

- “125Vシャ断器断”
- “軸冷水タンク水位高低”
- “復水貯蔵タンク水位高低”
- “密封油水素供給故障”

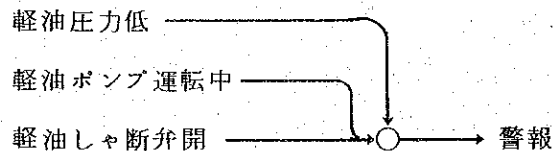
IV. スナイダー2号

- “軽油圧力低”
- “燃料油温度高低”
- “電気・油圧ガバナー故障”
- “フラッシュタンク水位高低”
- “タービン応力監視装置断”
- “水素供給装置故障”

勸告案：

一 警報リセット

通常運転中軽油ポンプが停止しているので“軽油圧力低”の警報が出るのは当然のことである。従って、これは警報として取扱うべきでなく、ユニットの起動時及び停止過程以外の通常運転中はリセットすべきである。この警報回路は下記のように改善すべきである。



又“所内雑用空気圧力低”警報についても同様の改善が施されるべきである。

一 警報設定

記録計或いは指示計の指示値は警報設定値以下にもかかわらず警報が出ているものもあるので警報設定値を見直すか又は記録計、指示計の再チェックが必要である。

一 警報設定値の変更

“4160Vモーター過負荷”や“460Vモーター過負荷”等の警報設定値は定格電流の90%で設定してある。電動機を定格の90%電流で運転することは何ら問題はなく、警報として取扱うべきではない。従って、

これらの警報設定値は定格電流の115%に設定し直すべきである。

一 多重点警報の考慮

現在の多重点警報システムは或る警報接点が既に閉じている場合、別の警報接点が閉じてても再故障表示をしないので適切なものとは言えない。

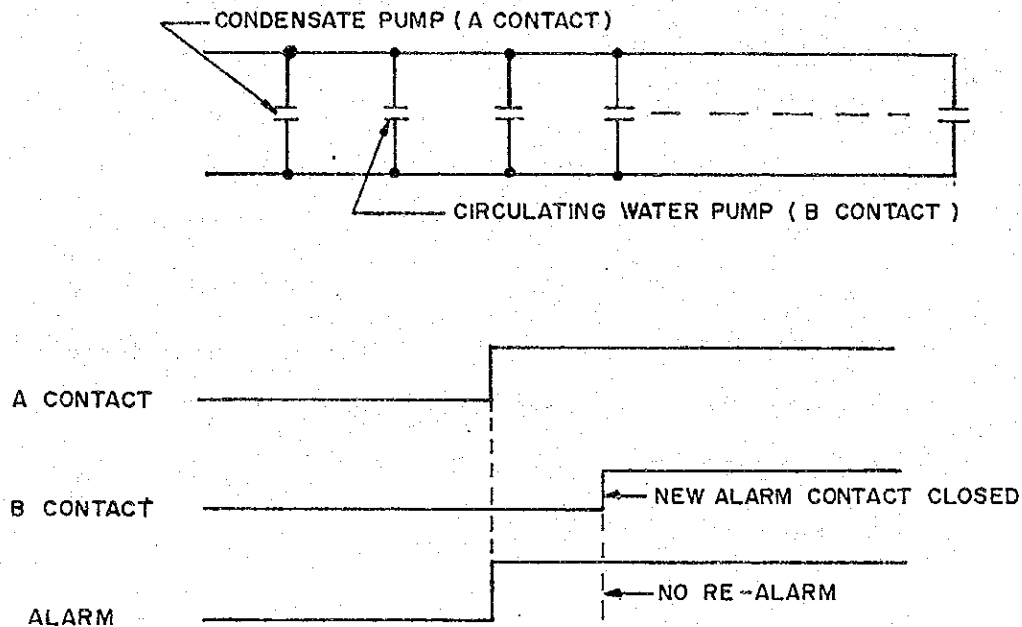


図5E-22 多重点警報

既存警報システムでは、運転員は新しく発生した警報についてはまったく知ることが出来ない。運転員に新しく発生した故障警報を、ただちに知らせるため再故障警報装置を設置すべきである。

V. 火災警報装置

ガードナー/スナイダー発電所の火災警報装置はスナイダー1, 2号の中央制御室内に集められているが、その殆ど警報装置は故障している。

既設の警報装置では実際の火災発生時には適切な消火活動は出来ない。従って火災検出器及び消火ポンプの起動方法を含めた全体的な設備の見直し、及び故障している警報装置の取替及び修理の実施を勧告するものである。

VI. 中央制御室の改善

ガードナー1, 2号の中央制御室の下側はケーブル処理室があり、壁と床

はコンクリートで囲まれている。従って、中央制御室は外部からのばいじんやすすの侵入は比較的少なく、空調装置により良好な状態に保持されている。

一方、スナイダー1, 2号の中央制御室及びリレー室内の制御盤、操作盤の床開口部は開けられたままとなっている。従って、室内に高温のばいじん及びすすが侵入し、しかも中央制御室内の2台のパッケージ型空調装置がしばしば故障するため室内温度は相当に高い。各室内温度記録の結果は次の通りである。

ガードナー1, 2号中央制御室内： 76°F (24.4°C)

スナイダー1, 2号中央制御室内： 95°F (35°C)

スナイダー1, 2号リレー室： 99°F (37.2°C)

現在、スナイダー1, 2号中央制御室及びリレー室に6台のパッケージ型空調装置が追設されることになっているので室内温度は相当に緩和されるものと思われる。しかしながらまだ重要な問題が残されている。それは高温のばいじん及びガスの室内への侵入、運転員の健康及び計装機器への悪影響を早急に防止することである。

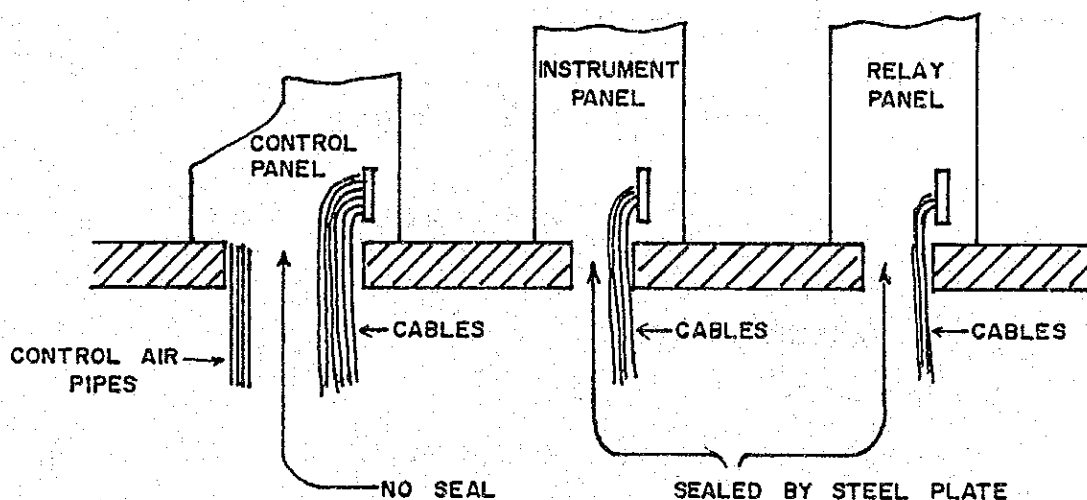


図5E-23 中央制御室内制御盤

スナイダー1, 2号中央制御室をガードナー1, 2号中央制御室と同等に改善するため、下記に述べる対策がとられるよう勧告する。

## 空調設備の改善

空調設備の追設に加えて、ボイラ・ヤードの外部より新鮮空気を導入するためファン及び空気ダクトを新設すべきである。既設の空調設備では同じ空気の再循環だけだからである。

## 高温ばいじん及びすすの侵入防止

### (i) 入口ドアの改善

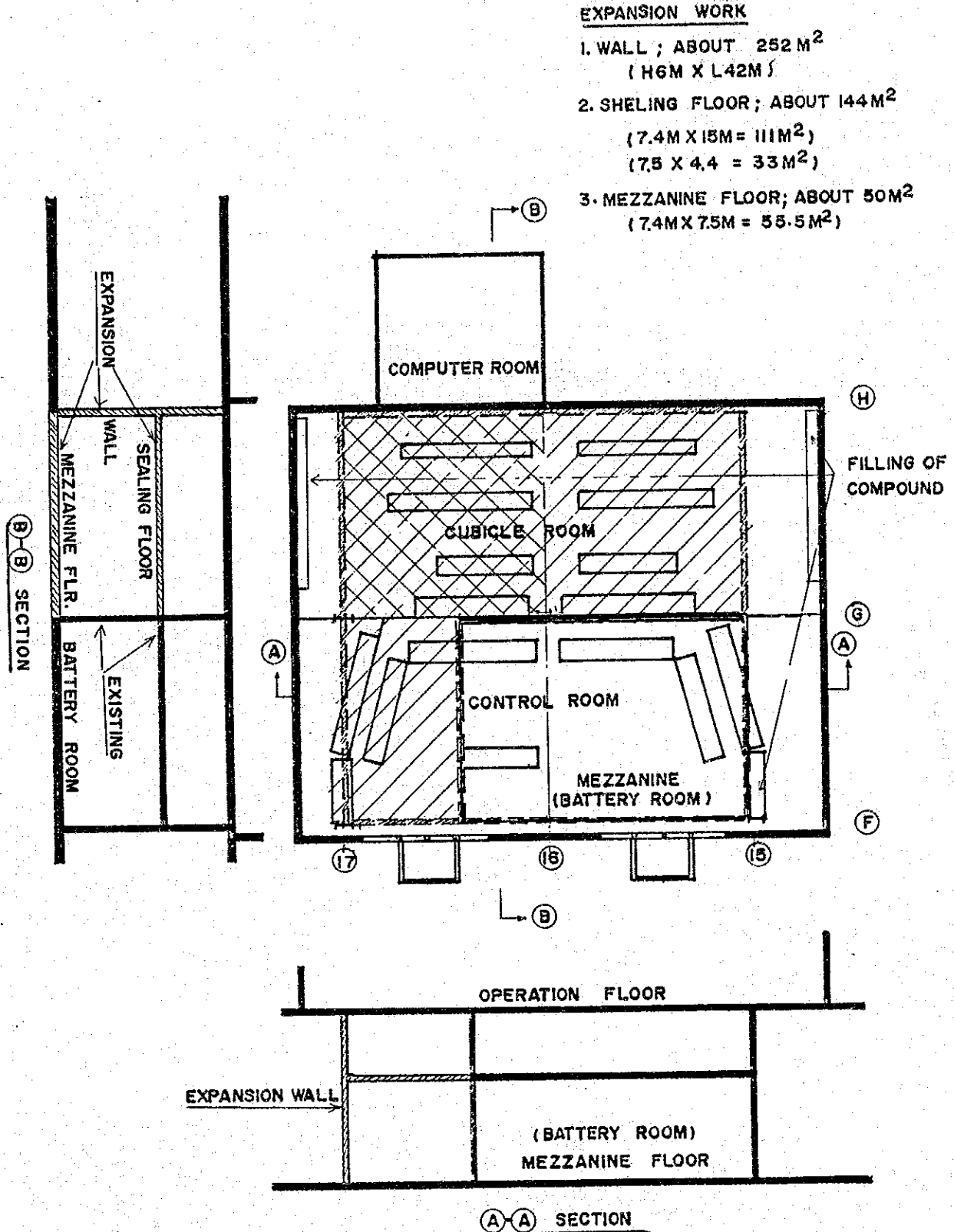
既存の2つのドアは既に改善されているが、他の4つのドアも同様改善されるべきである。

更に他のドアからの出入は制限されるべきであろう。

### (ii) ケーブル処理用の開口部のシール

シール板のみでのシール方法では不完全である。従って処理の容易なシール材によって開口部はシールされるべきである。

図 5E-24 スナイダー 1・2号中央制御室のケーブル処理用孔の  
シール計画



## VII. 監視計器の追設

現在、ガードナー／スナイダー発電所の中央制御室には発電所の監視に是非必要な計器のうちいくつかは設けられていない。下記の計器が追設されるべきである。

- －復水流量記録計
- －復水器真空度記録計
- －タービン回転数／ガバナー・カム位置記録計
- －発電機出力記録計

上記の追設に加えて原水及び補給水の消費量の管理用に補給水流量積算計及び井戸水流量積算計を設けるべきである。ボイラのチューブ・リークは補給水率により容易に発見できる利点を持つからである。

現在、蒸気式空気予熱器の温度制御弁は全て故障中である。或るものは既に取外され、或るものは全く使えない状況で、適切な燃料油の燃焼に必要な条件に維持されていない。

例えば、ガードナー1号の蒸気式空気予熱器の出口温度は約100 MW負荷で140°F(60°C)迄にしか温められていない。このことは、ユニット起動時は更に低い温度であったことが容易に考えられる。このことは空気予熱器の閉塞に相当に寄与しているであろう。従ってこれらの不具合な点をなくすために、下記対策が早急にとられるべきである。

- －既設蒸気式空気予熱器温度制御弁の修理又は取替
- －出来れば低硫黄燃料油を使うこと。

g. 変電所設備

(a). 変電所

過去に2回避雷器の焼損事故を起しているため新品に取替えられている。発電機しゃ断器事故(3回)、即ち1974年の制御ケーブル事故、1976年の誤動作事故についてはユニット停止時しゃ断器本体の故障部が修理されている。

(b) 変圧器

スナイダー1号の主変圧器用の事故が1977年及び1979年2度にわたって起っている。下記に示す通り主変圧器のジャンパーの閃絡によって何回もユニット・トリップを起している。

年月日	事故を起した個所	定期修理期間
1977年 9月 4日	スナイダー1号主変ジャンパー	1977年 2月 7日~4月25日
1977年10月 7日	同 上(B相)	-
1978年 7月25日	同 上(A相)	-
1980年 5月 4日	同 上(A相)	1978年11月22日~1979年4月3日
1980年10月 2日	ガードナー1号主変ジャンパー	1979年10月24日~1980年2月12日
1980年12月29日	ガードナー2号主変ジャンパー (A相)	1980年 8月 6日~10月22日

一般的に或る事故が起れば、同様の設備に同じような事故が起る可能性は高い。一度事故を起したものと同様の設備は二度と同じ事故を起さないように定期修理期間中に調査し、その事故原因を解明すべきである。もしスナイダー1号の主変圧器の初めての事故時に調査がなされていれば、或いは同一事故を3回も繰り返さなくて済んだであろう。

(c) しゃ断器、断路器、その他

変電所内の電気設備(変圧器、しゃ断器及び断路器)は豊富な経験をもつ MERALCO によって保守がなされているので、最近事故は減ってきている。予防保全の意味からこれらの電気設備に対して下記にのべる事項が勧告される。

i. 絶縁体の定期的清掃

絶縁体の塩分による汚染は比較的可能性が薄い。しかしながらばいじんや

ミストの付着による絶縁体の劣化を、特に乾季より雨季への季節の変わり目に考慮に入れねばならない。

## ii. 絶縁油内への雨水の侵入防止対策

油入式しゃ断器の湿分混入防止及び絶縁油の品質管理には特に配慮を払うべきである。

## iii. 裸導体の接続部の再検討

導体の腐蝕及び過熱防止の観点から、導体接続方式は圧着方式からクランプ・ボルト式に変更すべきである。過熱の影響を監視するためにクランプ・ボルトを各導体接触部に取付けるべきである。

## iv. 避雷器事故対策

避雷器事故対策については5.3.1 2) で述べている「230kV主変圧器用避雷器」の項を参照のこと。

## h. 所内電気設備

### (a) 母線切替インターロック

過去に所内電源喪失が4160V系に12回、480V系に3回起きている。

これは母線自動切替システムの故障によって電源喪失を起したものである。この母線自動切替インターロックはチェックが必要であり定期修理期間中に実際の切替試験を実施すべきである。この発電所には全ユニットの共通設備として非常用ディーゼル発電機(300kW)が設置されているものの、その電源盤より補機へのケーブル布設がなされていない。480V系の電源喪失を考慮に入れれば、発電所の安全停止のためにケーブル布設をすべきである。

### (b) 非常用ディーゼル発電機

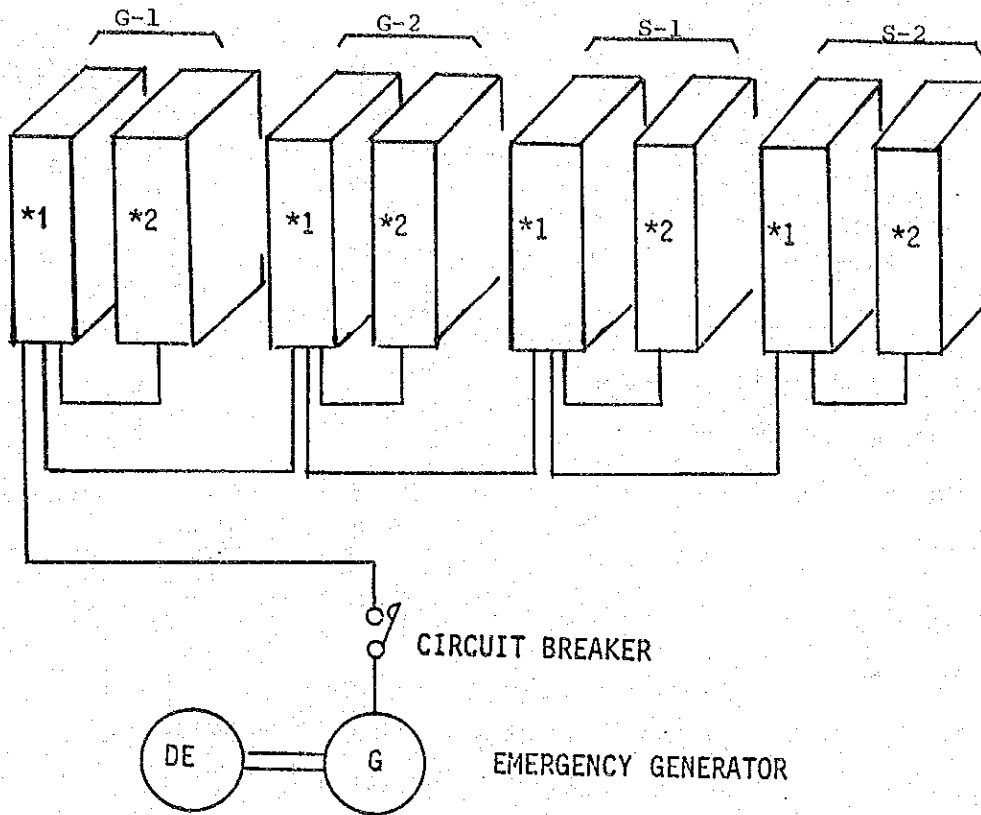
上述の如く下記の補機へのケーブル布設がなされていない。

- \* ターニング・ギア・モータ
- \* ジャッキンク油ポンプ
- \* 非常用照明灯
- \* 水素シール油ポンプ
- \* 蓄電池充電器

発電所内の停電の事故時に、起動用変圧器側にうまく切り替れば問題はないが、自動切替が成功しない場合を考慮して、非常用コントロール・センターを既設コントロール・センターの近くに追設されるべきである。発電所の安全停



止の面から安定した電源を供給すべきである。下記の図を参照のこと。



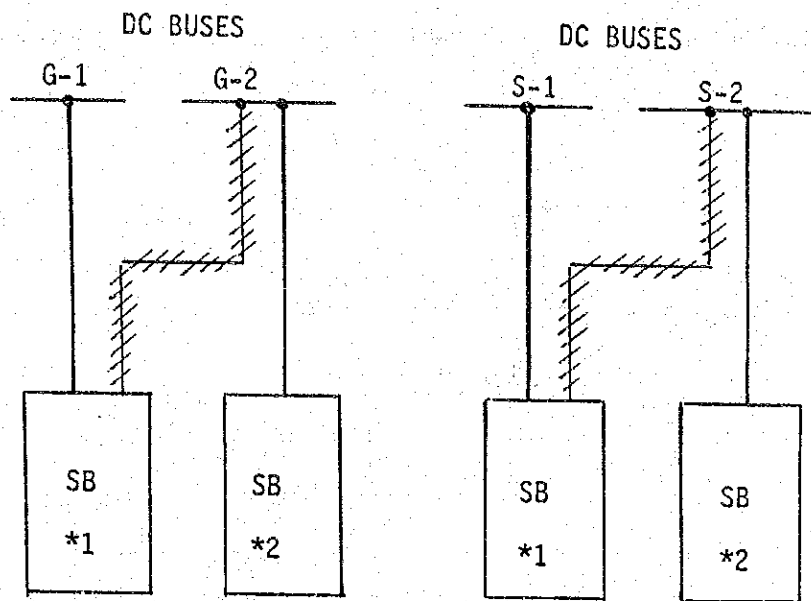
\*1は追設の非常用コントロール・センターを示す。

\*2は既設コントロール・センターを示す。

図5E-25 非常用電源供給システム

(c) 直流電源装置

ガードナー1, 2号用とスナイダー1, 2号用に2系統の直流電源装置が各々1967年, 1970年に設置されている。ガードナー1, 2号用のものは設置より既に15年経過しており、ケーシングのひび割れ及び電極のはく離が見られる。そういう蓄電池は新品と取替えるべきである。更に直流電源は下図に示す通り各ユニット毎に設置されるべきである。



\*1及び\*2は各々既設及び追設の蓄電池を示す。

図5E-26 直流電源装置

(d) メタル・クラッド・スイッチギア, パワー・センター及びコントロール・センター

全ユニットに共通事項(ガードナー1, 2号及びスナイダー1, 2号)

i. ボイラ・コントロール・センターを除いて全てのメタル・クラッド・スイッチギア, パワー・センター及びコントロール・センターは発電所構内より低いレベルの1階面に設置されている。発電所の安全運転のために、特に雨季は浸水防止対策がとられねばならない。将来設置する場合はメタル・クラッド・スイッチギア, パワー・センター及びコントロール・センターは少く共発電所の構内レベルより高い位置に設置し、充分換気された電気室内に設けるべきである。

ii. すべての電磁接触器及び補助リレーは開放形である。接触部上にはばいじんが付着することにより接触不良を起すことになる。これらのリレー類は室内に設置する場合でも保守の容易性を考えてシールイン形でソケット式とすべきである。

### iii. ケーブル符号及び線番号

制御盤より外部へ又は外部より制御盤内に入るケーブル及び電線にはケーブル符号或いは線番号をつけるべきである。

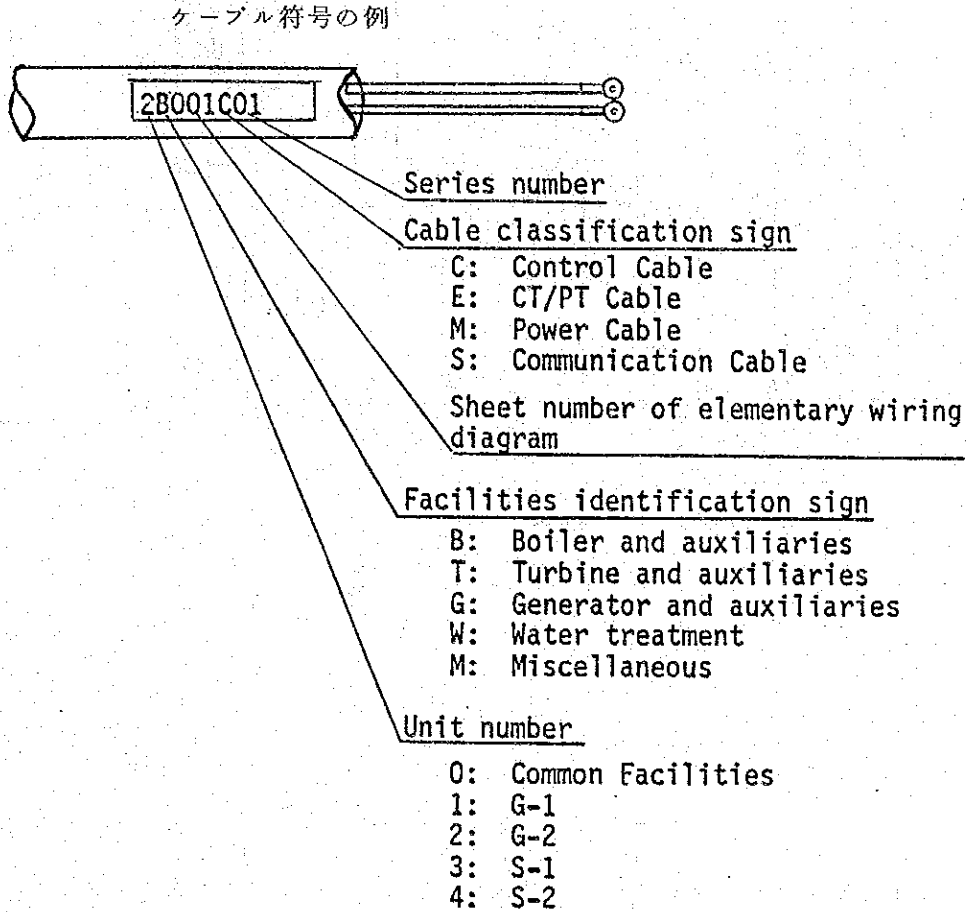


図5E-27 ケーブル符号

iv. 多くの蒸気、水及びドレン配管が所内電源装置の上部に布設してある。これらの漏洩によって電源設備が濡れることがありうる。これらの配管からの小さな漏洩事故によって発電所が停止することのないよう十分な対策を立てる必要がある。

将来の設備に対しては前述の電気室内部に納めるべきであろう。

ガードナー1号

雑用コントロール・センターは発電所構内のレベルより低い一階面に設置しており、湖水が上記コントロール・センターの基礎部分より湧水している。

特に雨季に於いては接触器、補助リレー及び配線等の電気品が湧水による高湿度により絶縁劣化、破壊を引き起すこともありうる。対策を至急に立てるべきで、漏水源調査とコンクリートにより漏水の停止をはかること。

#### ガードナー 2号

ボイラ・コントロール・センターはボイラの高温空気ダクトに非常に接近して据え付けられており、相当に温度が高くなっているので、電気品の絶縁物破壊を起すこともある。この高温空気ダクトは上記コントロール・センターに悪影響を及ぼさないよう熱絶縁をすべきである。将来計画時は電気室の中に設けるべきである。

#### V. 運転表示灯の故障

所内電源盤面上の運転表示灯、特に故障表示灯は、電源装置の故障又は事故時に故障機器を発見出来るよう取替るべきである。

#### (e) 過電流継電器 (OCR) の設定

ガードナー 2号の定期修理期間中にOCRの設定の調査の結果、調整又は設定においていくつかの問題が見受けられたのでJICA調査団は助言したい。

#### 1. 4160Vモーター保護OCR

##### (i) "49" 要素の調整

警報及びトリップ値を考慮に入れてタップ及びレバーを調整すること。

— 過電流継電器は7つのタイプ、即ち2.5, 2.8, 3.1, 3.5, 4.0, 4.5及び5.0の各タップ位置を有しているので定格電流の約1.15 ~ 1.25倍を選択すること。

— 電動機の起動電流で動作しないように適切なレバー位置を選ぶこと。

従ってオシログラフを使って起動電流を確認しなければならない。

##### (ii) "50" 要素の調整

"50" 要素の設定は短絡保護用に20~80Aの範囲で自由に選ぶことができるので、起動電流(定格電流の約6~7倍)による誤動作を防止するため電動機定格電流の10倍に設定すべきである。

##### (iii) "83" 要素の調整

"83" 要素は過負荷保護用に4~16Aの範囲内で自由に選ぶことが出来るので電動機定格電流の2倍に設定すべきである。"83" 要素のド

ロップ・アウト点がビック・アップ点の80%であることを確認すべきである。この継電器の設定を電動機の起動電流で一度動作し、電動機の起動完了後に不動作となるようにするためである。

上述した事項をまとめると下記となる。

要素	設定	NAPOCOR設定	GE設定	勧告案
49	タップ電流	0.9	1.15~1.4	1.15~1.25
50	ビックアップ電流	-	8~15	10
83	ビックアップ電流	1.7	2~3	2.0

## ii. 所内変圧器用OCRの設定

### (i) "50"要素の設定

"50"要素の設定は短絡保護用として40~160Aの範囲で自由に選べるので、定格電流の1.0倍~1.5倍ぐらいに設定すべきである。

### (ii) "51"要素の設定

"51"要素のタップは定格電流の約1.5倍に、レバーは4.16kV補機の中で最大容量をもつ電動機駆動ボイラ給水ポンプの起動電流で誤動作をしない様、設定すべきである。例えば、OCR設定は下記の計算結果に従って決定されるべきである。

#### —電動機駆動給水ポンプ用OCR設定

\* 定格電流 :  $582 \times 5 / 800 = 3.64A$

(仕様書より)

\* 起動電流 :  $4800 \times 5 / 800 = 23.75A$

(測定)

\* 起動時間 : 10秒

(測定)

"49"要素のタップ設手 : 4.5A

$3.64 (1.15 \sim 1.25) = 4.18 \sim 4.55A$

"49"要素のレバー設定 3.5

(4.5A×6に於いて1.0秒以上)

"50"要素のビック・アップ :  $3.64A (3.64 \times 10)$

＼5.1＼要素のビック・アップ : 7.3A (3.62×2)

ー所内変圧器のOCR設定

定格電流 :  $3.21 \times 5 / 500 = 3.21A$

(仕様書)

CT 2次側比 :  $\frac{18}{4.16} \times \frac{800}{500} = 6.923$

＼5.0＼要素ビック・アップ : 4.0A

$3.25 \times (10 \sim 15) = 3.25 \sim 4.815$

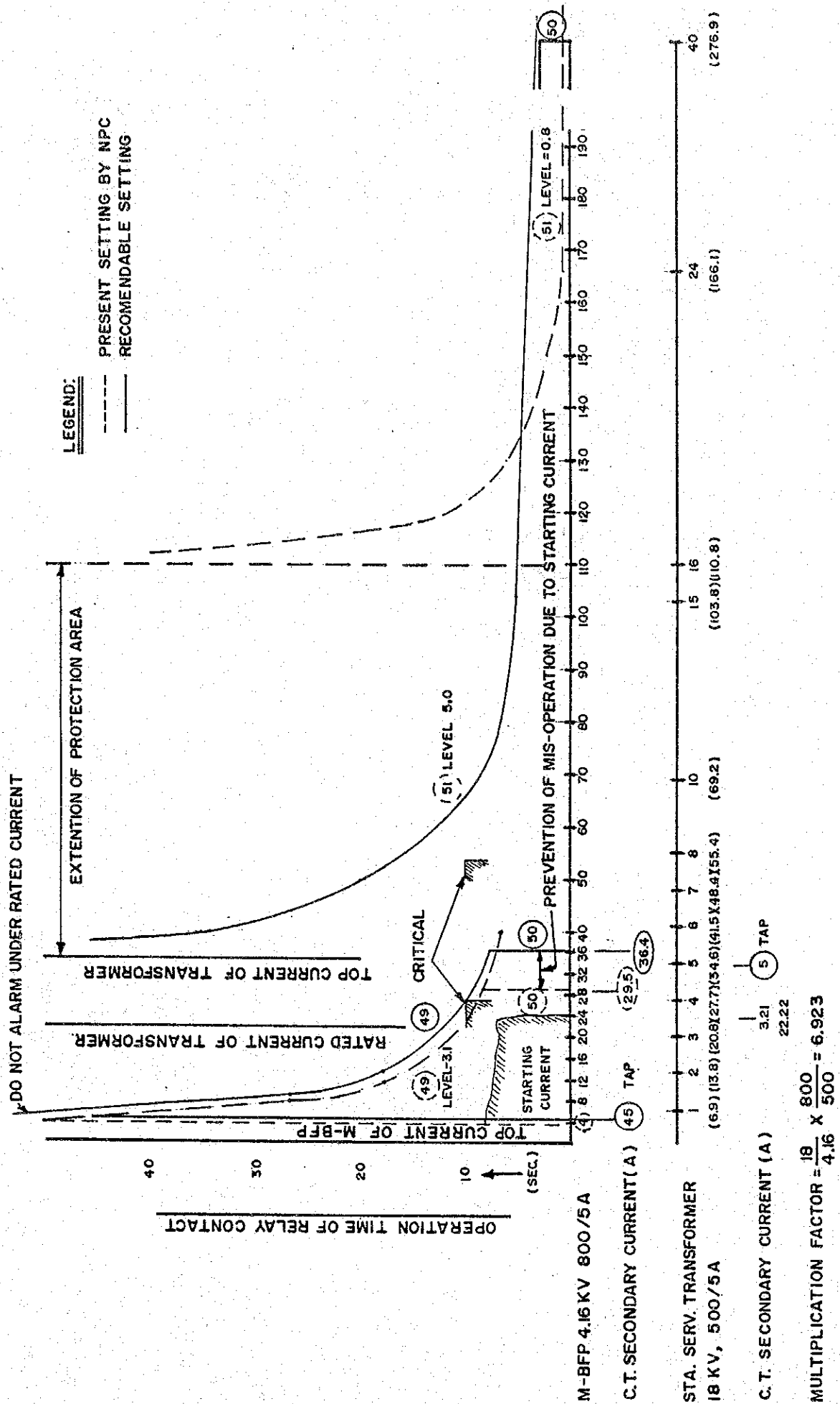
＼5.1＼要素ビック・アップ : 4.8A

$3.4 \times 1.5 = 4.8A$

＼5.1＼要素レバー : 6.0 (10Aで8秒)

(7.8Aに於いて10秒以上)

図 5E-28 4.16 KV 主しゃ断器と最大補機 (BFP-M) との時限協調の例



(f) 保護継電器及び計器用P T, C T 2次側回路の接続

i. P T 2次側回路

既設P T 2次側回路では、保護継電器用と計器用とは共用して1つの回路のみで使われている。

保護継電器用と計器用とは下図の様に2回路に分けて使われることを推奨する。

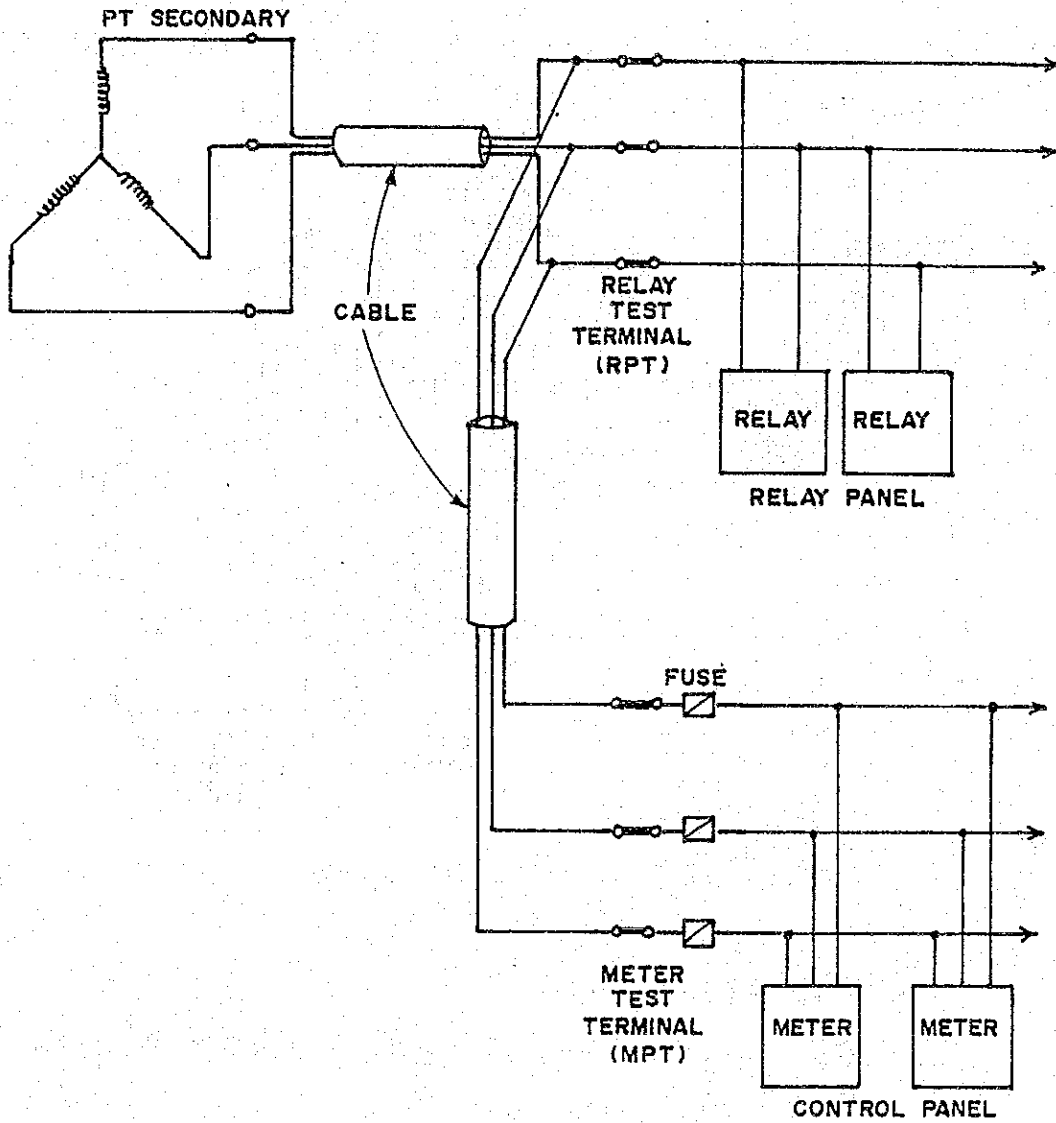


図5E-29 P T 2次側回路接続



この接続法の利点を次に述べる。

- \* 計器の点検、修理及び再調整は通常運転中に保護継電器を使用状態のまま、MPTを取り外すだけで実施できる。
- \* 計器回路に万一短絡事故が起きても低電圧リレーや距離継電器等の誤動作は防げる。

## ii. CT 2次側回路

原則として、保護継電器用と計器用とはそれぞれ1台ずつ計2台のCTを設けることが望ましい。しかしながら1台のCTの場合は、保守の容易性と発電所の安全のために次の回路が考慮されるべきである。

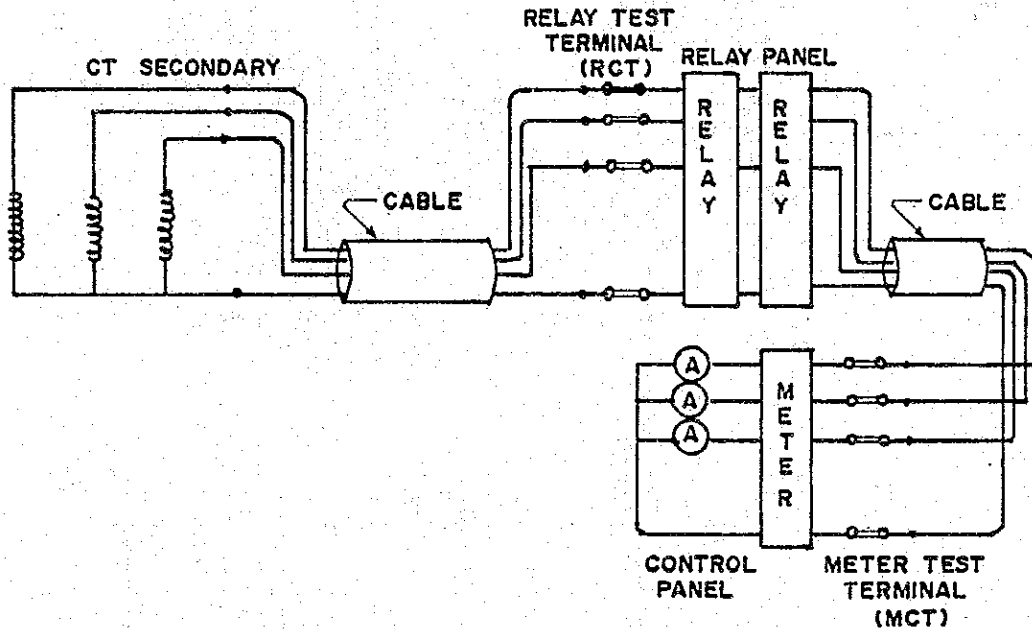


図5E-30 CT 2次側回路接続

本回路の利点は下記の通りである。

- \* 計器の点検、修理及び再調整は通常運転中に保護継電器を使用状態のまま、MCTを短絡するのみで実施できる。
- \* 計器回路に万一短絡事故が起きても保護継電器（比率差動継電器）の誤動作はさけられる。

## (g) 発電所建屋の照明

発電所建屋、特にボイラ周りには照明不足及び故障している蛍光灯が見

受けられる。照明の必要な場所には照明設備を追加すべきで、運転と保守の便宜を考え、不良蛍光灯は新品と取替えるべきである。

(h) 溶接電源箱の追設

ボイラ周りのいろいろな個所及び各階には適切な電源箱が設置されるべきである。

定期修理時には、安全のため低電圧照明（12又は24V交流）が必要である。又溶接や照明等、定期修理時に必要とされる雑用電源は定期修理を行っているユニットだけの電源を使用し、通常運転ユニットの電源は決して使用しないよう勧告する。溶接器用ケーブルの短絡或いは接地によって他の通常運転ユニットに重大な事故、ひいてはユニット・トリップを引き起すこともあり得るからである。

## 2) マラヤ発電所

### a. ボイラ

#### (a) ボイラチューブ

##### 1. マラヤ1号ボイラの現状

マラヤ1号ボイラは現在2次過熱器チューブの肉厚減少のため減圧運転を実施している。

現在の主蒸気圧力は2100Psiである。(定格圧力2700Psi)又、安全弁の設定もこのため2250Psiに下げられている。したがってマラヤ1号の最大出力は240MWに制限されている。

このボイラの事故は、1982年2月12日に発生し、ボイラチューブに大きな被害を与えた。ボイラメーカーの報告書やQAグループの報告書によれば事故原因は、発電設備の不十分な管理と取扱いによるものとされている。ボイラチューブ点検結果では、2次過熱器が過熱のため破壊されている。(2次過熱器チューブ8本) 外径検査では運転に必要とされる肉厚 $5.0 \frac{m}{m}$ 以下のチューブ(最少制限値 $4.1 \frac{m}{m}$ )が15本発見された。これは高温腐食によるものであった。

1次過熱器チューブについては必要肉厚以下のものは発見されなかったがチューブ外面に厚いスケールが付着していた。

節炭器チューブについても必要肉厚以下のチューブは発見されなかったが、やわらかい湿ったスケールがチューブ外面に付着していた。

水冷壁のチューブは過熱膨脹により約 $1.2 \frac{m}{m}$ の肉厚減少しているチューブがあった。

## ii. マラヤ2号ボイラの現状

マラヤ2号ボイラも又バップルウォールチューブの疲労により減圧運転を行っている。

現在のボイラドラム圧力は160 kg/cm<sup>2</sup>gで最大出力は280 MWである。この減圧運転については、ボイラメーカーとNAPOCORとの合意により実施されている。このボイラ事故は1982年1月24日に発生しボイラチューブに大きな被害を与えた。

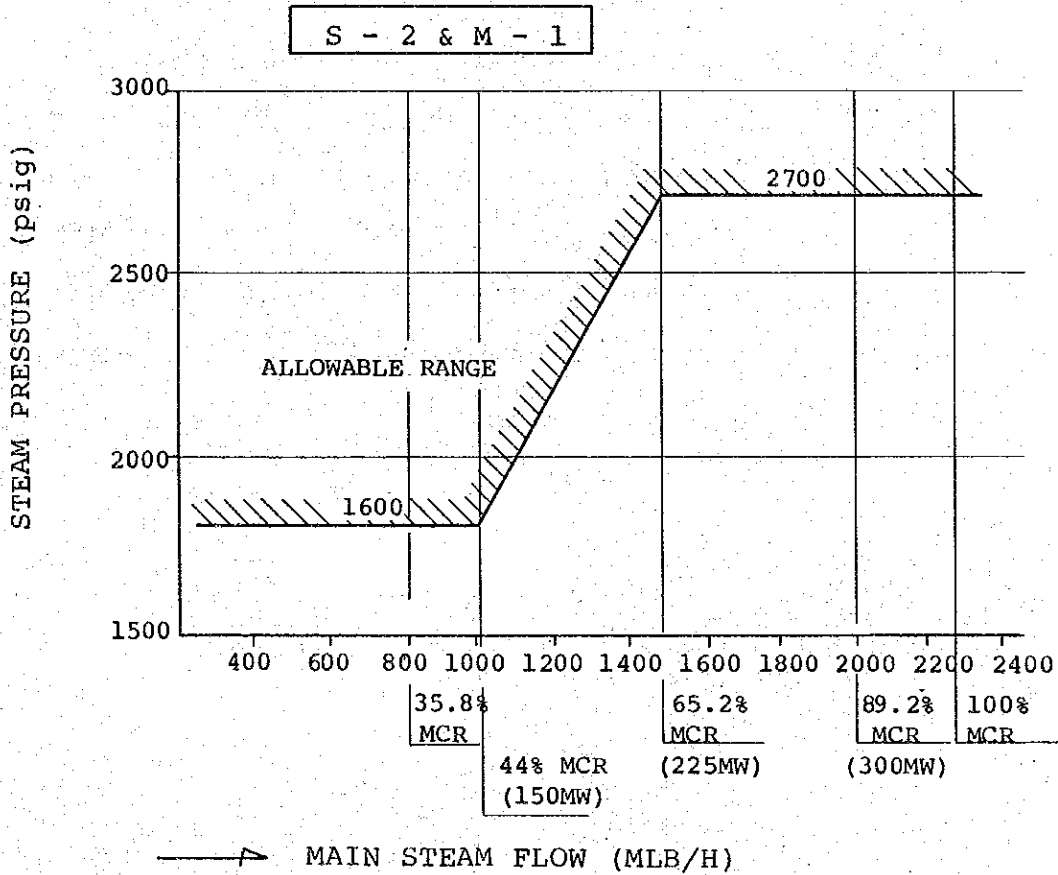
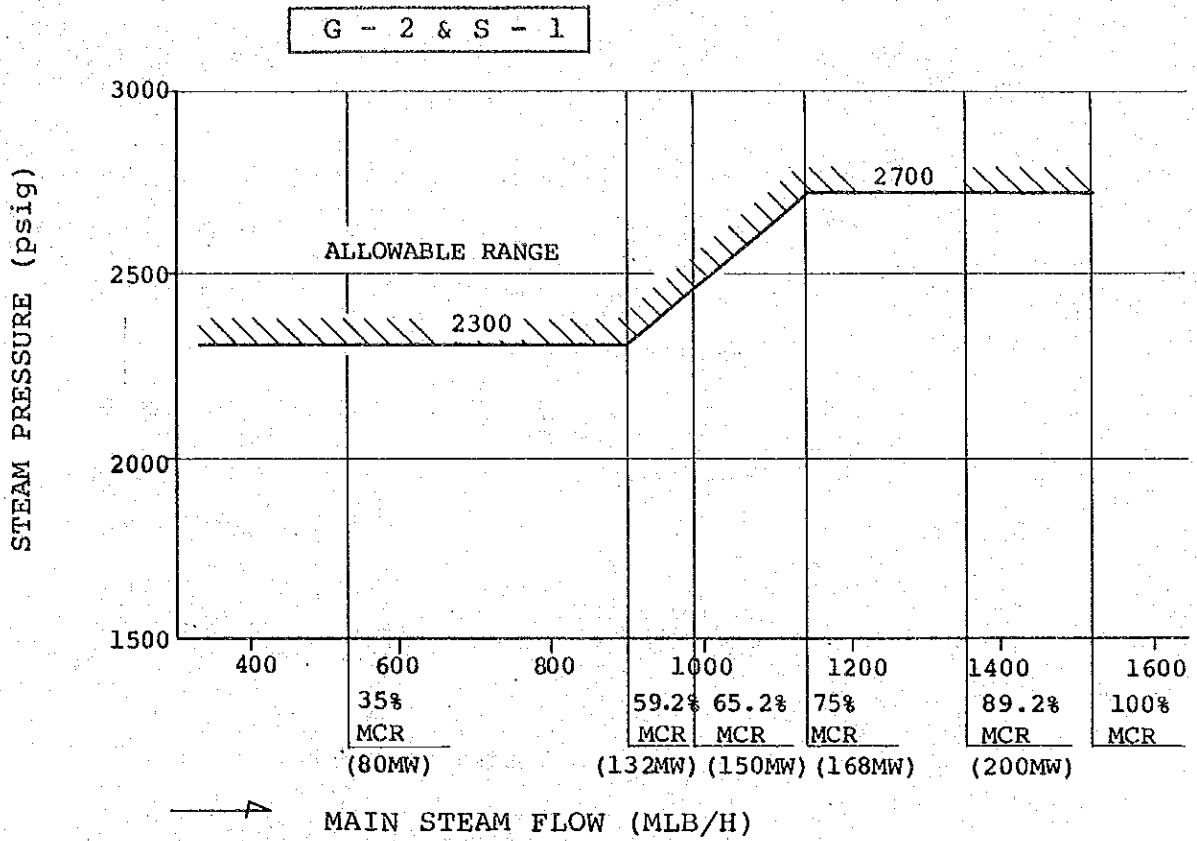
運転中、ダウンカマーのブローを行うことは避けねばならない。これはボイラ水の循環を阻害し、ボイラチューブの過熱によるチューブリークをまねく危険があるからである。ボイラメーカーとQAグループの報告書によるとマラヤ2号ボイラのチューブは水素脆化により腐蝕されている。これはボイラ水の中に多量の塩分が含まれていることを意味している。

## iii. 勧告

ボイラチューブ事故に関する多くの勧告がボイラメーカーより出されているがボイラ減圧運転についていくつかの点で強く勧告したい。

- (i) 貫流ボイラでは、ボイラチューブ内の流体の流れについて特別の注意を払う必要がある。減圧運転についてのボイラメーカーの報告書によれば、貫流ボイラの圧力と蒸気流量との相互関係は非常に重要である。もし不注意な減圧運転を行った場合はボイラが重大な損傷を受けるかもしれない。マラヤ1号においては2100 Psiの減圧運転で最大出力を240 MWとしている。ボイラメーカーの勧告によると最大出力は175 MW以下に守らなければならない。JICA調査団は減圧運転がボイラメーカーの勧告に従って実施される様強く推奨したい。

図 5M-23 減 圧 運 転



(ii) ボイラチューブの取替を実施した後、下記の項目を守って運転すべきである。

＊ ボイラチューブ温度を制限値以内に保持し、ボイラメタル温度の警報システムを整備すべきである。

＊ バーナ燃焼管理を良くする。(燃焼管理の項を参照)

＊ ボイラ水質管理を良くし制限値を厳守すべきである。

＊ 毎年ボイラチューブの洗滌を実施すべきである。

＊ 毎月節炭器からタービン入口までの蒸気圧力を出力と共に記録し、もしその圧力差が制限値を越えたならば、ボイラチューブの化学洗滌をやる必要がある。

＊ プラント・インターロックは常に全部使用すべきである。

もし、上記の項目を守らずボイラの運転を継続した場合、同じボイラチューブ事故をくり返すことになるだろう。

## (b) ボイラケーシング

### i. 現 状

マラヤ1号は下記のボイラケーシングより多量の燃焼ガス漏洩を有している。

(i) ボイラケーシング コーナ部(1次過熱器と節炭器部)

(ii) ガス再循環ファンダクトとボイラ・ボトム接続部

ボイラ室換気ファンの保守管理が不十分で6台中2台しか使用できない。このためボイラ室内に燃焼ガスが充満し周辺機器の腐食を促進している。

又運転員がベトロールで機器の異常早期発見することを妨げている。マラヤ2号もまた空気予熱器ケーシングやスタートフロアなどから多量の燃焼ガス漏洩がある。建屋の雨洩れが多く硫酸化した雨水が周辺機器を腐食させている。室内の雨水を分析したところpHは3.6であった。この値は金属材料を腐食させるに充分である。

### ii. 勧 告

(i) ボイラケーシングの漏洩を早急に修理すべきである。(マラヤ1号)

(ii) ボイラ室換気ファンの修理を早く実施すべきである。

(iii) 各運転員に下記の用具を支給すべきである。

\* 適当なガスマスク

\* 懐中電灯

\* バトロールや作業時に使用する安全手袋。

(iv) 保守作業はただちに実施すべきである。

(v) 操作員や保修員に腐食管理の教育を実施すべきである。

(vi) 空気予熱器ケーシング漏洩を早急に修理すべきである。(マラヤ2号)

(vii) 本館建屋の雨漏れを早く修理すべきである。

(c) バーナ及びボイラ燃焼

#### i. 現 状

マラヤ1号のボイラ燃焼は比較的良好であるが、マラヤ2号は燃焼が悪い。マラヤ2号の燃焼設備は定差圧燃料油ポンプを使用せずに運転されている。さらに燃料油温度制御が手動で調整されている。このためバーナ入口の燃料油温度が一定に保たれていない。

運転員は良くバーナ掃除を実施しているが、バーナチップやスプレープレート(スプレート)の噴射口の径、厚さなどの測定記録を実施していない。

これら制限値をオーバーした部品はバーナの噴霧を悪くする原因となる。これらの中にはクラック、傷、欠陥等のあるものが見られるが継続して使用されている。

#### ii. 勧 告

(i) マラヤ2号の定差圧燃料油ポンプをただちに修理又は取替えて運転すべきである。

(ii) マラヤ1号の燃料油温度制御を自動で使用し油温度の変動を防止すべきである。

(iii) マラヤ2号の燃料油温度制御をただちに修理すべきである。

(iv) スプレープレートの厚さやチップの径の記録を作成すべきである。

(v) クラック、傷、欠陥のあるスプレープレートやチップは新品に取替るべきである。

(d) マラヤ1号起動バイパスシステム

#### i. 現 状

ユニット起動時、操作室からリモート手動操作を行っているタービン起動

システムの弁類が多い。貫流ボイラの起動バイパス系統から通常系統への切替操作は非常にむずかしい。もしこの時不注意な操作があると、過熱器蒸気温度の大きな変動や、過剰燃焼によるボイラチューブの過熱等のトラブルを起す原因となる。

タービン起動バイパス系統の弁類には故障しているものはない様だが、これらの弁体や付属機器は燃焼ガスにより腐食されている。

## ii 勧告

- (i) 起動バイパス系統の自動制御装置をできるだけ早く修理すべきである。
- (ii) 起動バイパス系統の全ての弁とその制御機器を定期的な予防整備すべきである。



b. ボイラ補機

(a) 押込通風機

i. 現 状

マラヤ1号のモーター軸受温度が高い、B側のモーターインボード軸受温度は操作室の記録計によると72.5℃であったが、現場で棒状温度計を使用し測定したところ76℃以上であった。又押込通風機の周辺は燃焼ガスによって非常に汚れている。

マラヤ2号のファンインボード軸受はA側、B側共振動が大きい。

A側：H-2.3、V-1.14、A-0.7 MILS

B側：H-5.5、V-1.1 A-1.7 MILS

出力-180 MW、1982年9月3日

ii. 勧 告

- (i) B側モーターインボードの軸受温度を棒状温度計にて監視する必要がある。(マラヤ1号)
- (ii) B側モーターインボードの温度記録計を較正すべきである。(マラヤ1号)
- (iii) A側、B側ファンインボード軸受を近いうちに点検すべきである。(マラヤ2号)
- (iv) いつも押込通風機まわりをきれいにしておく必要がある。(マラヤ1号及びマラヤ2号)

(b) GRF

i. 現 状

マラヤ1号

マラヤ1号のガス再循環ファンには点検用梯子や足場がないのでモーターやファン軸受など点検することができない。

ガス再循環ファンまわりが燃焼ガスで汚れている。

マラヤ2号

マラヤ2号のガス再循環ファンはファンインボード軸受に振動がある。又ガス再循環ファンのまわりに脱落した保温材が散乱している。

## II. 勧告

- (i) 運転員が充分点検できる様なラダーと足場をマラヤ1号ガス再循環ファンに設置すべきである。
  - (ii) 近い機会にマラヤ2号再循環ファンの羽根を点検しバランスをチェックすべきである。
  - (iii) ガス再循環ファンまわりの散乱した保温材や残がいを整理しまわりを常に整頓すべきである。(マラヤ2号)
- (c) 空気予熱器

マラヤ1号とマラヤ2号は非常に重大な空気予熱器腐食の問題をもっている。特にマラヤ2号は図5 M-24で示す様に非常に危険な状態である。

### I. 図5 M-24の解析

#### (i) 空気予熱器差圧(ガス側)について

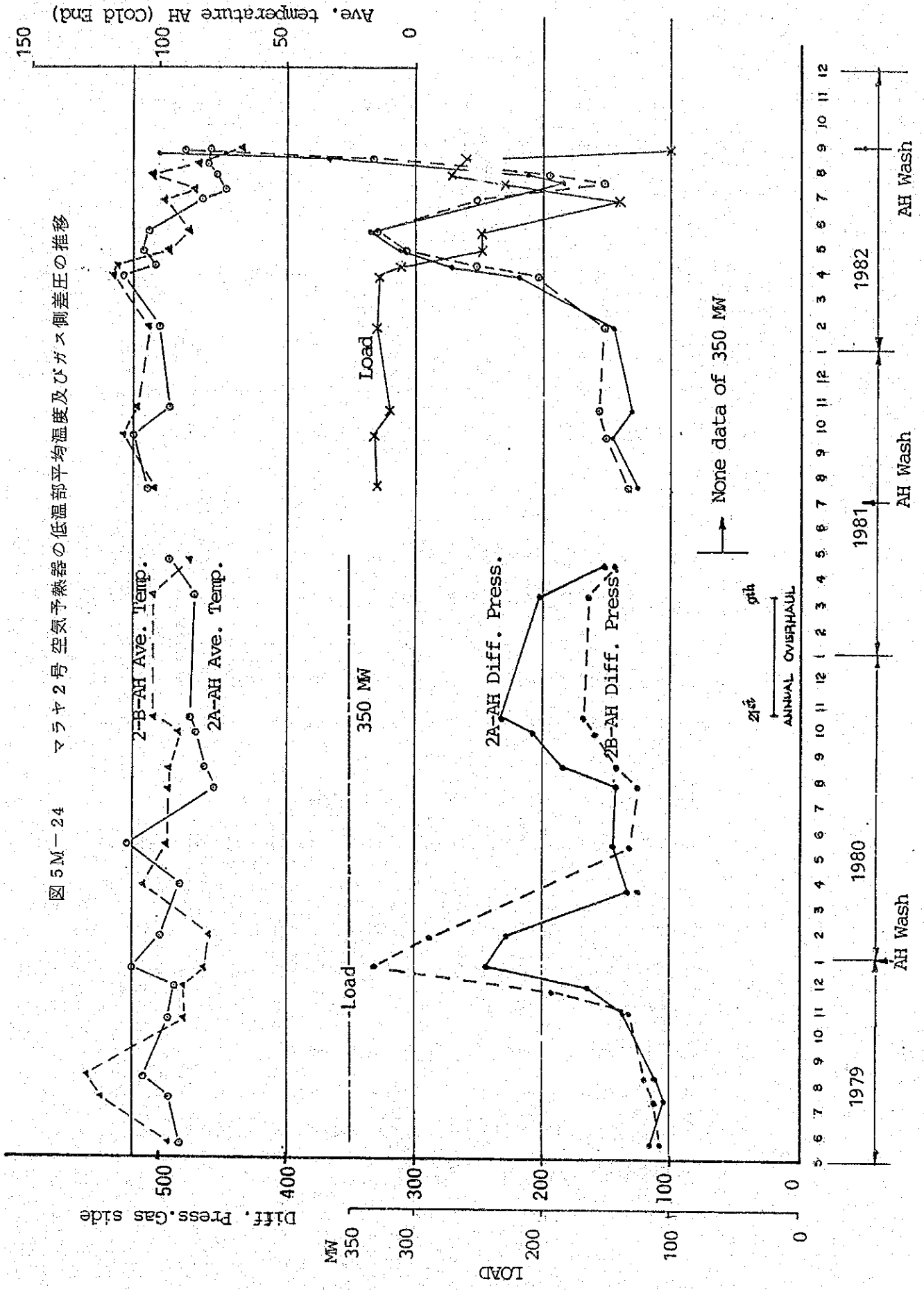
営業運転前の空気予熱器差圧は350 MW運転時100~120 mm H<sub>2</sub>Oに保たれていた。この差圧は1979年10月ごろから増加し始め1979年12月にピークとなっている。空気予熱器水洗が実施されこの差圧は120 mm H<sub>2</sub>O以下に減少している。その後ユニットの定期修理までに3回空気予熱器水洗が行なわれている。定期修理前のこの期間ユニットは定格出力350 MWを保つことが出来ている。

この定期修理後NAPOCORの“RECORD OF OUTAGES AND TURBOSET SHUTDOWN”によると1981年7月から1982年8月まで空気予熱器水洗は実施されていない。この間空気予熱器差圧は着実に増加し、その結果ユニットの出力は減少を開始している。ついに1982年8月には空気予熱器差圧が500 mm H<sub>2</sub>Oに達しユニット出力は100 MWまで低下している。

#### (ii) 空気予熱器低温部のガス-空気平均温度について

空気予熱器低温部のガス-空気平均温度が110℃以上を保てた期間は1979年5月から1982年8月の間で非常に少ない。特にA側は長期間低い温度の状態で運転されている。

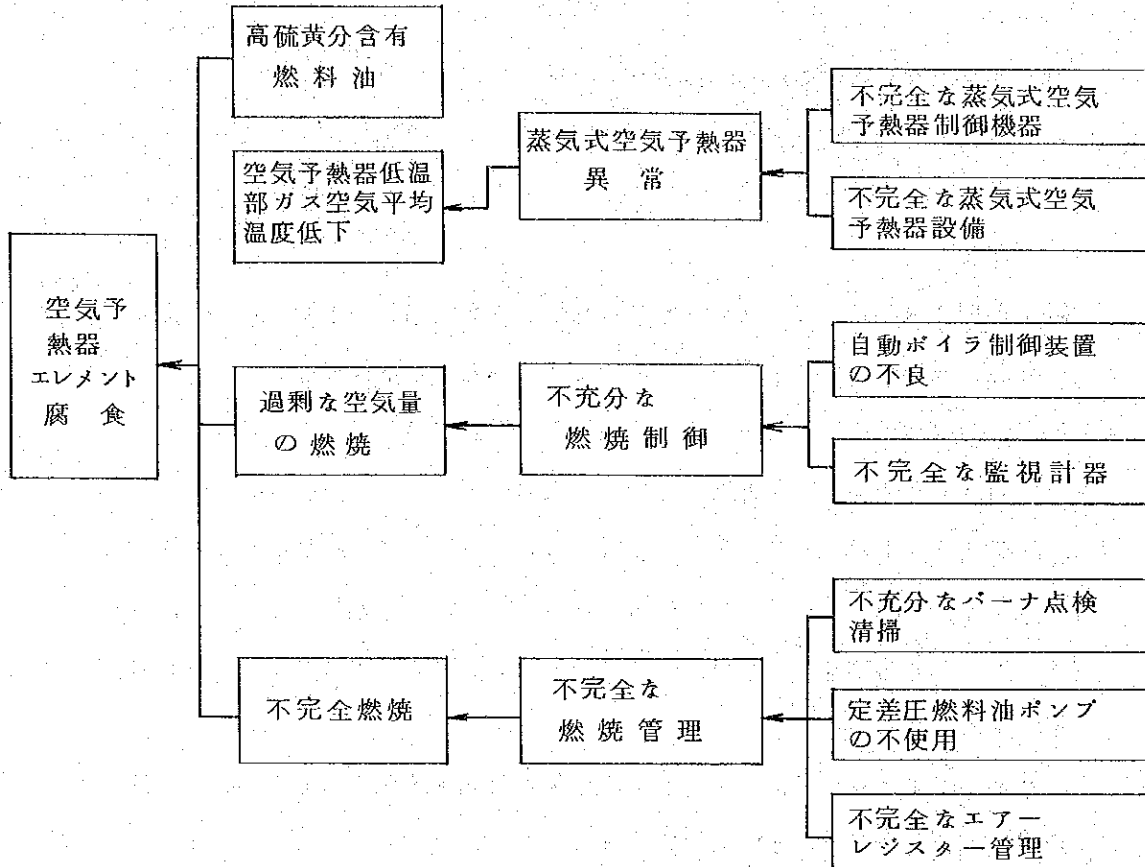
図 5M-24 マラヤ 2 号 空気予熱器の低温部平均温度及びガス側差圧の推移



## II. 空気予熱器エレメントの腐食について

マラヤ2号空気予熱器エレメントの腐食経過を下图に示す。

図 5 M-25 空気予熱器腐食の原因



### Ⅲ. 燃焼管理についての勧告

- (i) バーナは定例点検によりきれいに掃除し、スプレヤープレートやチップはその厚さや径を測定記録すべきである。又不良な部品については速やかに新品と交換すべきである。
- (ii) 空気流量制御が自動で利用できる様制御システムを調整修理すべきである。又操作員は常に $O_2$ 計を監視しバーナ燃焼状態に注意しなければならない。
- (iii) マラヤ2号の定差圧燃料油ポンプを直ちに修理又は新品に交換すべきである。もし定差圧燃料油ポンプを使用せず燃焼を継続したならばボイラ設備（ボイラチューブ、空気予熱器、ガスダクト等）が致命的な被害を受けるだろう。
- (iv) 定期点検時にエアーレジスターの点検調査を実施すべきである。完全な燃焼を保つためにエアーレジスターの状態は非常に重要である。
- (v) 燃焼状態を適確に判断できる様操作員を訓練すべきである。

### Ⅳ. 低 $O_2$ 運転による空気予熱器低温部腐食対策

現在マラヤ1号とマラヤ2号は非常に大きな空気予熱器低温部腐食の問題をもっている。この対策として空気予熱器低温部にエナメルコーディングのエレメントを使用しているが、制御システムが不十分な状態ではこれらの対策も役に立たない。

たとえばマラヤ1号、マラヤ2号の蒸気式空気予熱器の例を示せば、下表の様に制御システムがその機能を失っている。

表 5M-1 蒸気式空気予熱器の現状

蒸気式空気予熱器	エレメント	制御システム	蒸気式空気予熱器入口空気温度 ( $T_i$ )	蒸気式空気予熱器出口空気温度 ( $T_o$ )	( $T_o - T_i$ ) $\Delta t$
マラヤ1号A側	良	不良	99 °F	167 °F	68
マラヤ1号B側	良	不良	100 °F	150 °F	50
マラヤ2号A側	4エレメント 停止中	不良	42 °C	42 °C	0
マラヤ2号B側	良	不良	43 °C	48 °C	5

空気予熱器エレメント腐食対策の1つとして低 $O_2$ 運転を推奨したい。例えば0.4%硫黄分の燃料油を10%過剰 $O_2$ で燃焼させた場合と4.0%硫黄分の燃料油を1.5%過剰 $O_2$ で燃焼させた場合とでの腐食量はほぼ同じとされている。

現在使用されている燃料油は高硫黄分を含有したものであるため過剰 $O_2$ 1.0%程度の運転が望ましい。これによって排ガス中の硫酸分は減少でき空気予熱器エレメントの寿命を長くすることも可能である。

これは、排ガス中の過剰空気が減少することにより $SO_3$ の量が減少してこれと水蒸気( $H_2O$ )が反応してできる硫酸( $H_2SO_4$ )も減少することができる。

しかし、低 $O_2$ 運転を実施する場合解決しておかなければならない問題がある。

- (i) 燃焼システムを最良の状態に保つこと。これは制御システムが自動使用可能ということも含まれる。マラヤ2号の場合定差圧燃料油ポンプの使用は不可欠である。定差圧燃料油ポンプなしにバーナの完全燃焼を行うことはできない。
- (ii) バーナの管理を充分にし完全燃焼を成し遂げるべきである。
- (iii) バーナ入口部の燃料油温度を一定に保つべきである。
- (iv) 自動ボイラ制御装置の自動運転を実施すべきである。又空気流量制御系に先行信号回路を施し負荷変化時の燃焼不良を防止すべきである。
- (v) 精度の高い $O_2$ 分析装置を設置すべきである。

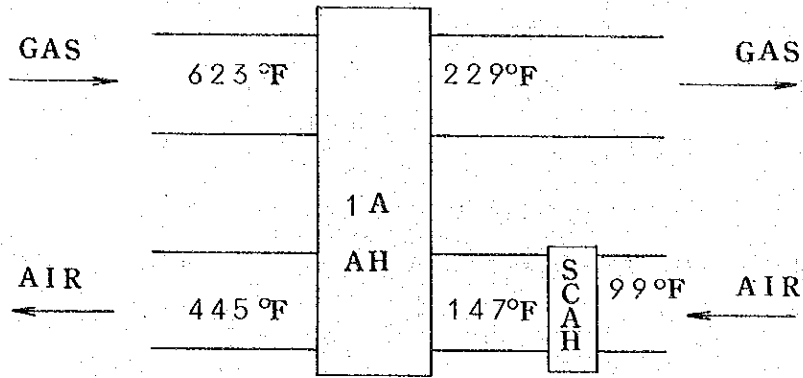
#### (d) 蒸気式空気予熱器

##### 1. マラヤ1号の現状

蒸気式空気予熱器は重要な機器である。これは空気予熱器低温部を保護している。したがって、蒸気式空気予熱器は常に良好な状態を保たねばならない。もし蒸気式空気予熱器がその機能を失ったならば空気予熱器低温部のエレメントは $H_2SO_4$ によって腐食されるであろう。

次図はマラヤ1号の実例である。

図 5M-26 マラヤ1号の空気・ガス温度

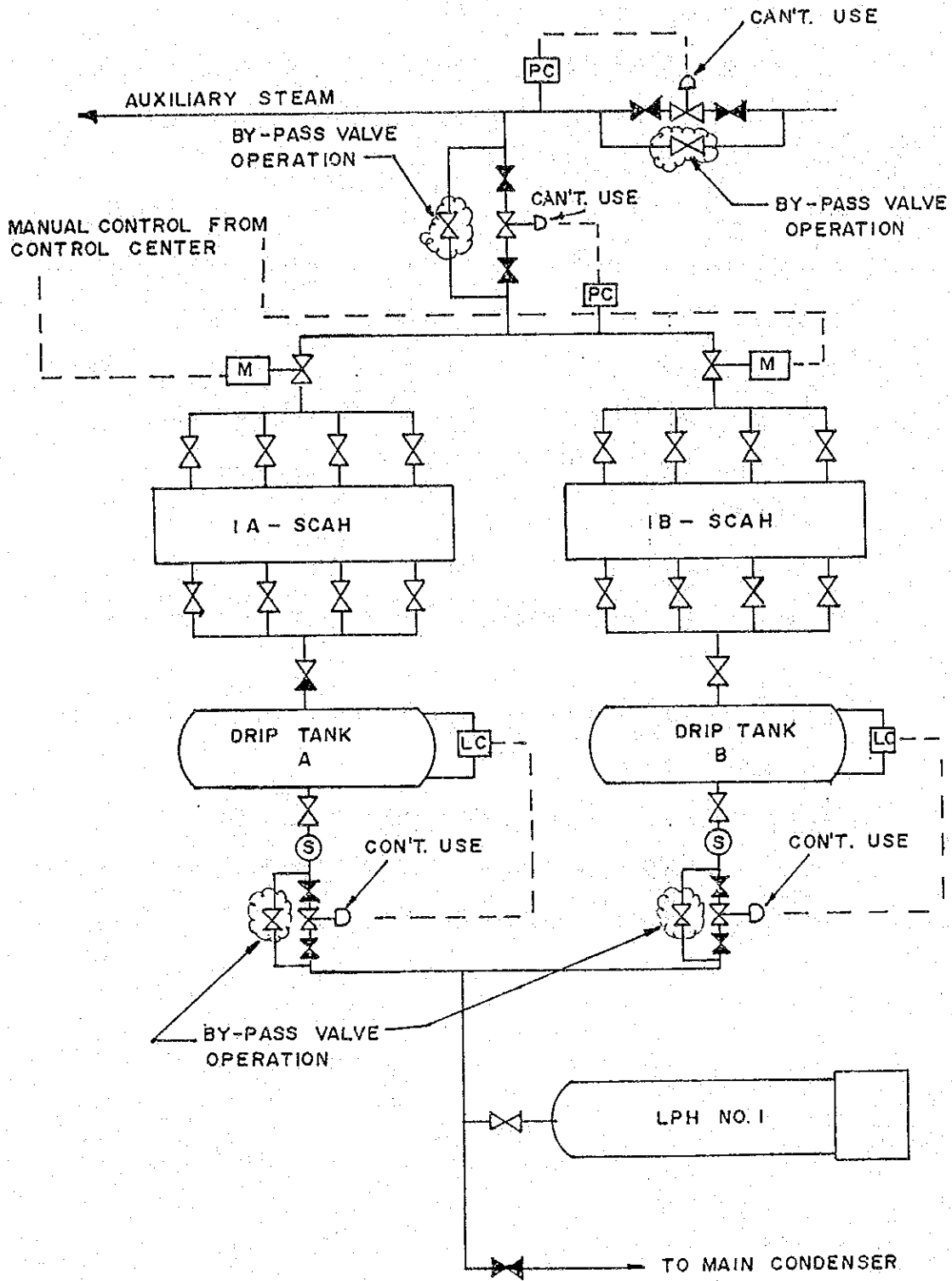


$$\text{ガス-空気平均温度} = \frac{229 + 147}{2} = 188 \text{ (°F)}$$

空気予熱器低温部エレメントは硫酸腐食を防止するため240°F以上のガス-空気平均温度が必要である。

マラヤ1号蒸気式空気予熱器の現状を下图に示す。

図 5M-27 マラヤ1号蒸気式空気予熱器の運転状況





## ii. マラヤ1号蒸気式空気予熱器についての考察

- (i) 蒸気式空気予熱器加熱用補助蒸気ラインにある2つの圧力調整弁が制御装置不良のため使用できない。そのため加熱用補助蒸気圧力は自動で調整されていない。
- (ii) 蒸気式空気予熱器温度調整弁(A、B共)全自動制御されていない。そのため蒸気式空気予熱器で空気予熱器低温部ガス-空気平均温度を一定に、そしてその制限値以上に保つことができない。
- (iii) A、B共ドレンレベル調整弁が自動で使用されていない。これは非常に危険である。もしドレンレベルが上昇した場合蒸気式空気予熱器出口の空気温度が低下するし、ドレンによって加熱蒸気が流れず蒸気式空気予熱器内での熱交換が行なわれなくなる。又もしドレンレベルが低下した場合は水と蒸気の混合により配管内でハンマーリングが発生する危険がある。そしてこれにより蒸気式空気予熱器のチューブリークを生ずる様な被害を受けるだろう。

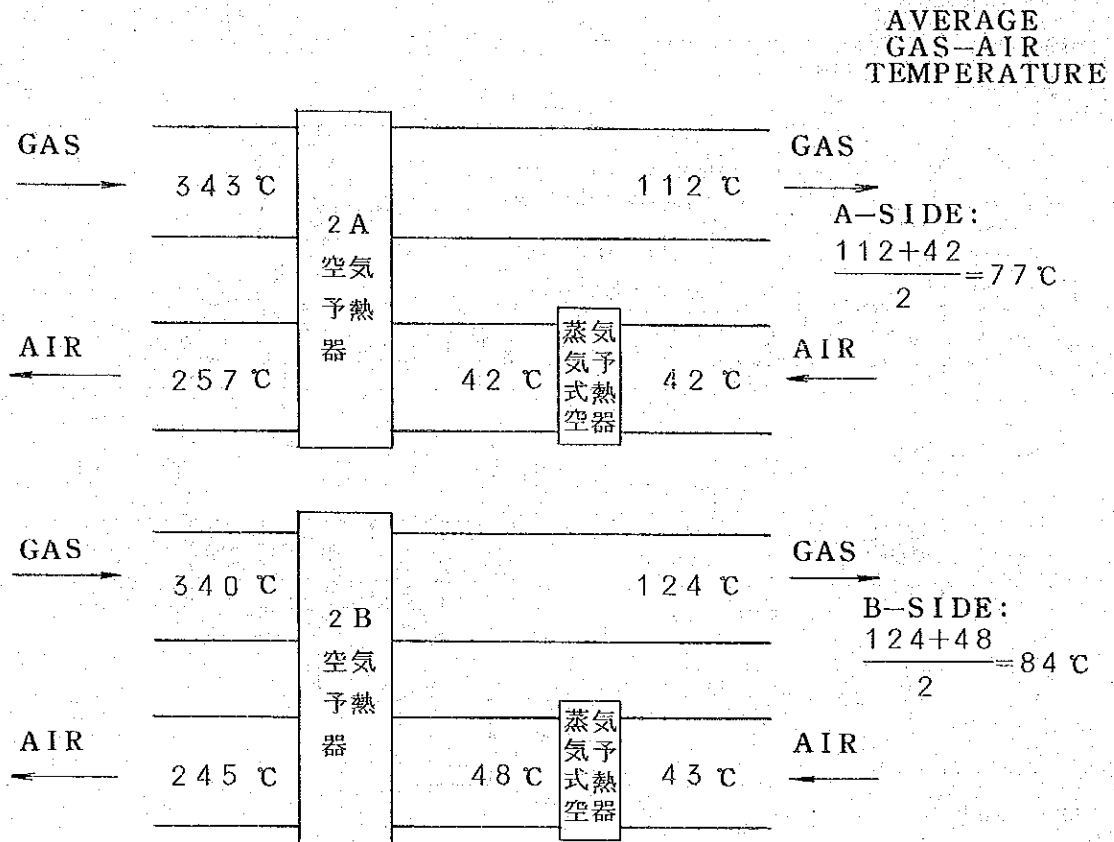
## iii. マラヤ1号蒸気式空気予熱器の対策

- (i) 直ちに蒸気式空気予熱器加熱用補助蒸気の制御機器を修理又は取替えるべきである。
- (ii) 直ちに蒸気式空気予熱器温度調整弁の制御機器を修理又は取替え、常に自動使用すべきである。
- (iii) 直ちにドレンレベル調整弁の制御機器を修理又は取替えるべきである。もしこれらの対策が実施されないならば空気予熱器低温部エレメントの腐食や蒸気式空気予熱器の損傷は解決できないだろう。

IV. マラヤ2号蒸気式空気予熱器の現状

下図はマラヤ2号の実例である。

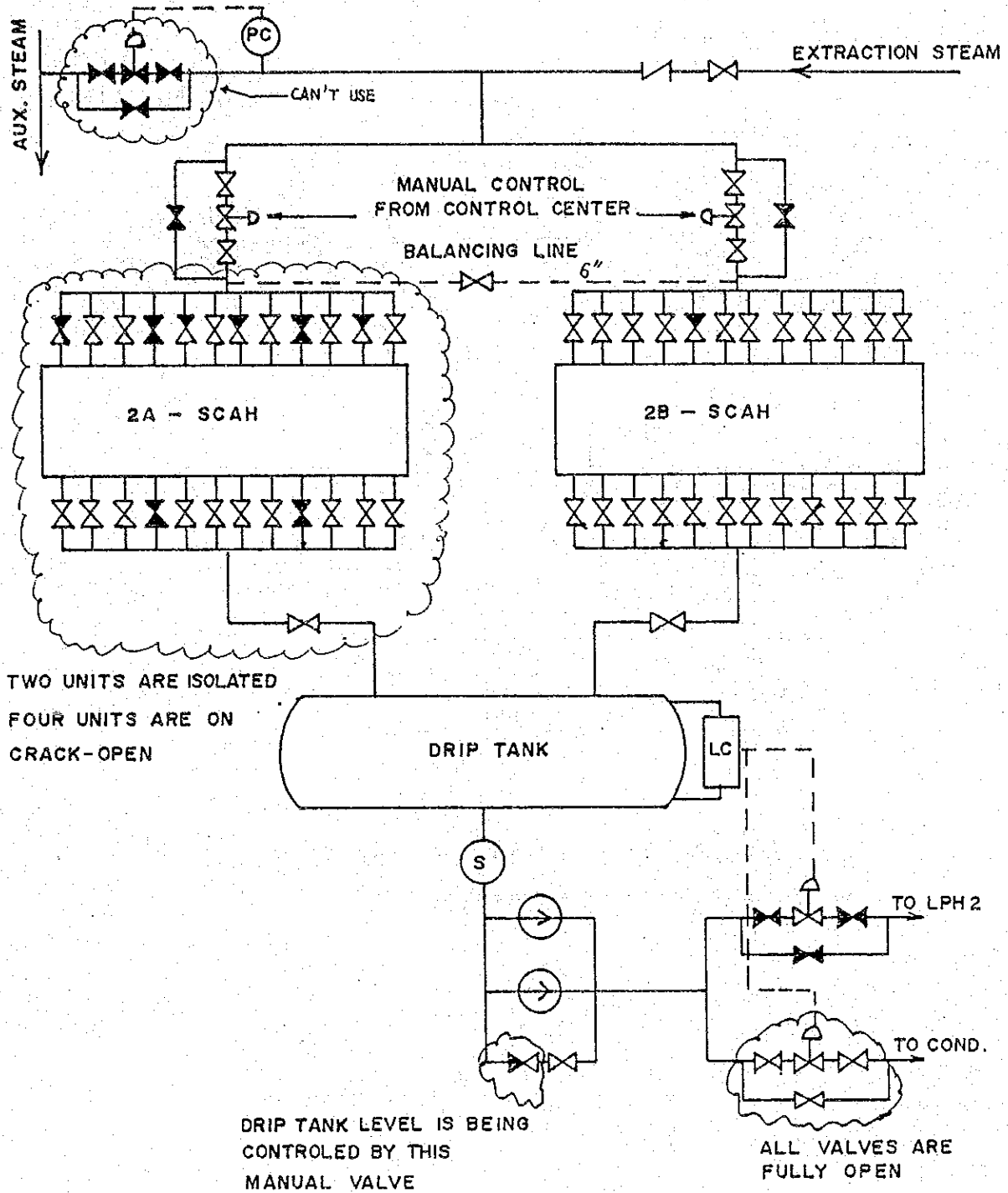
図 5 M-28 マラヤ2号の空気・ガス温度



空気予熱器低温部エレメントは硫酸による腐食を防止するために110°C以上のガス-空気平均温度が必要である。

マラヤ2号蒸気式空気予熱器の現状を下图に示す。

図 5 M-29 マラヤ2号蒸気式空気予熱器の運転状況



## V. マラヤ2号蒸気式空気予熱器についての考察

(i) マラヤ2号の蒸気式空気予熱器は2つの加熱源を持っている。1つはタービン抽気ラインからで、もう1つはボイラ補助蒸気ラインからである。しかし補助蒸気ラインはその圧力調整弁の制御装置不良のため使用されていない。そのためマラヤ2号蒸気式空気予熱器の加熱源はタービンからの抽気ラインだけである。

もし、タービンの負荷が減少した場合、抽気圧力も減少するが補助蒸気ラインからのバックアップがないため蒸気式空気予熱器への供給蒸気も減少してしまう。

(ii) 蒸気式空気予熱器温度調整弁(A、B共)は自動調整されていない。したがってマラヤ2号蒸気式空気予熱器は空気予熱器低温部のガス-空気平均温度を一定に、そしてその制限値以上に保つことができない。

(iii) バランスラインが温度調整弁の下流側に設置されている。この配管サイズは6インチである。これを使用した場合加熱蒸気の流れは、A側かB側の抵抗の小さい方へ流れることになるだろう。

(iv) A側蒸気式空気予熱器は現在12セクションあるヒーティングコイルの内2つがリークのため停止され4つが微開の状態で使用されている。

B側蒸気式空気予熱器は12セクションの内1つだけ微開の状態となっている。したがって2A-蒸気式空気予熱器の加熱蒸気はバランスラインを通過して2B-蒸気式空気予熱器側へ流れるだろう。その結果2A-蒸気式空気予熱器は燃焼空気を効果的に加熱することができないだろう。

(v) マラヤ2号蒸気式空気予熱器はドレンタンクがA、B共通となっている。この場合、A、Bどちらかのヒーティングコイルが破損した場合A、B間にアンバランスの状態を生ずる。

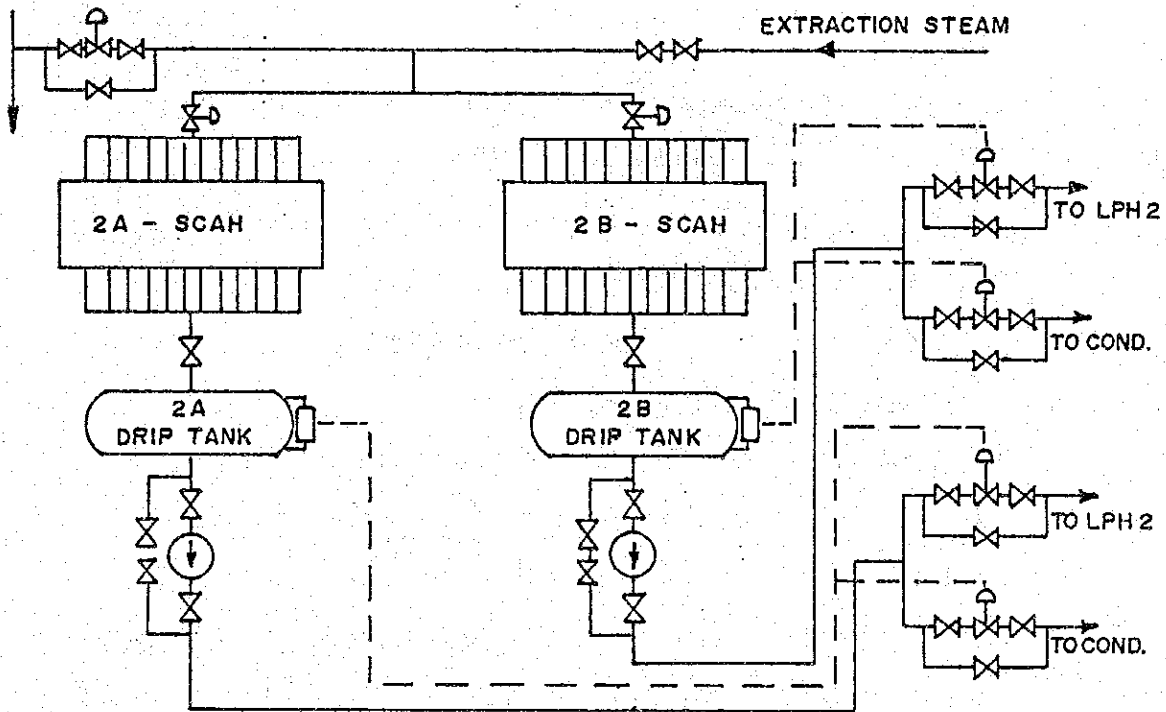
(vi) マラヤ2号蒸気式空気予熱器は2台のドレンポンプを持っているが、2台共使用できない状態である。

(vii) 蒸気式空気予熱器のドレンは直接復水器に戻っているがドレンタンクのレベル制御は自動制御されていない。したがってレベル調整はドレンポンプバイパス弁を手動で操作している。

VI. マラヤ2号蒸気式空気予熱器の対策

- (i) 直ちに加熱蒸気圧力調整弁、温度調整弁、レベル調整弁等の制御装置を修理又は取替えるべきである。
- (ii) 直ちにドレンポンプを修理し、それを自動的に使用すべきである。
- (iii) 下図の様な方法でドレンタンクを改造すべきである。
- (iv) バランスラインの連絡弁は閉めておくべきである。

図 5M-30 望ましい蒸気式空気予熱器系統



(e) 燃油ポンプ

i. 現状

マラヤ1号、マラヤ2号の主燃料油ポンプと燃料油加熱器廻りが汚れている。又いくつかの圧力計が破損している。

マラヤ2号の定差圧燃料油ポンプが運転されていない。

ii. 勧告

- (i) 事故防止のために主燃料油ポンプと燃料油加熱器廻りをきれいにすべきである。(マラヤ1、2号)
- (ii) できるだけ早く破損している圧力計を修理又は交換すべきである。

(マラヤ1、2号)

(iii) 直ちにマラヤ2号の定差圧燃料油ポンプを修理又は取替るべきである。

(f) 補助蒸気系統

i. 現 状

補助蒸気系統にある圧力調整弁で自動制御されているものは1つもない。したがって、マラヤ1、2号共十分な補助蒸気の供給が行なわれていない。さらに補助蒸気の漏洩している個所がたくさんある。

ii. 勧 告

(i) 直ちに補助蒸気ラインの圧力調整弁制御機器を修理すべきである。

(ii) 補助蒸気ラインの全ての漏洩個所を修理すべきである。

(g) 空気圧縮機

i. 現 状

マラヤ1号について、マラヤ1号A所内空気圧縮機は振動と異音がある。そしてこの圧縮機は82 Psi付近で連続ローディングとなっている。

マラヤ1号B制御空気圧縮機は86 Psi付近で連続ローディング状態となっている。又所内空気からのバックアップ圧力調整弁は全開となっており、その前後手動弁全閉されている。

マラヤ2号について、マラヤ2号A及びB制御空気圧縮機2台が連続運転され、しかも6 kg/cm<sup>2</sup> g 付近で連続ローディング状態となっている。

又所内空気からのバックアップ圧力調整弁も又全開となっており、その前後手動弁が全閉されている。これらの圧縮機の1つはシリンダー部に異音がある。

ii. 勧 告

(i) マラヤ1号A所内空気圧縮機をできるだけ早く分解点検すべきである。

(マラヤ1号)

(ii) 所内空気バックアップ圧力調整弁を点検すべきである。(マラヤ1、2号)

(iii) 制御空気の漏洩個所を探し速やかに修理すべきである。(マラヤ1、2号)

(V) 毎直1回制御空気と所内空気レシーバーのドレンを抜くべきである。  
(マラヤ1、2号)

(M) マラヤ2号圧縮機とその付属設備に識別マークをつけるべきである。  
(マラヤ2号)

(h) 燃料油貯蔵タンク

i. 現 状

タンクヤード内に背の高い雑草が茂っていて操作員の巡視や点検を妨げている。又、配管、バルブ類、制御機器等が腐食されている。

No. 2貯蔵タンクのサクションヒーター制御機器が破損している。

ii. 勧 告

(i) タンクヤード内は操作員が点検のため入り安い様常に整備されるべきである。

(ii) タンクヤード内の管理を定期的な予防保守によって良くすべきである。

又操作員による巡視についても同様その方法を改善すべきである。雑草駆除のため化学薬品の使用も効果がある。

(i) 灰処理装置

i. 現 状

マラヤ1、2号の灰処理装置は硫酸による腐食のためひどい損傷を受けている。NAPOCORは今これらの灰処理装置のためにリハビリテーション計画を実施しつつある。

ii. 勧 告

(i) マラヤ1、2号の灰処理装置をできるだけ早く修理すべきである。

(ii) 灰処理装置のための補機や付属設備の管理を十分にすべきである。

(iii) 灰処理に使用される電源や補助蒸気を設備面で強化すべきである。もしガス漏洩を発見したならば直ちに修理すべきである。

(iv) 常に灰処理の装置や床を整備すべきである。燃焼ガスがあると腐食される。

(j) スートフロア

i. 現 状

マラヤ1、2号は空気予熱器エレメントを掃除するため空気予熱器スートフロアを連続使用している。しかしながらラック型スートフロアは過熱器や

再熱器チューブのために使用されていない。又多くのラック型スタートプロアが故障している。

## ii. 勧告

- (i) 空気予熱器低温部のガス-空気平均温度が低い条件のもとで空気予熱器スタートプロアを連続使用することは望ましくない。
- (ii) 過熱器や再熱器チューブのためにラック型スタートプロアを使用すべきである。
- (iii) 故障中のラック型スタートプロアを修理すべきである。

## (k) バーナ室

### i. 現状

マラヤ1号のバーナ室内に燃焼ガスが充満している。

マラヤ2号のバーナ室内には燃料油がこぼれている。

### ii. 勧告

- (i) マラヤ1号のバーナ室の換気装置を改善すべきである。(マラヤ1号)
- (ii) しっかりした管理によりバーナ室の清掃作業を定期的の実施すべきである。(マラヤ1、2号)
- (iii) バーナ部に油受缶とドレン受け皿を設置すべきである。



c. タービン

(a) タービン本体

1. 現 状

マラヤ1号について、1980年11月29日、マラヤ1号タービンは振動が増加して停止した。タービンメーカーの報告書によると、この原因は低圧第1段タービン内の羽根折損によるものとされている。現在この低圧第1段タービンはタービンメーカーによって仮修理が施されている。この修理は低圧動翼のバランスを取るため一部切断することにより処理されている。その他マラヤ1号タービンの状態としては、高圧、中圧タービンのインナーケーシングや静翼が固形微粒子の様なもので浸食されている。シールストリップが悪質な蒸気によって損傷している。タービクロスオーバー管のエキスパンションジョイントが過度な伸縮、応力腐食によるクラック、振動等によって損傷している。低圧ブレードは蒸気領域の内で高残留応力による応力腐食を形成している。グラントスチームの漏洩が多いLP-2タービンと発電機間、特に低圧第1、2タービン間が多い。グラントスチームシール圧力調整弁が手動で全開されている。自動使用とした場合シール圧力が下り復水器の真空が低下するためである。シール圧力の設定値は $1.1 \text{ kg/cm}^2 \text{g}$ であるがラビリンスパッキン不良のためと推定できる。

フロントスタンダードにあるジャッキングボルトが1本曲っている。EH Cパネルや圧力スイッチ廻りが非常に汚れている。フロントスタンダード廻りのクレーニングがはずされていりして、正しく設置されていない。

高圧タービンフロントスタンダード下部にある種々の配管保温材が振動やハンマーリング等により脱落している。

マラヤ2号について、1980年10月9日マラヤ2号タービンは350 MWでトリップしている。トリップ後、電氣的な故障により非常用電源が供給されなかった。タービンメーカーの報告書によるとタービンの損傷は下記の通りである。

No. 1 ~ No. 8 軸受が潤滑油そり失により溶解、スラスト軸受前側パッドが潤滑油そり失により溶解、この事故処理はそれぞれの軸受を新品に取り替えて処理されている。マラヤ2号の主塞止弁(右側)はそのテスト機構であ

る油圧式パイロットバルブシステムが折損したため現在溶接にて仮処置されている。

## ii. 勸告

(i) 主タービン補助油ポンプ、ターニング・ギア・ポンプ、非常用油ポンプの自動起動テストを毎週実施し操作員はその運転状態を確認すべきである。(マラヤ1、2号)

(ii) 次回定期点検時タービンメーカーが勸告した設備の点検、修理を実施すべきである。(マラヤ1号)

(iii) 定期点検時、現在仮処置されているマラヤ1号タービン低圧動翼の取替えを実施すべきである。(マラヤ1号)

(iv) 定期点検時ラビリンスパッキンを点検すべきである。又定期点検前にラビリンスパッキンの在庫を調べ材料を準備し可能ならば全てのラビリンスパッキンを取り替えるべきである。

定期点検後グラッドスチーム圧力調整器の状態を確認すべきである。これはタービン起動中全自動で使用されなければならない。

(v) 変形しているフロントスタンダードのジャッキングボルトを新品に取り替えるべきである。

(vi) ユニット停止中にフロントスタンダード廻りやEHCパネルを完全に清掃すべきである。

(vii) 全てのグレーチングを正しく設置すべきである。(マラヤ1、2号)

(viii) 破損した配管保温材をできるだけ早く修復すべきである。

(ix) マラヤ2号タービン主塞止弁のパイロットバルブシステムをできるだけ早く新品と交換すべきである。(マラヤ2号)

主塞止弁の開閉テストを1日3回実施しているが、現在パイロットバルブシステムが仮修理されている状態なので1日1回が望ましい。又タービンメーカーの勸告は1日1回実施となっている。(マラヤ2号)

## (b) タービン・フロア

### i. 現状

タービン・フロアが予備品の置場となっている。又定期点検用工具やジグもここに置かれている。これはタービン・フロアを悪くすると共にマ

ラヤ2号タービン・フロアにおいては重量物のために床の鉄板が変形している。これは非常に危険な状態である。

## ii. 勸告

- (i) タービン・フロアに置いてある予備品、工具類を正規の場所に移すか倉庫に移動すべきである。もし倉庫がすでに満杯の場合は、仮の倉庫か予備品用倉庫を設けるべきである。

d. タービン補機

(a) 復水器廻り

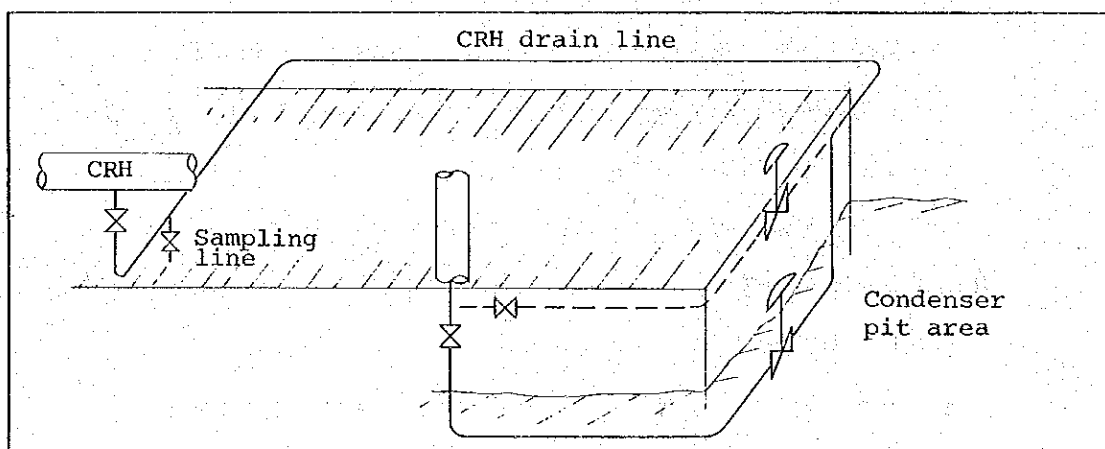
i. 現 状

マラヤ1号について、復水器廻りが非常に汚れている。多くの配管が汚水と接触して腐食されている。例えば低温再熱管のドレン配管である。もしこの配管が汚水により腐食されると再熱器チューブなどが汚染されるだろう。マラヤ2号について、復水器の検塩ポンプが汚水の中に水没して使用できず廃棄されている。

ii. 勧 告

- (i) 復水器検塩装置を新品に取り替えるべきである。(マラヤ2号)
- (ii) 復水器サンプピットを常にきれいな状態に保つべきである。  
(マラヤ1、2号)
- (iii) 復水器サンプポンプの定例予防保守点検を実施すべきである。  
(マラヤ1、2号)
- (iv) マラヤ1号復水器ホットウェルタンクに検塩装置を設置すべきである。  
(マラヤ1号)
- (v) 低温再熱管のドレン配管を下図の様に配置変更すべきである。  
(マラヤ1号)

図 5 M-3 1 低温再熱管ドレン系統(マラヤ1号)



(b) 復水器

JICA調査団はマラヤ1、2号の復水器チューブ漏洩状況について調査した。調査結果は図5M-32及び図5M-33に示す。

i. マラヤ1号復水器についての解析(図5M-32)

- (i) 1978年8月まではA、B側共チューブ漏洩はわずかであった。
- (ii) A側チューブのプラグ数は1978年8月から12月の間で急激に増加している。この間B側は正常である。このことはタービー羽根の切損等による外部破壊を復水器チューブが受けたと想像できるが、確証できるまでには至らなかった。
- (iii) 復水器チューブのブラッキングは、1978年12月1980年12月(2年間)行われていない。しかし、チューブリーク量は増加している。その上、この間に塩素注入が中止されている。
- (iv) 1981年1月から1982年1月の間A、B側共プラグ数の比率は増加している。
- (v) 1982年1月から1982年7月の間までにプラグ数の比率は急激に増加している。これはマラヤ1号復水器が現在注意を必要とする状態であることを意味している。
- (vi) 1982年8月現在のプラグ数は下記の通りである。

A側 531本(3.05%)

B側 517本(3.05%)

分析結果として現在はブラッキングチューブの数はそれ程多くないが、マラヤ1号復水器は図5M-32に示されている様に、近い将来復水器チューブリークの問題を持つであろうと推測できる。

ii. マラヤ2号復水器についての解析(図5M-33)

- (i) 1982年6月現在、A側復水器チューブのブラッキングは営業運転開始からわずか2回しか実施されていない。しかし1982年6月までに3177本(31.52%)のチューブがブラッキングされている。

この現象は異常であり驚異的なことである。又これは、1981年1月から1982年6月までの間にチューブリークのためホットウェル内の復水が汚水により汚染されたということを意味している。なぜならば短期間

に2847本のチューブがリークするという事は不可能に近いからである。だから復水の分析装置を強化することは必要である。もし電導度計が正常に使用されていたならば復水器チューブの漏洩は直ちに検出できたであろう。しかしこの検出装置は冠水して破壊されている。

(ii) 1982年8月までにB側復水器チューブは4回のブラッキングを実施している。1982年2月では133本(1.32%)のチューブがプラグされた。しかしながら1982年6月において合計1229本(12.19%)のチューブがプラグされている。

(iii) 1982年2月から6月の間にB側チューブのブラッキング増加率は驚異的である。このことはマラヤ2号復水器チューブが危険状態にあることを意味している。

そしてマラヤ2号ユニットは図5 M-33に示す様近い将来復水器チューブリークのため大きな問題に遭遇するであろうと推測する。この問題についてNAPOCORは全チューブをアルミプラス材のチューブに交換する計画を進めている。

JICA調査団は新しいチューブの予防保全計画を立てることを推奨する。

図 5M-32 マラヤ 1 号復水器チューブの推移

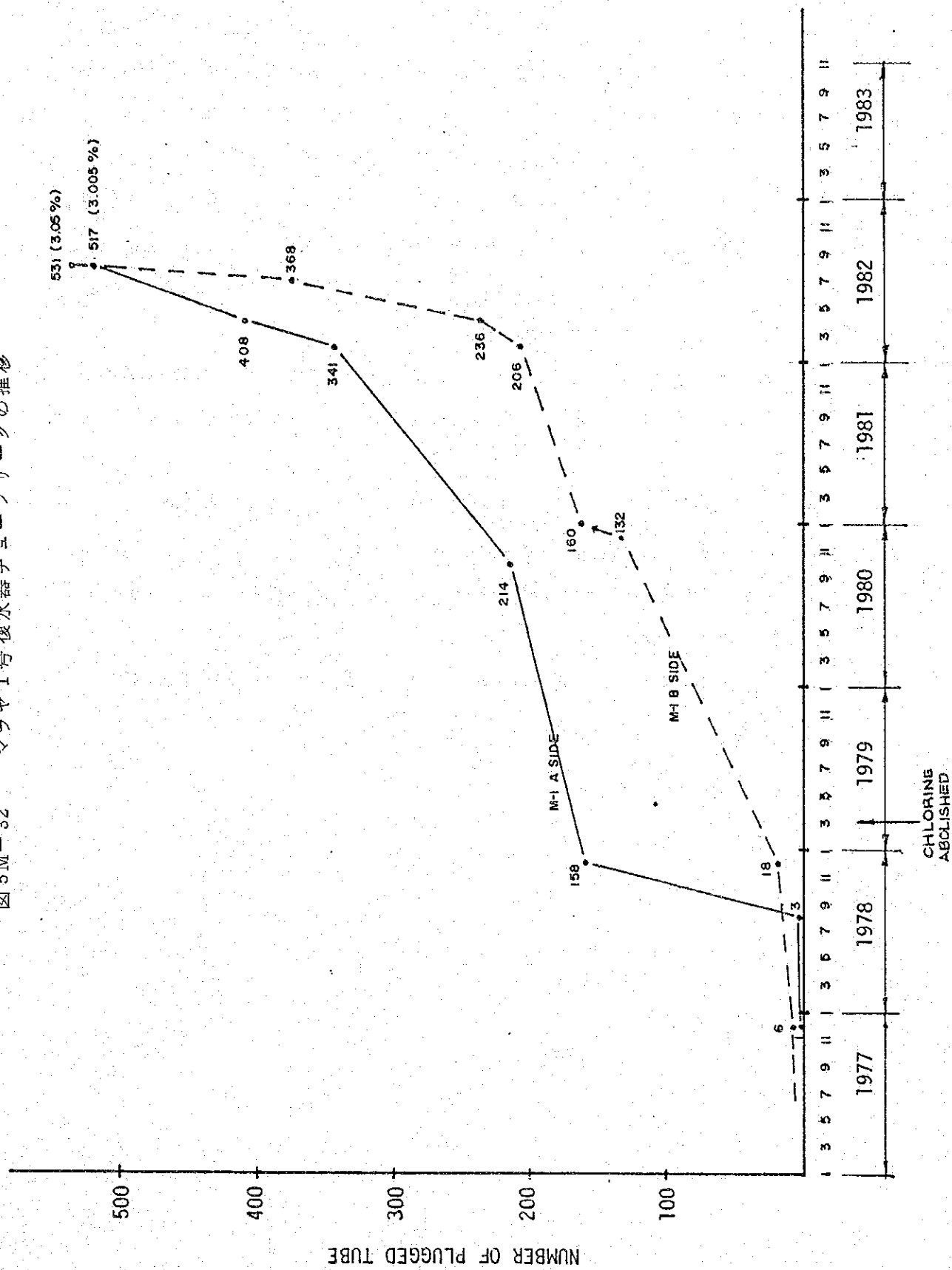
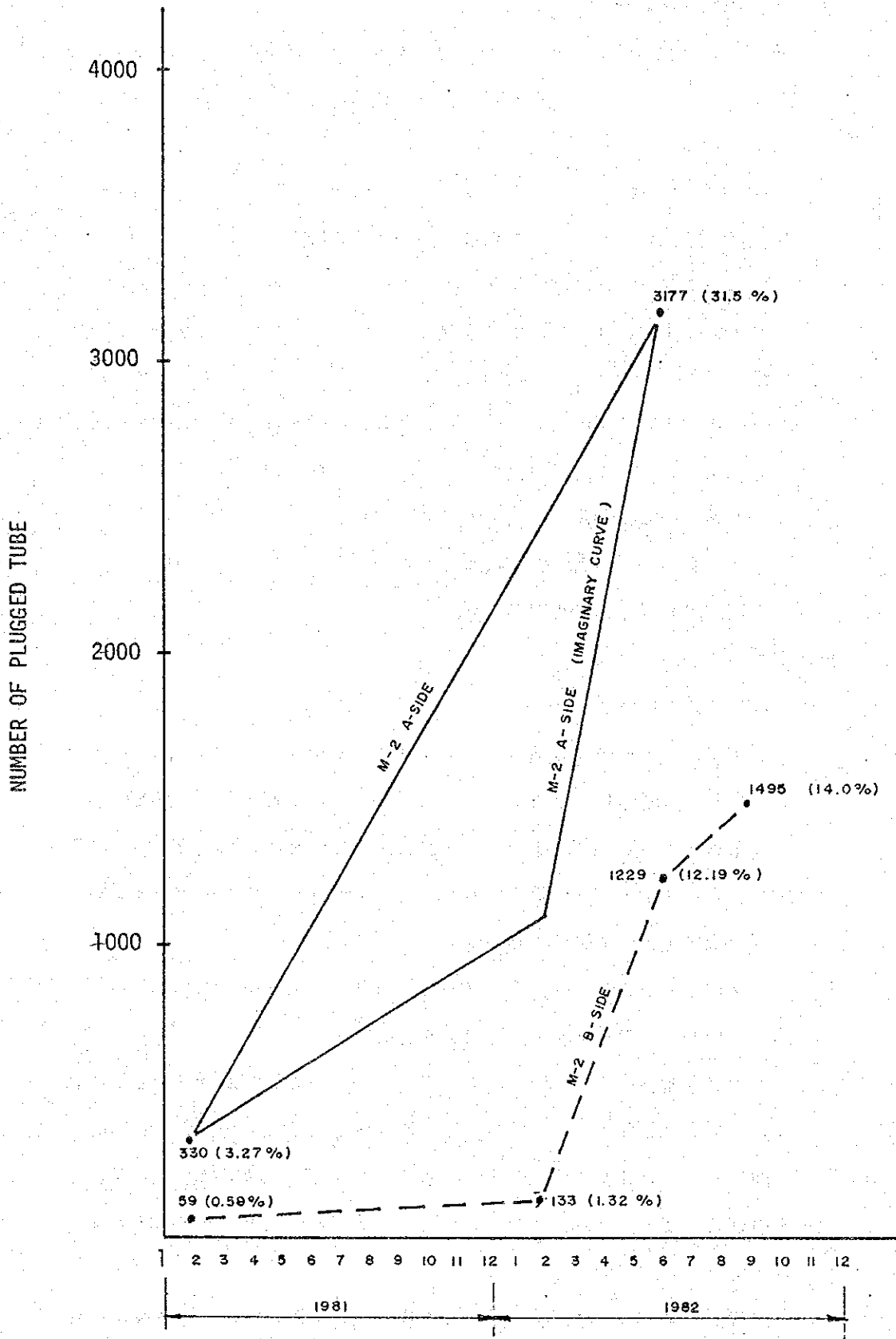


図 5M-33 マラヤ 2 号 復水器チューブブリークの推移





### iii. 復水器腐食防止対策について

日本では、復水器チューブリークの主な原因は、インレットアタックとデポジットアタックである。復水器チューブ破損はインレットアタックによって増加される。

これは電解、腐食でチューブ内の冷却水流速の増加、気泡、冷却水の流れの変化等によるチューブ内面の保護被膜のはく離等が原因となる。

又復水器チューブはデポジットアタックによっても腐食される。これは局部腐食で貝、木片、異物等が復水器チューブ内に堆積された時りず流効果により腐食されるものである。異物がチューブに付着すると、チューブの保護被膜を破壊する様りず流効果が生ずる。これは最後に復水器チューブを破壊する。復水器チューブの寿命を延ばすため下記の様な対策が考えられる。

- (i) 復水器への異物侵入を防止する。
- (ii) 復水器チューブ内面に保護被膜を作る。
- (iii) 電気防触装置の運転監理を充分にする。

### iv. 実際の方法

#### (i) 塩素注入（参考）

塩素注入は生物による腐食、スライムによるチューブの閉塞、バクテリア腐食などの予防に対してもっとも効果がある。塩素注入量は復水器にとって重要であるが、復水器チューブ腐食防止のために0.5 ppm 以上の濃度で塩素注入することは望ましくない。塩素の正しい注入量は復水量チューブの状況に応じて決定されなければならない。

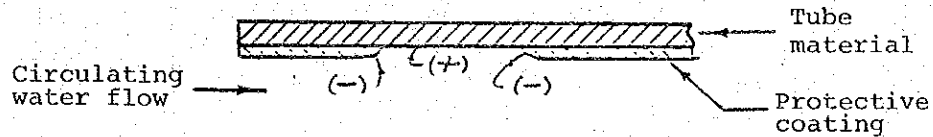
マラヤ1号に関しては、1979年3月まで0.2 ppm の塩素注入を実施していたがこの量は妥当な値であろう。

マラヤ1号復水器チューブ・プラグングのデータ（図5M-32）によると、プラグ数はマラヤ発電所が塩素注入を停止した1979年以降増加傾向にあった。さらにマラヤ2号復水器については、運転開始以来塩素注入の経験がない。しかしプラグされたチューブの数はチューブがステンレスにもかかわらず増加している。

漏洩したチューブの分析結果により塩素注入装置の復元とその運転を考慮する必要があるだろう。

(iii) 硫酸第一鉄の注入について(参考)

復水器チューブの摩耗は大きな問題である。復水器チューブの内面にある保護被膜は冷却水の流れなどによって簡単に破壊されることがある。その結果、復水器チューブは腐食や保護被膜の破損した部分(+)と保護被膜が残っている部分(-)に生ずる電池作用によるガルバニックアタックを受ける。



硫酸第一鉄を復水器へ注入することによりチューブ内面に新しい保護被膜を形成することができる。注入方法を下記に示す。

(A) 初期注入

初めの3ヶ月は1.0 ppm濃度で1日1時間程度の注入。

(B) 3ヶ月後の注入

1.0 ppm濃度でチューブ状態により1週間~10日に1度、約1時間の注入が望ましい。

(注) 注入間隔は注入により形成される被膜の形成状態により異なる。これは実際にチューブを点検して決定されるべきである。

ここに硫酸第一鉄の注入方法を図示する。

図 5 M-34 マラヤ1号用の硫酸第一鉄の注入系統

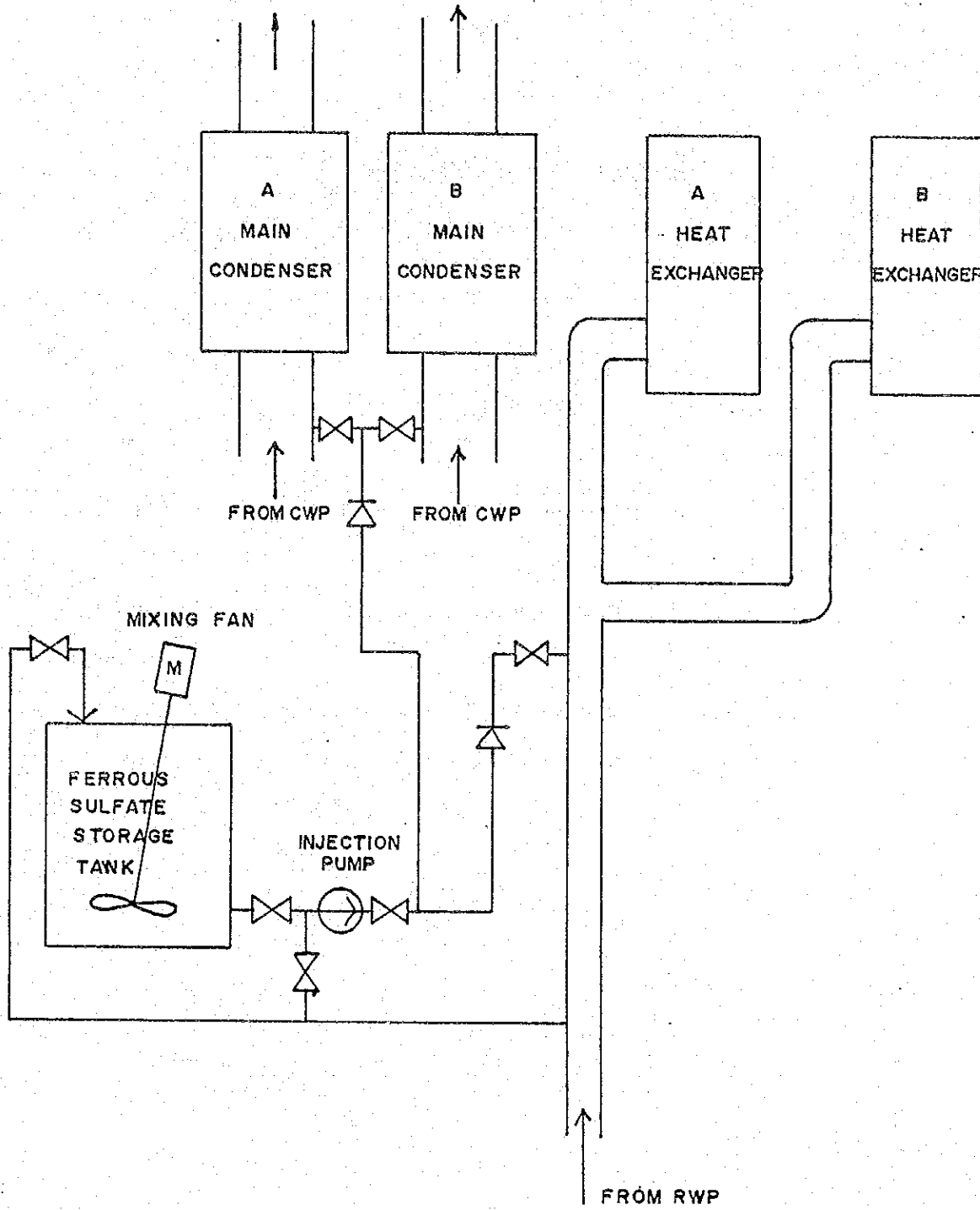
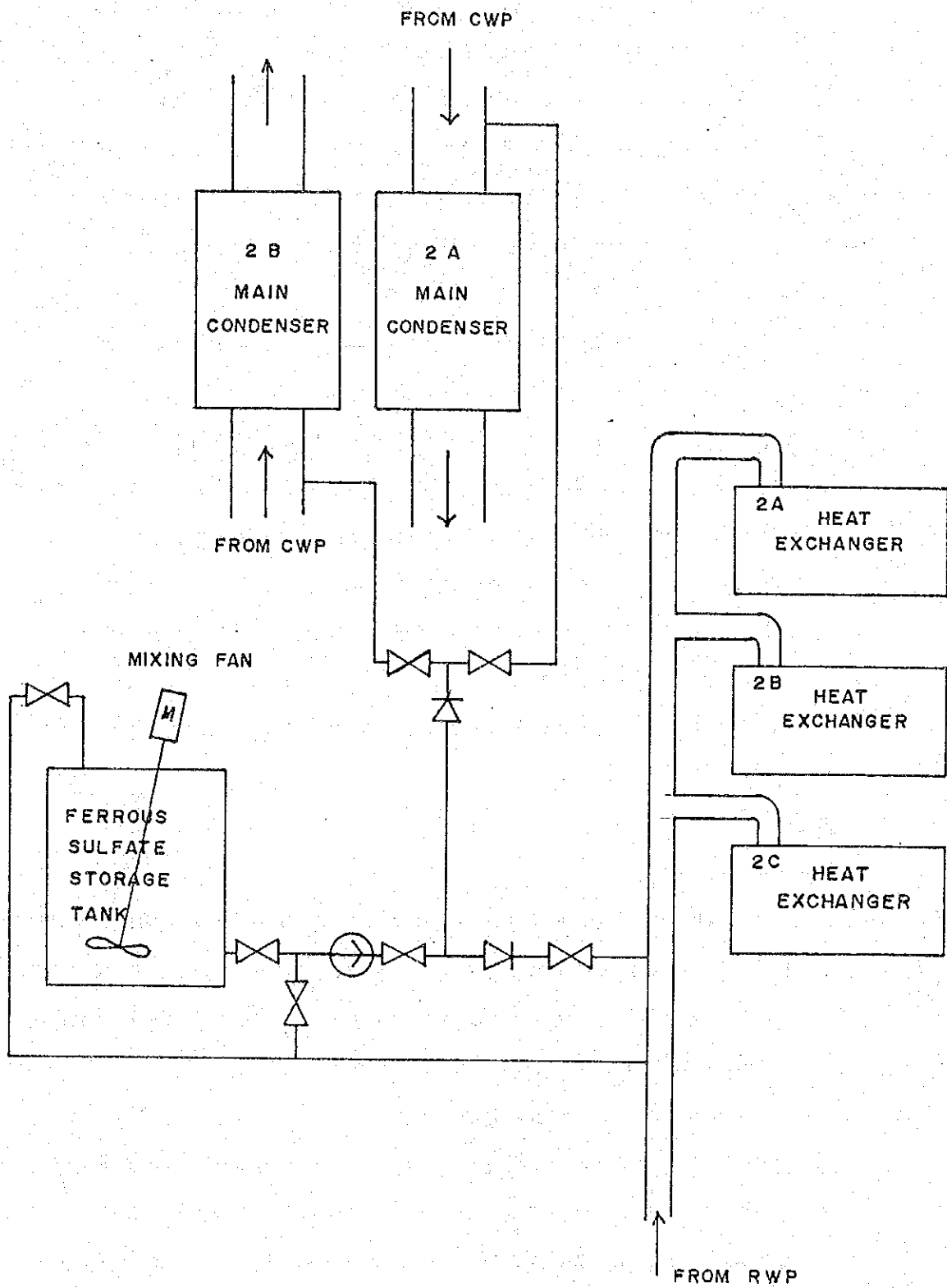


図 5M-35 マラヤ 2 号 硫酸第 1 鉄の注入系統



#### (iii) 電気防食装置の管理

電気防食装置の有効範囲は非常に狭く主に水室周辺に限定されチューブシートやチューブシートから約500 m/mぐらゐの復水器チューブまでである。したがって電気防食装置は復水器水室のインレットアタックに対して効果がある。又デポジットアタックによる水室の腐食予防にもなる。

電気防食装置は常に管理良く保たなければならない。又電気防食装置の運転データの記録を取り運転状況を常に把握することが大切である。これは、化学グループの日常記録シートに記載されると良い。

#### (iv) 勧告

- \* マラヤ1号復水器の予備チューブを購入する手続を早め、ブラクされている全てのチューブを取り替えるべきである。
- \* 定期点検時復水器チューブのクラック、腐食、肉厚等をチェックするため、うず電流測定器の使用を採用すべきである。(マラヤ1、2号)
- \* 電気防食装置の管理を良くすべきである。(マラヤ1、2号)
- \* ボールクリーニング装置を修理すべきである。(マラヤ2号)
- \* チューブリークテストを片側実施した場合もう一方のリークテストも同時に実施すべきである。(マラヤ1、2号)
- \* 漏洩したチューブの分析を行い、それに対する対策を決めるべきである。(マラヤ1、2号)

#### (c) マラヤ2号ボールクリーニング装置

##### i. 現状

この装置は1980年おら使用されていない。使用された期間は6ヶ月にも満ない。それは運転中に多くのボールを失いスペアボールまで失ってしまったためである。その後上部スクリーンや下部スクリーンのモーターが冠水して使用不能になっている。

##### ii. ボールクリーニング装置の目的

この装置は2つの目的を持っている。1つは復水器真空を良い状態に保つことであり、もう1つはデポジットアタックからコンデンサーチューブを保護することである。復水器真空はタービンにとって最つとも重要な要素である。

もし真空が低下すると、タービンは排気室の温度上昇、タービン振動、ユニット出力減少等の不具合を生ずることになる。

又もし貝や木片、異物などが復水器チューブ内に堆積するとデポジットアタックによる腐食の原因となるだろう。したがってボールクリーニング装置は定期的又は必要に応じ運転されるべきである。

### iii. 復水器

- (i) できるだけ早く故障機器を修理すべきである。
- (ii) 添付表(表5M-2)に従いボール回収率低下の原因を調査すべきである。
- (iii) 5000個程度のスペアボールを常に用意して置くべきである。
- (iv) ボール回収率を毎日記録し、もし連続して2回以上ボール回収率が50%以下になったら復水器とボールクリーニング装置を点検すべきである。

表 5 M-2 ボールクリーニンング装置のボール回収率増加対策

No	原因	状況	対策
	補集スクリーニングの異常	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上部、下部スクリーニングの開度が不十分</li> <li>・ 上部、下部スクリーニングの損傷</li> </ul>	上部、下部スクリーニングを点検し、異常部を全て修理又は取替えを行う。
	スクリーニング上に異物が堆積する。	異物によりスクリーニングにボールが停滞しボールが回収器に戻ってこない。	上部、下部スクリーニングを点検、掃除する。ボールクリーニンング装置運転前にスクリーニングを逆洗する。
	復水器水室内の異物の堆積	復水器チャネープが異物で詰り水室内にボールが残ればボールが循環できなくなる。	復水器内部点検を行い水室内を清掃する。
	異物によるボール循環配管の詰り	ボールがボール循環配管内をスムーズに循環できない。 ボール循環ポンプ容量が水頭損失等により減少。	ボール循環配管の点検、清掃を行う。
	水室内でのボールの浮遊	ボールが復水器水室の上部に浮遊し、そのまま残ってしまふ。	ボールを回収器に入れる前ボールが沈むまでボールに充分水をふくませる。

(d) マラヤ1号の給水加熱器

JICA調査団はマラヤ1号の給水加熱器チューブ漏洩について調査したがその結果を図5M-36に示す。

1. 図5M-36の解析

(i) 低圧給水加熱器

低圧第1給水加熱器はプラグしたチューブがない。

低圧第2給水加熱器はプラグしたチューブは2.66%で少なく問題ない。

低圧第3給水加熱器は1980年7月にヒーターを新しく取り替えたにもかかわらず、1982年7月現在で14.9%のプラグされたチューブを持っている。このチューブリークの増加率は異常である。

(ii) 高圧給水加熱器

高圧第5A給水加熱器は1979年2月から9月の間急激にチューブリークの増加率が上昇している。その後、1979年9月から1981年12月の間チューブリークの増加率は減少している。

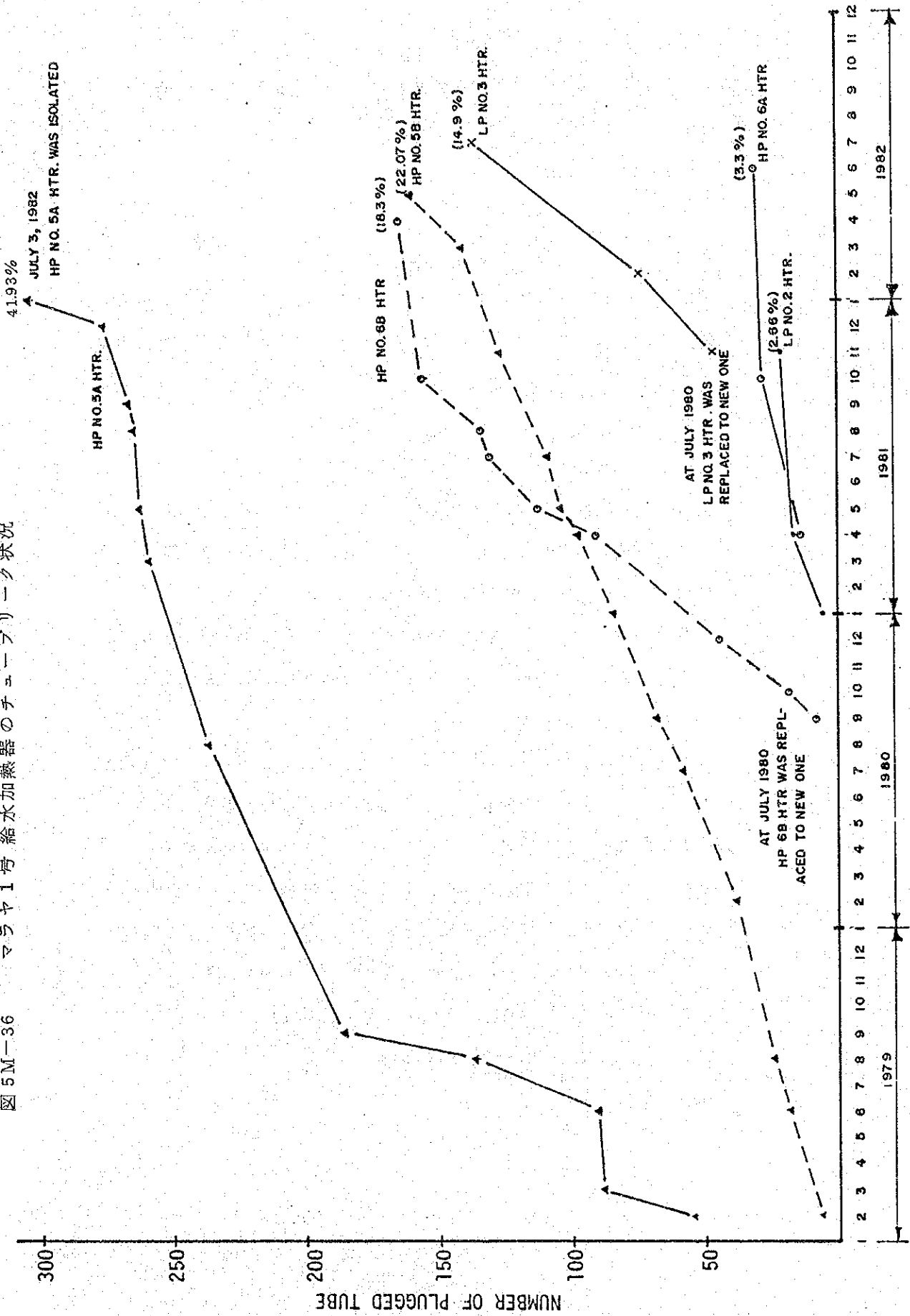
しかし、チューブのプラグ数は増加を続け1982年1月には41.92%に達している。1982年7月この加熱器はチューブ全数をプラグすることによって系統から除外された。

高圧第5B給水加熱器はほぼ一定の増加率で、チューブリークが発生しており、1982年3月現在22.07%である。高圧第5A給水加熱器と高圧第5B給水加熱器とのチューブリークのちがいについては他のデータで述べる。高圧第6A給水加熱器は非常に良い状態で、1982年6月現在プラグされたチューブは3.3%である。高圧第6B給水加熱器は1980年7月にヒーターを新しいものに取り替えている。しかし、その後もチューブリークは増え続け、1982年4月現在18.3%に達している。

高圧第6A給水加熱器と高圧第6B給水加熱器とのチューブリークの差については他のデータで述べる。



図 5M-36 マラヤ 1 号 給水加熱器のチューブブリーク状況



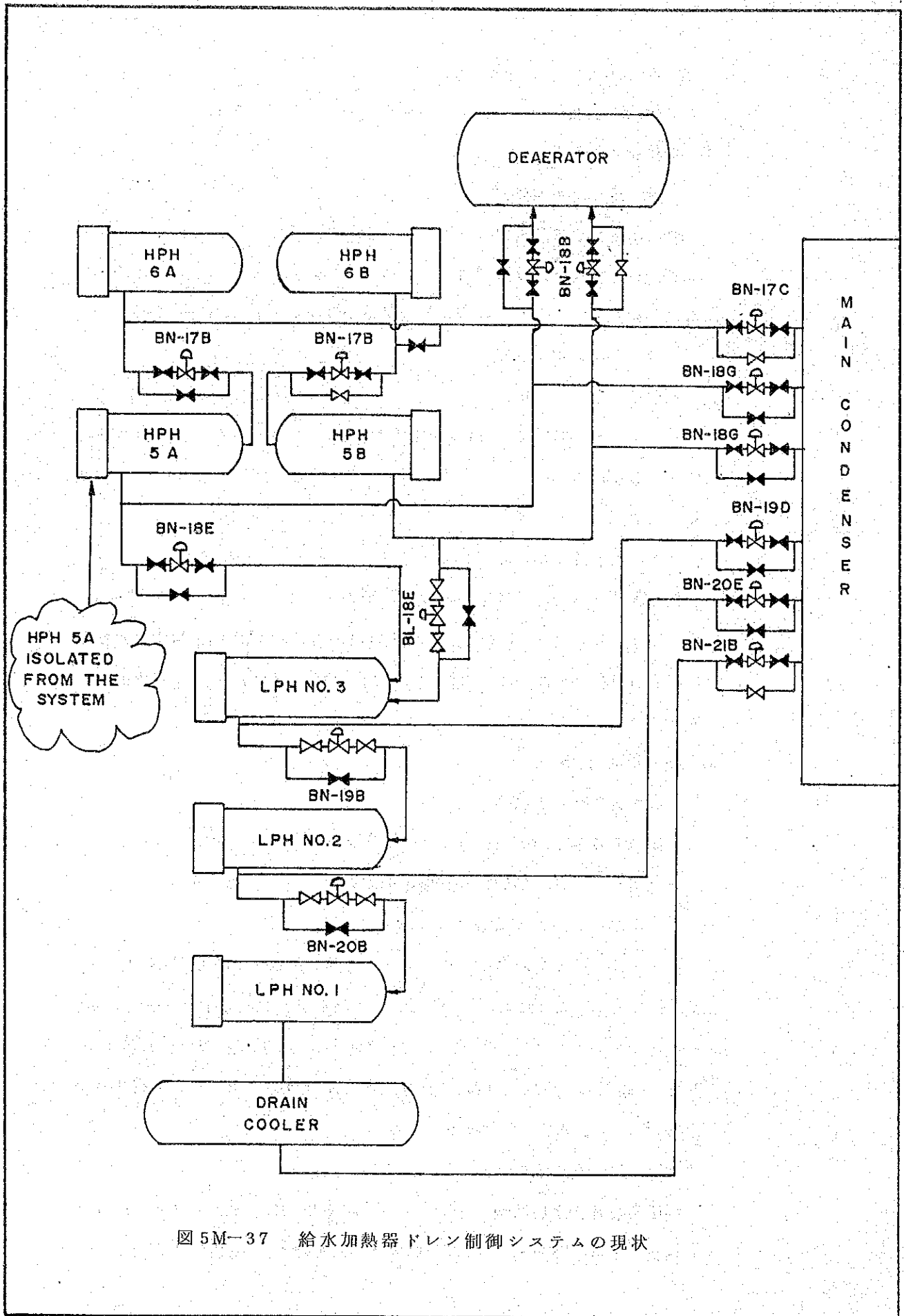


図 5M-37 給水加熱器ドレン制御システムの現状

## ii. 現状の解析

ここで給水加熱器のドレンレベル制御について現状を解析する。

### (i) 低圧給水加熱器

#### 低圧第1給水加熱器

低圧第1給水加熱器のドレンレベル調整弁(BN-21b、低圧第1給水加熱器→復水器)は故障中でバイパスされている。したがって低圧第1給水加熱器のドレンレベルは現在手動調整されている。

#### 低圧第2給水加熱器

低圧第2給水加熱器は2つのレベル調整弁(BN-20b、BN-20e)を持っている。BN-20b(低圧第2給水加熱器→低圧第1給水加熱器)は現在自動制御されている。しかしBN-20e(低圧第2給水加熱器→復水器)は故障中である。

#### 低圧第3給水加熱器

低圧第3給水加熱器は2つのレベル調整弁(BN-19b、BN-19d)を持っている。BN-19b(低圧第3給水加熱器→低圧第2給水加熱器)は現在自動制御中であるがBN-19d(低圧第3給水加熱器→復水器)は故障中である。

### (ii) 高圧給水加熱器

#### 高圧第5A給水加熱器

高圧第5A給水加熱器はひどいチューブリークのために現在全チューブをプラグして水室仕切抜に穴を開け給水をバイパスしている。

#### 高圧第5B給水加熱器

高圧第5B給水加熱器は3つのレベル調整弁(BN-18b、BN-18e、BN-18g)を持っている。BN-18b(高圧第5B給水加熱器→脱気器)は故障中でバイパス手動制御されている。BN-18e(高圧第5B給水加熱器→高圧第3給水加熱器)は自動制御可能、BN-18g(高圧第5B給水加熱器→復水器)は故障中である。

#### 高圧第6A給水加熱器

高圧第6A給水加熱器は2つのレベル調整弁(BN-17b、BN-17c)を持っている。BN-17b(高圧第6A給水加熱器→高圧第5A給水加熱

器)は高圧第5A給水加熱器が除外されているので現在使用されていない。  
BN-17c(高圧第6A給水加熱器→復水器)は故障中のためバイパス手  
動制御されている。

#### 高圧第6B給水加熱器

高圧第6B給水加熱器は2つのレベル調整弁(BN-17b、BN-17c)  
を持っている。BN-17b(高圧第6B→高圧第5B給水加熱器)は故障  
中である。

### iii. 給水加熱器チューブブリークについての考察(マラヤ1号)

#### (i) 低圧給水加熱器

低圧第1給水加熱器と低圧第2給水加熱器についてはチューブブリークに  
関して大きな問題はない。しかし低圧第3給水加熱器には問題がある。低  
圧第3給水加熱器は1980年7月新しい加熱器に替えたにもかかわらず、  
なおチューブブリークが頻繁に発生している。この加熱器はドレン系統  
に問題を持っている。この加熱器には高圧第5A給水加熱器と高圧第5B  
給水加熱器からのドレンラインが2本接続されている。もしこれらのレベ  
ル制御がうまく制御されない場合、フラッシュオーバーなどによるハンマー  
リングや高圧第5A給水加熱器と高圧第5B給水加熱器との温度差による  
熱応力を受けるだろう。低圧第3給水加熱器のチューブブリーク多発の原因  
の1つが上記の様な状況の中にあると推定できる。

#### (ii) 高圧給水加熱器

高圧第5A給水加熱器は同一設備にもかかわらず、高圧第5B給水加熱  
器よりチューブブリークが多い。そして高圧第5A給水加熱器のドレンレベ  
ル制御は高圧第5B給水加熱器のドレンレベル制御より悪い状態であった。  
高圧第6A給水加熱器と高圧第6B給水加熱器についても上記と同様なこ  
とが言える。

### IV. 勧告

- (i) 直ちに給水加熱器のドレンレベル制御機器を修理又は取替えるべきであ  
る。
- (ii) ドレンレベル制御は全て自動制御で行われるべきである。もし短時間レ  
ベル制御を手動調整する場合は操作員を現場につけレベル監視すべきであ

る。

(iii) 事故等によりユニットがトリップし給水加熱器や抽気蒸気ラインがハンマーリングを起した場合は直ちに抽気ラインを閉止すべきである。

(iv) 給水加熱器を新品に交換した場合は下記の様なチェックをすべきである。

＊ 漏洩したチューブを引き抜き又は切断してその原因を分析すべきである。又チューブシート、パッフルプレート、蒸気入口部、ケーシング等十分にチェックすべきである。

＊ チューブリークの原因を明確につきとめ、同じ問題をくり返さぬ様にその改善案や対策を検討し実行すべきである。

分析結果やそれに付随した資料等は大切に保管すべきである。

#### V. 給水加熱器チューブリークの対策について

現在マラヤ1号は非常に多くの給水加熱器チューブリークがある。チューブリークを発見するたびにそのチューブをプラグしているが、なおリークは発生し続けている。すでにマラヤ1号は2台の給水加熱器を新品と交換しているが、これらの加熱器もすでにチューブリークが多発して近い将来再び交換しなければならない様な危険な状態にある。このチューブリークの原因の分析が行なわれていないが、加熱器を交換した場合はそれを分析しチューブリークの原因をつきとめ、正しい対策をとればチューブリークを最小に防ぐことができる。

ここに私達が経験した給水加熱器の問題点とその対策を記すが給水入口部のチューブリークが非常に多い。原因は下記の如くである。

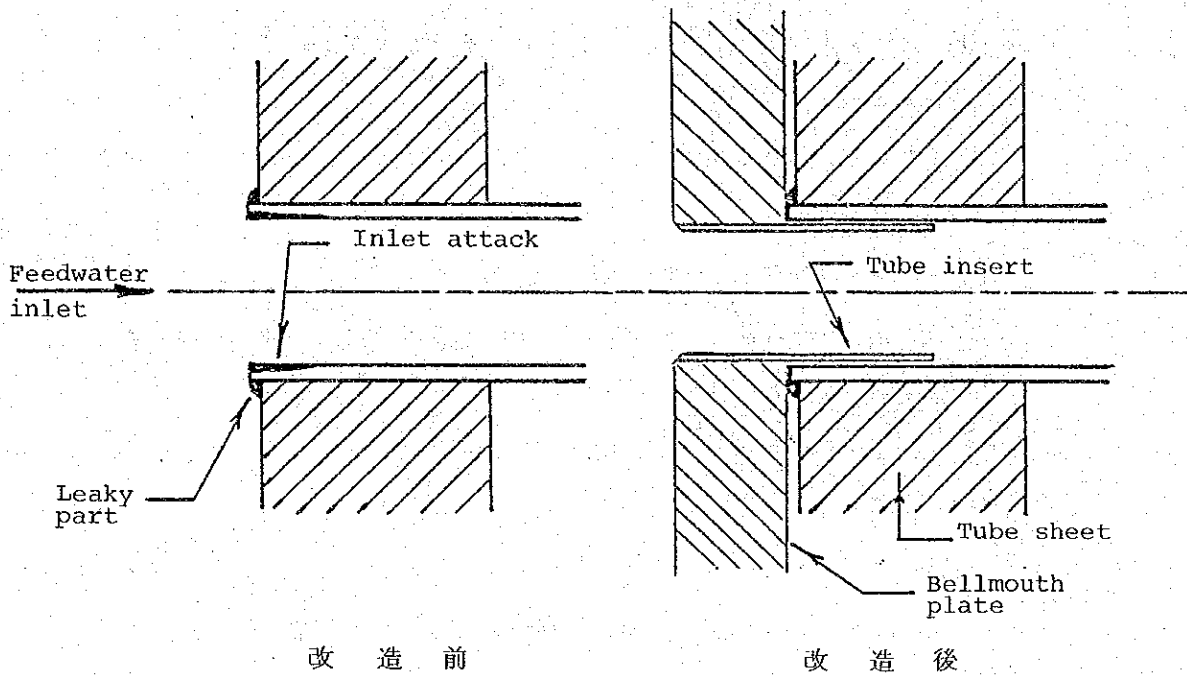
- (i) 水室、給水入口に発生する給水のうず流。
- (ii) チューブ内の過流速や給水中の固形物
- (iii) チューブの材質とユニット停止中の腐食防止対策。
- (iv) p H、温度や給水中の溶存酸素

これらの対策を下記に示す。

##### ケースA

インレットアタックを防止するためチューブシートとチューブ接続部に下記の様なベルマウスやチューブインサートをつけることがある。

図 5M-38 給水加熱器リーク対策



ケース B

給水の pH を 9.2 ぐらいに保つ。

ケース C

ユニット起動時、脱気器に補助蒸気を入れて脱気、加熱する。

ケース D

ユニット停止中の保管方法は、短期間（2～3日間）の場合シエル側を蒸気シールする。長期間の場合はシエル側を  $N_2$  封入する。

(e) 熱交換器（冷却水用）

i. 図 5M-39 の解析（マラヤ 1 号）

- (i) プラグされているチューブ数は比較的少ない。1982年5月現在のプラグgingチューブ数は、A側が10本（0.49%）でB側が16本（0.78%）である。
- (ii) 1981年2月ごろからプラグgingチューブの増加率は上昇している。したがって時々熱交換器の点検を行う必要がある。
- (iii) マラヤ1号の場合2台の100%容量熱交換器が常時使用されている。もしこの熱交換器が1台使用できなくなるとユニット出力に大きな影響を与えるであろう。もしもう1台の熱交換器を設置すれば予備を持つことになる。

り有利である。

## ii. 図 5 M-40 の解析 (マラヤ 2 号)

- (i) 1982年6月現在マラヤ2号Aは696本(19.0%)ブラッキングチューブがある。
- (ii) 1982年9月現在マラヤ2号Bは67本(1.835%)のブラッキングチューブがある。
- (iii) マラヤ2号Cは55本(1.506%)のブラッキングチューブがある。
- (iv) マラヤ2号Aはチューブリークが最も多いが、これはこの熱交換器を連続長期間使用していることが1つの原因となっている。

これらの熱交換器一定周期のローテーションで使用されねばならない。マラヤ2号Bとマラヤ2号Cをプラグする作業を見る機会があったが、チューブシートにたくさんのサビが発生している。そしてチューブシートに深い腐食があった。又チューブ内には泥がたくさん詰っていた。

## iii. 熱交換器保修作業に対する勧告

チューブのブラッキングを行う場合下記の手順で実施する様推奨する。

- (i) 圧縮空気で全チューブ内を掃除する。
- (ii) 軸冷水(シェル側)をブローする。
- (iii) ブラシでチューブシート面のサビを取る。
- (iv) チューブシート面の腐食状態を点検する。
- (v) 腐食部分を溶接肉盛りする。
- (vi) 水圧試験を行いリークをチェックする。
- (vii) リークしているチューブをプラグする。
- (viii) チューブシートを塗装する。

## iv. 勧告

- (i) マラヤ1号に新らしい熱交換器を設置すべきである。マラヤ1号が営業運転を開始した1975年から2台の熱交換器が並用されている。1台では容量が不十分で1台運転にすると振動や異音を発生する。
- (ii) 軸冷水ヘッドタンクのレベル調整弁用バイパス弁を取り替るべきである。このバイパス弁は現在弁ハンドルが切損して操作できない。調整弁が不良になった場合バイパス弁が使用できないと危険である。(マラヤ1号)

- ③ マラヤ 2号軸冷水ヘッドタンクのレベル制御器を修理し自動制御させるべきである。(マラヤ 2号)
- ④ 軸冷補給水流量計を修理し使用すべきである。又毎日その積算値を記録し毎日の使用量をチェックすべきである。これにより熱交換器のチューブリーク等も早期発見できる。



図5M-39 マラヤ1号軸冷水用冷却器のチューブリーク状況

(Number of Tube 2040)

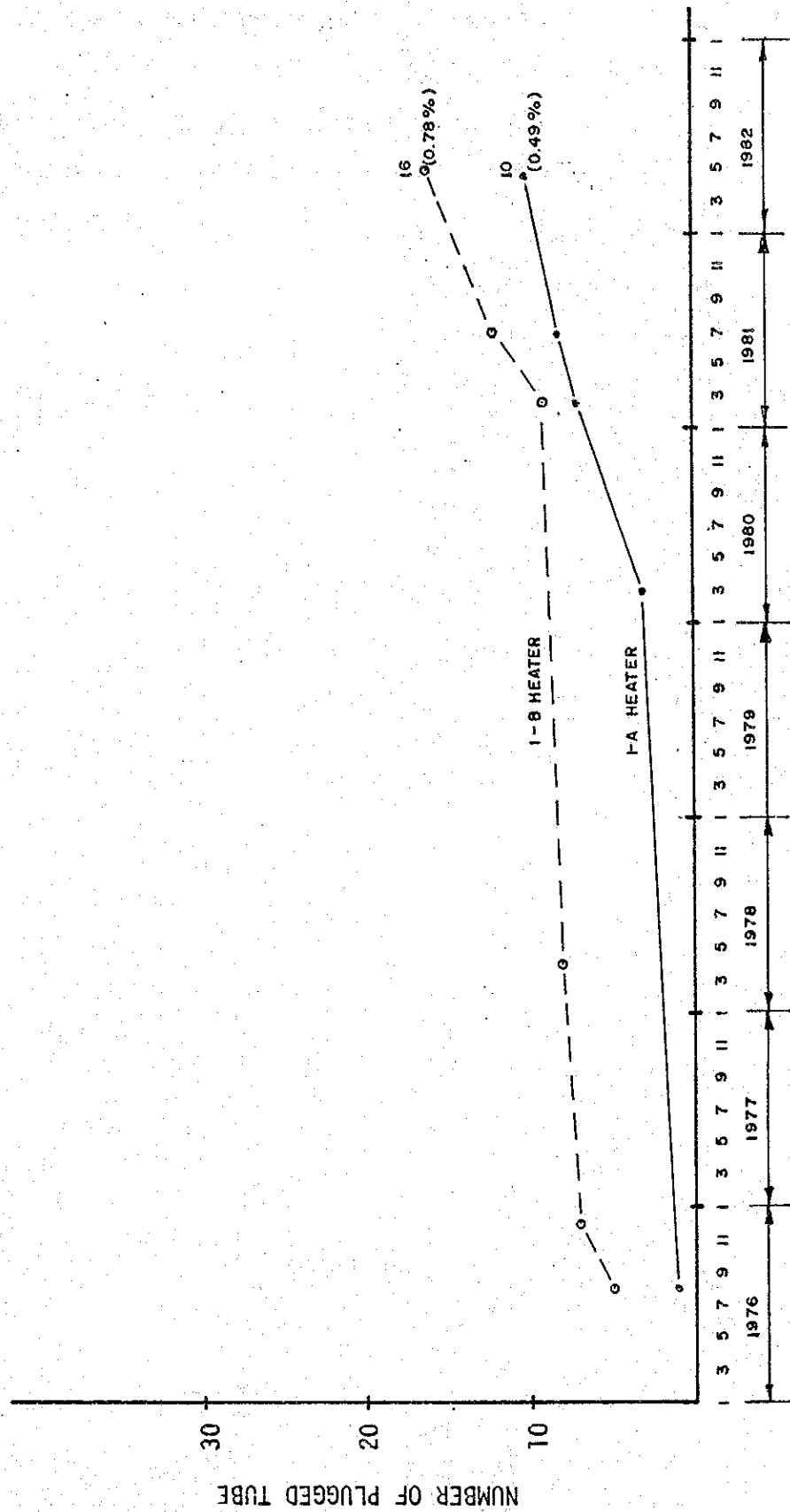
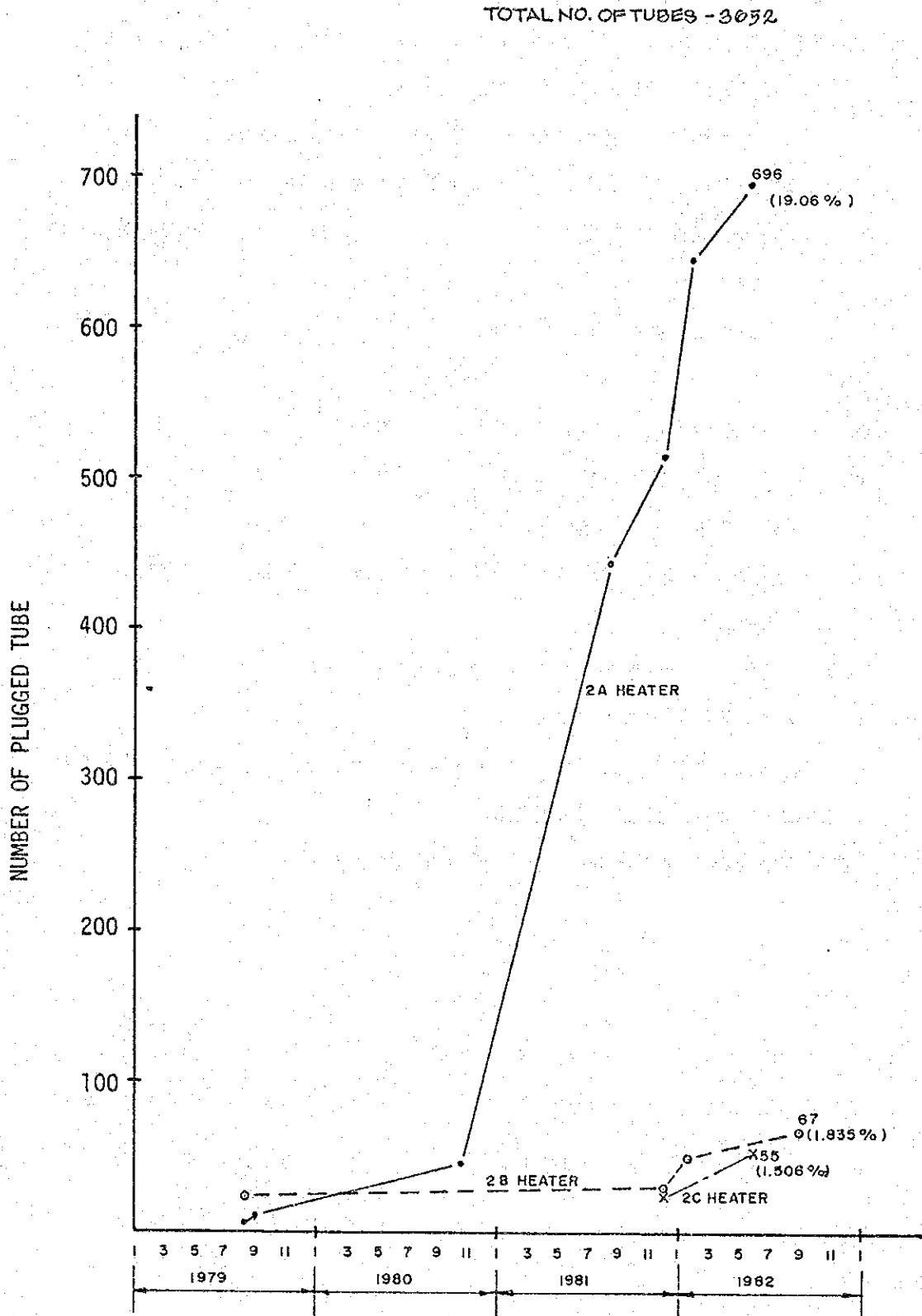


図5M-40 マラヤ2号軸冷水用冷却器のチューブリーク状況



## e. 発電機

### マラヤ1号

発電機は良好な状態で運転されているようであったが、メーカーの推奨によって水素圧力は設計圧力の45 psigより60 psigに昇圧されており、水素ガスの温度は設計温度40℃に対し46℃であった。

メーカー(KWU)の報告書によると、前回の定期修理中に固定子端部のホットスポット(局部過熱)が発見されており低励磁制限装置の設置がKWUから推奨されている。詳細報告は5. 3. 1. -1) “発電機固定子端部の局部過熱について”を参照されたい。

水素ガス乾燥器は使用されていない。

### 勧告

- (a) メーカー技術者によって詳細な内部点検を実施すること。
- (b) 遅れ力率の運転を励行すること(定格力率0.9)
- (c) 水素純度をできるだけ高く保つこと。
- (d) 熱交換器を増設し、冷却水の温度を下げることおよび水素冷却器の掃除を実施すること。
- (e) シールオイルのバックアップテストを確実に実施すること。
- (f) 水素ガス乾燥器を運転すること。
- (g) この勧告は外見上のものでコイルの絶縁、固定子端部の温度上昇など内部の問題はメーカーと協議して対策を見出すこと。

(注) 本勧告の内(a)(c)(e)(f)はマラヤ2号にも適用する。

f. 計測・制御装置

(a) ボイラ自動制御装置

1. マラヤ1号の現状

1980年2月22～6月9日に実施された定期修理の約2ヶ月後から現在に至るまでボイラの自動制御装置は給水制御系にハンチングが生じたため、手動で運転されている。前回の定期修理時にシーメンス指導員及び発電所技師の手によって計器の較正及び調整がなされ、制御装置は自動運転を行った。しかし2ヶ月後タービン駆動ボイラ給水ポンプ(T-BFP)の調速系統にハンチングが生じ全ての制御装置は手動運転となった、それ以降ボイラ自動制御装置は自動運転がなされていない。

(i) 給水制御系統

タービン駆動ボイラ給水ポンプの調速系統に関して、次の現象が運転員から報告されている。

- \* 手動運転中の調速弁の動きが遅い。
- \* 自動運転でハンチングを生じる。
- \* ハンチングを防止するために、起動装置の開度を約70%速度調整装置を約30%として運転している。しかし正規な状態では起動装置は100%とし、その後速度調整装置により速度の調整を行なうべきである。

(ii) 空気流量制御

A側の流量発信器が故障しており現在部品の到着待ちである。又自動運転中のベーンの動きが遅い。

(iii) 蒸気温度制御

制御器の接続部より空気洩れがあったがこれは修理済である。蒸気温度制御の自動運転を試みたが給水制御がハンチングするため自動運転を実施出来ない。

ガス再循環及び再熱器のスプレィについては自動運転の経験がない。

(iv) 燃料流量制御

実際の流量 159.030 1t/hに対して250.000 1t/hのレンジを有する、差圧式流量発信器が設置されておりこれはもし40%以下の低負

荷運転が必要な場合にはこの発信器のフィードバック信号は精度上不充分である。又自動回路にアクチュエータからのフィードバック信号がなく、自動運転が困ずかしくなっている原因と考えられる。

(V) フィードフォワード信号の調整

ボイラーは減圧運転を行っており、タービンの低圧翼はカットされ、又高圧給水加熱器はバイパスされている。

これらのことから、理想的な静特性と実際の状態とでは大きな相違があるものと考えられる。

II. マラヤ1号ボイラー自動制御装置に関する勧告

定期修理中における保守作業は付録-4に示すとおりであるがマラヤ1号における特に注意すべき点は次のとおりである。

(i) 給水制御系統

タービン駆動ボイラー給水ポンプの調速装置及び調速弁の分解点検をシーメンス技師と共に実施すること。

(ii) 空気流量制御

- \* A側流量発信器の取替
- \* 油圧装置を含めたベーン駆動装置の分解点検

(iii) 蒸気温度制御系

- \* 制御弁の分解点検

(iv) 燃料流量制御

- \* 燃料制御弁の分解点検

(V) 分解点検後

分解点検後の起動時に静特性信号の調整を行なうために各出力における空気流量、給水流量、燃料流量、蒸気温度、スプレー流量の特性曲線を取る。静特性信号の調整後、過渡応答試験を実施し調整を行なう。

III. マラヤ2号の現状

減圧運転中にもかかわらずボイラー自動制御は自動で運転されている。

以前には給水制御がドラム水位発信器の不具合により、手動運転され、又ドラム水位低によるトリップが時々生じていたが、1982年7月12日～8月26日の間に日本から派遣されたUTLチームが推奨した対策を実施し

た結果、現在給水制御は自動運転が行なわれている。

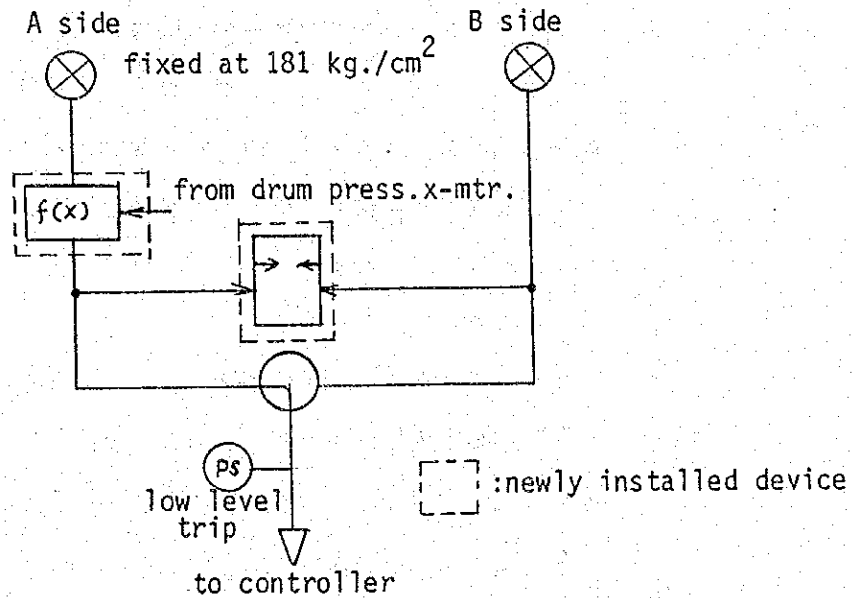
UTLチームの推奨した方法は、後で述べるが最近の発電所で実施されており、適切な方法である。

自動運転は順調に実施されているが、このシステムは空気式のものであり適切な保守すなわち分解点検較正、及調整を定期的の実施する必要がある。ガス再循環制御は今まで自動で運転されたことはないが、これらのシステムについても再調整後、自動運転を試みるべきである。

#### IV. マラヤ2号ボイラ自動制御装置についての勧告

このシステムは適切な保守すなわち分解点検、調整特に操作端（制御弁、駆動装置等）及び検出端（発信器や熱電対等）を優先的に実施すれば将来とも順調に稼動するであろう。

図5E-31 UTLチームが推奨したドラム水位発信器についての対策



B側については現在応答がないのでA側と同様に改造すべきである。

(b) ローカル制御

i. 現 状

マラヤ1号のほとんどのローカル水位制御及び圧力制御の数ループ及びマラヤ2号の数ループは作動していない。

特に給水加熱器の水位制御は加熱器のチューグリークを防止するため非常に重要であり直ちに修理すべきである。

又補助蒸気の制御不良はエアーヒータの詰りの原因となるので修理すべきである。

大部分の制御器及制御弁の予備部品は購入手配中であるが入手するまでに長期間を要している。最も長いものはすでに9ヶ月を経過している。発電所の機器は入手待ちの間にも劣化が進行しているであろう。

ii. ローカル制御に対する勧告

(i) マラヤ1号ローカル制御に対する勧告

＊ 給水加熱器レベル制御器を全てNAPOCORの発電所において順調に稼動しているタイプのもので取替えること。

又、関連する制御弁の取替又は修理を行なうこと。

＊ 脱気器及び復水器ホットウェル水位制御を新しい型式のものに替えること。

＊ 復水器ホットウェル水位制御弁の取替又は修理を行なうこと。この弁は起動中に振動がある。しかし建設当初には振動はなかった。又制御弁の入口弁はシートリークがあると考えられるので修理を要する。

＊ 補助蒸気の圧力制御器及び制御弁の取替又は修理を行なうこと。

(ii) マラヤ2号ローカル制御に対する勧告

全てのローカル制御特に補助蒸気圧力制御、蒸気式空気予熱器の蒸気制御及びドレンレベル制御装置の修理及び取替を実施すること。

(iii) マラヤ1、2号共通の勧告

＊ 添付の表に示す他の不良箇所の修理又は取替を実施すること。

＊ 全ての制御器、制御弁、計器に名前及デバイス番号を刻り込んだ

金属製のタグを取付けること。

\* 制御用空気のバックアップ弁を活す前にこのラインに逆止弁を付けること。

\* 発注部品を早期に入手できるよう購入方式の改善をはかること。

\* 過去の経験にもとづき必要な予備品を先行発注しておくこと。



Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
No. 6A heater drain control	BN-17a level controller was already overhauled and calibrated  Leaking in flange connection	<u>6A - 5A</u> BN-17b control valve, OK but there's a leak on isolating valve 6A) } 6B) } - condenser BN-17b control valve OK	HPH No. 5A not used  Manual operation
No. 6B heater drain control	BN - 17a same as above malfunctioning leaking in flange connection	<u>6B - 5B</u> BN-17b Control Valve  OK	same as above
No. 5A heater drain control	BN - 18a controller removed	<u>5A - Dea</u> BN-18b  No positioner available  <u>5A - 3</u> BN-18f control valve  OK  <u>5A - cond.</u> BN-18g control valve OK	HPH No. 5A not used W & K level controller P.R. No. 2059 Date Prepared: 1-13-82 Honey Well positioner P.R. No. 2072 Date Prepared: 1-22-82
No. 5B heater drain control	BN - 18a overhauled and calibrated OK	<u>5B - Dea</u> BN-18b No positioner available  <u>5B - 3</u> BN-18e OK  <u>5B - Cond</u> BN-18g OK	Manual operation due to defective sight glass and control valve positioner Honey Well position P.R.MMRC No. 2072 Date Prepared: 1-22-82

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Hotwell level control (Normal)	BN - 24a Defective level controller	<u>Cond - Dearator</u> BN-66b Vibration in low load operation  <u>Recirculation</u> Control Valve OK	Remote Manual Operation due to defective level controller W & K level controller P.R. No. 2059 Date Prepared: 1-13-82
Dearator level control (Spill over)	BN-66a Defective controller	<u>Cond --Cond str TK</u> BN - 24b (3-9) BN - 52 (9-15) Control Valve OK	Remote Manual Operation  same as above
No. 3 heater level control	BN - 19a Overhauled and Re-calibrated OK	<u>#3 - #2 heater</u> BN-19b control valve OK <u>3 - Condenser</u> BN-19d control valve OK	Manual operation HTR #3 level keeps on raising level though the 3-2 CV is already fully open
No. 2 heater level control	BN - 20 overhauled and Re-calibrated OK	<u>#2 - #1 heater</u> BN - 20b control valve OK <u>#2 - condenser</u> BN - 20e control valve OK	On automatic operation but no fine tuning because of level gage defective.

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
No. 1 heater drain control	BN-21a overhauled and re-calibrated OK	#1 - cond. BN-21b control valve OK	Manual Operation
Deaerator level control	BN-66a No level controller available  BN-23a No level controller available	condensate storage tank  condenser 2 set BN-24b(3-9) BN-52 (9-15) control valve OK  spill over BN-23b  Not used	Remote Manual operation due to defective level controller.  W & K level controller PR No. 2059 Date prepared: 1-13-82

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Fuel oil Tank No. 1 Bottom heater Temp. control	Temp. control  OK	BN-79b  OK	Manual operation copper tubing needs replacement due to oil contamination P.R. for copper tube #2714 Date prepared: 4/6/82
Fuel oil tank No. 1 Suction heater Temp. control	OK	OK	- same as above -
Fuel oil tank No. 2 Bottom heater temp. control	OK	BN-134b OK	- same as above -
Fuel oil tank No. 2 Suction heater Temp. control	OK	OK	- same as above -
Fuel oil tank No. 3 Bottom heater temp. control	OK	OK	- same as above -
Fuel oil tank No. 3 Suction heater temp. control	OK	OK	- same as above -
Pressure control for F O B P	BN-142a  OK	BN-142b  OK	on automatic operation

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Fuel oil temp control	diffective ball gage balance detector	OK	Manual operation P.R. for Taylor cont'r -P.R.#MMRC:2071 Date Prepared: 1/22/82
Drip tank level control	BN-29a malfunctioning leaking in flange connection	BN-29b  OK	Manual operation P.R.#MMRC - 2059 Date prepared: 1/13/82

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Auxiliary steam pressure control	BN-38 OK BN-39 OK	<u>from CRH</u>  <u>Seat leaking from flash tank</u> OK	Manual Operation  On auto during start-up
Deaerator heating steam press. control	BN-34c OK	CV-105 OK	On automatic during start-up
Air heater average temp. control	need fine tuning	OK	Manual operation controller to be fine tuned on long shut down
Steam air heater drip tank A level control	no controller (removed)	OK	Manual operation P.R. for controller #2059 Date Prepared: 1/13/82
Steam air heater drip tank B level control	No controller (removed)	OK	Manual operation P.R. #2059 Date Prepared: 1/13/82

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
steam coil air heater steam press. control valve	OK	<ul style="list-style-type: none"> <li>- packing leak</li> <li>- valve positioner malfunctioning</li> </ul>	Manual operation P.R. # 2072 Date Prepared: 1/23/82
Fuel oil tank and fuel oil heater steam temp. control	BN-32  OK	<ul style="list-style-type: none"> <li>- isolating valve leaking thru seat</li> <li>- valve leaking thru packing</li> <li>- positioner malfunctioning</li> </ul>	Manual operation P.R. #2072 Date Prepared: 1/23/82

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
House service water temp control	no controller	<u>A side</u> OK  <u>B side</u> OK	Manual operation valve positioner to be replaced by Bailey type  P.R. # MMRC 2215 Date prepared: 2/8/82  valve positioner to be replaced by Bailey type  P.R. 2215 Date prepared: 2/8/82
House service water diff. press control	under overhauling	Butterfly valve	Manual operation - butterfly valve needs replacement
Generator H <sub>2</sub> cooler control valve	No controller in the Design	OK	Remote manual from the control room.



M-1

No. 9

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
control air emergency back-up system	defective	OK	P.R.# 2073 Date Prepared: 1/22/82

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
No. 7 heater level control	LC BN-6a Level Controller OK	<u>No. 7 - No. 6</u> BN-6B Control Valve OK	On... Automatic Operation
	LC BN-6a Level Controller OK	<u>No. 7 - No. 5</u> BN-6C Control Valve OK	On Automatic Operation
No. 6 heater level control	LC BN-7a Level Controller OK	<u>No. 6 - No. 5</u> BN-7b Control Valve OK	On Automatic Operation
	LC BN-7a Level Controller OK	<u>No. 6 - Dea</u> BN-7c Control Valve OK	On Automatic Operation
No. 5 heater level control	LC BN-8a Level Controller OK	<u>No.5-Dea x 2 set</u> <u>BN-8b x 2 set</u> Control Valves OK	On Automatic Operation
	LC BN-8a Level Controller OK	<u>No. 5 - No. 3</u> BN - 8e Control Valve OK	On Automatic Operation
	LC BN-8a Level Controller	<u>No. 5 - Cond.</u> BN - 8g Control Valve OK	On Automatic Operation

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Deaerator level control	Transmitter OK  Controller OK	<u>CP - Dea</u> OK  <u>CP - Cond</u> (Recirc.) OK	On Automatic Operation
No. 3 heater level control	LC BN-9a Level Controller OK  LC BN-9a Level Controller OK	<u>No. 3 - No. 2</u> BN - 96 Control Valve OK  <u>No. 3 - Cond</u> BN - 9c Control Valve OK	On Automatic Operation  On Automatic Operation
No. 2 heater level control	LC BN-10a Level Controller OK	<u>No. 2 - No. 1</u> #1A #1B  <u>No. 2 - Cond</u> BN-10d Control Valve OK	LPH No.2 - 1A & 1B On automatic and little opening of by pass valve  On Automatic Operation

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
No. 1A heater level Control	Hi LC BN-11a Level Controller OK  Lo LC BN-11a Level Controller OK	<u>No. 1A - Cond BN-11b</u> Control Valve OK  <u>No. 1A - Cond BN-11b</u> Control Valve OK	On Automatic Operation    On Automatic Operation
No. 1B heater level control	Hi LC BN-11a Level Controller OK  Lo LC BN-11a Level Controller OK	<u>No. 1B - Cond BN-11b</u> Control Valve OK  <u>No. 1B - Cond BN-11b</u> Control Valve OK	On Automatic Operation    On Automatic Operation
Cold drain tank level	LC BN-61a Level Controller OK	Cold drain tank Condenser  BN - 61b Control valve OK	On Automatic Operation

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Hotwell level control	OK	Cond.Stor.Tank Cond. 2 set OK	On Automatic Operation
Hotwell level control (spill over)		<u>CP-Cond.stor.tank</u> OK	On Automatic Operation

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
House service raw water	M/A OK  TC BN-70  No Sensor	R.W.P - Heat Exc.	- Controller needs fine tuning on - Manual Operation
Oil cooler temp control	M/A BK-7C  Fine Tuning	Oil cooler inlet valve BK-nd  OK	- H/A needs fine tuning - Manual operation
House service water head tank level control	BN-62a   (no response) fine tuning	Condensate P. Head tank BN62b  OK	Manual Operation   Manual
BFP-tube oil coolers temp. control	BK-8c   fine tuning	Oil cooler outlet valve BK-8d  OK	H/A station and electro-pneumatic controller need fine tuning  (very difficult to fine tune)

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Soot blower steam press. control	PT  PC  OK	CU-8  OK	On autmatic Operation
Soot blower drain control valve	-	Drain valve (CB-10A)  OK	On automatic operation

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Steam coil AH press. control	BN-64a	BN-64b	- controller needs fine tuning - Manual operation
Auxiliary steam press. control (header)		Primary SH - Aux. Steam header  (control valve was replaced but cannot be close when there is aux. steam press)	- by pass -
Auxiliary steam press. control  (to fuel oil heater)	BN-67a  OK	BN 67b  OK	on automatic operation
Auxiliary steam press. control  (to Burner)	BN-77e  Overhauling going-on	BN-77b  - by pass -	- controller needs fine tuning  - by pass -
Burner steam temp control	BN-77g  OK	BN-77d OK  BN-77c OK	On automatic operation



Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Air heater inlet air temp. control	OK	SCAH inlet "A" side OK  S. CAH inlet "B" side OK	Manual Operation due to steam coil individual isolating valve out of service.
Steam coil AH Drain tank	overhauling going on	To FWH No. 2 Calibration - going on  To condenser calibration going-on	Manual Operation
Aux steam to tank farm	BN-66b  Overhauling going on	BN66a  Overhauling going on	under overhauling

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Instrument air back-up from station air	None (direct control)	Station air Control air  Isolated	This valve should be on Auto, after installation of check valve

Name of System	Controller	Control Valve	Remarks
Condensate storage tank No. 3 level control	BN-14a  OK	Tank inlet valve (BN-14b)  - by pass -	Manual operation due to oil contamination, copper tubing needs replacement  P.R. # 2714 Date prepared 4/6/82
Condensate storage tank No. 4 level control	BN-97a  eversince no controller	Tank inlet valve (BN-97b)  OK	- by pass -

(c) 計測装置

下記事項が計器関係について観察された。

i. マラヤ1号ユニット

- (i) O<sub>2</sub>記録計は故障中であつたが故障していた加算器の取替が行なわれ運転を開始した。
- (ii) pH記録計が検出部未入手のため動作していない検出部は購入手配中である。
- (iii) 導電率6点記録計の内復水ポンプ出口以外は使用されていない必要な検出部は現在購入手配中である。
- (iv) タービン駆動給水ポンプの軸受温度記録計は検出部がないため使用されていない。
- (v) 過熱蒸気減温器出口の温度計の指示が測温抵抗体の不良によって指示が出ていない。測温抵抗体は購入手配中である。

ii. マラヤ2号ユニット

- (i) 給水ポンプ軸受温度記録計がステッピングリレー故障のため使用できない。ステッピングリレーは購入手配中である。
- (ii) O<sub>2</sub>記録計は使用されていない。マラヤ1号と同型のベレーOJ型のO<sub>2</sub>計と取替予定であり現在購入手配中である。
- (iii) pH記録計2台、溶解酸素記録計2台、溶解水素記録計1台がプリンターモータ故障のため動作していない。プリンターモータは1981年12月に発注済であるが未入荷である。

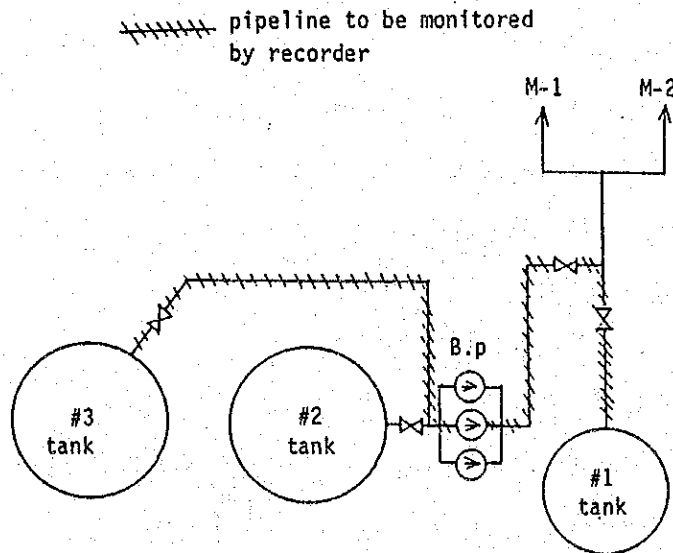
iii. マラヤ1、2号ユニット

- (i) ほとんどの現場圧力計や温度計が故障している。
- (ii) タービン回転数、ガム角度、復水流量、復水器真空発電機出力の記録計がなく、運転状態の良否をつかむために不便である。
- (iii) 補給水及び井戸水(原水)の流量積算計がないため、水量の管理上不便である。
- (iv) 燃料タンク切替数分後に入口フィルターの詰りによって生じたと考えられる燃料ポンプのトリップ事故が発生した。これは配管の加熱が不十分なためと考えられる。

#### IV. 勧告

- (i) 本プラントに設けられている全ての計器は系統を良好な状態に保つために必要なものである。これらの計器は至急修理すべきである。たとえ購入手配中と言えどもプラントの不完全な状態によって、機器の劣化は着々と進行しているに違いない。
- (ii) 起動中および通常運転中の状態監視のため、タービン回転数/カム位置、発電機出力、復水器真空度、復水流量の記録計を設置すべきである。
- (iii) 用水の管理のため、補給水流量、井戸水の供給ラインに流量積算計を設けること。
- (iv) マラヤ1、2号の復水器に検塩装置(カチオンバス導電率計)を設けること。
- (v) 下図に示す配管の温度監視及び警報用の記録計をもうけること。温度検出器は配管の表面に50 m毎にもうけること。

図 5 E - 3 1 温度記録計の設置



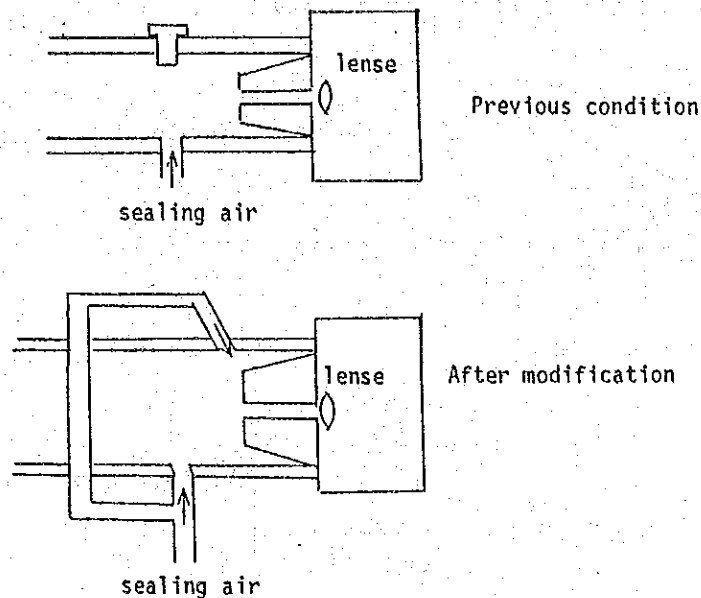
- (vi) 故障している現場計器、温度計、圧力計、水位計、サイトフロー、流量積算計等を修理すること。

(d) バーナ制御

1. マラヤ2号のバーナ制御の現状

- (i) 火炎検出器は全て故障している。
- (ii) 過熱とレンズくもり対策が下図の様に実施されたが、結果は連続運転に対して不十分であった。

図5E-32 冷却の改造



- (iii) 他の対策として火炎検出器のバイパススイッチがバーナ制御装置に設けられている。

- (iv) 制御モジュールが時々故障するため、ソレノイドバルブを直接操作できるよう手動スイッチがA-1、A-2、A-3、B-1バーナに設けられている。

ii. 勧告

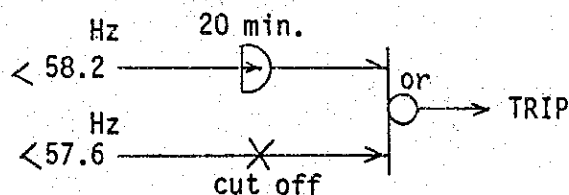
- (i) メーカー指導員と共に全てのバーナ制御装置の総点検を行ない必要な対策を講じること。
- (ii) 火炎検出器冷却ファンの容量を含めて、冷却空気系統の再検討を行なうこと。空気予熱器の詰りが炉内圧力の上昇をまねき火炎検出器への冷却空気量を不足が考えられる。

- (iii) 残りの8バーナセルに対して手動運転スイッチを設けること。
- (iv) 全ての装置が修理又は改善されるまではとりあえず火炎検出器は警報用として使用すること。

(e) インターロック

I マラヤ1号

- (i) 2480Psiにセットされたエヌノマイザー入口圧力低トリップ用スイッチがタービン入口圧力で2100Psiの減圧運転のため除外されている。
- (ii) 高圧給水加熱器ドレンレベル高トリップがチューブリークのため除外されている。
- (iii) 低圧給水加熱器ドレンレベル高トリップは振動による誤動作防止のため除外されている。
- (iv) 周波数低下(特低)トリップは除外されている。



II マラヤ2号

- (i) ドラムレベル低トリップがレベル発信器不良のため除外されていたが現在同発信器が安定してきたためトリップ回路は活されている。
- (ii) 火炎検出器不良のため全火炎喪失、点火遅延トリップが除外されている。
- (iii) マラヤ1号と同様に周波数低リレーが除外されている。

III 勸告

マラヤ1号

- (i) マラヤ1号ボイラーはボイラチューブの厚みが薄くなっておりチューブ噴破の可能性があるため節炭器入口圧力低トリップは設定値を下げて使用するべきである。設定値はメーカー勸告によること。

(ii) 高圧給水加熱器ドレンレベル高トリップは給水加熱器の取替後使用すべきである。また高低圧給水加熱器のレベルスイッチは高信頼性で設定が容易で振動に強いマイクロスイッチ型を推奨する。その他のレベルスイッチについても同様である。

(iii) 全系統停電は負荷しゃ断方式（系統分離方式）により防止しなければならない。もし負荷しゃ断方式になにか不具合があるのであればたとえいかなる困難があるとも第1にこの不具合をなおすべきである。

もしタービンが損傷を受けた場合は短時間の全停事故のかわりに長時間の発電を失うことになるであろう。本質的な対策を実施すること。

マラヤ2号ユニット

(i) ドラムレベル低トリップについて、理想的にはドラム水位の検出ラインにスイッチを設けるべきで発信器の信号ラインにつけるべきではない。しかし高压容器のレベルスイッチが入手出来ないため、別にトリップ・インターロック用及び指示計用として次のように電気式トランスミッターを設けることを推奨する。この場合トリップインターロックに使用するリレー回路の電源と発信器の電源は同一のものとし停電時の誤動作を防止すること。

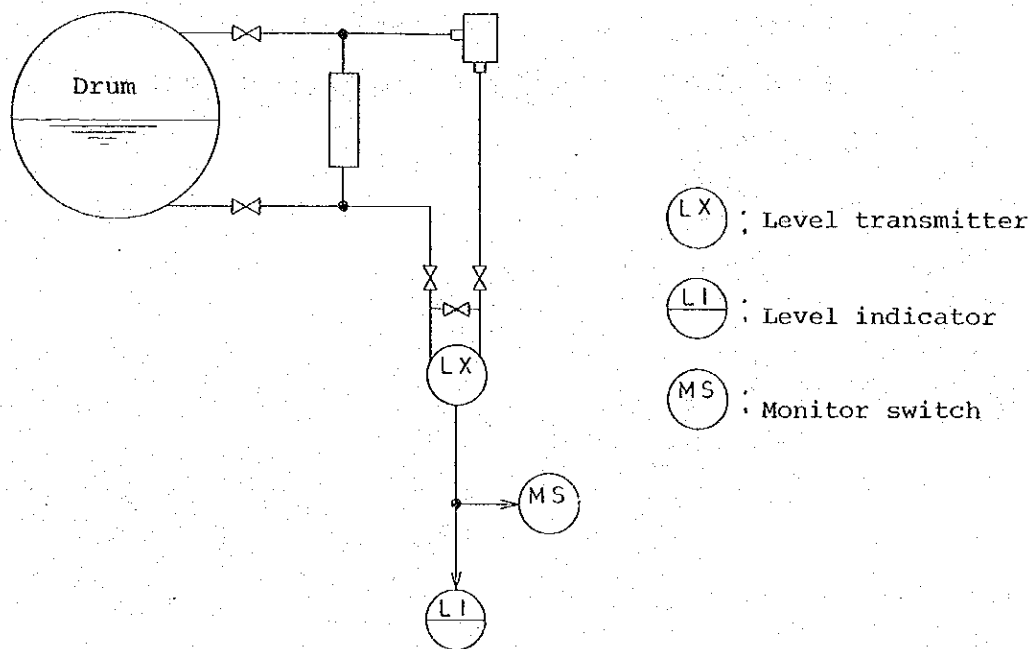


図5E-33 ドラムレベル発信器



#### マラヤ1、2号共通

- (i) 水位、圧力、温度検出用の全ての水銀式スイッチは振動による誤動作の防止と正確な設定値を得るためにマイクロスイッチ式のものに取替えること。
- (ii) 各ユニットにユニットトリップの第1事故原因を表示するための第1事故原因表示灯を設けること。

詳細は5、3、1-1)項に示す。

#### (f) 制御装置の環境改善

##### i. 中央制御室及びリレー室

リレー室の温度は良い状態に保たれているがケーブルシールが1部破れている。これらは空調設備の負担を下げるためにシールすること。しかし中央制御室の温度はリレー室より高い。このため新たにエアコンディショナー設置及び新鮮空気の入りのためのダクト工事が必要である。

##### ii. 現場制御装置

現場制御装置はガスダクトから洩れるガス及び塵埃により悪影響を受けている。

ガス漏洩を修理し、プラントを清掃すること。又換気装置を運転すること。現在換気装置のほとんどは故障している。

#### (g) 炉内監視テレビの設置

炉内の燃焼状態を監視するために炉内監視テレビをマラヤ1号、マラヤ2号ユニットに設置することを推奨する。本装置は起動中及び低負荷時の燃焼監視に有効である。