる。
- (2) 弁棒と弁体は偏心が生じても問題ない構造のものとす。
- (3) 建設後の系統フラッシングを十分行う。
- (4) 導圧管系は通常流動がないため腐食生成物が吸着し易いので、できれば腐食の少ない材質とする。

5.8 電気・計装設備の故障

1MWSG施設は運転開始以来6年が経過しているとはいえ、電気、計装関係の設備に数多くの故障が目立った。

特に、予熱ヒータは出力密度が平均して3Watt/cm²と大きいせいとか、劣化によると思われる断線が多くみられた。

表13に断線ヒータの一覧表を示した。これで見られるように、通常Na流動のないドレン系に断線が多い。また、表中、SCNo110や113の様に出口配管と表示されているのは実際はドレンヒータと共通配線され、やはりドレン側で断線しているものであった。

この様に、ドレン系ヒータに断線事故が多く目立ったのは、ヒータの出力密度が大きすぎるのと、常にNa流動がないためヒータのON、OFF回数が多いことによる劣化現象によ

るものと考えられた。

その他の計器については以下に示す様にたいした故障ではなく、多くは増巾器に使用されているダイオードの劣化や環境調整によって生ずる接触不良等が主な原因となっていた。

故 障 状 況	原 因
PZ計流量指示不良	増算器不良
ITR伝熱管A管管壁温度 TESA-1a, TNO 出力低下	TNOの短絡破損
補給水系入口電導度計の指示不良	電導度計制御抵抗体の不良
液面制御タンク (LE1-5) の設定値異常の為GV-7の電磁弁及びANNX-1が誤動作	液面計の不良
液面制御タンク (LE1-2) 動作不良	直流増巾器の不良
ガスクロ流量指示不良	フロートが粘着性をもっていた。
カバ-ガス供給流量指示不良	GV-4-2ライン締めりの調整不良
炉過水タンクフロートスイッチ 作動不良	ダイヤフラム式スイッチのため動作点がタンクガス圧に左右された。
AGH-7A型、プロセスガスクロマトグラフ、キャリアガスフローが出ない為、中に指示値が出ない。	6ポートバルブの切替不良 モータ作動用ピンの欠損
予熱制御用スキヤニングコントローラ 指示値不安定	アンプ端子の接触不良
WLD系, ION-7, PR-816指示不良	フィラメント部コネクタ-破損
WLD系, ノープルポンプ指示不良 現場-中調指示, Iケタ誤差	レンジ切替つまみの押えネジの弛み。

故 障 状 況	原 因
温度記録計, SQ温度D) 指示不良	打点番号と入力番号が異っていた。 定検時の取付がまちがった。
PH計指示不良 (SQ入口 補給水)	アンプ不良
水系温度記録計 (TR-5) 指示不良	レンジ切替用マイクログススイッチの不良
主給水ポンプ回転数上昇せず	V S モーターのダイオード劣化
Nap 電圧上昇	検波増巾回路に使用している直流AMPの故障
V-812, V-815 自動制御不良	設定器不良
ヒータ断線 SCNo. 63, 102, 107, 108, 111, 113, 114, 115	劣化 詳細は表6-1に示す。

表 1 4 採取データの予定と実績の対出表

項 目	契約ケース数		実 績		計
		計	詳細項目	実績数	
静 特 性 試 験	45		加熱相流	8	46
			I T R性能	5	
			伝熱流動	30	
			DNBクオリティ	(26)	
			経時変化	3	
不 安 定 試 験	70	155	静的不安定	21	82
			もんじゅ条件	3	
			パラメータ効果	30	
			人口絞り効果	14	
			3本並列管	9	
動 特 性	25		空間分布	5	11
			ステップ応答	9	
			事故模擬	2	
			局所DNB クオリティ分布	26	
			温度変動	(16)	
D N B	15				26

6 試験経過とその成果

委託試験の正味期間は前述の様な不具合から前期が11月8日から12月15日までの38日間、後期が翌年1月25日から3月18日までの52日間で、合計90日間であった。ただし、この間にも多少のトラブル発生（主に計器関係）があり、試験が満足に行えなかったなどから、正味試験日数では80日程度であったと考えられる。

この間に、表14に示したような各種試験を消化し、予定試験ケースを多少オーバーバして全日程を無事終了した。

1) 試験経過

11月8日以降の試験経過は次の通りであった。

- | | | | |
|-----|---------|--------|--------------------------|
| 第1週 | 11月 8日～ | 12日 | 水相相流 (PRJN3111~3552) 試験 |
| 2 | 11月15日～ | 20日 | I T R性能試験、静的安定性試験 |
| 3 | 11月21日～ | 27日 | I T R性能試験、静的安定性試験 |
| 4 | 11月29日～ | 12月 4日 | 伝熱流動試験、DNB試験 |
| 5 | 12月 5日～ | 11日 | DNB試験、不安定試験 |
| 6 | 12月12日～ | 18日 | 安定性試験、DNB試験 |
| 7 | 12月24日～ | 29日 | 経時変化試験 |
| 8 | 1月30日～ | 2月 5日 | 安定性試験 (パラメータ効果、絞り効果評価) |
| 9 | 2月 6日～ | 2月13日 | 安定性試験 |
| 10 | 2月13日～ | 19日 | 安定性試験 (Na入口温度、熱負荷の影響) |
| 11 | 2月20日～ | 26日 | 安定性試験 (絞り効果評価) |
| 12 | 2月27日～ | 3月 5日 | 安定性試験、DNB試験 |
| 13 | 3月 6日～ | 12日 | DNB試験 |
| 14 | 3月12日～ | 19日 | 伝熱流動試験、安定性、DNB追加試験、動特性試験 |

以上の結果は現在、鋭意、解析中であり近々報告予定である。

2) 成果

ここでは第7章で述べる改造計画に直接関係する。DNB点の温度変動データの一部を紹介するにとどめる。

(1) 管壁温度計測用川接地型熱電対の指示について

- ① 各熱電対の特性差（主に感温部の溶接不良の相違）が無視できないことがわかった。
 ② ①とも関連するが、Na側の流動条件が熱電対指示に相当影響を与えている様である。
 ③ ヘリカルコイルの局部的DNBの発生機構の追求は、方法の確立さえすれば十分可能なことがわかった。

次章にて述べるITR改造計画は、上記結果の反映のもとに行われるものである。

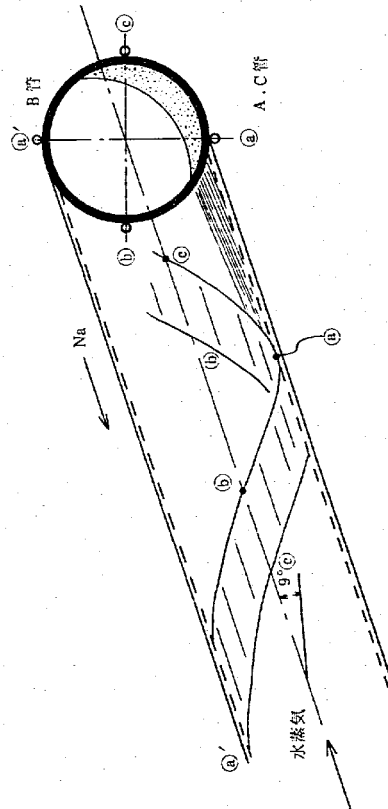
(2) 管壁温度振動について

図4.4, 4.5に採取データの一つ例を示したが、これから次のことがいえる。

- ① DNB機構を充分反映した温度データが得られた。
 ② 圧力パラメータによる影響が読みとれる。

(3) 局所DNBクォリティ分布

図4.6, 4.7であらかじめように伝熱管の周方向によってDNB発生時間が相違することがわかった。



すなわち、上図において、Na温度の微小降下に伴い、C管(2000φ)はb→a→cと管壁温度変動点が移動するが、800φ管の伝熱管上面に熱電対を有するB管はa→c→bと温度変動点が移動すると予想されるなど、2000φと800φとは遠心力による相違がみられる様である。

3) その他

委託運転の一環として、次の様なデータも採取された。ただし、採取時期は主にNa-

水蒸気結合運転が開始された11月4日以降、3月19日までの期間である。

採取内容は(1)運転実績表の作成(運転経過が十分把握できるものとした)(2)ナトリウム純化及び水リーク検出系の挙動データ(データ表とグラフの作成)(3)主要運転経過データの採取とグラフの作成(SG入口Na温度, Na流量給水温度, 蒸気温度, 給水流量, 蒸気圧力等が一目でわかる様なグラフを作成した)。(4)ループ異常時その挙動が一目わかる様なグラフおよび運転経過の纏めを行った。(5)水質管理表を作成した。(クラッド表はアルバム方式、電導度, pHおよび補給水系の運転系統さらには毎日一回の鉄分, ヒドラジン濃度の手分析等の記録集収も行われた。

その他、監視能計器(各種レコーダ)記録チャートの整理等も行われた。さらには試験データとしてミニコン入力192点及び6ペンレコーダ5台、データレコーダ(13チャネル)における各種過渡データなど、各試験において欠くべからざるデータ類はすべて採取された。これらデータはその後の詳細解析に有効に活用されつつあり、もんじゅへの反映がなされる。

また、以上の多くのデータ類は現在進めている解析に引用し、紹介されつつあるので、ここではそれらの報告を割した。

試験番号	DNBT3111C (参考)		
蒸気圧力	130 atg	熱負荷	
試験条件	給水流速 Na 流量 給水温度 Na入口温度	770kg/11 11400kg/11 215℃ 470℃	クォリティー 伝熱管 C (2000φ)

76. 12. 6 施行

60 sec

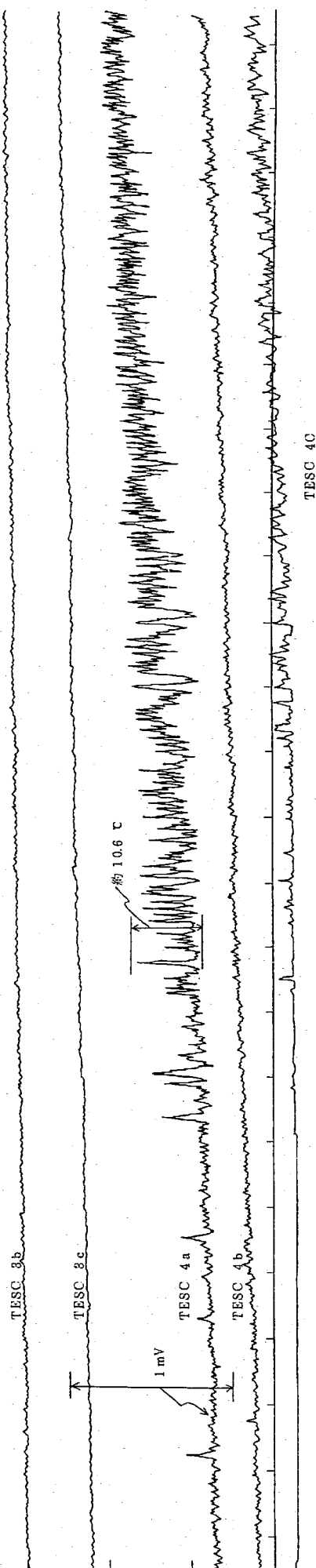


図 44 圧力 130 atg における管壁温度変動データ

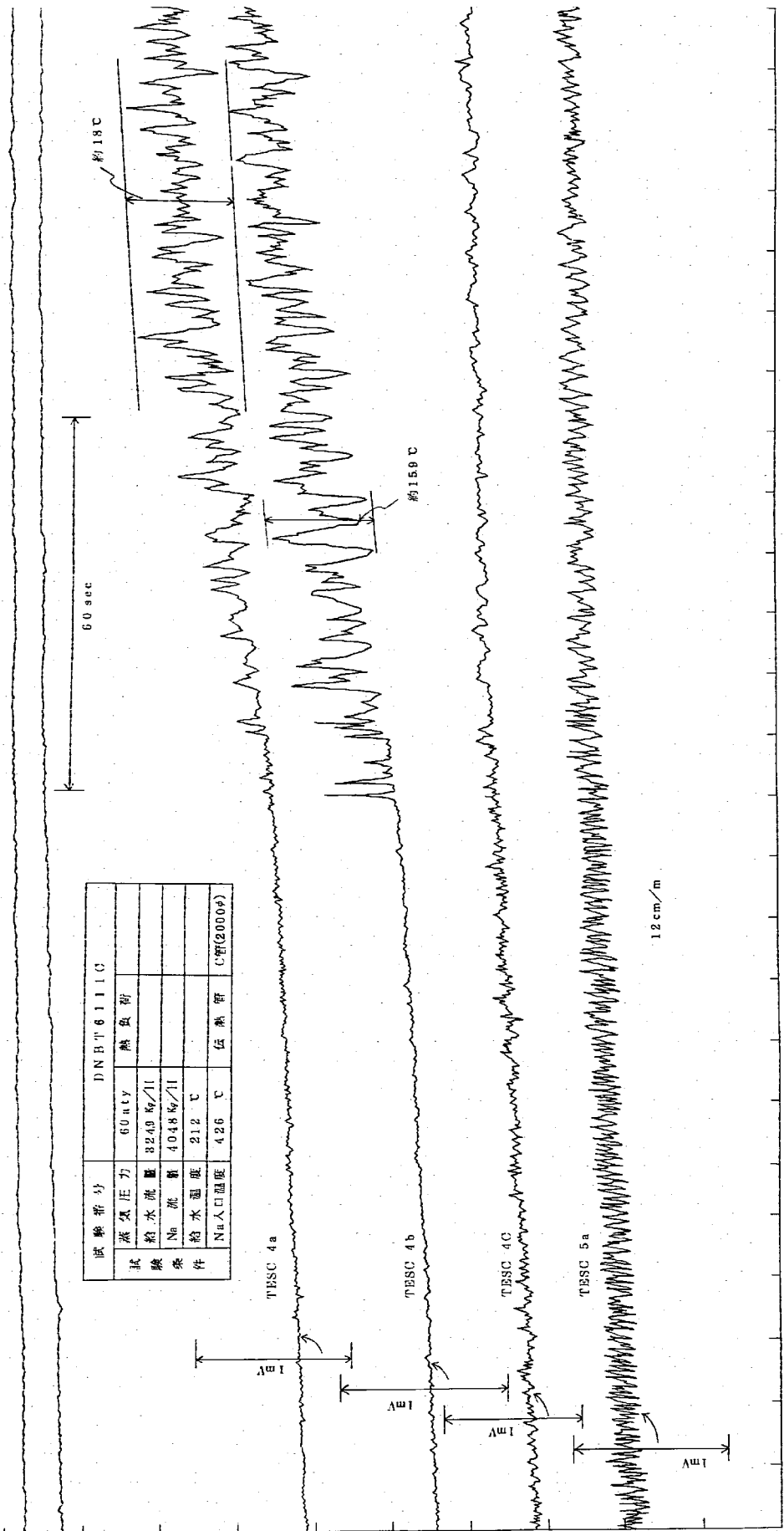


図45 圧力60 atgにおける管壁温度変動データ

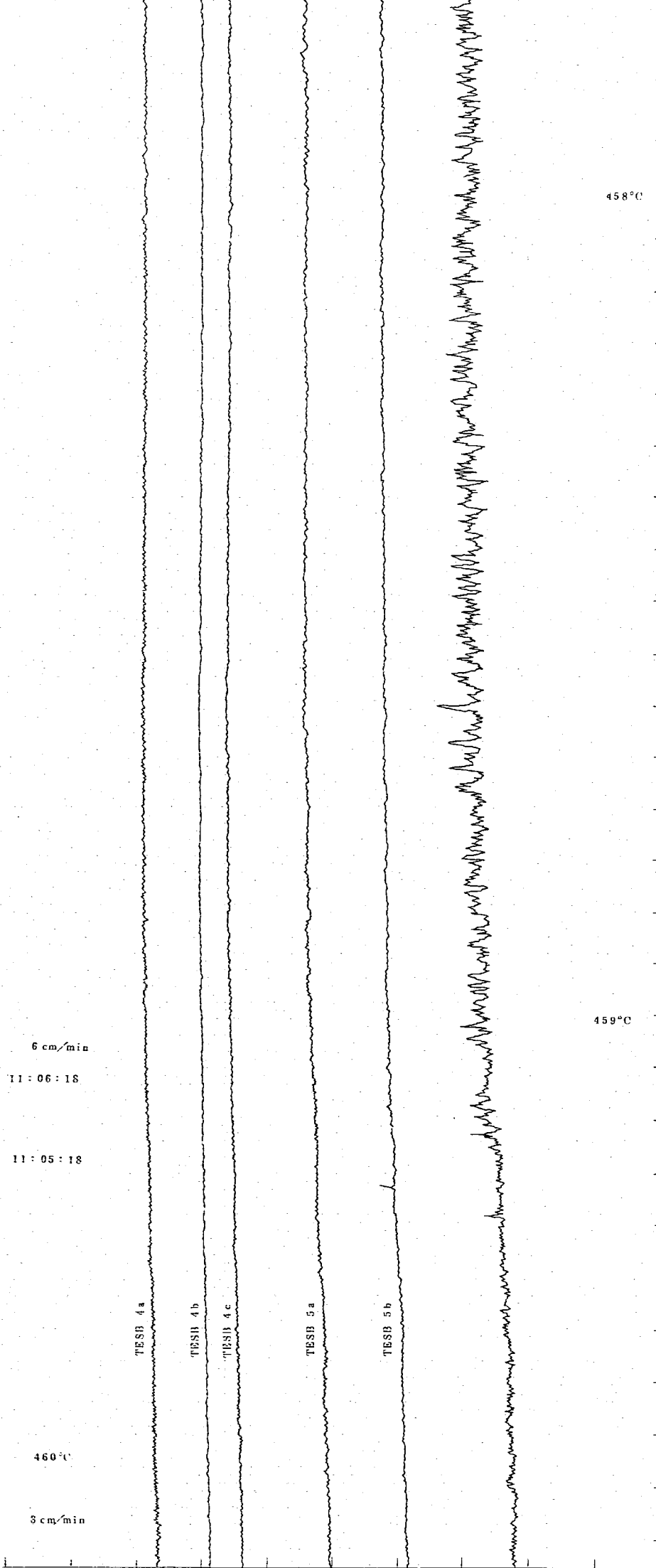
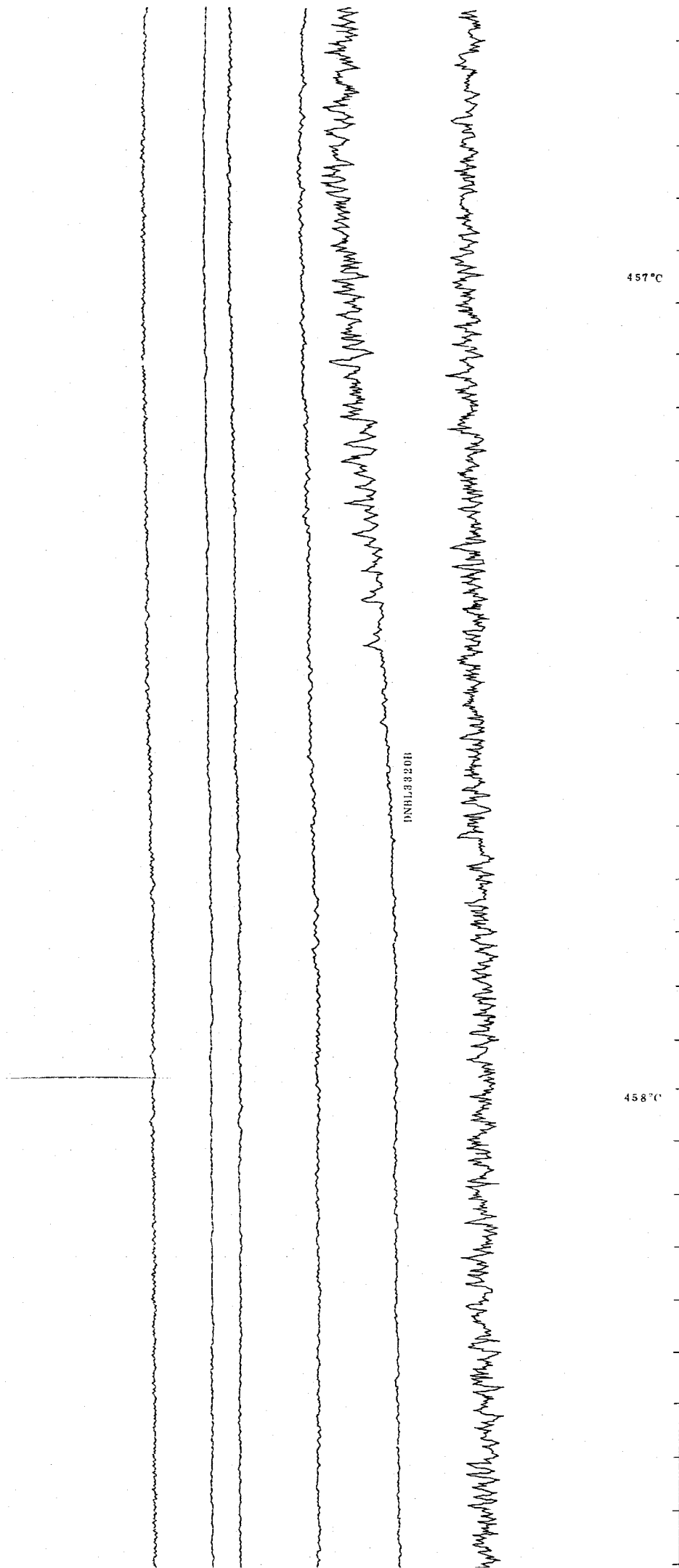


図4.6 800 ϕ (B) 管における周方向の移相遅れデータ



300 φ (B) 管における周方向の移相遅れデータ

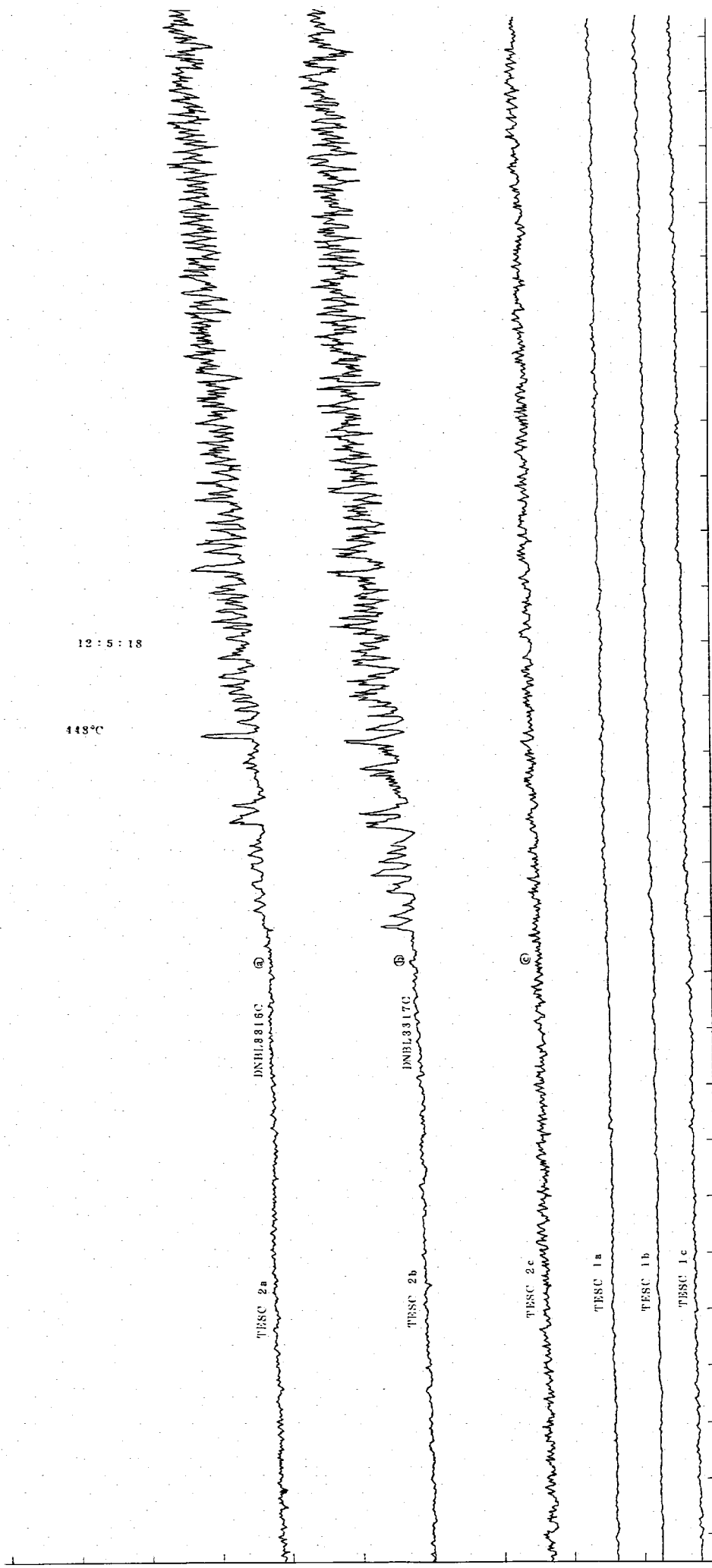


図 4 7 2000φ(C) 管における周方向の移相遅れデータ

7 装置の改造計画

1 MW SQ施設はこれまでもそうであったが、今回の運転を前にして施設の不具合が数多く指摘され、また昭和52年8月1日付をもって1 MW試験系の組立そのものなくなり50 MW試験室と統合されたなど、不安定な面（今回の様に50 MW施設とのパラ運転が困難）もあるが、小規模ながら水蒸気とナトリウムの前ループをもち、トラブルでもなければ非常に使いやすくてよい施設である。

SQの研究はまだまだ材料、構造、安全系などで未知の面が多く、これらの施設を有効に利用する必要がある。その第1にはDNB点の詳細計画があり、第2として管々板の熱衝撃試験など、いずれもナトリウムと水蒸気両系統が必要となる。これらは大規模施設を要しないことから、1 MWが適当な試験施設といえる。

以下、1 TR本体改造を主体に施設改造の要点を紹介する。

7.1 1 TR 本体改造

DNB点については前章で述べたように伝熱管の周方向ならびに軸方向に帯状の極めて温度変動幅の大きい領域が存在すると予想されるが、伝熱管の材料疲労を究明する上で、その帯状の分布、変動幅、周期、抑止法があればその方法など、運転条件との因果関係を明確にできるようにしていきたい。

今考えられている改造方法とその問題点にふれてみたい。

- (1) ナトリウム側の流動条件によって影響されないよう熱電対は伝熱管壁中にうめ込む（可能ならば内管腔温度を測定できるようにするのが理想的であるが、熱電対取出し法が難しい）
 - (2) 熱電対は可能な限り細い方が望ましいが、耐久性に問題があると思われるので、予備試験としてナトリウム中試験を行い、その結果から決定する。
 - (3) 温度変動分布（帯状分布）を測定するためには局部的に熱電対を密に取付ける必要があるが、技術的に困難が伴う。
 - (4) 運転条件の変動等によって帯状温度変動域の移動割合などについても、あらかじめできるようにし、局所熱応力評価を可能なものにする必要がある。
- 以上の様な計画を可能にするためには、次の様な問題を作うことも予想される。
- (1) 熱電対挿入孔の隙間腐食とこの孔から発展する可能性のある応力腐食割れ

- (2) 多数の熱電対をナトリウム管より引き出す必要があるが、その耐腐蝕の問題
- (3) 薄肉 (3.2 mm) 伝熱管に熱電対を挿入するための挿入孔の孔あけ技術。
- ただし、以上の様な問題は予備テストセクションの製作とそのナトリウム中確性試験により、ほぼ技術確立されつつある。
- その他、考慮の必要なものとしては
- (1) 現在コイル径 2000 φ のみの改造が考えられているが、コイル径の違いにより、DN 分布が異なる。
- (2) DNB 点近傍の温度振動は必ずしも DNB 点との対応とはならず、クウォリティ 1 以上でも大きな振動を起す場合がある。これは主蒸気流中に液滴が存在し、その管壁衝突によるものと解釈される。
- (3) (2) に伴い、管壁温度振動は極めて広い範囲で起るものと思われ、計測上の配慮が必要。

7.2 施設の改造

(1) 給水ポンプ

現在使用されているポンプは高低圧バルブが横置きであること、パッキンが高温にさらされていること。プラランジヤが三連で脈動が非常に大きいことなど、耐久性の面や、DN B 試験用として脈動が問題になることから、ITR 用としては好しくない。そこで、タービンポンプとの交換も考えられたが、高圧 (170 kg/cm²)、低流量 (2 ton/H) のポンプは市販されておらず、やむを得ず、前述問題が解決できるような 5 連プラランジヤ型ポンプとの交換が考えられている。

(2) コールドトラップ

1 MW 施設のコールドトラップはトラップ装置本体の構造およびエコノマイザとの組合せ構成、さらには SG の初期汚染 Na (プラギング計で二重ブレードとして視測される物質) の純化運転手法のまずさから、これまでに 10 数台におよぶ交換工事がなされている。

これらの工事費用は本体費用もさることながら、配管作業ならびに保温や予熱ヒータなどを含む交換費は莫大なものとなっている。また、工事中は試験が行えないなど、目に見えないものまで考え合せるとはかり知れない損失となっているであろう。

そこでこの際、今後の試験計画等も加味し、長期的に安心して純化運転が可能なる、コールドトラップ装置を付設改造していくとするとするものである。

(3) 純水装置

純水装置は施設保有水 5.2 m³ に対して 150 kg/H と非常に容量が小さく、水系の初期

クリーニングの純水を多量に使うとき、ひんばんな再生作業 (手動) と満水作業とにかなりの回数と手間がかかる。

そこで、容量を大きくし、しかも自動再生式として省力化をはかることにした。

(4) ドレン弁

1 MW 施設の様に液上げ系をもたないループにおいてドレン弁のリークは致命的である。しかし、Na 弁は弁座リークを起さず、長期的に安心して使用できるものがないのも現実である。ごたぶんにもれず本施設の Na 弁もドレン弁ばかりでなく、SG の隔離弁まで、かなりの弁座リークが生ずるものとなっていた。このため、通常運転では安全性を犠牲にして、ストレージタンクにガス圧 (1.5 ~ 2 kg/cm²) をかけ、ヘッド圧とバランスをとる様な運転をしていた。この様なことは緊急ドレンが必要になった場合に好しくない結果となる。

このため、弁座リークのある弁のオーバーホールと再リークのことを考えて Na 液上げ系を付設しておくのが望ましい。

(5) 予熱ヒータ

予熱ヒータ (特にドレン系) は 5.8 章にてあきらかなように、約半年間という短期運転にもかかわらず、数多くの断線事故が生じた。これらの交換工事は運転中に行われ、その作業性の悪さや、手持予備ヒータに限りがあり断線部ヒータの仕様として適切さを欠くなど、これとシリーズに使用されている他のヒータの断線につながる可能性も大きい。

このため、今回断線の多かったドレン系ヒータを一新し、新しいものとの交換工事を考えている。

(6) 水リーク検出器

今回断線事故のあった WLD 系は試作品であったことから、多少系統のまずさ (非常に配管系が長く移送遅れ時間が大きい) があったが、しかし、初期の目的は達せられたといえる。また、本系統の真空計はイオンポンプの電流から真空度を計測する方式となっているが、電極の劣化などから、ポンプの交換時期でもある。

これらは真空系の部分交換のみで使用継続は可能であるが、近年、F B R 安全性試験室の手でより秀れた WLD の開発が進められ、試作化されたためこれと一体交換されることが考えられている。

(7) 制御バルブ系

I T R 本体側りの流量調節弁は予算との関係から支給品が利用され、中でも N a 系は調節弁の代りに通断弁が取付けられ、水系においても手動弁を用いているなど、運転中 S G 系への立入り操作が余儀なくされ、しかも弁体の構造から調整そのものも困難をきわめている。

この様に運転中 S G 系に立入ることは安全上好しくないもので、ひいては省力化にもつなげられる遠隔コントロール弁にすることが望まれる。

(8) 計装

I T R 本体付の各種差圧計、流量計はすでに 5.8 章でもふれたように、系統のバルブ切替えにより 1 台のトランスミッタで 2 ～ 3 個所の計測を行うようにしている。

これに伴い、①計装弁の耐久性に問題があったこと。② S G 系立入りのための安全性とともに操作性にも問題があったこと。③計測点の把握が常に必要なことなど非常に運転性を困難なものにしていた。

これらの問題を解消するにわ、可能な限り 1 計測点に 1 台の計装設備を設けるのが望ましいといえる。

(9) 遠隔監視設備

1 MW と 5.0 MW 施設とのパラ運転は今回の例にもみられるように人員の点からみても困難が予想される。しかし、前述の様な施設改造がなされ、さらに以下の様な遠隔監視システムの導入を行えば、それも可能と考えられる。

なぜなら、最近のコンピュータシステムの飛躍的向上により、二施設を一個御室で運転監視することはさして困難なものでもなくなっているからである。

すなわち、今回の多くの不具合経験を土台に、これら問題点の解決を図り、まず 1 MW 施設を安定した装置とする。次に運転試験は小數精鋭による自動者の編成で起動停止、各種試験を行う。夜間は流し運転として、監視のみを 5.0 MW 施設側で行えるようにする。当然水リーク系の監視等は 5.0 MW 施設側でできるようにしておき、万一水リーク事故等が発生した場合、停止操作も行える様にしておく。

その他関連機器は現状でも何か故障があった場合、安全確実に自動トリップされ、そのまま放置しても問題ないようになっている。

以上の様な各種改造計画の実行により、1 MW 施設を長期的に安定に R & D 計画に供与できることを期待する。

8 結 言

以上述べてきたように、不安定現象試験装置の建設から委託運転試験終了までの主に装置トラブル関係の全容について紹介した。

これら内容は装置建設から始まり、委託関係や装置の概要とその運転要領、試験計画、本報告の柱となっている装置不具合関係、あるいは試験経過とその成果、さらには今後の装置改造の要点など多岐にわたる内容を網羅した。このため繁雑なところがあるのは否めないが、それでも主体としてブラント技術のうち、今後ますます重要性の増すと予想されるメンテナンス技術（保守、補修）に重点をおき説明したつもりである。

これら得られた知見を(1)委託関係、(2)装置不具合関係、(3)今後の装置のあり方等の観点から要約すると以下の通りである。

1 MW 不安定現象試験装置は I T R 本体およびその廻り以外において、昭和 46 年 4 月の運転開始以来約 5 年半（昭和 51 年 9 月未現在）経過しており、多かれ少なかれ、トラブルの発生は覚悟されていたが、実際に起ったものは予想もされなかったことがほとんどであった。

これらうち、熱電対の不具合は装置完成の遅れとなり、凝縮器の漏洩事故や W L D（ニッケル隔膜式水リーク検出器）系のナトリウム閉塞事故はその補修ならびに導通作業に手間がかかり、その他の調整試験が疎かになったり、またラプチャディスクの反転は特に原因がつかめないと言うことで、関係者の精神的負担となった。しかし最終的には受託者の全面的協力を得て、予定試験数を多少オーバーバして試験を終了することができた。

この様に 1 MW 施設の委託運転は、結果だけを見ると大きな成功とみられる一方、運転以来 5 年を経過しているとはいえ、ナトリウム-水蒸気系を有する装置として高い安全性と信頼性の要求される施設にも拘らわらず、基本的事故で多くの問題発生があったことは、今後のメンテナンス技術開発の重要性を示唆されるものでもある。

また、初めての試みであった運転委託には遂行上の様々な困難が委託側にも受託側にも横たわっていたといえる。委託者の最たるものとしては、今回の場合のように老旧化装置を全面貸与の形で、装置を安定に受託者に提供することであったといえる。

このほか、委託運転をスムーズに推行する上での要点は、

(1) 今回も実施された様に、装置を十分調整し、異常のない状態で委託運転に引継ぐことである。

表15 装置不具合等に関する種

不具合事項	件数	分類	発生要因
熱電対取付	1	製作	技術上の困難
計製作	1	設計	設計上の問題
ナトリウムレベル計	1	設計	"
ラプチャディスタク反転	2	設計	技術的未知の事項
WLDの閉塞	1	運転	監視・操作の不徹底
ナトリウムオーバーチャージ	1	"	ミス操作
ガスクロラインの閉塞	1	制御	計器不良
ガスクロ水素濃度の異常上昇	2	制御	技術的未知の事項
不純物の異常増加	1	運転	技術的未知の事項
凝縮器リーク	2	保守	経年的腐食
過冷却器	1	"	"
冷却器	1	"	"
コンプレッサ	1	"	耐久性
予熱ヒータ	9	設計	耐久性
その他電気計装設備	約30	保守	整備不良

これまでの経験から問題点を予測し、不具合発生を未然に防止できたと考えられるもの。

項目	対策
給水ポンプ	保守補修の充実
コールドトラップ	運転技術の駆使
補給水系	保守補修の充実
コンプレッサ	保守補修の充実

が望まれる。

- (2) 常時、常温使用の計装弁たりとはいえ、運転中閉閉するバルブはすべて主系統と同じ仕様のバルブを使用するのが望ましい。
- (3) 計装機器は可能な限り使用実績の高い（現状ではまだまだ無理な点が多い）ものを利用する。
- (4) 技術的未知の事項に関しては、可能な限りナトリウム-水蒸気システムまたはナトリウム、水蒸気単独システムでの事故例等を集収評価し、その判断材料とする必要がある。
- (5) 過冷却器（蒸縮器は雨水による）など、水質の悪い冷却水を用いているものはその腐食に対する注意喚起が必要である。
- (6) 予熱ヒータは古い（昭和44年度）設計とはいえ、ワット密度が約3ワット/cm²と現在通常に使われている1ワット/cm²以下程度の3倍と大きく、運転中ON、OFFの繰り返し返えされているドレン系ヒータの断線事故が多かったことに注意を要する。
- (7) ナトリウム系に関する事故（レベル計、各種不純物計、不純物による閉塞等）はまだまだ未知の面があるが、これらの経験を集約し、同じ様な間違をおかさないようにすることである。
- (8) Na中にラプチャディスク（特に反転型）を使用する場合、思わぬ過渡的（msオーダー）圧力により反転部屈する恐れがある。

今回は過渡圧の発生を極力抑える運転手法もとられたが、設計上はNa-水反応以外の通常運転で発生し得る最高圧以上に設定すべきであろう。

- (9) カバ-ガス領域において温度上昇変化（特に250℃以上）があると水素ガスの吐き出し現象がみられ、水リーク事故と間違え恐れがあるので、注意を要する。

- (10) ナトリウムとそのガス系において、弱い部分が予想される装置では、真空ナトリウムチャージ時の真空漏洩事故に対しても細心の注意を払う必要がある。

- (11) ストレージタンクなど不純物の掃き溜めとして低温タンクが利用できる場合、コールドトラップを利用しなくても、ナトリウムの不純物純化は十分可能である。

今後の施設のあり方に関しては、施設の老朽化および専従のoperatorがいなかったことに起因するトラブルが多かったことや、さらには今回の様な委託運転を将来とも続けることは非常に難しいと予想されるため、できるだけ早い時期に(1)老旧施設の補修、(2)遠隔監視(3)運転操作の自動化等を積極的に推進し、将来のR&D計画に備えるべきであると考え。

以上を総合的にみての要約は試験結果の詳細については鋭意解析中であり、別途報告が予定

されているので、ここでの詳述を避けた。ただし、今回の委託運転の妥当性やナトリウム-水蒸気ループを長期的に運転する場合の問題など担当者として再認識させられた点も多くあり、これらは運転要領等も含め、できるかぎり本文中に網羅したつもりである。また、重視するかも知れないが、ナトリウム機器のうち、特に装置の安全運転中に直接かわりをもつナトリウムレベル計、水素計（Na中、カバ-ガス中、ベ-バトラップ含む）、ラプチャディスク、直接浸漬型熱電対の信頼性（特に耐久的な面）の向上も重要である。さらには、委託運転に伴う運転者教育やその応用による実試験等により、ナトリウム技術者が一人でも多く養成されていくことは将来計画の一助となっていくものと考えられる。

最後に困難な契約内容乗り越えて、1 MW施設の委託運転を請負われた東京芝浦電気株式会社（実務：三井造船エンジニアリング株式会社）の関係者の方々に厚くお礼を申し上げますとともに、実際に現地大洗に長期滞在して、昼夜の別なく難しい作業を遂行して頂いた運転責任者である松田照啓氏およびデータ責任者の鎌田滋氏をはじめ直運転に従事された方々、また日勤業務ながら毎夜遅くまで試験データの採取をやって頂いたデータグループの人達に、ここに厚くお礼申し上げます。ことに、装置不具合に伴う、計画の大巾遅れが生じたにもかかわらず、初期の計画を全うできた際には関係者の並々なぬ努力はもとより、データ処理に携わった人々の月平均出勤時間が150時間にもおよぶ超人的努力に負うものであり、ここにあらためて謝意を表すると同時に、今後の計画に際しこの様なことのないような計画に改めるべきであると痛感するしだいである。