

第106研究部会

船舶の高度集中制御方式の研究
報告書

(その3 タービンプラント)

昭和44年3月

社団法人

日本造船研究協会

本報告書に記載されている研究成果は、第106研究部会による「船舶の高度集中制御方式の研究の実施に伴い完成された発明等およびノウ・ハウの取扱いに関する取決め」に基づき取扱われることになっておりますので、本報告書の内容の一部または全部の外部発表・転載等については、本会事務局にご連絡の上、本会の事前の承認が必要です。

は し が き

本報告書は、日本船舶振興会の昭和43年度補助事業「船舶の高度集中制御方式の研究」として、日本造船研究協会第106研究部会、タービンプラント分科会においてとりまとめたものである。

第106研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	山下 勇（三井造船）	
委員	青山 三郎（日本船主協会）	芥川 輝孝（日本船舶振興会）
	安積 健次郎（電子航法研究所）	甘利 昂一（日本船用機器開発協会）
	三嶋 虎一（大阪商船三井船舶）	大江 卓二（船舶技術研究所）
	岡田 正三（大阪商船三井船舶）	黒川 正典（日本郵船）
	佐藤 美津雄（運輸省）	真田 良（日本船主協会）
	高田 正夫（日本船長協会）	高橋 百千（日本船舶機関士協会）
	千葉 宗雄（航海訓練所）	土屋 正雄（電子機械工業会）
	土井 正三（浦賀重工業）	土井 由之（日本船主協会）
	中村 常雄（佐世保重工業）	長谷川 健二（川崎重工業）
	埴田 清勝（日本鋼管）	原 三郎（日本海事協会）
	矢野 鎮雄（旧藤井義六・石川島播磨重工業）	
	福田 英夫（日立造船）	丸尾 卓志（日本郵船）
	元良 誠三（東京大学）	山口 宗夫（三菱重工業）
	山田 一（日本造船工業会）	横田 利雄（東京商船大学）
	吉識 雅夫（日本学術振興会）	宇田川 達（旧吉沢清志・日本航海士会）

第106研究部会幹事会委員名簿（敬称略、順不同）

委員	荒瀬 晃二（三井造船）	大川 喜伴（浦賀重工業）
	唐沢 康人（石川島播磨重工業）	神原 民之助（日立造船）
	久津間 裕良（運輸省）	児島 英彦（佐世保重工業）
	宗田 啓一（三井造船）	高柳 武男（三井造船）
	樋口 道之助（日本鋼管）	平田 胤幸（日本鋼管）
	平野 美木（川崎重工業）	丸尾 卓志（日本郵船）
	米原 令敏（三菱重工業）	並川 善一（大阪商船三井船舶）

タービンプラント分科会委員名簿（敬称略、五十音順）

分科会長	米原 令敏（三菱重工業）	
委員	安藤 静雄（山下新日本汽船）	桶 藤 与一（航海訓練所）
	井上 宗一（石川島播磨重工業）	上木原 義昭（ジャパンライン）
	江島 陽一郎（浦賀重工業）	大橋 智（三井造船）
	岡田 宗一（大阪商船三井船舶）	神田 八郎（航海訓練所）
	久津間 裕良（運輸省）	黒須 顕二（船舶技術研究所）
	桑子 秀治（北辰電機）	倉沢 二郎（昭和海運）

小林 慎 治(富 士 電 機)	小林 淳 人(日 本 電 氣)
小西 龍 郎(日 立 造 船)	島 原 浩(三 菱 重 工 業)
鈴木 正(安 立 電 氣)	鈴木 平 八(富 士 電 機)
田中 兵 衛(昭 和 海 運)	徳 屋 章 彦(日 本 鋼 管)
土居 政 吉(東 京 商 船 大 学)	中 嶋 碧(三 菱 電 機)
野田 重 昭(佐 世 保 重 工 業)	葉 山 真 治(東 京 大 学)
藤 井 勝(三 菱 重 工 業)	藤 野 博 之(川 崎 重 工 業)
古 川 守(神 戸 商 船 大 学)	松 岡 久 光(三 菱 重 工 業)
松 岡 博 史(三 菱 電 機)	森 川 卓(日 本 船 主 協 会)
山 崎 富 雄(太 平 洋 海 運)	山 下 和 三(日 本 海 事 協 会)
山 下 重 之(東 京 計 器)	若 林 喬 之(日 立 造 船)

討議参加者(敬称略、順不同)

綾 日天彦(三 井 造 船)	東 吉 郎(沖 電 氣)
井 原 健 策(富 士 電 機)	石 谷 憲 一 郎(三 菱 重 工 業)
一 条 弘 一(富 士 電 機)	泉 洋 一 郎(日 立 造 船)
今 村 宏(運 輸 省)	大 須 賀 実(川 崎 重 工 業)
音 成 卓 哉(日 本 管 管)	金 井 弥 之 助(石 川 島 播 磨 重 工 業)
片 倉 恭 助(三 菱 重 工 業)	菊 沢 昭 吉(富 士 通)
佐々木 博 通(運 輸 省)	佐 藤 満 雄(三 菱 重 工 業)
塩 崎 雅 敏(航 海 訓 練 所)	田 中 良 信(日 本 電 氣)
高 杉 将(東 京 計 器)	高 木 幹 永(三 井 造 船)
中 原 健(浦 賀 重 工 業)	西 岡 敏 孝(石 川 島 播 磨 重 工 業)
野 口 充 司(運 輸 省)	長 谷 川 哲 郎(日 立 造 船)
浜 岡 尊(日 立 製 作 所)	藤 井 幸 雄(川 崎 重 工 業)
藤 尾 博 之(川 崎 重 工 業)	松 延 寿 人(三 菱 重 工 業)
山 本 益 雄(浦 賀 重 工 業)	湯 本 恒 三(三 菱 重 工 業)
渡 辺 博 司(日 本 鋼 管)	

目 次

(3. タービンプラント)

まえがき	1
3.1 プラントの集中監視、異常原因の検知、応急操作の自動化の研究	1
3.1.1 従来の事故の内容とその原因に関するデータの収集調査	1
(1) データの収集の方法	1
(2) アンケートの整理の方法	2
(3) データの整理結果	2
3.1.2 異常箇所の検知のために常時検出記録すべき箇所の決定	3 1
(1) 考 え 方	3 1
(2) 分析の結果	3 1
(3) 新規開発を要するセンサー	3 2
3.1.3 異常の診断と原因発見のためのフローチャートの作成	3 4
(1) タービン異常振動の検知と予防のフローチャート	3 4
(2) タービン軸受焼損の検知と予防のフローチャート	4 6
(3) ボイラのショートウオータの検知および予防のフローチャート	5 4
(4) ブラックアウトの検知と予防のフローチャート	6 4
(5) I/O 総合リスト	7 3
3.1.4 事故防止予防手段の立案	1 0 4
(1) タービン異常振動の予防	1 0 4
(2) 軸受焼損予防	1 0 4
(3) ボイラショート・ウオータ	1 0 5
(4) ブラックアウト	1 0 7
3.1.5 事故発生後の応急操作の研究	1 0 8
概 説	1 0 8
(1) ブラックアウト後の応急操作	1 0 8
(2) プラントの復帰操作	1 0 9
フローチャート	1 1 2
3.2 プラントの最適制御の研究	1 4 0
3.2.1 プラントの性能解析	1 4 0
(1) 海水温度の影響	1 4 3
(2) 発電機負荷の影響	1 4 9
(3) 抽気蒸気条件の影響	1 5 4
(4) 主機負荷の影響	1 5 5
(5) 総合的検討	1 6 0
3.2.2 最適制御のための基礎調査	1 6 0
(1) 火力プラントにおける最適制御	1 6 0
(2) 火力プラントにおける適応制御	1 6 1
(3) 火力プラントにおける効率制御	1 6 1

3.3	火力プラントの電算機制御の現状	162
3.3.1	電算機制御採用の現状	162
3.3.2	火力発電所の電算機制御の一例	165
3.3.3	船用プラントの電算機制御で参考になる事項	172
3.4	タービンプラントの電算機制御の問題点	173
3.5	当分科会 今後の方針	176
添付資料	1. プラントの概略仕様	179
	2. タービンプラント事故調査回答先一覧表	193

ま え が き

当分科会は、43年度としてタービンプラントに電算機を導入して高度集中制御を行なう場合の問題点の概要を把握することに重点をおいて作業を行なつた。

4回の準備会の後、正式にタービンプラント分科会として発足してから下記に示すように6回の分科会を開催し、この間に石播、日立、川重、三菱、後に鋼管、浦賀も加わり6社でWorking Groupを作り、6回の会合によつて実作業を進めた。

タービンプラント分科会 6回 6/18、7/16、8/20、8/29、11/28、2/20

同 Working Group 6回 6/17、9/13、9/14、11/28、12/16、1/27

また火力発電所の電算機制御の実態調査として6月18日に電力中央研究所竹内元氏より「火力発電所の電算機制御の現状と将来」について話をうかがい、11月28日には東電五井火力発電所において電算機制御の実情を調査した。

電算機を導入する目的として、記録、各種計算、異常の診断、事故防止操作、プラントの発停操作、最適制御等が考えられるが、これらの中、異常の診断、事故防止操作を目的とした適用は例が少なく調査事項も多かつたので、これに比較的重点をおいて作業が行なわれた。

おむね初めに予定した成果をおさめることができたが、同時に電算機制御システムの開発は非常に大作業であり、かつ技術的にも開発しなければならぬ問題が今後かなり残されていることが判明した。

3.1 プラントの集中監視、異常原因の検知、応急操作の自動化の研究

電算機をタービンプラントに導入する場合、電算機の持つ優れた特色を生かした種々の適用が考えられるが、将来の船給が機関室無当直で運航される場合、機関部乗組員が現在よりも減員される場合、運航経験の少ない乗組員によつてプラントが運航されなければならない場合等を前提として電算機の利用を考えると、プラントの単なる監視にとどまらず、異常状態が発生した場合に、その異常の原因を電算機によつて探知し、要すれば応急操作を自動的に行なわせるか、また指示することが有益な適用の一つとして考えられる。

しかしながら、複雑なタービンプラントで今までに発生した数多くの事故を、すべて電算機によつて発見することは困難であり、また異常検知後の原因の探知や応急操作もすべて電算機によつて行なわせ得るかどうかについても疑問が多い。

そこで従来発生したタービンプラントの事故のうち運航上大きな支障を来たしたような種類の事故をデータとして収集し、それらの事故が電算機によつて、どのような方法で、どの程度に原因探知、応急操作まで行ないうるかの検討を行ない、このような目的に電算機を利用する場合の問題点を明らかにした。

以下3.1.1に事故のデータの収集とその調査結果、3.1.2、3.1.3、3.1.4に異常の探知、その原因の探知、事故防止予防の手段についての検討結果、3.1.5に事故発生後の応急操作と、その後のプラントの復帰操作について検討した結果を示す。

3.1.1 従来の事故の内容とその原因に関するデータの収集調査

(1) データの収集の方法

従来のタービン船で発生した比較的大きい事故の内容、原因、処置、就航に及ぼした影響などにつき国内船主13社、造船所7社よりアンケートによつて資料の提供を求めた。造船所側に対しては輸出船を主体に調査を依頼した。

アンケートの内容はタービンプラントの運転中(航行中、荷役中、停泊中を含め)に発生した比較的重大な事故(たとえばブラックアウト等)の他、重大事故に至る前に未然に防ぐことのできた不具合事項も含めて記載願うこととし、下記内容をフォーム化して43年6月末に発送した。

1. 要目記入欄 船名、DWT、出力、蒸気条件
2. 事故状況

3. 原因および処置
4. 事故の頻度 同種事故の発生頻度、または発生予患頻度
5. 停船時間
6. 備 考

(2) アンケートの整理の方法

43年10月末アンケートの回答は、船主5社16隻(国内船)造船所7社47隻(輸出船)計63隻の多数に及び、特に船主側からは実際に機関を運転されている機関士からの詳細な報告も集り、貴重なデータが得られた。

集められた回答をさらに利用し易くするための整理分類の方法を討議した。43年8月末の時点で中間的集計を行ない次のような結果を得た。

各回答ごとに事故の因果関係の考え方や件数の数え方などが異なるので、一概に事故の大小の序列をつけるのは難しいが、一つの報告を一件として数えて、件数の多いものから順番に並べると次のとおりとなる。

フランジ漏洩

ブラック・アウト

軸受焼損

復水器管破損

ボイラ管破損

管系の閉塞

タービンの振動

振動による誤作動、部品脱落

給水ポンプ

弁漏洩

電算機による事故診断の作業の対象として取り上げていた四大事故(ボイラシヨートウオータ、タービン異常振動、タービン軸受焼損、主発電機ブラックアウト)確かに実際にもよく起つていることがわかった。

(3) データの整理結果

このデータをさらに検討を加えるために、

- 1) 事故の種類
- 2) 事故のカテゴリー
- 3) 回答内容
- 4) 停船時間
- 5) 考え得る原因(アンケート記載のもの外、一般に予想されるものも含めた)
- 6) 該当する当分科会開発の事故予防プログラムの名称
 - B O ブラックアウト予防プログラム
 - B R 軸受焼損予防プログラム
 - S W ボイラシヨートウオータの予防プログラム
 - V B タービン異常振動予防プログラム
- 7) 同上プログラムで考慮されていない理由
 - 事故原因として当然改むべき設計、工作、保守等電算機には依存出来ぬ原因による場合の説明
- 8) 備 考

の各項目につき、機器別および事故のカテゴリー別に石播、日立造船、川重、三菱4社の分担作業で集録しなおした。その結果が後述の資料である。

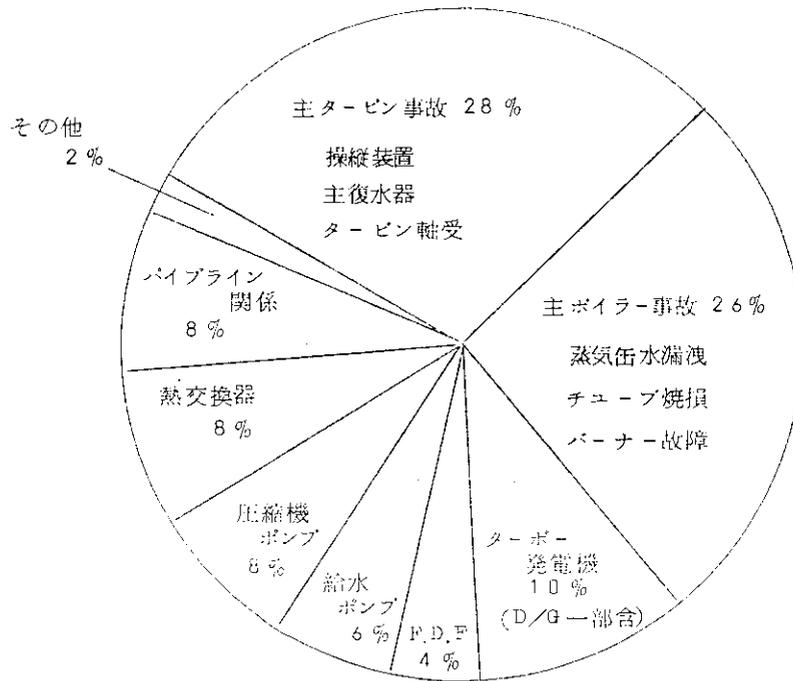
この段階では事故の原因とその処置の内容に至る質的な分析に意味があるのであり、原因追求プログラム作成のフローチャートの素材を提供した意義は大きい。

しかしながら集まった回答について参考までに量的分析を加えてみた結果、次に示すようになった。

機器別に事故例を取りまとめた結果

・主タービン	70件	約32日+(不明日数).....停船
・主ボイラー	65	約54日+(不明日数)..... #
・ターボ発電機(一部D/G含)	25	約6日+(#)..... #
・F.D.F	10	約4日+(#)..... #
・給水ポンプ	14	約3日+(#)..... #
・圧縮機ポンプ	19	約8時間+(不明時間)..... #
・熱交換器	19	約44時間+(#)..... #
・パイプライン関係	20	約10時間+(#)..... #
・その他	5	軸系の場合は1~2週間..... #

TOTAL 事故数...247件

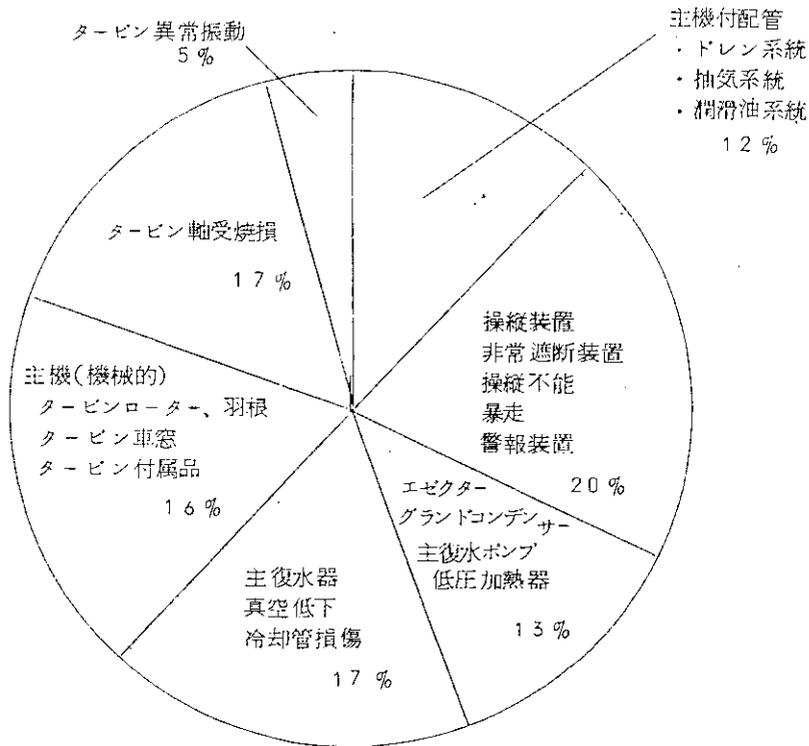


A. 主タービン

No.	事故名称	件数	プログラム名称	停船時間
1	タービン異状振動	3	V B	
2	タービン軸受焼損	11	B R	40 hr + 9 件不明
3	減速装置軸受	1	B R	
4	タービンローター及び羽根	5	V B	11日 + 4 件不明
5	タービン重宝	2		
6	筒車(ピッチング)	1		
7	タービン付属品	4		13日
8	主復水器			
	真空低下	4		20 hr + 1 件不明
	冷却管損傷	8		4日 + 3 件不明
9	復水ポンプ	2	S W	
10	グラウンドモンデンター	3		

No.	事故名称	件数	プログラム名称	停船時間
1 1	エゼクター	2		
1 2	低圧給水加熱器	2		
1 3	操縦装置			
	非常遮断装置	8		1 hr + 6 件不明
	操縦不能	3		1 hr + 2 件不明
	暴走	1		
	警報装置	2		
1 4	抽気管系統	3		13 hr + 1 件不明
1 5	ドレン管系統	4	V B	19 hr + 3 件不明
1 6	L.O. 管系統	1	B R	

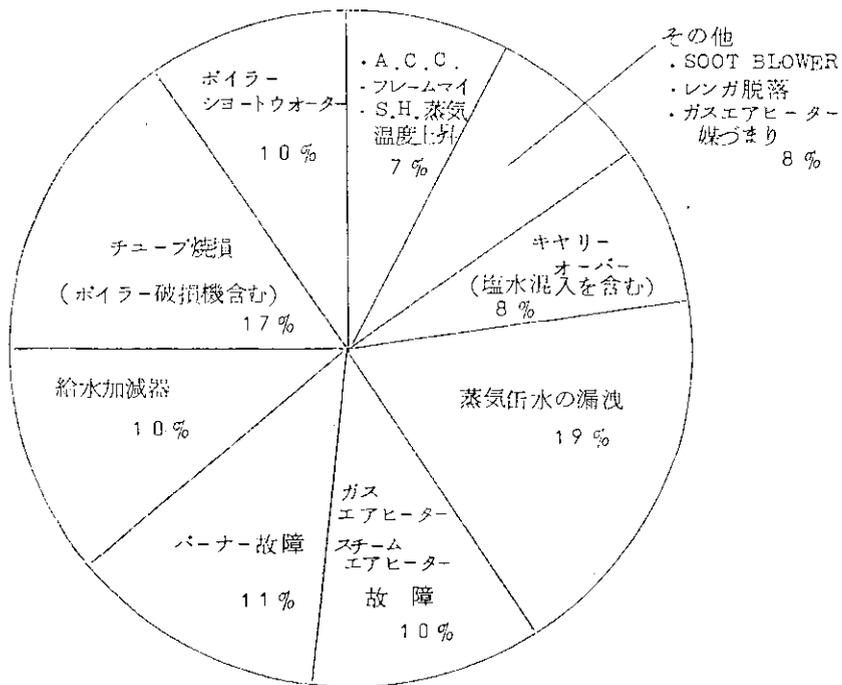
TOTAL 事故件数……70件



B. 主ボイラー

No.	事故名称	件数	プログラム名称	停船時間
1	シヨートウォーター	6	S W	1 4 日 + 3 hr
2	チューブ焼損 (ボイラ破損も含む)	10	S W	3 4 日
3	給水加減器の故障	7	S W	1 日 + SLOW DOWN
4	バーナ故障	8		
5	フレームアイ故障	1		
6	過熱蒸気温度上昇	2		
7	ガスエアヒーター } 故障 スチームエアヒーター }	7	S W	
8	A C C	2		
9	蒸気缶水の漏洩	1 2		
1 0	キャリオーバー (塩水混入)	5		1 日
1 1	その他	5		4 日 + 4 hr

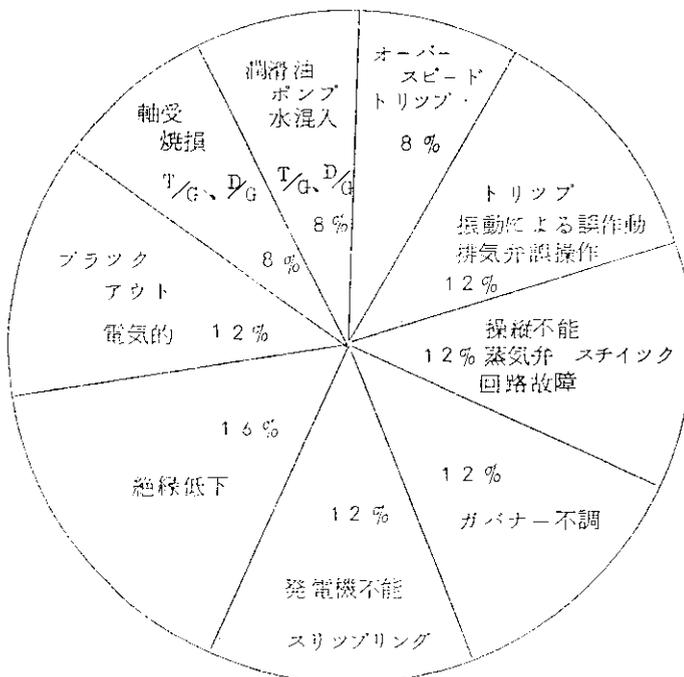
TOTAL 事故件数……65件



C. ターボ発電機

№	事故名称	件数	プログラム名称	停機時間
1	オーバースピードトリップ	2	B R	2 hr
2	トリップ	3		
3	軸受焼損 T/G	1		
4	操縦不能	3		
5	ガバナー不調	3		
6	発電不能	3		
7	絶縁低下	4		
8	軸受焼損 D/G	1		
9	水分混入	1		
10	L.O. ポンプ騒音大	1		
11	ブラックアウト	3		

TOTAL 事故件数.....25件



これらの事故例に対し、機関室に当直者がいない状態を想定し、その場合にとるべき対策として、事故毎に次のいずれの処置が妥当であるかを検討し、資料に記入した。

- ① 保守上解決すべき事故
- ② プラント計画で解決すべき事故
- ③ 設計改善で解決すべき事故
- ④ 工事改善で解決すべき事故
- ⑤ 初期故障として発見し処置すべき事故
- ⑥ 偶発的事故と考え処置を要するもの

(なお、⑥の場合にはさらに次のA～Eに分類する)

- A コンピュータ以外の方法で不具合表示
- B " " で不具合表示(解析、記憶を含む)
- C " " で解析し処置方法表示
- D " " " " 自動操作するもの
- E " " を用い保守整備を指示するもの

なお④と⑤は厳密に区分し難い。

また米はブラックアウトに発展したか、または発展する可能性のある事故を示す。

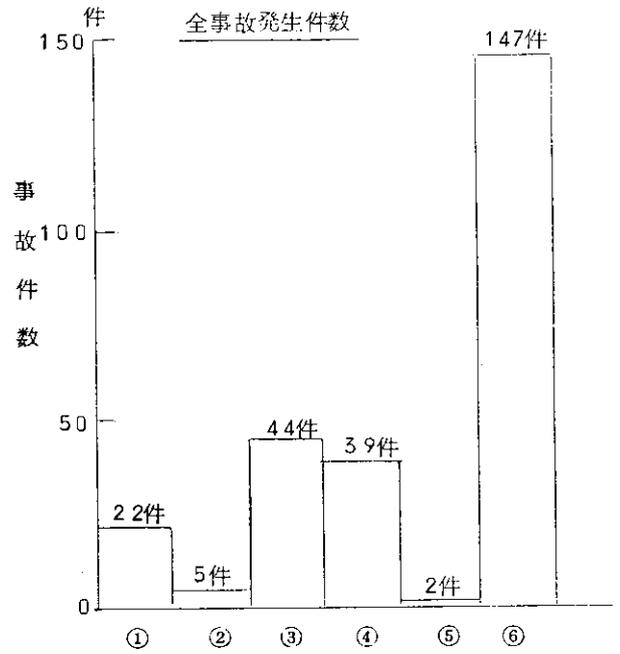
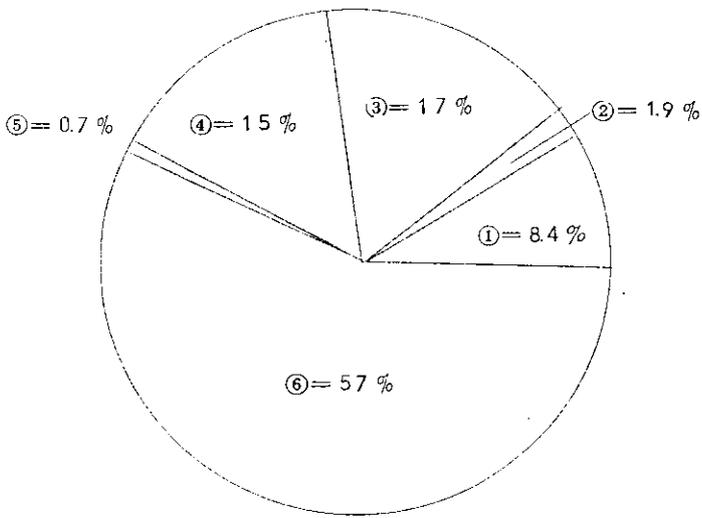
このカテゴリーによる分類で、頻度、重要度を無視して件数のみに着眼し、再び量的な把握を試みると下記の傾向が明らかになる。すなわち事故原因として設計改善、Workmanship の向上、および点検、保守の重要性が認識される。

さらに偶発的事故として上記各部門の努力によつても防ぎ得ないと思われる事故⑥のうち、半分は電算機に負わせるのが適当との分類になつている。

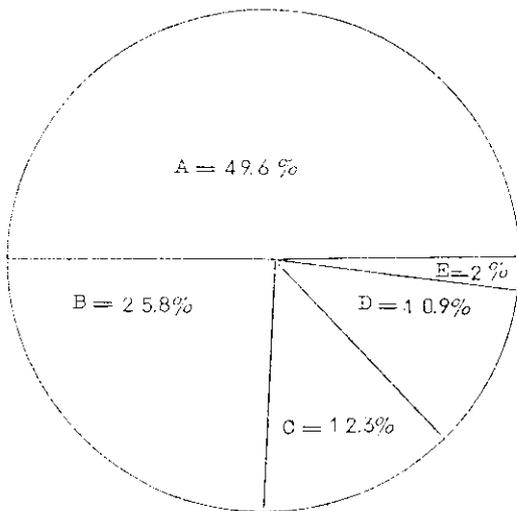
Symbol	事故分類上のカテゴリー	事故発生件数
①	保守上解決すべき事故	22 件
②	プラント計画で解決すべき事故	5
③	設計改善で解決すべき事故	44
④	工事改善で解決すべき事故	39
⑤	初期故障として発見し処置すべき事故	2
⑥	偶発的事故と考え処置を要するもの	
	A. コンピュータ以外の方法で不具合表示	73
	B. " " で不具合表示(解析、記憶を含む)	37
	C. " " で解析し処置方法表示	18
	D. " " " " 自動操作するもの	16
	E. " " を用い保守整備を指示するもの	3
		合計 259 件

上記カテゴリーで発生事故を分類すると下記の如く表わすことが出来る。

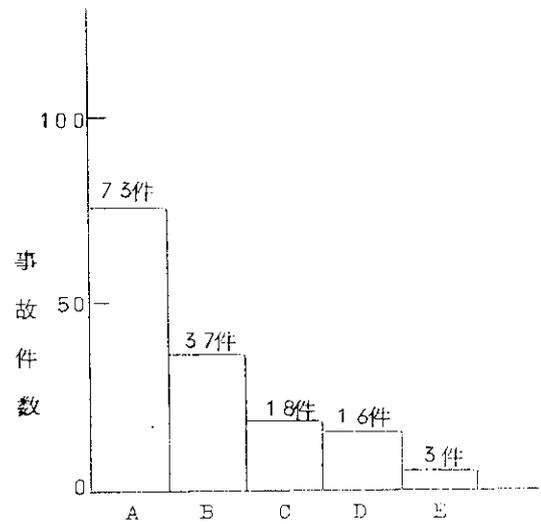
全事故例に対する比率



⑥の内A、B、C、……の各比率



⑥の内A、B、C、……の発生件数



S R 1 0 6 タービンプラント分科会 事故調査アンケート 集計

機器	事故種類	事故の カテゴリ	回答内容	停船時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムで考慮 されていない理由	備考	
1. 主タービン	タービン異常振動	④ D	1. H P タービンに振動発生 H P 第1段落ドレン管の閉塞が原因 (派生事故) 軸受損傷、ラビリンス パッキン損傷、ローター に若干の曲りを生じ た。軸受及びラビリンス スパッキン予備品と換 装、その後 H P 軸受に 割れが発生新替したが、 更に損傷、ついに L P 単独運転により帰港す。 2. H P タービン振動 暖機不十分及び空気吸込によるロ ーターの屈曲による。 3. L P タービン振動 振動発生後回転を落し時間をか て増速すれば再発しない。 一時停船の取扱とドレン処理が原 因と推定	不明	1. ドレン排除不良 { ドレン弁作動不良 2. 停止時の取扱不良 { 暖機不良 冷機不良 3. 増減速度不良 { 内部接触 キャリアオーバー 4. 回転体のアンバランス { 軸の変曲 羽根の脱落 5. 内部接触 { 異物侵入、部品脱落 軸受焼損 6. 軸受不良、オイルホールド 7. 船体振動に共振	V B			
			1. H P 艀側軸受焼損 油穴に異物がつまつた、フラッシ ング不十分 2. 主タービン艀軸受一部焼損 (開放 時発見) オイルシールが不完全で L O がリ ークし、これが炭化して油穴を閉 塞した。 3. H P タービン艀側軸受焼損 原因不明、本船予備と取替 4. H P タービン軸受焼損 原因不明、本船予備と取替	20 hr	焼損の原因 1. 油量不足 { 停船による油ポンプの停止 異物による油路閉塞 油ポンプ、管系の不良 2. 異物侵入 フラッシング不十分 3. 異常負荷 { 軸の振動 片あたり 過回転 4. 給油温度過昇 { LOケラーの性能低下 油冷却系統誤操作	B R			
			④ D, C	④ D, C	不明				
			④ D, C	④ D, C	約 20 hr				

⑥ D.C	5. L.P. タービン 縦割軸受損傷 軸受取換	不明	割れの原因 1. 繰返し衝撃 2. 軸受面正の過大 3. 軸受材質の不良 4. 軸受メタル 錆込不良	タービン軸受メタルの割れの 原因は殆んど設計または工作 の不良に基づくものであり、 取扱者による事故の予防が困 難である。
③	6. H.P. タービン 縦割軸受クラック ローターに若干曲りがあったため 不均台による振動のため損傷、取 替した。	不明 寄港地で 取替		
③	7. H.P. タービン 縦割軸受 (6の継続) 振動のため損傷、L.P. タービン 単 独運転に切替えた。	不明		
⑥ A バッテリー の充電不足 をアラーム	8. L.P. タービン 軸受損傷 ブラッキングアウト時の非常用 L.O. ポ ンプのバッテリーの充電不足によ ってポンプの吐出圧が低くかつ動 作時間が短かかった事により発生 した。	不明		今後これをプログラムに組み 込む事を検討する。
⑥ D	9. L.P. タービン スラスト軸受後進 面焼損 後進面の給油穴にウエスがつま り油切となった。後進運転時に 内部接触を起した。 応急処置 スラストカラー、パ ッド新替 パッキンリング一部 新替	不明		
③	恒久処置 ローター、ハネ一部 仕切新替 10. 軸受油もれ H.P. タービン 縦割軸受からリーク 着火発煙した。寒冷時のため W/P の Fan 系の Air duct を殆 ど閉め切つて運転したため R/全 体が負圧になったことによる。	不明	油漏れの原因 1. ハウジング内部と大気との圧力差 によるもの 2. シンールの構造不良 3. 排油管の閉塞	油漏れの原因は殆ど設計また は工作の不良によるものであ り、取扱者による事故の予防 が困難である。
③	11. 軸受注もれ 排油管のつまりによりつて軸受部か ら油が吹出した。(派生事故 注 水への海水混入)	不明		

機器	事故種類	事故の カテゴリ	回答内容	停業時間	考え得る原因	当分科会 プログラムの 開発の 名称	プログラムで考慮 されていない理由	備考	
1. 主 タ ー ビ ン	減速装置軸受	③	1.減速歯車軸受焼損 減速車室の支持法に問題があり、 Alignmentの悪化による。	不明	タービン軸受焼損と始と同じ。	BR			
	タービンローター 及び羽根	⑥	1. H Pタービン曲損 原因不明(派生事故、軸受焼損ラ ビリンズ破損) ローター曲り直し、旋削バランス新替 ング施工、軸受ラビリンズ新替 2.内部接触	11日	1.内部接触(軸受焼損による)。 2.冷機の不良 3.暖機の不足				
		⑥	2.内部接触 A s tタービン第2段階2列動ヨ ク先端及びビュラウドが車室内面 に着着 前進運転中に後進蒸気が漏入し 羽根が加熱され最も速心力の大 きな第2列がクリーブし車室内 部に接触、着着した。	不明 ドック時修理	1.後進タービンへの蒸気漏入 2.車室とローターの伸び差過大 3.軸受焼損 4.内部部品の脱落 5.ローターの曲り 6.車室の曲り	VB			
		⑥	3.内部接触	"					
		⑥	4.内部接触 L Pタービン羽根とノズルが側方 向で接触 A s t 運転の際スラスト軸受後連 面にウエムスがつまり、油切れによ るスラスト軸受焼損による。	応急修理の ため 約0.5ヶ月	工作不良				
		④	5.羽根損傷 H P, L Pタービン動ヨク損傷 蒸気ラインからの異物侵入	不明					
	タービン車室 水平継手からの蒸 気漏洩	④	1. H P車室水平継手からの蒸気もれ 工作不良、パッキンズリブ背面 加工ミスリ合せ	不明	1.車室の変形(素材熱処理不良 運転中の熱変形不良 初別締付力の不足 折損等による 締付力不足) 2.水平継手ボルト の締付力不足				

④	2. L.P.車室 水平継手からの蒸気もれ 摺合せ不良 増強を行なったがリーク止まら ず摺合せを施行	クリープによるしぼ 摺合せ不良 車室内部部品の熱膨張 による持ち上げ	
④	1. 2 段大歯車、H.P., L.P.ベニオンの 繰倒にピッチング発生 掘付時の片当りが原因、南当り修 正するも進行中	3. 工作不備 4. 車室内部の突変 による持ち上げ 異物の侵入又は 接触による	1. 故障の進行がゆるやかであ り、対策の時期を選ぶこと ができる。 2. 運転時に検出することが困難。
③	1. エコロービン内部ラビリンスパッ キン摩耗、スライ耗	1. 材質不良 2. パッキンの 構造不良 ローターの曲り 軸受焼損 伸び差増大	1. 航海に支障がない。 2. 修理の時期を選ぶことが出 来る。
④	1. 駆動ギアが抜け出し、異常摩耗し た。 2. 同上のギアの歯型が欠出した。	1. 工作不良	設計または工作の不良による もので運転者としては対策出 来ない。
④	1. フランジ面の歪を修正、パッキン を取替えて復旧	1. 工作不良	(蒸気漏洩検出)
⑥	1. 主復水ポンプ吸込側エクスタパンシ ョン継手にクラック発生し、空気の 吸込のため真空低下	材質不良 過大変形	S W
⑥	2. タービンランダムパッキン破損し 空気吸込 (異物による)		
⑥	3. 補助排気スビルライン継手部のゆ るみにより空気吸込		
⑥	4. 海水吸込弁を高位から低位に調整 えた直後、真空300mmHgまで低下	海水弁切替時に一時海水が遮断され た。	

機器	事故種類	事故の カテゴリ	回答内容	停給時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムで考慮 されていない理由	備考		
1. 主 タ ー ビ ン	主 復水器 (冷却管損傷)	⑥ A	1.穴あき Deposit attach プラグ 施工	20 hr	1.異物の侵入による潰食		従来装備している Salinity indicator で発見可能			
		③	2.腐 蝕 復水器 tube 全面にわたって腐 蝕が生じた(貝類による)。管入 口にナイロンインサートをはめ硫 酸第1鉄を投入した。	約1日	2.防蝕板不足					
		⑥ A	3.穴あき Deposit attach により tube 1本に穴があいた。 プラグ施工	1 日	3.管内水速の不揃					
		⑥ A	4.穴あき 管内の異物(貝殻付着)によるキ ヤビティションに起因する穴あき。 プラグ施工	1 日	4.材力低下					
		⑥ A	5.穴あき 材力低下(管の衰弱による) 多発 オカクス投入	/						
		③	6.エロージョン tube 入口側にエロージョン多 発(約100本) 但しリークには至っていない。ド ックイン前に発見。ナイロンイン サートを施工	/						
		⑥ C	7.閉 塞 貝類による。	約3hr						
		③	1.脱鉛現象 防食板腐食のため発生	/						
			" (管 板 損 傷)							

<p>復水ポンプ</p>	<p>①</p> <p>1. 異音発生、発熱 ボールベアリング取替</p>	<p>不明</p>	<p>異音の原因</p> <p>1. キヤビテーション 増加 2. 回転体のアンバランス 3. 異物侵入 4. アライメントの狂い 5. 軸受損傷 発熱の原因 1. パッキン部の封水不足 2. 軸受の損傷 3. 過負荷</p>	<p>不明</p>	<p>1. エゼクタ-蒸気弁カバーパッキン部より蒸気もれ。パッキン取替 2. エゼクタ-蒸気管ドレン弁ジョイントパッキン部より蒸気もれ。</p>	<p>1. 品質向上を期待する。 2. 事故発生しても影響が比較的軽い。</p>
<p>1.</p>	<p>②</p> <p>2. 吐出圧低下 破込側に異物かみ込み。</p>	<p>不明</p>	<p>1. 異物による吸込口閉塞 2. インペラ破損 3. 均圧管の不備 4. NPSH 不足 5. ポンプ内部漏洩</p>	<p>不明</p>	<p>1. エゼクタ-蒸気弁カバーパッキン部より蒸気もれ。パッキン取替 2. エゼクタ-蒸気管ドレン弁ジョイントパッキン部より蒸気もれ。</p>	<p>1. 品質向上を期待する。 2. 事故発生しても影響が比較的軽い。</p>
<p>主</p>	<p>③</p> <p>1. 断線 ステータコイルリード線断線</p>	<p>不明</p>	<p>1. 工作不備 2. 疲労 劣</p>	<p>不明</p>	<p>1. 断線 ステータコイルリード線断線 リードワイヤ取出部をはずしリードワイヤを結んで復旧。</p>	<p>1. 品質向上を期待する。 2. 事故発生しても影響が比較的軽い。</p>
<p>副</p>	<p>④</p> <p>1. 冷却水漏洩 第1ドレン側に冷却水が多量に流出。 クランド部のゆるみ修理</p>	<p>不明</p>	<p>1. 管の破損 { 共振疲労 材質欠かん 2. パッキン部のゆるみ、破損</p>	<p>不明</p>	<p>1. 断線 ステータコイルリード線断線 リードワイヤ取出部をはずしリードワイヤを結んで復旧。</p>	<p>1. 品質向上を期待する。 2. 事故発生しても影響が比較的軽い。</p>

機器	事故の種類	事故の カテゴリー	回答内容	停給時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムで考慮 されていない理由	備考
	主抽気エゼクター (その他)	③	2. 蒸気室にクラッキング発生 蒸気管の振動によりクラッキング発生 蒸気管の振動止め施工	不明			品質向上に期待する。	
	L P 給水加熱器 (漏洩)	④ A	1. 冷却管 1 本切断 器内圧異常上昇、抽気弁のグラ ンド部より蒸気漏洩	不明	1. 共振疲労 2. 材質欠陥	S W	1、6、8 は品質向上に期待 する。 その他は正常な作動であつて、 事故ではない。	
		④ A	2. メタリックパッキン部より漏洩	不明	1. 工作不良			
1.	操縦保安装置 (非常遮断装置 誤動作)	①	1. 原因不明 電気系各部を増締する ことにより再発せず。	/	1. ローリングによる油圧変動 2. 振動による誤動作			
主		⑥ C	2. 荒天中オーバースピードトリップバ ンが作動	/	3. 断線(電路) 4. エアロック			
タ		③	ローリングのため trip 系の油 圧が瞬間的に上昇したらしい。	/	5. 機械部品のゆるみ、ガタ脱落 6. 電気品の不良			
1		③	3. 荒天中 L O 低油圧トリップが作動	/				
ピ		③	ローリングのため L O ポンプが空 気を吸った。	/				
ン		③	4. 非常遮断装置が作動	/				
		③	ローリングで L O ポンプが空気を 吸ったらしい。	/				
		③	5. 同 上	/				
		③	6. トリップバネが振動のためはずれ た。	各 0.5 hr				
		⑥ C	原因発見が遅れた。	/				
		③	7. 荒天中過速遮断装置が作動 8. 運転中主蒸気危急弁が動作 油系統のエアと思われるが、原 因不明	/				
		③		0.5 hr				

操縦保安装置 (操縦不能)	④	1.前進弁閉鎖不能 止めホジをしめ忘れためクローズ ヘッドピンが脱落した。 2.ダイアルコントロールによる主機 操縦不能 前進減速用サイリスタスイッチ不良 本船予備と取替 3.後進操作不能 ダイアルコントロールによる後進 増速が効かなくなり、フオローア ップフェイルのアラームが動作。最 終的、ガバナモーターの Control winding 用サイリスタスイッチ チ不良	1 hr	1.機械部品のゆるみ、カタ、脱落 2.電気系統部品の不良 3.断線 4.パワーソースの故障 5.パワー系路のリーク	品質向上に期待する。
操縦保安装置 (操縦不能)	③	1.自動化系統の安全装置不調による。	/	1.機械部品のカタ、ゆるみ、脱落 2.電気系統部品の不良 3.パワーソースの故障 (現状維持に ならぬ場合) 4.電気部品の振動などによる誤動作 5.誤操作 1.換出端のゆるみ、脱落 2.断線 3.電気品の不良 4.振動等による誤動作	品質向上に期待する。
" (警報装置誤動作)	④	1. L.P. ターピン伸び差過大、アラーム 発令 伸び差が W.D. 50 mm を指示し、 アラームが動作。 検出コイル断線がなくそのまま 続航、帰港後メーカが取替	不明	1.部品のゆるみ 2.ペロローズ等の破損	品質向上に期待する。
" (その他)	③	1.背圧過昇トリップ用検出器のペロ ローズがゆるみ、操作油が復水器に 漏入した。 (最近のものはペロローズが誤損 しても操作油が復水器に漏入) しない構造に改良されている。	/	1.部品のゆるみ 2.ペロローズ等の破損	品質向上に期待する。

機器	事故種類	事故の カテゴリー	回答内容	停機時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムで考慮 されていない理由	備考
1.	抽気管系統 (漏洩)	④ ⑥ A	1. 1～3段抽気弁(油圧動)より漏油、発火 2. L.P給水器用抽気弁グラウンドパツキンより蒸気漏洩 給水加熱器の冷却管破損による器内圧上昇に起因	不明 停泊時修理 10 hr	1. グランドノール部の破損 2. 継手部のゆるみ		1. は縦装システム分科会、火災検知小委員会にて検討願う。 2. 3 は品質向上に期待する。	
	主タ ー ビ ン	④ ④ ④ ④	3. 1段抽気元弁筐パッキン破損 1. 第1抽気系オリフイス付ドレン管溶接部クラック発生 局部焼鈍の不足 2. 環縦弁ドレン管フランジ部リーク 3. H.P 1段抽気ドレン系のフランジ部リーク パッキン新替	応急10hr 修理 9hr / /	1. パッキン材質不良 1. 電気回路の故障 2. パワースーツの故障 3. パワー系路のリーク 4. 弁自体の機械的損傷	V B	品質向上に期待する。	
2.	L.O管系統 (自動切換油漙器 の誤動作)	②	1. 蒸気ストレナドレン弁開閉用マグネット弁の電路短絡により動作不能、絶縁劣化、電路新替	不明		B R		
	2.1 ジョー トウオ ーター	④ ⑥ A	1. 切換油漙器が掃除中に自然に切換わり、油ポンプに空気を吸引した。 1. 給水加減弁閉塞により缶水位低下 2. 主缶水位が異常低下し、蒸気管の一部を焼損した。		給水加減装置、ダイアフラム弁、手動ハンドル弛緩、加減弁が閉塞した。 (振動) 原因不明	S W		4ヶ月目に発生 主機減速 5分 注意していない と大事故につな がる。 1回/10年

④A*	5.6.1 主缶に鈍い響発音が発生し前面ケーンクが膨出し、過熱器扉部からガス噴出。(天井水壁管、過半数垂下、スクリーン管にも乱れあり)	14d	シヨートウオーターにより管温度が上昇して Over heat により過熱器支持管一本に大きな破口が出来た。	シヨートウオーターの原因不明	片倉岬港
①B*	4.ボイラ水面低下、低水位燃料遮断弁作動、ボイラ消火	SW	給水加減弁、ボジヨナーベロースプリンクボストがステイック。		
③H	5.主缶水位低下、F.O遮断弁作動、バーナ消火	3H42'	給水加減弁(コープス)のボジヨナー取付ボルト2ヶ締付不良	SW	
③④C*	6.給水ポンプトリップ後の処置不良のため缶水位低下、ボイラトリップ	15'	給水ポンプガバ不調	SW	
④A	1.缶過熱器の管拡管部またはスクールウエルド部から漏洩		工作不良		
③④A*	2.6.2主缶の後壁管が音響を発生し破裂した。破裂口より蒸気噴出し、全バーナが消火。	4d-1hr	管内表面に点蝕を生じ、点蝕個所の応力集中により亀裂を生じた。後壁管の循環不良が使用管内面腐蝕。	SW	アケートに詳細な状況並びに原因の説明あり。
①A	3.ボイラ内に鈍い音と同時に蒸気の噴出音発生、過熱管一本にケケ所破孔ができた。		一時的なキヤリオーバーにより管径が過熱器内面に付着し、管壁温度上昇により、高温強度低下破断。	SW	キヤリオーバーを未然に検知する方法が必要。
①B	4.過熱器チューブ4本破損。		管内スクール付着による Over heat	SW	補給水増加を検知可能なるもスクール付着の原因となる旨水の自然管理が望ましい。
①B*	5.6.2主缶スクリーン蒸発管膨出破孔	36hr	缶水、給水管の不十分により管内にスクールが推積し過熱したため。	SW	1回/12年 缶水消費の増大、水質変化(濃度低下)により判断。
④B	6.過熱器管格連絡管にクラック	片倉航走	寸法不良と無理なとりつけによる。	SW	(補給水増加により検知)
③B	7.過熱器チューブ破裂	21hr	内部腐蝕による。 (過熱器入口蒸気管にスチムトラップをつけた)	SW	(全上)
③A*	8.後壁管およびスクリーン管膨出	20d	F.Oが噴油器掃除用蒸気弁より雑用蒸気系に逆流、復水に混入して缶内に流入した。	SW	F.Oの逆流は運転中に起りうる一般事故とは考えられない。

機器	事故種類	事故の カテゴリー	回答内、容	停船時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムで考慮 されていない理由	備考
2. 主ボイラ関係	2.2 チューブ焼損 (ボイラ破損も含む)	⑥ B* ③ B	9. 主缶炉内水壁管破孔亀裂一本、膨出6本 10. 水壁管上部管寄ブラグ多数漏洩	応急 5 d 4 8 hr	内部スケール殆んどなく、疲労によるものらしい。 螺子山部脆弱化による。	SW SW	(補給水増加により検知) (全上)	1回/14年 1回/14年
	2.3 給水加減器の故障	④ B	1. 給水加減器検出管系にリーク発生	SLOW DOWN	パッキン不良	SW	(給水加減器の作動監視)	1回/年
		④ B	2. 給水加減器サーモスタット側、蒸気リーク	SLOW DOWN	パッキン不良	SW	(全上)	1回/3年
		④ B	3. 主缶負荷低下時自動制御不能	—	給水加減器破孔	SW	(全上)	
		④ B	4. 缶水面制御装置の異常 左舷缶の水面が徐々に上昇し、2～3日間で右舷缶の水面と相当の差を生じた。	—	水位検出器のバイロット部分が振動のためピスがゆるみ、発信空気圧に異常を生じた。	SW	(全上)	
	2.4 パーナ故障 (誤操作も含む)	④ B	5. ボイラ高水位アラーム吹鳴	—	給水加減器(コープス)スチームフローコントローラの損傷、ダイヤフラムパッキンの不良による。	SW	(全上)	4ヶ月目に発生
		④ B	6. 給水加減器用空気減圧弁不調により缶水位上昇 7. 自動給水加減弁のダイヤフラム破損	2 hr	空気減圧弁圧力調整ねじが弛緩(振動) ダイヤフラム不良	SW	(全上)	
		⑤ A	1. 主缶パーナ失火(一本のみ)	—	自動点滅用 Air ピストン弁スピンドルのストローク不足により MASTER OIL 弁へ至る CONTROL AIR が供給されなかつた。 ベースパーナバージ用蒸気ラインの逆止弁漏洩のため、6.3 パーナバージバルブに FO 逆流。 FO 中へ海水混入。引渡前 ON DECK LINE 水試の残水混入。	SW	初期事故と考えられる。 (逆止弁の漏洩検知が困難 運転中に起りうる一般電故と 考え難い。 初期事故	スピンドルの長さを増して解決。
		⑥ A*	3. 全フレーム・failure による主缶トリップ	2 hr				FO ラインより水分除去し FO により着火。
		② A*	4. 全フレーム・failure	2 hr				FO ストレータナの自動化によ

	<p>① A *</p> <p>5. 全フレーム・failure</p>	1.5 hr	<p>中、調整作により E.O cut バーナ取替え掃除中、負荷減速時 Air 量が多すぎ、ベース・バーナ を吹き消した。</p>	<p>り誤操作防止。</p>	1 回 / 1 年			
	<p>① A</p> <p>6. 主燃バーナ再着火不能</p>	—	<p>バーナ作動空気系統に装備のストレ ーナの閉塞、ならびにグラスウール・ ストレーナのドレンによる閉塞。 F.O 温度 & Tip の選定不良</p>	<p>差圧アラームにより防止</p>	1 回 / 1 年			
	<p>③ A</p> <p>7. Boiler Burner Fire Cone 周辺に多量のカーボン付 着。</p>	—	<p>“O” Ring の材質不良</p>	<p>運転中の一般事故ではない。</p>	1 回 / 1 年			
	<p>③ A</p> <p>8. バーナ操作シリンダ用 “O” ring 損傷により Burner 用 Air slide damper の自動操作 不良となる。</p>	—		<p>バーナ操作は別途監視の要あ り。</p>				
2.	<p>③</p> <p>1. Flame Detector の誤操作</p>			<p>初期事故</p>	F.O cut のイ ンターロックを やめている。			
主	<p>⑤ A</p> <p>1. ボイラ過熱蒸気温度が上昇する。</p>		<p>取付位置、角度に問題あり。</p>	<p>初期事故</p>				
部	<p>③ A</p> <p>2. 主燃バーナヒータ出口蒸気温度の 過高</p>		<p>スープロローの効果悪く毎航水洗施 行、除塵剤使用。</p>	<p>蒸気温度単独で監視の要あり。</p>				
イ	<p>① ③ A</p> <p>1. ガスエグジヒータの出入口差圧 (空 気、ガス共) が大きい。このまま では奥途の航航不可能。</p>	10 d	<p>ガスエグジヒータの煤づまり、カーボ ンの付着が激しい。 (ガス温度のコントロールドが悪い)</p>	<p>つまりは除々に進行すると考 えられるので、別途監視並び に洗浄装置のスープロアを 設ける要あり。</p>	バーナチップを かえ噴霧圧力を 上げた。			
関	<p>① ③ A</p> <p>2. ガスエグジヒータエレメントの Fire による焼損。</p>		<p>Stack および Elements に 煤が蓄積しこれに火がつき Stack 内が Fire となり Stack およ び Elements が焼損した。</p>	<p>別途 FIRE DETECTOR 並びに消火方法を考慮の要あ り。</p>				
系	<p>③ A</p> <p>5. 主燃空気予熱器管破孔 (管入口 側)、同管板の破孔</p>	応急 4 hr	<p>ガスによる腐蝕</p>	<p>基本的な問題</p>				1 回 / 1 年

機器	事故種類	事故の カテゴリー	回答内容	停電時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムに考慮 されていない理由	備考
2. 主ボイラ関係	2.7 ガスエヤヒータの故障	①③A	4. 全上管焼損脱落多数 5. 主缶空気予熱器ガラスチューブ焼損	応急 5 d	燃焼不良のまま運転を続けたので、 空気予熱器にすすが堆積し、それが 管漏洩部から新鮮な空気供給を受け 発火し波及した。 燃焼不良による Soot fire		2. 同。 2. 同。	1 回 / 14 年 寒地で Sock 中缶缶を点火用 ファンにて暖房 蒸気発生用に使 用
	2.8 スチームエヤヒータの故障	⑥ B ⑥ A	1. 1/6. 1 主缶空気予熱器に蒸気漏洩あり。 2. 空気予熱管群部固定式煤吹器パイプの一部に約 1 cm φ 大の破孔を生ずる。			S W	(補給水の増加により検知) 重大事故に関係するとは考えられない。	
	2.9 A C C の故障	⑥ B *	1. A C C の作動停止 2. 重油調整弁不調により自動運転不能		A C C 電源消滅、100V line の 接地により配電盤のブレーカがとん だ。 助燃剤が弁に付着ステイックした。		(A C C の監視方法を当分科会 で検討の必要あり) (全 上)	
	2.10 蒸気、缶水の漏洩	③④A ③ A ③④A ④ A ④ A	1. ボイラ肌付弁フランジ部より漏洩 2. 過熱器主塞止弁フランジ部より漏洩 3. 過熱蒸気管フランジパッキン損傷 4. 缶付水面計(クリンガ式)のマイ カ&ガラスの侵蝕により缶水吹き 出し。 5. 1/6. 1 主缶過熱器出口マニホールド フランジ部より蒸気噴出	— — — — —	パッキンの不良 パッキンの自然摩耗、振動によりゆるむ。 減温装置の作動不良によりドリレンが 逆流、パッキン損傷。 振動により水面計ガラスの締め付け ボルトがゆるんだ。 挿入パッキンの片締め。		直接検出が困難なため補給水の 増加で検知 全 上 全 上 全 上 全 上	S L O W D O W N 1 回 / 3 年

多発	全	上	劣化および増結の不十分	—	バッキンの劣化および増結の不十分	多発
1回/14年	全	上	バッキン不良 弁体の錆果より当り部にクラック入り り凝水した。	4 hr	6. 蒸気過熱器ヘンダーフラッグより漏洩、 体積後の汽じより時過熱器付き下 アより微量蒸気の漏洩あり。 7. 緩熱蒸気管フランジ部漏洩 8. 弁付主給水塞止弁の弁カバッキ ンより凝水 9. 過熱器管寄 Hand Hole より 蒸気漏洩 10. 弁肌弁 Flange Packing より蒸気漏洩 11. 分記管寄 Hand Hole より漏洩 12. Economizer tube の出口 管寄取付部より給水漏洩	1回/14年
単行航海 12 hr	全	上	—	—	1. 塩缶を焚いた。	単行航海 12 hr
" 18 hr	全	上	—	—	2. キヤリオンバにより過熱器を焼損 3. ボイラ緩熱器台管および内管の漏 洩により主コンデンサ内復水のフ ルカリ度上昇 4. 缶水への塩分混入 (缶水 MAX 70 PPM)	" 18 hr
" 15 hr	全	上	—	—	5. ドレンクーラ Tube 破孔、海水混入	" 15 hr
" 52 hr	全	上	—	—	1. Scott Blower Header 漏 洩 2. 焚口煉瓦脱落 3. 炉内煉瓦脱落 4. 主缶バーナタイル、ボイラ前面煉 瓦脱落 5. Gas Air Heater 凍り。	" 52 hr
別送 salinity 監視装置 があるため。	全	上	Atmos Condenser Tube の Leaking による。 (パツフル形状不良による局部的蒸 気流速過大、チューブ切損) 塩分が混入 (混入経路調査中) 溶接の不良	24 hr	1. に同じ。	1回/6ヶ月
1. に同じ。	全	上	Evaporator Ejector Cooler Tube 4本、漏洩によ る缶水塩分増加 腐蝕破孔、検査計不良のため缶水試 験迄発見遅れた。	—	1. に同じ。	1回/6ヶ月
直接検出が困難なため、補給 水の増加により検知 直接検出が困難	全	上	弁および弁座腐蝕のため。 振動による。 振動による。 振動、ハンガ・ボルト焼損	4 hr	カーボンの付着が激しい。Gas 温 度制御が悪かつた。	1~2組/年
全 上	全	上	—	48 hr	—	2 焚口/年
全 上	全	上	—	48 hr	—	1 回/3年
Gas 温度制御装置の監視表 置が必要	全	上	—	—	—	1 回/4ヶ月

機器	事故種類	事故の カテゴリー	回答内容	停船時間	考え得る原因	当分科会調査の プログラム名称	プログラムで考慮 されていない理由	備考
3. タ I ボ 発 電 機 関 係	I タービン操縦不能	① ⑥ B *	<ul style="list-style-type: none"> 蒸気弁ステイック 電気回路故障 蒸気弁漏洩により S/B タービンロータの変形 	3 hr — —	<ul style="list-style-type: none"> ① 蒸気弁ステイック (注1) ⑥ B 電気回路故障 (注2) ① ロータの変形 (注1) タービントリップ II 参照 軸受焼損 III 参照 	—	<p>注1) オーバースピード、異常振動等の不具合が起つてから、それにて検知</p> <p>注2) T/g に限らず、主要電気回路チエックを行なうことを44年度以降の作業にて考慮する。</p>	
	II タービントリップ	⑥ ④ A D *	<ul style="list-style-type: none"> 振動によるトリップスイッチの誤作動 排圧上昇 オーバースピード 	— 2 hr	<ul style="list-style-type: none"> ⑥ D 給油圧力低下 ④ A トリップスイッチの誤作動 排圧上昇 IV 参照 オーバースピード V 参照 	B0		
	III タービン軸受焼損	⑥ D *	<ul style="list-style-type: none"> ドレン侵入によるタービン異常振動 	—	<ul style="list-style-type: none"> 給油量不足 LOポンプ故障 LO配管漏洩 " 閉塞 給油温度過昇 LOクーラ汚れ 冷却海水不足 温調弁不調 異物噛み込み 異常振動 ドレン侵入又はドレン抜き不足 ロータ変形 	B R		
	IV タービン排圧上昇	⑥ D *	<ul style="list-style-type: none"> 排気弁誤操作 補助復水器水位上昇 	2 hr —	<ul style="list-style-type: none"> 排気弁誤操作 補助復水器真空低下 (7 1/3 参照) 排気弁ステイック 補助復水器水位上昇 	B0		
	V タービンオーバー	⑥ B	<ul style="list-style-type: none"> 並列運転中のガバナハンチング 	—	<ul style="list-style-type: none"> 並列運転中のガバナハンチング 	B0		

	* ① * ② ③ ④ ⑤ ⑥	よる負荷急速移行 。タービンのガバナステイック 。逆流トリップ作動 。各部摩擦 。L.Oへの復水混入 。油圧調整弁不調 。スリップリング摩擦 。絶縁低下 (次項参照) 。振動による断線 。カーボン、塵埃等による汚れ 。半田付不良による発熱 。絶縁板材質選定不良 。ドレン排除時の蒸気 。オイルシヨート 。油切り内部の負圧でタービングラ ンドより吸引 。L.Oポンプ不良 (過車異常摩擦) 。排気逃し弁ステイックによるター ビン背圧上昇回転数低下 Low Voltage Relay 作動 。減圧弁追従悪く、主機負荷減速時 Make Up 蒸気不足 Low Voltage Relay 作動 。Diesel GeneratorのFO 弁誤操作	礎泊中 1 6 hr (3 day) — 1 day — — — — — 4.5 day 7 2 hr (3 day) — 0 — 1 hr	よる負荷急速移行 。ガバナステイック (VI参照) 。蒸気弁ステイック 。ガバナ不調 (VI参照) 。ACBトリップ 。各部摩擦 。L.Oへの復水混入 。L.Oへの空気混入 。油圧調整弁不調 。各部ステイック	B — B R — — B — B	設計改良により解決済 初期故障
VIガバナ不調	①	よる負荷急速移行 。タービンのガバナステイック 。逆流トリップ作動 。各部摩擦 。L.Oへの復水混入 。油圧調整弁不調	礎泊中 1 6 hr (3 day) — 1 day	よる負荷急速移行 。ガバナステイック (VI参照) 。蒸気弁ステイック 。ガバナ不調 (VI参照) 。ACBトリップ 。各部摩擦 。L.Oへの復水混入 。L.Oへの空気混入 。油圧調整弁不調 。各部ステイック	B	
発電機不発電	②	。スリップリング摩擦 。絶縁低下 (次項参照) 。振動による断線	—		B	
発電機絶縁低下	③	。カーボン、塵埃等による汚れ 。半田付不良による発熱 。絶縁板材質選定不良 。ドレン排除時の蒸気	—		—	
エクサクタ軸受腐損	④	。オイルシヨート	—	II参照	B R	
L.O系統水分混入	⑤	。油切り内部の負圧でタービングラ ンドより吸引	0		—	設計改良により解決済
L.Oポンプ騒音大	⑥	。L.Oポンプ不良 (過車異常摩擦)	—		—	初期故障
ブラックアウト	⑦	。排気逃し弁ステイックによるター ビン背圧上昇回転数低下 Low Voltage Relay 作動 。減圧弁追従悪く、主機負荷減速時 Make Up 蒸気不足 Low Voltage Relay 作動 。Diesel GeneratorのFO 弁誤操作	1 hr		B	

機器	事故種類	事故の カテゴリー	回答内容	停船時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムに考慮 されていない理由	備考
	4.1 Fan 停止	⑥A*	1.F.D. Fan Stop	Slew Down	主配電盤のブレーカが Trip, 原因不明		原因不明	1回/1年
	4.2 Fan Motor 焼損	①A*	1.航海中、突然 F.D. Fan Motor 焼損、つづいて他の F.D. Fan Motor も焼損	不明	Motor の絶縁低下		絶縁監視装置が必要	1回/15年
4.		①A*	1.航海中 F.D. Fan Motor 一台焼損、他の一台も絶縁低下	18 hr	Skylight から水分侵入し、Motor 近辺の安全弁の steam が Motor 内で Condense し、焼損		全上	1回/15年
缶	4.3 Starter 故障	③④A	1.F.D. Fan Motor の Starter coil 断線	—	絶縁物の劣化により抵抗の低下		全上	
用		③④A	2.F.D. Fan Magnet Contact コイル焼損	—	接触不良		不良検知方法が問題	
送		③	3.Fan 用スイッチ不良によりブラックアウトし、非常用 L.O ポンプ作動不良のため (電源不足) オイルシヨート、低圧タービンメタル焼損				全上	
風	4.4 カップリング 破損	④	1.缶用送風機カップリング破損	—	船体歪と補機台の剛性との関連が充分調整されていないなかつた。		初期事故と考えられる。	
機	4.5 中間軸受損傷	④	1.缶用送風機中間軸受損傷	4 hr	スラスト・ボールベアリング取付不良、グリースが十分行きわたっていないなかつた。 ベアリング不良		運転中の一般事故と考え難い。	2回/年
関		④	2.ボールベアリング焼損し、シャフト偏心した。				全上	
係	4.6 その他	③④A	1.缶用送風機の起動時電源シヨートし、ブラックアウトした。	3 d	配電盤の端子間がボルトで短絡した。 (船体振動のため)		不良検知方法が問題	

5.1	ポンプのトリップ	① B ①④ A ③	1.給水ポンプトリップ 2.給水ポンプの停止 (Coffin) 3.給水ポンプ停止	— — 0.5 hr	排圧上昇らしい。 Thrust ball bearing の焼付 浦機排気蒸気主管への生蒸気補給管で、補給蒸気弁までのラインにドレン抜きがなく、補給蒸気弁が自動的に開いたときドレンが排気主管に流入した。 ポンプは排圧上昇のため停止した。 排圧調整弁不調による。	SW SW SW						主機 SLOW DOWN
5.	給水ポンプ	① B* ③④ A ④ A ① A	4.排圧上昇によるトリップ 1.主給水ポンプ用ボール・ベアリング損傷 2.給水ポンプグラブドパッキン不良、ポンプ軸スリーブ剝離 3.主給水ポンプに異常音発生	— — —	L.Oクーラーに海水が漏洩し、L.Oが汚損 シヤフトスリーブのセラミックコーティング不良らしい。 ボールベアリングへのL.O供給量の不足のためベアリング異常	SW	検知方法が問題	全上 全上				
5.3	ガバナ故障	① B ④ B	1.主給水ポンプガバナ故障 2.圧力調整作動不良	— 8 hr	制御空気中の OIL or DIRF が混入 パイロット弁、プランジヤおよびブツジユの磨耗	SW SW						1回/2年
5.4	漏洩	④ A*	1.主給水ポンプグラブドシールコンデンサエゼクタ蒸気管ジョイントパッキン部漏洩	沖出し 3	パッキン不良			全上				
		④ A*	2.主給水ポンプ蒸気元弁ジョイント部より漏洩	ベース待ち 3	パッキン不良			全上				
		④ A	3.給水系統の鋳鋼ピームにクラック発生	—	ピーム不良			全上				
		③④ A	4.給水ポンプグラブドより冷却水噴水	—	グラブド・パッキン破損			全上				
5.5	その他	① A	1.L.Oポンプ drive gear 磨滅	2 d	注油孔閉塞			全上				1回/5年

機器	事故種類	事故の シナリオ	回答内容	停船時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムに考慮 されていない理由	備考	
6. 各 種 補 機 類	コンプレッササシ受 焼損	②	<ul style="list-style-type: none"> 。L.O温度過昇 	0			ボールベアリングが普通。特 殊 Case		
	コンプレッサ制御 不能	④ 注2)・ (間接には) (⑥ B)	<ul style="list-style-type: none"> 。板バルブ破損 。自動発停装置電気系統接触不良 	—		注1) —	注1) 従来のスキヤンによる警報シ ステムの如くアラームの多数 の点を広く浅く監視するプロ グラムを44年度以降に考慮 する。 注2) 制御空気の異常監視プログラ ムを44年度以降に考慮		
	コンプレッサL.O 劣化	①	<ul style="list-style-type: none"> 。原因不明 	0					
	主循環ポンプトリ ップ	④ 注3) (間接には) (⑥ B)	<ul style="list-style-type: none"> 。Main Switch Board の ブレーカトリップ回路不良 。振動によるスイッチの誤作動 	Slow Down 1 hr 0.5 hr 0.25 hr		注3) 間接的にBR	注3) 主復水器真空の監視は44年 度以降に考慮		
	FO噴燃ポンプ吸 入管破孔	④ *	<ul style="list-style-type: none"> 。原因不明 	Black Out 1 hr (錠泊中)	<ul style="list-style-type: none"> 。材料の不良 。溶接の不良 	—	—	加工にて解決すべき問題	
	操舵不能	① (要すれば) (⑥ E)	<ul style="list-style-type: none"> 。Telemeter管系操作油不足 	0.5 hr		—	—		
	操舵機モータ不起動	④	<ul style="list-style-type: none"> 。スタータ内部配線の振動による断線 	初期故障		—	—		
	操舵機モータ軸受 焼損	③	<ul style="list-style-type: none"> 。周囲温度過昇による熱膨張により、 回転部、静止部接触 			—	—	望温の過昇を防止することに より解決	
	復水ポンプ異音発	③ ④	<ul style="list-style-type: none"> 。吸込側への異物噴み込み。 			—	—		

発生原因様相	膨張調整 Expansion Joint に亀裂	膨入調整 Expansion Joint			
6. 各種機器類	<ul style="list-style-type: none"> ① 復水ポンプボールドベアリング磨損(要すれば) (⑥ E) ① ドレンポンプモーター焼損(間接的には) (④ B) ① P/O移送ポンプ回転不能 ① P/O移送ポンプ過熱 ④ 荷油ポンプボールドベアリングより油漏れ ①又は⑥A ビルジポンプライナ、パケット焼損(要すれば) (④ E) 	<ul style="list-style-type: none"> ① グリース不足 ① 絶縁の経年低下 ① 異物の混入 ① 漕器のつまり ① 腐蝕孔 ① 吸入漕器目つまりによる長時間空転 	<ul style="list-style-type: none"> 0 0 8 hr 	<ul style="list-style-type: none"> 注1) 間接的にSW 材料検査にて解決すべき問題 	<ul style="list-style-type: none"> 注1) デイアラレータ低水位等の不具合を監視
7. 熱交換器関係	<ul style="list-style-type: none"> ①③④ 補助復水器チューブ漏洩(間接的には) (⑥ B) ② 補助復水器安全版破損 ⑥ 補助復水器水位上昇異常低下 	<ul style="list-style-type: none"> ① Bufile 形状不具合による局部的流速過大によりチューブ折損 ① 冷却水不足の為長時間過熱状態となり、チューブ管板間に緩みを生ず ① 腐蝕 ① 脱亜鉛現象 ① 低温脆化 ① 冷却海水管が氷片でつまり、冷却海水量が不足した。 ① 水位調整器パイロット弁のスティック ① 水位調整弁異物かみ込み、コントロール不能(フロート式三方弁の場合) ① 水位調整弁スティック 	<ul style="list-style-type: none"> 1 day 9 hr 	<ul style="list-style-type: none"> 注1) 44年度以降に考慮 特殊 Case 	<ul style="list-style-type: none"> 注1) 給水 High Salinity を監視

機器	事故種類	事故の カタゴリー	回答内容	停船時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムに考慮 されていない理由	備考
7. 熱交換器関係	エゼクターチューブ漏洩	④	。 グランド部の緩み			—	設計変更により解決済	
	エゼクター蒸気管クラック	③	。 蒸気管の振動			—	設計変更により解決済	
	ドレンクーラー (デオイラ川) チューブ破損	① 注1) (間接には) ⑥ B)	。 腐蝕破孔			—	注2) 44年度以降に考慮	注2) 給水 High Salinity を監視
	高圧給水加熱器チューブ破損	④	。 取付不良及び熱膨脹 (Tube Expand 部) 。 管の衰弱	0 10 hr		—	設計変更により解決済	U-Tube に変更
	低圧給水加熱器チューブ漏洩	③	。 メタルパンク不良	0		—	設計変更により解決済	
	エバポレーターエゼクター蒸気復水器チューブ漏洩海水混入	① ④ 注1) (間接には) ⑥ B)	。 原因不明			注1) —	注1) 44年度以降に考慮	注1) 給水 High Salinity を監視
	エバポレーター水位過昇	⑥ B	。 Brine Pump, Distillate Pump Seal 不良 。 給水加熱器スケールによる汚れ	0	。 腐蝕 。 チューブ取付不良 加熱蒸気不足 給水加熱器汚れ 真空低下 { 。 Brine Pump Distillate Pump Seal 不良 。 エゼクター不良	注2) —	注2) 44年度以降に考慮	
	ダイアレータ水位低下	⑥ C	。 弁漏洩により Dist. Water Tc へ給水逃出し。	1 hr	。 ダイアレータ水位調整装置不調 。 ドレンタンク " 。 復水ポンプ or ドレンポンプ故障 。 ダイアレータ噴霧ノズルつまり 。 配管漏洩	SW		
	タンククーリーニングヒーターチューブ破損	① ③	。 蒸気流速過大とドレン	0		—	設計変更及びドレン抜徹底により解決	

7. 換気装置関係	④	原因不明	weels 1~2 2~20 hr 1~4 hr	—	配線の保護等機表上の考慮にて解決すべき問題	2 Tc System に変更 重要な部分には 出来るだけ溶接 ジョイントを使 用する。 出来るだけ溶接 ジョイントを使 用する。
クラフドコンデンサ 。ファンモーター スタータコイルリ ード線断線	③, ④	。シリーング内外圧力差過大 。パッキン不良 。加工不良 。パイプ破孔 。組立不良 。パッキン不良 。パッキン不良 。加工不良	1~2 2~20 hr 1~4 hr	—	設計加工により解決すべき問題	2 Tc System に変更 重要な部分には 出来るだけ溶接 ジョイントを使 用する。 出来るだけ溶接 ジョイントを使 用する。
軸系給尾管縦割シ ーリング亀裂	②, ④ *	。パッキン不良 。加工不良 。パイプ破孔 。組立不良	1~4 hr	。パッキン不良 。組立不良 。配管寸法精度不良	—	—
高圧蒸気管蒸気漏 洩	③	。パッキン不良	1~4 hr	。パッキン不良	—	—
低圧蒸気管蒸気漏 洩	②, ④	。パッキン不良 。加工不良	1~4 hr	。パッキン不良 。加工不良	—	—
給水管給水漏洩	④	。Water Hammer	1~4 hr	。加工不良	—	—
大気圧ドレンタンク 入口管破孔	⑥ B	。制御用空気を漏洩	1~4 hr	。加工不良	—	—
外部凝結器自動温 度調整装置不調	⑥ B	。自動温度調整用冷却水調整弁異物 噛み込み	1~4 hr	。加工不良	—	—
外部凝結器蒸気ラ インへのドレン混 入	④, ⑥	。スプリング・ダイヤフラム破損 。取付不良 。異物噛み込み 。パッキン不良	3.5~8 hr	。加工不良	—	—
自動弁不調	⑥ A	。ギア故障	10 min	。加工不良	—	—
F.Oラインフロー メータ故障	① *	。F.O Storage Tc → F.O Sensing Tc への移送ミス	10 min	。加工不良	—	—
F.Oライン水分混 入	① *	。F.O Storage Tc → F.O Sensing Tc への移送ミス	10 min	。加工不良	—	—

機器	事故種類	事故の カテゴリー	回答内容	停船時間	考え得る原因	当分科会開発の プログラム名称	プログラムに考慮 されていない理由	備考
8. そ の 他	主冷却海水ライン 管破孔	①	。老化			—		
	主冷却海水ライン 漏洩	③, ④	。Cl ⁻ イオンによる腐蝕			—	構装上の問題	ドレン滞溜のない様配管変更、 ネオブレンコー テイニング施行
	缶水海水混入	⑥ B *	。Evaporator よりの海水吸込 。デオイライ川ドレンクレーラよりの漏洩 。Evaporator 用蒸気復水器よりの漏洩		。主復水器、補助復水器、エバポレータ用給水加熱器、デオイライ用ドレンクレーラ漏洩 。エバポレータ不良	*	* 44年度以降に考慮	
	缶水LO混入	③	。T/G油もどり閉塞し、溜溜したLOがグラランンドより吸引された。		。タービン内滞油をグラランンドコンデンサにて吸引	—		

3.1.2 異常個所の検知のために常時検出記録すべき個所の決定

(1) 考え方

タービンプラントに異常状態が発生した場合、その異常原因を電算機によつて探索、診断して、乗組員に適切な指示を行ない、要すれば応急操作を自動的に行なわせる過程を電算機へのプログラムとして作成するに当つて、まず基礎データとしてのフローチャートと INPUT OUTPUT LIST の作成がソフト・ウェア関係作業の最初のステージである。

この手がかりとして、これまでも機器、装置の取扱説明書の一部に組み込まれていた TROUBLE SHOOTING GUIDE の手法に見習つて、4 大事故の発生原因について、事故からさかのぼつて、プラント周囲の状況データより、経験的にその根源を追求して行く過程をブロック・ダイアグラムとして、まずまとめあげた。すなわちこれは、考え得る事故原因というよりもむしろ、経験的によく起り得る原因を中心に摘出してその因果関係を関連づけたものである。次にこの原因追求の過程で、電算機に何によつて判断させるか、すなわち、検出端の選定を考慮しながら、これをいわゆるフローダイアグラムの様式に展開し、プロセスのデータとして何を計測し、これに適切な判断を加えて、YES または NO を分離して探り当てた原因、あるいは処置、対策を OUTPUT として ALARM あるいは DISPLAY として表示させる他、また必要とあれば、電算機より直接プラントを操作して緊急事態を回避させようと試みた。

プロセスのデータを決められた時間間隔で走査して、正常・異常を判断させる TIME ORIENTED PROGRAM と、ある事故が発生した時に始めて走り出す EVENT ORIENTED PROGRAM の比較がなされたが、4 大事故の中、“ブラック・アウト”と“軸受焼損防止”とではその対象プロセスの規模やその原因追求の論理の混み入り方に違いがあるとはいえ、プラントの正常状態を確認するための重要データは、3 レベル — 約 10 秒以内、約 1 分以内、1 分以上 — に分けて走査され、常時監視され、これに異常を認めれば“割り込み”によりさらにその原因追求のプログラムが進行する方式を採用することとした。換言すればプラントの主要変数の 3 レベルに分けての常時スキャンと、この一つに異常を認めた時に割り込みが働き、原因追求をする考え方である。

したがつてプログラムのスタートは計算機稼動であり、エンドは再びスタートへのループとして走査が行なわれることになろう。しかし異常が発すればこの走査ループから離れて原因追求プログラムへ分岐して行き、最終的になんらかの表示等の OUTPUT を出した後の RESET、すなわち割り込みの RESET のプログラムへの配流が必要であろう。

(2) 分析の結果

a) INPUT LIST

上記の考え方のもとにタービンプラントの異常検知のために常時検出・記録すべき箇所をまとめたものが第 3.1.3 表 INPUT LIST である。

走査レベルをプロセス変数の時定数、そのプラント全体に及ぼす重要度により 3 レベルに一応分類したことはこれまでのデータロガーではできなかつた電算機としての経済的運用をソフト・ウェアの工夫によつて可能にしたことになる。

検出端の型式は従来から使用されている測温抵抗体熱電対、P/I 変換器、リミット・スイッチ、圧力、温度、フロート・スイッチで大部分カバーできそうであるが一部、今後の開発に待つ検出端もクローズアップした。

アナログ信号は A/D 変換器での処理時間が 40ms くらいで、これが全データ処理所要時間の CRITICAL POINT になるが、タービン・プラントの場合これが制御上特に問題になる可能性はなさそうである。

マイクロ・スイッチ類から来る ON/OFF 信号はその入力処理につき充分配慮する必要がある。たとえば NC 接点で異常で OPEN になる場合は、たとえ外線の新線でも電算機は判断しかねて処理してしまうので NO と NO の両接点を使用した 3 線式を考える必要がある。またスイッチのチャタリングの影響防止、電算機外部での誤信号やノイズ等による電算機自身の誤処理防止にも十分気を付けなければならない。

パルス信号はそのパルス巾 DURATION を明確にしておかないと断続パルスをあたかも連続した一つのパルスと判断して誤処理しかねない。

以上述べたごとく入力信号の信頼性チェックはその重要度に応じて、下記のカテゴリーで評価し、対策をたてる必要がある。

- イ. 単一入力をチェックしないで使用する
- ロ. 単一入力をチェックして使用
- ハ. 二つの入力を相互にチェックして使用
- ニ. 三つの入力を「2 out of 3」方式で使用

第3.1.3表INPUT LIST中の精度の意味は検出端と変換器の精度から考えて、A/D変換器以後の電算機内部の処理に要求される精度である。

ロギングの要否は在来のデータロガーと同じ考え方で良いと考えて作成された。

b) プログラム実行時間概算

フローチャート中の最長処理時間を算出したデータを参考に話す。

- 仮定
- 1) 入力点 9 point
 - 2) 入出力 DIGITAL 2Bits/point
 - 3) プログラム CORE に常駐
 - 4) モニタ・プログラムのOver head lossは無視
 - 5) 1 word 18 bits 1 word 単位で呼び込む

A 全入力を最初に一度に読む場合

イ Input Time	150 ms	高速スキャン ~ 290 μs Multiplexer使用
ロ 内部処理時間	3 ms	
ハ Output Time	120 ms	~ 60 ms
	<hr/>	
	273 ms	~ 63.4 ms

B 各入力を必要な時点で読み込む場合

イ Input Time	541 ms	~ 1.89 ms (9 point)
ロ 内部処理時間	3 ms	
ハ Output Time	120 ms	~ 6 ms
	<hr/>	
	664 ms	~ 65.0 ms

この比較は第3.1.3表INPUT LISTに示される500点以上のデータを、3レベルで分類処理したとしても走査とデータ記憶を併行して行なえるように計画する必要があることを示唆している。

c) 演算処理

燃油温度、粘度補正を加えた燃料消費率計算、燃料、L.O.、清水消費量、平均値計算、運転時間計上等のComputing Loggerとしての機能のほか、異常状態判断に際して関数関係を調べるもの——たとえば発電機ガバナの不調を周波数/電力の関係で調べたり、主機の負荷とノズル弁開度との関係を調べるものに予めプログラムとして内蔵させた特性曲線と実測値の比較を行なわせる方式も提案されたので今後検討を加えなければならない。

(3) 新規開発を要するセンサー

電算機により判断を行なわせる場合、人間ではいとも簡単にしかも的確に感覚的に判断できる色、臭、音、振動などにより伝受される情報は、適当な変換器が存在しないために一番苦手を検出要素になつてくる。しかし、機関部の4大事故に関する限り、在来から用いられてきたプロセス変換器、スイッチ等で大部分のINPUTはカバーできる見通しを得た。一方、次のセンサーが開発されれば、より正確に状況判断が行なえるので今後ぜひその開発が望まれる。

- 1) 軸受メタル温度計
- 2) 軸受摩耗計

3) 漏洩検出器

4) 異常音によるボイラ管破損検知

5) 異常振動検知

1)および2)については44年度研究計画の「センサーの実験的研究」として「タービン軸受メタル温度と摩耗の検知」のテーマで成案され、その実態把握と最適検出方法が研究されよう。

3)はフランジ部などより外部への漏洩と、弁シートよりの内部漏洩に分けられる。事故報告でも漏洩は頻繁に発生している。フランジ部の温度変化、抵抗変化、インダクタンス、音響などの変化を実験室的に検出することは容易であるが、現実の数百カ所に及ぶ漏洩予想箇所(フランジ、弁グランド部)の高圧部、重要部だけ取つたとしても、機関室全般に広がる空間の中で、どのようにセンサーを配置し、アラームさせるかは火災検知器の配置以上の難題である。当面、これはWorkmanshipの向上とFlangeless pipingの大巾採用でカバーすることになる。

4)はボイラ管破損事故の有力な検知手段として超音波および音波による方法と補給水の異常増加により検知する方法が提案された。またボイラ内の燃焼状態の監視を現在のCdSセルよりUVに変え、各種燃焼状態とスペクトラム分析を関連づけることにより人間の目による判断にいくらかでも近い情報を提供できれば、破裂事故の外、正常なボイラ監視にも役立ち得る可能性のあることも提案された。いずれもこれをさらに工業センサーとして開発する方案に欠けたため来年度の研究課題としては見送られた。

5)は1)2)と同じ44年度のセンサーの実験的研究として「タービン内部異常振動検知」のテーマで超音波マイクロフォンや加速度計を検出器として周波数分析計にかけ、正常、異常のパターンを把握する研究が予定されている。

3.1.3 異常の診断と原因発見のためのフローチャートの作成

在来船機関室では、運転員が種々のデータを総合判断してプラントの監視ならびに制御を行なってきた。これは異常監視装置が個々の検出端に一つ一つ結びつき、その正常・異常を人間が集約して総合判断を下していた。もしこの機能を WIRED LOGIC にて行なおうとすれば複雑にして大規模な回路構成になることは避け得ないものであるが、電算機を導入してプログラムの構成、ソフトウェアの設計を工夫することにより各種データ間の相互関連を経済的にまた容易につけ得る可能性が開かれた。

そこで次に示す 4 大事故を例題として選び、プラント内の独立した数百点のデータの相互関連を電算機により処理、判断させ、異常検知と必要に応じて予防処置の発令をする構想に基づきフローチャートを作成した。

- (1) タービンの異常振動 (2) タービンの軸受焼損
- (3) ボイラのショートウオータ (4) ブラックアウト

「ボイラショートウオータ」、「ブラックアウト」、「タービンの軸受焼損」の各予防プログラムは最終的に総合するとタービンプラント全体の主要計測値を常時スキャンしているもので、もし異常が発生するとその重大度に応じて割り込みが働き、アラームするとともに、さらに、これに関連するプラントの状況（圧力、温度、弁開度等）を調べ、原因の割り出しを行ない、予防処置の指示を行なわせるものである。なおスキャンは 3 レベルに分けてある。

「タービンの異常振動」はこれに比べてタービン周りの局所的なデータ（回転数、温度、伸び率）を検知、分析しその振動源を探知せんとする、きめの細かいプログラムである。

フローチャートのシンボルは「造研 SR106 コンピューターシステムに関する諸基準の 2. プログラム作業基準」によつた。

なお、今後この 4 大プログラムをモニタリングまたはコントロールするプログラムの作成が必要である。

(1) タービン異常振動の検知と予防のフローチャート

1) このフローチャートは主として二つの部分からなる。

シートナンバー 1/10 および 2/10 は異常振動の検出、3/10 以降は異常振動の予防のための監視を行なうものである。

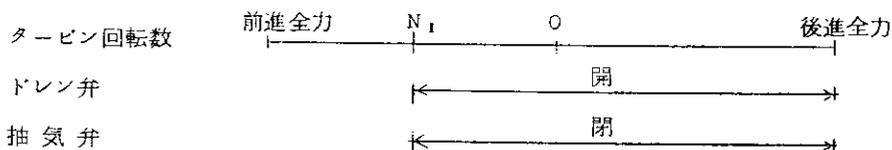
2) タービン操縦方式としては電算機によるタービン回転数の指令を行なうことを前提とした。すなわち運転者が目標回転数を設定すると電算機が種々の監視項目を検討しながら時々刻々の指令回転数を自動的に操縦装置に指示して目標回転数に到達するような方式を前提とした。

3) この表の中で使われているタービンの状態数値は大体の目安を示すものであり適用に当つては個々のタービンについて更に検討の要がある。

4) フローチャート 2/10 で録音テープとは現時点では次の様な装置を考えている。

タービン車室に聴音ピックアップをとりつけ内部の音を常時エンドレステープに録音する。テープの長さを約 10 分間としておき、振動発生を検出してから 5 分後にテープを停止することにより、異常発生の前後、それぞれ 5 分間づつの車室内部の音が録音出来るので、運転者がそれを再生することにより原因判断を行なうものである。

5) 9/10 で $N_p < N_1$ 以降の操作はドレン弁、抽気弁の開閉を次の様に行なうことを確認するためのものである。

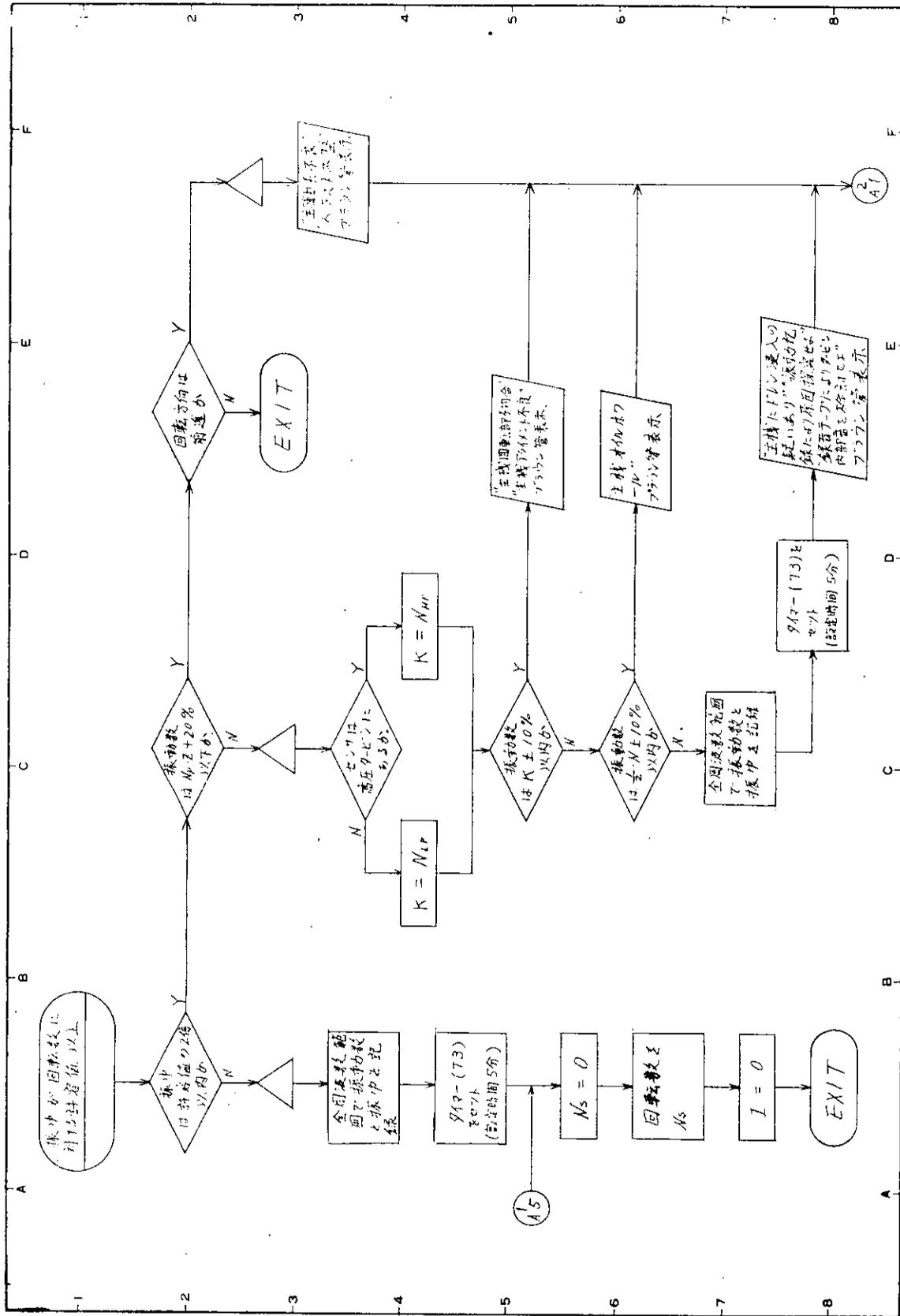


フローチャート記号表

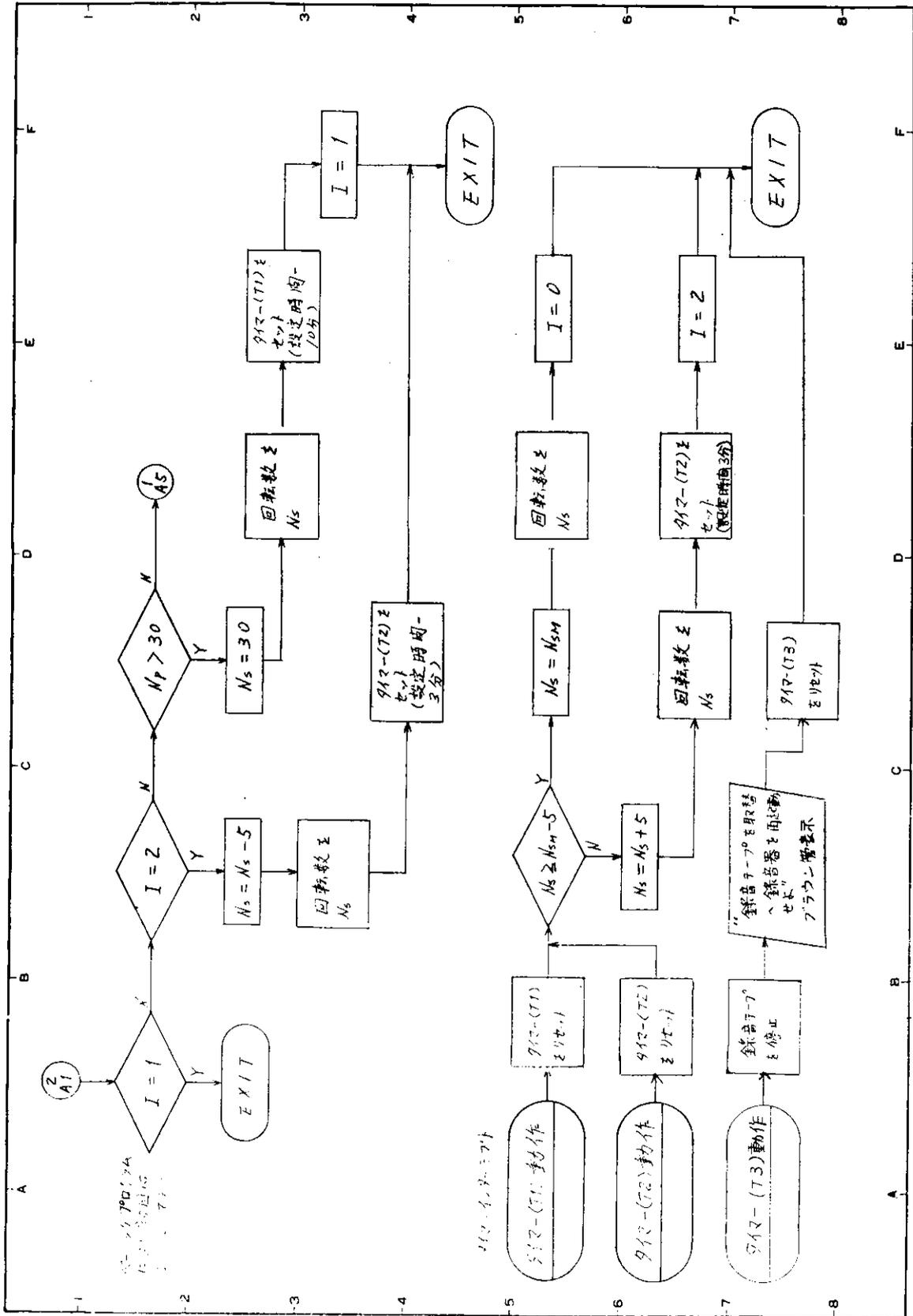
- N_s : 電算機によるタービン回転数の設定値
- N_{SR} : 手動によるタービン回転数の設定値

- N_P : プロペラの実際の回転数
 Z : プロペラの翼数
 N_{LP} : 低圧タービンの実際の回転数
 N_{HP} : 高圧タービンの実際の回転数
 ΔL : ローターと車室の伸び差
 ΔT_F : フランジ内部温度差
 ΔT_{BF} : ボルトとフランジの温度差
 ΔT_C : (車室上下温度差) = (車室上部温度) - (車室下部温度)
 P_B : ボイラー圧力
 T_B : ボイラー温度
 N_M : タービン定格回転数
 N_I : 定格回転数より小さい或る回転数

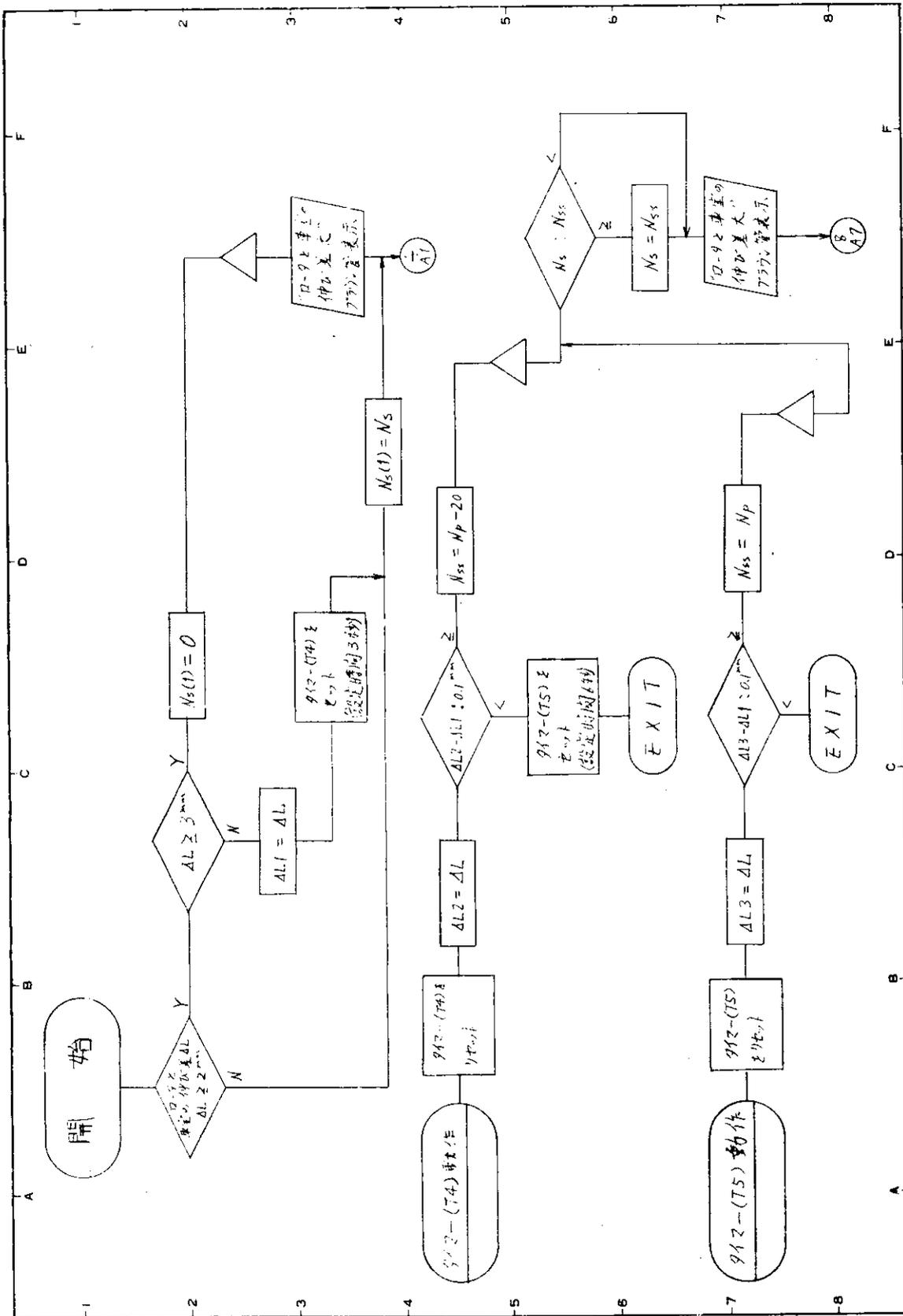
なお ΔL 、 ΔT_F 、 ΔT_{BF} 、 ΔT_C 、 P_B 、 T_B は処理のたびごとに新しくサンプリングした値を用いるものとする。



プログラマー 日立造船 船 整理番号 VB-1/10 (社) 日本造船研究協会
 題目 SR106 タービンプラント分科会 船舶の高度集中制御方式の研究
 タービン異常振動 昭和44年2月10日



プログラマー 日立造船 船自 題目 SR106 タービンプラント分科会 (社) 日本造船研究協会
 昭和44年2月10日 タービン異常振動 整理番号 VB-2/10 船舶の高度集中制御方式の研究

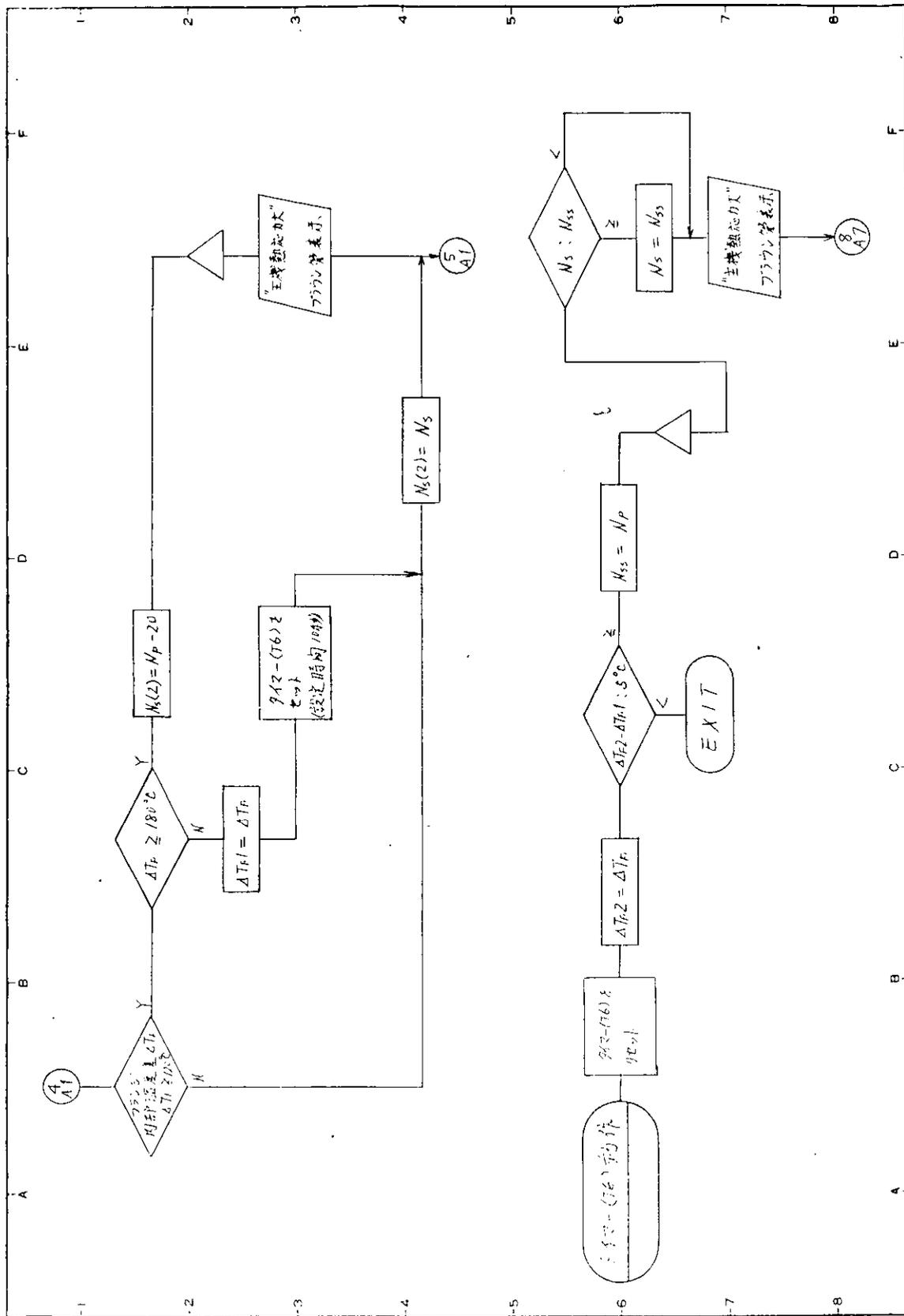


（社）日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

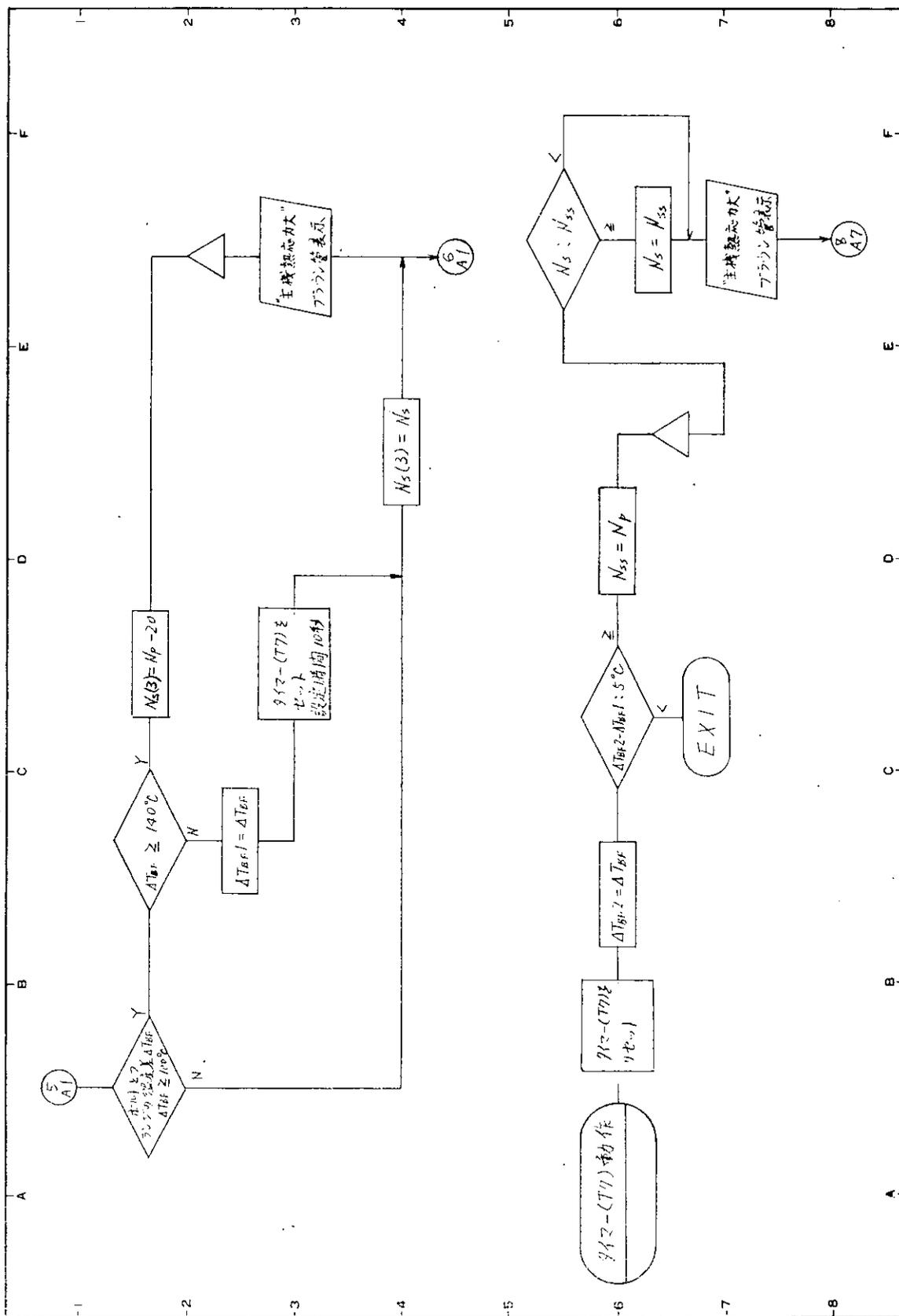
整理番号 VB-3/10

SR106 タービンプラント分科会
タービン異常振動

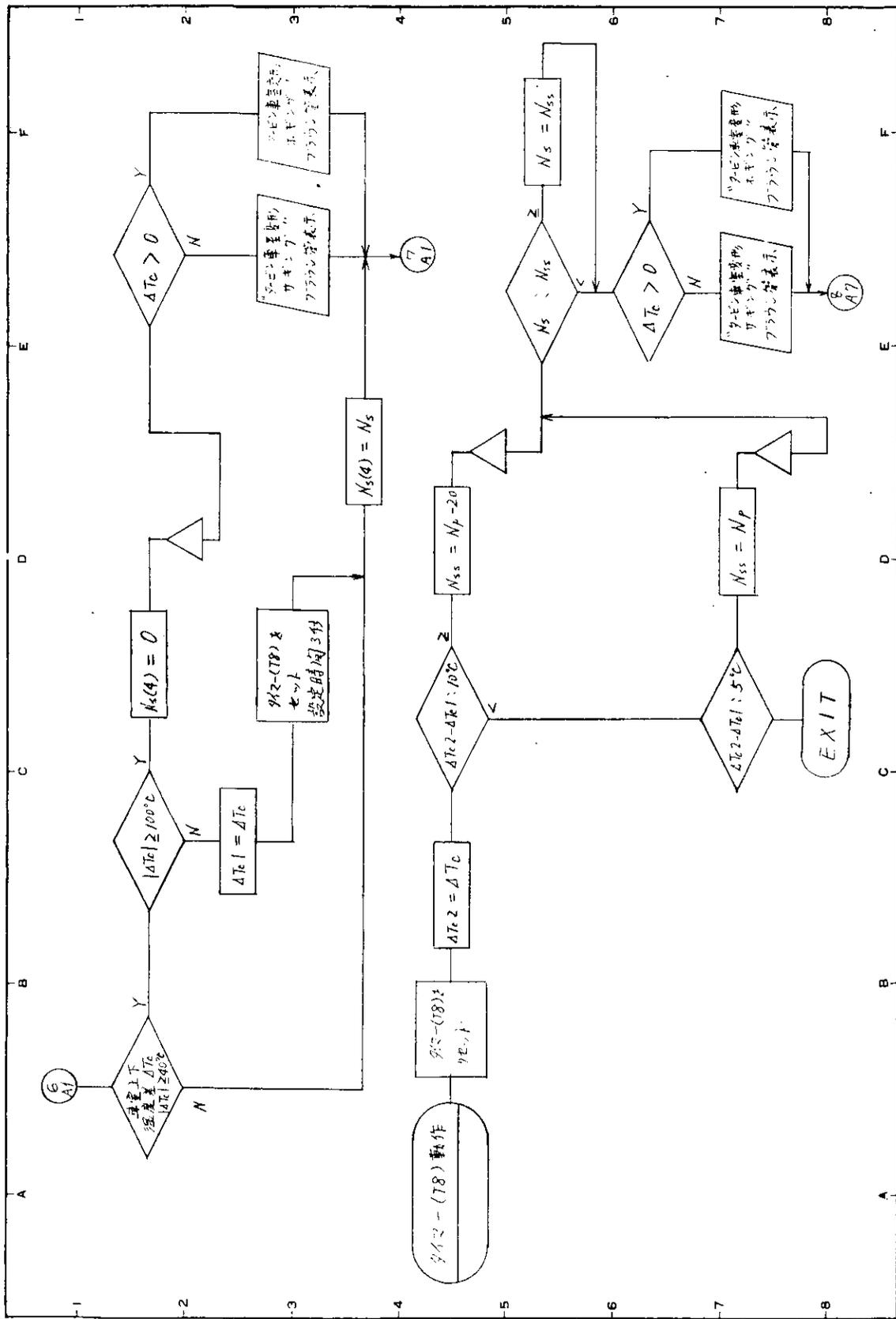
プログラム 日立造船
昭和44年2月10日



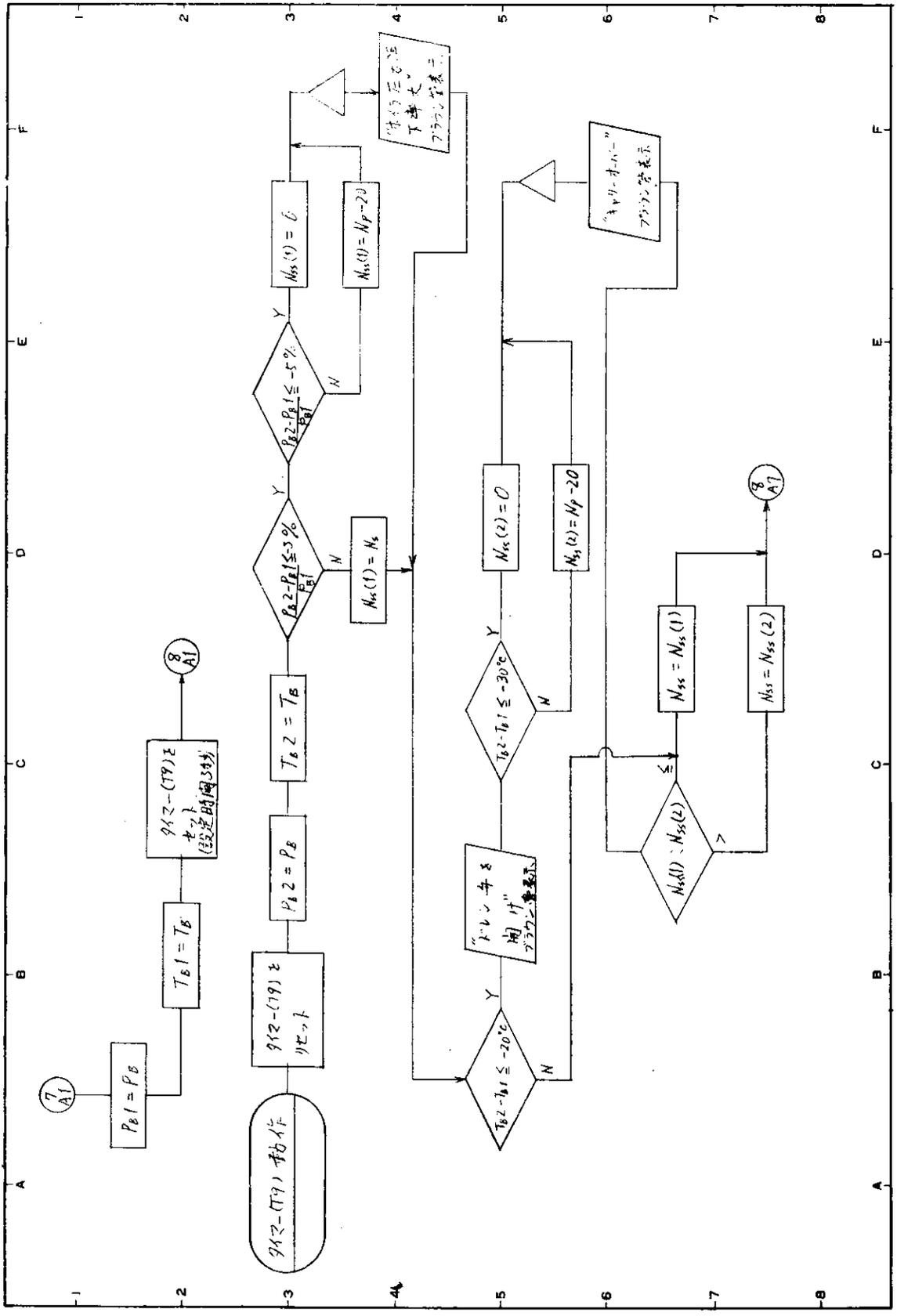
プログラマー 日立造船 題 目 SR106 タービンプラント分科会 整理番号 VB-4/10 (社) 日本造船研究協会
 昭和44年2月10日 タービン異常振動 船舶の高度集中制御方式の研究



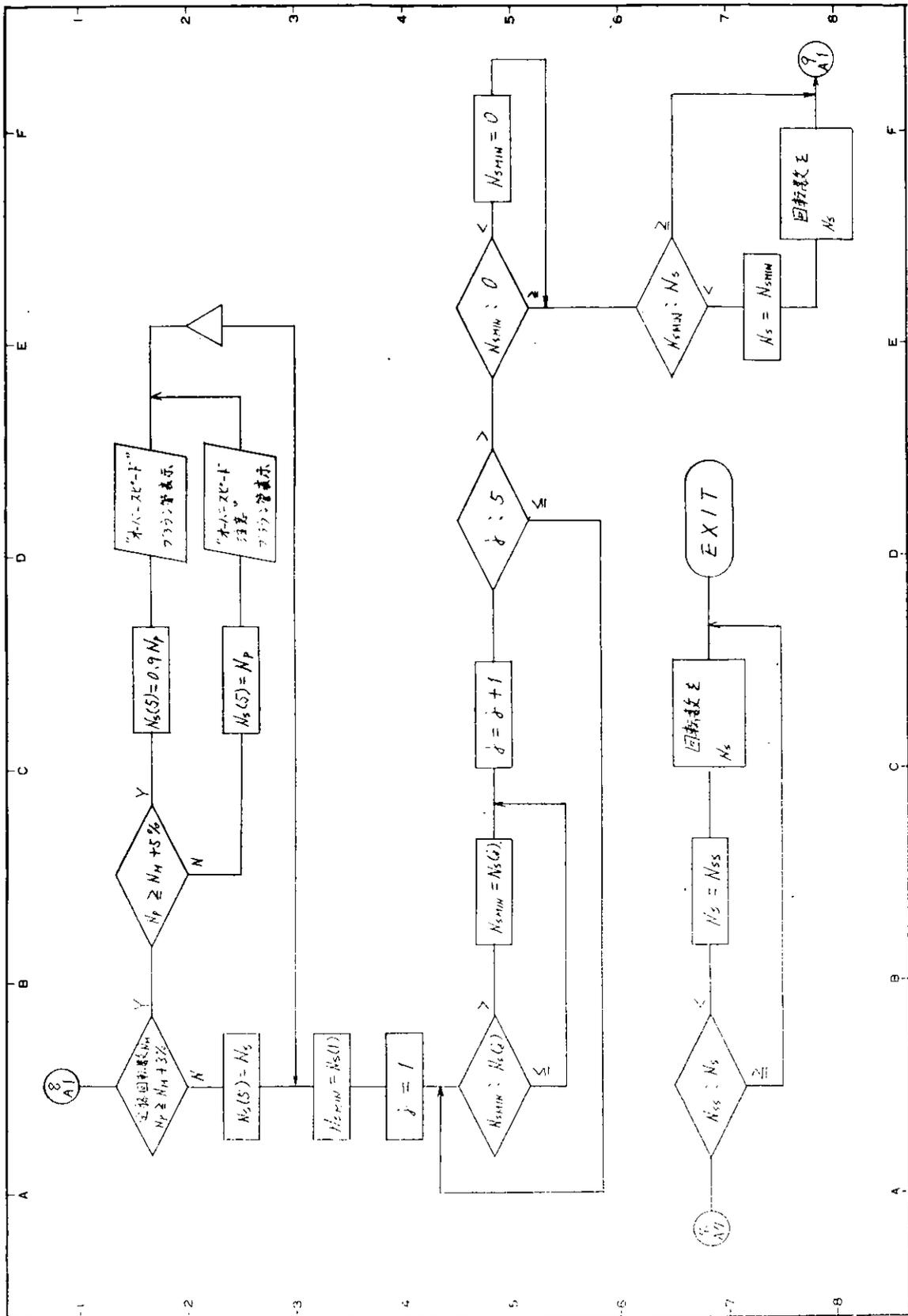
プログラマー 日立造船 船 題目 SR106 タービンプラント分科会 (社) 日本造船研究協会
 昭和44年2月10日 題目 タービン異常振動 整理番号 VB-5/10 船舶の高度集中制御方式の研究



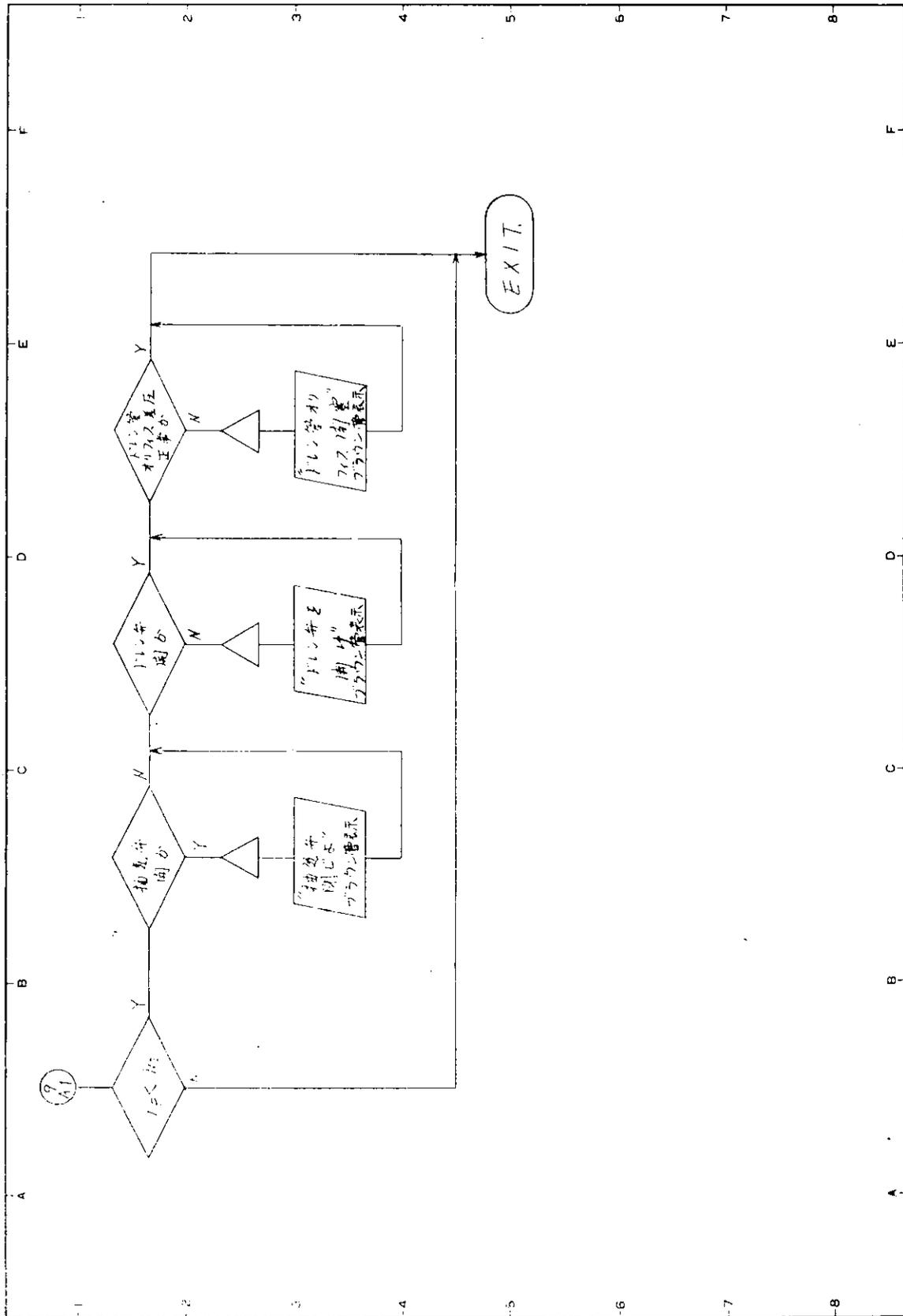
プロクター 日立造船 船 目 題 SR106 タービンプラント分科会 整理番号 VB-6/10 (社) 日本造船研究協会
 昭和44年2月10日 タービン異常振動 船舶の高度集中制御方式の研究



プログラマー 日立造船 船 整理番号 VB-7/10 (社) 日本造船研究協会
 昭和44年2月10日 題目 SR106 タービンプラント分科会 船舶の高度集中制御方式の研究
 タービン異常振動



プログラム 日立造船 題目 SR106 タービンプラント分科会 (社) 日本造船研究協会
 昭和44年2月10日 題目 タービン異常振動 整理番号 VB-8/10 船舶の高度集中制御方式の研究

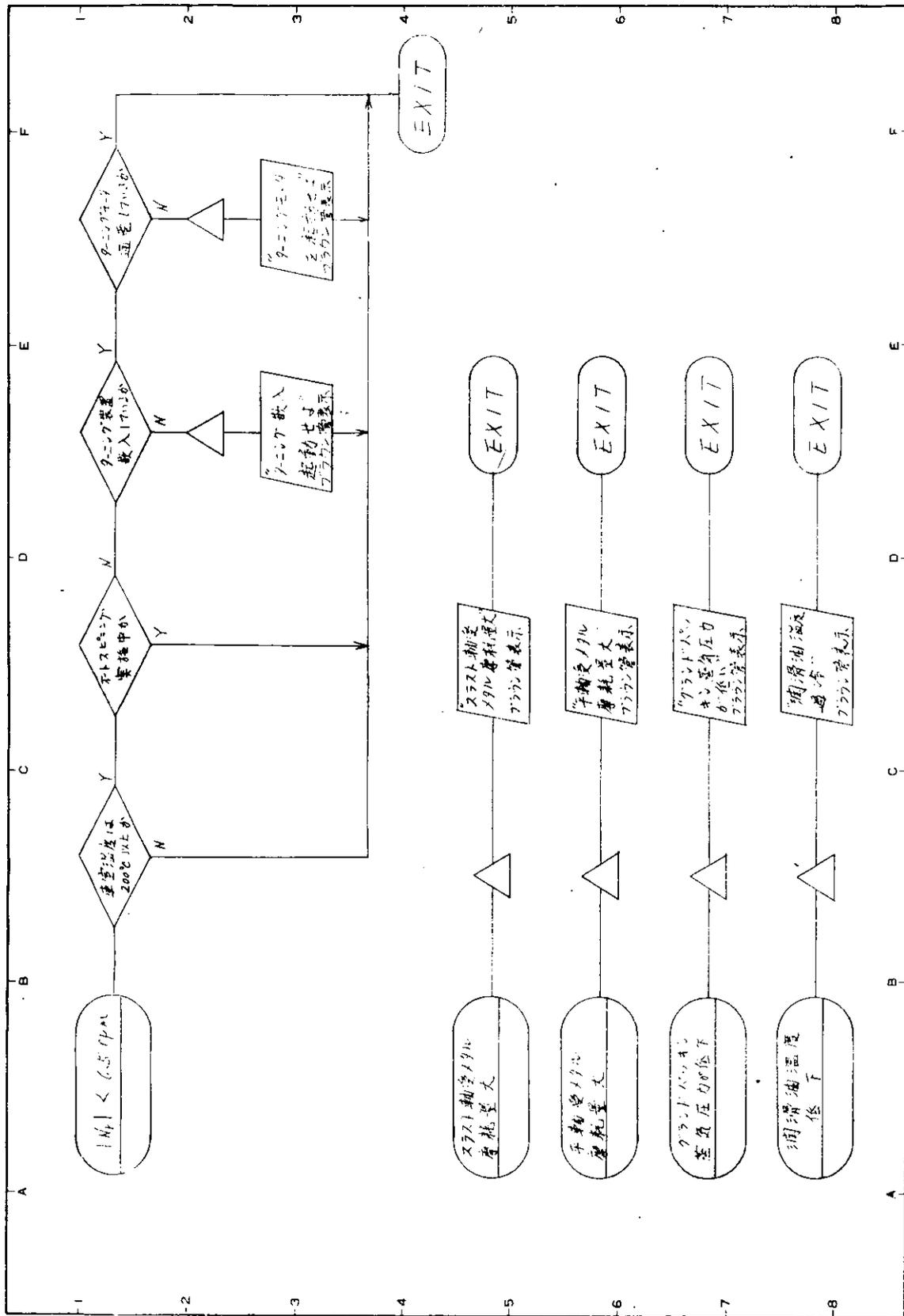


プログラマー 日立造船 船 目 題
昭和44年2月10日

SR106 タービンプラント分科会
整理番号 VB-9/10

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

タービン異常振動



プログラム 日立造船 船舶 SR106 タービンプラント分科会 整理番号 VB-10/10 (社) 日本造船研究協会
 昭和44年2月10日 題目 タービン異常振動 船舶の高度集中制御方式の研究

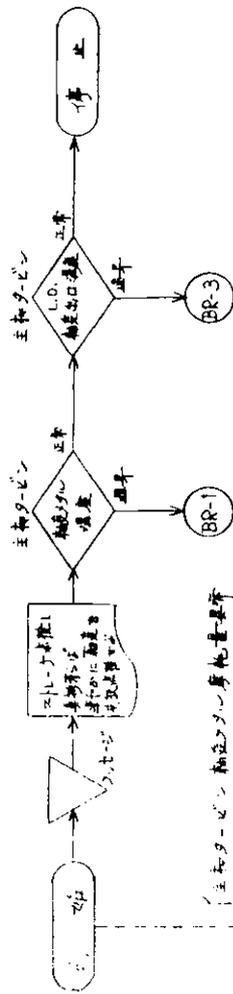
(2) タービン軸受焼損の検知と予防のフローチャート

以下に示す軸受焼損予防プログラム（以下「B R」という）は、ブラント各点のスキヤンおよびアラームのプログラムによつて呼出される型式としている。

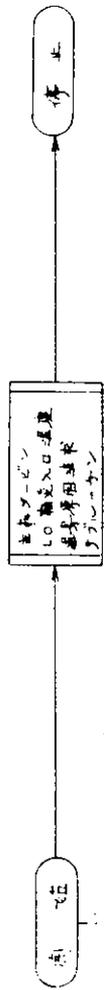
すなわち、ブラントから発せられるある一つの異常信号が電算機に直接刺込んで、それに対応するプログラムをスタートさせるのではなく、ブラント各点のデータが定期的にスキヤンのプログラムによつて電算機中に読み込まれた後、アラームのプログラムが判断をして警報ランプ表示等を行なつてから、「B R」のスタート指令を発するというシステムとする。

「B R」にて用いる電算機よりの出力は、自動操作、オペレータへの情報表示、および記録の3種あるが、特に自動操作の場合は点滅式ランプ表示も併設した。ここに示す「B R」は、主機タービン用とターボ発電機用とに大別したが、共通に使える一つのプログラムに集合することは容易であり、また実船搭載もそうした姿が記憶容量節約上、望ましいかも知れない。

(イ) 主軸タービン軸受油圧検出プログラムフローチャート 2/4



主軸タービン軸受油圧の異常検出プログラムは、監視機能と異常検出機能とを兼ねており、監視機能は、監視値が正常範囲内にある場合、監視値が異常範囲に達した場合、異常検出機能として動作する。



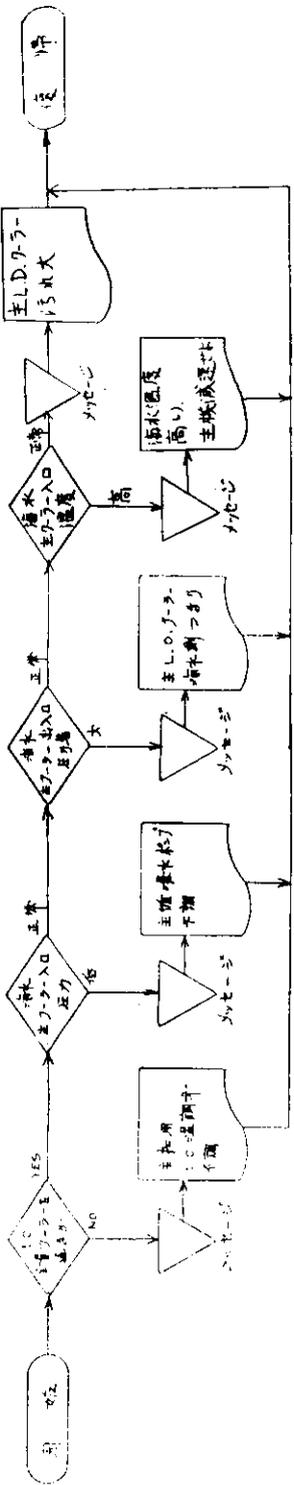
主軸タービンL.O.軸受油圧低下の異常検出プログラムは、監視機能と異常検出機能とを兼ねており、監視機能は、監視値が正常範囲内にある場合、監視値が異常範囲に達した場合、異常検出機能として動作する。



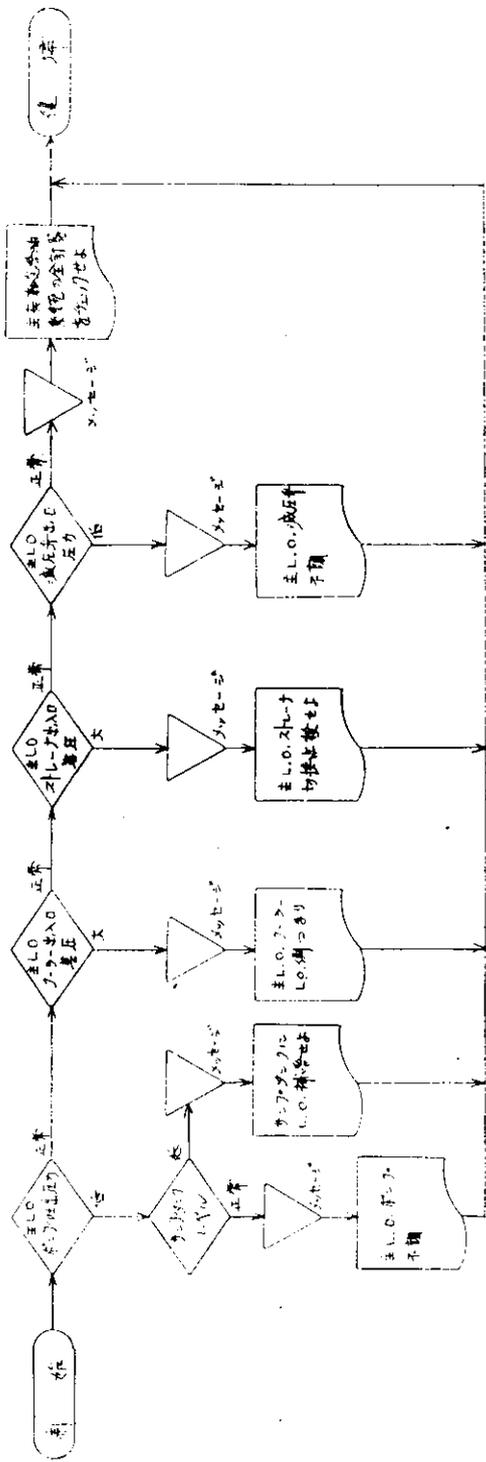
主軸タービンL.O.軸受油圧低下の異常検出プログラムは、監視機能と異常検出機能とを兼ねており、監視機能は、監視値が正常範囲内にある場合、監視値が異常範囲に達した場合、異常検出機能として動作する。

(イ) 主軸ポンプ軸差検出プログラムフローチャート 3/4

主軸タービン LCO 軸差 > 0 過速過昇原因追求サブルーチン

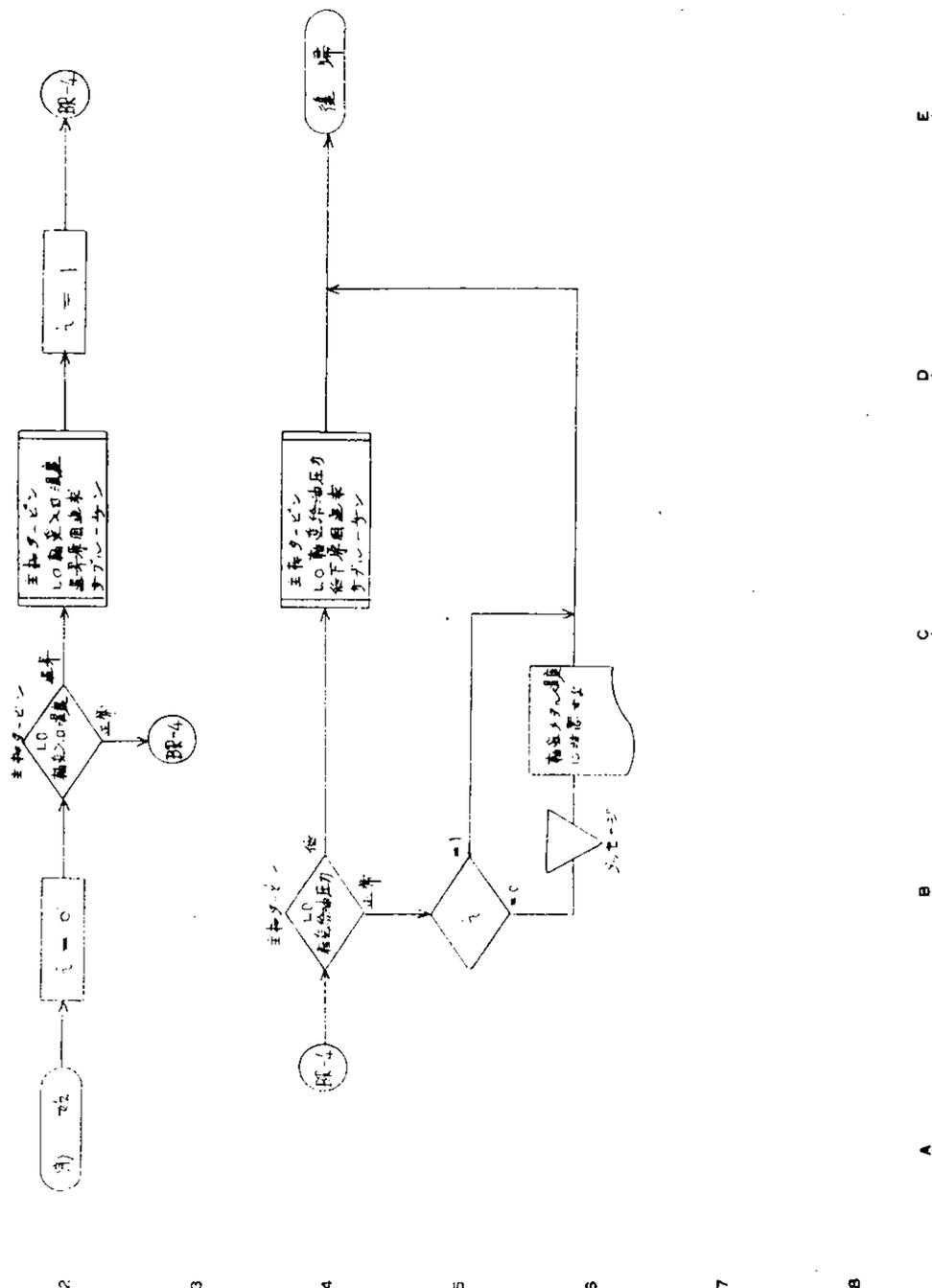


主軸タービン 軸差検出時圧力低下原因追求サブルーチン



イ) 主軸ターボポンプ 軸差検出プログラム フローチャート 4/4

主軸ターボポンプ L/C 軸差検出ロジック 検出要求サブルーチン



プログラマー 石川島播磨重工
昭和44年2月17日

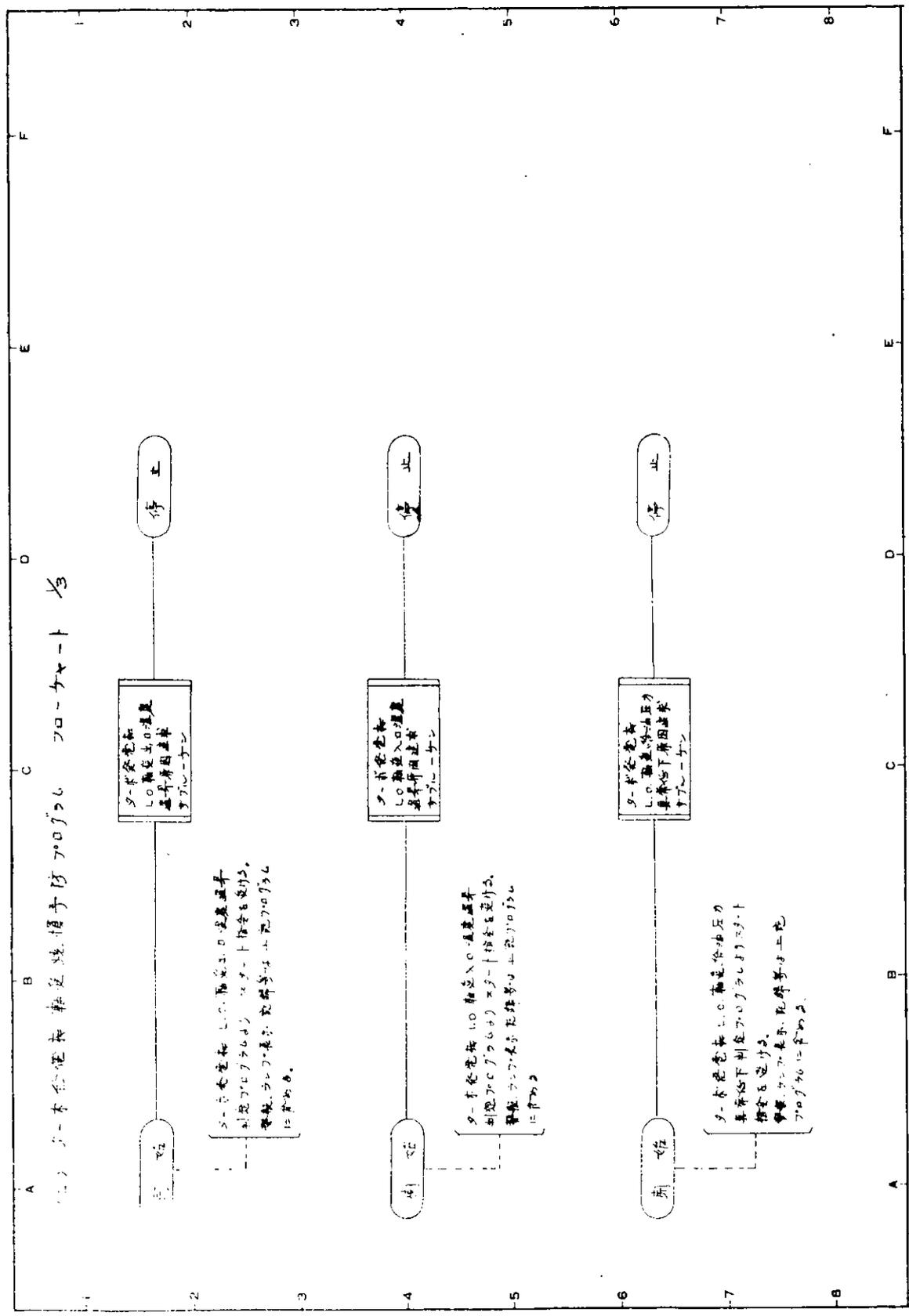
整理番号 BR-4/7

SR106 タービンプラント分科会

題目 軸受焼損

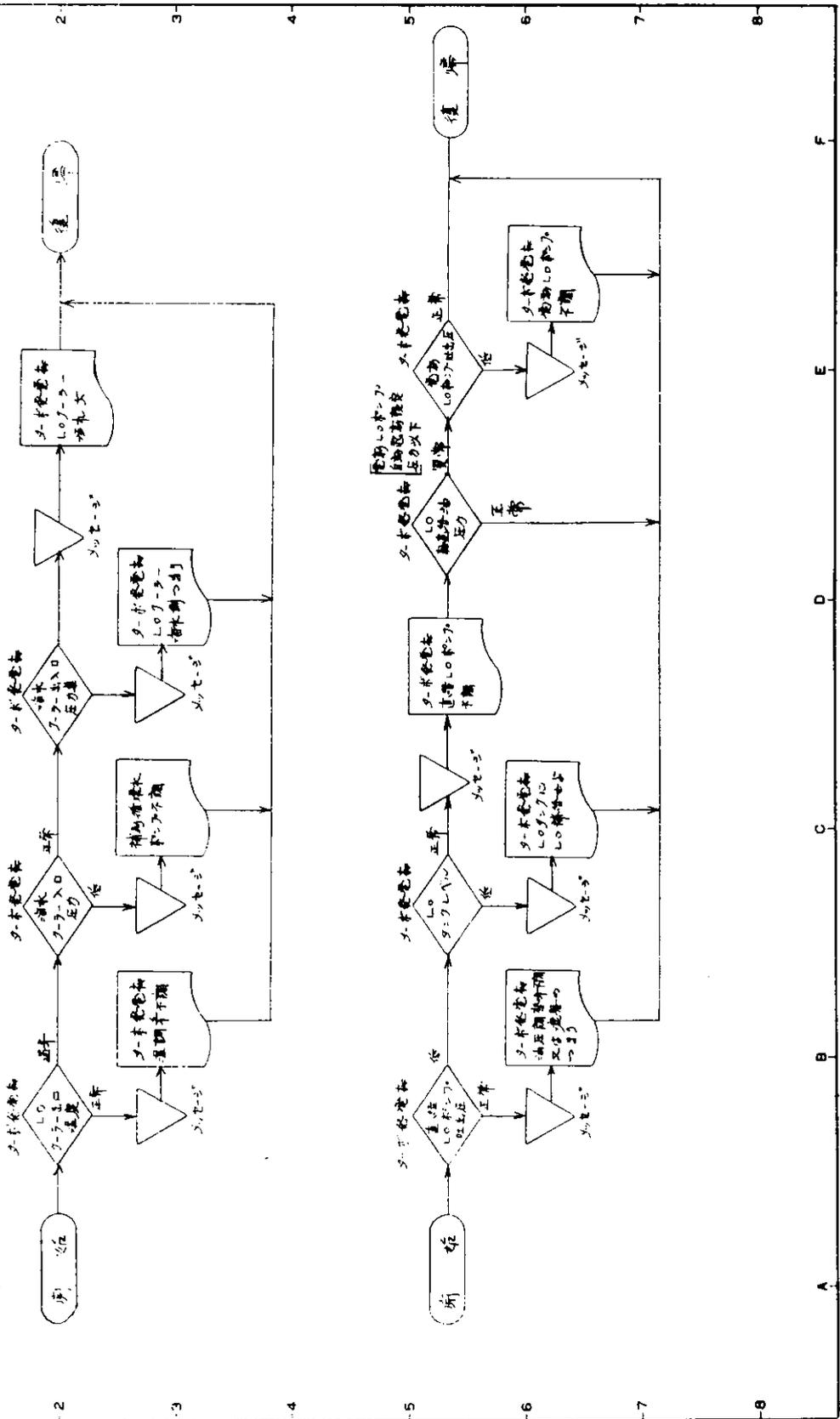
(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

ターボ発電機 軸受温度上昇プログラム フローチャート 表

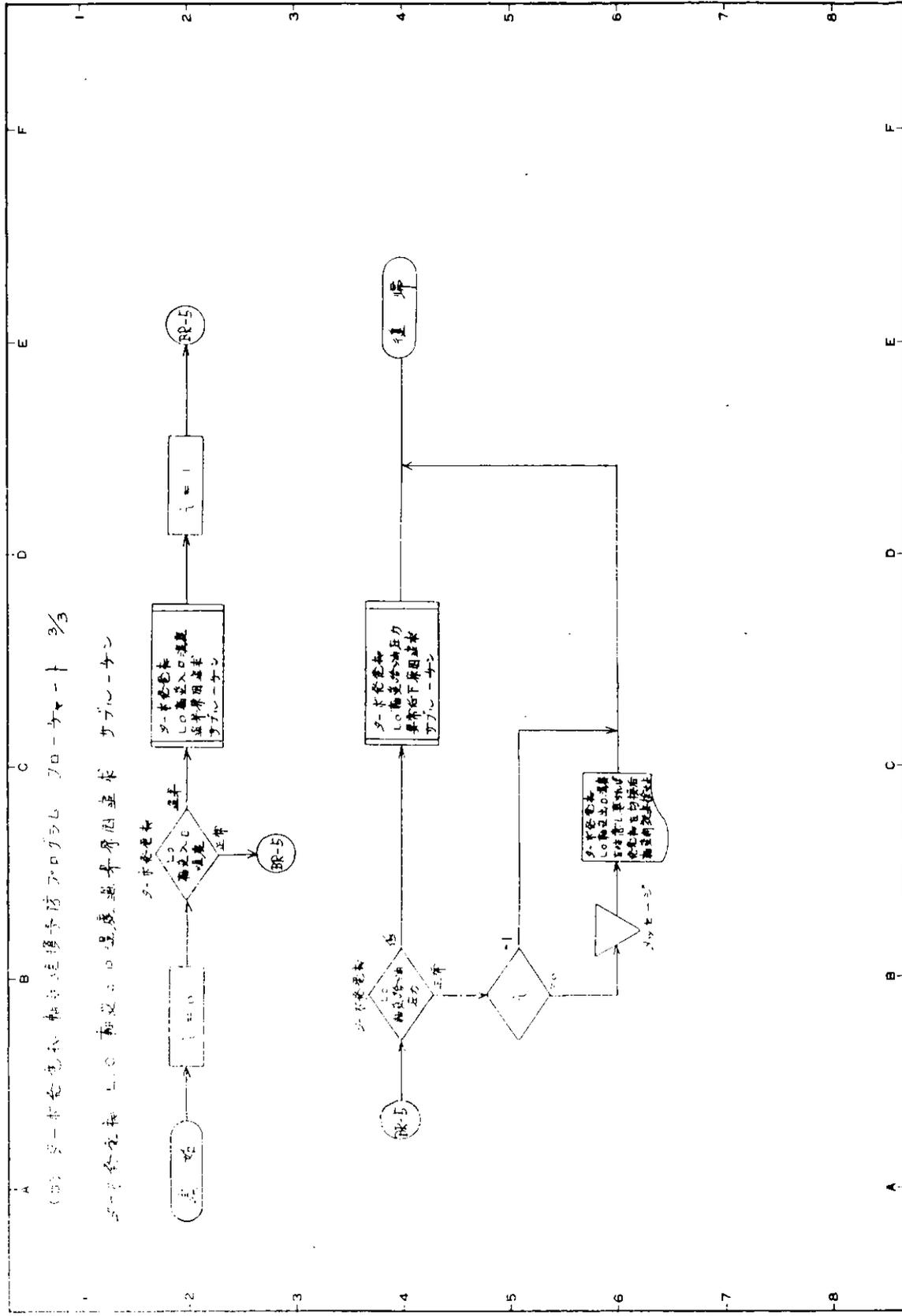


(ロ) マスター電圧転送処理プログラム フローチャート ②

マスター電圧 LO 転送入口温度異常原因追求サブルーチン



プログラマー 石川島播磨重工業 (社) 日本造船研究協会
 整理番号 BR-6/7 船舶の高度集中制御方式の研究
 目 題 SR106 タービンプラント分科会
 昭和44年2月17日 軸受焼損



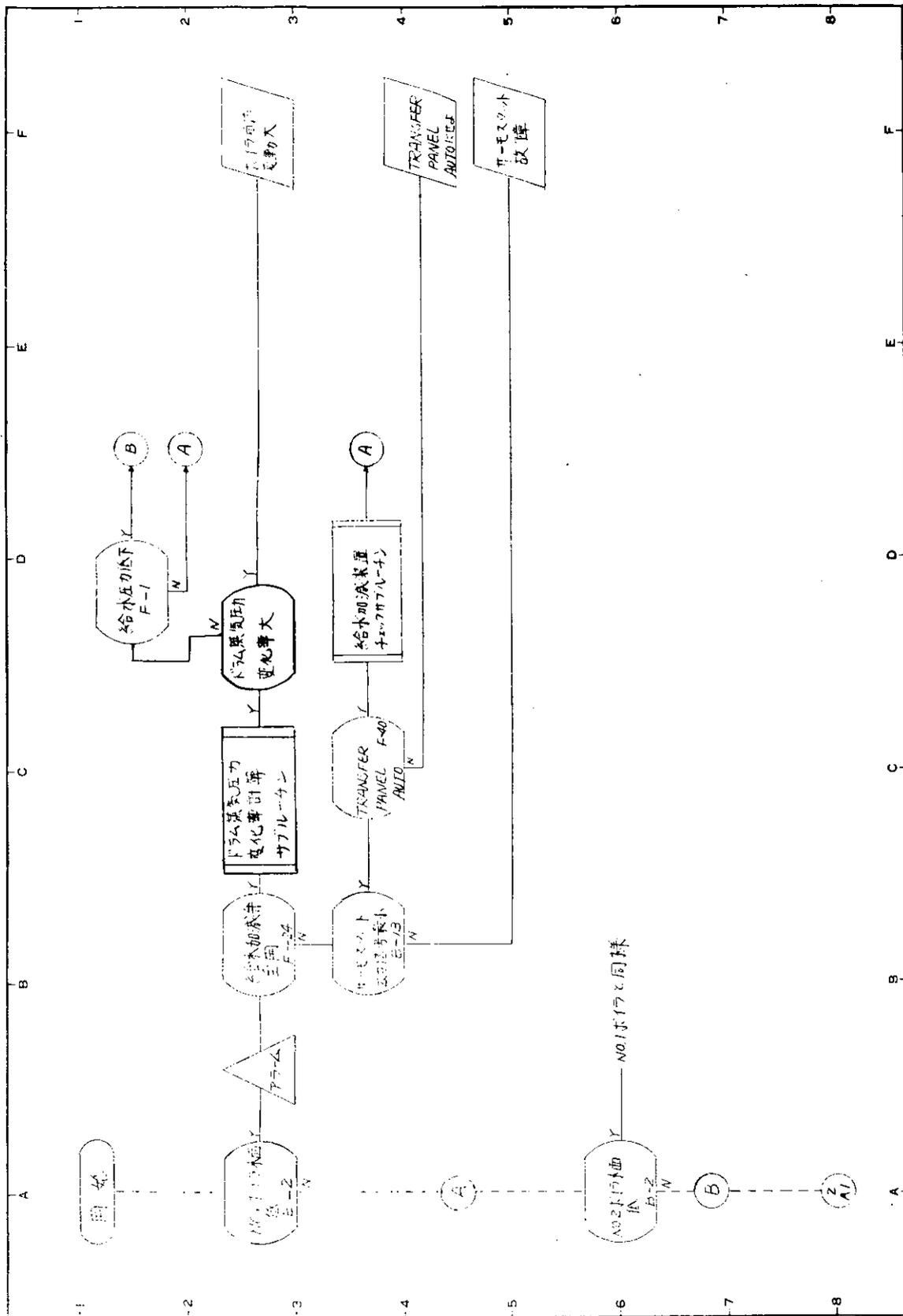
(3) ボイラのショートウオータの検知および予防のフローチャート

ボイラのショートウオータに影響する直接、間接の要因は非常に広範囲にわたるが、ここでは添付資料(1)に示すプラントを対象に、復水、給水、給水ポンプタービン駆動蒸気、補給水の各系統について諸元、諸状態を監視するためのフローチャートを作成した。

ボイラチューブの破損検知については、異常音(超音波)または排ガス状態の監視などの方法が提起されたが、いずれも現時点では適当なセンサーがなく、従来、補給水の増加によつてチューブの漏洩を検知したことが多いことからこの監視方法をとつた。

給水、蒸気系統の漏洩については極力漏洩防止の設計施工(たとえば溶接接手)が望ましいが、フランジ接手が避けられない箇所には一応センサーを設けるものとしてフローチャートを作成した。

ボイラショートウオータに密接に関係のある給水加減器は二重に装備することも考えられるが、ここでは電算機で側面からその性能を監視することにした。



(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SW-1/9

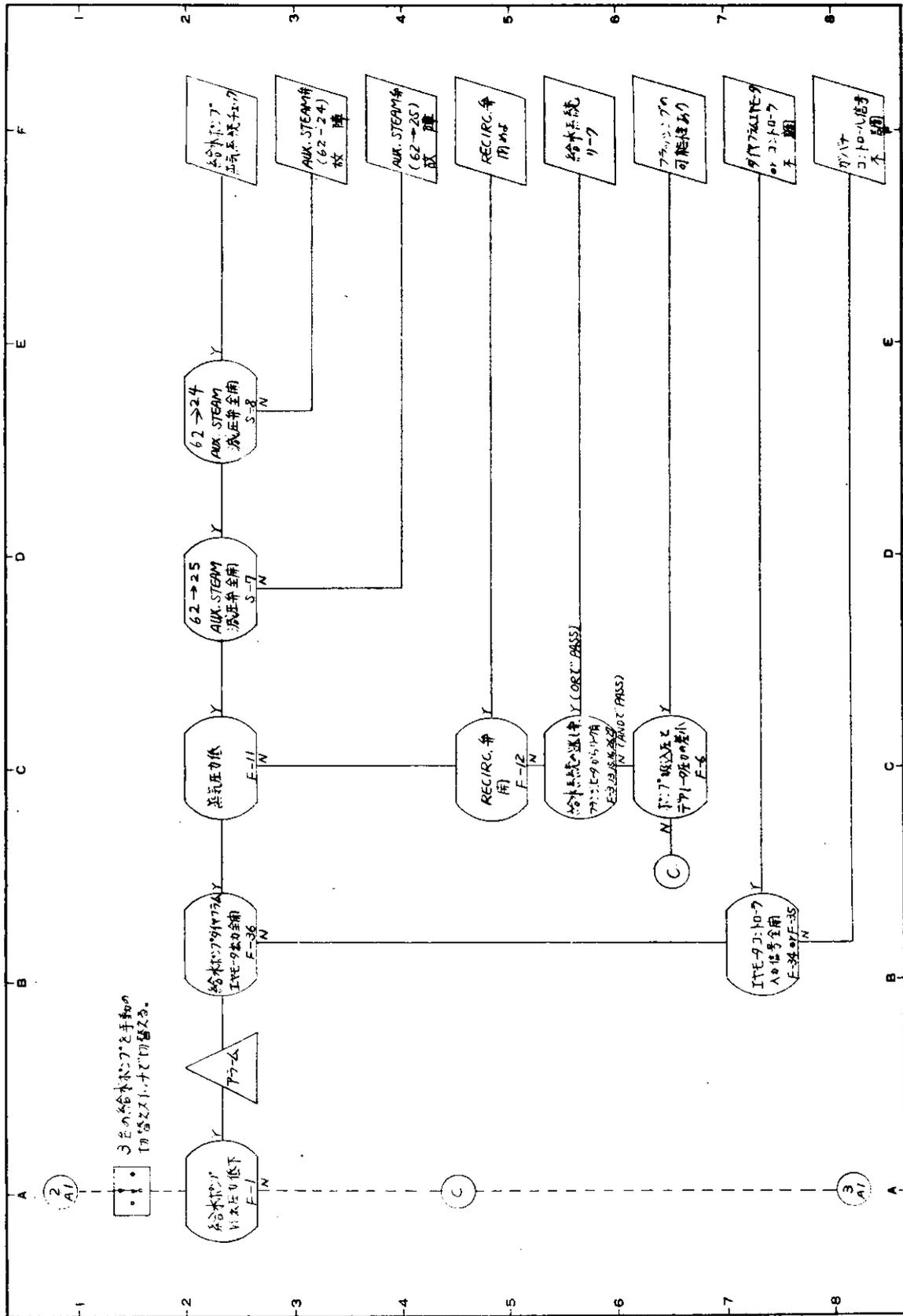
SR106 タービンプラント分科会

題目

プログラマー 川崎重工

昭和 年 月 日

ボイラーションオートウオータ

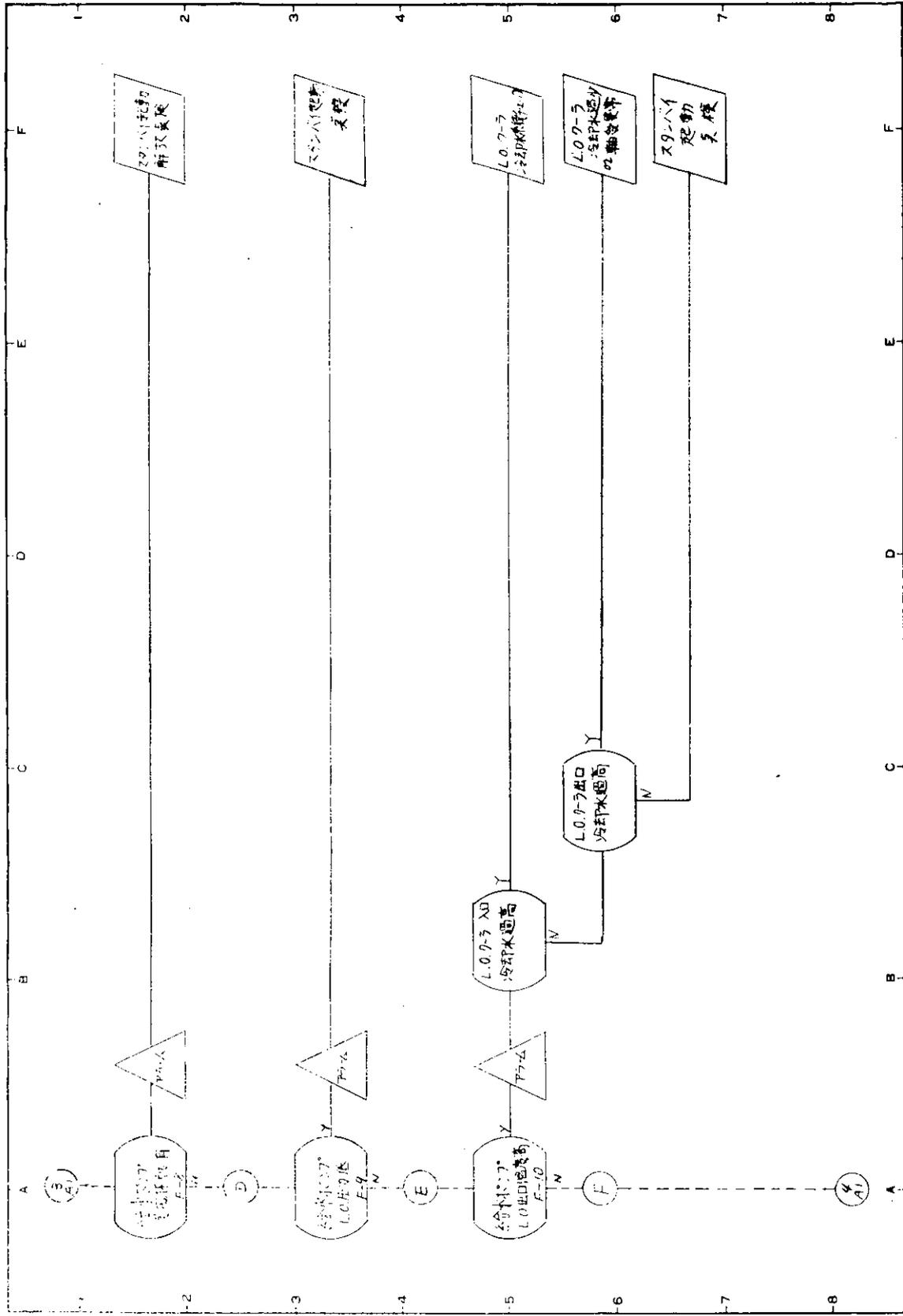


（社） 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SW-2/9

SR106 タービンプラント分科会
目 題 目 ボイラーションオートウオータ

プログラマー 川崎重工業
昭和 年 月 日

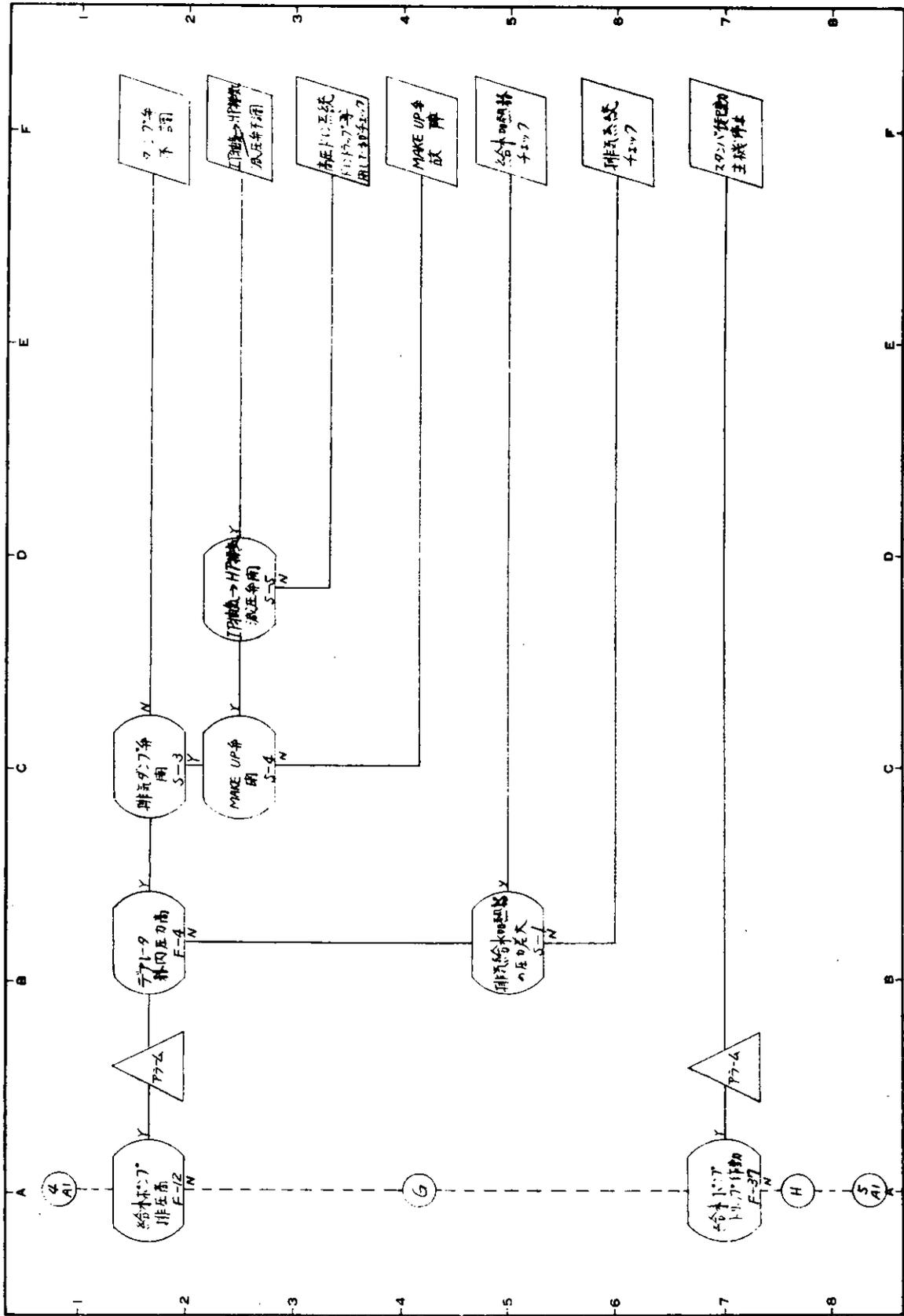


（社） 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SW-3/9

SR106 タービンプラント分科会

プログラムー 川崎重工
 昭和 年 月 日
 題目 ポイラーンヨーウオートウオータ



（社） 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SW-4/9

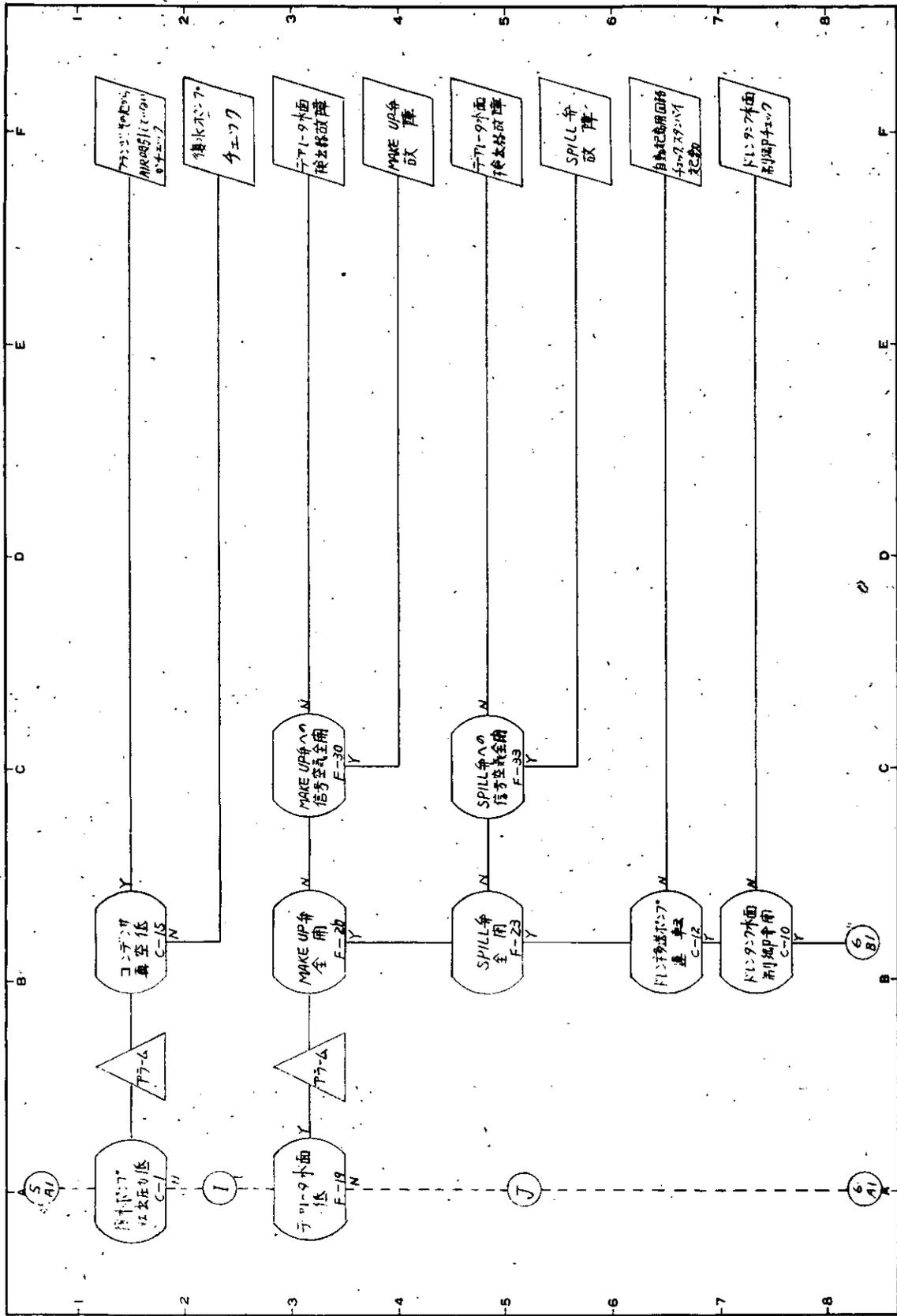
SR106 タービンプラント分科会

ボイラーシヨウトウオート

題目

川崎重工

昭和 年 月 日



(社), 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

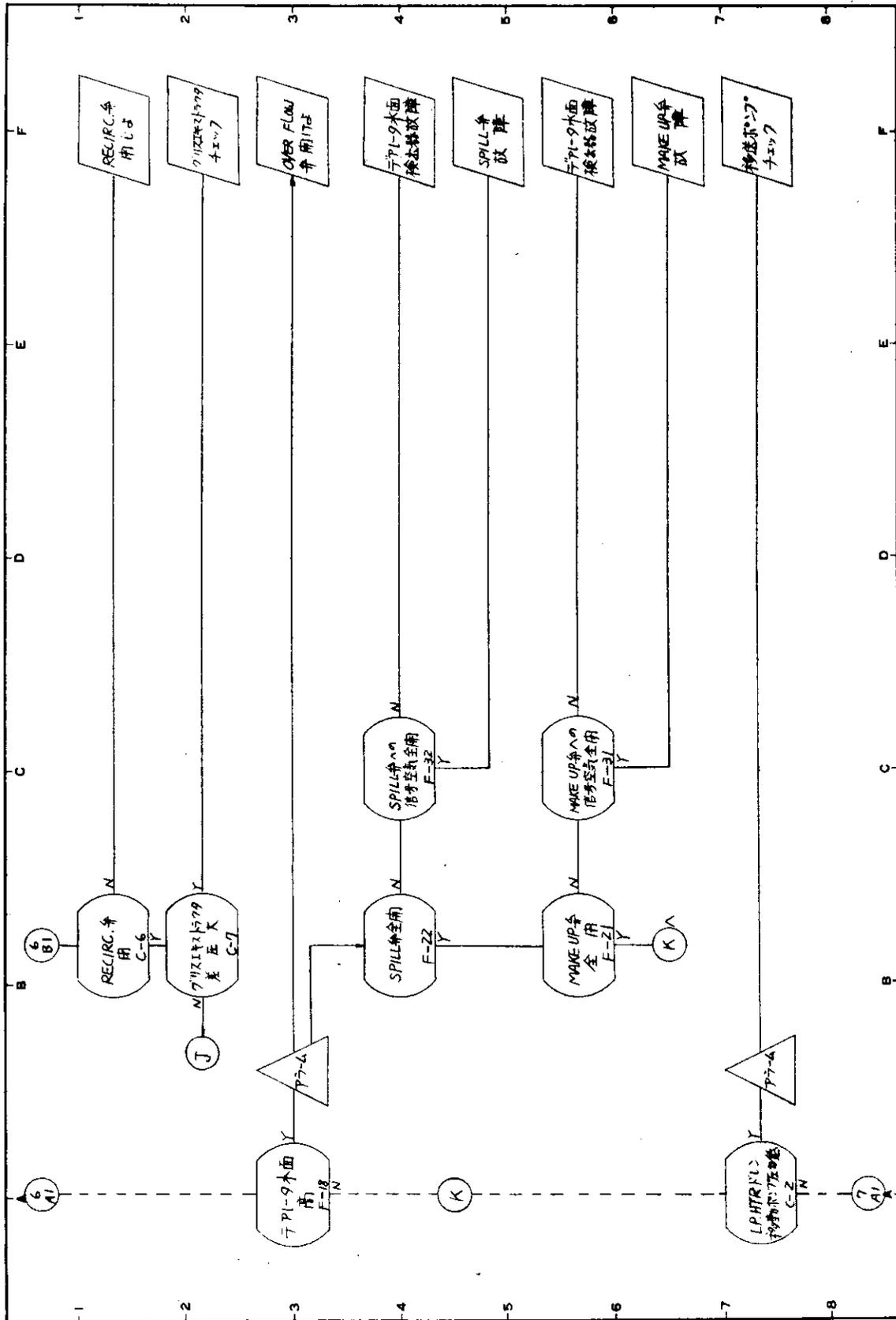
整理番号 SW-5/9

SR106 タービンプラント分科会

題目

ボイラーションオートウオータ
昭和 年 月 日

プログラマー 川崎重工

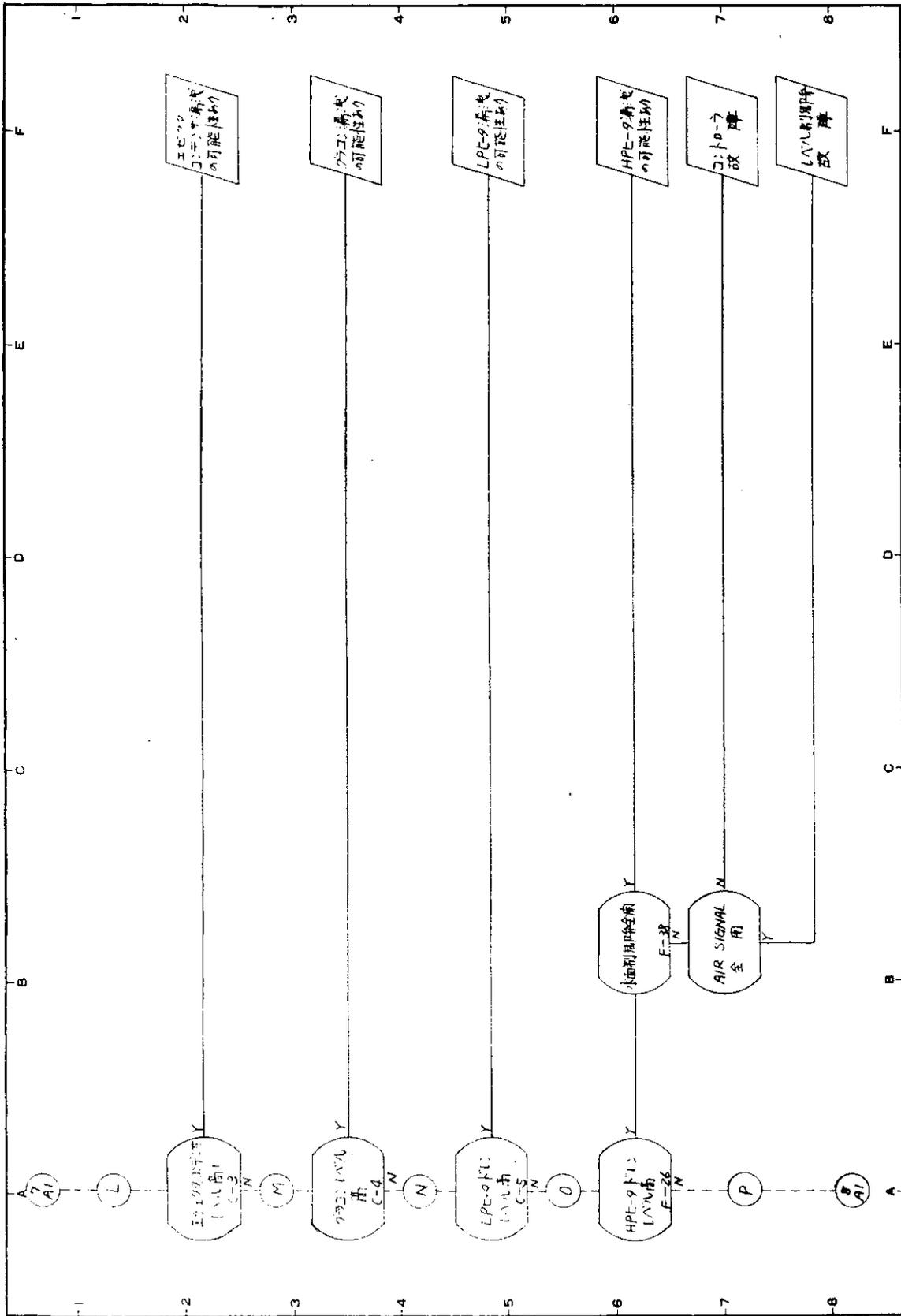


（社）日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

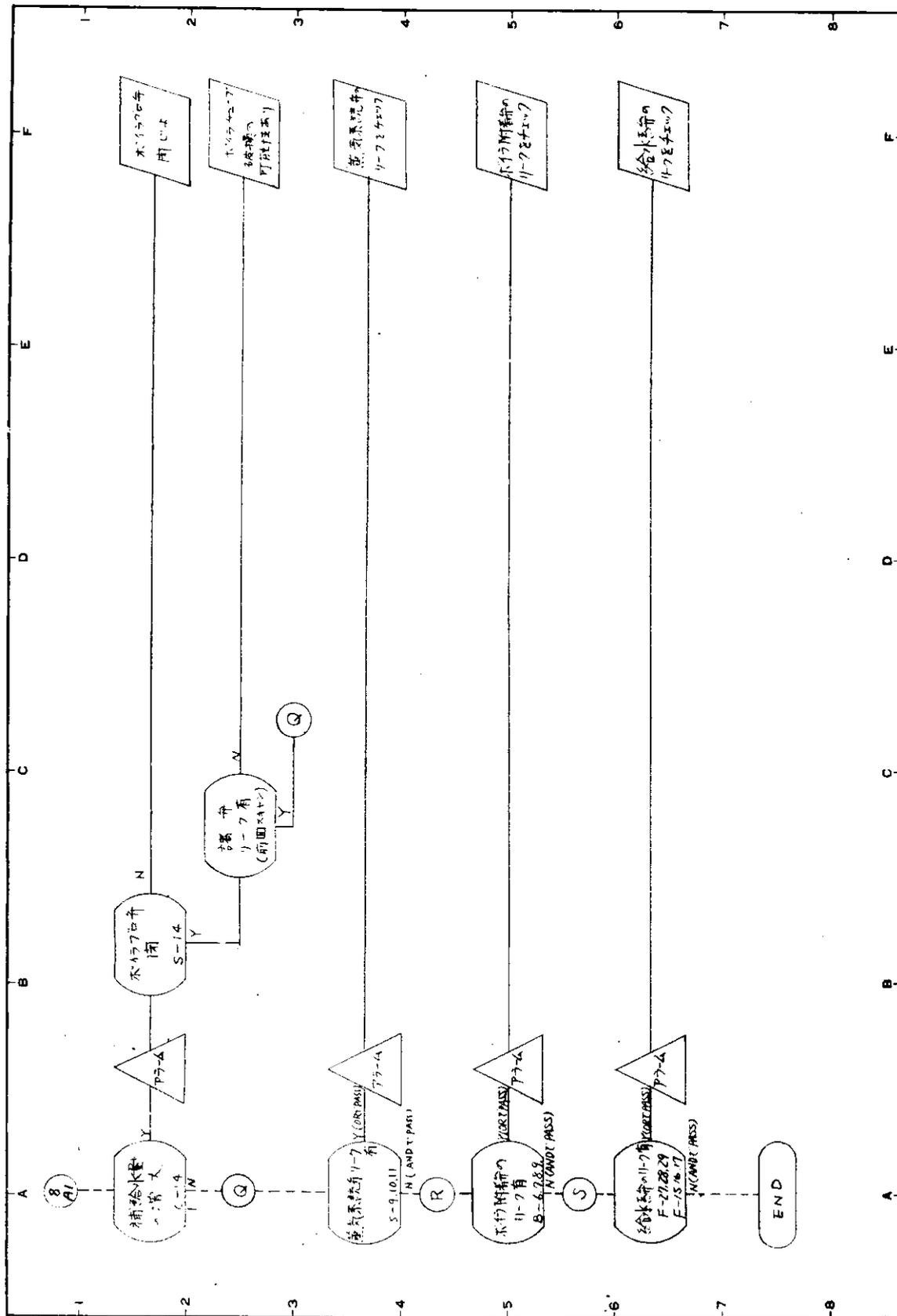
整理番号 SW-6/9

SR106 タービンプラント分科会
 ボイラーオートウオータ

プログラムー 川崎重工
 昭和 年 月 日
 題目



プログラマー 川崎重工業 應川
 SR106 タービンプラント分科会
 ボイラーションオートウオータ
 整理番号 SW-7/9
 (社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究
 昭和 年 月 日



（社） 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

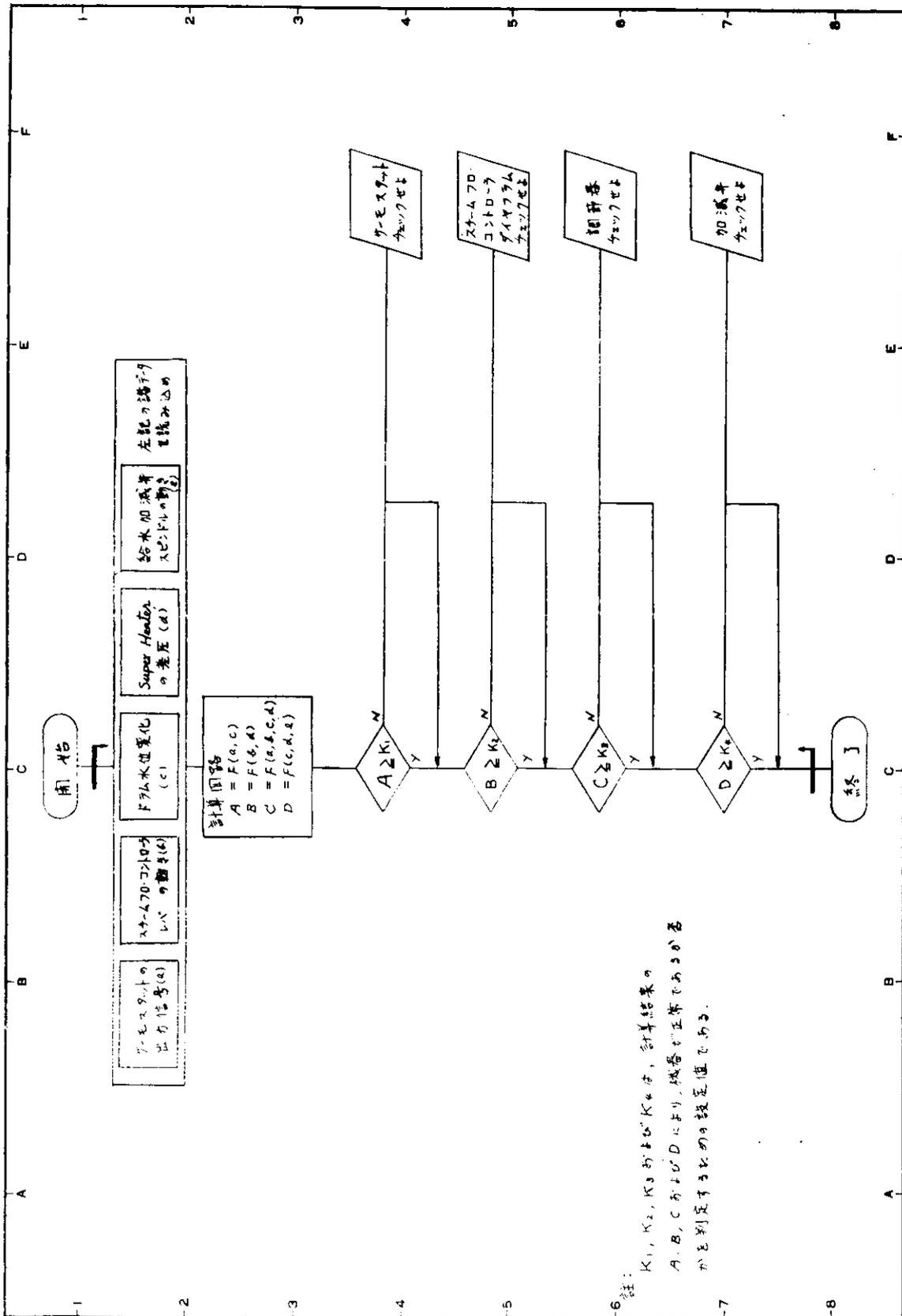
整理番号 SW-8/9

SR106 タービンプラント分科会

題目 ポイラーシヨートアウトータ

プログラマー 川崎重工

昭和 年 月 日



(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SW-9/9

SR106 クービンプラント分科会

ボイラー用オートウオータ
 給水加減弁用サブルーチン

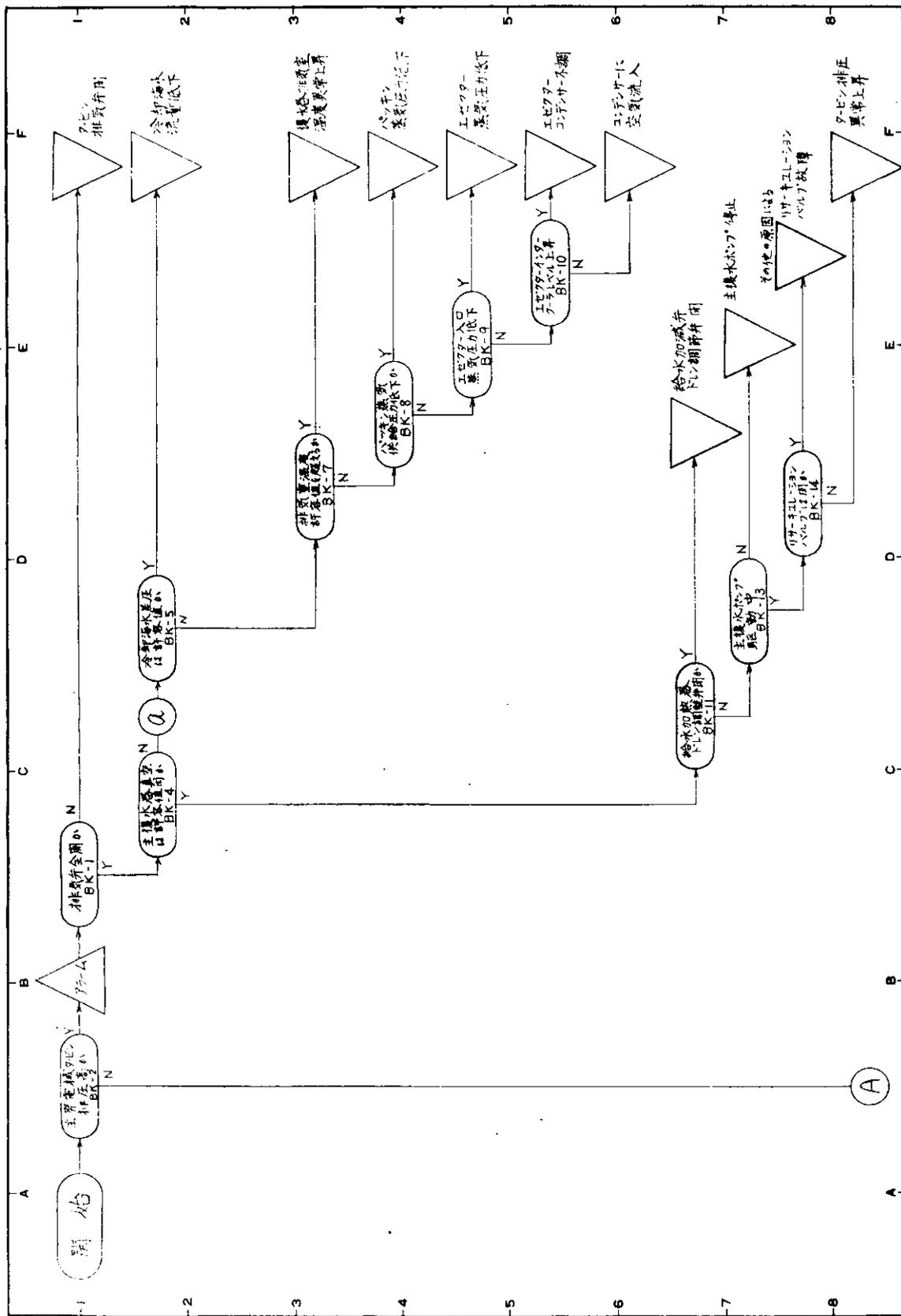
題目

プログラマー 川崎重工

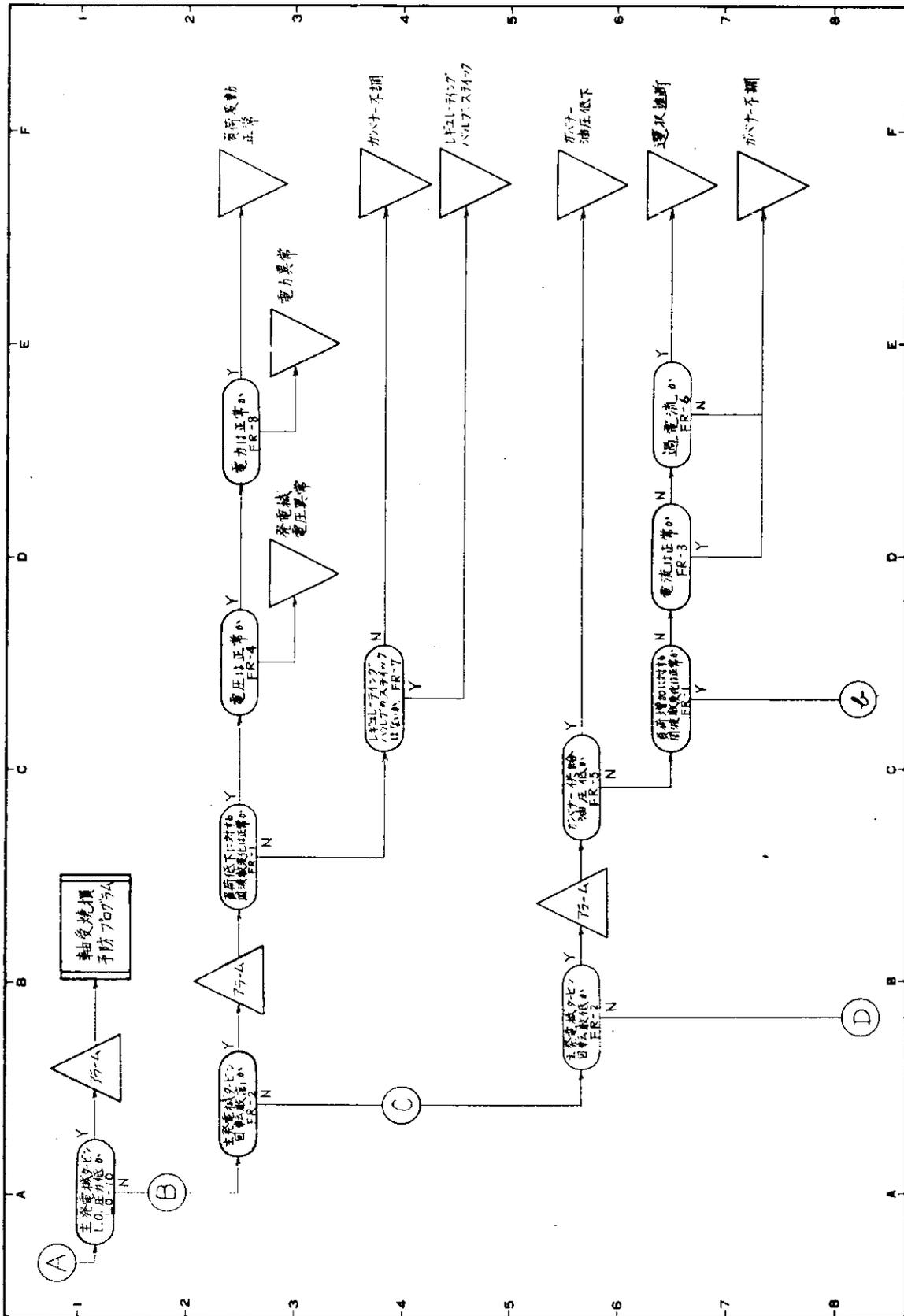
昭和 年 月 日

(4) ブラックアウトの検知と予防のフローチャート

発電機とその原動機たる蒸気タービンのトリップの条件をリストアップし、これを出発として、このトリップの条件が成立に至った過程、原因をさかのぼって追求して行き、その根源の異常を速やかに探知し処置を適切に加えれば、ブラックアウトは防止できるであろうとの考えに立脚したのが、このフローチャートである。結果的には、蒸気源たるボイラの監視が入り、この中には「ショートウォータ」プログラムとも関連し、また「タービン軸受」のプログラムも組み込まれることとなり、主機タービンを除く（これも間接的には影響を及ぼすが）全プラントを監視することこそが、ブラックアウト防止に必要なことが明らかになった。



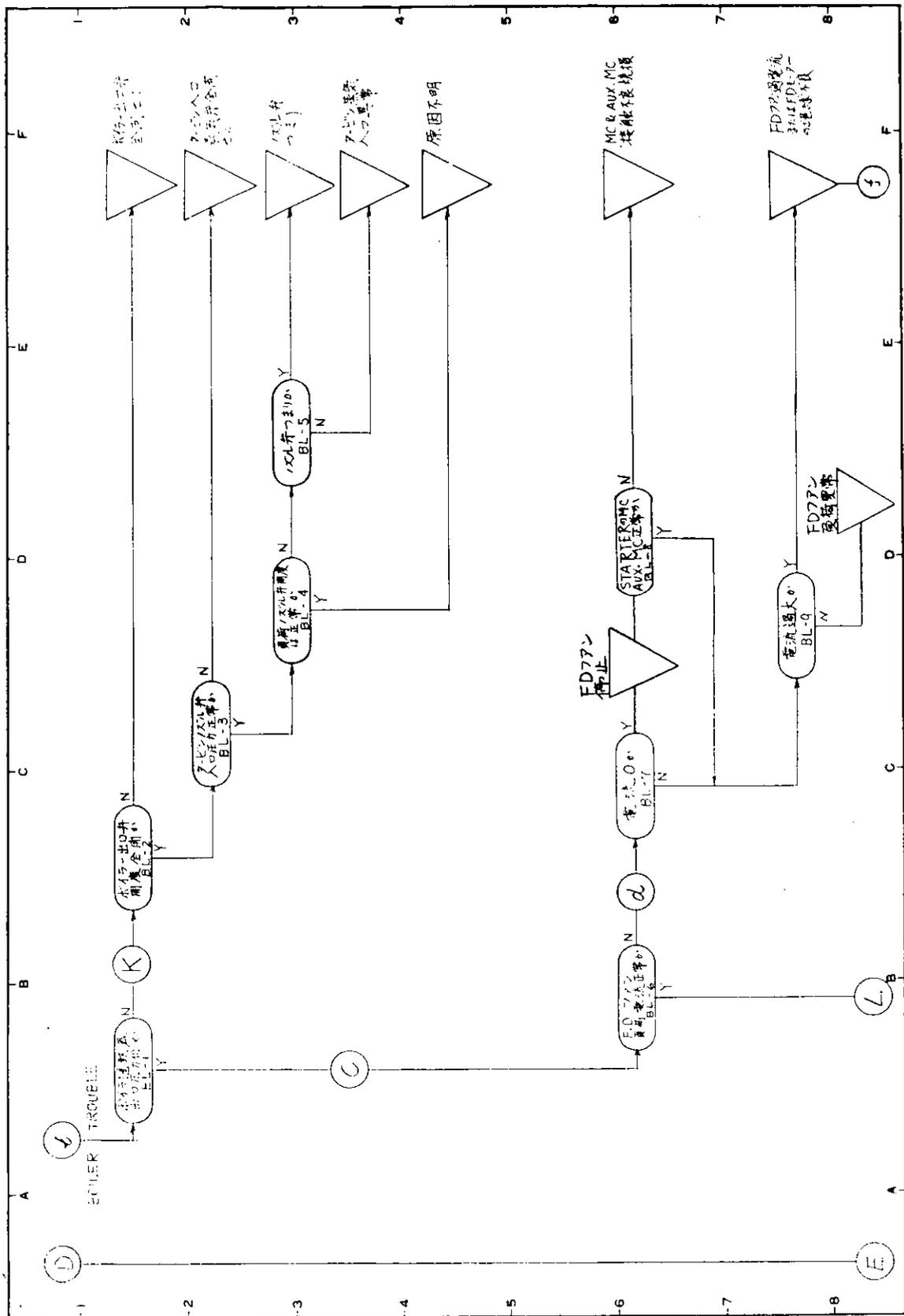
プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日
 整理番号 BO-1/8
 (社) 日本造船研究協会
 船舶の高集中度制御方式の研究

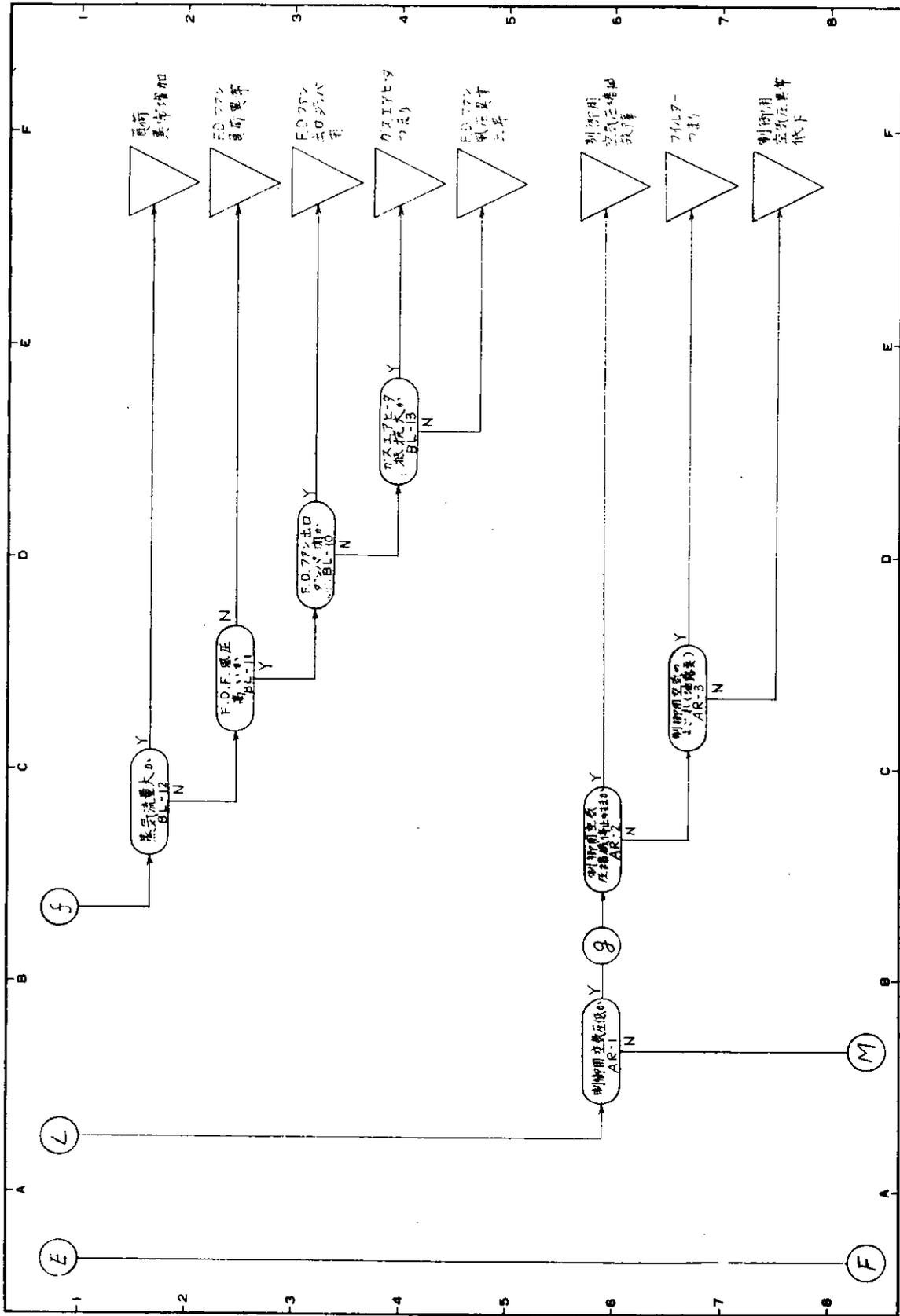


プログラマー 三菱重工 題目 SR106 タービンプラント分科会
 昭和 年 月 日 プラック・アウト原因探求フローチャート

整理番号 BO-2/8

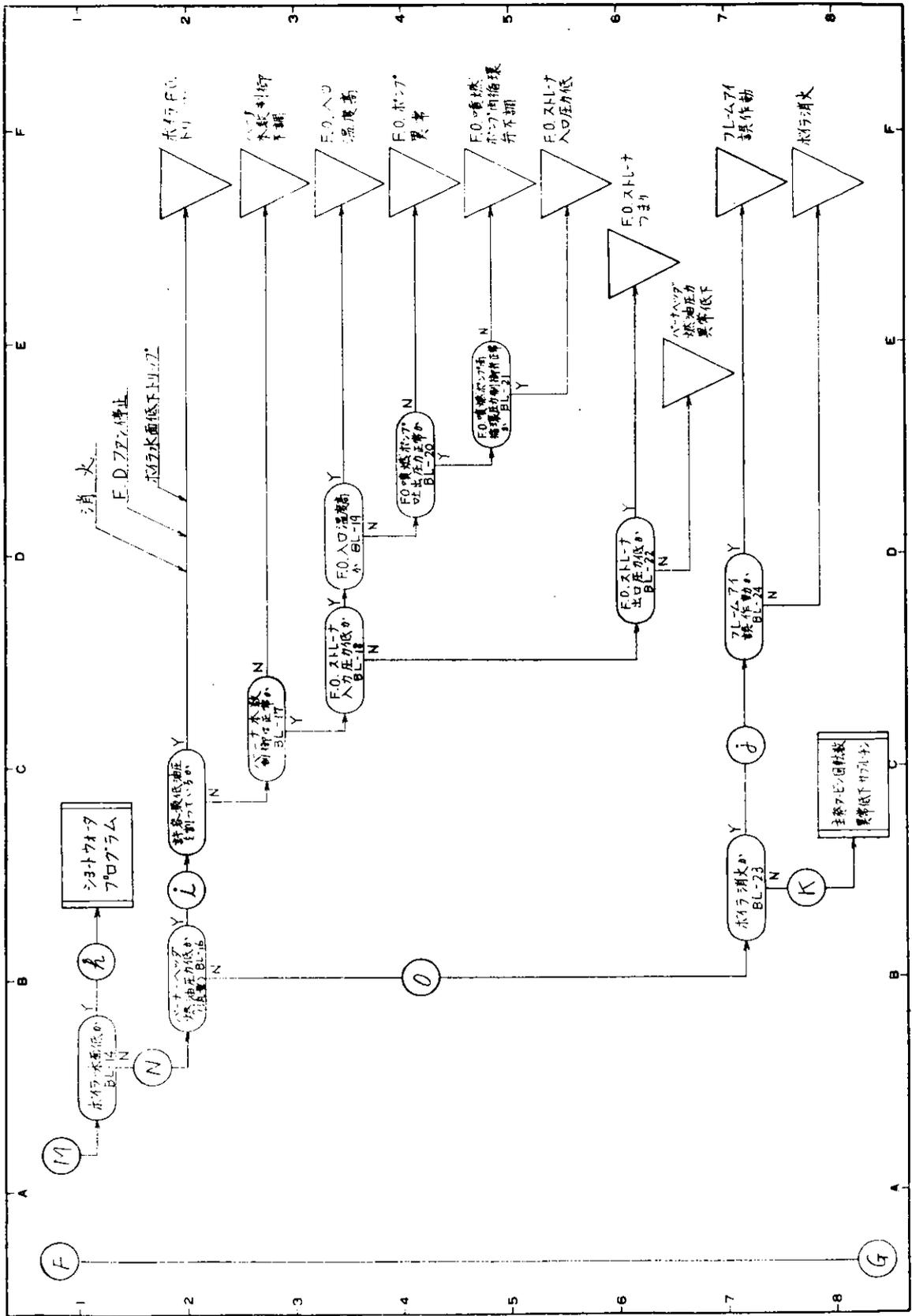
(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究





プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日
 題目 SR106 タービンプラント分科会
 ブラック・アウト原因探求フローチャート

(社) 日本造船研究協会
 整理番号 BO-4/8
 船舶の高度集中制御方式の研究

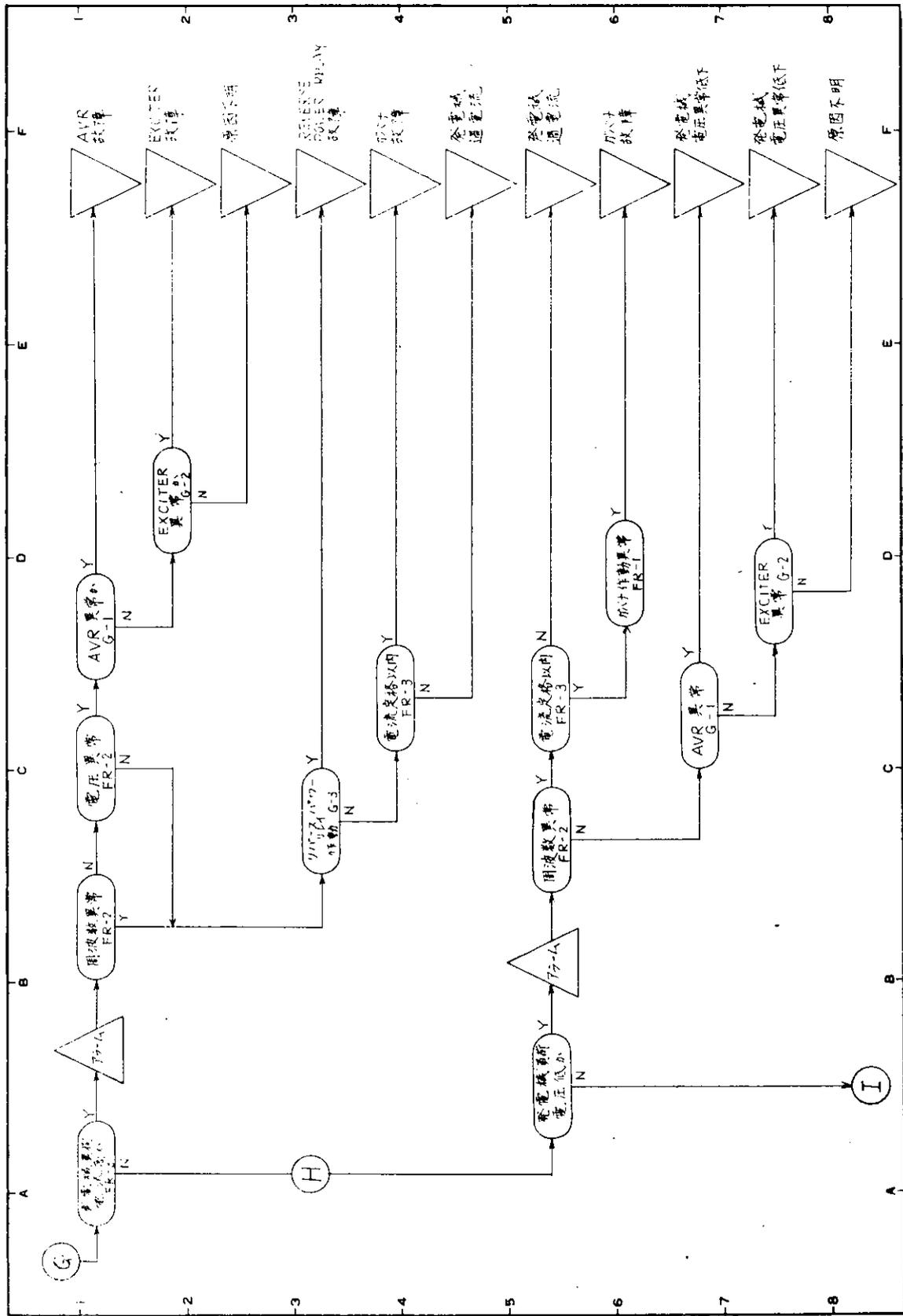


(社) 日本造船研究協会
船舶の高集中度制御方式の研究

整理番号 BO-5/8

SR106 タービンプラント分科会
ブランク・アウト原因探求フローチャート

プログラム 三菱重工
昭和 年 月 日

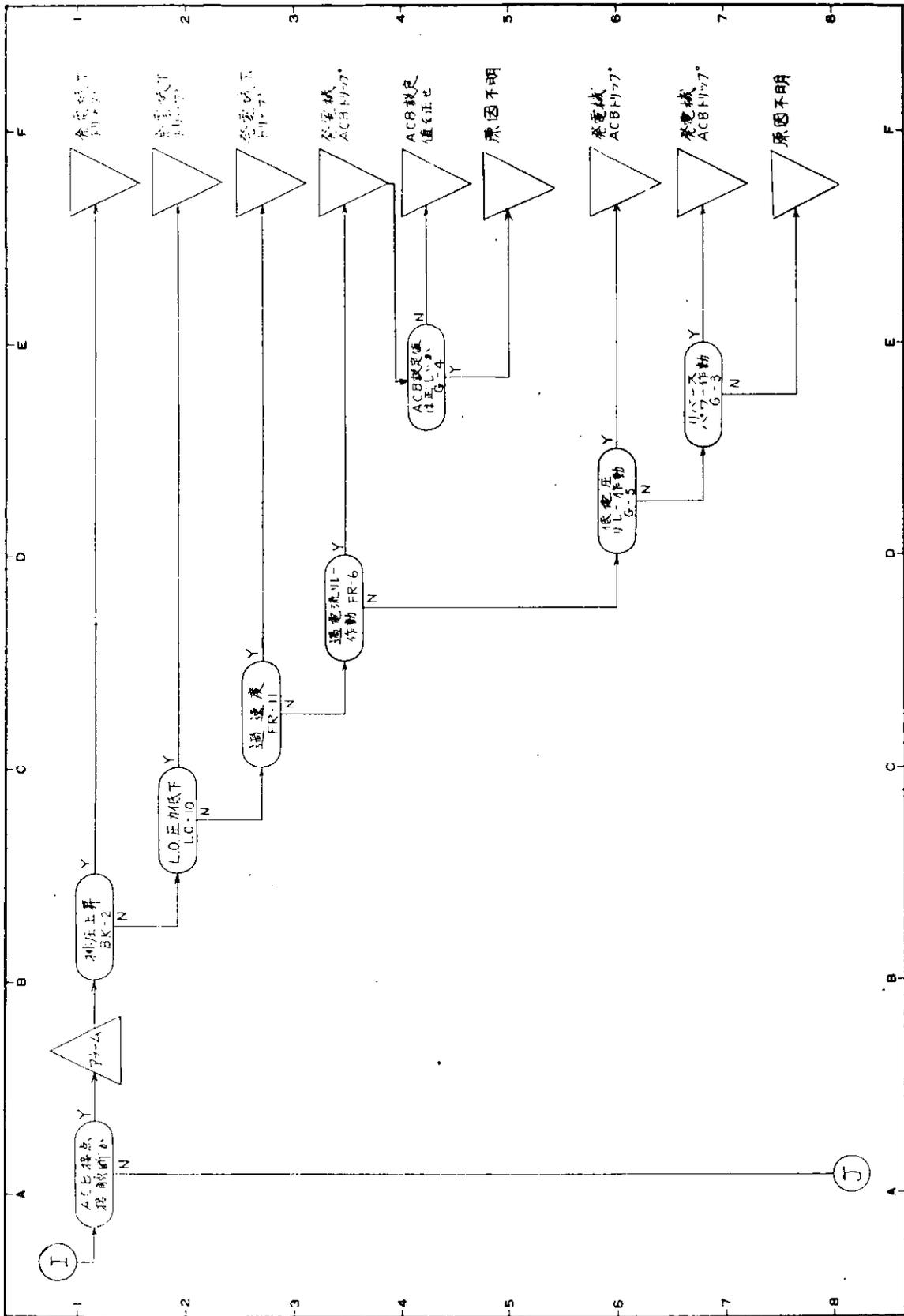


(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 B0-6/8

SR106 タービンプラント分科会
題目 ブラック・アウト原因探索フローチャート

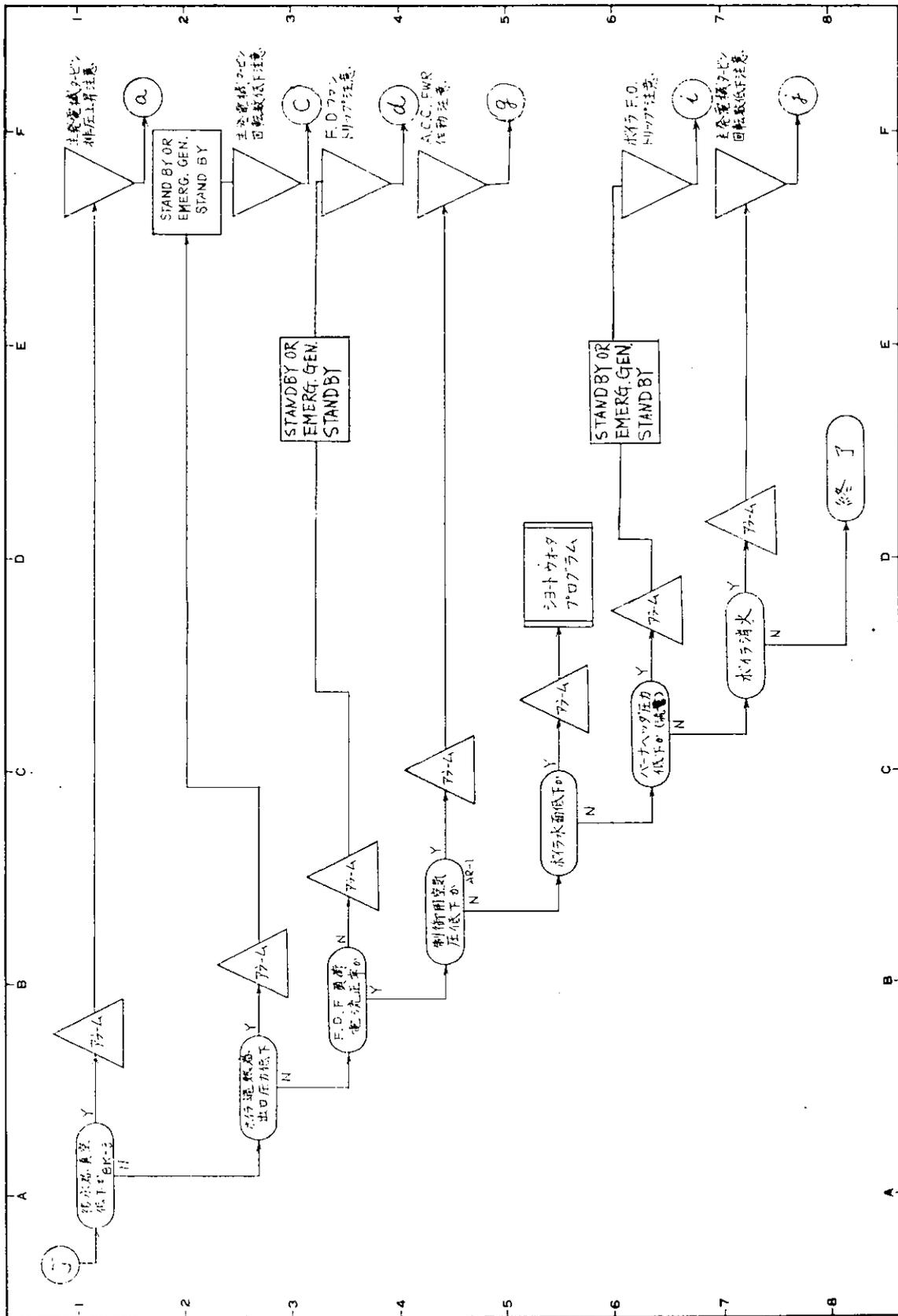
プログラム 三菱重工
昭和 年 月 日



(社) 日本造船研究協会
船船の高度集中制御方式の研究

整理番号 BO-7/8

プログラム 三菱重工
題目 CR106 クーヒンプラント分科会
ブラック・アウト原因探求フローチャート
昭和 年 月 日



（社）日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 BO-8/8

プログラマー 三菱重工 SR106 タービンプラント分科会
昭和 年 月 日 題目 ブロック・アウト原因探求フローチャート

5) I/O総合リスト

4大事故の異常原因の検知および予防に関連したINPUT OUTPUTの項目をとりまとめると第3.1.3表および第3.1.5表のとおりとなる。

4大事故はプラントのほとんど全体に関連しており、これに若干のその他項目を追加すれば(INPUT LISTの系統名称を他の項)プラント全体のINPUT OUTPUT LISTとなる。

すなわち、タービンプラントのINPUTを集計すれば第3.1.1表に示すとおり約520点となることが判明した。

第3.1.1表 検出端集計表

検出箇所	検出端信号	電圧出力	熱電出力	電流出力	抵抗出力	接点出力	パルス出力	未定	合計
主タービン軸受焼損		1		21	43	10			75
タービン異常振動		24	10	3	2	22	1	1	63
ターボ発電機軸受焼損					10	17			27
主発電機タービン排圧上昇				3	11				14
" L O 圧力低下				1		5			6
" 回転異常上昇 異常低下		2		22		37		8	69
主発電機過電流、低電圧		6		2		2			10
E G						12		1	13
P L						16			16
B L				6		21		8	35
A X						18			18
T G			1			7			8
M T						3	2		5
ボ イ ラ				8		18			26
給 水		3		9	6	52		3	73
復 水						11	1		12
蒸 気						12		2	14
そ の 他						38			38
合 計		36	11	75	72	301	4	23	522

注 検出箇所については第3.1.3表INPUT LISTを参照のこと。

なお、INPUT LISTには、常時監視を要する項目が示されており、これらの項目は、緊急度あるいは重要度に応じてさらに次の三つのレベルに区分されている。

スキヤニング間隔

- ① 10秒以内
- ② 1分以内
- ③ 1分をこえる

第3.1.2表 スキヤニング時間別入力点数

区分 スキヤニング時間	①	②	③
	10秒	30秒	1分
入力点数	34	39	56
1分間サンプル回数	204	78	56
同上 合計	338		
1秒間サンプル回数	5.51		

OUTPUTの種類については3.4電算機導入の問題点に述べられているようにMAN MACHINEのCOMMUNICATIONをどのように選ぶかによつて左右され、今後検討の余地が残されている。ここでは一応次のような種類に

ついてそれぞれの項目を分類してみた。

① CRTディスプレイ (OUTPUT LIST 1/8 ~ 8/8)

フローチャートのOUTPUT すなわち異常原因ならびに運転操作の表示はまずCRTでディスプレイするものとする。

② アラームプリント

INPUT LIST 中、スキヤニングによる常時監視項目はアラームすればその時刻項目を表示、記録させるものとする。

③ 異常原因の記録

フローチャートのOUTPUT で異常原因に属する項目は上記CRTでディスプレイするとともに記録させる。

④ 過度データの打出し

各種トリップ (主機、ボイラ燃料、ブラックアウト、給水ポンプ) に関連する INPUT DATA は原因把握のためトリップ前後の過度データを打出させる。

⑤ データロギング

通常のデータロギングとして特定の INPUT DATA をロギングさせる。

⑥ ブラックアウト後のプラント復帰時のシーケンスモニタインジケータ。プラントの復帰操作のステップおよびブロックをアナウンシエータまたはブラウン管にて表示させる。

⑦ アナウンシエータ

電算機が故障した場合でも、プラントの運転を継続するため、必要最少限のアラームは、独立のアナウンシエータによつて表示する。

⑧ DIRECT CONTROL

前記フローチャートは運転員に操作の指令を与え、電算機で直接コントロールすることには重点がおかれていないが、時間的に危急を要するものすなわち、異常振動による主機の減速、軸受摩耗、軸受メタル温度過昇による減速または停止についてはDIRECT CONTROL を考慮した。

第3.1.3表 INPUT LIST (1/8~8/8)

第3.1.4表 OUTPUT種類 (1/1)

第3.1.5表 OUTPUT LIST (1/5~5/5)

第3.1.3表 INPUT LIST (1/8)

系 統		検 出 項 目	割込レベル & ラインNO.	常 時 監 視		検 出 端 形 式
名称	番 号			要 否 (○) (×)	スキヤニ ング間隔	
主 タ ー ビ ン 軸 受 焼 損	T B - 1	ジャーナル軸受メタル温度		H○	②	⑩軸受メタル温度計
	2	スラスト "		H○	②	⑪ "
	3	ジャーナル軸受摩耗量		H○	②	⑫軸受摩耗計
	4	スラスト "		H○	②	⑬ "
	5	L O 軸受出口温度		H○	①	測温抵抗体
	6	" " 入口 "		H○	①	"
	7	" 給油圧力		○L	①	圧力スイッチ
	8	L O 重力タンク油面		○L	②	レベルスイッチ
	9	" サンプ "		○L	③	"
	10	" 温調弁リフト		×		リミットスイッチ
	11	海水クーラー入口圧力		×L		圧力 "
	12	" 出入口圧力差		H×		差圧 "
	13	L O ポンプ吐出圧力		×L		圧力 "
	14	" クーラー出入口圧力差		H×		差圧 "
	15	" ストレーナ "		H×		" "
	16	" 減圧弁出口圧力		×L		圧力 "
	17	主軸回転数		○	②	タコジエネ
タ ー ビ ン 異 常 振 動	T V - 1	振 動 数		H○	①	
	2	振 巾		H○	①	
	③	プロペラ回転数		○	②	発 電 機
	4	" (極低速)		×	②	回転パルス
	5	" (")		×	②	タ イ マ
	6	ロータ車室伸び差		H○	①	自己平衡式交流ブリッジ
	7	車室フランジ内外部温度差		H○	①	熱 電 対
	8	車室上下温度差		H○	①	"
	9	ボイラ過熱器出口蒸気圧力		H○L	①	P I コンバータ
	10	" 温度		H○L	①	熱 電 対
	11	タービンドレン弁開閉		×	③	リミットスイッチ
	12	抽気弁開閉		×	①	"
	13	ドレン管オリフイズ差圧		×	③	差圧スイッチ
	14	ターニングかん脱		×	②	リミットスイッチ
	15	ターニングモータ起動、停止		×	②	電磁スイッチ
	⑬	スラスト軸受メタル摩耗		H○	②	
	⑭	平軸受メタル摩耗		H○	②	

○印はセンサー要研究項目を示す。

○入力信号のD_oはON-OFF信号。

D_pはパルス信号を示す。

スキヤニング間隔の①は10秒以内

②は1分 "

③は1分以上 を示す。

○系統番号に○印の付されているのは、他にList up されている重複していることを示す。

入		力			LOGGING 費(○) の否(×)	備 考
入力信号	読込範囲	精度(%)	常用範囲	検出回数		
4~20mA	0~500℃	±0.5		18	○	
"	"	"		3	○	
D _o				18		
"				3		
4~20mA	0~100℃	±0.5		21	○	
"	"	"	43~49℃	1	○	
D _o				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
4~20mA	0~100R/M	±0.5		1	○	
0~100mV	4~150Hz	±1.0	(8~10Hz, 0.2~0.5μ)	12	○(非同時)	HP,LPタービン軸受部に上下、 左右、前後方向に合計12点のセ ンサをつける
"	0~3mm	±2.0	(40~100Hz 0~10μ)	12	○(#)	
-2~+3V	-20~+130rpm	±0.5	-60~+90rpm	1		
D _p				1		ターニング嵌入時期検出用
D _p				1		
D _p				2		
0~20mV	0~500℃	±1.0	40~400℃	4		
"	"	"	40~400℃	4		
4~20mV	0~100kg/cm ²	±0.5	60~100ATG	2		
0~20mV	0~550℃	±1.0	400~520℃	2		
D _o				5		
D _o				5		
D _o				10		
D _o				1		
D _o				1		
	0~1%	±5.0		3		
	"	"		22		

第3.1.3表 INPUT LIST (2/8)

系 統		検 出 項 目	割込レベル & ライン NO.	常 時 監 視		検 出 端 形 式
名 称	番 号			要 (○) 否 (×)	スキヤニ ング間隔	
タービン 異常振動	TV-18	グラウンドバツキン蒸気圧力		H○L	②	P-Iコンバータ
	⑰	軸受入口潤滑油温度		H○	③	測温抵抗体
ターボ 発電機 軸受 焼損	GB-1	L.O. 軸受出口温度		H○	①	測温抵抗体
	2	" " 入口 "		H○	①	"
	3	" " 給油圧力		○L	①	圧力スイッチ
	4	L.O. タンクレベル		×L		レベル "
	5	" クーラ出口温度		H×		温度 "
	6	海水クーラ入口圧力		×L		圧力 "
	7	" " 出入口圧力差		H×		差圧 "
	8	直結L.O. ポンプ吐出圧力		×L		圧力 "
	9	電動 " "		×L		" "
	10	主蒸気弁全閉位置		×		リミット "
主発電機 タービン 排圧 上昇	BK-1	排気弁全開		×		リミットスイッチ
	2	主発電機タービン排気圧力		H○	①	P-Iコンバータ
	3	主復水器の真空		○L	①	"
	4	主復水器の真空低下		×		圧力スイッチ
	5	冷却海水出入口差圧		×		差圧スイッチ
	6	スクープ出入口温度差		×		温度差スイッチ
	7	排気室温度上昇		×		温度スイッチ
	8	バツキン蒸気供給圧力低下		×		圧力スイッチ
	9	エゼクタ入口蒸気圧力低下		×		"
	10	エゼクタインタークーラレベル上昇		×		フロートスイッチ
	11	給水加熱器ドレン調整弁閉		×		リミットスイッチ
	12	主復水ポンプ吐出圧力		×		P-Iコンバータ
	13	" " 運転中		○	③	コンタクター
	14	リサーキュレーションバルブ閉		×		リミットスイッチ
主発電機 タービン L.O 圧力低下	LO-①	L.O. サンプタンク油面低下		○	③	フロートスイッチ
	2	ストレナ入口圧力低下		○	①	圧力スイッチ
	③	タービン駆動L.O. ポンプ吐出圧力低下		×		"
	④	補助L.O. ポンプ "		×		"
	⑤	L.O. 温度異常上昇		○	③	サーモスタット
	6	冷却海水L.O. クーラ出口温度高		×		"
	7	L.O. 温度調整弁の不調		×		"
	8	L.O. 圧力 "		×		圧力スイッチ
	9	ストレナ出入口圧力差		○	①	差圧スイッチ
	10	軸受L.O. 圧力		○L	①	P-Iコンバータ

入		力			LOGGING 要(○) 否(×)	備 考
入力信号	読込範囲	精度(%)	常用範囲	検出端数		
4~20 mV	-10 mmHg ~ 0.2 ATG	±2		1		
"	20~55℃	±1		1		
4~20 mA	0~100℃	±0.5		8	○	(タービン箱内、ピニオン箱内) × 2
"	"	"	43~49℃	2	○	
Do				4	×	(Alarm, 電動ポンプ自動起動) × 2
"				2	×	
"				2	×	
"				1	×	
"				2	×	
"				2	×	
"				2	×	
"				1		
4~20 mA	0~3 kg/cm ² A	0.±0.5	1~1.5 kg/cm ² A	1		
"	0~760 mmHg	"	722 mmHg	1	○	
Do				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
4~20 mA	0~15 kg/cm ²	±0.5	10 kg/cm ²	1	○	
Do				1		
"				1		
Do				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1	○	
"				1		
"				1		
"				1		
4~20 mA	0~1 kg/cm ²	±0.5		1	○	

第3.1.3表 INPUT LIST (3/8)

系 統		検 出 項 目	割込レベル & ラインNO.	常 時 監 視		検出端形式		
名称	番号			要(○) 否(×)	スキヤニ ング間隔			
主 発 電 機 ター ビン 回 転 異 常 低 下 、 異 常 上 昇	FR-	1	ガバナの不調		○	①	④dI/dkwリミッター	
		2	回転計(周波数計)		H○L	③	f-Iコンバータ	
		3	電 流 計		○	②	電 流	
		4	電 圧 計		H○L	①	V-Iコンバータ	
		5	ガバナ供給油圧低		○	③	圧力スイッチ	
		6	過 電 流		H○	②	W-Iコンバータ	
		7	REGULATING VALVEのステイック		○	③		
		8	電 力					
		BL-	①	ボイラ出口圧力低		○L	①	P-Iコンバータ
			2	ボイラ出口弁開度全開		×		リミットスイッチ
			3	タービンノズル弁入口圧力		○L	②	P-Iコンバータ
			4	負荷/ノズル弁開度		×		④リミッター
			5	ノズル弁のつまり		×		④
			6	FDF負荷電流		H○	①	電 流
			7	FDFモータの電流0		×		コンタクター
			8	FDFスタータのMCの接点		×		リレー
			9	FDF過負荷		H×		電 流
			10	FDF出口ダンパー開		×		リミットスイッチ
			11	FDF風 圧		○L	③	P-Iコンバータ
			12	蒸 気 流 量		×		d/p-Iコンバータ
			13	ガスエアーヒータの抵抗		×		差圧スイッチ
			14	ボイラ水面		H○L	①	P-Iコンバータ
			15	ボイラ水面低下		×		フロートスイッチ
			16	バーナヘッドー燃油圧力低		○	②	圧力スイッチ
			17	バーナ本数制御不調		○	②	"
			18	F.O. ストレーナ入口圧力低		○	②	"
			19	F.O. 入口温度高		○	②	温度スイッチ
			20	F.O. 噴燃ポンプ吐出圧力		○	②	圧力スイッチ
			21	F.O. ストレーナ出口圧力低		○	②	"
			22	F.O. 噴燃ポンプ再循環圧力制御弁正常		×		"
			23	ボイラ 消火		○	①	フレイムアイ
			24	フレイムアイの誤動作		○	②	フレイムアイ検煙計
		AR-	1	制御用空気圧力		○	②	圧力スイッチ
		2	制御用空気圧縮機運転		○	②	コンタクター	
		3	制御用空気のごこれ		×		DEW CELL R-I	
	G-	1	AVRの不調		×		電 圧	
		2	EXCITERの不調		×		"	

入		力			LOGGING の要(○) 否(×)	備 考
入力信号	読込範囲	精度(%)	常用範囲	検出端数		
D _P				2		(周波数/負荷の値)と設定値と 比較する。
4~20mA	55~65Hz	±0.5	60Hz	2		
0~50mA		1		2	○	
"	0~460V	1		2		
D _o				2		
0~50mA		1		2		
D _o				2		
					○	
4~20mA	0~70kg/cm ²	±0.5	62kg/cm ²	2	○	
D _o				2		
4~20mA	0~65kg/cm ²	±0.5	60kg/cm ²	2	○	
D _o				2		ノズル開度/負荷の値と設定値と 比較する。
				2		
0~50mA				2		
D _o				2		
"				2		
0~50mA				2		
D _o				4		
4~20mA				2		
"				2	○	
D _o				2		
4~20mA				2	○	
D _o				2		
"				2		
"				2		フレーム・アイとF _O 流量のログ ック回路を作る。
"				2		
"				2		
"				2		
"				2		
"				2		
"				1		
"				2	○	
"				2		変換時F _O AIR FLOW, SMOKEの関係づけ
"				2		
"				2		
"				2		
D _P				2		
"				2		

第3.1.3表 INPUT LIST (4/8)

系 統		検 出 項 目	制込レベル & ライン NO.	常 時 監 視		検 出 端 形 式
名称	番 号			要(○) 否(×)	スキヤニ ング間隔	
主電 発流 電低 電機 過圧	G - 3	REVERSE POWER RYの不調		×		電 力
	4	ACBの故障		×		(電流+TIME DELAY)
	5	低 電 圧		○	②	電圧リミッター
E G	E G S- 1	非常用発電機起動		×		A C B 補助接点
	2	操 舵 機 起 動		×		Contactora
	3	主機L Oポンプ起動		×		"
	4	主機制御油ポンプ		×		"
	5	G, A, H. 駆動用モータ起動		×		"
	6	制御用コンプレッサ起動		×		"
	7	シークエンシャルスタート失敗有無		×		上記接点のAND
	8	モード・スイッチ切換確認		×		切換スイッチ接点
	⑨	抽 気 弁 閉		×		リミットスイッチ
	10	自動起動回路故障		○	③	
P L	PLS- 1	F O 遮断弁閉		×		リミットスイッチ
	2	ドラム水位低		○	②	マイクロスイッチ
	3	給水ポンプタービン蒸気元弁閉		×		リミットスイッチ
	4	" 入口制御弁閉		×		"
	5	再 循 還 弁 閉		×		"
	6	主タービントリップ		○		"
	⑦	" トレン弁		×		"
	8	" 後進中間弁閉		×		"
	9	主復水器エアエゼクタ用蒸気減圧弁閉		×		"
	10	造水装置海水弁閉		×		"
	11	" エゼクタ蒸気弁閉		×		"
B L	BLS-1	給水加減器 AUTO→MAN 切換		×		マイクロスイッチ
	2-1	ACC AUTO→MAN (Master)		×		"
	2-2	" (F. O. control)		×		"
	2-3	" (Inlet Vane control)		×		"
	3	強圧送風機インレットド・ベーン全閉		×		リミットスイッチ
	4	" 高速→低速		×		リ レ ー
	5	" 起動		×		コ ン タ ク タ
	6	F. O. 噴燃ポンプ起動		×		"
	7	F. O. control valve man. Set		○	①	d/p-I コンバータ
	8	F. D. F. inlet vane man. Set		○	①	"
	9	Base burner atom Steam valve閉		×		リミットスイッチ
10	蒸気圧力上昇率		H○L	①	P I コンバータ	
11	Base burner 着火		○	③	フ レ ー ム ア イ	

入		力			LOGGING の 差○ 否(×)	備 考
入力信号	読込範囲	精度(%)	常用範囲	検出端数		
D _P				2		
##				2		
##				2	○	
D _o				1		
#				1		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
#				1		
#				1		
#				3		
#				1		
D _o				2		
#				2		
#				1		
#				2		
#				2		
#				1		
#				3		
#				1		
#				1		
#				2		
#				2		
#				2		
#				1		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
4~20 mA				2		
#				2		
D _o				1		
4~20 mA				2		
D _o				2		

第3.1.3表 INPUT LIST (5/8)

系 統		検 出 項 目	割込レベル & ラインNO.	常 時 監 視		検 出 端 形 式
名称	番 号			要(○) 否(×)	スキヤニ ング間隔	
B L	BLS-	⑫ P.O. ポンプ吐出圧力低		×		圧力スイッチ
		13 Burner 本数制御異常		×		
		14 燃 焼 不 良		○	②	検 煙 計
		⑮ 主 蒸 気 温 度 高		H○	③	熱電対
		16 Base burner atom, press		×		圧力スイッチ
A X	AXS-	1 S.W. サービスポンプ起動		×		コンタクタ
		2 Stand-by gen aux.L.O.pump start		×		"
		3 機関室通風機起動		×		"
		4 補助コンデンサ循環ポンプ起動		×		"
		5 " 循環海水流量		×		差圧スイッチ
		6 " inlet valve open		×		リミットスイッチ
		7 ドレンポンプ起動		×		コンタクタ
		⑧ 復水ポンプ起動		×		"
		9 主循環ポンプ起動		×		"
		10 L.O. 冷却循環ポンプ起動		×		"
		11 グランド排気ファン起動		×		"
		12 船艙管シールL.O.ポンプ起動		×		"
		13 主循環ポンプinlet/out valve閉		×		リミットスイッチ
T G	TGS-	① L.O. 圧力低		×		圧力スイッチ
		2 排 気 弁 開		×		リミットスイッチ
		3 ド レ ン 弁		×		"
		4 グランド排気弁		×		"
		5 暖 機 弁 開		×		"
		6 入口蒸気弁開		×		"
		7 規 定 回 転 数		○	③	スピードリレー
		8 異 常 振 動				
M T	MTS-	① 主復水器真空		○L		P-I コンバータ
		2 主復水器冷却水流量		×		d/P 圧力スイッチ
		3 主循環水ポンプ出入口弁		×		トルクスイッチ
		④ グランドシール圧力		H×L		P-I コンバータ
		5 L.O. クーラ S.W. 流量		×		d/P 圧力スイッチ
		6 L.O. クーラ S.W. ポンプ		×		コンタクタ
		⑦ 各 軸 受 温 度		H○	②	測温抵抗体
		⑧ 異 常 振 動		○	①	
ボ イ ラ	B	1 ボイラドラムレベル高位		H○	①	フロートスイッチ
		② " 低位		○L	①	"
		3 ボイラドラム圧力		×		P-I コンバータ

入 力					LOGGING の 要 (○) 否 (×)	備 考
入力信号	読込範囲	精度(%)	常用範囲	検出端数		
D _o				1		
				8		
D _o				2		
"				2		
"				3		
"				1		
"				2		
"				1		
"				1		
"				2		
"				2~3		
"				2		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		WIRED LOGIC で組むか PROGRAM にするか要検討
"				1		
"				1		
"				1		
"				2		
"				1		
"				1		振動チェックプログラム
4~20mA				1		
D _o				1		
"				2		
4~20mA				1		
D _o				1		
"				1		
Pt 50Ω				2 1		
				4		
D _o				2		
"				2		
4~20mA	0~100k Ω /ch	± 0.5	6.2k Ω /ch	2	○	

第 3.1.3 表 INPUT LIST (6 / 8)

系 統		検 出 項 目	割込レベル を ライン NO.	常 時 監 視		検 出 端 形 式	
名 称	番 号			要(○) 否(×)	スキヤニ ング間隔		
ボ イ ラ 	B-4	ボイラドラム圧力過昇		F○	②	圧力スイッチ	
	5	" 低下		○L	②	"	
	6	ボイラドラム安全弁のリーク		○	③	温度スイッチ	
	7	過熱器出口安全弁のリーク		○	③	"	
	8	エコノマイザ出口逃し弁のリーク		○	③	"	
	9	ボイラブロ弁のリーク		○	③	"	
	10	" 開閉		×		リミットスイッチ	
	11	ボイラドラムレベル		×		差圧発振器と P-I コンバータ	
	12	過熱器蒸気流量(差圧)		×		"	
	13	ボイラドラムレベルサーモスタンド信号圧力		×		P-I コンバータ	
	給 水	マ-1	給水圧力低下(ポンプ出口)		○	①	圧力スイッチ
		2	給水圧力()		×		P-I コンバータ
		3	給水圧力エコノマイザ出入口差圧		×		差圧スイッチ
4		デアレータ器内圧力過昇		×		圧力スイッチ	
5		デアレータ器内圧力		×		P-I コンバータ	
6		給水ポンプ吸込圧力		×L		"	
7		" " 温度		×		測温抵抗体	
8		" " 振動		○	②	バイブラスイッチ	
9		給水ポンプ L.O. 圧力低下		○	②	圧力スイッチ	
10		" " L.O. 温度		○	②	測温抵抗体	
11		" " 蒸気圧力低下		×		圧力スイッチ	
12		" " 排気圧力過昇		○	②	"	
13		" " 出口逆止弁のリーク		×		PENDING	
⑭		" " 再循環弁の開閉		×		リミットスイッチ	
15		" " リーフライン逃し弁のリーク		○	③	温度スイッチ	
16		" " 出口逃し弁のリーク		○	③	"	
17		" " 排気逃し弁のリーク		○	③	"	
18		デアレータレベル高位		○	②	フロートスイッチ	
19		" " 低位		○	②	"	
20		MAKE UP VALVE 開		×		リミットスイッチ	
21		" " 閉		×		"	
22		SPILL VALVE 開		×		"	
23		" " 閉		×		"	
24		給水加減弁開度		×		差動トランス	
25		給水加減器コントローラ出力信号		×		P-I コンバータ	

入		力			LOGGING の要○ 否(×)	備 考
入力信号	読込範囲	精度(%)	常用範囲	検出端数		
D _o				2		
"				2		
"				4		
"				2		
"				2		
"				2		
"				2		
4~20 mA				2		給水 加減器チェック用
"				2		"
"				2		"
D _o				1		
4~20 mA	0~100Kg/cm ²	±0.5	88Kg/cm ²	1	○	
D _o				2		
"				1		
4~20 mA				1		
"	0~5 Kg/cm ²	±0.5	4 Kg/cm ²	3	○	
"	"	"	5.6 Kg/cm ²	3		給水ポンプ3台
D _o				3×5		各ポンプの両端の左右、上下方向と軸方向につける。検出端は5ヶあるが、直列(○)並列)に持続し入力は1つとする。
"				3		COPPINの場合NORMALより5psi上がればFILTER取替
4~20 mA				3		COPPINの場合、温度の急上昇を監視し、STEADYなら200°FでもOK
D _o				3		コントロール弁入口
"				3		
"				2		
D _o				3		給水 17 m ³ /h 以下で自動開
"				1		
"				3		
"				1		デアレータ入口
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
0~10V				2		
4~20mA		±0.5		2		

第3.1.3表 INPUT LIST (7/8)

系 統		検 出 項 目	割込レベル & ラインNO.	常 時 監 視		検 出 端 形 式
名称	番 号			要(○) 否(×)	スキヤニ ング間隔	
給 水	B-26	高圧給水加熱器ドレンレベル高位		○	③	フロートスイッチ
	27	デアレータ逃し弁のリーク		×		温度スイッチ
	28	高圧給水系統フランジのリーク		×		"
	29	デアレータオーバフロー弁のリーク		×		温度スイッチ
	30	MAKE UP弁への信号空気圧開		×		圧力スイッチ
	31	" 閉		×		"
	32	SPILL弁への信号空気圧開		×		"
	33	" 閉		×		"
	34	給水ポンプガバナ用圧力発振器出力		×		P-Iコンバータ
	35	" 差圧 "		×		"
	36	" ダイアフラムエヤモータ出力		×		差動トランス
	37	" トリップ		○	①	
	38	高圧給水加熱器ドレンレベル制御弁全開		×		リミットスイッチ
	39	" 信号空気全開		×		圧力スイッチ
40	給水加減器切替パネルAUTO/MANUAL		×		リミットスイッチ	
復 水	C-①	復水ポンプ吐出圧力低下		○	①	圧力スイッチ
	2	低圧ヒータドレン移送ポンプ圧力低下		○	②	"
	3	EJECTOR CONDENSERのレベル高位		○	③	フロートスイッチ
	4	グラントコンデンサの "		○	③	"
	5	LP FEED W. HTRの "		○	③	"
	⑥	復水再循環弁の閉		×		リミットスイッチ
	7	グリースエキストラクタ差圧過昇		×		圧力スイッチ
	8	F.W. ドレンタンクレベル高位		×		フロートスイッチ
	9	" 低位		×		"
	10	レベルコントロール弁開		×		リミットスイッチ
	11	" 閉		×		"
	12	ドレン移送ポンプ吐出圧力低下		×		圧力スイッチ
	13	蒸留水タンクレベル低位		×		フロートスイッチ
	14	補 給 水 量		○	10分間隔で 10分間流量	流 量 計
	⑮	コンデンサ真空低下		○	②	圧力スイッチ
	⑯	コンデンサ真空		×		P-Iコンバータ
	⑰	復水ポンプ吐出圧力		×		"
蒸 気	S-1	H.P. 2nd HTR差圧過昇		×		圧力スイッチ
	2	" 出口側弁開		×		リミットスイッチ
	3	給水ポンプ排気ダンプ弁全開		×		"

入		力			LOGGING 要○ 否(×)	備 考
入力信号	読込範囲	精度(%)	常用範囲	検出端数		
D ₀				2		リークチェック用
"				1		
D ₀				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		給水ポンプガバナ定圧制御チェック用
"				1		" 差圧 "
0~10V				1		" チェック用
"				1		
D ₀				1		
"				1		
"				2		
D ₀				1		COMMON LINEに設ける
"				1		"
"				1		リーフチェック用
"				1		"
"				1		"
"				2		例 AST~MANUEUV FUEL: 半開、STOP:全開、他:全閉
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
"				1		
100Hzの1回の パルス				1		
D ₀				1		
4~20mA	真空 0~760mmHg	±0.5	722mmHg	1	○	
"	0~15kg/cm ²	"	10kg/cm ²	1	○	
D ₀				1		
"				1		
"				1		SET AT 4.5kg/cm ² G

第3.1.3表 INPUT LIST (8/8)

系 統		検 出 項 目	割込レベル & ラインNO.	常 時 監 視		検 出 端 型 式
名 称	番 号			要(○) 否(×)	スキヤニ ング間隔	
蒸	S-4	MAKE UP弁全開		×		リミットスイッチ
	5	IP抽気→HP EXH.減圧弁全開		×		"
	6	造水装置加熱蒸気系統弁全開		×		"
	7	AUX. STEAM 減圧弁全開		×		"
	8	" "		×		"
	9	" 出口逃し弁リーク		×		温度スイッチ
	10	給水ポンプ入口蒸気弁付ドレン弁リーク		×		"
	11	高圧抽気系統フランジのリーク		×		⑩ PENDING
	12	ボイラ異常音		○		⑩ "
	⑬	過熱器出口圧力		○L		P-Iコンバータ
⑭	" 温度		H○L		熱電対	
其 の 他	OT-1	F.O. 加熱器出口温度		○L	③	温度スイッチ
	2	ガス空気予熱器L.O. 温度		H○L	③	"
	3	非常用発電機C.W. "		H×	③	"
	4	荷油ポンプ用外部緩熱器出口温度		H○	③	"
	5	エゼクタ用 "		H○	③	"
	6	タンクヒーテング用 "		H○	③	"
	7	造水装置ヒーテング用 "		H○	③	"
	8	非常発電機L.O. 圧力		×L	③	圧力スイッチ
	9	F.O. 潤滑器差圧		H○	③	"
	10	主復水器ホットウエル水位		H○	③	レベルスイッチ
	11	D.O. 重力タンク油面		H○L	③	"
	12	高位船艙管L.O. 重力タンク油面		○L	③	"
	13	低位 "		○L	③	"
	14	F.O. 澄タンク油面		H○L	③	"
	15	F.O. オーバ・フロータンク油面		H○	③	"
	16	ビルジウエル水位		H○	③	"
	17	低圧給水加熱ドレン移送ポンプ運転中		○	③	コンタクト
18	サニタリオよび冷却水ポンプ運転中		○	③	"	
19	船艙管軸受用潤滑油ポンプ運転中		○	③	"	
20	造水装置蒸溜水ポンプ運転中		○	③	"	
21	造水装置駆塩ポンプ運転中		○	③	"	
22	造水装置ドレンポンプ運転中		○	③	"	
23	デフュミデイフアイヤファン 運転中		○	③	"	
24	ガス空気予熱器		○	③	"	
25	L.O. 清浄機運転中		○	③	"	
26	" ベルト切断		○	③	"	

入 力				LOGGING	備 考	
入口信号	到达範囲	精度(%)	常用範囲	検出端数		要○ 否(×)
D ₀				1		62→3.5 Kg/cm ² G
#				1		6 →4 "
#				1		4.5→0.35 "
#				2		62→24 "
#				2		62→25 "
#				1		
#				1		
				1		
0~100Ω	0~100Kg/cm ²	±0.5		2	○	
0~20mV	0~600℃	"		2	○	
D ₀				1		
#				2		
#				1		
#				1		
#				1		
#				1		
#				1		
#				1		
#				1		
#				1		
#				1		
#				2		
#				1		
#				1		
#				4		
#				1		
#				3		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
#				2		
#				1		
#				1		
#				2		
#				1		
#				1		

第 3.1.4 表 O U T P U T 種 類 (1 / 1)

O U T P U T 項 目	種 類	内
		記 録 或 は 指 示 内 容
記 録	データ・ロギング	時刻、箇所(含要求事項)、データ(含計算値)、記憶データ
	スポットデータ・ロギング	時刻、箇所(#)、データ(#)
	アラームプリンタ	時刻、箇所、データ
	アナログトレンド・レコーダ	データ
	集約打出し(データ・サマリ)	全異常点データ、全制限値
	デジタルトレンド・レコーダ	時刻、箇所(含要求事項)、データ(含計算値)
	制限値プリント	時刻、箇所、設定値
	過度データ打出し	時刻、箇所、データ
	定時ログ打出し	時刻、箇所(含要求事項)、データ(含計算値)
	異常原因の記録	時刻、異常原因
指 示	異常原因とチェック箇所	
	応急操作方法	
	異常箇所のアラーム	
	シークエンスモニタ インジゲータ	操作ブロック
		操作ステップ

容 方 法	適 用 具 体 例	備 考
タイプライタ	一般の圧力、温度、流量、レベル等	定時ログ、任意ログ
タイプライタ	*1 発電機の如く、圧1、圧2のあるもの。 *2 ある点が異常になつたとき、関連性のある点をあらかじめ決めておいてログする。	予め決められた項目のデータをタイプライタに打ち出す。 *1 定時、*2 警報時
ラインプリンタ、タイプライタ		アラーム時ログ
チャートレコーダ(ペン書)	軸受温度、蒸気圧力、ボイラレベル、周波数等	連続記録
タイプライタ		
タイプライタ		一定時間々隔毎にプリンタに打出す。
タイプライタ、ラインプリンタ	全アラーム設定値	任意
ラインプリンタ、タイプライタ	主機トリップ、ボイラE.O. 危急遮断、ブラックアウト時関連するデータ	あるデータを要求時点の前後について打出す。
タイプライタ		ログシートに打ち損じた場合、前回の定時ログを打出す。
タイプライタ	フローチャートの全異常原因	異常発生時。
ブラウン管(和、英、数字)		
#		
アナウンスエータ(照光表示窓、ブザー)		
# (#)	ボイラ昇圧完了、給水ポンプ起動完了、等	
ブロック内進行中点灯		
投影式表示器またはブラウン管(和、英、数字)	補機の起動指令、バルブ開閉指示	

第3.1.5表 OUTPUT LIST (1/5)

系 統 名称 番号	状 態 表 示 項 目	記録の 要(○) 否(×)	DISPLAY				備 考
			要(○) 否(×)	方 法	表示時間又 は消去時点	表示文字	
タ ー ビ ン の 異 常 振 動 監 視	1	主 軸 系 不 良	○	C. R. T			
	2	バ ス ラ ト 不 整		"			
	3	主 機 回 転 部 不 均 合	○	○	"		
	4	主 機 ア ラ イ メ ン ト 不 良		○	"		
	5	主 機 オ イ ル ホ ワ ー ル		○	"		
	6	主 機 に ド レ ン 浸 入 の 疑 い 有	○	○	"		
	7	主 機 ロ ー タ 車 室 伸 び 差 過 大		○	"		
	8	主 機 熱 心 力 大		○	"		
	9	主 機 ホ キ ン グ		○	"		
	10	" サ キ ン グ		○	"		
	11	ボ イ ラ 圧 力 降 下 率 大	○	○	"		
	12	キ ャ リ オ ー バ	○	○	"		
	13	主 機 オ ー バ ス ピ ー ド	○	○	"		
	14	" " 注 意		○	"		
	15	" ト レ ン 管 オ リ フ ィ ス 閉 塞	○	○	"		
	16	ス ラ ス ト 軸 受 メ タ ル 摩 耗 量 大	○	○	"		
	17	平 軸 受 "	○	○	"		
	18	グ ラ ン ド バ ッ キ ン 蒸 気 圧 力 低	○	○	"		
	19	潤 滑 油 温 度 過 冷	○	○	"		
タ ー ビ ン 軸 受 焼 損 予 防	1	局 部 的 な ゴ ミ の か み 込 み の 疑 い 有		○	"		
	2	L. O. 重 力 タ ン ク 油 面 低 下		○	"		
	3	L. O. サ ン プ タ ン ク 油 面 低 下		○	"		
	4	温 調 弁 不 調		○	"		
	5	主 循 環 水 ポ ン プ 不 調		○	"		
	6	L. O. ク ー ラ 海 水 側 つ ま り		○	"		
	7	L. O. ク ー ラ 汚 れ 大		○	"		
	8	L. O. ポ ン プ 不 調		○	"		
	9	L. O. ク ー ラ L. O. 側 つ ま り		○	"		
	10	減 圧 弁 不 調		○	"		
	11	海 水 温 度 過 昇		○	"		
発 電 機 タ ー ビ ン 軸 受 焼 損 予 防	1	温 調 弁 不 調		○	"		
	2	補 助 循 環 水 ポ ン プ 不 調		○	"		
	3	L. O. ク ー ラ 海 水 側 つ ま り		○	"		
	4	L. O. ク ー ラ 汚 れ 大		○	"		
	5	油 圧 調 整 弁 不 調 又 は 濾 器 つ ま り		○	"		
	6	直 結 L. O. ポ ン プ 不 調		○	"		
	7	電 動 "		○	"		

系 統 名称 番号	指 令 表 示 項 目	記録の 要(○) 否(×)	DISPLAY				備 考
			要(○) 否(×)	方 法	表示時間又 は消去時点	表示文字	
1	回転数をNrpmにせよ	○	○	C. R. T.			Nは具体的 な数字
2	録音テープによりタービン内部音を 検討せよ		○	"			
3	録音テープを取替え録音器を再起動 せよ		○	"			
4	振動記録により原因探究せよ		○	"			
5	主機ドレン弁を開け		○	"			
6	抽気弁閉じよ		○	"			
7	ターニングモータ起動せよ		○	"			
8	ターニング嵌入起動せよ		○	"			
1	ストレーナ点検し異物あれば直ちに 軸受開放せよ		○	C. R. T.			
2	サンプタンクにL. O. 補給せよ		○	"			
3	ストレーナ切換点検せよ		○	"			
4	軸受給油原系統の全許器をチェックせよ		○	"			
5	メタル温度に注意せよ		○	"			
1	タンクにL. O. 補給せよ		○	C. R. T.			

第3.1.5表 OUTPUT LIST (2/5)

系 統	状態表示項目	記録の 要(○) 否(×)	DISPLAY			備 考
			要(○) 否(×)	方 法	消滅時間又 は消去時点	
ブ ラ ッ ク ・ ア ウ ト の 予 防 お よ び 原 因 の 探 究	1	タービン排気弁閉	○	C, R, T.		
	2	冷却海水流量低下	○	"		
	3	主復水器排気室温度上昇	○	"		
	4	バツキン蒸気圧力低下	○	"		
	5	エゼクタ "	○	"		
	6	エゼクタコンデンサー不調	○	"		
	7	コンデンサー空気流入	○	"		
	8	タービン排圧異常上昇	○	"		
	9	L.O. 漏洩	○	"		
	10	L.O. ポンプ故障	○	"		
	11	L.O. クーラ冷却不十分	○	"		
	12	L.O. 温度異常上昇	○	"		
	13	ストレーナ入口圧力異常低下	○	"		
	14	L.O. ストレーナのつまり	○	"		
	15	タービンL.O. 圧力異常低下	○	"		
	16	ガバナ油圧低下	○	"		
	17	選 択 遮 断	○	"		
	18	ガバナー不調	○	"		
	19	ボイラ出口弁全開せよ	○	"		
	20	タービン入口蒸気弁全開せよ	○	"		
	21	ノズル弁のつまり	○	"		
	22	タービン蒸気入口異常	○	"		
	23	FDF 過電流またはFDFモータの絶縁不良	○	"		
	24	負荷異常増加	○	"		
	25	FOP 出口ダンパ閉	○	"		
	26	ガスエアヒータのつまり	○	"		
	27	FDF 風圧異常上昇	○	"		
	28	制御用空気圧縮機故障	○	"		
	29	制御用空気圧異常低下	○	"		
	30	水面低下トリップ	○	"		
	31	ボイラF.O. トリップ	○	"		
	32	バーナ本数制御不調	○	"		
	33	F.O. ポンプ異常	○	"		
	34	F.O. 噴燃ポンプ再循環弁不調	○	"		
	35	F.O. ストレーナのつまり	○	"		
	36	バーナヘッド燃油圧力異常低下	○	"		
	37	ボイラ消火	○	"		

系統		指令表示項目	記録の 要○ 否(×)	DISPLAY			備考
名称	番号			要○ 否(×)	方 法	表示時間又 は消去時点	
	1	タービン排気弁全開せよ		○	C. R. T.		
	2	冷却海水系統チェック		○	"		
	3	バッキン蒸気圧チェック		○	"		
	4	エゼクター蒸気圧チェック		○	"		
	5	L.O.パイプ系統のリークチェック		○	"		
	6	L.O. ポンプ圧力をチェック		○	"		
	7	ストレーナのつまりをチェック		○	"		
	8	ガバナチェックせよ		○	"		
	9	ガバナ油圧チェックせよ		○	"		
	10	タービン入口蒸気圧力チェック		○	"		
	11	FDFの運転の確認		○	"		
	12	制御用空気圧縮機チェック		○	"		
	13	ボイラ水面チェック		○	"		
	14	ボイラF.O. 圧力チェック		○	"		
	15	F.O. ストレーナつまりチェック		○	"		
	16	F.O. トリップチェック		○	"		
	17	発電機の周波数電圧チェック		○	"		

第3.1.5表 OUTPUT LIST (3/5)

系 統		状 態 表 示 項 目	記 録 の 要 否 (○) (×)	D I S P L A Y			備 考
名 称	番 号			要 否 (○) (×)	方 法	表 示 時 間 又 は 消 去 時 間	
	38	A V R故障		○	C. R. T.		
	39	EXCITER 故障		○	"		
	40	REVERSE POWER RELAY故障		○	"		
	41	ガバナ故障		○	"		
	42	発電機過電流		○	"		
	43	発電機電圧異常低下		○	"		
	44	発電機タービントリップ		○	"		
	45	A C Bトリップ		○	"		
ブ ラ ッ ク ・ ア ウ ト 後 の ブ ラ ン ト 復 帰	101	シークエンシャルスタート失敗機器	×	○	"		
	102	操能機起動	×	○	シークエンシャルスタート表示灯		
	103	主機L.O. ポンプ起動	×	○	"		
	104	主機制御油ポンプ起動	×	○	"		
	105	G. A. H. 駆動モータ起動	×	○	"		
	106	制御用エアコックプレッサ起動	×	○	"		
	107	MODE SW 切換	×	○	C. R. T.		
	108	抽気弁閉	×	○	"		
	109	スタータバッテリー点検	×	○	"		
	110	自動起動回路故障	○	○	"		
	101	S. W. PUMP 起動	×	○	C. R. T.		
	102	STAND BY AUX LO PUMP #	×	○	"		
	103	S/R VENT FAN 起動	×	○	"		
	104	AUX COND CIRCU PUMP 起動	×	○	"		
	105	" S. W. 弁操作	×	○	"		
	106	DRAIN PUMP 起動	×	○	"		
	107	CONDENSATE PUMP 起動	×	○	"		
	108	MAIN CIRCU PUMP #	×	○	"		
	109	L. O. COOLER CIRCU PUMP #	×	○	"		
	110	GLAND EXHAUST FAN #	×	○	"		
	111	STERN TUBE L. O. PUMP #	×	○	"		
	112	MAIN CIRCU PUMP INLET / OUTLET VALVE 操作	×	○	"		
	113	DRAIN PUMP 起動	×	○	"		
	114	L. O. COOLER 循環水ポンプ起動	×	○	"		

系統		指令表示項目	記録の 要○ 否×	DISPLAY			備考
名称	番号			要○ 否×	方法	表示時間又は 消去時点	
PL	101	F.W.C.弁チェック		○	C.R.T.		
	102	F.W.P.蒸気弁チェック	×	○	#		
	103	F.W.P.再循環弁チェック	×	○	#		
	104	主ボイラトリップ操作		○	FLICKER ANN WINDOW		
	105	主ターピントリップリセット		○	#		
	106	ドレン弁操作	×	○	C.R.T.		
	107	後進中間弁操作	×	○	#		
	108	エアエゼクタ蒸気弁操作	×	○	#		
	109	造水装置海水弁操作	×	○	#		
	110	造水装置エゼクタ蒸気弁操作	×	○	#		
	111	F.W.P.調整弁チェック	×	○	#		
	112	F.O.遮断弁手動トリップ	×	○	#		
BL	101	トラム水位チェック	○	○	C.R.T.		
	102	F.W.C. AUTO→MAN 切換	×	○	#		
	103	ACC MASTER CONT AUTO→MAN	×	○	#		
	104	# F.O. CONTROL #	×	○	#		
	105	# FDF INLET VANE #	×	○	#		
	106	FDF INLET VANE全閉	×	○	#		
	107	# SLOW 切換	×	○	#		
	108	# 1台 START	×	○	#		
	109	F.O. BURN PP START	×	○	#		
	110	F.O. CONTROL VALVE SET	×	○	#		
	111	FDF INLET VANE SET	×	○	#		
	112	F.O. 遮断弁 リセット	×	○	ANN WINDOW		
	113	BASE BURNER ATOM 弁開	×	○	C.R.T.		
	114	ACC MAN ADJUST	×	○	#		
	115	ATOMIZ STEAM 弁開	×	○	#		
	116	BURNER RELAY PANEL チェック	×	○	#		
	117	F.O. 系統チェック	×	○	#		

系 統	状態表示項目	DISP L A Y					備考
		記録の 表(○) 否(×)	要 否(○) (×)	方 法	表示時間又 は消去時点	表示文字	
ブ ラ ツ ク ・ ア ウ ト 後 の プ ラ ン ト 復 帰							
ボ イ ラ の 水 位 監 視	1	ボイラレベル検出用サーモスタット故障		○	C . R . T		
	2	AUX , STEAM 弁故障		○	#	62 → 24K	
	3	#		○	#	62 → 25K	
	4	給水ポンプフラッシングの可能性あり		○	#		
	5	給水ポンプ用ダイヤフラムエヤモータのコントローラ不調		○	#		
	6	#		○	#		
	7	ガバナコントロール信号不調		○	#		
	8	給水ポンプ排圧ダンブ弁不調		○	#		
	9	給水ポンプ排気圧へのMAKE UP 弁故障		○	#		
	10	デアレータ水面検出器故障		○	#		
	11	給水MAKE UP 弁故障		○	#		
	12	# SPIL 弁故障		○	#		
	13	コンデンサ漏洩の可能性あり		○	#		
	14	グラコン #		○	#		
15	LPヒータ #		○	#			
16	HPヒータ #		○	#			
17	# ドレンレベルコントローラ故障		○	#			
18	# # 制御弁故障		○	#			
19	ボイラチューブ破損の可能性あり		○	#			
20	異常音発生	○	○	#			
21	IP→HP 排気減圧弁不調		○	#			
22	ボイラ水面低下 (No.1)	○	○	#			
23	# (No.2)	○	○	#			
24	給水ポンプ吐出圧力低下	○	○	#			
25	# 異常振動	○	○	#			

系 統		状 態 表 示 項 目	記 録 の 要 (○) 否 (×)	D I S P L A Y				備 考
名 称	番 号			要 (○) 否 (×)	方 法	表 示 時 間 又 は 消 失 時 点	表 示 文 字	
T G	101	排気弁チェック	×	○	C. R. T.			
	102	ドレン弁 "	×	○	"			
	103	グラント排気弁チェック	×	○	"			
	104	暖機弁開	×	○	"			
	105	入口蒸気弁開	×	○	"			
	106	非発 A C B OFF	×	○	"			
	107	非発停止	×	○	"			
M T	101	主復水器真空チェック	×	○	"			
	102	軸受温度 "	×	○	"			
	103	異常振動 "	×	○	"			
	104	燃焼チェック、バーナ点検	×	○	"			
	105	スーツ・ブロー	×	○	"			
	106	S T C 点 検	×	○	"			
	1	給水ポンプ蒸気系統チェック		○	"			
	2	" RECIRC弁閉めよ		○	"			
	3	給水系統チェック		○	"			
	4	スタンバイ給水ポンプ起動解放点検せよ		○	"			
	5	給水ポンプLOクーラ冷却水過少		○	"			
	6	給水ポンプLOクーラ冷却水系統チェック		○	"			
	7	高圧ドレン系統、ドレンラップ等閉じてるかチェック		○	"			
	8	給水加熱器チェック		○	"			
	9	給水ポンプ排気系統チェック		○	"			
	10	スタンバイ給水ポンプ起動主機停止		○	"			
	11	復水ポンプ吸入側のフランジ等からAIR吸引していないかチェック		○	"			
	12	復水ポンプ解放点検		○	"			
	13	復水ポンプ自動起動回路チェック		○	"			
	14	スタンバイ復水ポンプ起動		○	"			
	15	ドレンタンク水面制御弁チェック		○	"			
	16	復水ポンプRECIRC弁閉じよ		○	"			
	17	補給水系統チェック		○	"			
	18	デアレータOVER FLOW弁開けよ		○	"			
	19	LP HTR ドレン移送ポンプチェック		○	"			
	20	ボイラブロ弁閉じよ		○	"			
	21	安全弁、逃し弁のリークをチェック		○	"			
	22	給水系統 "		○	"			

第 3.1.5 表 OUTPUT LIST (5 / 5)

系 統 名称	番 号	状 態 表 示 項 目	記 録 の 要 (○) 否 (×)	D I S P L A Y			備 考
				要 (○) 否 (×)	方 法	表 示 時 間 又 は 消 去 時 点	
ボ イ ラ の 水 位 監 視	25	給水ポンプL.O. 圧力低下	○	○	C.R.T.		
	26	" L.O. 温度過昇	○	○	"		
	27	" 排圧上昇	○	○	"		
	28	" トリップ	○	○	"		
	29	復水ポンプ吐出圧力低下	○	○	"		
	30	デアレータ水面低下	○	○	"		
	31	" " 上昇	○	○	"		
	32	L.P. HTRドレン 移送ポンプ圧力 低下	○	○	"		
	33	補給水量増大	○	○	"		
	34	ボイラ附着弁のリーク		○	"		
35	給水系統弁のリーク		○	"			
36	蒸気 "		○	"			

系 統		状 態 表 示 項 目	記 録 の 要 否 ○ (×)	D I S P L A Y			備 考
名 称	番 号			要 否 ○ (×)	方 法	表 示 時 間 又 は 消 去 時 点	

3.1.4 事故防止予防手段の立案

(1) タービン異常振動の予防

運転中に主機タービンに異常振動が発生した場合には早急に主機を減速して振動を軽減させ、事故の拡大を防ぐことが最も肝要である。異常振動がタービンの熱変形に起因するものはいつたん振動が発生してもただちに減速して、ある時間低速で運転することによつて熱変形量を軽減し、振動を消滅させることができる場合が多い。しかし減速操作がおくれて、熱変形量が大きくなり、永久変形や極度の内部接触を生じた場合には停船や微速運転を止むなくさせるような大事故に発展することが多い。したがつて事故対策としては早い時期に減速操作を行なうことが大切であり、無人機関室の場合には、特に自動操作とする必要がある。

振動の検出は周波数分析器によつて多くの周波数帯域毎に振巾を測定し、あらかじめ定めた許容値をこえたものは振巾の大きさに応じて、激しい場合には主機を停止、それほどでもない場合には、いつたん30 rpm程度に減速してある時間保持する。従来経験によると30 rpm程度まで減速すると大抵の振動は危険値以下に減少する場合が多い。振巾が安全範囲に減少したことを確かめてから徐々にタービンを最初の設定回転数まで再増速する。その間に許容値をこえる振動が検出されたらまた減速する。このような運転法は従来、タービンの異常振動が発生したときに良く行なわれたものであるが、それと同様の操作を電算機によつて自動的に行なわせるものである。

発生した振動の原因究明には周波数分析の結果があると非常に便利である。そのために振動検出に用いた周波数分析器を利用して、振動発生後に全周波数範囲の振動を記録して運転者が原因究明するときの資料とすることができる。

また従来はタービンの内部接触などの検知は運転者が聴音棒によつて車室内部の音を聴いて判断することが多かつたが、機関室無人化の場合これに代るものとしてタービン車室に音響のピックアップをとりつけ内部音響を常時監視させることも可能と考える。音響によるタービン異常振動の早期検出の方法については44年度以降さらに研究を行なうように計画しているが、それが解決されるまでの代案としてテープレコーダによる監視を行なうように計画した。

タービンの異常振動は内部的原因によるものが多く、外部からは容易に知ることができない場合があり、上記のようなデータをもとに人間が判断しなければならない分野が多い。それは電算機には不得意なパターン識別能力を必要とするからであり、これを経済的に実施することは相当困難なものと思われ、今後の研究にまつところが多い。

以上は異常振動が発生した後、故障がさらに拡大しないための処置動作であつたが、次に事故の予防について記す。

タービンの異常振動は起動および増速時に発生する場合が多く、その原因としてはタービンの過渡的熱変形による内部接触やボイラから缶水のキャリーオーバー、諸弁操作のミスによるドレンの侵入、その他がある。これらを監視しながら増速を短時間に行なうために従来船では主として時間に従つた画一的な増速プログラムが組まれていたものが、ここでは直接その原因となる事項を監視し、その変化があらかじめ設定した制限値を越えない範囲では自由に運転ができるプログラムを作成した。これによりタービン負荷が変化されるときに種々の環境に対して安全にしかも増減速時間を最短に運転することができる。なお異常振動とは直接の関係はないが、タービン負荷変動時の制約値である車室フランジやボルトの熱応力を安全に保つためのプログラムも併記した。

増減速と無関係に発生する異常振動としてはタービン内部の部品の脱落によるものがあるが、これは運転者としては予防しえないものであつて、設計または工作を改善する以外に方法はない。

ただし発生後の事故の拡大防止には前記の減速操作が役立つ。また軸受の故障によつても振動が発生するが、それは軸受焼損予防の項で考慮している。

タービン異常振動の原因はここで操りあげた他にもいくつか考えられ、また、それぞれは軽微な二つ以上の原因が重なつて発生する場合もあつて複雑であり、今後の研究課題となるところが多い。

(2) 軸受焼損予防

軸受焼損を予防する手段として下記の二段構えを考える。

すなわち 1) 主要な計測点を常時スキヤンして、異常がないかどうかを監視する。

ロ) 上記イ)にて異常が認められたら、速やかにその原因を追求し、オペレータに適切な処置をとるための指針を与え、また要すれば主機を減速する等の応急自動操作を行なう。

上記イ)については従来より広く行なわれてきているが、それに加えロ)を行なわせることにより、さらにプラントの信頼性向上とオペレータの労力軽減を実現する。

以上のことを行なわせるため、常時スキャンにより監視する項目は

主機タービン関係

各軸受メタル温度

” L.O. 出口温度

” メタル摩耗量

L.O. 軸受入口温度

” ” 給油圧力

” 重力タンク油面

” サンプタンク油面

ターボ発電機関係

各軸受 L.O. 出口温度

L.O. 軸受入口温度

” ” 給油圧力 として。

主機タービンにおいては、メタル温度、L.O.出口温度およびメタル摩耗量を常時監視させているが、昭和43年度作業においては、一応瞬時に近いくらい短時間で起る焼損に対してはメタル温度をもつて、また長期的な摩耗に起因する悪現象に対してはメタル摩耗をもつてまた総合的な補助としてL.O. 出口温度をもつてそれぞれ監視し得ると見なしている。

昭和44年度以降、軸受焼損時の特性を実験により明らかにする予定であるが、その結果により三者の取捨選択ないしはスキャン時間や異常を検知する際の具体的な設定値(もしくは設定ロジック)の決定、また要すれば三者相互間の組み合わせを用いたより適切な監視ロジック等の確立により、ロジックのみならず監視箇所そのものも改正すべき点が見られるかも知れない。

ターボ発電機に関しては、ここでは一定メタルの温度、メタルの摩耗量の監視は行なわず、従来どおりL.O.出口温度の監視のみで代表させているが、これとて主機タービンと同グレードに考えて悪いはずはないが、経済性も考え、一例としてこの程度としたに過ぎない。

さて以上に述べた常時監視されている項目のうち、あるものが異常を示した場合、それに対応するプログラムがスタート指令を受け、既定のロジックに従って原因を追求してゆき、適切な情報をオペレータに与えてその進行が終了する。したがってオペレータは電算機の指摘した項目のみを調査するだけでよく、調査の範囲は、いずれも指針がない場合と比し、著しく限定され、対策もより迅速で、より適切なものとなることが期待される。

またプログラム進行中焼損の疑いが非常に濃いような状況下にあつては、主機を自動的に減速してしまふ等の応急操作を行ない、万一焼損していてもダメージを最少限に止める機能も兼備している。

(3) ボイラシフト・ウォータ

a) 給水加減器の事故防止

従来から給水加減器のトラブルにより、ボイラ水面が異常になることをたびたび経験しており、トラブルの際は手動に切換えて手動調整を行なっている。またこれらの調整を行なうには、かなりの熟練者であることが必要である。この給水加減器は、ボイラ水面制御を行なう際の、ボイラ水面検出の機能も有しており、水面制御の根本となるものである。しかし給水加減器の機能を直接監視することなく、その機能により影響を受けるボイラ水面を

監視しているのが現状である。

このような現状の監視方法では、給水加減器のトラブルにより、いつたんボイラ水面低下を起したときには、時期すでに遅く、ボイラのショートウオータあるいはF.O.の危急遮断という事態に至ることになる。かかる重大事故を避けるために、給水加減器そのものの機能をサブルーチンでチェックし、事故原因を早期に検出し、必要な指令表示あるいは、事故原因の表示を行なわせている。

b) 給水ポンプ用タービン系の事故予防

給水ポンプ吐出圧力という最終性能結果を監視しているのが、現在一般的に行なわれている監視方法である。プロセスチャートではタービン系の事故検知のために、蒸気圧力、緩熱蒸気ラインの減圧弁をチックし、さらに現状では無監視のままであるタービンガバナ系の監視を行ない事故を予防している。

c) 給水ポンプ系の事故予防

ポンプ本体のトラブルの検出方法は非常にむずかしいので、それはポンプ吐出圧力によつて監視している。しかし低負荷時に過熱防止のために設けられている recirculation valve が閉じているかを確認し、またポンプ吸込圧とデアレータ圧力差を検出してフラッシングを起していなか等を監視している。

d) 給水ポンプの異常振動検知による事故予防

高速回転体のトラブルが拡大されるのを防止するため、異常振動を検知し事故を早期に発見し、重大な事故に発展するのを未然に防止している。

e) 給水ポンプの潤滑油監視による事故の予防

給水ポンプのL.O.圧力が低下すれば、給水ポンプのトリップにつながり、プラント全体に大きな影響を与えることになるので、ある程度L.O.圧力が低下すれば電動のL.O.ポンプが自動的に起動する方式を採用している。

またL.O.温度の過高によりベアリングが焼損されるのを防止するためL.O.温度の監視を行なっている。

f) 給水ポンプ用タービンの排圧監視による事故の予防

給水ポンプの排圧過昇は、給水ポンプ用タービンの性能低下をきたすのみならず、給水ポンプ用タービンのトリップにつながる原因となる。このため排圧上昇時には、その原因を表示し、事故を防止している。

g) 給水ポンプ排気ダンプ弁の故障による事故の予防

デアレータ器内圧力(給水ポンプ排圧とほぼ等しい)が高くなつたときダンプ弁は開き、ポンプ排気圧力を低下させねばならない。この作動を監視するために、デアレータ器内圧力とダンプ弁の開度を監視している。

h) 給水ポンプ排気ラインへのメイク・アップ弁の監視

デアレータ器内圧力が低下したときはメイク・アップ弁が開き、正常な圧力となるまで蒸気が供給されねばならないが、正常圧力に達すれば当然閉じねばならない。

ゆえにデアレータ器内圧力が正常値を超えたときに、メイクアップ弁が閉じているかをチェックし、給水ポンプ排圧上昇の原因を早期に発見し事故を予防している。

i) 給水ポンプトリックの監視

給水ポンプはL.O.の圧力低下、過速度、タービン排圧の過昇によりトリップされることになつている。

上記監視、予防にもかかわらず、給水ポンプがトリップしたときには、プラント全体の安全性を確保するために、スタンバイ給水ポンプの起動主機停止の指令を出すとともに、トリップ原因をアラーム・プリントさせている。

j) デアレータ・メイクアップ弁の監視による水面低下の予防

デアレータの水面を検出し、まず清水タンクからドレンタンクへ給水し、ドレンタンクのレベルを検出して、デアレータへ補給水を送る方式を採用している。デアレータ水面が低下したとき、水面検出器がメイクアップ弁を開ける信号を出しているかを確認し、その信号によりメイクアップ弁が正常に作動しているかを監視する。

これにより、デアレータの水面低下、ドレンタンクの水面低下を早期に発見し事故を予防する。

k) デアレータスビル弁の監視による水面上昇の予防

デアレータの水面を検出して、デアレータへの給水を清水タンクへ逃しデアレータ水面の過昇を防いでいる。

デアレータ水面が上昇したとき、水面検出器がメークアップ弁を閉じ、スビル弁を開ける信号を出しているかを確認し、その信号によりメークアップ弁、スビル弁が正常に作動しているかを監視する。

l) ドレンタンク水面制御系監視によるデアレータ水面低下の予防

デアレータの水面を検出して、ドレンタンクへ補給された給水のレベルを検出し、ドレン移送ポンプでデアレータの水面は正常に保持されない。

デアレータの水面を制御する手段として設けられた制御装置のうちで、ドレンタンクの水面制御装置は、その最終段の制御装置である。

それは、ドレンタンク水面制御弁、ドレン移送ポンプ、ドレン移送ポンプ発停用レベルスイッチ等から構成されているので、それらの動作を監視しデアレータの水面低下を予防している。

m) H.P. ヒータドレンレベルの監視による給水漏洩の予知

H.P. ヒータドレンレベル制御装置が正常に作動しているかをまずチェックし、その動作が正常にもかかわらず、レベルの上昇が見られるときは、給水の漏洩が考えられるので、それを早期に発見し事故を予防する。

n) 補給水量の増加の監視による事故の予防

従来補給水量の異常増大を検出して事故を発見したことがたびたびあり、復水、給水系統の漏洩検知の有力な手段の一つと考えられている。

特にボイラチューブの破損は監視が困難であり、この補給水量の監視が、発見手段となつている。ただこの場合、缶水処理のためにボトムプロを行なつている場合、あるいはスート・プロを行なつている場合も補給水量が増加するので、その区別を明確にしておかねばならない。

(4) ブラックアウト

ブラック・アウトの検知・予防は発電機、そのタービンおよびそのヒート・ソースたる主ボイラ周辺の監視と異常検知によつて行なおうとするものである。したがつてその範囲はきわめて広く、ブラックアウト発生の可能性のあるものをすべてカバーすることは困難なので過去に実際におきたもののみを対象としてとりあげた。

予防手段はいくつかのデータの判断過程を経て、到達した推定原因を電算機により表示して、これを認知した運転員がその箇所を修理する。いわゆる人間の介在を経て制御を行なう方式としている。したがつてこの表示はSTATEMENTになつているのでその表示方法は運転者に判り易い人間の言語でできるだけ近いものでなければならない。

3.1.5 事故発生後の応急操作の研究

概 説

前項のフローチャートで明らかにしたごとく、今年度作業の範囲として、機関室の無人運転をしている間に発生が予想される4大事故を取り上げて、事故の起る前の事態の刻々進展して、事故へ向っている過程を速かに探知し、各種データより総合判断を加えて、事故を予知できれば有効であり、また事故が不幸にして発生した場合、その原因と思われるものが電算機によつて解明されておれば、アラームを聴いて数分後に機関制御室にかけつけて、そこに表示されている情報を見て適切な処置を運転者が取るものとして計画した。

電算機より直接制御する、いわゆるDDCは原則として行なわず、電算機による監視(SCC)のステップとし、以後人間が介在して応急操作を行なうものとした。しかし、事故の種類によつては、十分信頼できる手段でDDCを行ないうるし、そうしないと間に合わない種類のものもありうるがこれらの検討は今後の課題である。

次に電算機からのOUTPUTの表現の仕方、いわゆる周辺機器のあり方、Man-Machine Interfaceは機械語より人間の言葉への翻訳過程がいかにか適切、迅速に運転者に伝達されるか重要な研究課題である。出力装置として

- タイプライタ
- ラインプリンタ
- 表 示 盤
- スライド・スクリーン
- ブラウン管
- ボイス・アラーム
- アナログ・トレンド・レコーダ

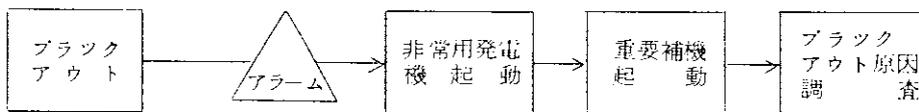
が考えられるが、経済性、効用、信頼性について今後さらに検討を加える必要がある。

事故発生後の応急操作の研究の対象としては、タービンプラントの事故のうち最も重大であるブラックアウトについて、その発生後の応急操作およびプラントの復帰操作をとりあげた。

(1) ブラックアウト後の応急操作

ブラックアウト状態発生時期によりすなわち航海中、停泊中等により応急操作は異なるが代表的な例として航海中の場合をとりあげた。

一般に、ブラックアウト時第一に操作しなければならないのは、非常用発電機の自動起動があるが、その他の応急操作をも考慮すると概略下記のごときFlowとなる。



(a) 非常用発電機の自動起動

母線電圧が零となれば非常用発電機が自動起動することは従来どおりであり電算機による監視を行なつて、万一非常用発電機起動失敗等が起つた場合には、すぐにその原因を表示するようにする。人間は電算機のガイダンスにより不具合箇所を調整、修理し早急に非常用発電機の手動起動を行なう。

(b) 重要補機の起動

非常用発電機の起動により最少電力は確保することができるので、次に本船の安全上および主機等の回転機械の軸受焼損防止のために下記重要補機を起動する。

- (イ) 舵取機械用モータ
- (ロ) 主機LOポンプ
- (ハ) 制御用LOポンプ
- (ニ) 制御用圧縮機
- (ホ) その他(プラントによつて多少増加する)

これら補機の起動は、従来どおりのシークエンシャル起動とし電算機はこれを監視し、起動失敗の場合のみ指示

する。

(c) ブラックアウト原因調査

ブラックアウト状態にいたる以前に電算機はブラックアウト原因探求プログラムにより、ブラックアウトを防止するよう不具合個所については警報および表示しているため、ブラックアウト発生機会は僅小である。しかし、万一ブラックアウトの状態が発生した場合には、電算機は、その寸前のプラント状態および発電機はもちろんのこと、周辺機器の状態を記憶し人間が機室にきた際に表示可能であるようにする。表示方法については、CRTブラウン管上へ原因のまたは修理ガイダンスの表示など種々あるが、この辺についてはコストの点をも考慮し今後の開発課題と考えている。なお電算機による表示の主要内容としては次のものがあげられる。

(イ) 発電機タービン

- タービン排圧過昇
- L.O圧力低下
- オーバスピード

(ロ) 発電機関係

- ACBの誤動作
- AVR不具合
- リバースパワーによる
- エキサイターの不具合

(ハ) その他

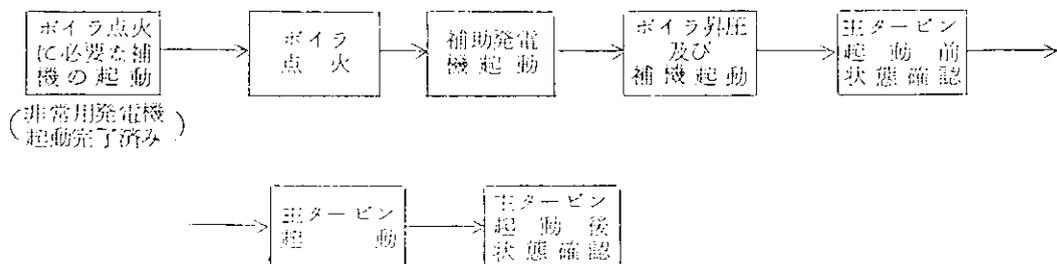
- 軸受焼損 …………… 軸受焼損予防プログラムによりスキヤニングされているので不具合の場合は、その都度表示する。
- ボイラーショートウォーター …… ボイラーショートウォーター防止プログラムによりスキヤニングされているので、不具合はその都度表示する。

(a)、(b)、(c)より判るごとくブラックアウトは電算機による制御監視警報により極力さけるよう配慮するが、万一ブラックアウトした場合には、非常用発電機を起動し、まず本船の安全を確保し、次に電算機の表示を参照し原因解析、修理を行ないプラント復帰の準備をする。したがって乗組員としては電算機の指示に従い、各部の点検、修理を行ない戻すものであり、従来のブラックアウト時の混乱を防止できるものと考えられる。

(2) プラントの復帰操作

冷態からのスタートアップは考えず、通常航海中あるいは荷役中などホットな状態でなんらかの原因でブラックアウト状態が発生し、その原因は別なプログラム(ブラックアウト状態確認プログラム)で求められ、復帰される。

したがって、原因が把握できたところで早急にプラントの復帰を実行しなければならない。その復帰の方法として次のようなフローをベースに考えた。



ブラックアウト後、初めに非常用発電機を起動し、次にボイラ点火準備、ボイラ点火、補助発電機起動、ボイラ昇圧(2号ボイラへの点火)、主タービン起動準備、主タービン起動へとワークエンシアル、スタート、アップ過程の

運転操作手順の監視、指示を電算機によつて行なうものとして、フローチャートを作成した。

ステップによつては、リレーパネルによるもの、手動によるもの、あるいはこのために新設された接点により状態を確認するものが種々混在しているが、目的はブラックアウト時、運転員が冷静にプラント状態を把握でき、かつ、なにをどのようにすればよいのかを指示することにある。

プラント復帰の途中、各装置を起動する場合に「起動前の状態確認」「起動」「起動後の状態確認」と3段階のステップを原則的に考慮している。

したがつて、途中一つのアクションでもYESとならなければ、それ以上次のアクションには進まない。次に前述のブロック線図に従い、プラント復帰プログラムの概略を説明することとする。

(a) ボイラ点火に必要な補機の起動

ブラックアウトと同時に非常用発電機が自動起動し、本船の安全と主機軸受の保護のために、重要補機は従来どおりタイマ、リレー等によりシークエンシャル起動される。ここで電子計算機は起動必要な補機の指示、監視、起動失敗の指摘をする。また電算機はボイラ点火前のボイラの状況、すなわちトップ状況、アトマイジングシステム、パーナ、ACC、FWC等を確認し、状況次第ではその処理方法を表示する。

(b) ボイラ点火

ボイラ点火前の補機準備は終了したのでACC、FWCを手動へ切換える。切換える操作は乗組員が行なうが切換時期は電算機の指示による。次に炉内バースが行なわれる。これは在来のWireed logicで行なうが、炉内バースが終了したかどうかについてはやはり電算機による監視を行なう。次にベースパーナーであるが、これは遠隔点火を行なうこととし、2以後のパーナーはAUTOにセットされており、かつパーナー本放制御は、在来のWireed logicによるので別に問題はない。したがつて炉内バース終了後シークエンシャルにベースパーナー点火、ボイラの昇圧が始まることとなる。また、ボイラ点火後、電算機の指示により早い時期にACC、FWCをAUTOに切換える。

(c) 補助発電機の起動

ボイラ点火が終了し一応蒸気が発生可能となつた状態で補助発電機の起動準備入り必要補機器の状況確認を電算機が行ない、準備完了の指示により起動する。発電機のシークエンシャル起動、監視は単一ループでありソフトウェアの処理は比較的容易であろうが、タービン周辺の操作部は複雑になることは避けえない。

(d) ボイラ昇圧及び補機起動

補助発電機起動により、次に問題となるのは、ボイラの状況確認である。すなわち、ボイラ昇圧、昇温の確認であるが、これらはある設定値と比較するような方法で状況の判断をしなければならぬが、これを電算機によつて行なわせる場合のlogic、また人間が判断して必要事項を電算機にINPUTする場合のINPUT方法等今後詳細に検討する必要がある。

次に補機の起動であるが、主機起動準備の前段階として電算機の指示に従い補機を起動する。

(e) 主タービン起動前状態確認

主タービン起動前に起動の必要な補機の確認を電算機より受ける。またボイラの追従性(判断が非常にむずかしい)、タービン周辺機器はもちろんタービン自身の温度分布、軸受温度および主復水器真空等主要データを電算機にOUTPUTさせ運転者がそのデータをもとに適切に判断する方法、電算機が適切なる判断をしYES、NOの結果だけ運転者に指示する方法の二通りがあるが、どちらを取るかは今後のプログラム作成に当つて種々検討を要する課題である。

(f) 主タービン起動

主タービン起動指示を電算機より受け、運転者がダイヤルを取ることとなる。電算機は、これら以外に各部の監視および各プログラムに従つてプラント全体の状況を把握し、不具合は警報等により指示する。特に主タービン起

動時に発生する振動については異常振動防止プログラムに従い、問題の起らないよう回転数を順次上昇する。

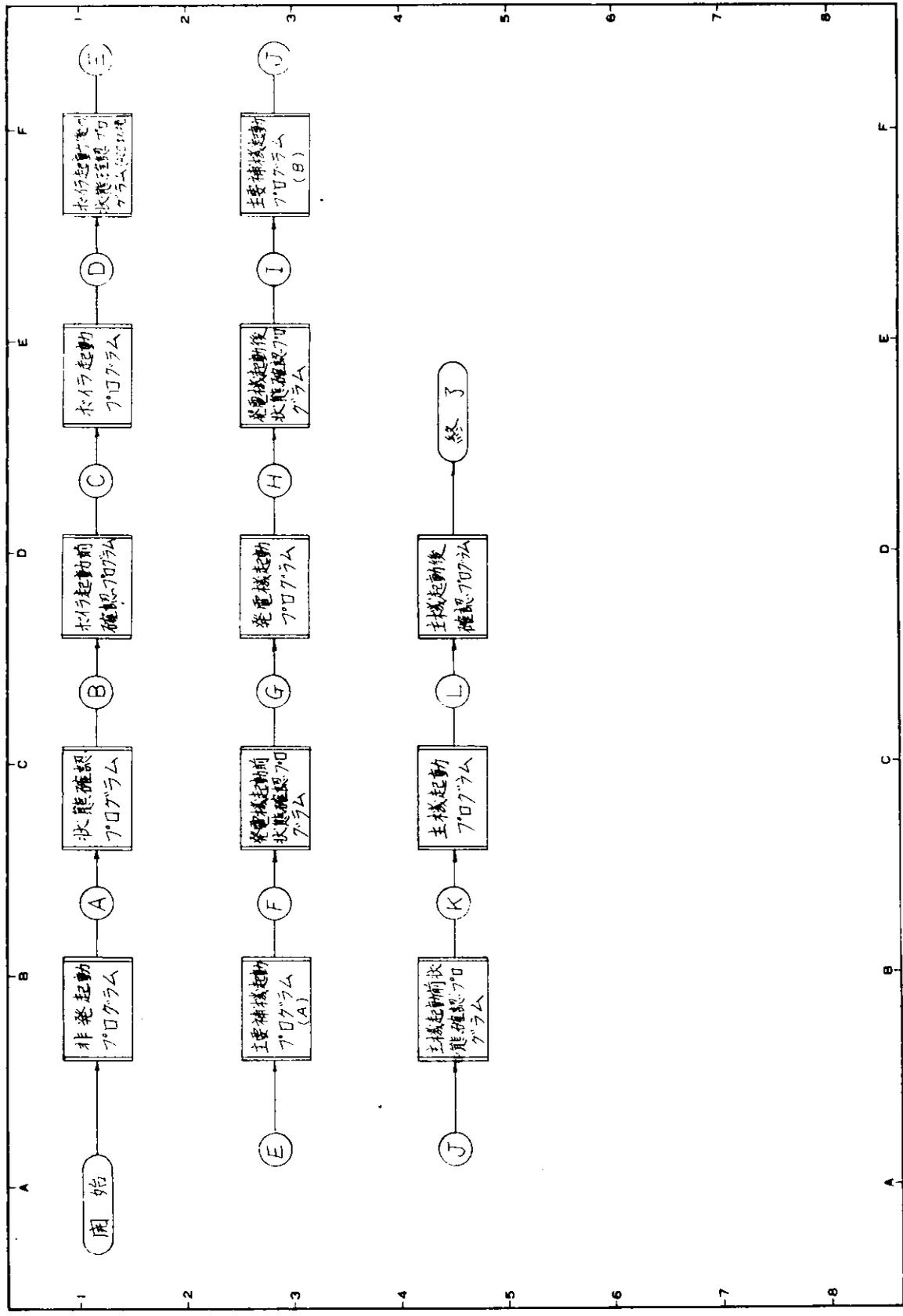
(g) 主タービン起動後状態確認

主タービン起動し通常回転まで回転数が上昇したところで一応復帰プログラムは終了するが電算機は休むことなしに運転状態における各部をスキヤニングする。

(h) その他

プラント復帰プログラム等種々のプログラムがあるが、これらのプログラムを有効に使用するためのコントロールプログラムの作成が今後の大きな課題となる。またINPUTは大部分ON/OFF Digital Signalとしてシーケンシャル制御は監視できるがボイラのACC, STC, FWC, BURNER タービンの操縦装置、起動時の開ループ制御への監視を折込むとなると空電変換、アナログ電気量等さらに多くの複雑な入力処理が必要となろう。

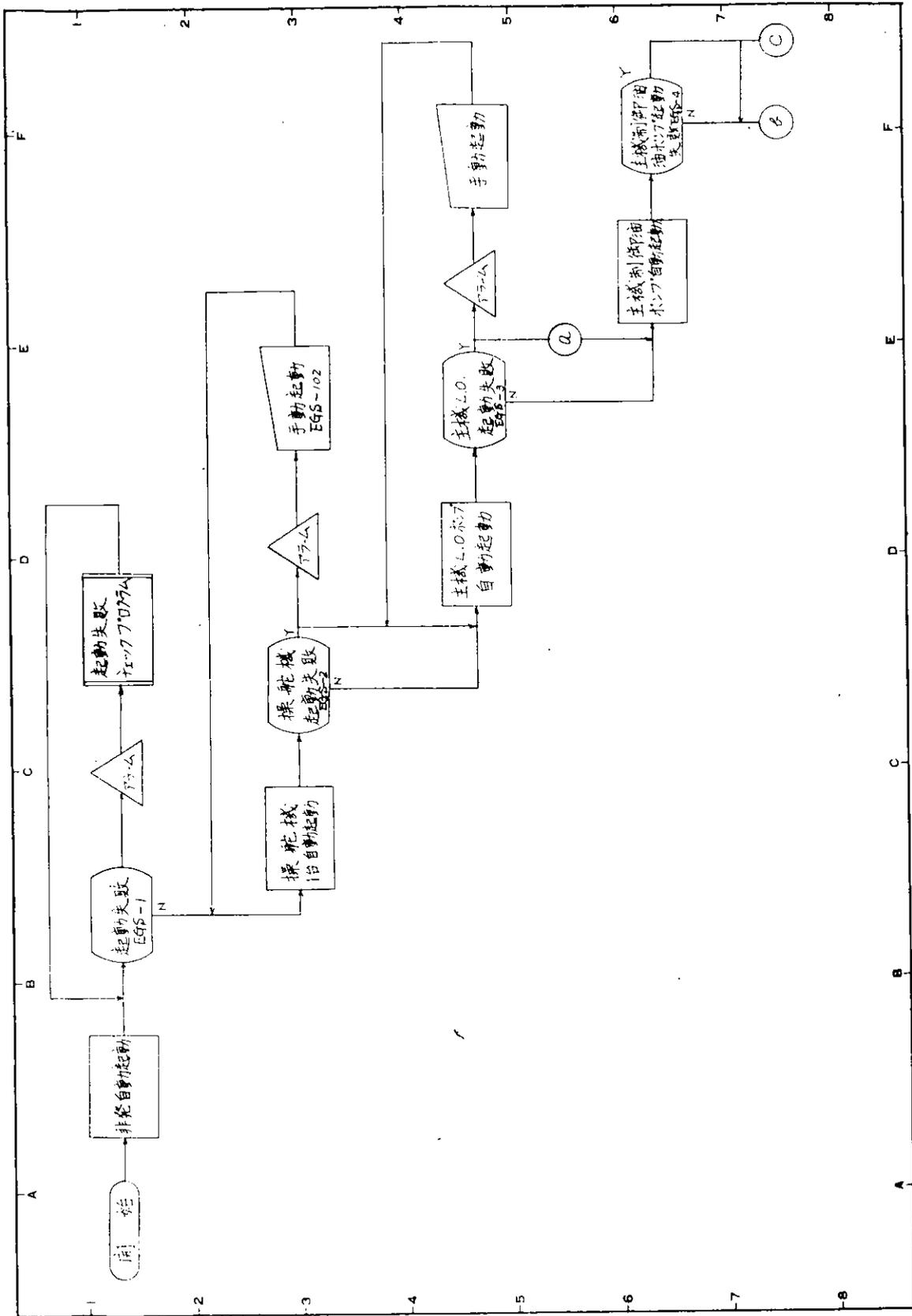
OUTPUTについても運転者が容易に理解できるような表示方法をも考えなければならないし、在来のアナウンシエタ、ランニングインジケータ、タイプライタ、表示盤をも再考する必要があるかも知れない。またスライド式に不具合個所の系統図を表示したり、トレンド記録したり、CRTブラウン管に写し出したりすることが今後の課題でもあり、必要度合が高い項目と考えられる。



プログラム 三菱重工 SR106 タービンプラント分科会
 題目 ブラックアウト後のプラント復帰プログラム 1/1
 昭和 年 月 日

整理番号 SQ-1/28

(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究



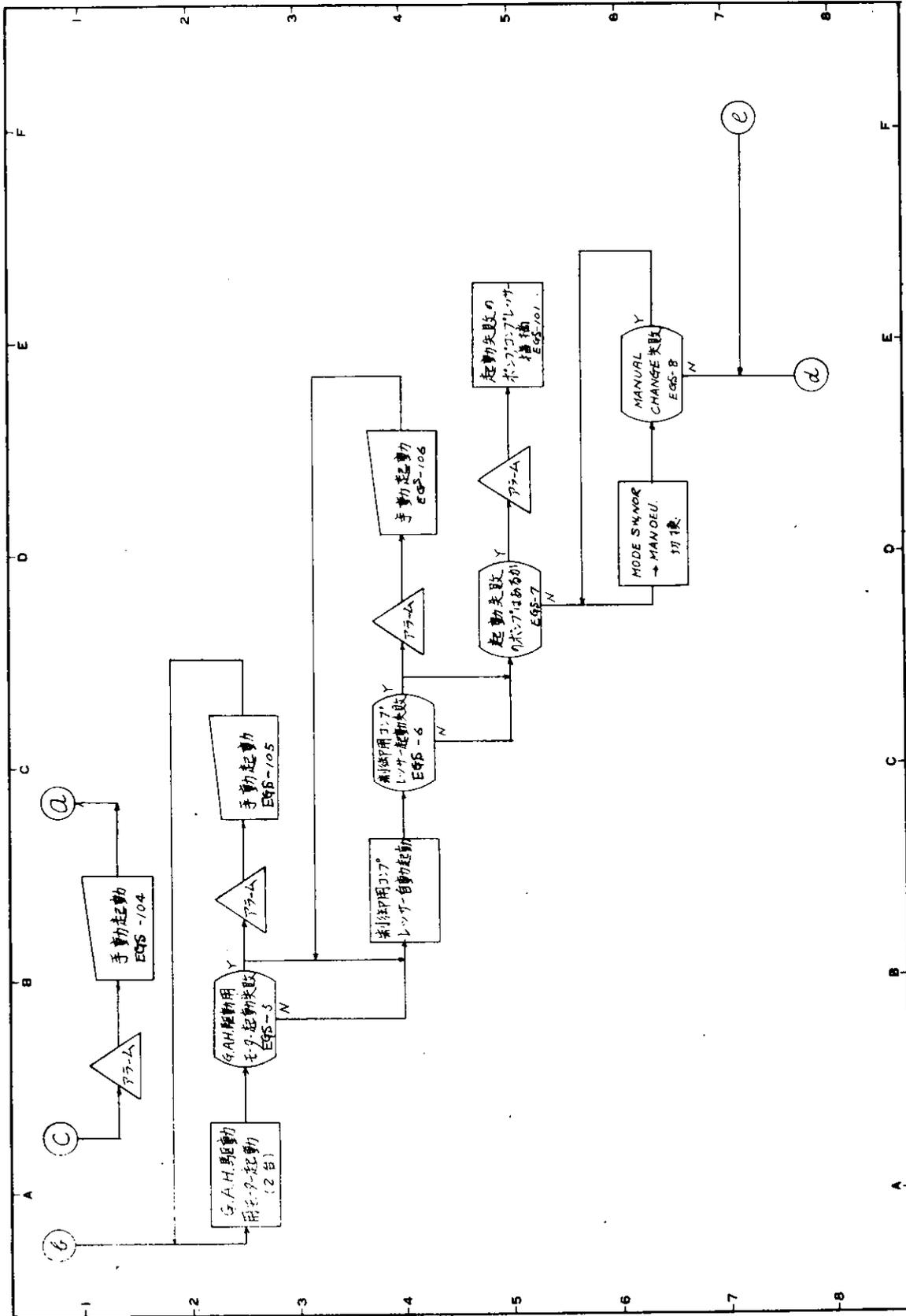
（社） 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SQ-2/28

SR106 タービンプラント分科会

題目 非常用発電機起動プログラム 1/3

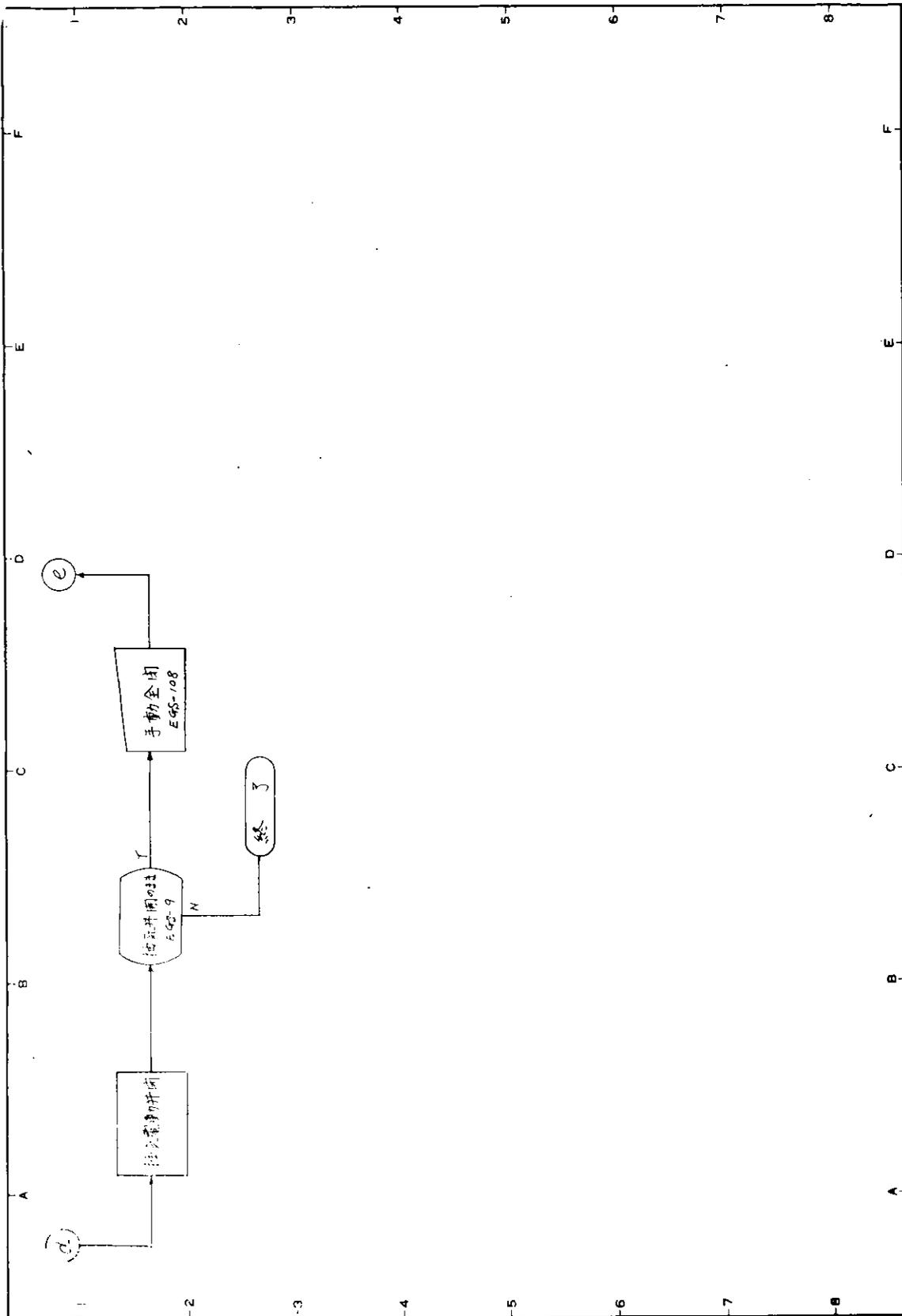
プログラマー 三菱重工
昭和 年 月 日



プログラマー 三菱重工 SR106 タービンプラント分科会
 昭和 年 月 日 題目 非常用発電機起動プログラム 2/3

(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SQ-3/28



(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SQ-4/28

3/3

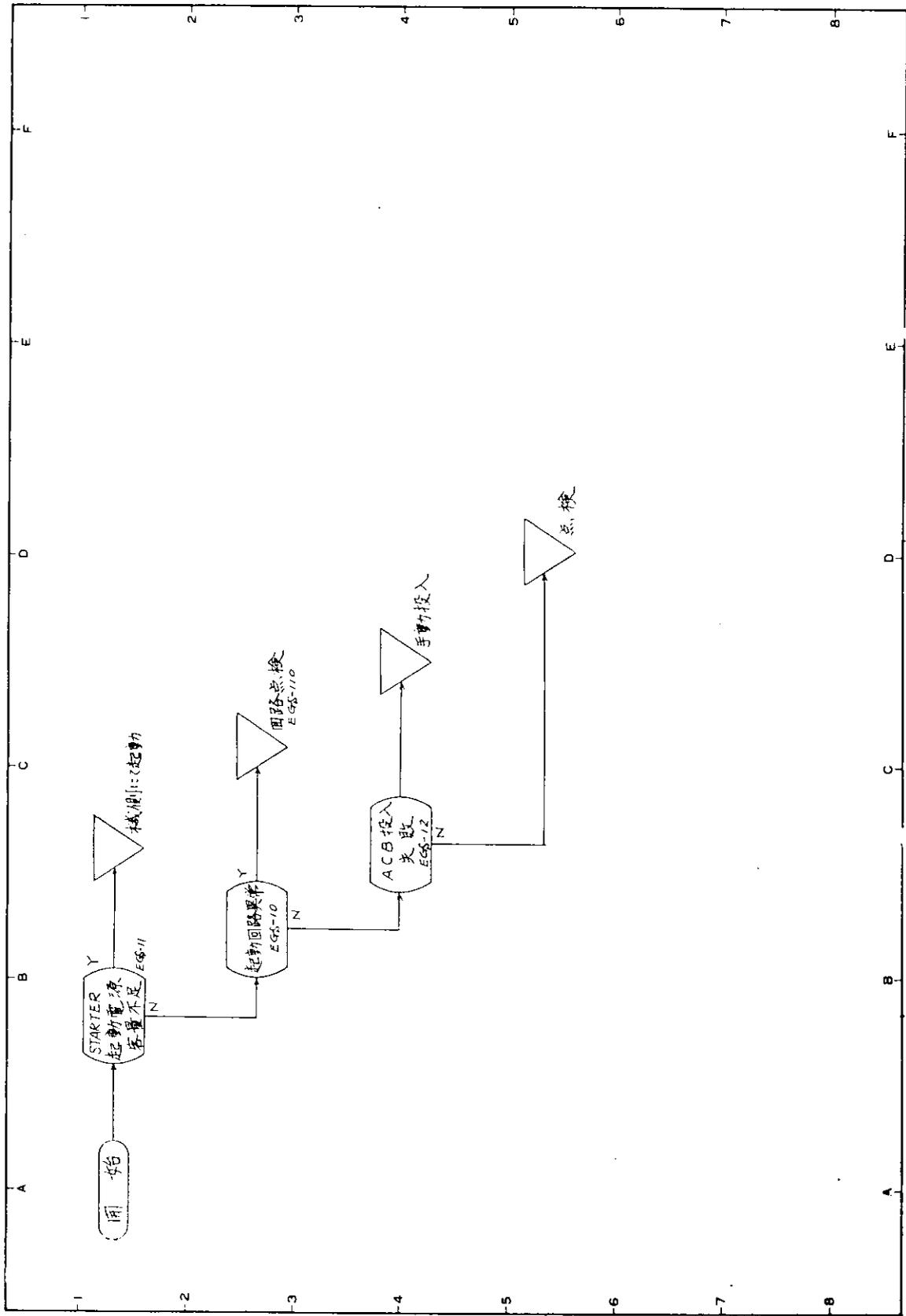
プログラム 非常用発電機起動プログラム

三菱重工業

昭和 年 月 日

題目

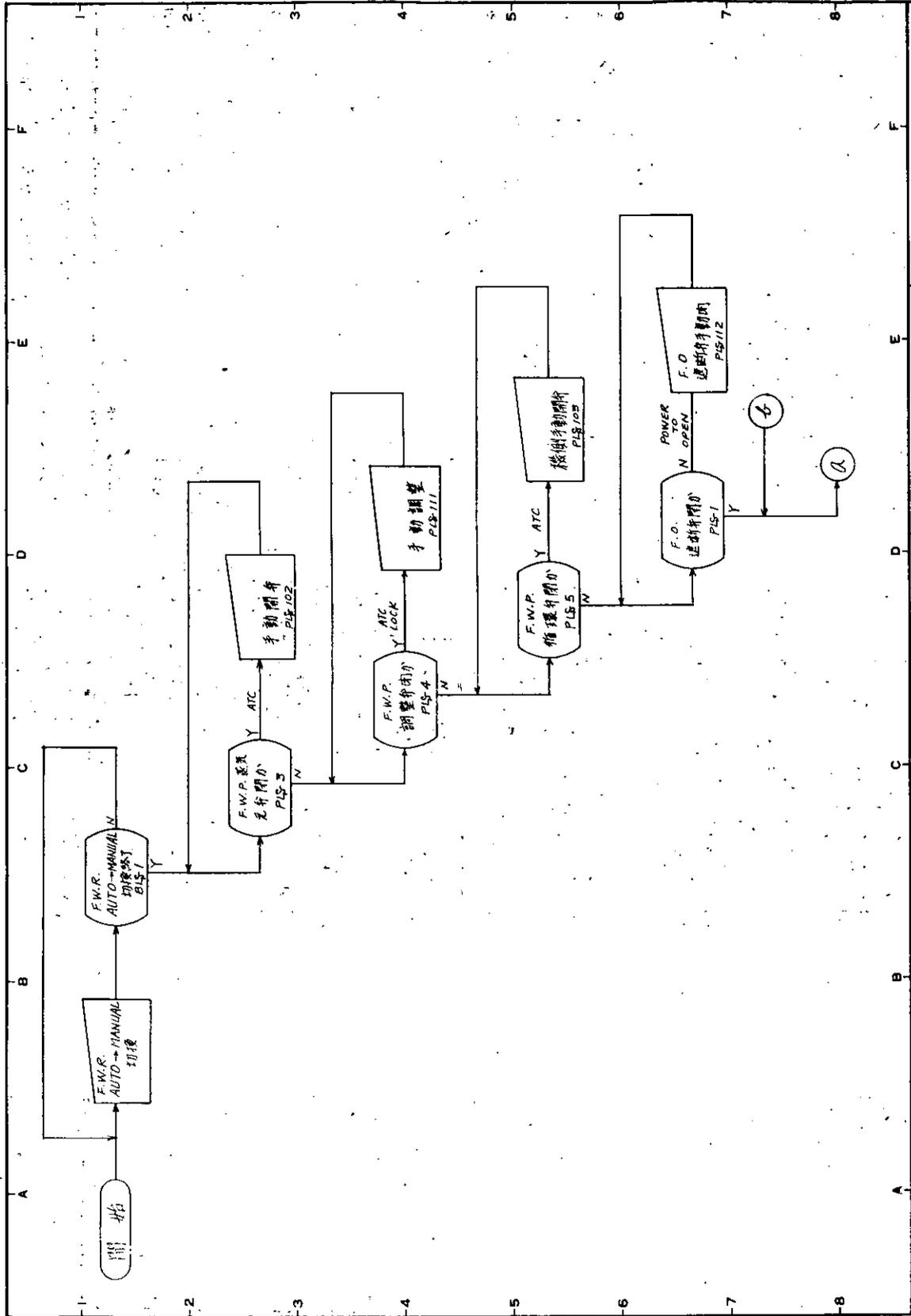
SR106 クーピンプラント分科会



プログラマー 三菱重工 題目 SR106 タービンプラント分科会
 昭和 年 月 日 非発起動失敗チェックプログラム 1/1

整理番号 SQ-5/28

(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

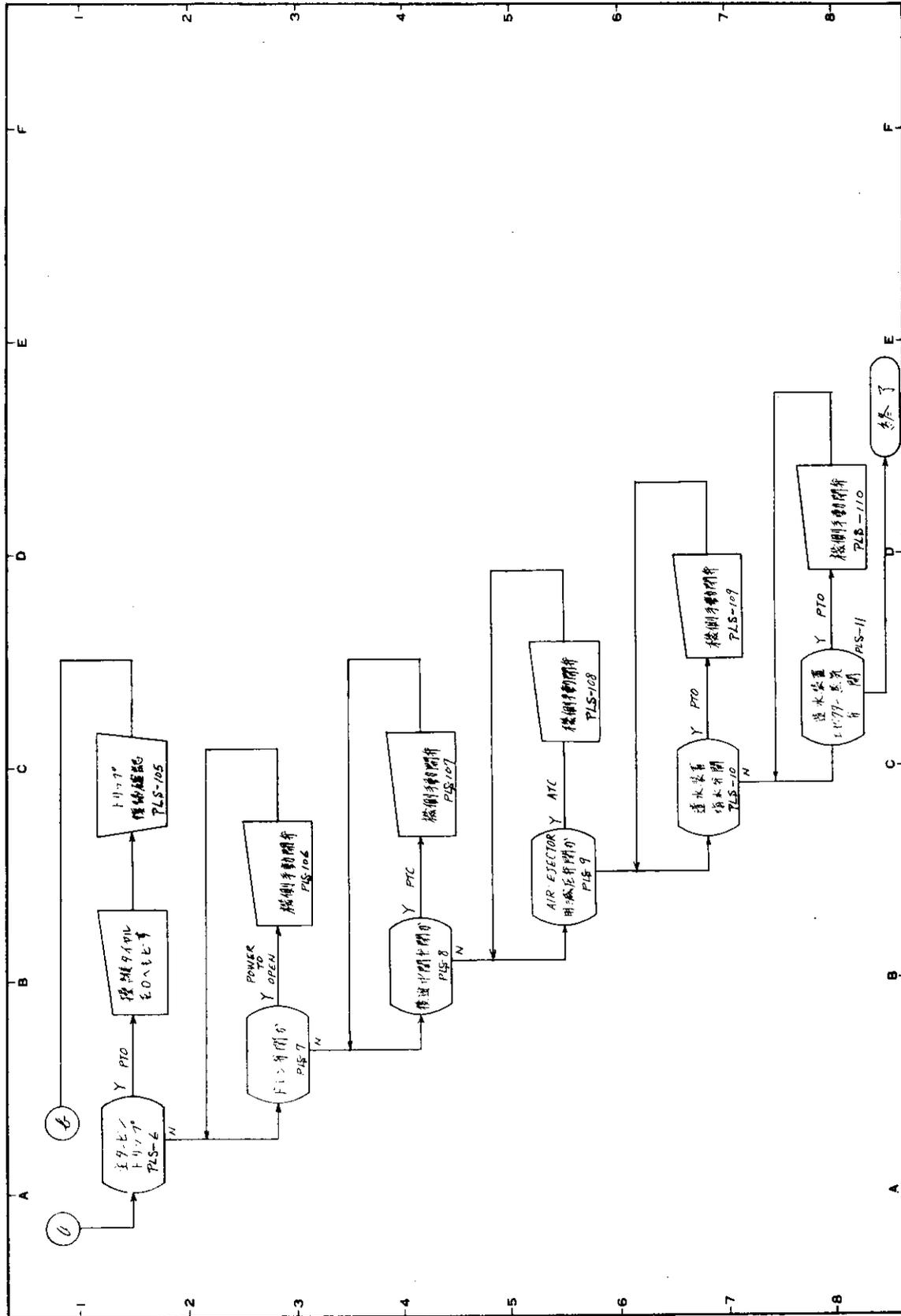


プログラマー 三菱重工 SR106 タービンプラント分科会
 題目 プラント状態確認プログラム 1/2

整理番号 SQ-6/28

(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

昭和 年 月 日



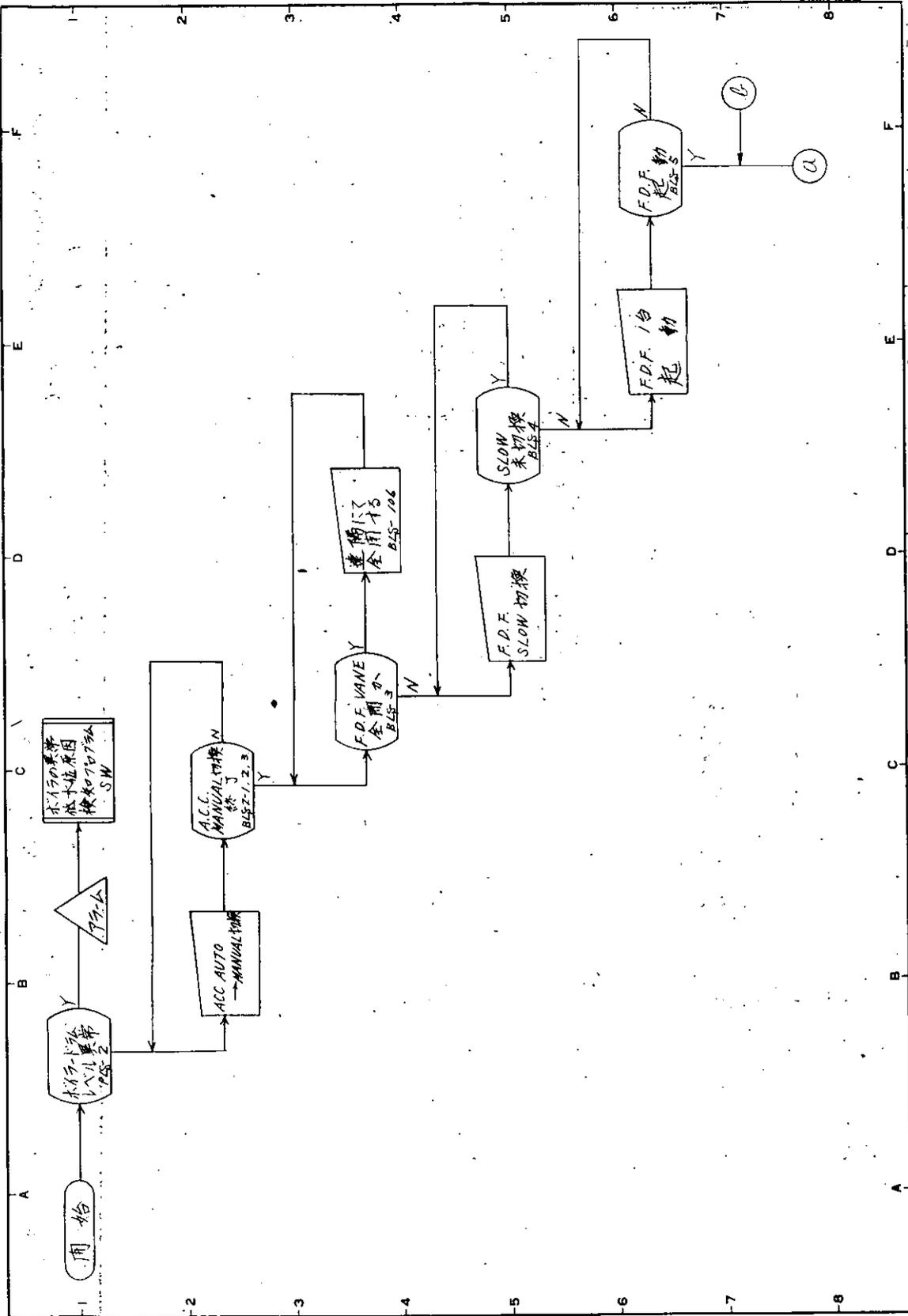
(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SQ-7/28

SR106 タービンプラント分科会

プログラム目 題目 プラント状態確認プログラム 2/2

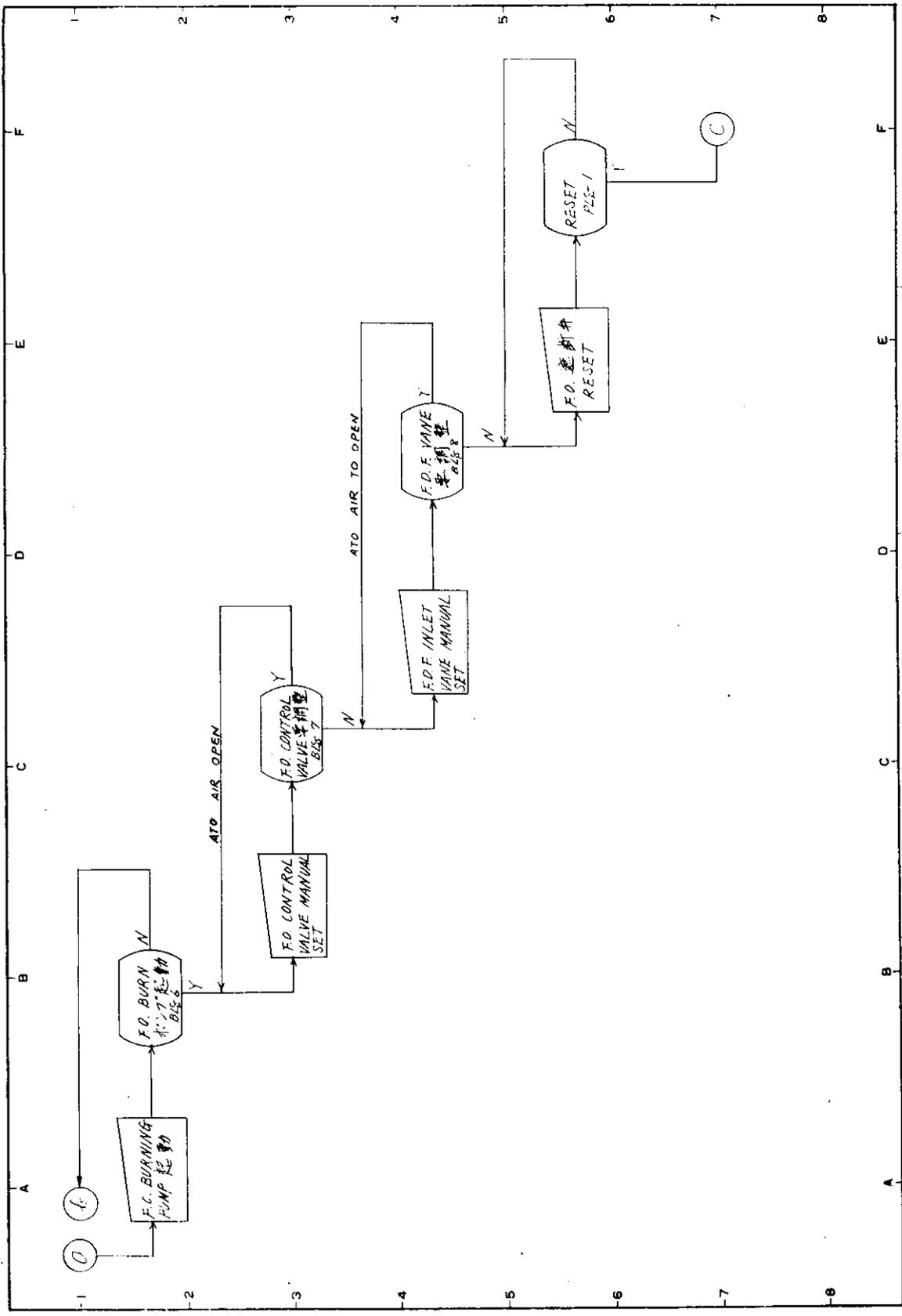
プログラマー 三菱重工
昭和 年 月 日



プログラマー 三菱重工 SR106 タービンプラント分科会
 昭和 年 月 日 題目 ボイラ起動前状態確認プログラム 1/3

整理番号 SQ-8/28

(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

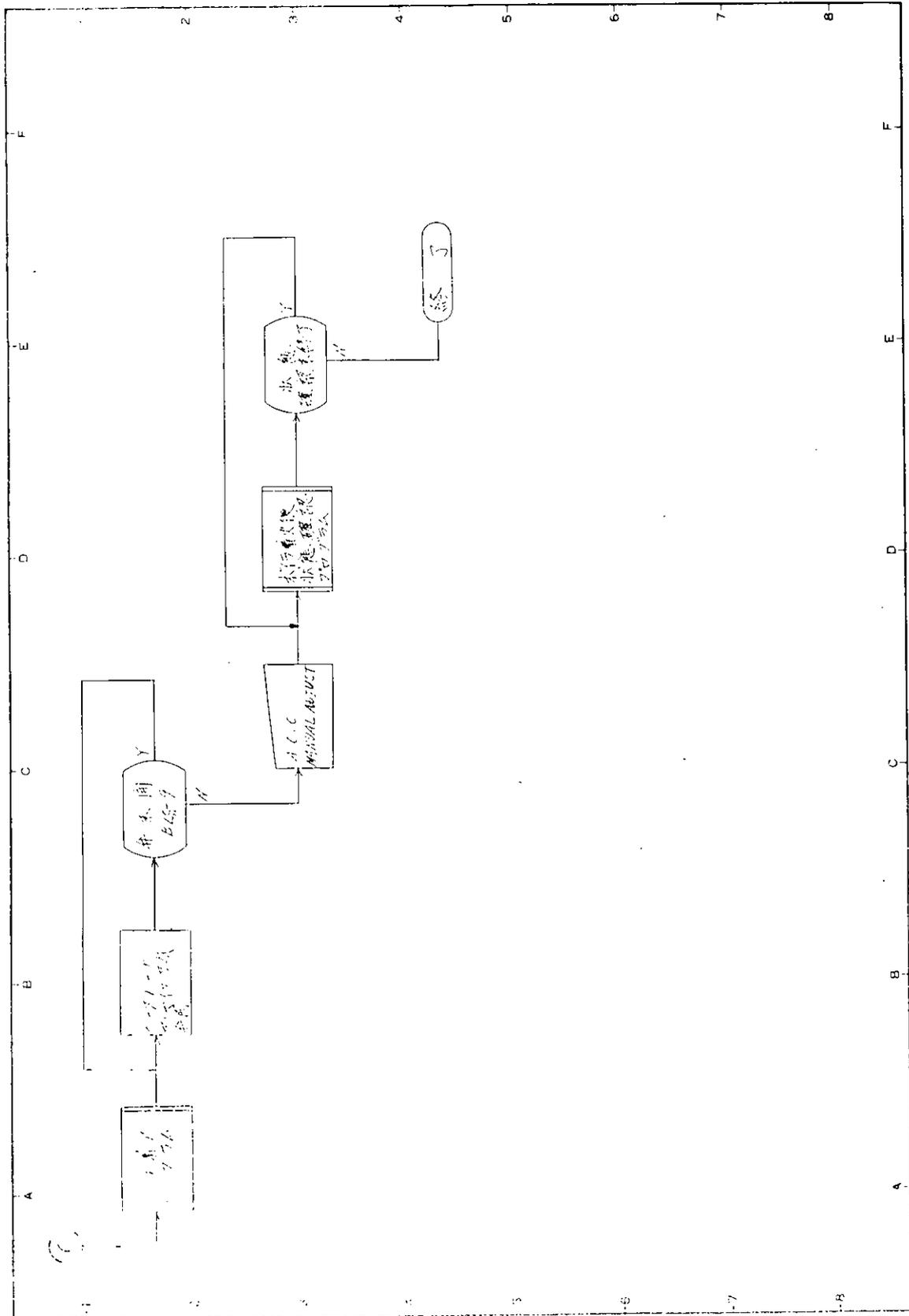


（社） 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 ΓQ-9/28

SR106 タービンプラント分科会
 題目 ボイラ起動前状態確認プログラム 2/3

プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日

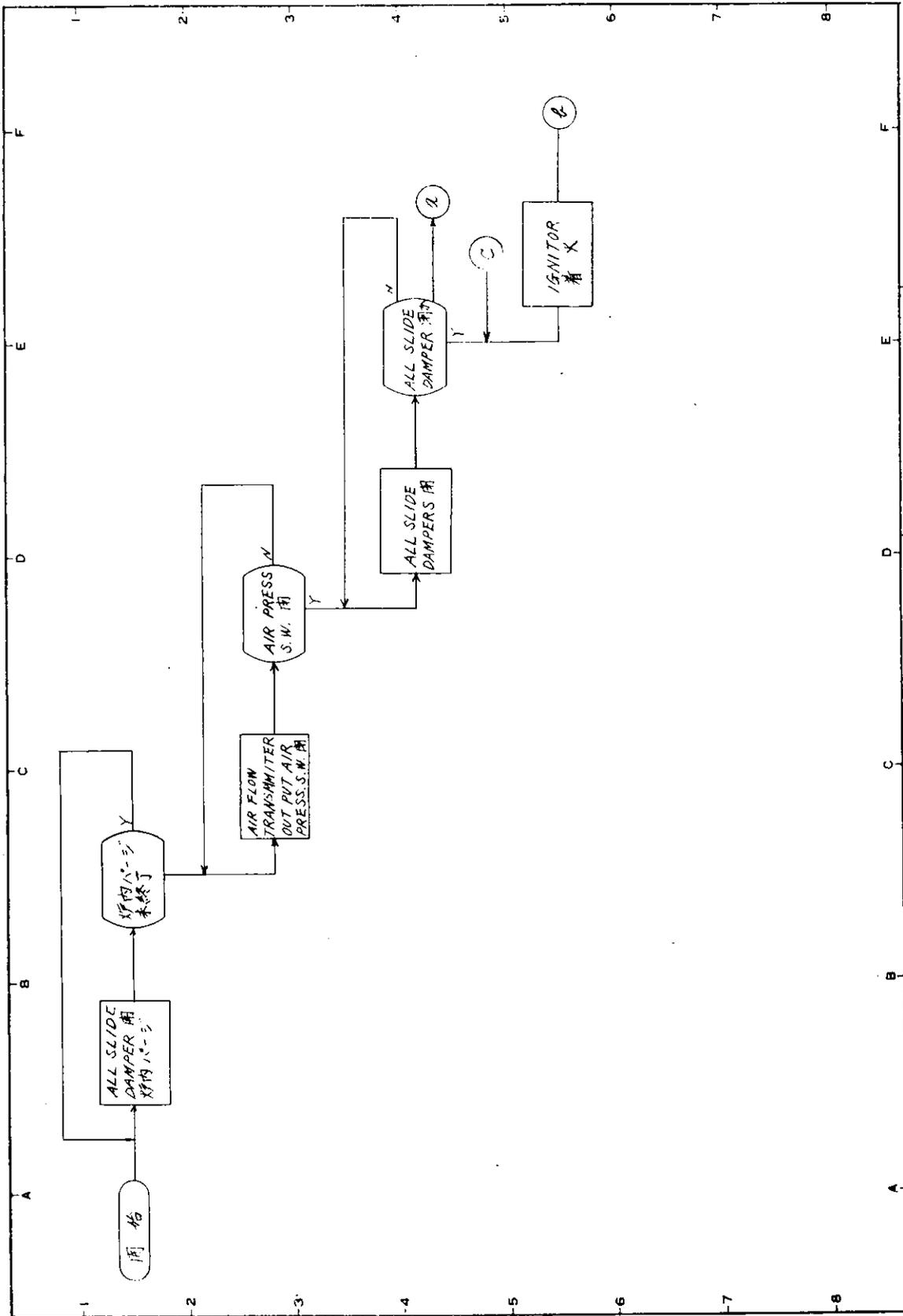


（社）日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

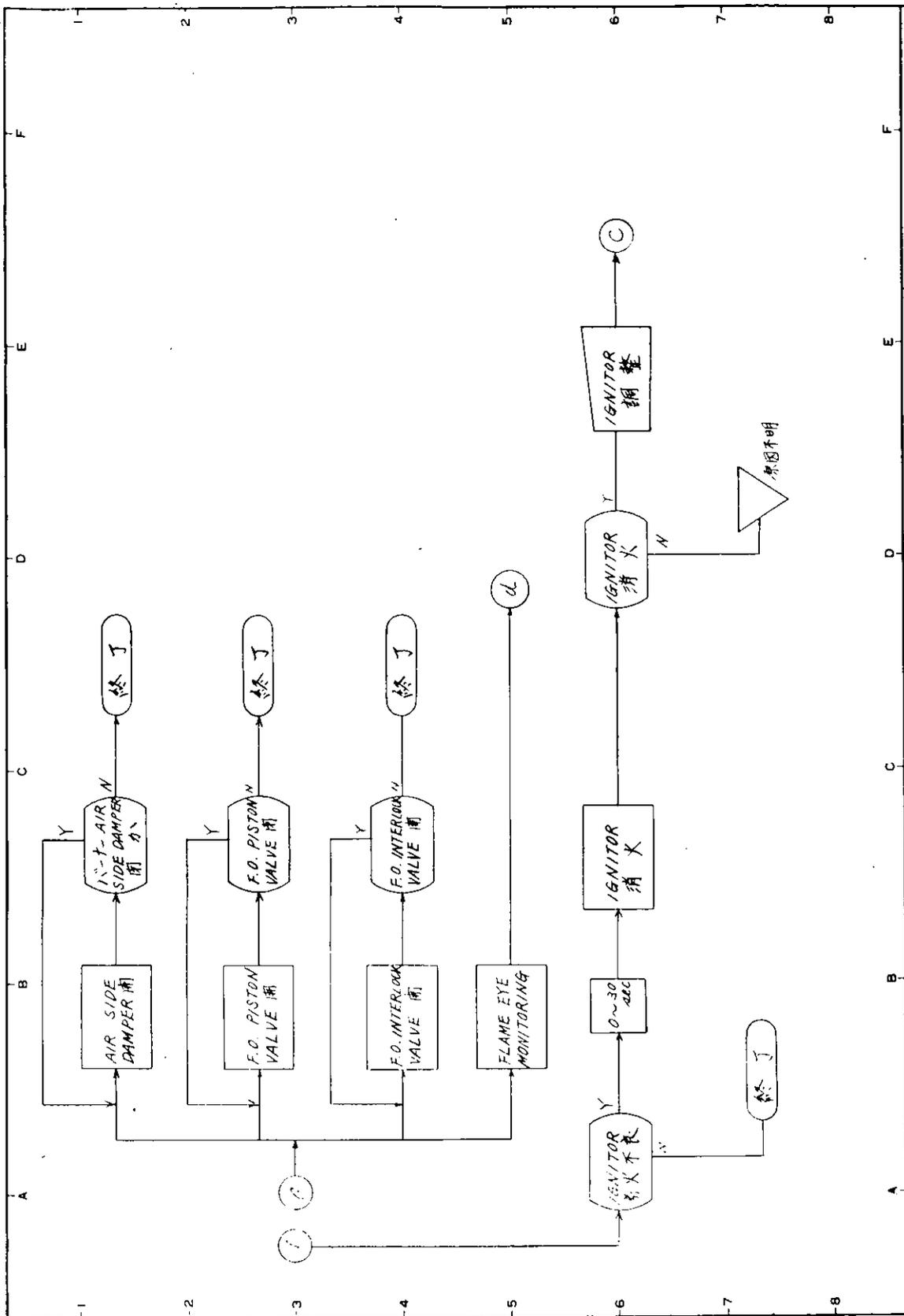
整理番号 SQ-10/28

SR106 タービンプラント分科会
 題目 ポイラ起動前状態確認プログラム 3/3

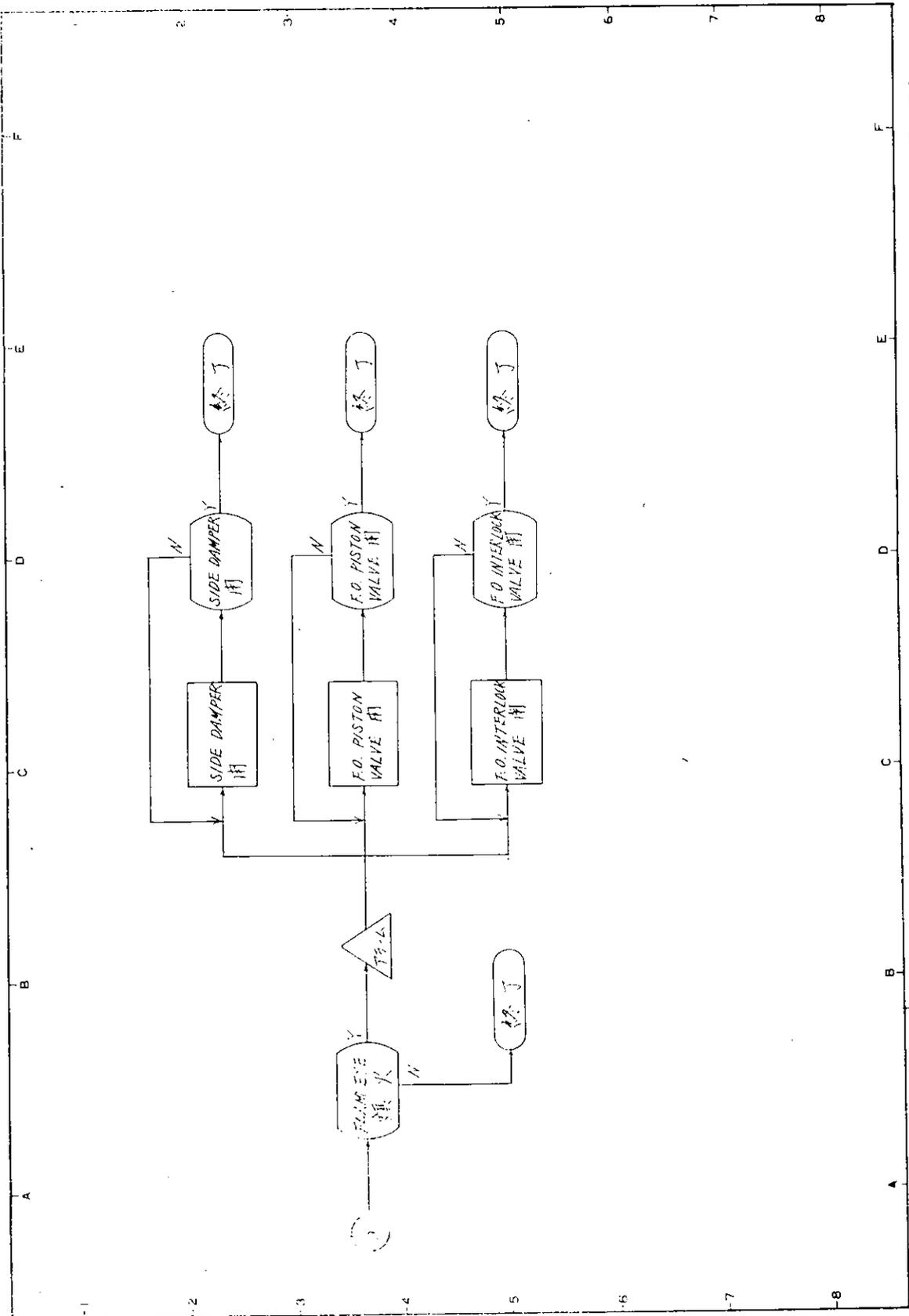
プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日



プログラム 三菱重工
 昭和 年 月 日
 題目
 SR106 タービンプラント分科会
 ボイラーバーナー着火プログラム 1/3
 (ベースバーナーのみ)
 整理番号 SQ-11/28
 (社) 日本造船研究協会
 船舶の高底集中制御方式の研究



プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日
 題目 SR106 タービンプラント分科会
 ボイラーバーナー着火プロパン 2/3
 (ベースバーナーのみ)
 整理番号 SQ-12/28
 (社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

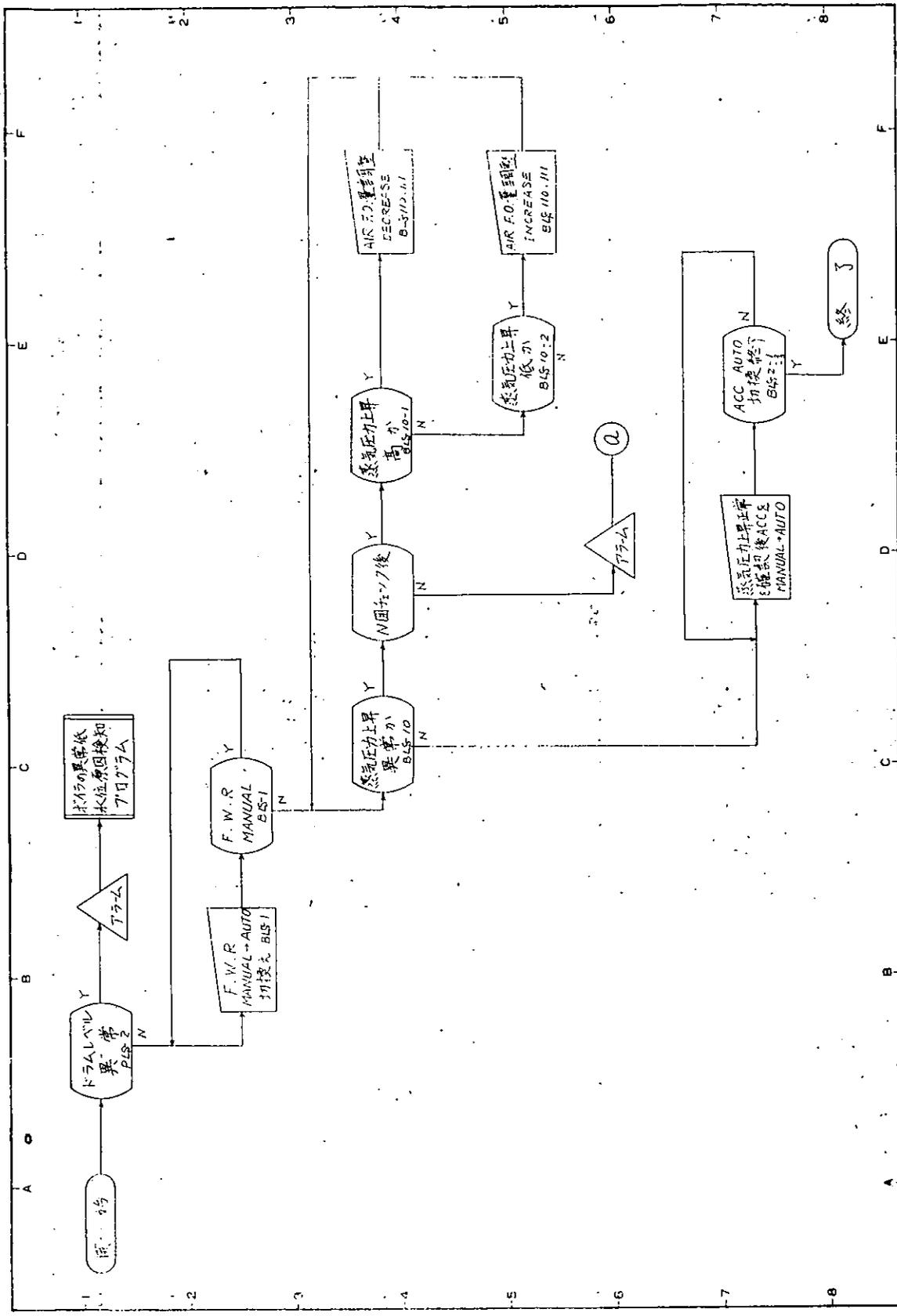


プログラマー 三菱重工
昭和 年 月 日

SR106 タービンプラント分科会
ポイラーバーナー着火プログラム 3/5
整理番号 SQ-13/28

（社）日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

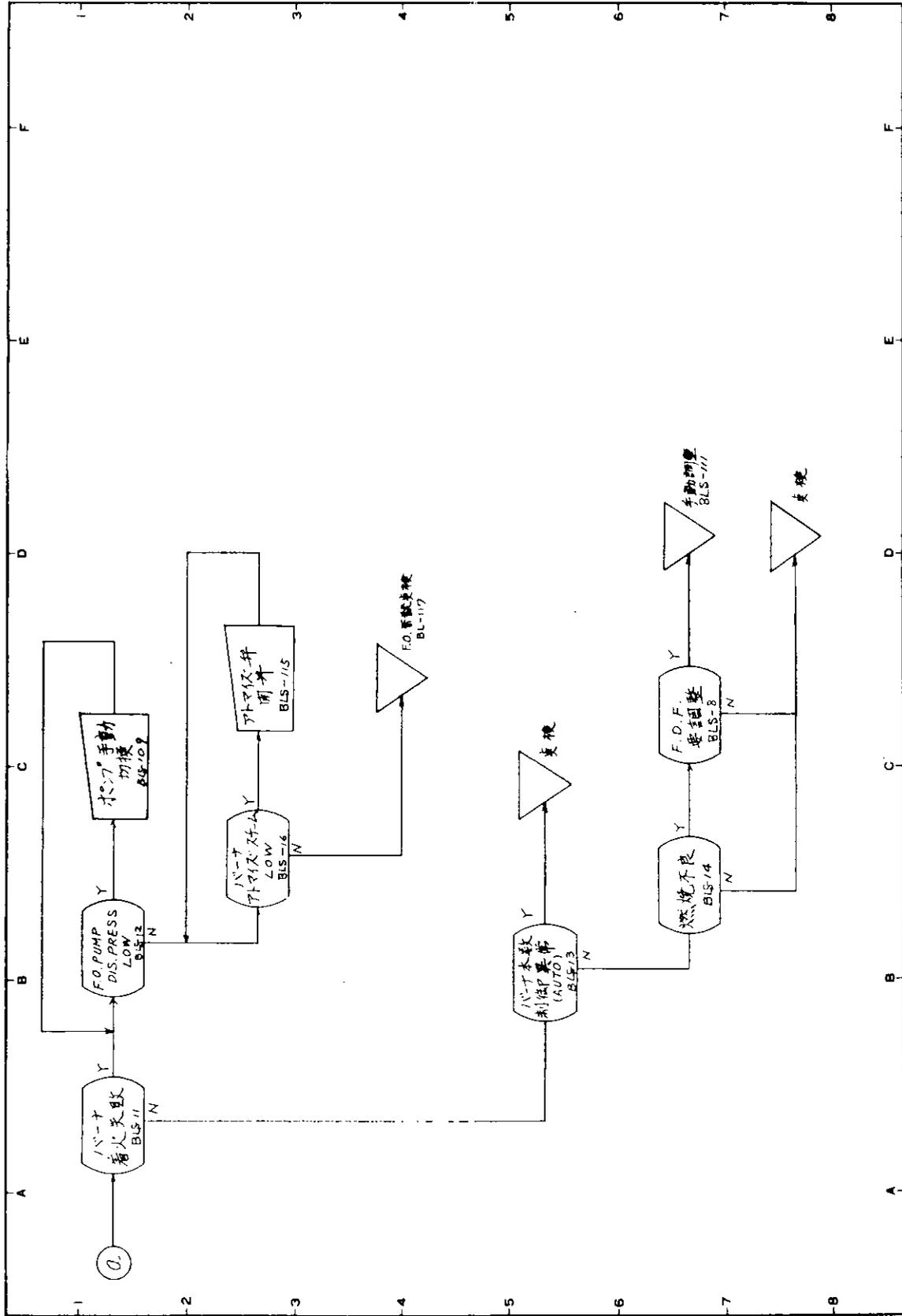
（ベースバーナーのみ）



プログラマー 三菱重工
昭和 年 月 日

SR106 タービンプラント分科会
整理番号 SQ-14/28
ボイラ着火後状態確認プログラム 1/2

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究



プログラマー 三菱重工 SR106 タービンプラント分科会

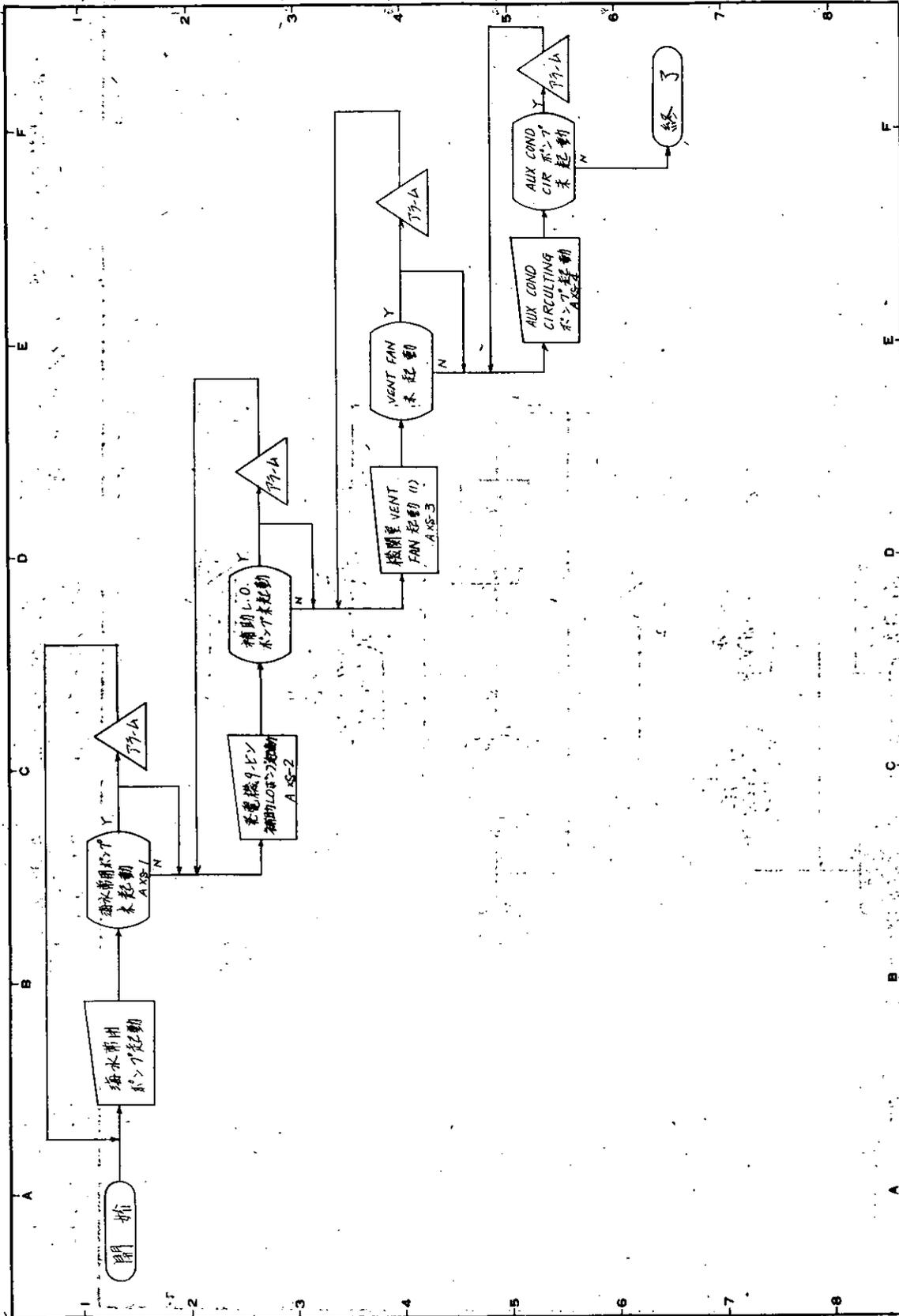
整理番号 SQ-15/28

(社) 日本造船研究協会

題目 ボイラ着火後状態確認プログラム 2/2

船舶の高度集中制御方式の研究

昭和 年 月 日

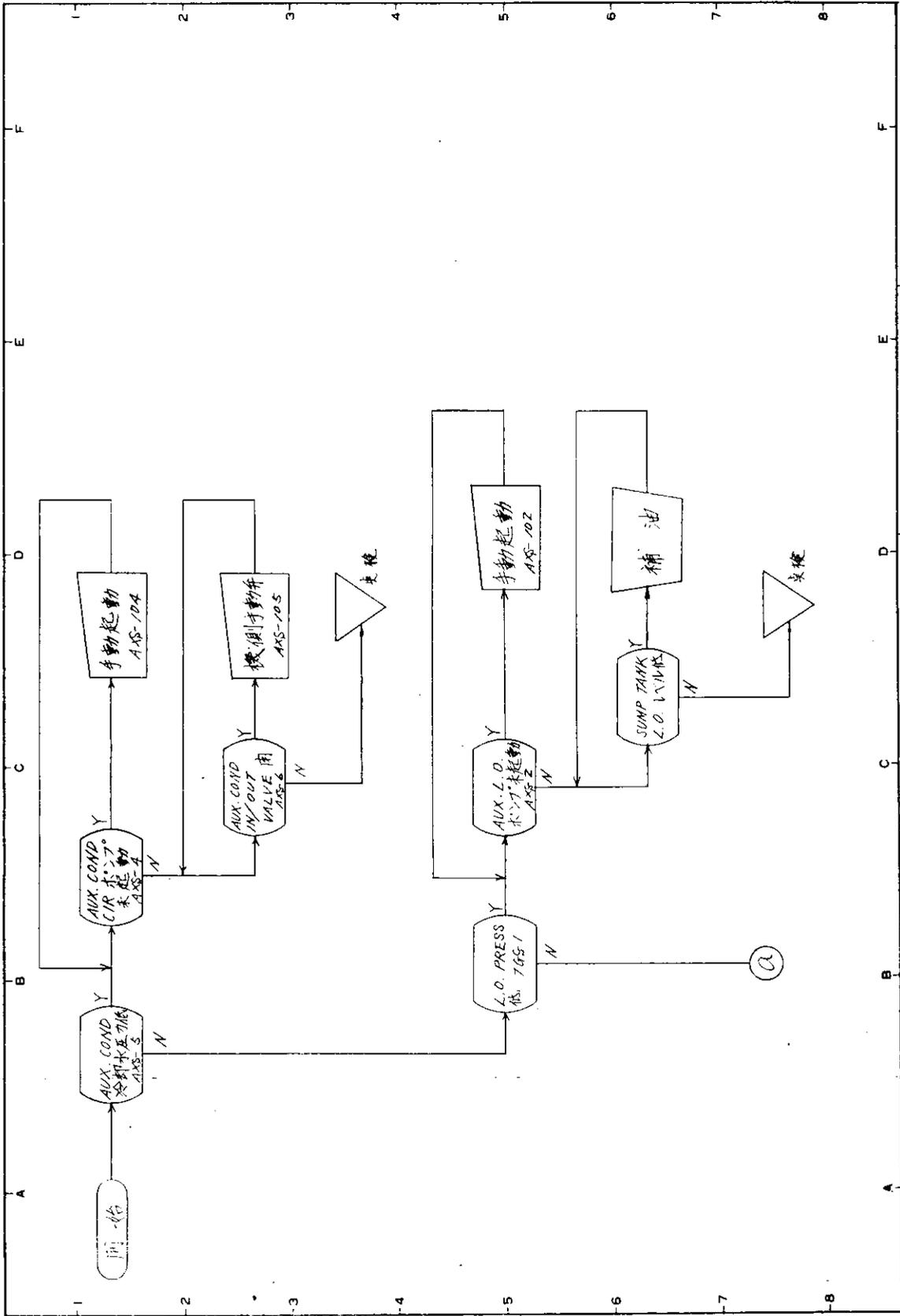


プログラマー 三菱重工 題目 SR106 タービンプラント分科会

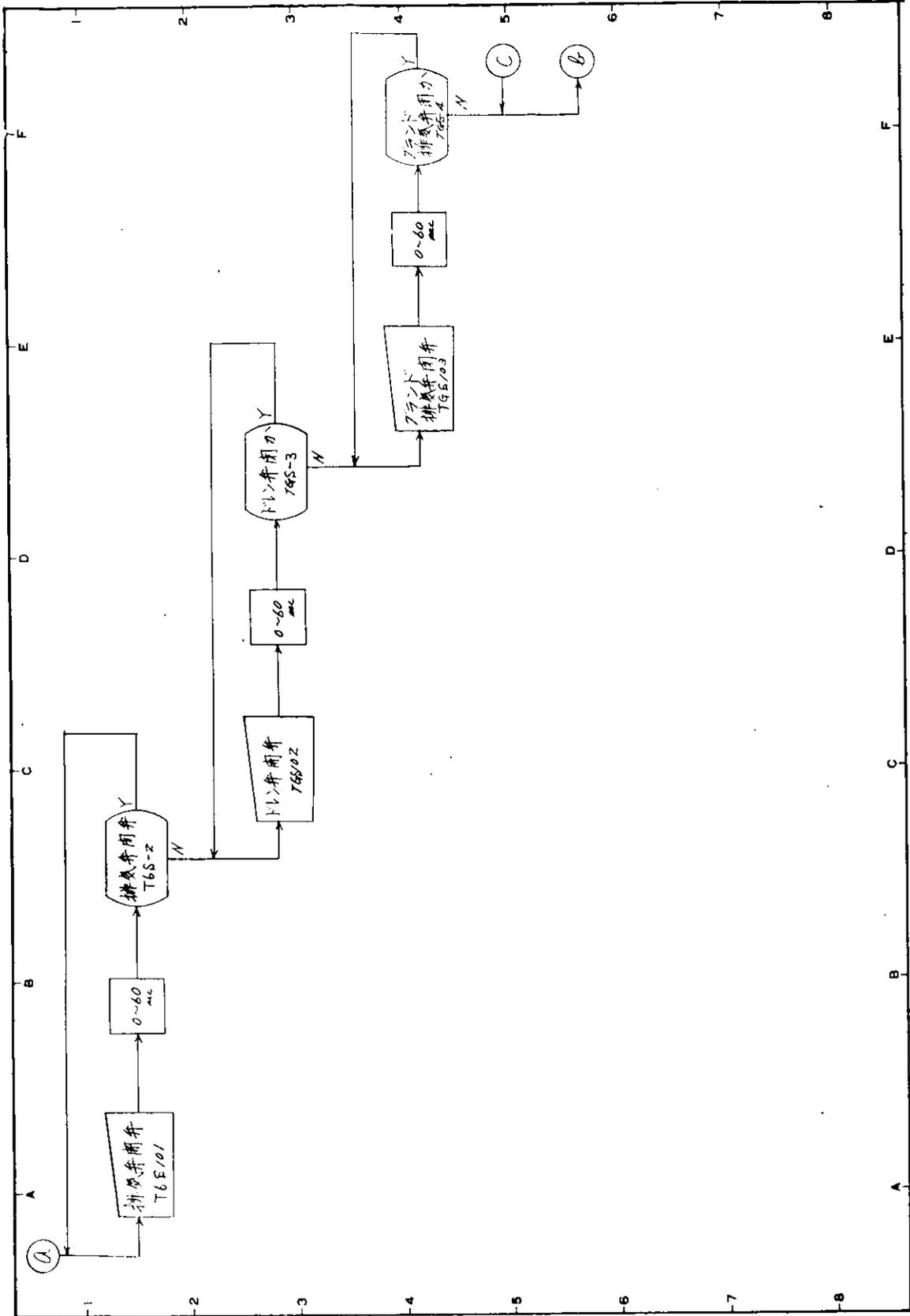
整理番号 SQ-16/28

昭和 年 月 日 主要補機駆動プログラム(A)

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究



プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日
 題目 補助発電機起動前状態確認及び起動 1/4
 SR106 タービンプラント分科会
 整理番号 SQ-17/28
 (社) 日本造船研究協会
 船舶の高集中度制御方式の研究

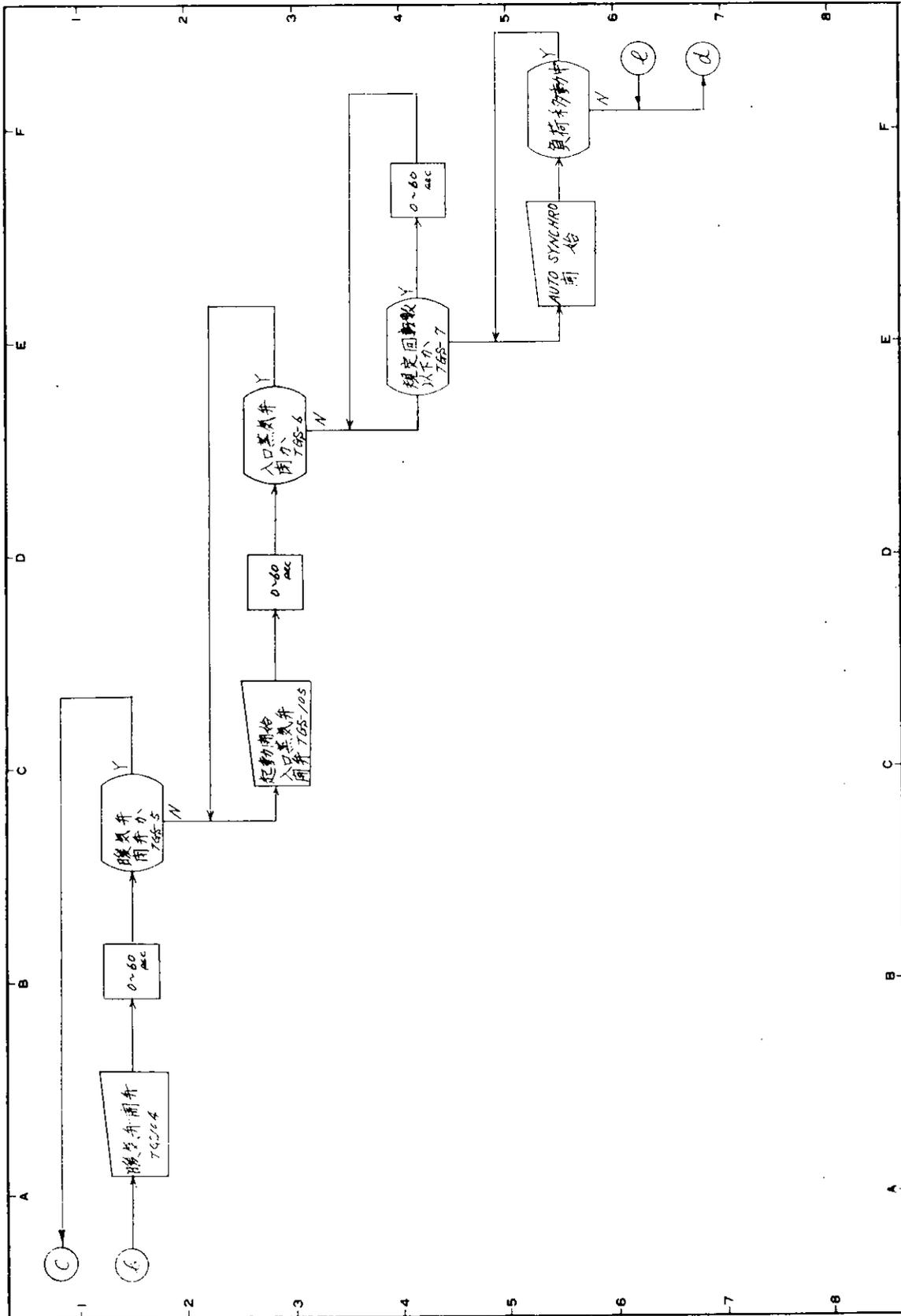


(社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

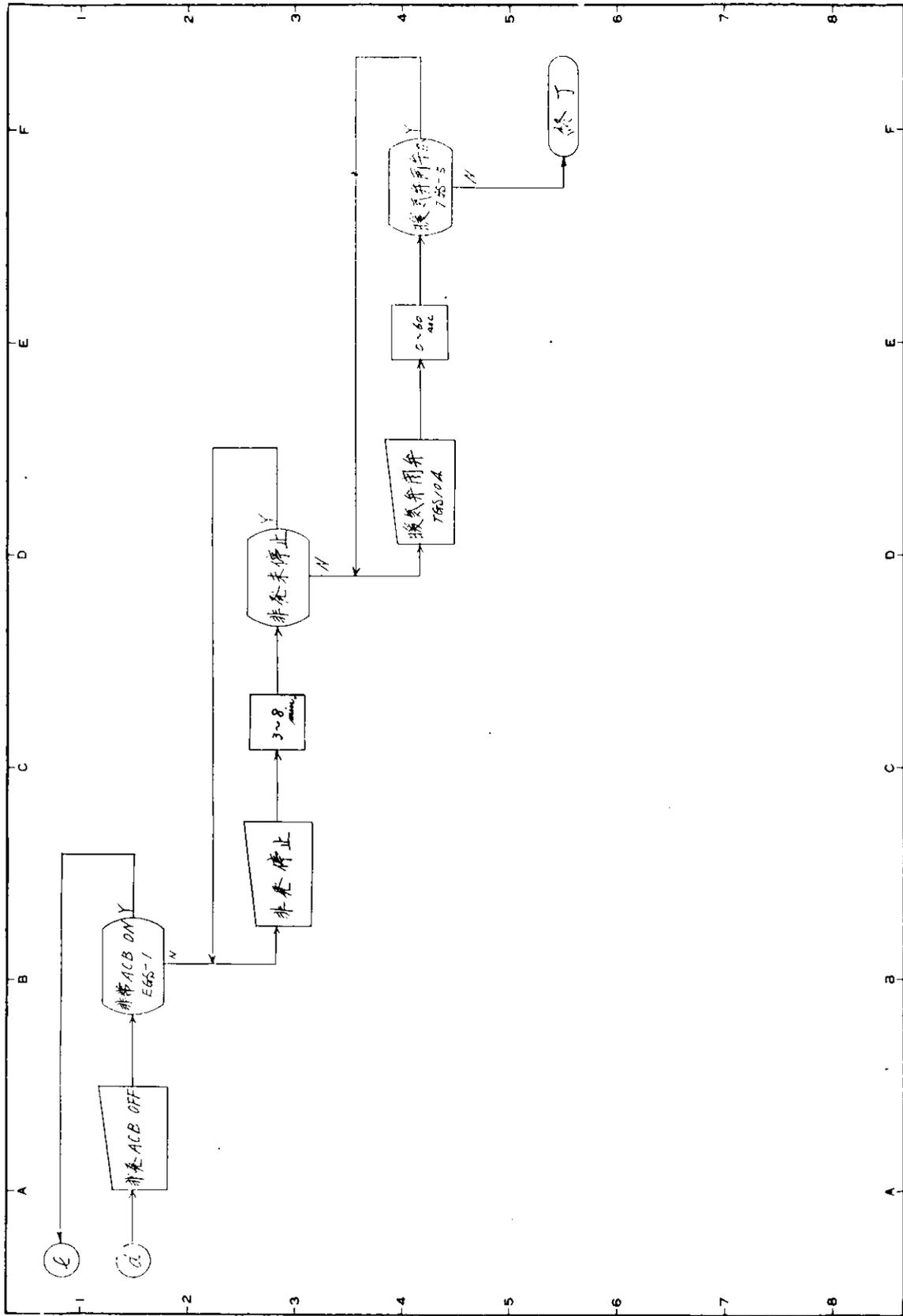
整理番号 SQ-18/28

SR106 タービンプラント分科会
 補助発電機起動前状態確認及び起動 2/4

プログラム 三菱重工
 昭和 年 月 日



プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日
 題目 SR106 タービンプラント分科会
 補助発電機起動前状態確認及び起動 5/4
 整理番号 SQ-119/28
 (社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

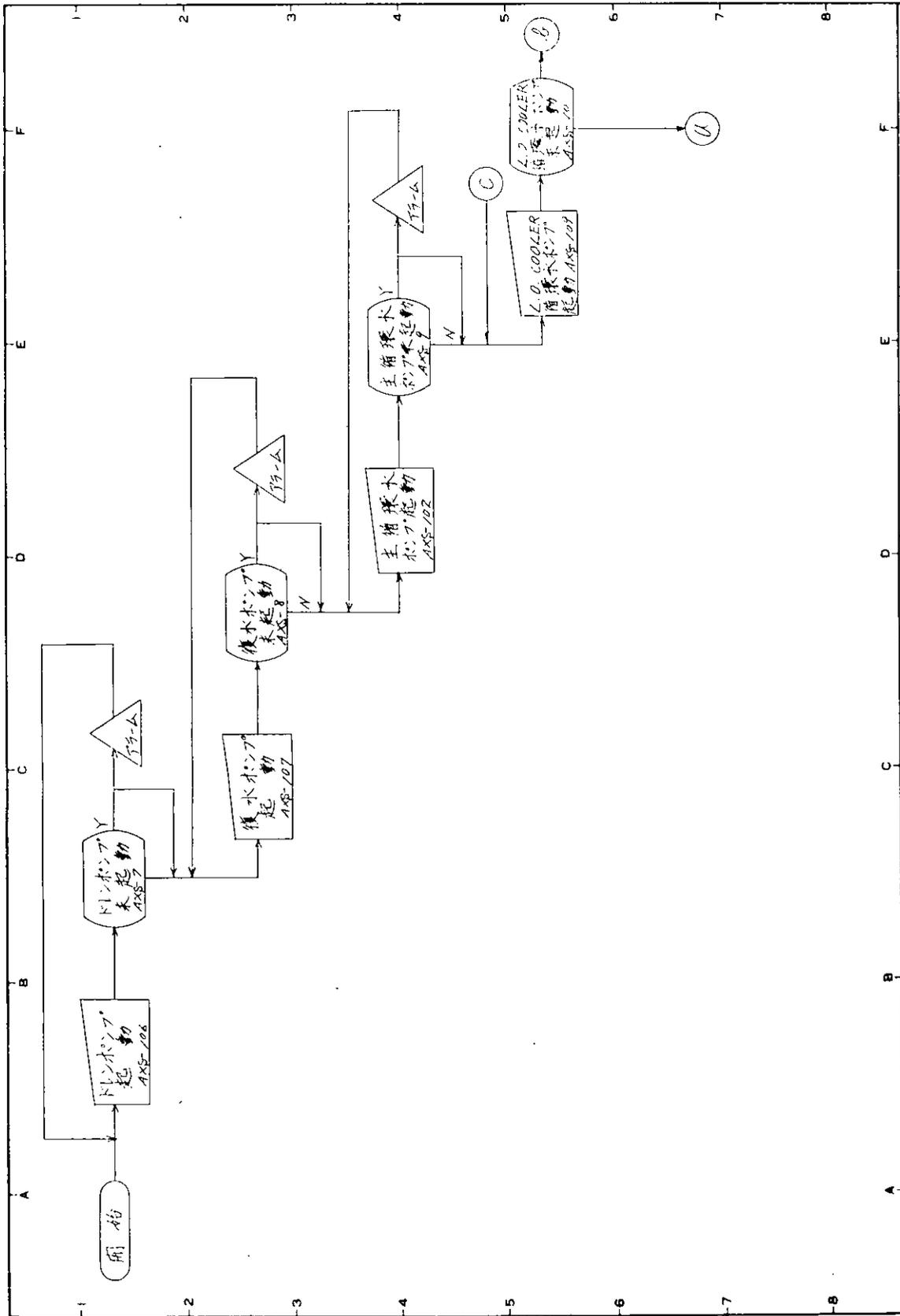


（社）日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

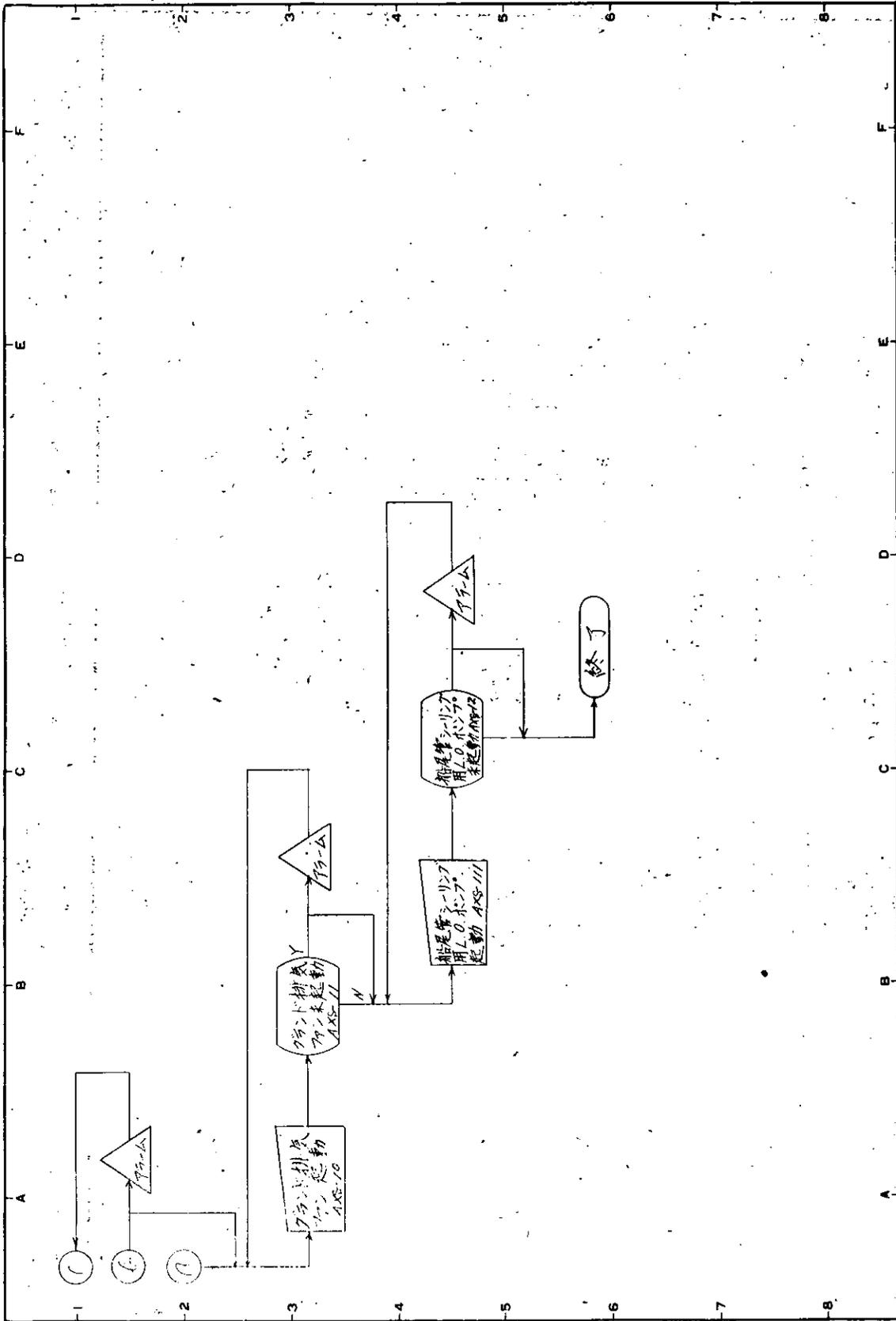
整理番号 SQ-20/28

SR106 タービンプラント分科会
補助発電機起動前状態確認及び起動 4/4

プロクレーン 三菱重工
昭和 年 月 日



プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日
 題 目
 SR106 タービンプラント分科会
 主要補機起動プログラム(B) 1/2
 整理番号 SQ-21/28
 (社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究

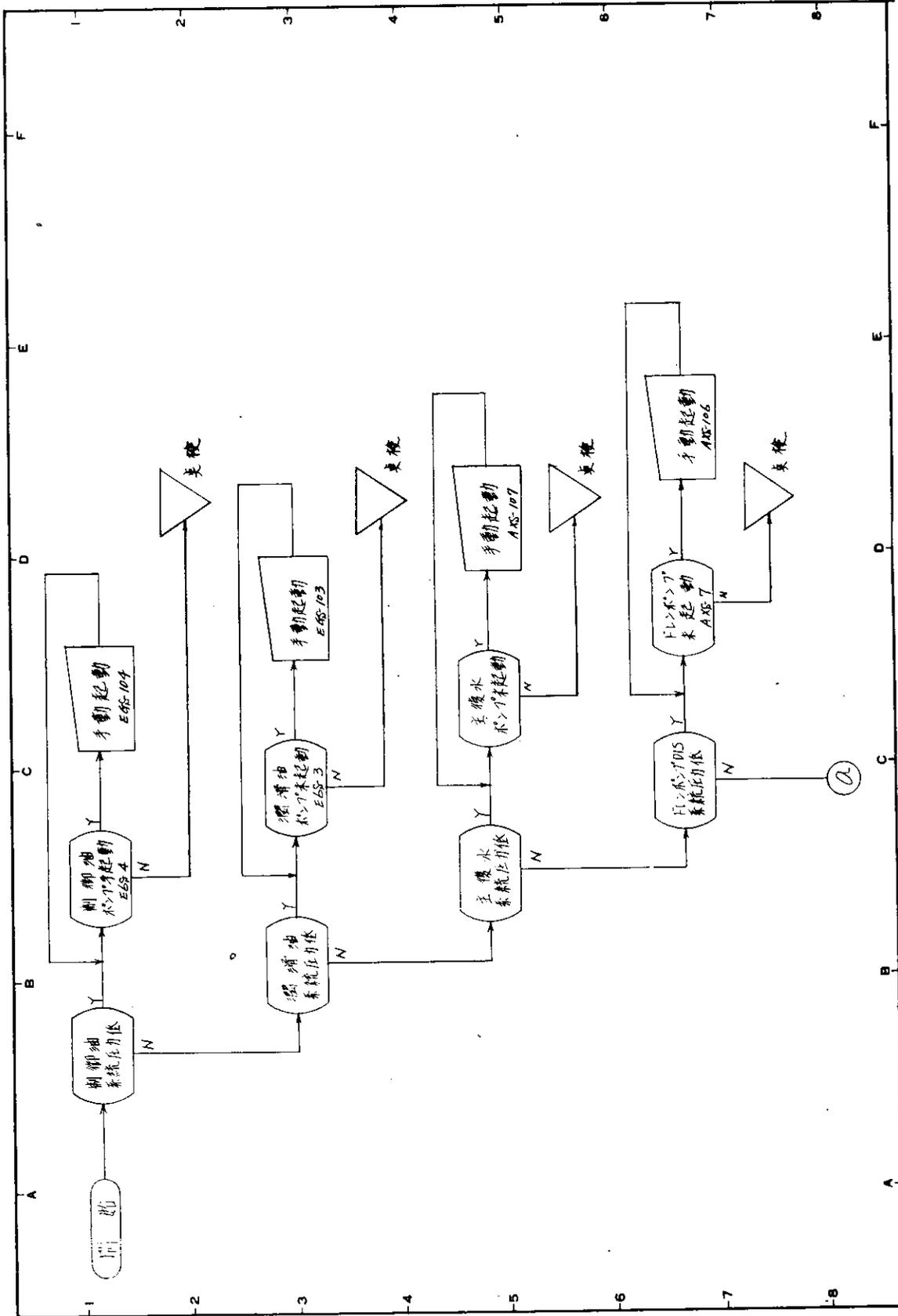


(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SQ-22/28

SR106 タービンプラント分科会
主要補機起動プログラム(B) 2/2

プログラム 三菱重工
昭和 年 月 日



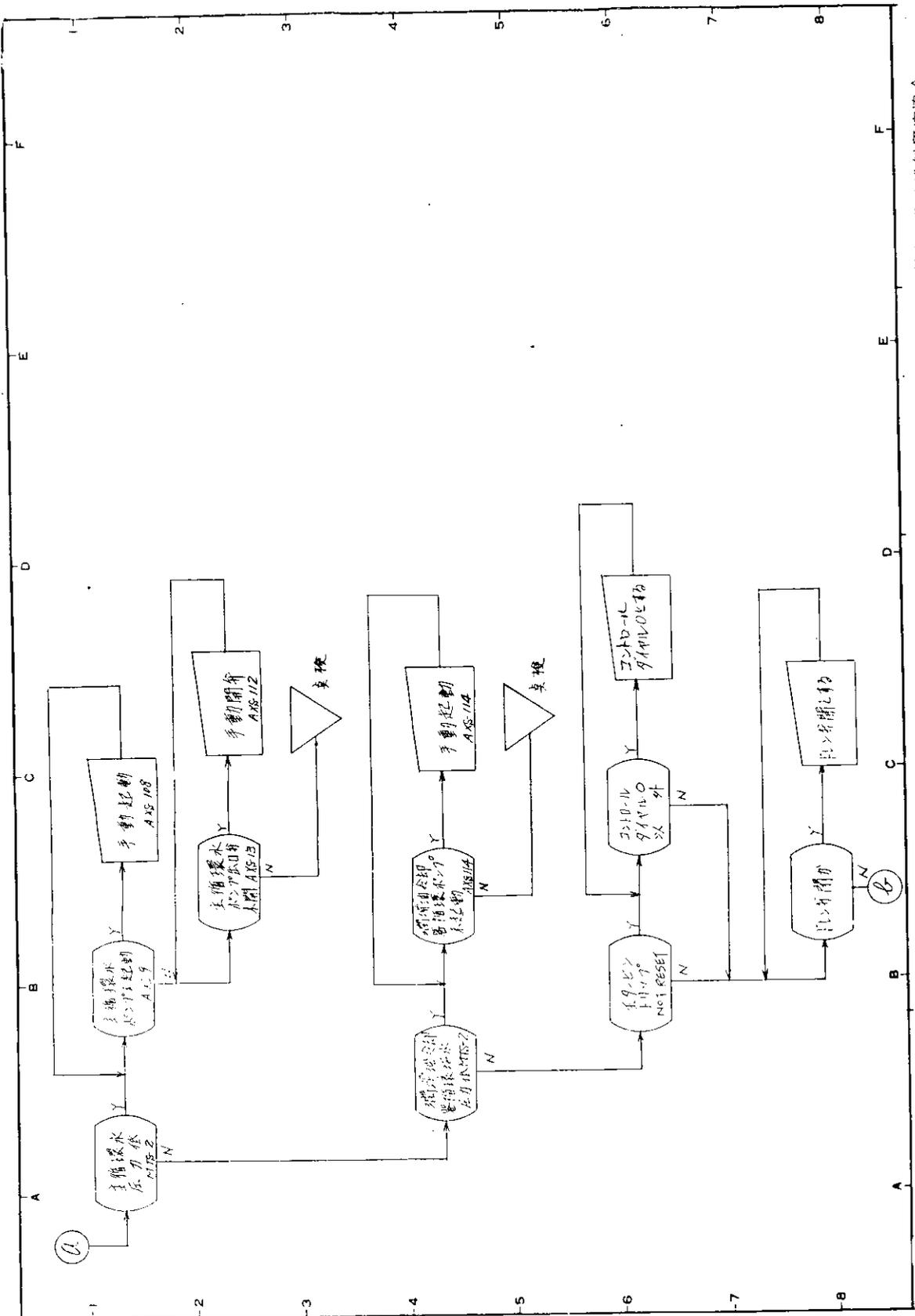
(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SQ-23/28

SR106 タービンプラント分科会

主機起動プログラム
昭和 年 月 日

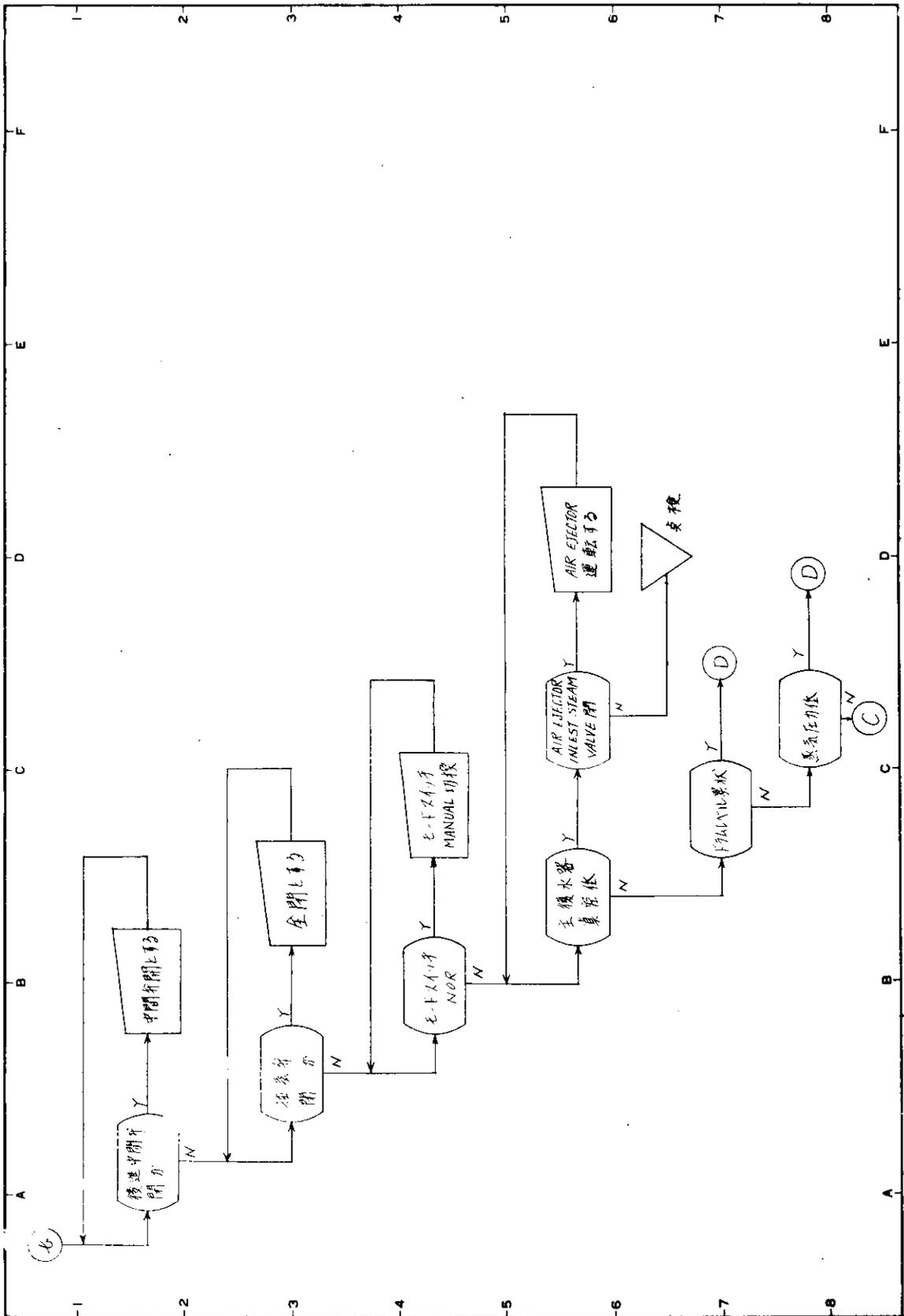
1/5



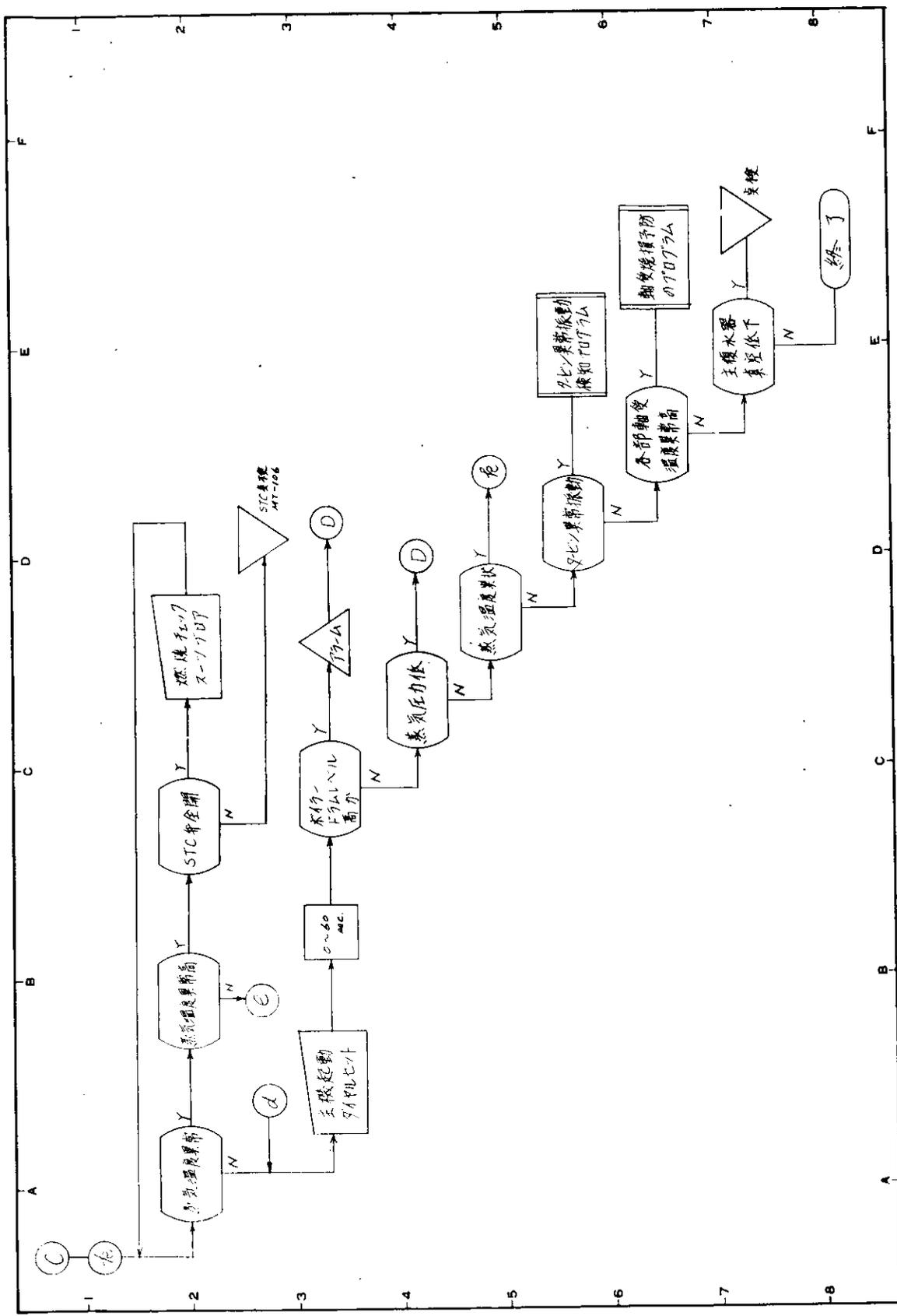
(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SQ-24/28

プログラム 三菱重工 SR106 タービンプラント分科会
昭和 年 月 日 題目 主機起動プログラム 2/5



プログラマー 三菱重工
 昭和 年 月 日
 目 題 SR106 タービンプラント分科会
 整理番号 SQ-25/28
 主機起動プログラム 3/5
 (社) 日本造船研究協会
 船舶の高度集中制御方式の研究



(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号 SQ-26/28

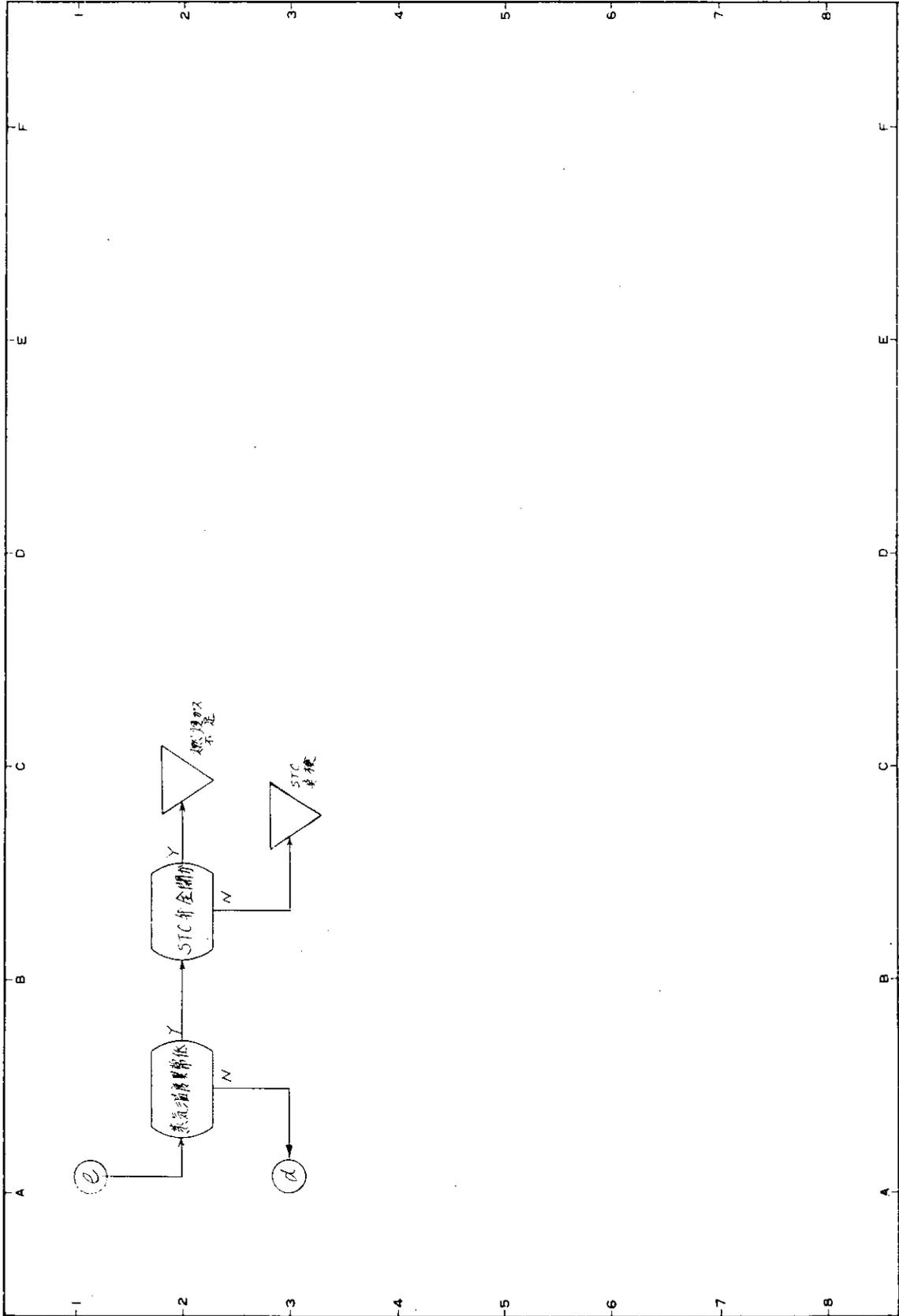
SR106 タービンプラント分科会

題目 主機起動プログラム

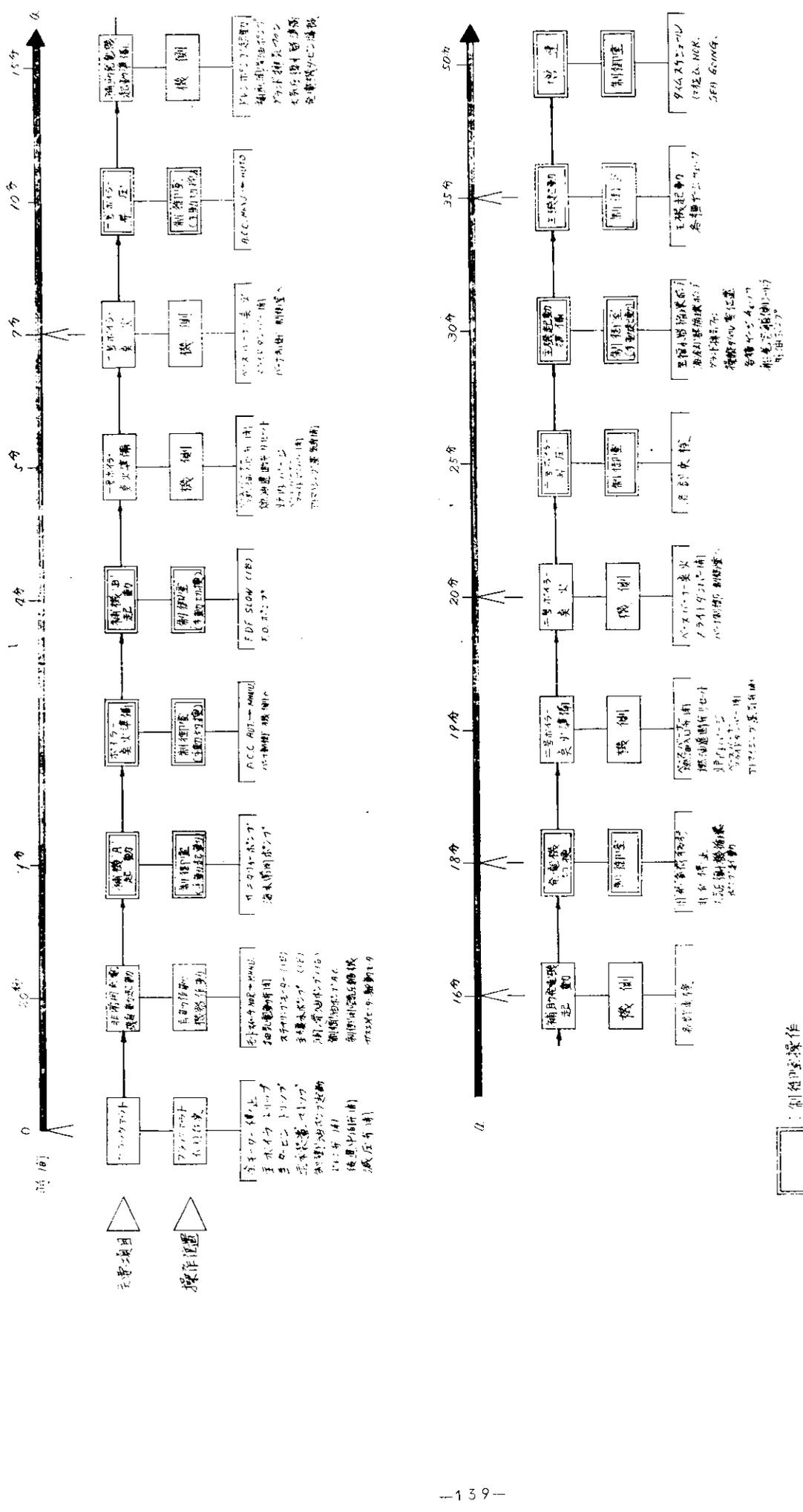
プログラム 三菱重工

昭和 年 月 日

4/5



プログラム: 三菱重工
 昭和 年 月 日
 題目: SR106 タービンプラント分科会
 整理番号: SQ-27/28
 船舶の高度集中制御方式の研究
 5/5
 (社) 日本造船研究協会



□ : 制御室操作
 □ : 機例操作
 ▲ : 重要点

3.2 プラントの最適制御の研究

従来の船用タービンプラントにおいては、主機の負荷、海水温度、発電機負荷等が変化した場合、プラントのサイクルは本質的には変わらず、ボイラ蒸気温度、蒸気圧力は自動的に一定に保たれ、ボイラドラム内の水面を一定水位に保つような給水制御、蒸気流量の増減に対応した燃料油量の制御、燃料油量の増減に対応した強圧送風量の自動制御等それぞれ局部的な自動制御の組み合わせとしてのプラント制御が行われてきた。

このような制御下における運転と、そのつどの出力や海水温度等の条件下におけるプラント効率最高の運転状態との効率に大きな差があるものであれば、プラント効率最高を求めてプラントの運転状態を変えてやる意味があり、そのような探索運転は電算機によらなければならない。

そこで二、三の例について従来の運転方式の場合と、状態の変化に応じて運転の内容を変えた場合とについて計算を行ない、船用プラントの本来持っている性能上の特質についての解析を行なった。

3.2.1 プラントの性能解析

対象サイクル

プラント性能に対する外的諸因子の影響度を解析するに当り、現在比較的広く使用されているサイクルのうちから、2種類を採り上げそのおのおのについて各種の検討を行なった。以下にそれぞれの主要目を示す。

イ サイクル「A」主要目

サイクル (第3.1図) 参照

主機出力 2 8 0 0 0 PS NOR および MCR.
 // W.R. 2.4 1 Kg/PS·hr (100% 負荷時: NOR)
 ボイラ効率 89%

蒸気条件

ボイラ過熱器出口	62.2 ata × 515°C		
主機入口	60.8 ata × 510°C	主復水器真空	722 mmHg Vac
発電機タービン入口	60 ata × 510°C	発電機タービン背圧	1.03 ata
給水ポンプタービン入口	56.0 ata × 328°C	給水ポンプタービン背圧	4.3 ata
発電機タービン出力及効率	750 kW, $\eta_m = 0.94$, $\eta_g = 0.93$		
給水ポンプタービン効率	$\eta_{all} = 0.251$, $\eta_m = 0.97$		
	$\eta_p = 0.50$		
主循環水ポンプ容量	9,000 m ³ /hr × 6 m × 1 set		
// 用モータ	195 kW		

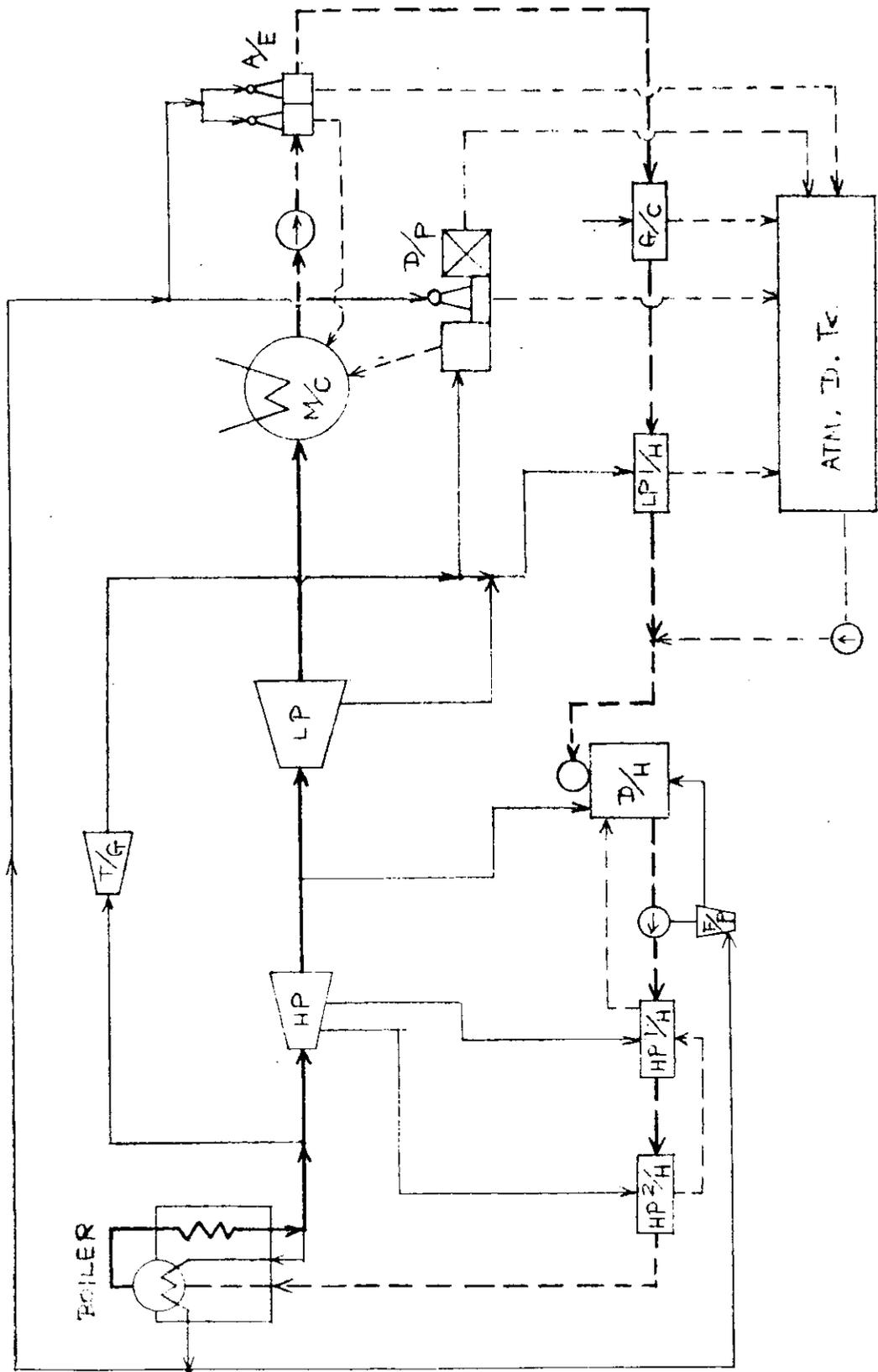
ロ サイクル「B」主要目

サイクル (第3.2図) 参照

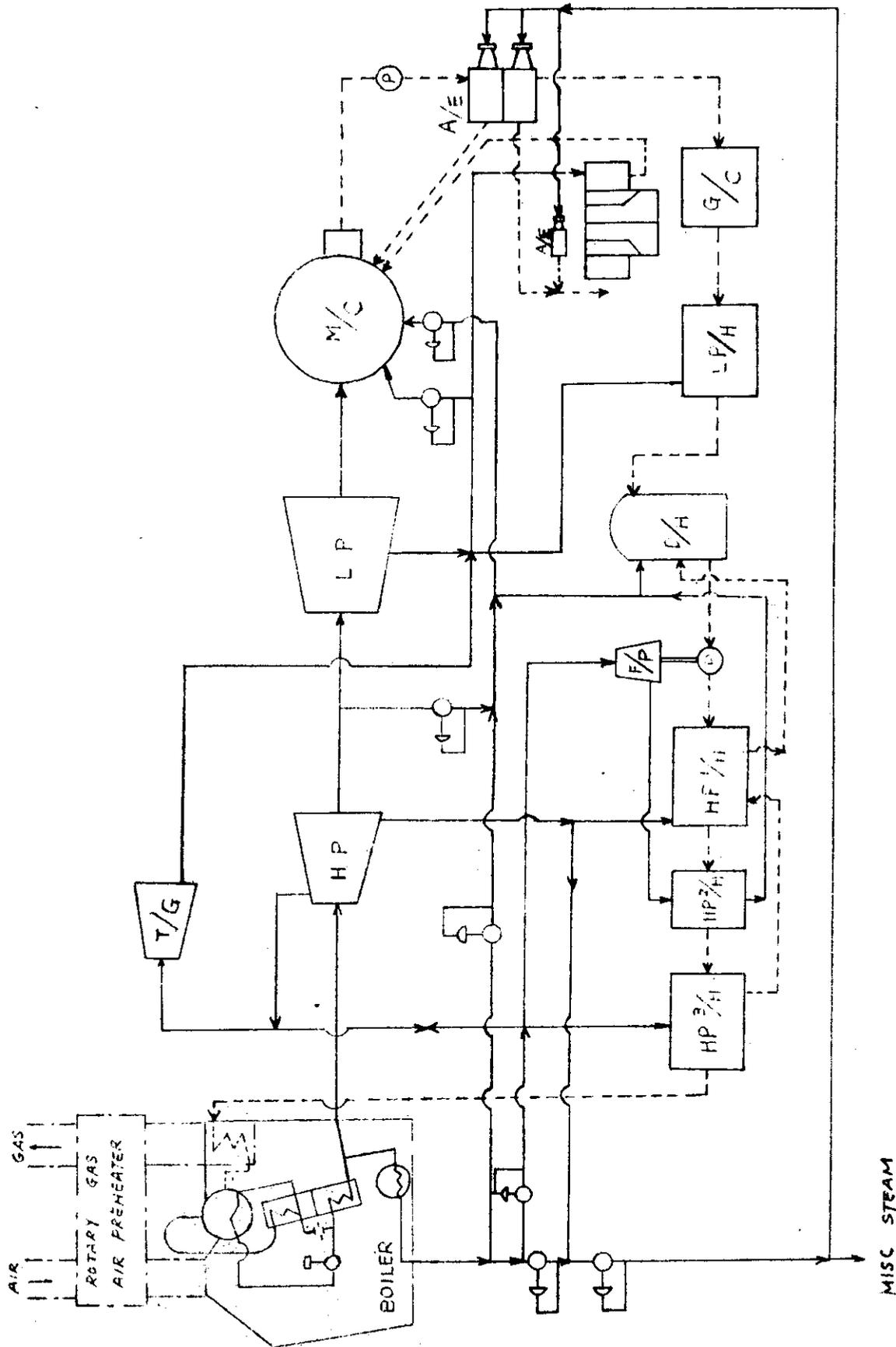
出機出力 3 4 0 0 0 PS MCR
 3 0 6 0 0 PS NOR
 主機 W.R. 2.38 Kg/PS·hr
 ボイラ効率 90%

蒸気条件

ボイラ過熱器出口	62 ata × 525°C	主復水器真空	722 mmHg Vac
主機入口	61 ata × 520°C	低圧抽気点	0.825 ata
発電機タービン出力	780 kW (定格 1,200 kW)		
発電機タービン効率	$\eta_t = 0.69$, $\eta_m = 0.95$	発電機効率	$\eta_g = 0.94$
給水ポンプタービン効率	$\eta_t = 0.54$, $\eta_m = 0.935$		
給水ポンプ効率	$\eta_p = 0.52$		
主循環ポンプ	5,000 m ³ /hr × 5.5 m × 2 sets		
// 用モータ	110 kW		



第3.1図 タービンプラント最適制御
サイクル「A」



第3.2図 タービンプラント最適制御の調査
サイクル「B」

(詳細は本報告書末尾 添付資料 1の図面番号3-2.1
SIMPLIFIED STEAM FLOW DIAGRAM 参照のこと)

(1) 海水温度の影響

a) 検討要旨

海水温度が計画値より下つた場合、主復水器の真空が上り、一般に燃費は向上する。しかし、主循環水ポンプの速度を変えて海水量を調節し、真空を適当に下げ、一方主循環ポンプの駆動発力を遮蔽したほうが、燃費の向上量はさらに大きくなる。以上のコントロールを行なうことにより、燃費の遮蔽がどのくらい期待できるかを算出する。

b) 検討(その1) 対象: サイクル「A」

i) 検討結果

(第3.3図)参照

ii) 検討手順

① 主機負荷100%、90%、80%それぞれにつき、冷却水量一定の条件下で海水温度が変化し、真空が変つた場合の燃費のカーブを作成する。(第3.3図実線)

ただし、80%負荷の場合には無抽気状態と仮定した。

② 発電機負荷減少量とそれに伴う燃費減少量との関係を求めておく。(第3.4図)

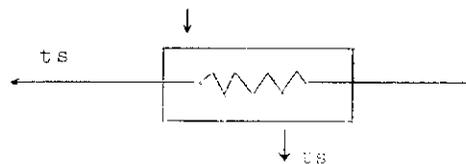
③ 主循環水ポンプ吐出量と主循環水ポンプ所要駆動電力の関係(第3.5図実線)と上記(第3.4図)を用い、ポンプ吐出量の変化に伴う電力変化の燃費に対する影響を求める。(第3.5図破線)

④ (第3.3図実線)および(第3.5図破線)を用い、各負荷状態において、海水温度が24℃、20℃、16℃それぞれにつき、冷却水量と燃費の関係を求める。(第3.6図)、(第3.7図)

各負荷状態の各海水温度につき、燃費の最少となる点が、主循環水ポンプの速度を制御した場合の燃費である。(第3.3図破線)

iii) 検討条件

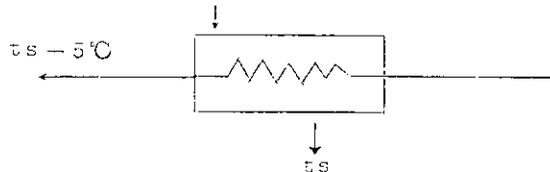
① 高圧給水加熱器



給水出口温度: 器内圧飽和温度

ターミナル温度差: 零

② 低圧給水加熱器



給水出口温度: 器内圧飽和温度 - 5°C

ターミナル温度差: 5°C

③ 主循環ポンプ駆動モータ所要電力

主循環水ポンプ特性曲線(第3.8図)および同駆動モータ効率曲線(第3.9図)より求める。

④ 主機タービン蒸気消費率

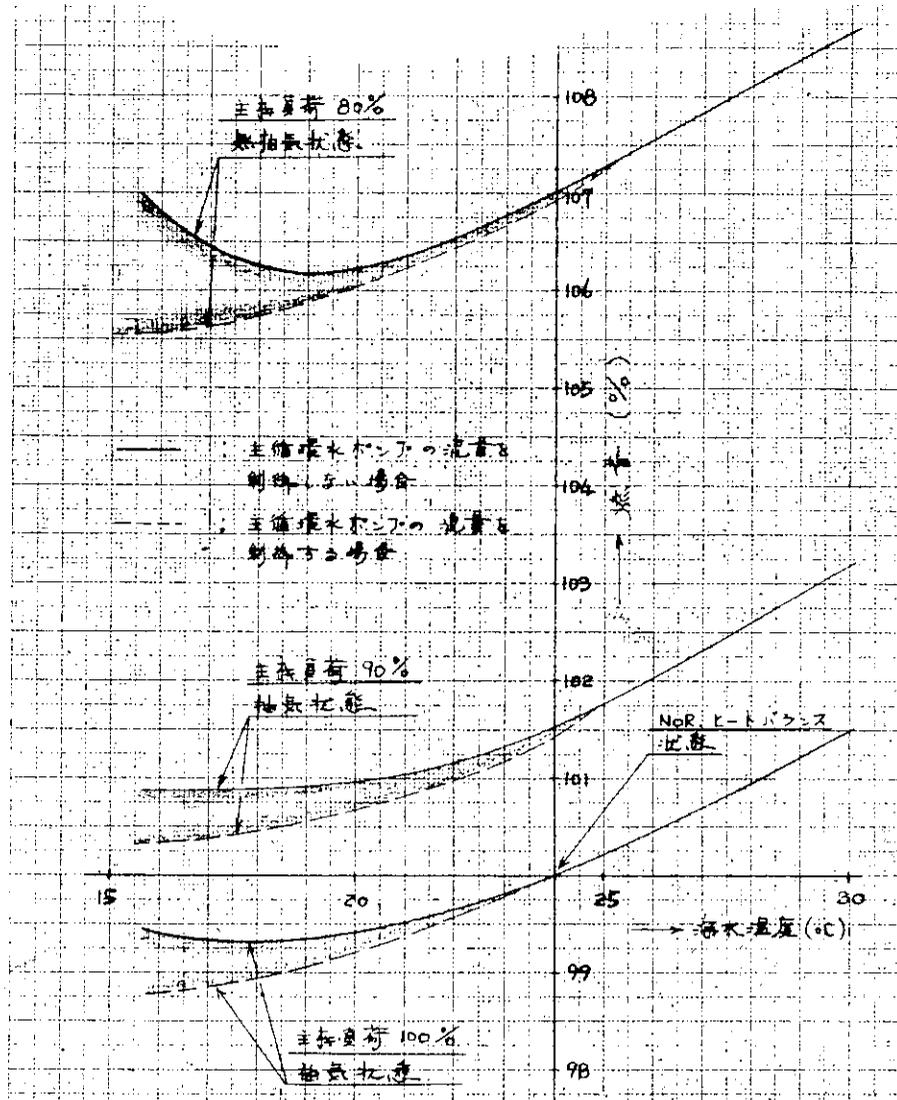
各負荷における基礎蒸気消費率を(第3.10図)より求め、主復水器上部真空に応じて(第3.11図)で補正する。

⑤ 発電機タービン

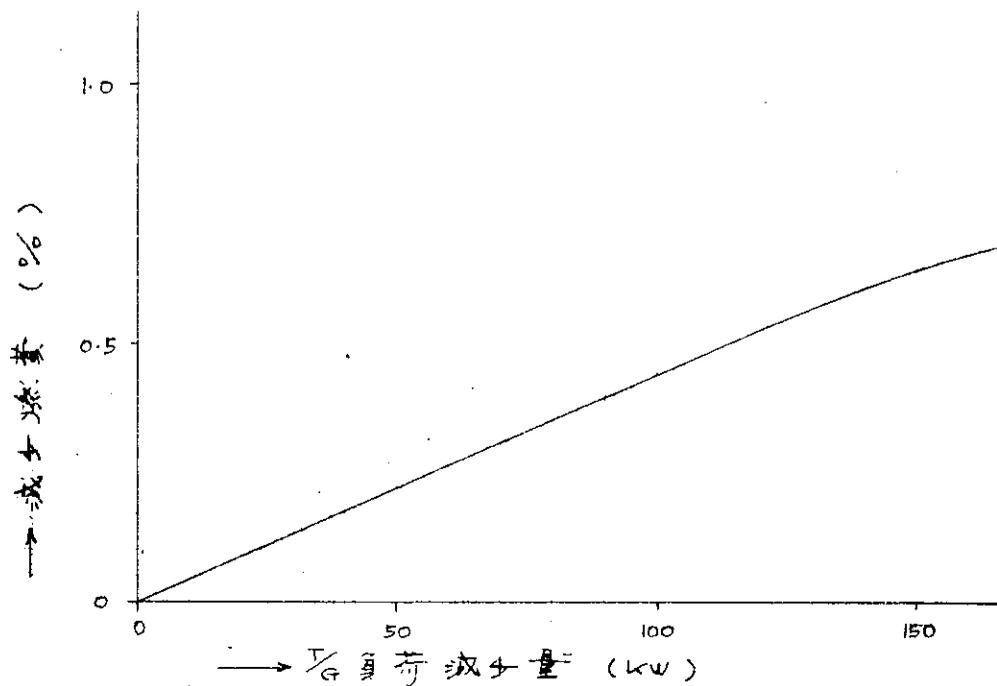
タービン内部効率実績をプロットした。(第3.12図)参照

⑥ 給水ポンプタービンおよびポンプ

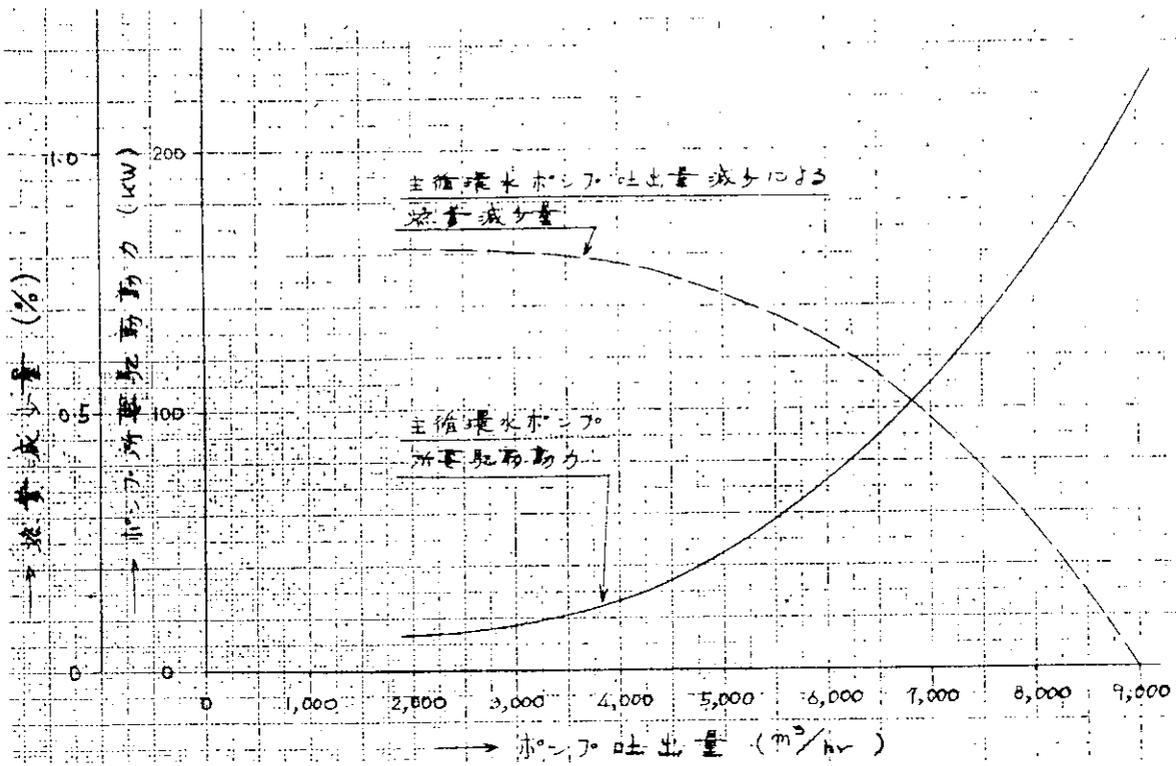
本解析中給水量の変化がわずかなので一定とした。



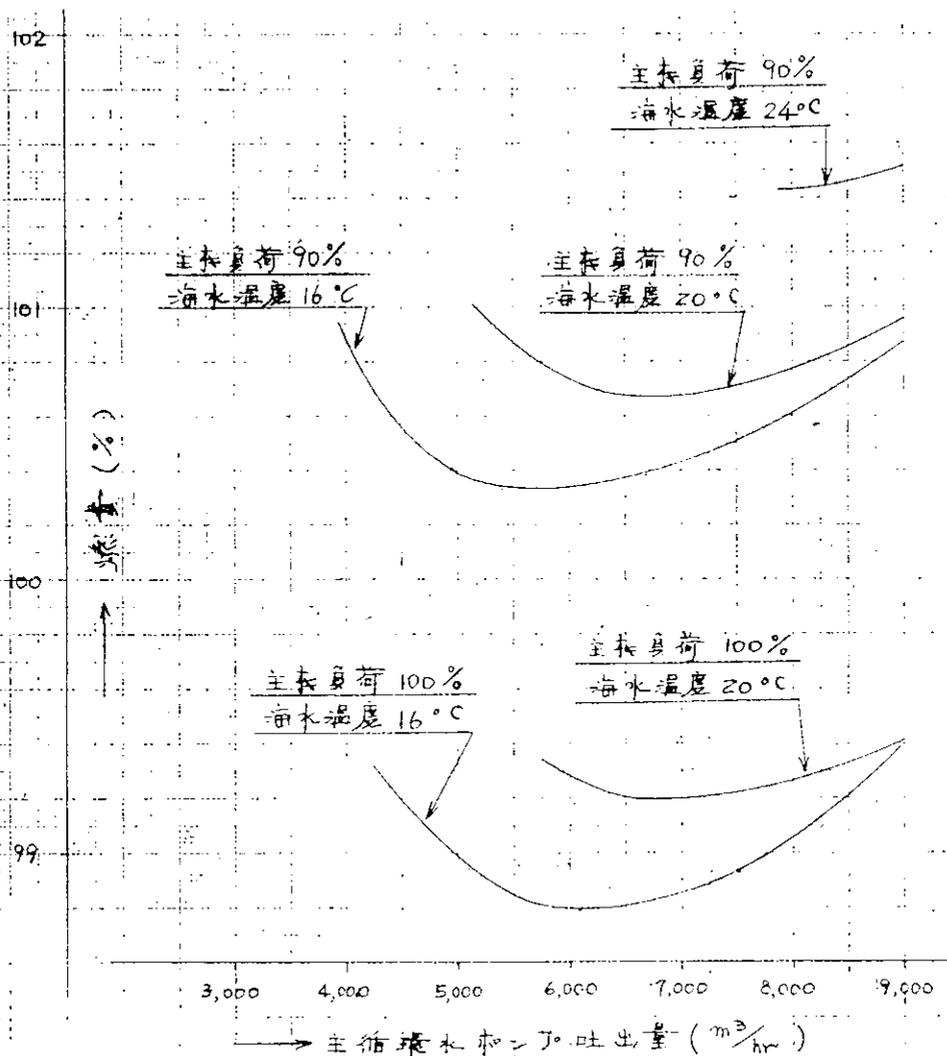
第 3.3 図 海水温度低下時の燃費削減量 (主循環水ポンプ吐出量制御による) サイクル「A」



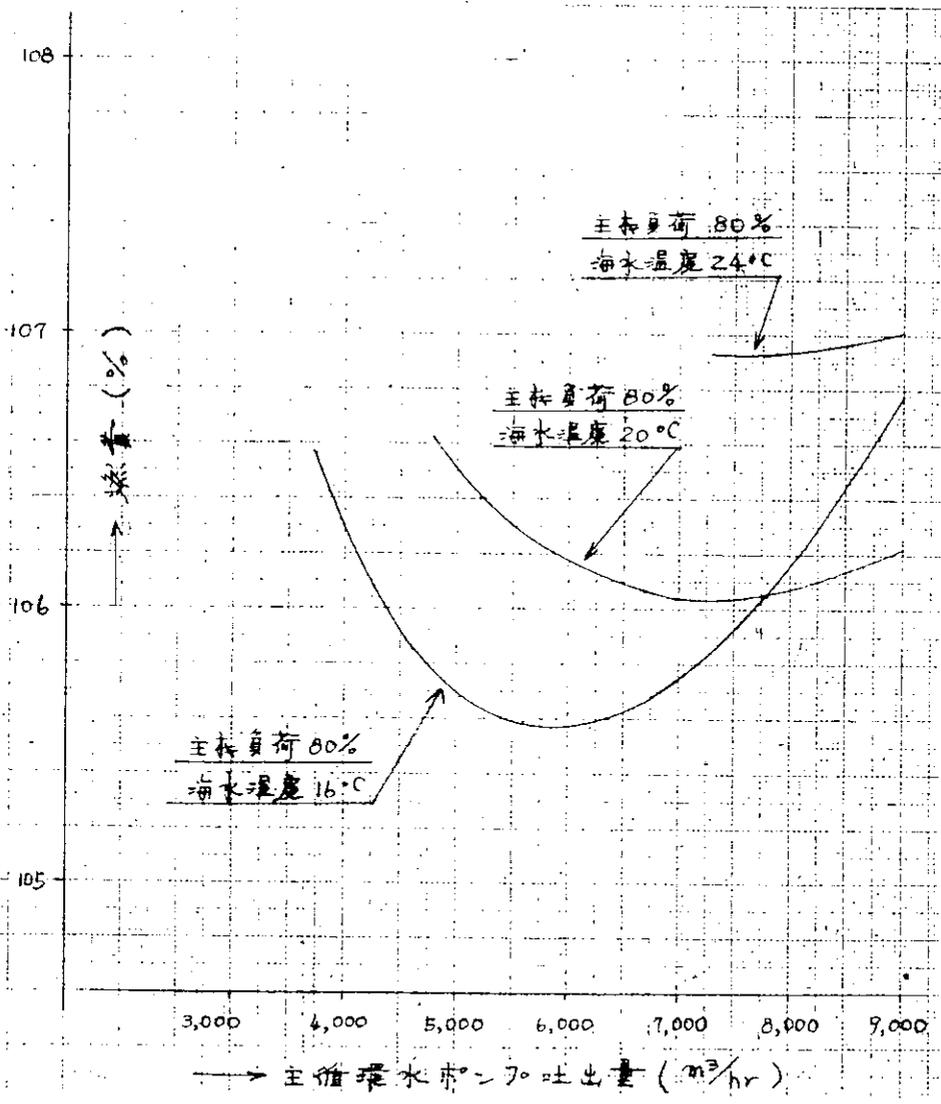
第 3.4 図 発電機負荷減少の燃費に対する影響 サイクル「A」



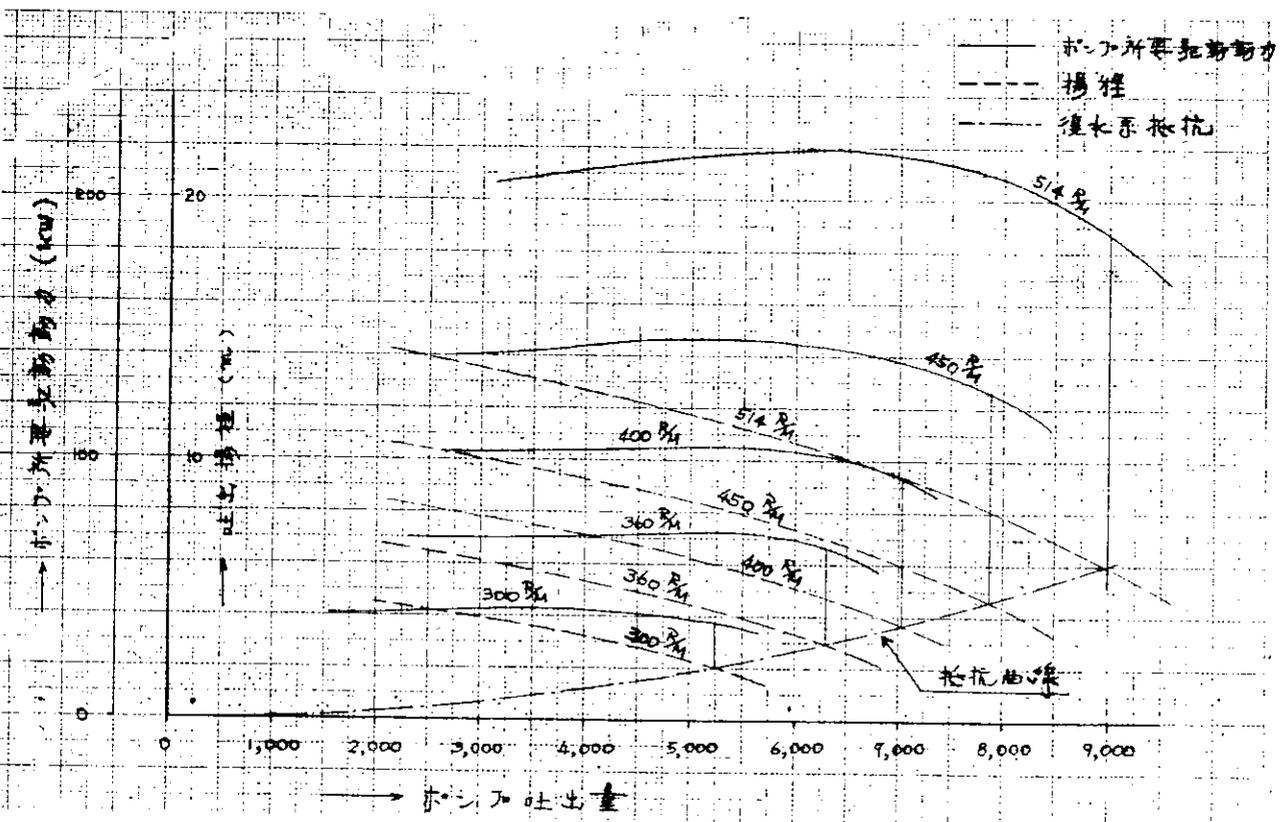
第 3.5 図 主循環水ポンプ吐出量の変化に対するポンプ駆動に要する電力とそれに伴う燃費の変化 サイクル「A」



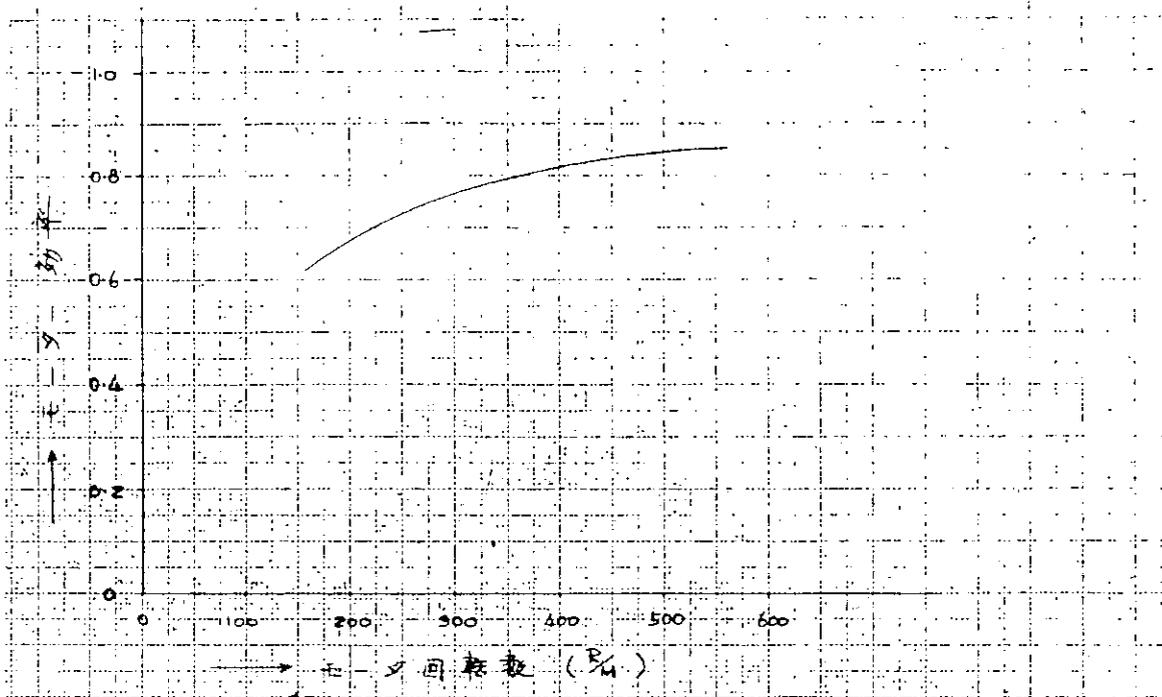
第 3.6 図 主循環水ポンプ吐出量制御時の燃費の変化 (油気状態) サイクル「A」



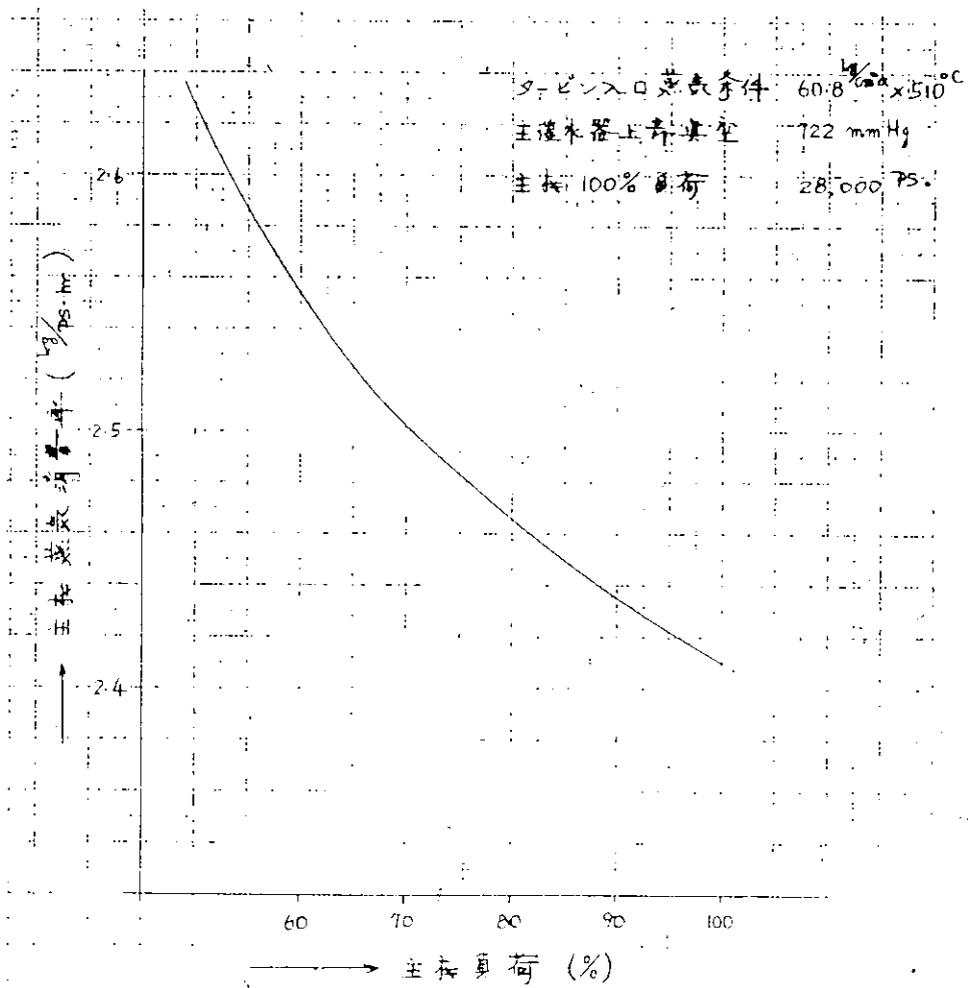
第 3.7 図 主循環水ポンプ吐出量制御時の燃費の変化 (無抽気状態) サイクル「A」



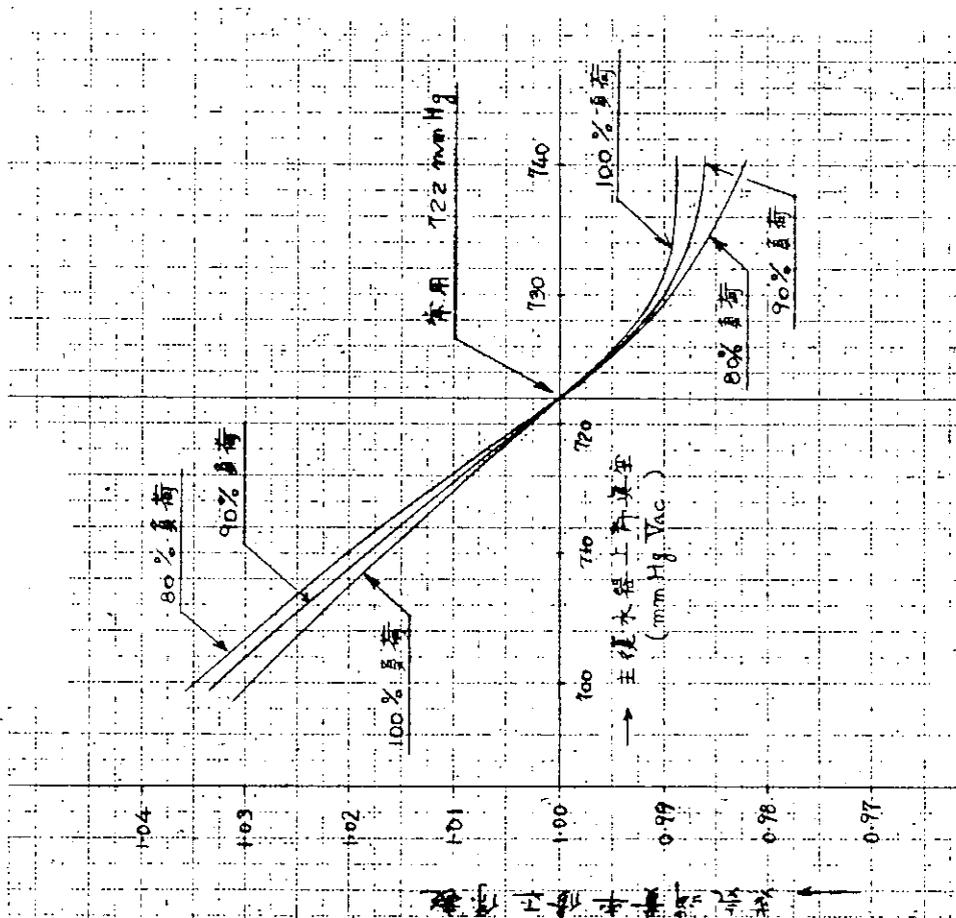
第 3.8 図 主循環水ポンプ特性曲線 (9,000 m³/hr × 6m) サイクル「A」



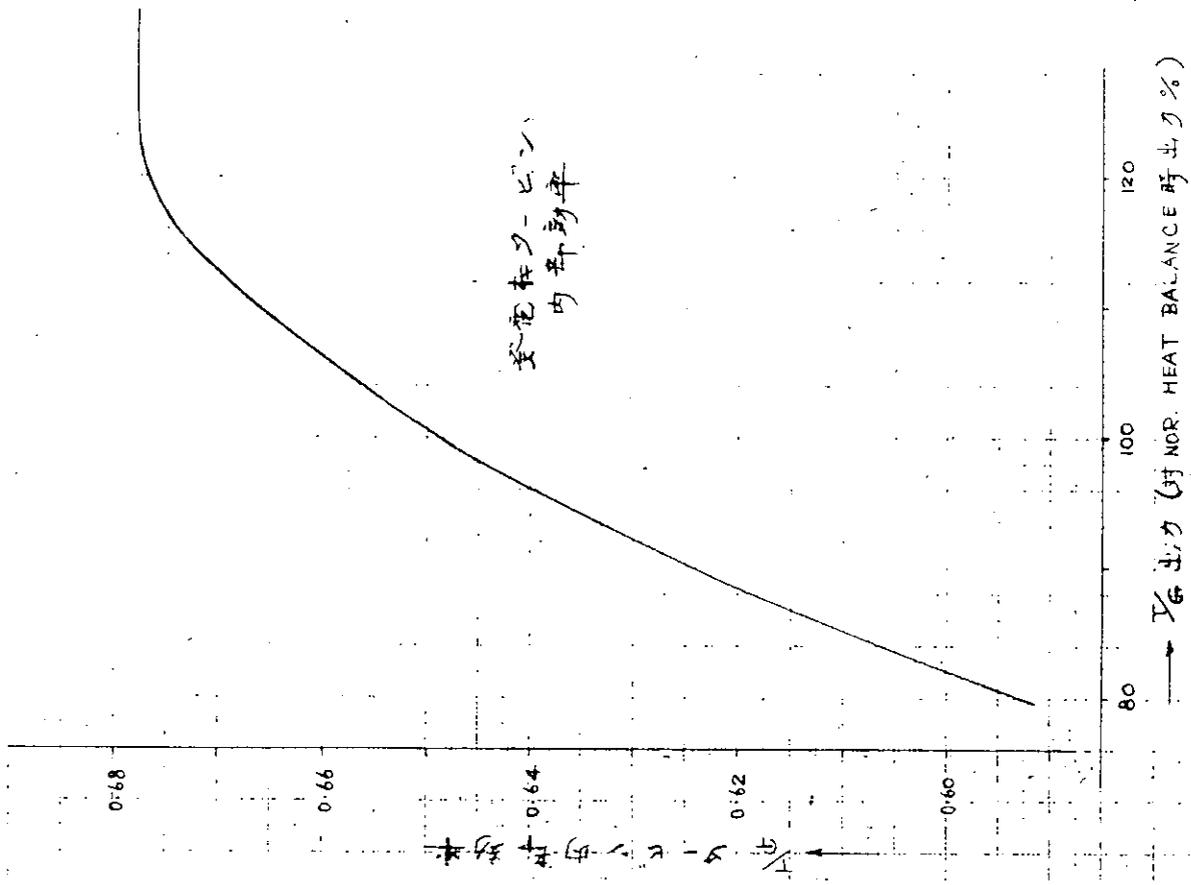
第 3.9 図 主循環水ポンプ駆動モータ効率 サイクル「A」



第 3.10 図 主機タービン蒸気消費率 サイクル「A」



第 3.1.1 図 復水器上部真空に対する主機タービン蒸気消費率の修正係数 サイクル「A」



第 3.1.2 図 タービンプラントの最適制御 サイクル「A」

c) 検討(その2) 対象: サイクル「B」

i) 検討結果

(第3.13図)、(第3.14図)参照

ii) 検討手順

- ① 主復水器冷却水量一定で海水温度が変化した場合、(真空変化)燃費の増減率を算出する。
- ② 海水温度が24℃以下の場合、冷却水量をコントロールして722mmHgに保つことによる電力消費の節減燃費の増減率を算出する。
- ③ 海水温度が24℃以上の場合、LP抽気点を上げることにより、GAINが出るかどうかを検討する。
(LP抽気点圧力 0.825 ata → 1.5 ata)

iii) 検討条件

- ① 主機負荷は常用出力とす。
- ② 発電機タービン内部効率は、負荷係数に対し、直線的に変化するものとする。(負荷係数0.6に対し、効率係数0.925)背圧上昇による内部効率の変化は無視する。
- ③ 主復水器復水の過冷却はないものとする。
- ④ 主循環水ポンプは可変速とする。モータ効率の変化は考えない。
- ⑤ 造水量は一定(26 m³/day)とする。
- ⑥ その他(第3.15～3.18図)参照

(2) 発電機負荷の影響

a) 検討要旨

発電機負荷が大きくなると、その排気が余ってきて、タービンの背圧が上がり、ついには主復水器へダンブする。こうした場合に排気が余らない運転をする期間の分まで造水して余分の排気を消化し、合計の燃費を減減することができる。

この減減量がどのくらい期待できるかを計算する。

さらに「検討その2」においては、排気システムのダンブバルブ設定値を上げて、LPヒータがどの程度まで発電機排気を吸収可能か検討する。

b) 検討(その1) 対象: サイクル「A」

i) 検討結果

(第3.19図)参照

ii) 検討手順

- ① 予かじめ造水量を増した場合の燃費増加量を算出しておく。(第3.20図)
- ② 発電機負荷が増した場合の燃費を算出する。(第3.19図実線)
- ③ 発電機排圧を常用の値(1.07 ata)一定とし、LPヒータで余る蒸気は総て造水装置にて吸収する。
その際余分に製造された造水量は(第3.20図)のグラフにより燃費に換算し差し引く。

iii) 検討条件

(2-b) - iii) に同一。

c) 検討(その2) 対象: サイクル「B」

i) 検討結果

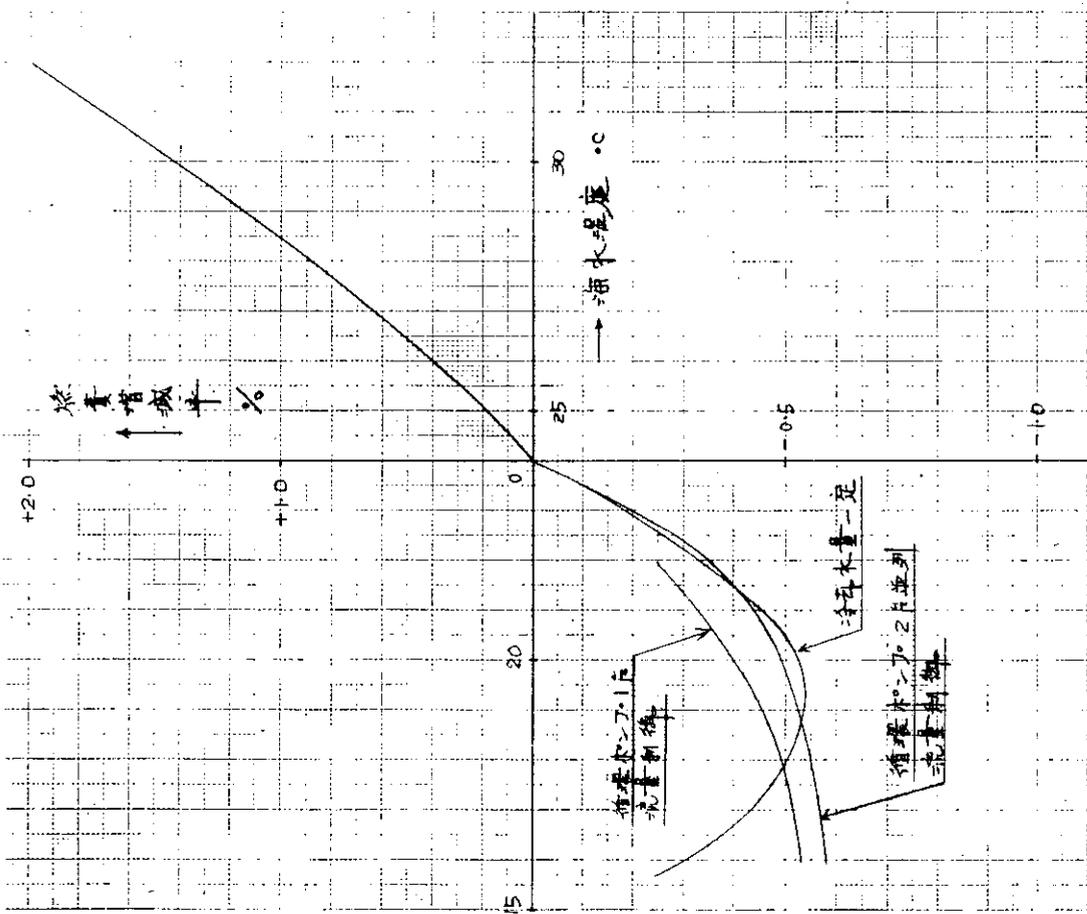
(第3.21図)参照

ii) 検討手順

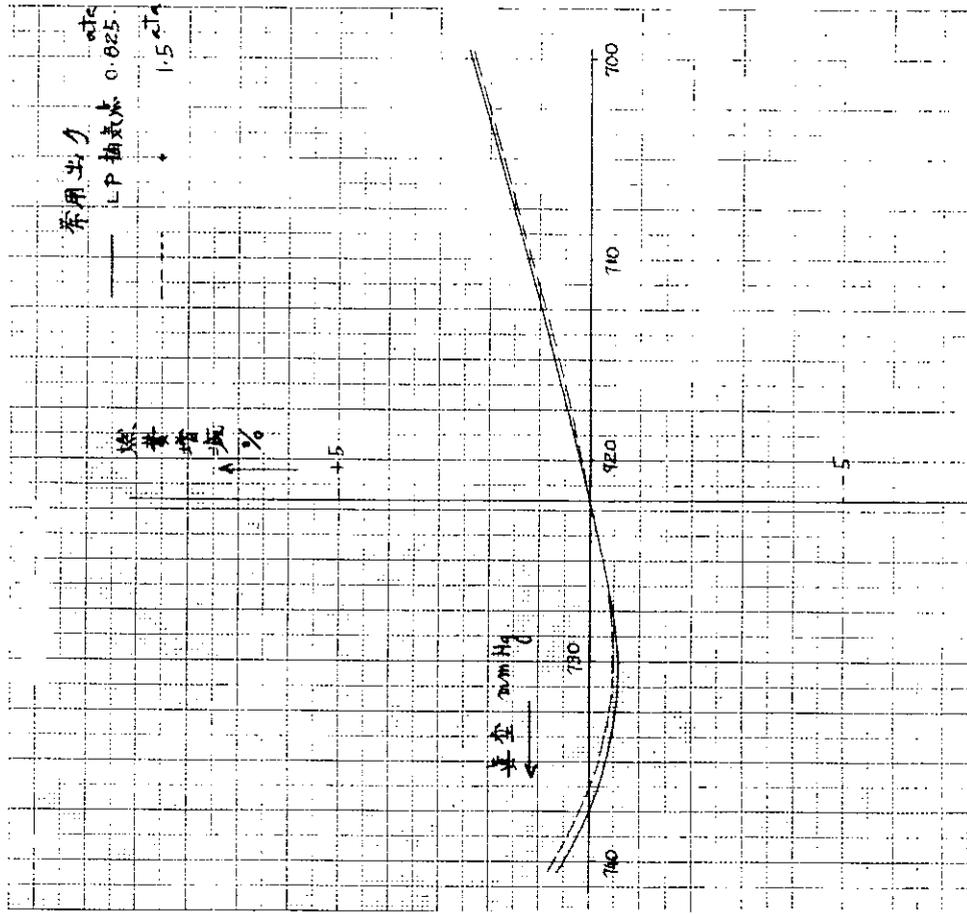
(3-b) - ii) に同一。

iii) 検討条件

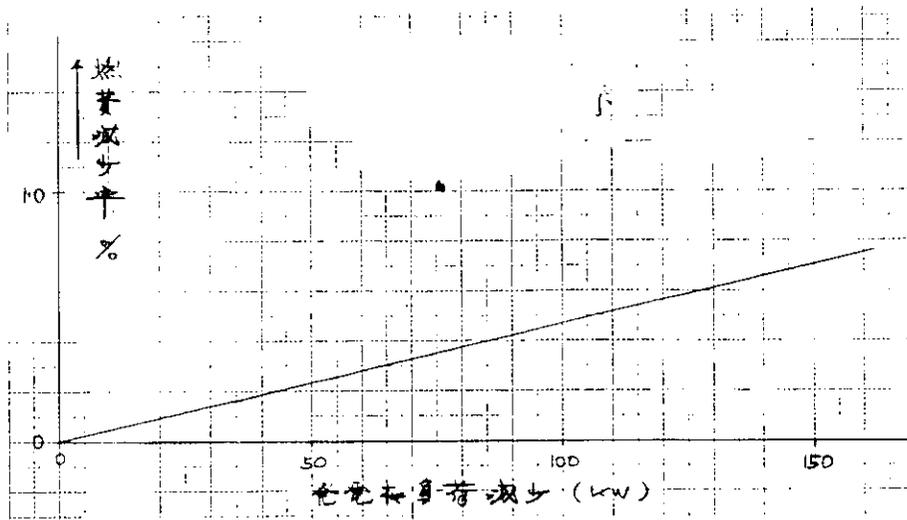
(2-c) - iii) に同一。



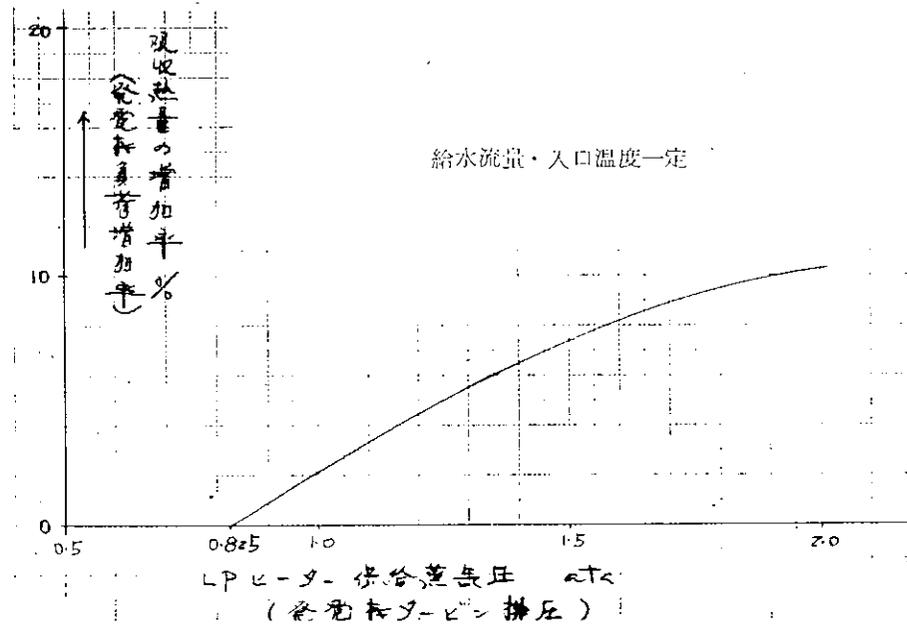
第3.13図 海水温度と燃費増減率の関係 サイクル「B」



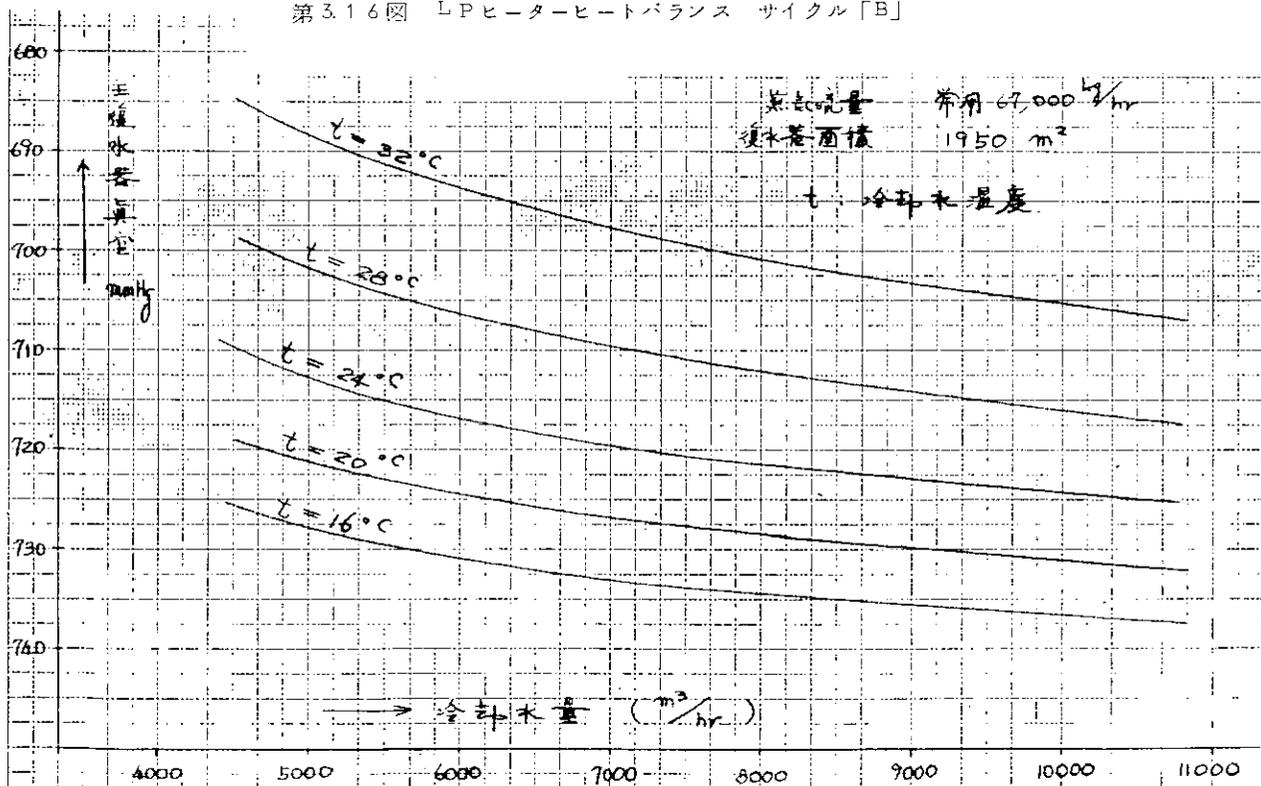
第3.14図 コンデンサ真空対燃料消費の変化 サイクル「B」



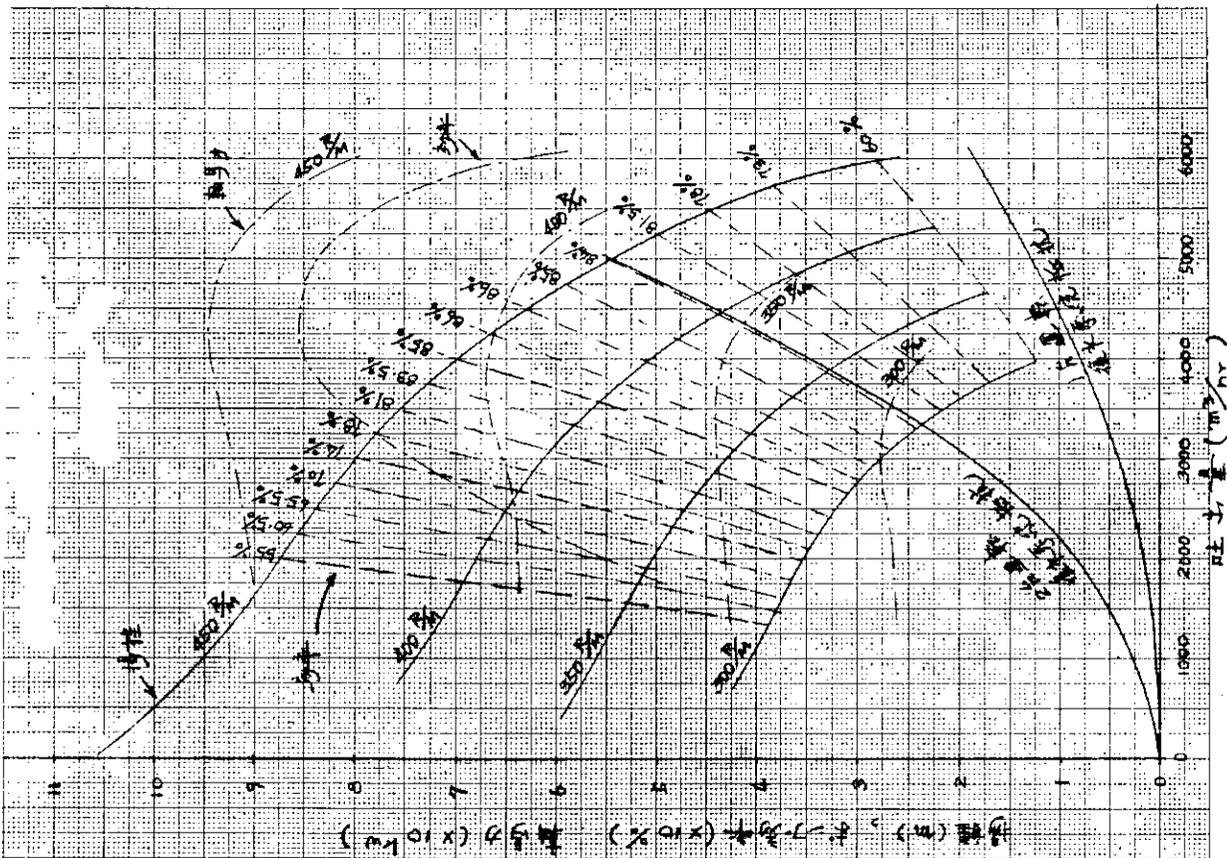
第 3.15 図 発電機タービン負荷減少と燃費減少率の関係 サイクル「B」



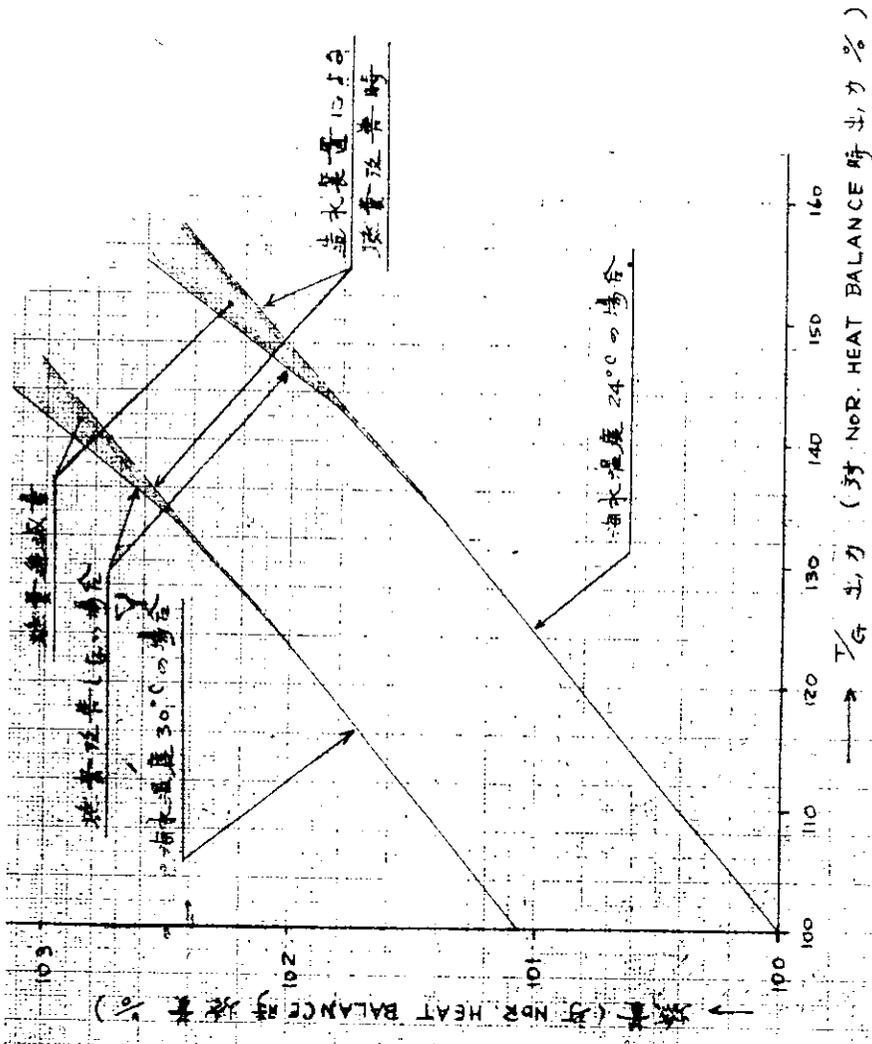
第 3.16 図 LPヒーターヒートバランス サイクル「B」



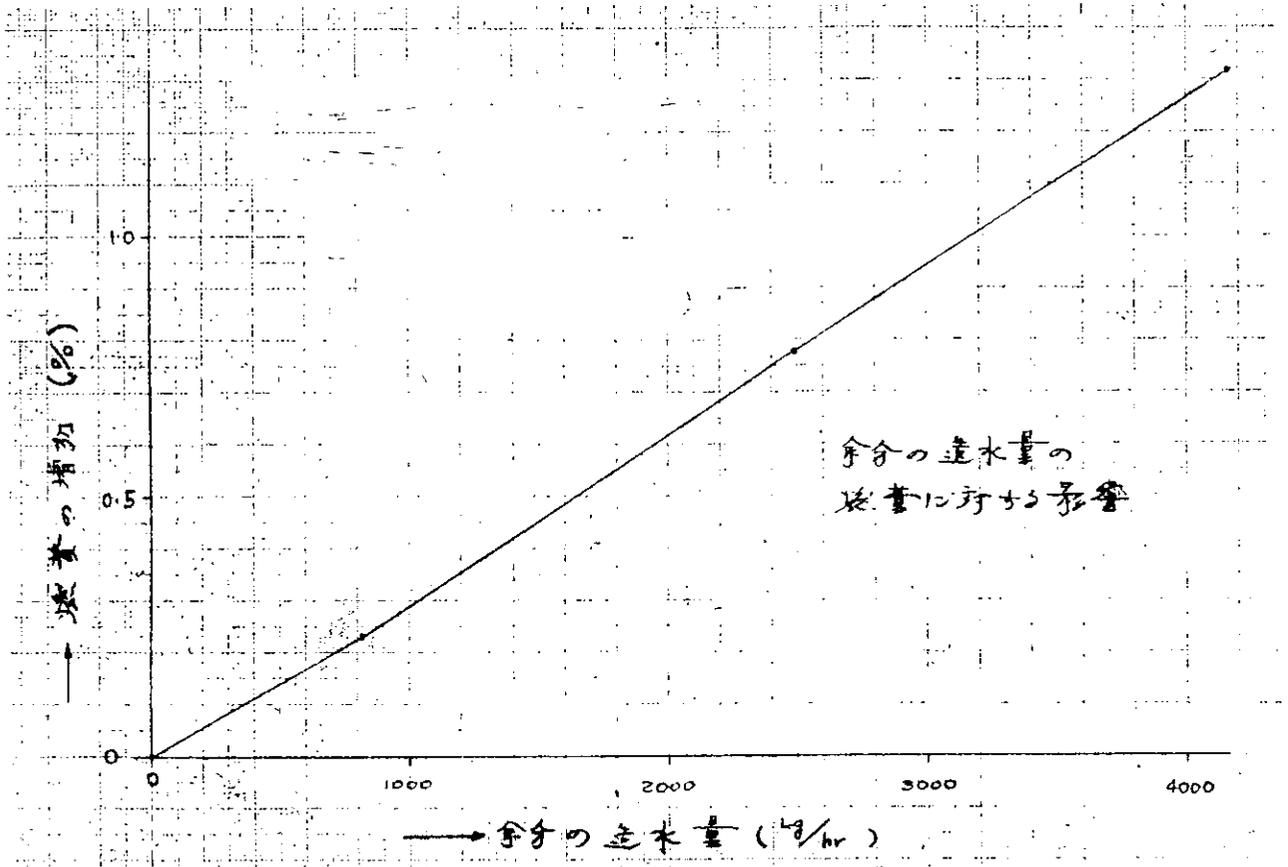
第 3.17 図 冷却水量に対する主復水器真空 サイクル「B」



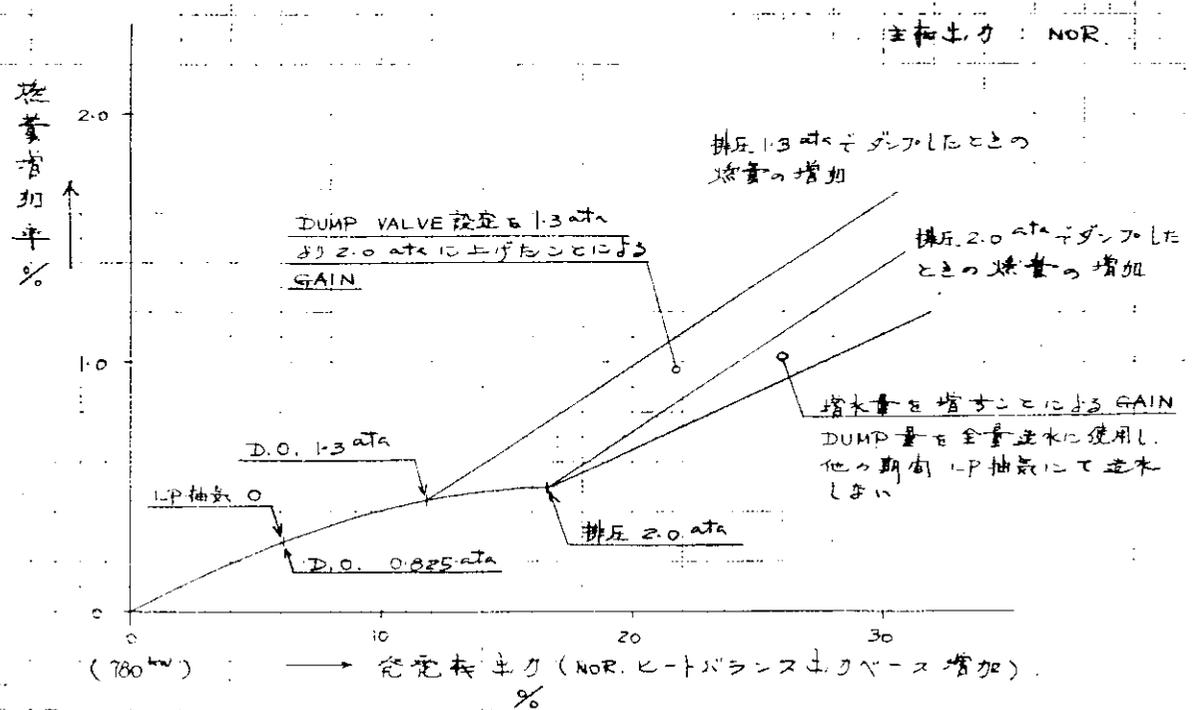
第3.18図 可変速主循環水ポンプ性能 サイクル「B」



第3.19図 発電機負荷増大時の燃費削減率 サイクル「A」



第3.20図 余分の造水量の燃費に対する影響 サイクル「A」



第3.21図 発電機負荷増大時の燃費増加率 サイクル「B」

d) 発電機負荷の影響の評価

上記の検討結果をとりまとめれば下記のとおり。

発電機負荷率 (%) (常用出力航行中に対する比率)	100	120	130
造水装置に余剰蒸気を導くこと。燃費改善率 (%)	Base	0 ~0.07	0.02 ~0.28
背圧ダンプ弁設定圧力を1.3ataより2ataに上げることによる燃料改善率 (%)	Base	0.28	0.24

(3) 抽気蒸気条件の影響

タービンの抽気点は当初プラントのヒートバランスを計画するにあたり、プラントの総合効率、タービンの設計などを考慮してその最適点が選定される。このようなプラントで外部条件が多少変化しても、これに応じて抽気点をを変えることは装置が複雑化になるのに比してあまり得策とは考えられない。

むしろ、比較的故障頻度の高い高圧給水加熱器について故障時の抽気処理方法により、ある程度の効率低下を抑えることができるのではないかとということで検討を行なった。

a) 対象プラント

海水温度、発電機負荷の影響を検討したサイクル「B」のプラントに同じ。高圧抽気および給水加熱器の系統を第3.2図に示す。

b) 検討方針

変則運転として次の四つの状態における燃料消費率を比較検討した。

C A S E

- ① 正常運転時
- ② 高圧一般給水加熱器が故障し、加熱蒸気(高圧第2段抽気)を遮断した場合。
- ③ 高圧1段給水加熱器が故障したので、この加熱器への蒸気を遮断し、これに供給されていた加熱蒸気(高圧第2段抽気)を高圧3段ヒータに供給し、高圧3段ヒータに供給されていた蒸気(高圧第1段抽気)を遮断した場合。
- ④ 高圧3段給水加熱器が故障したので、この加熱器への蒸気を遮断し、これに供給されていた加熱蒸気(高圧1段抽気)を高圧1段ヒータに供給し、高圧1段ヒータに供給されていた蒸気(高圧第2段抽気)を遮断した場合。
- ⑤ 高圧3段給水加熱器が故障し、加熱蒸気(高圧1段抽気)を遮断した場合。

c) 検討結果

検討結果を第3.2.1表に示す。

これから次のことが判明した。

- ① 高圧1段給水加熱器が故障した場合は、この抽気加熱蒸気を停止するよりも、さらに高位の高圧3段給水加熱器へ導き高圧1段抽気蒸気を停止したほうが効率で0.6%良くなる。
- ② 高圧3段給水加熱器が故障した場合は、この抽気加熱蒸気を単純に停止したほうがよい。

上記①の結果は予め電算機に記憶させ、故障検出と同時に操作の指令を出させるようにしておくことが考えられる。

第 3.2.1 表 高圧給水加熱器故障時の変更運転検討結果

H. P. 1ST. HEATER 149 M²

H. P. 2ND. HEATER 143 M²

ケ	① NORMAL	② H. P. 1ST. HEATER CUT	③ H. P. 1ST. HEATER CUT (3RDは 第2抽気)	④ H. P. 3RD. HEATER OUT (1STは 第1抽気)	⑤ H. P. 3RD. HEATER CUT
主 機 馬 力 (PS)	30,600	30,600	30,600	30,600	30,600
発 電 機 出 力 (KW)	780	780	780	780	780
ボ イ ラ 蒸 発 量 (Kg/H)	97,376	97,073	91,153	97,311	91,215
給 水 温 度 (°C)	235.0	228.6	196.2	229.5	196.7
燃 料 消 費 率 (g/PSH) (同上NORMALを100とする)	202.0 100.0	203.9 100.9	202.6 100.3	204.0 101.0	202.7 100.3
三タービン第1段抽気量(Kg/H)	18,252	23,581	11,013	24,030	11,019
G. T.	5,625	5,625	5,625	5,625	5,625
F. D. P. T.	5,619	5,674	5,388	5,690	5,394
H. P. 3RD. HTR	7008	12,282	—	—	—
H. P. 1ST. HTR	—	—	—	12,716	—
# 第2段 #	7,747	869	7,636	869	7,732
H. P. 3RD. HTR	—	—	6,758	—	—
H. P. 1ST. HTR	6,878	—	—	—	6,863
CONTAMI.	869	869	878	869	869
### 第3段 # (DEAERATOR)	3,349	3,704	4,040	3,418	4,019
# 第4段 # (L. P. HTR)	1,176	1,187	1,168	1,201	1,176
合 計 抽 気 量 (Kg/H)	30,524	29,341	23,857	29,518	22,946

(4) 主機負荷の影響

主機負荷を必要に応じて、できるだけ経済的に制御するために、通常、各負荷に対応したノズルコントロールが行なわれている。すなわち航海中は、ボイラよりタービン蒸気室に至る圧力降下を最少に保ち、予め決められたノズルグループを適当に組合わすことによつて主機出力をコントロールしている。

しかし、この場合ノズルグループの組合わせは限られており、中間出力のコントロール、大巾な部分負荷のコントロールが必要な場合は或程度の効率低下(含絞り損失)が避けられない。

他方、主機負荷をコントロールする方法としてボイラ圧力を変圧することが考えられる。

そこで、コンテナ船用主機などのように航海中の常用出力範囲が比較的広い場合を想定し、ノズルコントロールおよび変圧によるコントロールの両方についてその性能を比較検討することとした。

a) 対象プラントの概略主要目

。主ボイラ

蒸発量 最大 約95 t/hr
 常用 約75 "

過熱器出口蒸気条件

	圧力	温度
定圧プラント	6.2 kg/cm ² G	515℃
変圧プラント (85%出力時)	6.2 "	515 "
" (100% ")	7.2 "	515 "

(注) 変圧運転時蒸気温度は ATEMPERATOR によつて一定に保たれるものとする。

○主タービン

出力 (PS)	連続最大		
	85%	60%	60%
	29,400	25,000	17,600
入口圧力 (kg/cm ² G)			
変圧プラント	7.0	6.0	4.4
定圧プラント	6.0	6.0	6.0

b) 検討の条件ならびに方針

- ① 変圧タービン、定圧タービンとも85%出力点を設計点としてこのときの蒸気条件、蒸気消費率を同一としたタービンを計画した。
- ② 変圧タービン、定圧タービンそれぞれについて数種の負荷における性能計算を行ないタービン効率、蒸気消費率、抽気圧力などを求めた。第3.2.3図は主機負荷比と蒸気消費率の関係を示す。
- ③ タービンの性能データをもとにプラントの性能計算を行ないプラントの効率を求めた。なおプラントの効率算出にあつては計算を簡略化するため、給水加熱はすべて抽気で行ない給水加熱器は混合式の理想サイクルとした。

(相対的な比較の上では十分な精度が期待できる)

- ④ 変圧運転時、給水ポンプ所要動力はボイラ圧力に応じて減少するので、別途プラント効率への影響を算出し補正した。またこの場合、給水ポンプは抽気駆動が可能であるとし、一方定圧運転時は85%出力以上で抽気駆動、他は緩熱蒸気駆動とした。

給水ポンプの性能は実績をもとにして、第3.2.6図および第3.2.7図のように推定した。

- ⑤ 定圧運転プラントでは部分負荷において過熱器出口蒸気温度がかなり低下するので、この影響を別に算出し補正した。

(第3.2.5図に温度降下の一例を示す)

- ⑥ 変圧運転時のボイラ効率の変化についても検討した。

ハ 検討結果

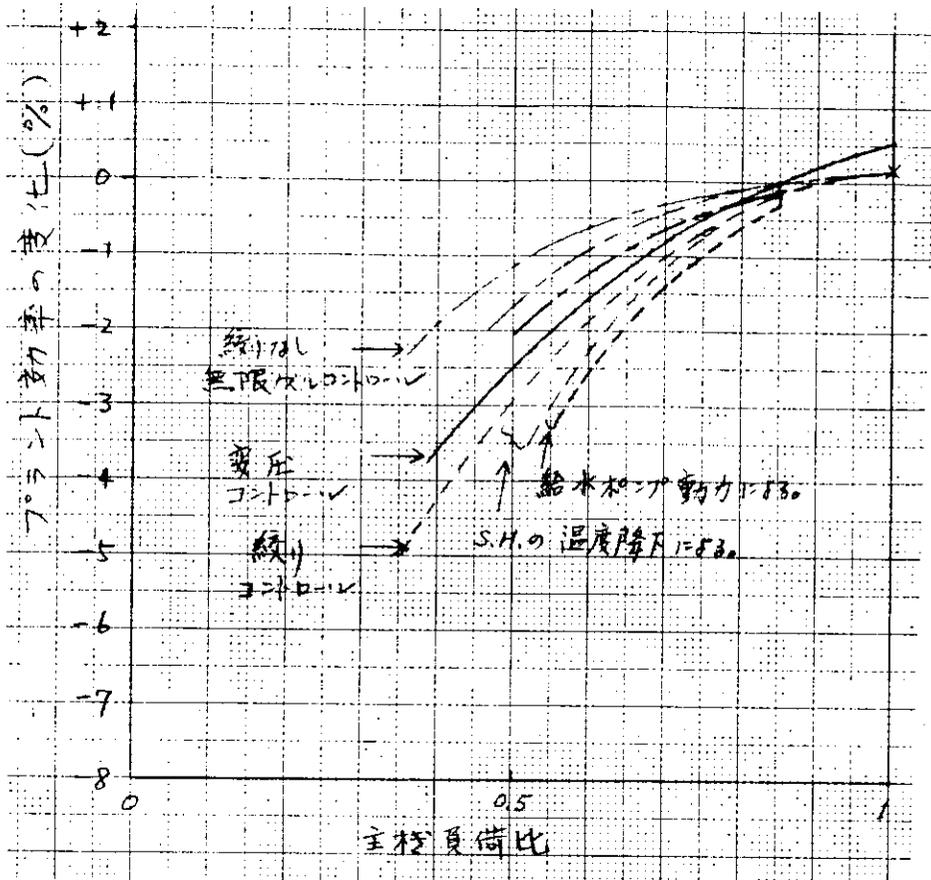
- ① 主機負荷比とプラント効率の関係を第3.2.2図に示す。同図に示すようにノズル弁の組合わせで絞ることなしにコントロール可能な主機負荷では、定圧運転のほうが変圧運転よりも若干有利である。船用プラントの常用負荷範囲がコンテナ船などを考えても約60%までであるとすれば、ノズル弁コントロールは可能であり、効率面からみた変圧運転の必要性はないようである。

ただし、変圧運転の場合、給水系統の圧力は低くなるので保守上のMERITは期待できる。

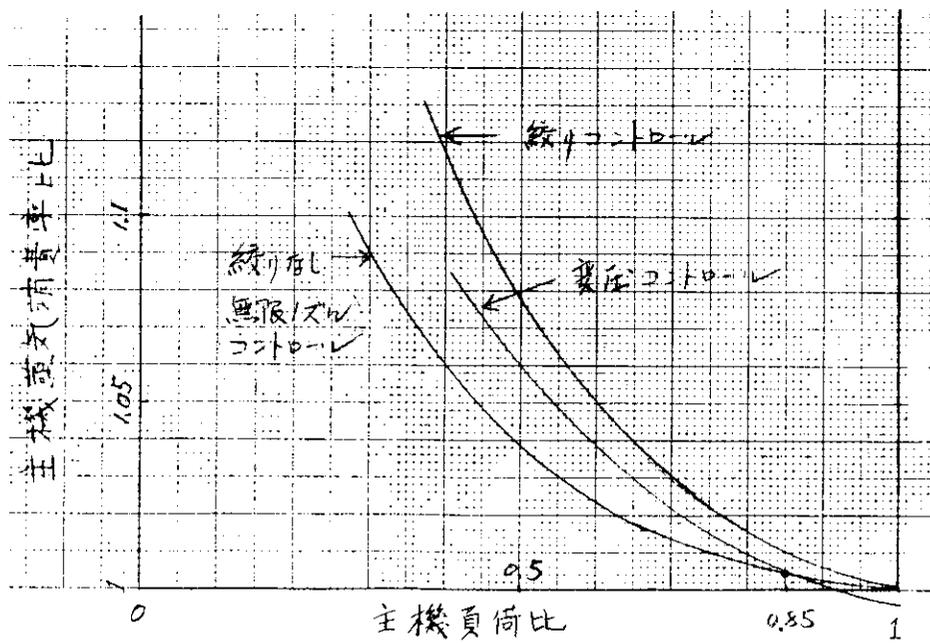
- ② ボイラ蒸発量比とボイラ効率の関係を第3.2.4図に示す。

これからわかるようにボイラ効率は変圧しても負荷にかかわらずほとんど変らない。

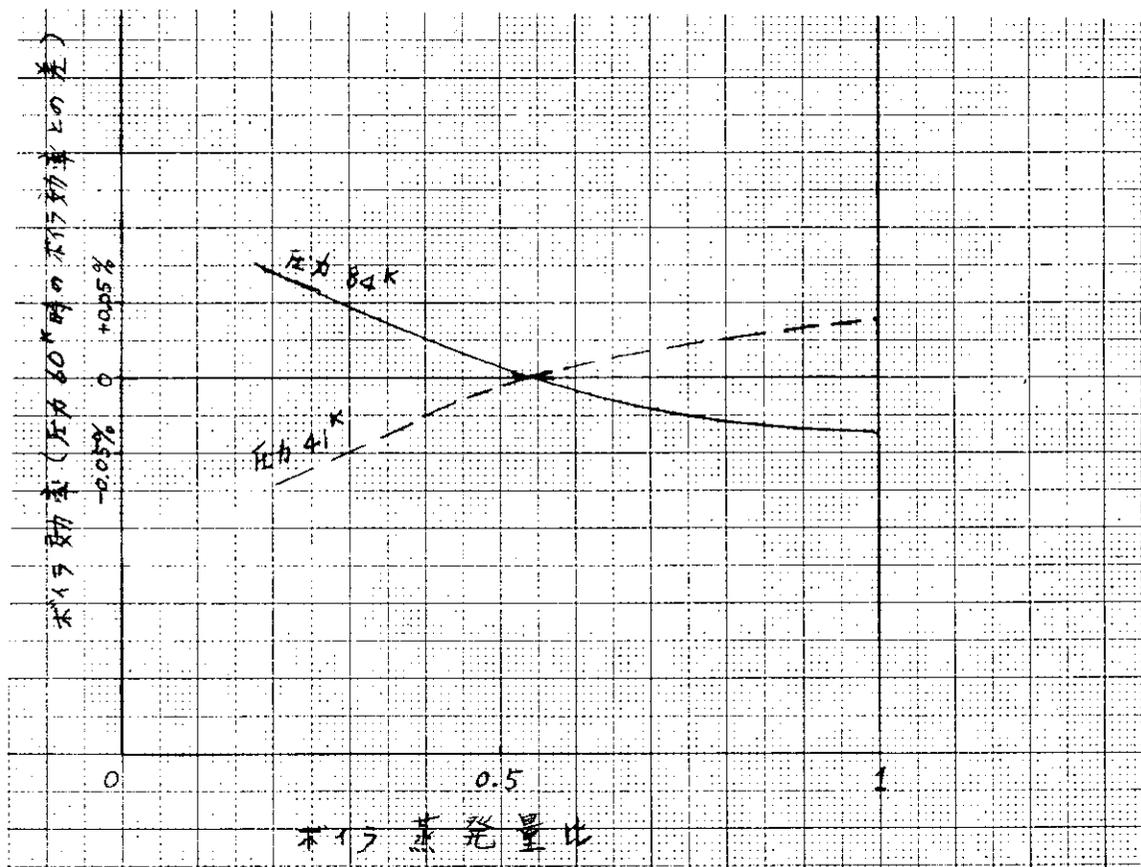
変圧運転時の問題点としてボイラ圧力の低下によりエコノマイザでのSTEAMING現象が懸念され、これに伴ってTER HAMMER 給水加減弁でのVAPORIZINGなどが問題となる。



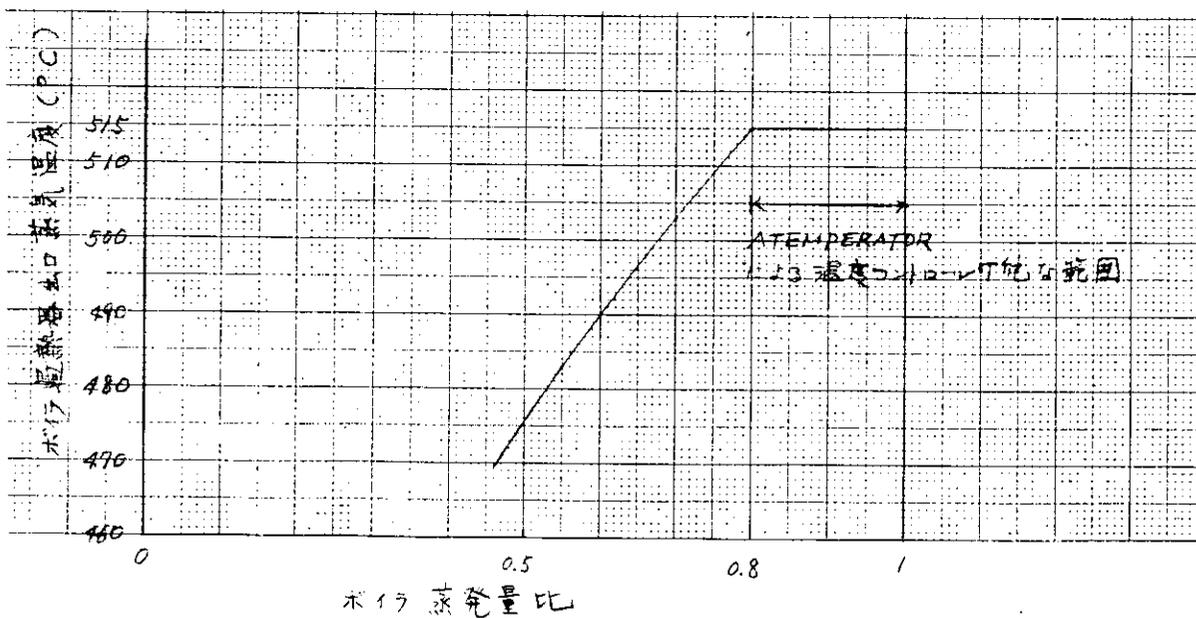
第3.2.2図 プラント効率



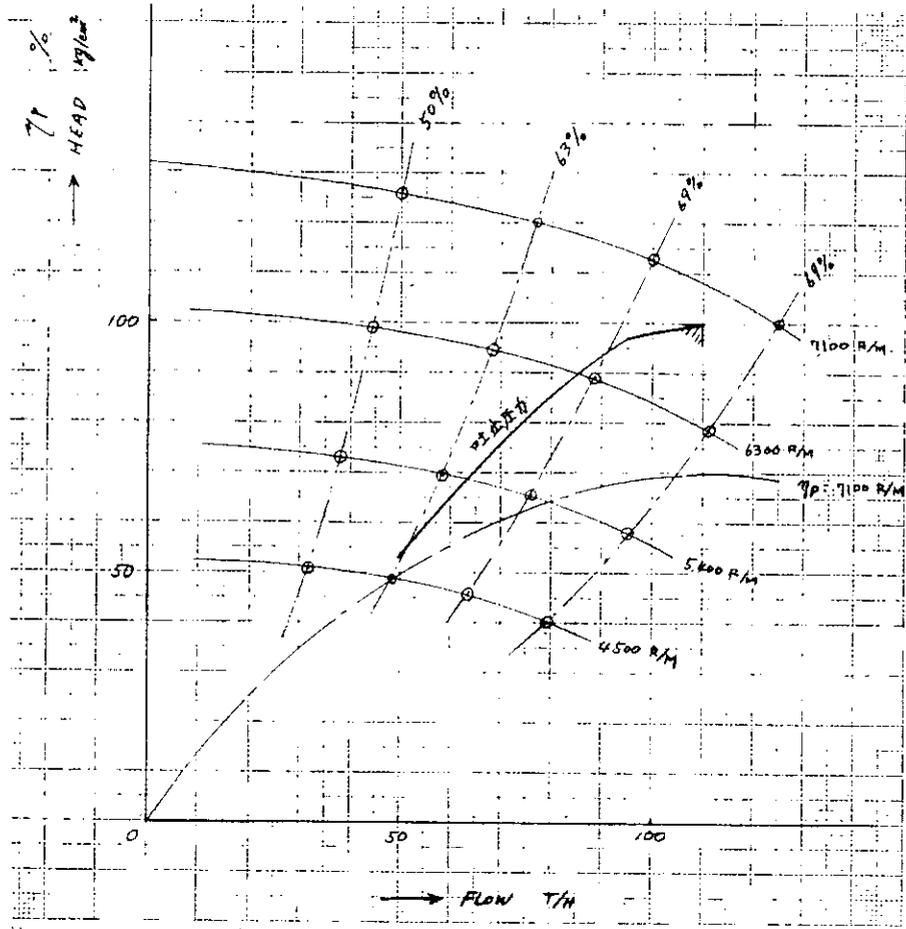
第3.2.3図 主機蒸気消費率



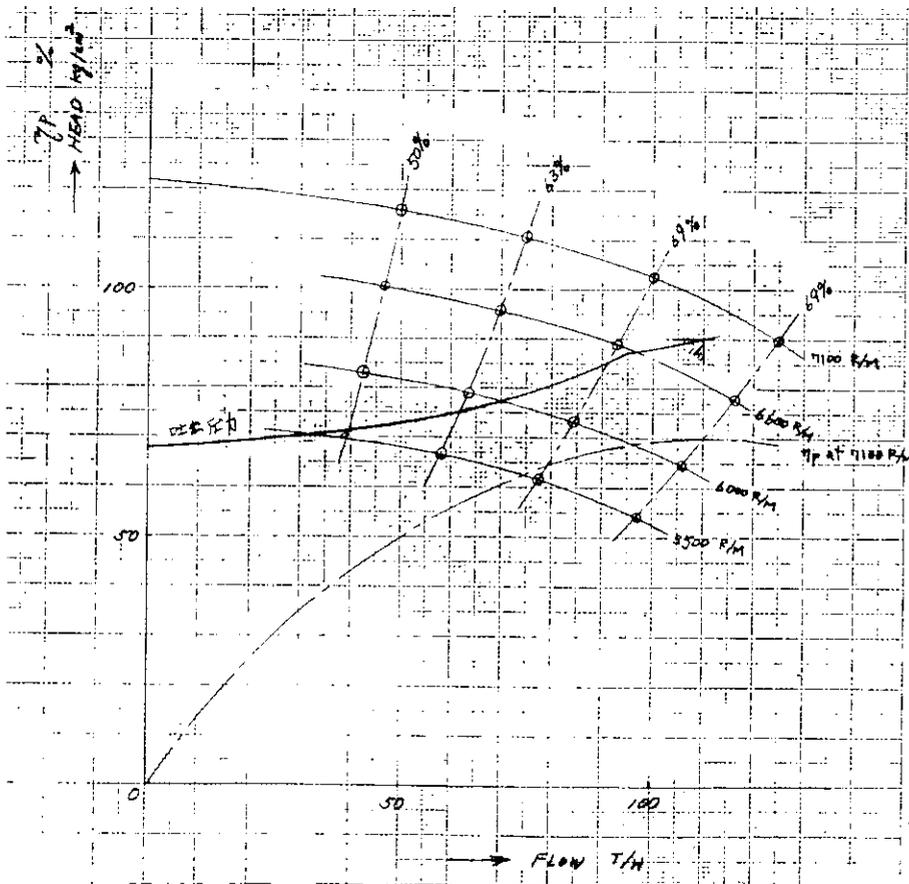
第 3.2.4 図 ボイラ効率



第 3.2.5 図 定圧運転時のボイラ過熱器出口蒸気温度



第3.2.6図 給水ポンプ性能(変圧用)



第3.2.7図 給水ポンプ性能(定圧用)

(5) 総合的検討

上記検討の結果を総合すれば、既存プラントについて外部条件すなわち、海水温度、発電機負荷主機負荷が変化した場合、運転方法の改善によるプラント効率向上の余地はあまり多くを期待できないことが判明した。

また、抽気条件すなわち高圧給水加熱器故障時の抽気切換についても同様である。

しかも、上記各条件がプラント効率に及ぼす影響（パーフォーマンスインデックス）は予め特定のプラントについて予測することが可能であつて、たとえいくつかの条件が重なつたとしてもそのときの影響の度合を大略推定することはそれほど難かしいことではない。したがつて、最適制御（外部条件の変化に応じた適応制御）によるプラント効率の改善がせいぜい0.5～1%ほどしか期待できないことを考慮すれば、このために電子計算機の規模を拡大してそのつど最適化計算を行なわせるのはあまり得策でない。むしろ、決められた電算機の規模の範囲内でプラントの効率に及ぼす各種影響度のデータを予め記憶させ、外部運転条件の変化に応じて取扱者に運転操作のガイダンスを与えることのほうがより実用的かつ経済的と考えられる。

3.2.2 最適制御のための基礎調査

3.2.1で最近の船用プラントにおいては、通常の船舶の運航中に生ずる状態の変化に対し、現装のアナログ制御装置および手動による操作によつて効率最高に比較的近い状態で運転されているものであること、およびこれをさらに最高効率に近づけるのに電算機を導入して操作を行なわせて得られる効率改善の度合いは、それを手動で行なう場合に比し1%以下の程度であるとの予想がつけられた。

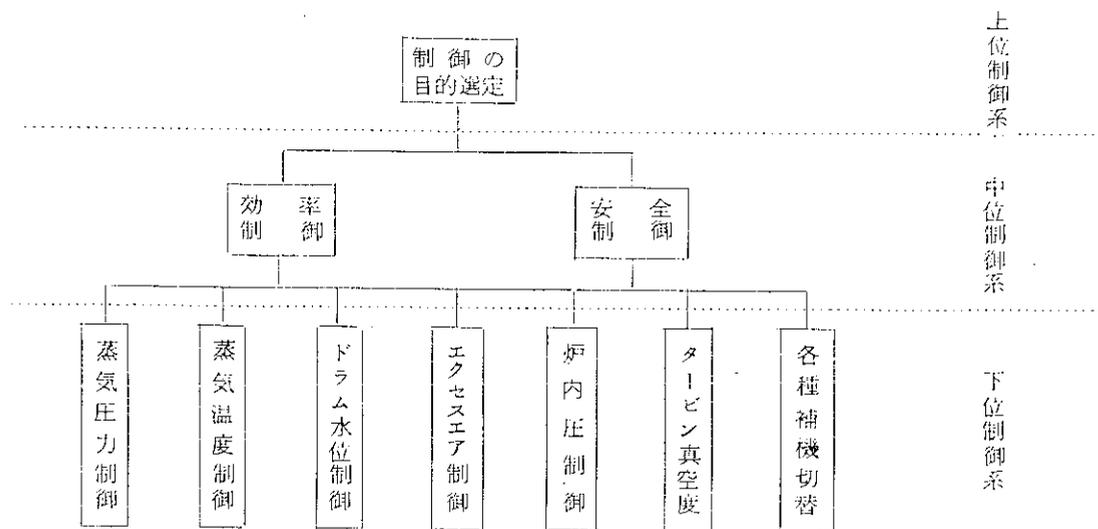
この程度であれば、特にその目的のために電算機制御を行なつても、メリットとはならないが、プラントが非常に特殊なプラントである場合、プラント出力が非常に大きい場合、または運航状態が大幅に変動し、そのいずれの場合でも高い効率が要求される場合等には最適制御のために電算機を利用することも考えられるので、最適制御のための基礎的な調査として、火力プラントにおいて一般に考えられる最適制御について調査を行なつた。

3.3節において述べるように火力プラントにおいても最適制御または適応制御を採用しているプラントはきわめて少なく、技術的にはいまだに多くの問題が残されていると見られる。

(1) 火力プラントにおける最適制御

3.3節で述べるように火力発電所で全自動化を採用した例は少なく、国内にはまだその例がない。したがつて全自動化の主要な部分である最適制御は将来の問題である。

将来の火力発電所の通常運転時の制御システムの予想図の一つを掲げれば下図の通りである。



この階級制御系は上位、中位、下位の制御系からなりたつており、上位の制御系は火力発電所がどの点に注目して合理的な運転を行なうかをきめる装置である。すなわち火力発電所の制御の目的を選定する装置である。（船舶の場合でいえば、出力いくらでプラントを運転するかというようなことを定めることに該当しよう）。

中位制御系では効率の向上とか安全運転等の目的が定まると、それに従って最も適した火力発電所の状態量を電算機で計算し、下位制御系の制御量を設定する。効率制御はこの中位制御系に相当するものである。これら階級制御システムが真価を発揮するためには各位の制御系が最適に動作することが必要である。すなわち階級制御システムの最適制御は各位の制御系の最適制御が中心になつて行なわれる。

(2) 火力プラントにおける適応制御

火力発電所の動特性は運転条件や運転状態によつて大きく変化し、そのために制御特性が大きく変化し、ときには制御系が不安定になり自動運転が困難になることすらある。このようなときに適したのが適応制御方式である。したがつて適応制御を行なう場合は、動特性の自動測定は非常に重要となる。

(3) 火力プラントにおける効率制御

火力発電所の状態量に対する効率特性は応答が非常におそく、ノイズが多いため、まだほとんど把握されていない。

そのために最適効率点を探索する極値探索制御の方法が研究されてきた。プラントの各種の状態量から効率計算をし、前時刻の効率値と新しい効率値と比較して、最適効率値を求める方法である。操作変数として過剰空気率をとる方法の研究が従来なされてきたが、低負荷時におけるプラント効率の制御という観点から蒸気圧力を操作変数にする研究もなされている。プラント効率は応答が非常におそいので最適点に達するまでに数時間を必要とし、まだ実用化の段階ではない。

3.3 火力プラントの電算機制御の現状

3.3.1 電算機制御採用の現状

世界における業種別にみたプロセス制御用計算機設置の実績数は Control Engineering 誌 March 1967およびJuly 1968によれば次のとおりである。

この表によれば電力業界におけるプロセス制御用の電算機使用は全体の17~20%を占めている。上記1,571台の内D/C採用はわずかに43台であった。

米、欧州、日本における火力発電所の電算機採用状況はそれぞれ第3.3.1表、第3.3.2表、第3.3.3表、および第3.3.4表のとおりである。

火力プラントにおいては、電算機導入の度合いを通常次の4種類のステップに分けている。

火力プラントの電算機導入の点で一番進んでいる米州において、一時STEPⅣと見られるプラントが若干建設されたが、その後反省期に入り、現在はSTEPⅢ-Aが一般化しつつある。日本においてはSTEPⅡに足を踏み入れたところで一部STEPⅢ-Aが計画されている状況である。

	Mar. '67	July '68
石油および化学	386台	562台
金属	260台	397台
電力	324台	504台
その他 (セメント、ガラス、紙、ゴム、繊維、交通、宇宙、研究、etc)	601台	1,427台
合計	1,571台	2,890台
前年との差	219台	1,319台

STEP I	データロギング、性能計算
STEP II	STEP I + 運転監視 (シーケンスモニタリング)
STEP III-A	STEP II + 計算機による自動起動停止
STEP III-B	STEP II + " 効率制御
STEP IV	全自動化

第3.3.1表 米州における自動化発電所

年度	発電所名	計算機	自動化の程度	年度	発電所名	計算機	自動化の程度
'58	Sterlington	Day	全	'64	Indian River	有	B
'61	Little Gyksy	Day	全	'65	Hudson	WE	全
'62	H. F. Lee	Day	全		Bullrun	TRW	全
	River Side	RCA	全		Roid Gardner	無	B
	Sewaren	WE	全		Cunningham	BM	B
	Huntington Beach	GE	全		Potero	有	B
	Canadys	GE	全		Harlee Branch	WE	B
	Alamitos	GE	全	Marshall	GE	T	
'63	Douglas Point	Day	全	F. A. Tracy	無	B	
	Mc Donough	GE	全	'66	Sabino	有	(全)
	Etiwanda	GE	全		Quindaro	有	B
	Paradise	TRW	全		Crystal River	GE	B, T
	Brayton Point	RCA	T	Siou	無	B	
'64	B. L. England	無	-	'67	Willow Glen	有	(全)
	Wilkes	無	B		Keyston	有	B
		Sunrise	無	B			

(1) 全 : 全自動 (自動化の範囲が広いことを示す)

(全) : 将来全自動化

B : バーナ自動制御

T : タービン起動の自動化

(2) 1963年以前は部分的自動化の発電所不明のため除く。

(3) モニタ、性能計算のみ行なうものは除く。

第 3.3.2 表 米国における計算機設置状況

年	作表のみ	作表の制御	新設発電所での計算機設置割合%
1958	2	1	
1959	0	0	
1960	3	1	8
1961	7	5	27
1962	8	3	29
1963	15	11	64
1964	11	5	29
1965	15	4	45

第 3.3.3 表 欧州における電算機設置火力発電所

国名	発電所	出力(MW)	性能計算	自動起動	記録開始年
ソ 連	Crec 2	50	○	○	1960
	TETS - 12	"	"		1962
	ズミエフスカヤ	200	"	○	1965
	TETS - 21	2×100	"	"	"
	不明 (貫流ボイラ)	200	"		1966
	不明	"	"	○	?
	不明	500	"	"	?
	不明	800	"		?
西 独	Westfalen	2×176	○	T	1965-66
	Ingolstadt	2×150	"	△	
	Hoiskraftwerk				
	Hamburg Hafen	80	"		1965
	Weatrholt	150	"		"
Frimmersdorf	300	"		1966	
仏	St Quen 1	250	○	△	1963
	" 2	"	"	○	1966
	Porcheville	125	"	"	1963
	Champaign	250	"		
英	West Thurrock	200	○	○	1964
	Fawley	4×500	"	"	?
伊	La Spezial 2	2×320	○		1963-64
	" 3	?	?	?	?

△：リレー回路による自動起動装置がある。

T：リレー回路によるタービン自動起動装置がある。

第 3.3.4 表 日本における電算機使用発電所

会 社	発 電 所	出力 (MW)	機 能	入 力 数	記 憶 量	作 表 点	運 転 開 始 年
北 海 道 電 力	滝 川	75	1.2	72	4D	70	62
	"	"	"	79	5D	71	"
	"	"	"	77	4D	75	"
	新 江 別	125	1.2.3	106	4D	111	63
	"	"	"	100	5D	112	64
	"	"	"	106	4D	111	65
東 北 電 力	仙 台	175	1.2.3	172	4D	160	63
	新 潟	125	"	117	1C	48	"
	"	"	"	121		48	"
	八 戸	250	1.2.3.4		8C+3.2D		67
東 京 電 力	横 須 賀	350×2	1.2.3	789	48D	112	64
	"	"	"		64D		66, 67
	横 浜	350			8C+3.2D		67
	五 井	350×2	1.2.3.4		8C+64D		66, 67
	姉 ヶ 崎	600	1.2.3.G.B		8C+64D		67
中 部 電 力	三 重	125	1.2.3	93	5D	103	62
	尾 鷲	375×2	1.2.3	439	64D	280	64
	知 多	375×2		1,405	64D	98×2	66
	"	500		2,391	8C+64D		68
北 陸 電 力	富 山	156	1.2.3.4	87	8D	45+45	64
	"	"	1.2.3.G		4C+ 8D	45+45	66
関 西 電 力	堺 港	250×2	1.2.3.G	1,124	8C+3.2D	200	64
中 国 電 力	水 島	125	1.2.3	108	4D×2	106	62
九 州 電 力	新 小 倉	156	1.2.3.G	85	5D	65	62
	唐 津	156	1.2.3.G	263	31D	90+24	67
四 国 電 力	新 徳 島	220	1.2.3.G				68

1 : データロガ

2 : 警 報

3 : 性能計算

4 : タービン起動

G : ガイドモニター予定

B : パーナ制御

3.3.2 火力発電所の電算機制御の一例

火力発電所の電算機制御の一例として東京電力五井火力発電所5号・6号機に採用されている電算機制御の内容を調査した。発電所の要目下記のとおり

1号から6号機までであるが、その内電算機制御を行なっている5、6号機の要目は下記のとおり。

	5号機	6号機
発電機	1×448,000kVA (350,000kW)	1×448,000kVA (350,000kW)
ボイラ	1×1,126t/h	1×1,129t/h
熱効率	39.8%	39.8%
竣工年月	昭43.1	昭43.3

この2基を一つの制御室で制御し、そこに制御用電算機を設置している。

このプラントの制御に関し調査の結果判明した事項は下記のとおり。

(1) 運転員の数等

5号、6号両プラント合計で 16名

内訳	運転課長代理	5号	1	6号	1
	当直主任		1		1
	発電機担当		1		1
	タービン担当		1		1
	ボイラ担当		1		1
	巡回監視員		3		3

8時間交代制

近く13名に減員の予定。(Trip時の要員としてこの程度の員数は必要と考えている。)

(2) 整備員

上記運転員と別に整備員が約100名いる。

技術課(50名) 内計器制御担当 14名 水油の管理 14名

補修課(54名)

ここは2交代制でやっている。

(3) 電算機の稼働率

一般に最初の6カ月間で99.5%(プリンターも含める)の稼働率が目標値とされているが、それからみると概ね満足できる状態にあるとのことであつた。

(4) 現在のメモリーは運転後メモリー内容追加でFullになつてしまった。メモリー容量はもう少し欲しいとの意見であつた。

(5) 現在までに発生した故障としては、周辺機器はまあまあというところ、プリンターの故障は定期的に発生する。センサーはDriftの多いものが若干あります。プログラムは仕様がまずい点ありという状況であつた。

(6) 保守の目的にはコンデンサの掃除程度にしか利用していない。

(7) 電算機取扱者の技術レベル

電算機メーカーで講習を受けてきた人が電算機関係の保守点検プログラム改良などをする。この作業は昼間勤務者がする。夜間に故障した場合は調べる程度しかしない。

(8) 電算機があつてもプラントの保守作業は減少しない。逆にふえているのが実情である。

電算機はスキャン以外の特別の監視はしていない。

(9) 電算機は本体は年1回、周辺機器は3カ月に1回メーカーの手で点検するのを保守基準としている。

(10) プラントトリップの実例

起動中に時々トリップすることがある。そのときは操作を最初にもどしてやりなおす。負荷運転中のトリップは各基1年に1回くらいおきる程度。

(11) 電算機を採用することによる経済的メリット

現在のところ不明である。なお昭和50年には労働力が底をつくとの見通して省力化がぜひとも必要であり、その意味で電算機を導入していると考えられ、現在16名の運転当直員を11名に減員することを目標としているとの説明であつた。

五井5、6号火力発電所電算機制御システムの概要

1. システムの構成

第3.28図は五井5、6号計算機システムの構成である。第3.30図にその本体の外観、第3.29図に中央操作室の配置を示す。以下簡単に各装置の説明を記す。

(1) 本体

本体は入出力盤を含め10面のキャビネットで構成される。概略仕様は次のとおりである。

形 式	TOSBAC 7000B
	全シリコン半導体式
記憶装置	a) 磁気コア 16,384語 メモリサイクル(動作時間) 5 μ S
	b) 磁気ドラム 65,536語
演算装置	語長 24ビット(2進24桁)
	並列演算方式
演算速度	加減算 10 μ S
	乗 算 26 μ S
	除 算 32 μ S
割込装置	48レベル(48入力まで可、現在33入力使用)
	時間用割込入力、ドラム、タイプライター等、周辺機器およびパルス積算入力
入力装置	A/D(アナログ-デジタル)変換器:逐次比較形12ビット
	低レベル直流アンプ:10、20、40、80mV対10V
電 源	単相3線式、交流230V

注) 入力、出力については、第3.30図システムブロック図参照

(2) オペレータデスク

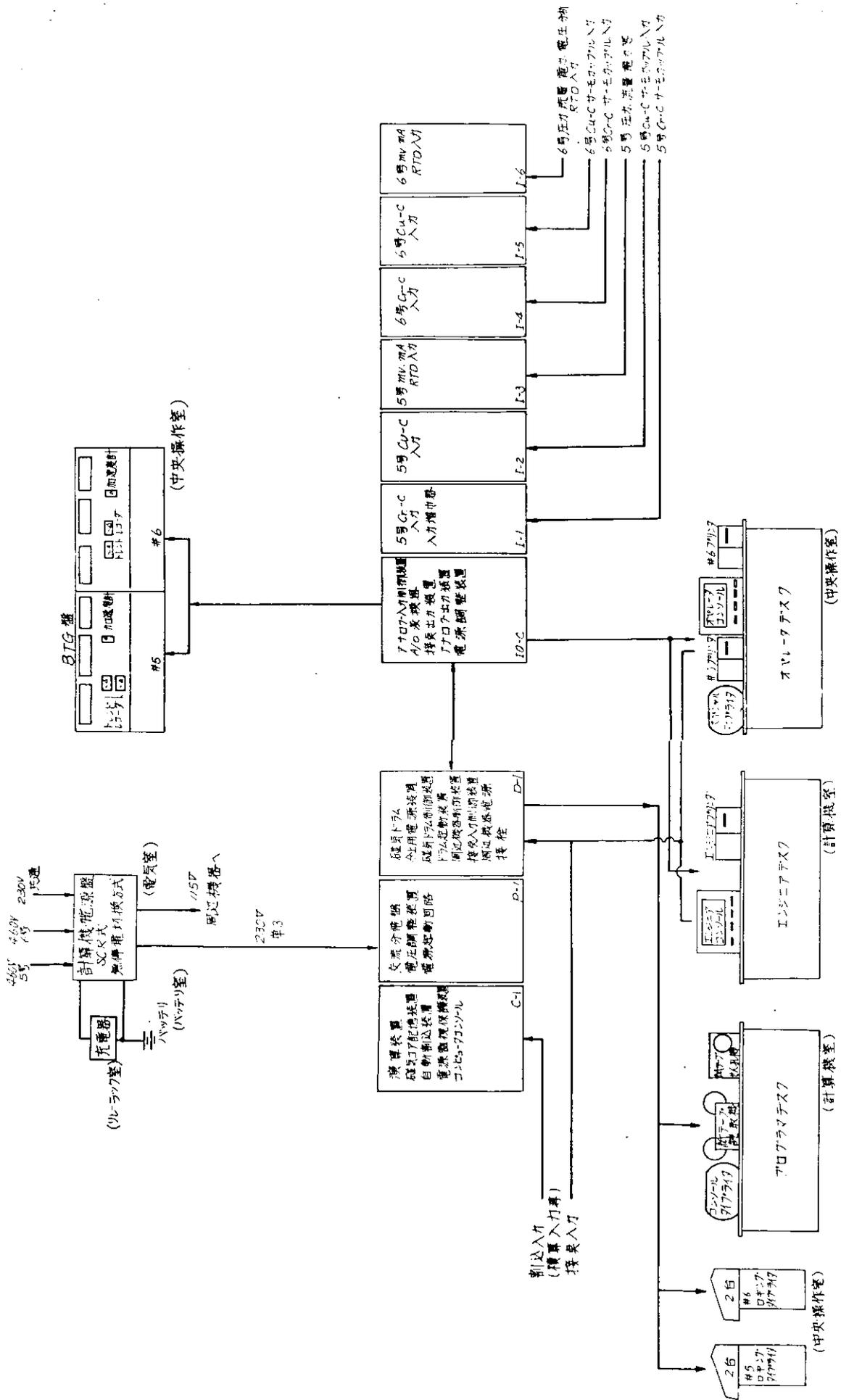
オペレータが計算機に種々の機能(データ打出し、データ挿入、^{注)}T S I等を要求するためのオペレータコンソール、警報および要求打出し用のデジタルプリンタ2台、スポットデータ、スペシャルログ、T S I等の打出し用としてスペシャルタイプライター1台を備えている。またオペレータコンソールにはT S Iのステツプ表示窓もあり、オペレータと計算機の情報交換を行なう装置として重要なものである。

オペレータコンソール : フアクション窓35、挿入データ $\pm 0.00-99999$

第3.31図はオペレータコンソールの外観である。

デジタルプリンタ : 東芝製11桁 うちデータは5桁、速度5桁/sec

注) T S I : タービン起動監視プログラム



第 3.28 図 システムの構成

(3) エンジニアデスク

エンジンコンソールとデジタルプリンタ各1台を備えている。警報時の自動打出しが無い他はオペレータコンソールに全く同じである。

(4) プログラマデスク

プログラム修正作業(デバック)に必要なコンソールタイプライタ、紙テープせん孔機紙テープ読取機各1台を備えている。これらの大半は、本体コンソールの操作時に駆動されるが、紙テープせん孔機は、日、旬、月報の自動打出しにも使用される。

紙テープせん孔機：東芝 8チャンネル紙テープ用 速度120キヤラクタ/sec

紙テープ読機 : " " 200 "

コンソールタイプライタ：スペシャルタイプライタに同じ

(5) ロギングデスク

各ユニットに2台ロギングタイプライターを備えており、従来の運転日誌に代る記録および性能計算の結果を周期的に打出す。

ロギングタイプライタ：IBM 286字 速度10字/sec

(6) トレンドレコーダ

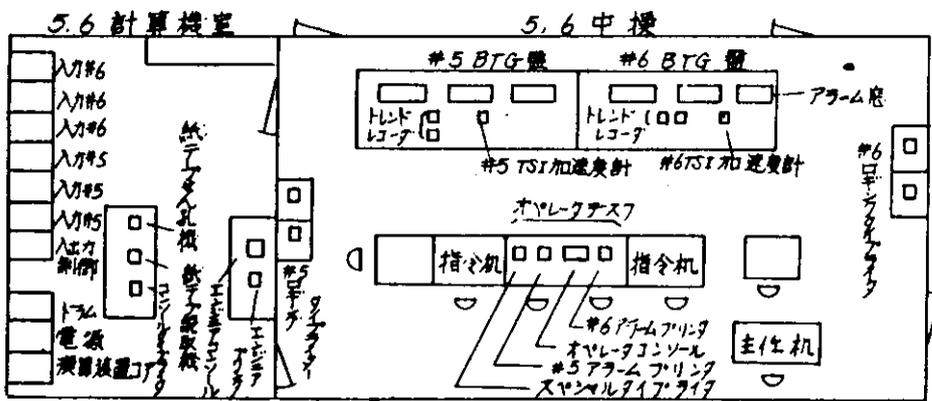
各ユニットBTG盤に3ペンレコーダを2台ずつ備えている。このレコーダにはプラントの任意のアナログ入力点または計算出力を12点まで、記録させることができる。

3ペンレコーダ：島津製 入力1~5mA 指示0~100%

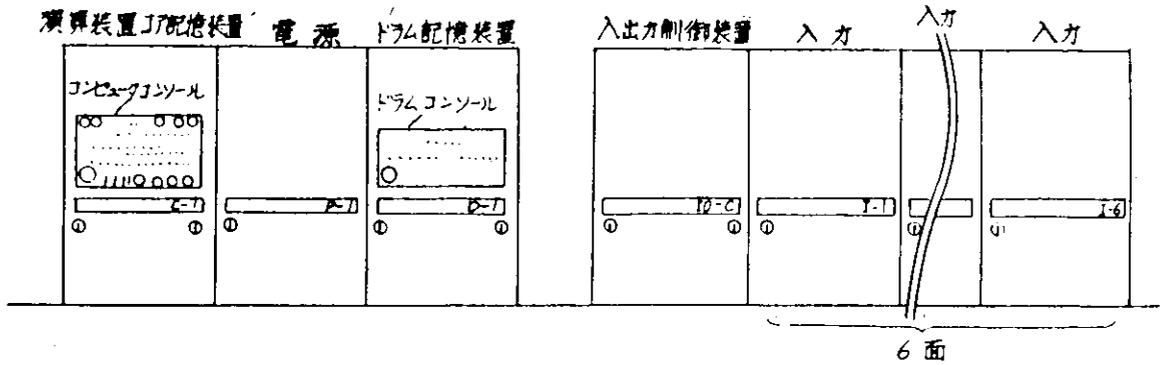
(7) 電源装置

計算機電源盤は2階電気室に設置してある。常時460Vロードセンタより受電し、整流器インバータを通じて単3、230Vの定電圧として計算機に供給している。460V入力喪失したとき、自動切替により専用のバッテリー装置からその入力を得るようになっている。

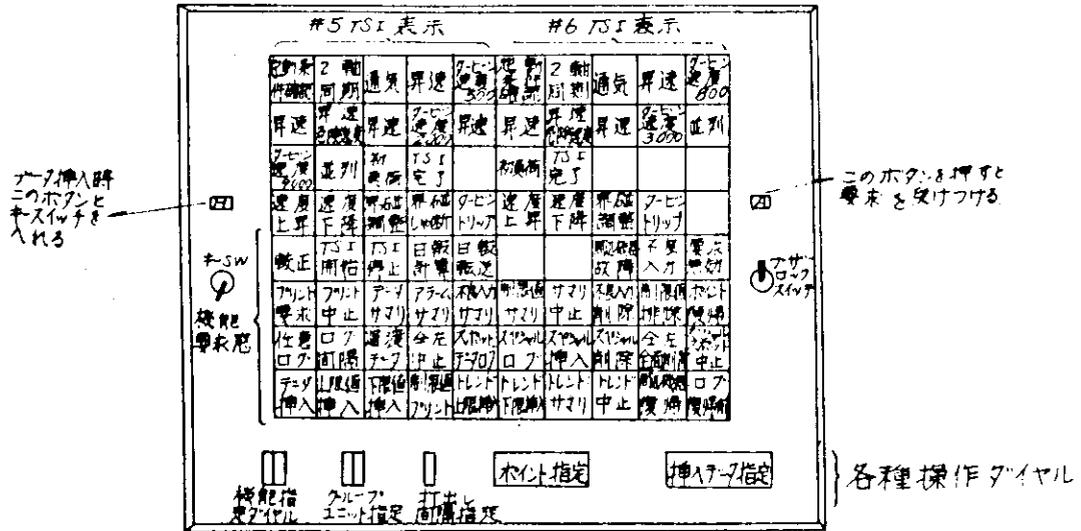
また手動切替により230Vロードセンタからの電源をインバータをバイパスして使用することもできる。



第3.2.9図 中央操作室、計算機室配置図



第 3.3.0 図 本体の外観



第 3.3.1 図 オペレータコンソール外観

2. 計算機の機能 (仕事)

2-1 定常的な機能

計算機がオンラインで働いている以上最低次の機能を実行する。

(1) 入力走査

アナログ入力はその重要度に応じ 5 秒、15 秒および 1 分のいずれかの間隔で走査をし記憶する。5 秒ごとに走査する入力株発電機電力および給水流量である。

5 秒走査 6 点、15 秒走査 16.5 点、60 秒走査 68.2 点、計 85.3 点。

接点状態は 2 秒ごとに走査し記憶する。5 号、99 点、6 号、98 点。

燃料油流量、積算電力量等はパルスで入力し、このパルス数を 5 分ごとに集計している。これらの走査された入力は、あるものは性能計算に、また TSI、スポットデータおよび起動変圧器監視等に用いられる他、すべての入力はオペレータおよびエンジニアコンソールからの要求によりプリンタ、タイプライターに打出すことができる。

(2) 警 報

アナログ入力は走査されたあと、予め決められた制限値と比較し、これを越えていれば BTG 盤に警報するとともにプリンタに値を打出す。

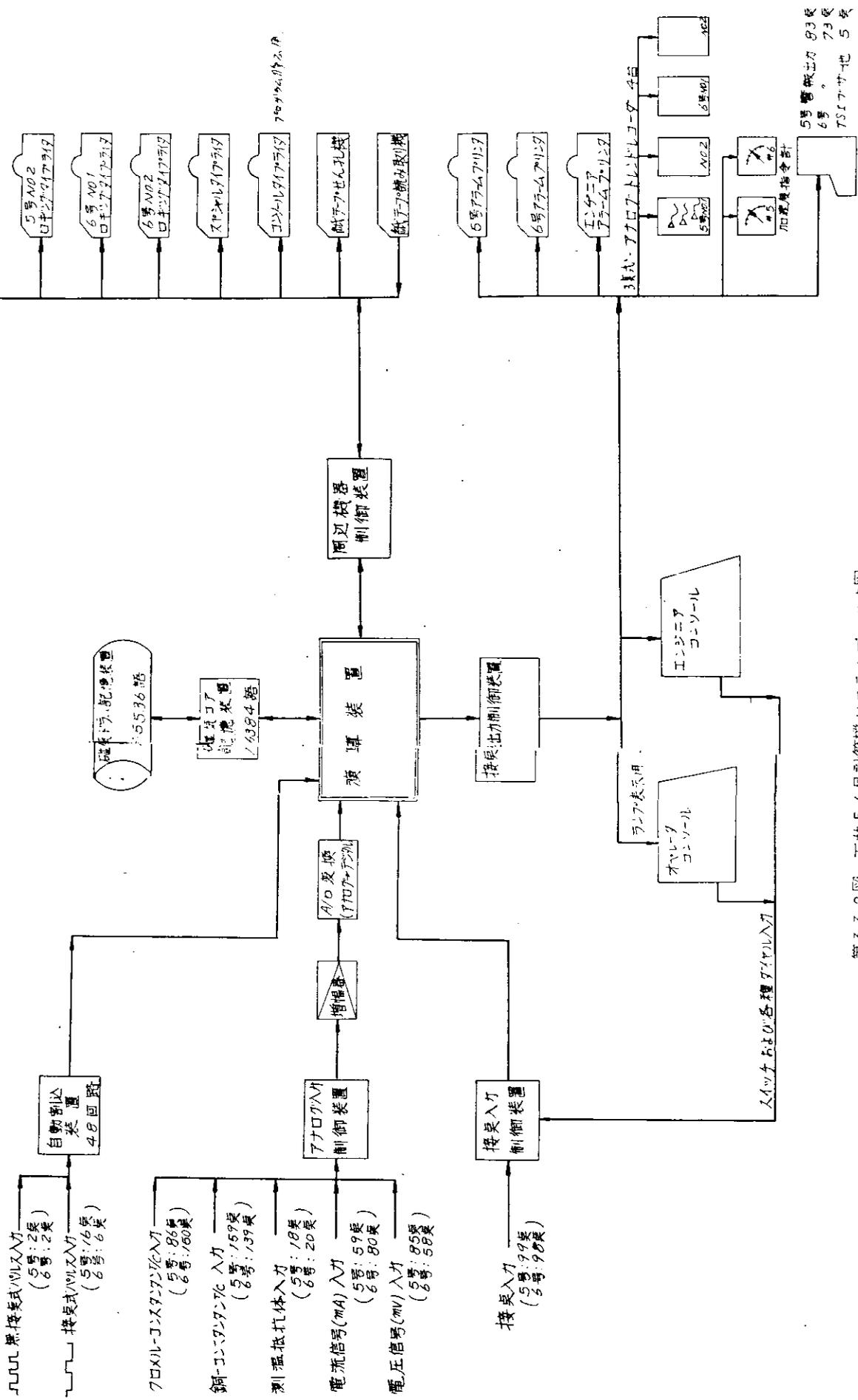
また、あるものについては、変化率、温度差等計算した結果を制限値と比較するものおよび、制限値そのものを他入力の商数として計算し、警報するもの (可変制限値警報) もある。

5 号警報数値 80 点、 6 号 79 点

(3) 性能計算

5 分ごとに性能計算を実施する。計算項目はボイラー室効率、タービンサイクル熱消費率、ユニット正味熱消費

フロント入力



第 3.3 図 五井 5.6 号計算機システムブロック図

率、発電端効率、所内率、高圧タービン内部効率、中圧タービン内部効率、復水器性能およびヒータ性能等である。

計算した結果はコンソールから予め指定された時間々隔で2台/ユニットのロギングタイプライタに打出す。また24時間には一日のまとめ(24時ログ)と日報、10日ごとに旬報および1か月ごとに月報を打出す。

ロギングしない計算結果はコンソールからの要求で任意に打出すことができる。

(4) 起動変圧器監視

起動変圧器の負荷状態を常時監視しており過負荷になつたときには、特殊な計算を行なつて、変圧器に寿命損失を与えないでかつ有用な過負荷運転を行なりよりスペシャルタイプライタに情報を出す。

2-2 コンソールから要求できる機能

(1) プリント機能

計算機に読み込まれるすべての入力および重要な計算値には、それぞれ個有の識別番号がついており、任意に打出すことができる。

(2) デジタルトレンド

指定間隔5秒(1点/ユニット)、または15秒(3点/ユニット)ごとにプリンタに打出す。

(3) アナログトレンド

12点/2ユニットのアナログ入力または計算値をトレンドレコーダに連続記録させる。アナログ入力は5秒ごとに更新する。

(4) 集約打出し(サマリ機能)

データをまとめて打出すこと(データサマリ)、警報状態にある項目をすべて打出すこと(アラームサマリ)、不良入力をすべて打出すこと(不良入力サマリ)、および制限値をまとめて打出すこと(制限値サマリ)ができる。

(5) 走査中止、制限値比較中止

不良と思われるアナログ入力は、その走査中止をすること。および制限値比較をとり止めることができる。当然復帰することもできる。

(6) データ挿入、制限値プリント

計算に使用する定数のうち燃料油発熱量等および制限値は自由に変更することができる。また任意の点の制限値を打出すことができる。

(7) 較正

入力交換器を較正する場合、この機能により読み込み電圧(変換器出力電圧)と単位変換した値とを同時に打出すことができる。

(8) スポットデータログ

予め決められた、20項目×16グループのデータを1グループずつスペシャルタイプライタに打出すことができる。周期的(5分または1時間)に打出すこともできる。このデータは、プラント起動の各ステップで状態把握に必要な項目を20点ずつまとめたものである。

(9) スペシャルログ

1グループ20点が2ユニットで8グループあり、グループ内の項目は任意に指定することができ、1グループずつスペシャルタイプライタに打出す。周期的に打出すこともできるプラントの諸試験、性能計算チェック等に使用すると便利である。

(10) 定時ログ打出し

タイプライタの故障等で、ログシートに打ち損じた場合は、この機能により前回の定時ログを打出すことができる。

(11) 任意ログ打出し

定時ログ項目と同じ項目を任意の時間に打出す。

(12) ログ間隔変更

定時ログの打出し間隔には5分、30分、1時間の3種があり、コンソールより指定できる。

(13) 過度データ打出し

決められた20点/ユニットのデータを要求時点の前後5分間にわたって15秒間隔で打出す。これはまたプラントトリップ信号によつても打出す。

(14) T S I

5.6号別々のプログラムをもっており、タービン起動時コンソールから要求すると以後初負荷キープ完了まで、起動に必要な計算、監視を行なるとともに、コンソールと荷速度指示計に操作上必要な指示を示す。

オペレータは、この指示により昇速すればよい。

3.3.3 船用プラントの電算機制御に参考になる事項

(1) 電算機の適用範囲

火力プラントにおいては前述のごとく米国において一度全自動化を目標として電算機が適用されたが、その成果に必ずしも満足ではなく、また実際面でそれを必要とするほどでなかつた点もあつて、その後のプラントは一步後退した適用範囲となつている。

このことは電算機を船用プラントに適用する場合に十分考えねばならないことであつて、D D Cとして電算機を使用する場合は、操作に人間の判断を必要としない点が便利であると同時に、制御のソフトウェアとハードウェア両者いずれも完璧なものでなければならぬ。

したがつて最終的にはこのような用途に電算機を利用するのが理想ではあるが、製造者と使用者の両者が一歩ずつこの理想に近づく着実な道を経ていくことが好ましい。

(2) 電算機制御系統の調整

火力プラントにおいては、プラントが運転状態に入つてから、電算機制御系統の調整が始まる。調整が開始されてから完全に調整が終了するまで早くても6カ月、長いものは約1年を必要としている。この間プログラムの不備の発見、プログラムの改訂、改訂プログラムのテスト等も行なわれるが、これらはいずれも火力プラント運転員が行なつている。

船舶においてはプラントが起動してから引渡しまでは約1カ月であり、この間電算機制御系統の調整が可能な期間はごくわずかである。

したがつて本格的なチェックや調整を行なうためには、プラントの引渡前運転時間を十分永くとるか、さもなければ引渡後の実際航海中にチェックや調整を行なう必要がある。しかしながらこれらはいずれも従来の慣習とは著るしく異なつたことであり、また実際的ではないので、今後タービンプラントに電算機を導入する場合は、調整を最小限ですませうような努力が必要であるが、当分の間初期段階では引渡前または後に十分調整作業を行なうような特別な配慮が必要であろう。

(3) 電算機の導入と運転人員の削減

火力プラントにおける運転員は、運転と監視を業務としており、整備や修理の作業は別の技術者によつて行なわれる。したがつて運転員の就労体制はそのまま現在の船舶の就労体制と比較することはできないが、前述のごとく30万KW程度の電算機を使用する(STEP II)プラント2基につき毎直約16名が当直に当つている。これに比し船舶においては毎直2名~3名が在来プラントの操作と監視を行なつている。

このような見地からすると船舶のタービンプラントに電算機を導入した場合の就労体制は火力プラントからの演習としては求められず、船舶として独自の考察によつて求めなければならぬと考えられる。

3.4 タービンプラントの電算機制御の問題点

前述の各種作業を行なうことによつてタービンプラントの監視、ロギング、異常診断、事故防止操作、起動操作を電算機によつて行なわせる場合の概略の見当をつけることができたが、同時に次のような問題点が明らかとなつた。

(1) DISPLAY 方式

制御用電算機の出力情報としては第 3.1.4 表に示すような種類が考えられるが、無人化されたタービンプラントの場合機関室外の人間とコミュニケーションする最適の DISPLAY 方式はどのようべきかについてさらに検討する必要がある。

(2) 入出力装置

a) 信頼性

I/O 機器の信頼性向上については十分考慮が払われなければならないが、それと同時にある程度の自動チェック機構を設ける必要がある。

チェック方法としては入力データの代わりに既知のデータを取込む方法、OUTPUT した信号を再度取込み出力データと比較する方法、データの妥当性をその大きさから調べる方法、セルフチェック情報の採用など種々の方法があるが、これらのいずれを採用するかについてさらに検討が必要である。

特に重要度の高い INPUT 信号のセンサーについては二重装備として比較チェックを行なうか、または他のデータとの関連でチェックを行なうなどの方法が考えられる。

b) ノイズ対策

ノイズは測定量の誤差を生じ、また論理回答の誤動作を招きやすいので、タービン船機関部に発生し易いノイズの種類を十分把握し、その除去対策を検討する必要がある。

(3) 入力データの PRIORITY

各入力データは次の 4 種類に格づけされる。

- ① 10 秒以内で常時スキヤニングを要するもの
- ② 1 分以内で常時スキヤニングを要するもの
- ③ 3 分以内で常時スキヤニングを要するもの
- ④ シーケンスモニタあるいはトラブルシューティング時に必要となるもの。

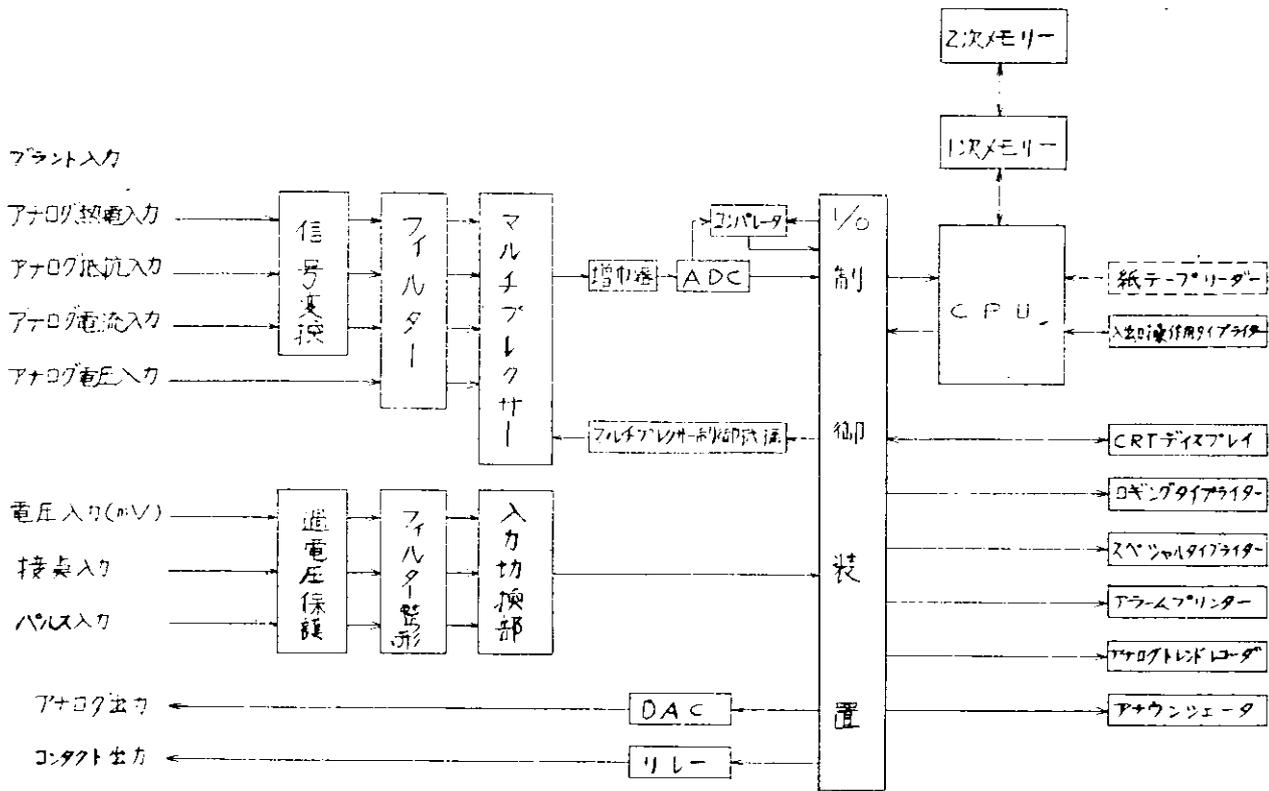
すなわち第 3.3.3 図ブロックダイアグラムに示すように、常時監視を要するデータは上記間隔でスキヤニングを行ない、制限値を越えるもののみが割込みでアラーム信号を出す。ただしトレンド記録、ロギングなどの必要データは逐次読み込まれる。

①に属するデータのうち、急激な変化が予想される点については、さらに 5 秒間隔あるいはそれ以下のスキヤニングとするか、連続監視とするかが問題である。このような対象となる入力点として次のものが考えられる。

- ボイラの消火
- 給水ポンプのトリップ
- 発電機電圧
- 主タービン等の軸受のメタル温度
- ボイラ送風機負荷電流

(4) 優先割込みの問題

電算機に対しては種々の割込み要因が考えられるが、この中で入力データの異常検知信号によつて発生するトラブルシューティングのプログラムについて考えれば、前記 4 大事故以外にも多数のプログラムが考えられるので、具体的に信号がどのように重なり、したがつてどのような時分割処理となるかについては今後十分詳細に検討する必要がある。



第 3.3.3 図 タービンプラントシステムブロック図

また常時監視を必要としないトラブルシューティング用各種入力データについてもアクセスタイム短縮の必要性の有無、もしあればその方法等について今後さらに検討する必要がある。

(5) 保安対策

a) 電算機故障時の対策

電算機故障時でも、最低限プラントの運転に必要な警報装置を確保するために必要なバックアップを行わねばならない。このようなバックアップ装置としてどのような方式が最適であるかについて今後検討の必要がある。

b) 停電時の対策

常時 Floating System で電算機および周辺装置に給電し、ブラックアウト時もバッテリーによつて保護することが考えられる。

また、かりにブラックアウトしてもブラックアウト時の原因究明に必要なデータ、プラント復帰のシーケンスモータに関連するプログラム、および基本プログラムなどのメモリー保護対策の具体的方法について今後検討することが必要である。

(6) 電算機導入によるメリットの拡大

今回の検討作業では、監視、ロギング、異常の検知と診断、プラントの自動起動、停止、および最適制御について検討したが、今後は電算機導入によつて入手を要せずに性能解析を行なうことも可能であるので、運転操作、性能向上、あるいは保守等の面で、有効活用の余地がないかどうかについても今後十分検討する必要がある。

(7) 電算機をタービンプラントに導入する場合、平行して次の事項についても十分検討を行なわなければ電算機導入のメリットが十分得られないと考えられる。

a) プラントおよびその構成機器の信頼性の向上

b) プラントの簡素化

c) 監視技術の開発

(例) プラントの保安装置の監視

制御用空気の監視

漏洩の（防止ならびに）監視

振動の監視

缶水、給水の水質管理

スートファイアの監視

(8) タービンプラントに電算機を導入する経済的メリット

今回特に経済性についての検討は行なっていないが、前述のフローチャートに示すような用途を主とした電算機利用を想定しても、検出端は500点を超えるものとなり、費用も現時点では恐らく1億円を超えるかなり巨額に達するものと考えられる。

したがって今後、タービンプラントの電算機導入による乗組員の削減等のメリットをどの程度に考えるかによつて経済性の有無が変わってくる。しかしながら乗組員の削減は単に電算機導入のみによつて考えるべきではなく、船内の就労体制の総合的見地から定められるものであるので、タービンプラントに電算機を導入することのみについての経済性に関し結論は出し難い。

(9) 事故未然防止を目的とした電算機の利用

機関室無当直での運航を考えると、事故未然防止を目的とした電算機導入の意義は大きい。しかしながら、タービンプラントの場合は主要機器およびそれらを有機的に結んでいる配管等で一つのシステムが形成されているので、一つの異常現象に対し考えられる原因の数が多く、これらをすべて電算機によつて検知することは全く实际的でない。したがって現実にはかなり限られた事故原因を対象とした探知にならざるを得ない。この点が今後、問題となるであろう。

また、タービン軸受メタル温度の検出、タービン内部の異常の検出等検出端の開発、異常と判断する手法の開発等、今後の研究にまつべきものがある。

(10) 起動操作の自動化を目的とした電算機の利用

プラントの起動操作、特にブラックアウト後の復帰操作を自動化する効果は大きい。この自動化はWired logicによるシーケンス制御によつても行なえるが、電算機による方が操作の幅を広くすることができる。

この場合、電算機によつてどの程度のことまでやらせるかについてさらに検討する必要がある。すなわち電算機によつてOperation guideを行なわせるにとどめるか、それともある程度のDDCまで行なわせるかについては今後さらに詳細を検討する必要がある。

(11) プラントの監視と記録を目的とした電算機の利用

プラント運転中に常時その運転状態を自動記録すると同時に、計測値が正常値と大きく異なる場合に警報を行なわせることを目的とした電算機の利用は技術的にそれほど大きい問題はない。ただしこの場合、数多くの計測点のスキヤンをどのようなプログラムによつて行なわせるかについては、その他の用途のための電算機利用のためのスキヤンや割込みのプログラムを十分考慮の上定めていく必要がある。また計測点が非常に多くなるので、必要最小限にとどめるための検討も今後の研究テーマの一つとなりうる。

(12) プラントの適応制御を目的とした電算機の利用

通常の船用タービンプラントにおいては適応制御を行なわせることによるメリットはわずかであることが判明した。しかしながらさらに広い視野から船の運航そのものを外的条件に適応させて規定していく目的で電算機を利用する余地は残っており、今後この面での検討が必要であろう。

(13) 電算機によるDDCの可能性

前述のごとく火力プラントにおいてもDDCを採用して成功した例はきわめて少なく問題が多い。船用プラントにおいては局部的にボイラの燃焼装置、給水系統、タービン抽気蒸気系統等アナログ制御装置が広く実用化されており、これらをすべてデジタル制御に置きかえる正当な理由は現在のところない。船用タービンプラントにおいては電算

機制御が導入されてもこれらアナログ制御装置との共存の姿が当分最良の姿として続くものと考えられる。

また、場合によってはアナログ制御装置の設定点を SOC によつて変化させるといふことはありうると考えられる。

(4) 電算機制御系統の調整の問題

電算機によりタービンプラントを制御する場合には電算機を搭載する前にプログラムのシミュレーションを行なつて十分プログラムの検討を行なつておく必要があるが、それでもある程度のプログラムの修正は本船就航後にも必要となることを予想しておかねばならない。この場合プログラムを実際に即して修正すること、検出端あるいは周辺機器の不調を適確に把握して処置をすることが必要であり、火力プラントにおいてはこれらをプラントの運転員が行なっている場合が多いが、船のプラントの場合は、現状では、船の運航者にそれを期待することは实际的でないから、この問題をどのように処理するかを事前に十分研究しておく必要がある。

またこのようなプログラムの修正を最小限ですませるためには、プログラム作成に当つて豊富な経験を有する優秀な乗組員の意見をきき、それを十分参考にすることが必要であるとともに、現在は不明の点の多い船用タービンプラントの動特性を今後十分解明していく必要がある。

3.5 当分科会今後の方針

当分科会は昭和43年の研究としてタービンプラントに電算機を導入し集中制御を行なわせる場合の適用用途、適用方法、技術的な問題点の摘出等を目的に作業を行ない、ほぼその目的を達したと考えられるので、44年度は予定どおり次の研究を進めるのが妥当と考える。

(1) 集中制御を行なう対象のタービンプラントを定める。

この際在来の慣習にとらわれず極端に減員された乗組員により運航するのに適したプラントの仕様を定める。

(2) 集中制御の内容を定める。

電算機制御を主体に監視・制御の内容を固める。

(3) 電算機制御のプログラミングを行なう。

(4) センサーの実験的研究を行なう。

43年度の作業で明らかになつた開発を要するセンサーの中下記のものについて実験研究を行なう。

タービン軸受メタル温度検知用センサー

“ 摩耗 ”

タービン内部異常振動検知用センサー

添 付 資 料

1. プラントの概略仕様
2. タービンプラント事故調査表
回答先一覧表

1. プラントの概略仕様

タービンプラントの細部仕様は各社必ずしも同一でなく、しかも進歩発展の段階があつて最近では主機直結による補機の駆動をとり入れたプラントあるいは再燃プラントが採用されつつある。しかし、本タービンプラント分科会ではタービンプラント共通の問題を把握するために、従来多くの実績を有し、現在もおお巨船舶用として採用されつつある比較的一般性のある再生プラントを選んだ。

したがつて個々のプラント仕様の相異に基づく問題点は、そのつど考慮することとした。

次に検討のベースとなつたプラントの概略仕様、各系統についてのべる。

1.1 プラントの概略仕様

	型式	要目	台数	自動化仕様		
主 機 タ ー ビ ン	二段減速装置付二筒クロスコンパウンド 衝動タービン		1基	<ul style="list-style-type: none"> ○主機はブリッチからエンジンテレグラフレバーによつてrpmコントロールされる。 ○主機回転数の増減速はプログラムコントロール装置によつて行なわれ、ボイラレベル、圧力、後進中間弁、ブラックアウトなどの、インターロックが組込まれている。 ○抽気弁、ドレン弁、後進中間弁は、主機出力の増減に応じ自動的に開閉する。 ○プロペラの回転が或る時間以上停止した場合、オートスピニング装置が働いて自動的にプロペラを前後進へ回転させる。 ○主機タービンへの蒸気は、次の状態のとき自動的にトリップされる。 オーバースピード、油圧低下、真空低下、ターニングギヤの嵌合、HP, LPタービンロータの軸方向変位過大、電源のFAILURE ○パッキン蒸気圧力は自動的にコントロールされる。 		
	出力および回転数:					
	MCR	34,000 PS × 90 RPM				
	NOR	30,600 × 87				
	蒸気条件:					
	蒸気圧力	60 Kg/cm ² G				
	蒸気温度	520℃				
	復水器上部真空	722 mmHg (SW 24℃ ポンプ冷却)				
	主 ボ イ ラ	型式	二胴水管式D型強制送風重油専焼		2基	<ul style="list-style-type: none"> ○ベースバーナーは、遠隔点火消火するものとし、他のバーナーは、蒸発量負荷に応じ自動的に、点火、消火させる。空燃シリンダーにより燃料油弁、レジスタおよびパージ蒸気弁をも連動させるが、バーナーの抜きしは行なわず消火時蒸気冷却とする。ベースバーナーには2ヶのフレイムアイを設ける。 ○蒸気噴射式と機械圧力噴霧式のバーナーおよびA.C.C.の切換は、手動で行なうものとする。 ○スタートプロアは予めSETされた時間間隔で自動的に、シーケンシャルコントロールされるものとする。 ○過蒸蒸気温度はTEMPERATORにより自動的にコントロールされる。 ○燃料はつぎの場合、独立の制御回路により危急遮断される。 ベースバーナー失火、ボイラ異常低水位、送風機停止 燃料油異常圧力低下、蒸気圧異常過高、電源ブラックアウト
		蒸発量(1缶当り)	70,000 Kg/hr			
蒸気条件(還熱器出口)						
蒸気圧力		62 Kg/cm ² G				
蒸気温度		525℃				
給水温度(エコノマイザ入口)		235℃				
空気予熱		ロータリー式ガス空気予熱器				
バーナー		4台/1缶				
スタートプロア		立列接流式空気作動蒸気噴射式	2台/1缶			
		横型定置回転式蒸気噴射式	4台/1缶			
給水加熱器	空気作動エレメント型	1組/1缶				
自動蒸気調整	電気式	1組/2缶				

	型式	費目	台数	自動化仕様
発電機	主発電機			<ul style="list-style-type: none"> ○ 発電機タービンは、次の状態のときトリップする。 過速度、背圧上昇、油圧低下、ロータの軸方向変位過大 ○ 非常発電機は MAIN BUS の電圧が規定値以下に低下した場合自動起動する。エンジンは油圧低下、過速度時、自動停止する。
	多段背圧式タービン駆動		1,500KVA 1台	
	単段背圧式タービン駆動		1,500KVA 1台	
機	非常用発電機			
	ディーゼル機関駆動		1台	
	ラジエータによる清水冷却			
軸系プロペラ	プロペラ	固定ピッチ式	1基	
	船尾管軸受	オイルバス式ホワイトメタル 強制循環式		
給水ポンプ	背圧式タービン駆動横型渦巻式		3台	<ul style="list-style-type: none"> ○ 給水圧力の低下により、スタンドバイポンプの1台が自動起動する。 ○ ポンプタービンは、次の状態のときトリップする。 過速度、背圧上昇、油圧低下
	(常用航海 1台 タンカーサービス 2台)			
その他				<ul style="list-style-type: none"> ○ スタンドバイ補機が自動起動するもの 潤滑油ポンプ 主復水ポンプ 低圧給水加熱器ドレン移送ポンプ 噴燃ポンプ 循環水ポンプ 海水サービスポンプ ○ 自動発停するもの 清水ポンプ 飲料水ポンプ 制御用空気圧縮機 雑用空気圧縮機 復水およびドレン移送ポンプ 補機付属LOポンプ ビルジポンプ 燃料油移送ポンプ 点火用噴燃ポンプ ○ 機関室外より危急停止可能の補機 噴燃ポンプ 点火用噴燃ポンプ 燃料油移送ポンプ ボイラ送風機 機関室通風機
その他	自動逆洗式濾器			○ 差圧検知により自動逆洗
	主LOポンプ吐出側 噴燃ポンプ吐出側		1	

	型式	要目	台数	自動化仕様
その他 (つぎ)	造水装置	低圧二段フラッシュ式	2台	<ul style="list-style-type: none"> ○ブラックアウト時 海水供給を自動的に遮断する。 ○監視計器(特殊) <ul style="list-style-type: none"> 電気式スモークインジケーター トーションメーター O₂アナライザー ボイラ水、μVメーター ボイラ水、PHメーター 補給水流量計(パルス発信式) 検塩計 異常振動検知装置 その他INPUT LIST参照

1.2 各系統の概略説明

1.2.1 主蒸気系統

主ボイラ過熱器より取出された過熱蒸気は、ねじ締逆止弁、中間弁を経て、主機前後進操縦弁に至る。このあと前進操縦弁を経て前進タービンへ、後進操縦弁ならびに後進中間弁を経て後進タービンへ導かれる。

主ボイラの過熱器は2段に分かれており、第1段後の蒸気は一部緩熱器へ導かれ、空気作動式自動温度調節弁によつて過熱器出口温度が一定になるようその流量がコントロールされる。

1.2.2 抽気蒸気系統

主タービンの抽気蒸気は、それぞれ下記へ導かれる。出入港時または減速時など、高圧、中圧抽気が不可能な場合は、自動切換弁によつて、緩熱蒸気系統よりMAKE UPされる。

(抽気点)	(蒸気供給先)
高圧第1段	発電機タービン 主給水ポンプ 高圧第3段給水加熱器
高圧第2段	高圧第1段給水加熱器 1.0 kg/cm ² 蒸気系統
中 圧	高圧補機排気主管を経てデアレータ
低 圧	低圧給水加熱器 造水装置

1.2.3 高圧補機排気系統

主給水ポンプ排気は高圧第2段給水加熱器を通して高圧補機排気主管に導かれデアレータとグラウンドパツキン蒸気溜に供給される。この系統への補給蒸気は空気作動式減圧弁を通して中圧抽気系統より、また、別の1段低い圧力設定の減圧弁を通して緩熱蒸気系統より供給される。余剰蒸気は空気作動式排気調整弁を介して主復水器へ逃がされる。

1.2.4 低圧補機排気系統

発電機タービンの排気は低圧補機排気系統または大気圧復水器に導かれる。低圧補機排気系統の蒸気は低圧給水加熱器と造水装置に供給され、またこの系統への補給は主タービン低圧抽気より行なわれる。余剰蒸気は空気作動式排気調整弁により主復水器へ逃がされる。

主復水ポンプより吐出された復水は主抽気エベクター復水器、グラウンドコンデンサ、低圧給水加熱器を経て、デアレータに送入される。デアレータ内の水面が規定より上がると、空気作動式自動制御弁によつて復水系統より蒸溜水タンクへ復水を逃がすようになつており、水面が規定より下がると別の空気作動式自動制御弁によつて蒸溜水タンク

より清水ドレンタンク、または主復水器へ補給する。

主抽気エセクターの冷却水出口温度並びに流量を検知して低圧給水加熱器出口から主復水器へ自動的に復水を再循環させる。

1.2.5 主給水系統

主給水ポンプはデアレータより給水を吸入し、各高圧給水加熱器を通して節炭器へ導き、主給水ポンプの吐出圧力は、ガバナによつてコントロールされる。

給水系統には空気作動式2要素自動給水加減器が設けられ、ドラムの水位変動と、蒸気ドラムと過熱器出口間の蒸気圧力降下の変化による蒸発量変動を検知して、給水量を加減する。

1.2.6 燃料油系統

噴燃ポンプは燃料油燈タンクから吸入側ストレーナを経て燃料油を吸引し、加熱器吐出側逆洗ストレーナ、流量計、A C C用燃料油調整弁を通してバーナへ供給する。この系統には、燃料油自動圧力調整弁、自動温度調整装置が含まれている。各バーナヘッドの燃料油入口には、電磁弁が設けられていて、前記仕様によつて自動的に燃料油が遮断される。

1.2.7 主潤滑油系統

潤滑油ポンプはサンプタンクより潤滑油を吸引し冷却器、圧力調整弁を経て主機へ供給する。一部の潤滑油は非常用重力タンクへ導かれオーバーフローしつゝレベルを保つ。潤滑油ポンプの吐出圧の低下によつてスタンドバイ側が自動起動する。

潤滑油冷却器の潤滑油出口には、空気作動式自動温度調整弁を設け、油温度を規定値に保つ。

1.3 プラント系統図

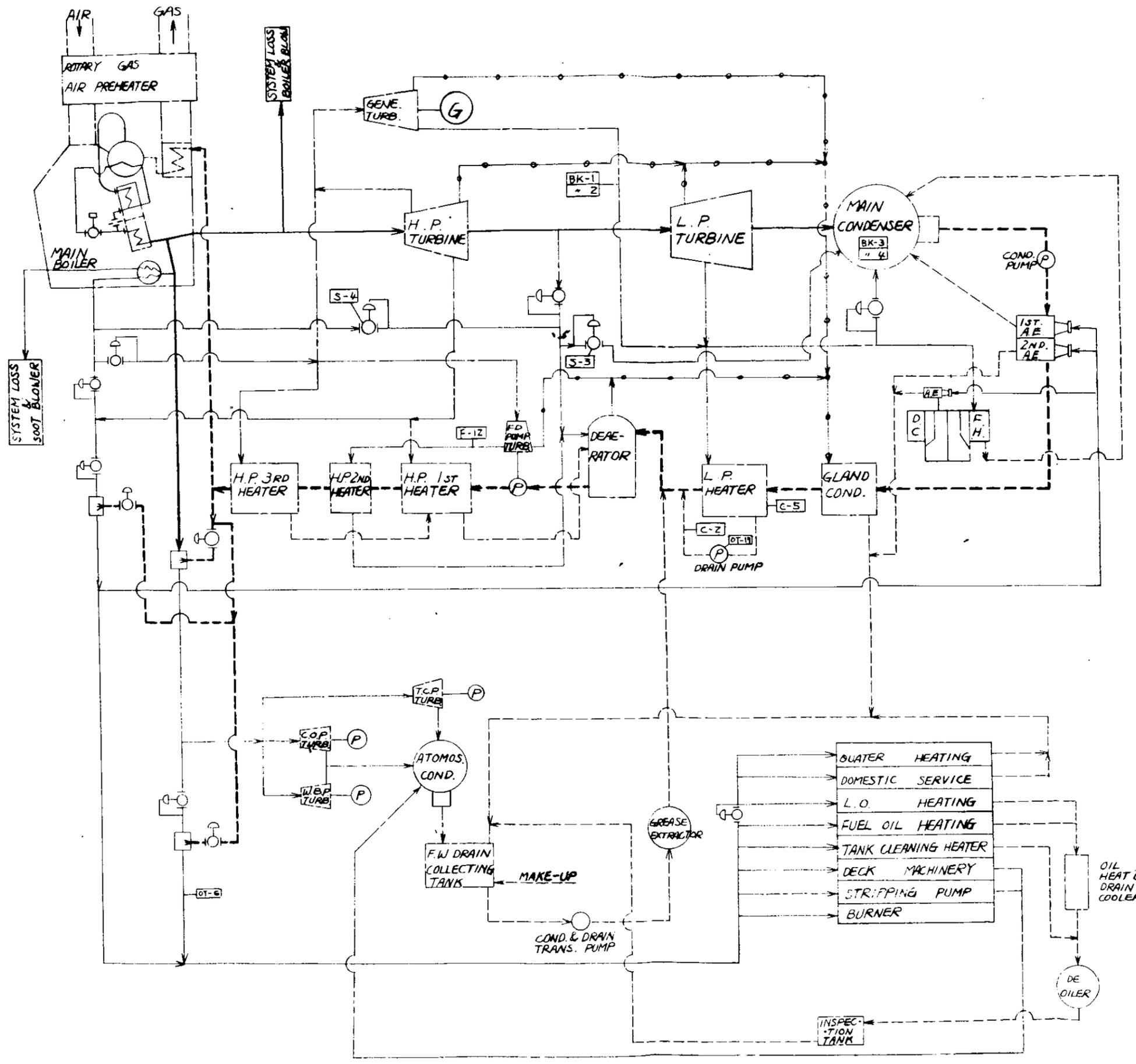
図面番号 3-2.1 SIMPLIFIED STEAM FLOW DIAGRAM

図面番号 3-2.2 主蒸気および抽気系統

図面番号 3-2.3 主復水および給水系統

図面番号 3-2.4 L O サービス系統

図面番号 3-2.5 F O サービスおよび移送系統



(注) □内はINPUT LISTの番号を示す。

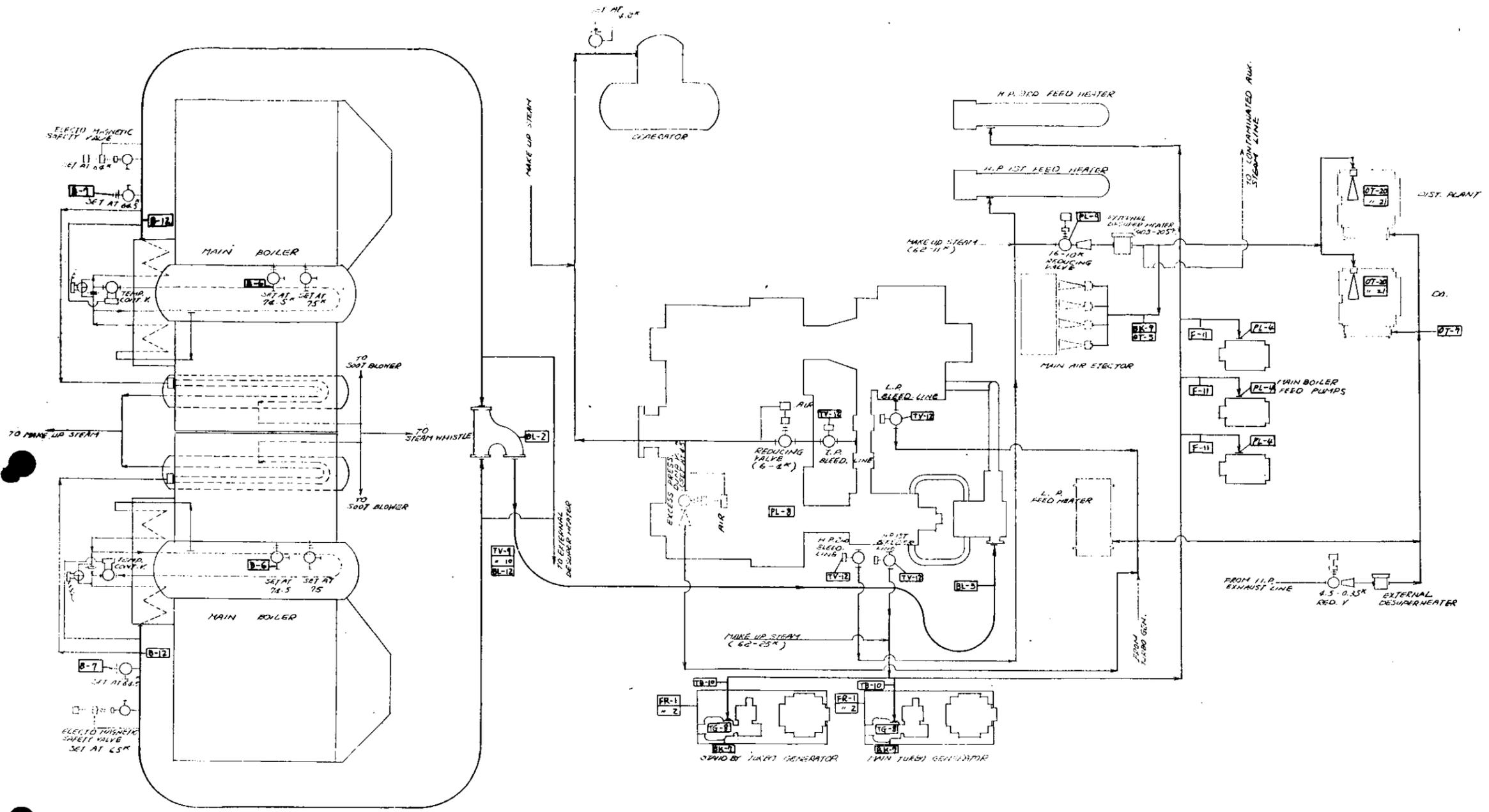
LEGEND

- SUPERHEATED STEAM
- DESUPERHEATED STEAM
- L.P. STEAM, EXHAUST, BLEED
- CONDENSATE, FEED
- GLAND LEAK OFF & VENT DRAIN

船舶の高度集中制御方式の研究

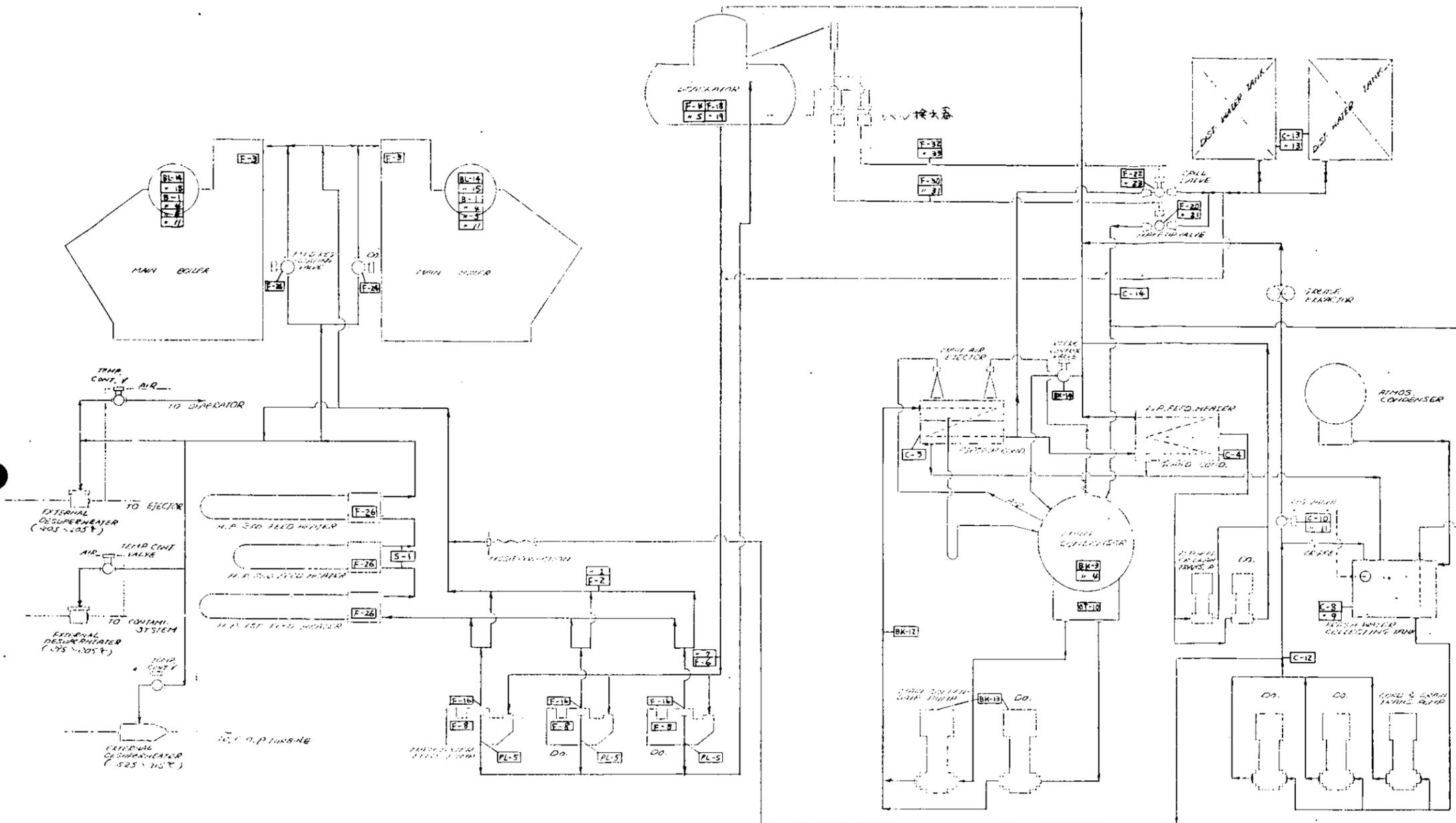
SIMPLIFIED STEAM FLOW DIAGRAM

尺 度	
(社) 日本造船研究協会	
図 面 番 号	3-2.1



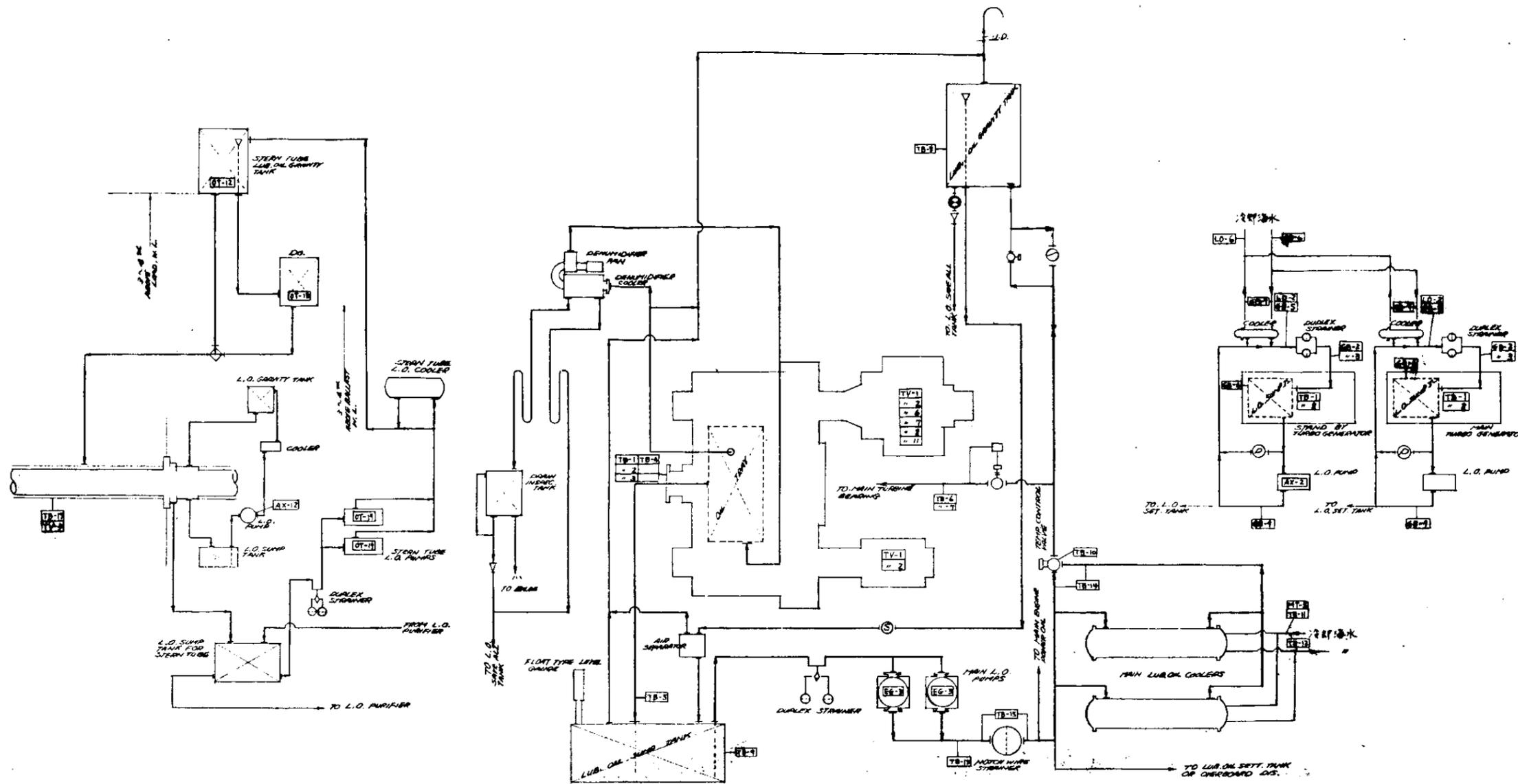
(注)
 □内はINPUT LISTの番号を表す。

船舶の高度集中制御方式の研究	
主蒸気および抽気系統	
尺 度	
(社) 日本造船研究協会	
図面番号	3-2.2



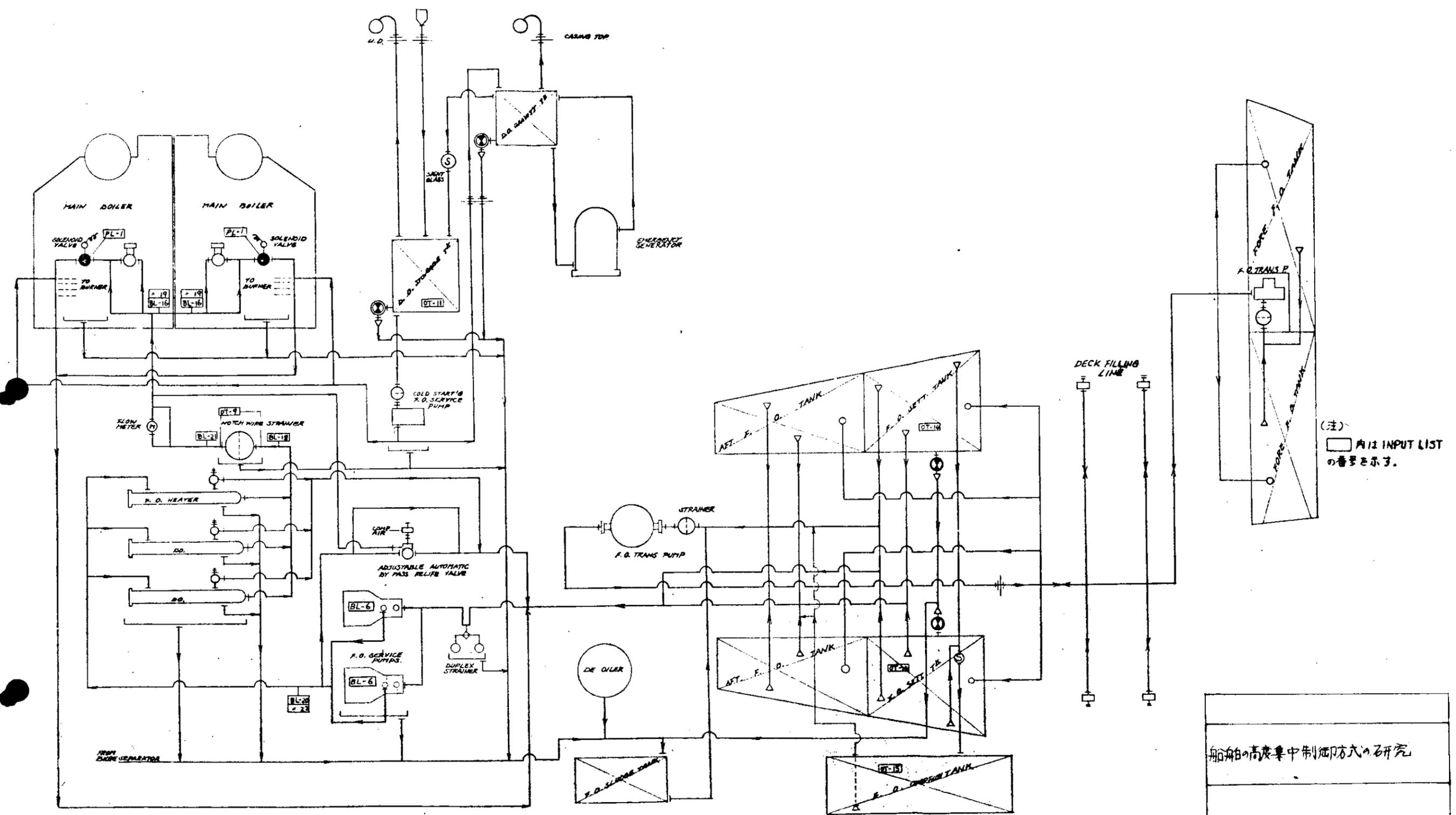
(注)
 □ 内は INPUT LIST の番号を示す

船舶の高度集中制御方式の研究	
主復水および給水系統	
尺 度	
(社) 日本造船研究協会	
図面番号	3-2.3



(注) □内はINPUT LISTの番号を示す。

船舶高度集中制御式の研究	
L.O.サービス系統	
尺 度	
(社)日本造船研究協会	
図面番号	3-2.4



船舶の高度集中制御方式の研究	
F.O.サセツス油の移送系統	
尺 度	
(社) 日本造船研究協会	
図面番号	3-2.5

2. タービンプラント事故調査表回答先一覧表

回 答 丸		船 名	D W T	主 機 出 力 (PS×RPM)	蒸 気 条 件 (Kg/cm ² G×°C)	備 考
船 会 社 名	造 船 所 名					
日 本 郵 船	(I・H・I相注)	高 砂 丸	102,758	23500×90	60.8×513	
"	(三菱長船)	鳥 羽 丸	128,079	24000×105	61.5×515	
"	(")	徳 島 丸	123,989	24000×105	61.5×515	
商 船 三 井	(三菱神船)	お り お ん 丸	49,209	18500×	60×	
"	(")	あ る せ ん ち な 丸	10,410	9000×	42×	
"		大 王 丸				
飯 野 海 運	(I・H・I相注)	剛 那 丸	47,753	17600×105	41×445	
"	(")	富 士 山 丸	33,637	15000×108	41×448	
"	(")	泰 那 丸	46,900	15000×108	41×448	
"	(川重坂出)	紀 那 丸	182,983	34000×94	62×525	
(T 社)	三 菱 長 船	A 丸	52,000	18000×105	43.6×485	
(S 社)	"	M 丸	209,000	28000×85	60×515	
(A 社)	"	A 丸	98,860	20000×105	60×510	
(G 社)	"	B 丸	73,800	19000×105	60×510	
(M 社)	"	C 丸	61,000	22000×105	61.2×485	
(I 社)	"	D 丸	108,000	28000×105	61.2×485	
(K 社)	"	J 丸	156,500	30000×90	61.5×515	
(O 社)	三 菱 神 船	B 丸	49,209	18500×105	58×476	
(S 社)	"	S 丸	53,000	22000×105	42.2×460	
(Y 社)	"	R 丸	90,000	18000×95	61×515	
(E 社)	"	B 丸	67,000	19000×103	40×450	
(Z 社)	三 菱 横 船	A 丸	51,800	13400×105	42.2×454	
(")	"	N 丸	51,800	13400×105	42.2×454	
(")	"	V 丸	51,800	13400×105	42.2×454	
(")	"	P 丸	51,800	13400×105	42.2×454	
(J 社)	"	O 丸	61,360	18000×105	42.2×454	
(")	"	G 丸	61,320	18000×105	42.2×454	
(")	"	L 丸	61,160	18000×105	42.2×454	
(Q 社)	"	C 丸	79,070	19250×105	42.2×466	
(A 社)	I・H・I	A 丸	50,212	20250×107	60.8×515	
(B 社)	"	D 丸	11,746	15000×99	43.2×485	
(B 社)	"	E 丸		19250×105	42×454.4	主機のみ
(F 社)	"	F 丸		21000×		
(G 社)	"	G 丸		19000×		主機のみ
(H 社)	"	H 丸		17600×110	40×445	
(A 社)	自 立 造 船	A 丸	160,000	29000×90	60×510	
(B 社)	"	B 丸	90,000	19000×90	60×515	
(C 社)	"	C 丸	78,200	19000×90	60×510	
(D 社)	"	D 丸	187,500	34000×90	60×510	
(E 社)	"	E 丸	54,000	19250×105	42.2×454	
(F 社)	"	F 丸	173,900	26000×85	60×510	

回 答 先		船 名	D W T	主 機 出 力 (PS×RPM)	蒸 発 条 件 (Kg/cm ² G×℃)	備 考
船 会 社 名	造 船 所 名					
(A 社)	川 崎 重 工	A 丸	40,060	16500×110	42×400	
(B 社)	"	B 丸	47,800	18000×110	62×515	
(C 社)	"	C 丸		17600×	45×454	ボイラーのみ
(D 社)	"	D 丸		19000×90	62×515	"
(E 社)	"	E 丸			42×455	
(F 社)	"	F 丸	102,200	23800×104	63×515	
(G 社)	"	G 丸	101,550	24000×110	62×515	
(H 社)	"	H 丸	101,550	24000×110	62×515	
(I 社)	"	I 丸	53,300	20000×110	62×515	
(A 社)	鋼 管 鶴 見	A 丸	34,000	15200×108	42.2×45.4	
(B 社)	"	B 丸	103,500	27300×100	61.5×51.28	
(C 社)	"	C 丸	67,500	22500×106	42.2×46.0	
(")	"	D 丸	47,000	17500×105	42.2×45.4	
(Texaco)	三 井 玉 野	Teaco	89,956	26500×110	59.8×51.0	
(Mobil)	"	Colombia				
(A 社)	佐 世 保 重 工	Mobil	82,436	24335×108.5	45.7×47.7	
大 洋 商 船	(三 菱 神 戸)	Japan				
川 崎 汽 船	(重 工)	A 丸	65,000	19000×105	46×48.5	
"	(")	菱 洋 丸	91,000	20000×98.5	60×51.0	
"	(I·H·I 相 生)	大 和 川 丸	49,600	16500×110	40×45.0	
"	(I·H·I)	千 鶴 川 丸	21,304	15000×110	42.2×45.4	
"	(日 立 · 因 島)	祐 邦 丸	32,810	14000×110	45.0×45.0	
"		康 島 丸	12,000	12000×110	42.0×45.0	
"		堂 島 丸	9,357.11	12000×110	45.0×45.0	