

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 45 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44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）	芥川輝考（日本船舶振興会）
委員	青山三郎（大阪商船三井船舶）	甘利晃一（日本舶用機器開発協会）
	安積健次郎（電子航法研究所）	宇田川 達（日本航海士会）
	井伊謙三（川崎汽船）	木下共武（佐世保重工業）
	岡田正三（大阪商船三井船舶）	黒川正典（日本郵船）
	木堂弘雄（船舶技術研究所）	佐藤茂（日立造船）
	佐藤美津雄（運輸省）	高田正夫（日本船主協会）
	真田 良（日本船主協会）	竹沢五十衛（三菱重工業）
	高橋百千（日本船舶機関士協会）	土屋正雄（電子機械工業会）
	千葉宗雄（航海訓練所）	土井由之（昭和海運）
	土井正三（住友重機械工業）	長谷川鍵二（川崎重工業）
	中尾正光（ジャパンライン）	林 清（山下新日本汽船）
	埴田清勝（日本鋼管）	丸尾卓志（日本船主協会）
	原三郎（日本海事協会）	元良誠三（東京大学）
	三嶋虎夫（大阪商船三井船舶）	山田泰造（日本造船工業会）
	矢野鎮雄（石川島播磨重工業）	吉識雅夫（日本学術振興会）
	横田利雄（東京商船大学）	

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）	浅野修一（日立造船）
	宇田川貞夫（運輸省）	大川喜伴（住友重機械工業）
	大日方得二（日本鋼管）	唐沢康人（石川島播磨重工業）
	佐々田喜正（大阪商船三井船舶）	菅沼清（川崎重工業）
	高柳武男（三井造船）	丸尾卓志（日本郵船）
	本戸幸雄（佐世保重工業）	米原令敏（三菱重工業）

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）	池田一夫（日本郵船）
委員	安藤静雄（山下新日本汽船）	市川博昭（日立製作所）
	石川欣央（三菱電機）	今村宏（運輸省）
	井上宗一（石川島播磨重工業）	江嶋陽一郎（住友重機械工業）
	上木原義昭（ジャパンライン）	菊地嘉嗣（住友重機械工業）
	岡野幸夫（三菱重工業）	黒須顕二（船舶技術研究所）
	倉沢二郎（昭和海運）	

桑子秀治(北辰電機製作所)	小西龍郎(日立造船)
小林淳人(日本電気)	小林慎次(富士電機製造)
酒井敏之(三井造船)	佐山昭彦(川崎汽船)
鈴木正(安立電気)	関卓爾(日本钢管)
田中兵衛(昭和海運)	田丸量一(日立造船)
力石昭次(東京計器製造所)	土居政吉(東京商船大学)
徳屋章彦(日本钢管)	野田重昭(佐世保重工業)
原口聰(三菱電機)	葉山真治(東京大学)
樋口勝彦(大阪商船三井船舶)	藤井勝(三菱重工業)
藤尾博之(川崎重工業)	古川守(神戸商船大学)
松岡久光(三菱重工業)	村松仁(富士通)
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)	

タービンプラント分科会ソフトウェア小委員会委員名簿(敬称略、五十音順)

主査 米原令敏(三菱重工業)	
委員 安藤静雄(山下新日本汽船)	池田一夫(日本郵船)
池田秀夫(住友重機械工業)	石川欣央(三菱電機)
市川博昭(日立製作所)	今村宏(運輸省)
上木原義昭(ジャパンライン)	小原康幸(富士電機製造)
金井彌之助(石川島播磨重工業)	倉沢二郎(昭和海運)
黒須顕二(船舶技術研究所)	桑子秀治(北辰電機製作所)
小西龍郎(日立造船)	小林淳人(日本電気)
酒井敏之(三井造船)	鈴木尙武(東京芝浦電気)
田中兵衛(昭和海運)	土居政吉(東京商船大学)
野田重昭(佐世保重工業)	葉山真治(東京大学)
原口聰(三菱電機)	樋口勝彦(大阪商船三井船舶)
藤尾博之(川崎重工業)	古川守(神戸商船大学)
松延寿人(三菱重工業)	松山辰郎(富士通)
山崎富雄(太平洋海運)	若林喬之(日立造船)

タービンプラント分科会センサー小委員会委員名簿(敬称略、五十音順)

主査 田丸量一(日立造船)	
委員 安藤静雄(山下新日本汽船)	池田一夫(日本郵船)
今村宏(運輸省)	上木原義昭(ジャパンライン)
小黒英雄(船舶技術研究所)	金井彌之助(石川島播磨重工業)
菊地嘉嗣(住友重機械工業)	倉沢二郎(昭和海運)
小西龍郎(日立造船)	酒井敏之(三井造船)
坂上宏(川崎重工業)	鈴木正(安立電気)
勢力良美(日立造船)	田中兵衛(昭和海運)

力石 昭次(東京計器製造所)
中西 雄(日立造船)
野田 重昭(佐世保重工業)
樋口 勝彦(大阪商船三井船舶)
松岡 久光(三菱重工業)
山崎 富雄(太平洋海運)
土居 政吉(東京商船大学)
中野 有朋(石川島播磨重工業)
葉山 真治(東京大学)
古川 守(神戸商船大学)
松延 寿人(三菱重工業)
山下 和三(日本海事協会)

船舶の高度集中制御方式の研究

(その3. タービンプラント)

目 次

まえがき	1
1. 電算機による監視と制御のソフトウェアの開発	2
1.1 タービンプラントの仕様の決定	2
1.1.1 プラント仕様決定の方針	2
1.1.2 プラントの仕様	3
1.1.3 プラント運転操作の一般方針	4
1.2 電算機適用範囲の決定	6
1.2.1 適用範囲決定の基本構想	6
1.2.2 電算機適用範囲	7
1.3 電算機の概略仕様の検討	9
1.3.1 電算機の要目	9
1.3.2 周囲条件	10
1.3.3 信頼性	11
1.4 ゼネラルフローチャートおよびI/Oリストの作成	11
1.4.1 フローチャートの種類	11
1.4.2 フローチャートの特徴	14
1.4.3 I/Oリストの作成要領	14
1.4.4 ゼネラルフローチャートならびにI/Oリスト	15
1.5 プログラミング	44
1.5.1 プログラミングの目的	44
1.5.2 プログラムの作成方針	44
1.5.3 デティルドフローチャート	44
1.6 電算機要求仕様の検討	104
1.6.1 システムの構成	104
1.6.2 各構成機器仕様の検討	104
1.6.3 信頼性および保守	110
1.6.4 アナログバツクアツブ	111
1.7 問題点の明示と問題解決のための具体策の立案	111
1.7.1 ソフトウェアに関する問題	111
1.7.2 ハードウェアに関する問題	113
1.7.3 検出装置の開発	114
1.7.4 システム設計に関する問題	114
2. センサーの実験的研究	116
2.1 タービン内部異常振動検知の研究	116
2.1.1 研究の目的	117
2.1.2 研究経過	116

2.1.3	計測方法	117
2.1.4	計測結果	119
2.1.5	計測結果の検討	140
2.1.6	まとめ	145
2.2	タービン軸受メタル温度と摩耗の検知の研究	145
2.2.1	研究の目的	145
2.2.2	研究の概要	145
2.2.3	平軸受における異常検知の実験	146
2.2.4	推力軸受における異常検知の実験	176

添付資料

プラントの要目	193
---------	-----

まえがき

当分科会は、昭和44年度として昨年度の研究成果をさらに進めて電算機によるタービンプラントの監視と制御のソフトウェアの開発ならびに開発を要するセンサーの実験的研究を目標として作業を行なつた。

5月8日の分科会で本年度の作業の進め方として、ソフトウエア小委員会ならびにセンサー小委員会を設置し、それぞれソフトウエアの開発ならびにセンサーの実験的研究を分担して行なうことにして、石橋、日立、川重、三菱、三井、住友、钢管ならびに東芝、日立製作、富士電機、三菱電機、東京計器、安立電気の電算機およびセンサーメーカーが参加してつきのとおり小委員会を開催して実作業を進めた。

タービンプラント分科会	3回 5/8 9/18 2/18
同 ソフトウエア小委員会	6回 6/3 7/2 9/16 12/10 2/17 3/12
同 センサー小委員会	5回 5/16 6/12 9/17 12/15 2/18

ソフトウエアの開発作業としては、

- 1) ソフトウエアの開発を行なうのに必要なタービンプラントとしてごく少数の乗組員によつて運航するのに適した簡単なサイクルによつて構成されるプラントの仕様を決定した。
- 2) 少ない費用で効果の大きいものに限定して電算機の適用範囲を決定した。
- 3) 2) 項の作業を行なうのに必要な電算機の概略仕様を決定した。
- 4) 2) 項で定めた適用項目についてゼネラルフローチャートおよびI/Oリストを作成した。
- 5) 4) 項で作成したゼネラルフローチャートのうちから特定のプログラムを選定して電算機の形式にとらわれないものと、各電算機の特長をとり入れたものと二とおりのデイティルドフローチャートを作成した。
- 6) これらの作業の成果からこの電算機制御システムに必要な電算機の具備すべき条件を明らかにし、さらに研究を進めに当つての問題点ならびに解決策を立案した。

センサー関係研究のうちタービン内部異常振動検知については、

- 1) 陸上試運転時の主タービン2台および海上試運転時の主タービン5台のそれれについて、高・低圧タービン船尾側軸受部に加速度型振動検出器をとりつけて固体音を録音した。
- 2) 録音結果を周波数分析して $\frac{1}{3}$ オクターブバンド加速度スペクトラムを作成し検討の結果、内部音響の正常時のスペクトラムをほど把握することができた。
- 3) 正常スペクトラムを基準とし、それから偏りが生じたことを検出して異常を知ることは可能であろうとの見通しが可成り確かになつたとともに、実用化までにさらに研究を必要とする問題点が明らかになつた。

タービン軸受メタル温度と摩耗の検知については、

- 1) 現用の高圧タービン軸受とほど同一諸元の試験部をもつた軸受試験機を製作して、軸受状態値の正常時および異常時の実態を把握するための実験を行なつた。
- 2) 平軸受および推力軸受の給油減少時における焼付きに至るまでの過渡時における軸受メタル温度、軸と軸受間の相対変位の挙動を把握することができた。
- 3) 軸受に対する潤滑油の供給が途絶えた場合、軸受メタル温度および軸と軸受間の相対変位に明瞭な変化があらわれる所以、これらをインデックスとし電算機によつて、タービンを停止あるいはスローダウンすることにより、重大事故に進むことを防止できる手掛かりが得られた。

1. 電算機による監視と制御のソフトウェアの開発

タービンプラントに電算機を導入するに当つては外的条件、対象とするプラントのあり方、電算機およびその周辺装置などを十分考慮しなければ真に有効な電算機の活用は得られない。ソフトウェアの開発に当たつてはこれらの諸条件を検討して具体的に固めて行なつた。

電算機を搭載する時代の情勢としては機関部乗組員の数は現在よりも少ないと予測されるのでこのような環境条件の下にあつて最も有効な電算機の使途を考えるべきである。また、機関室の無当直化が実施され、機器の操作の自動化、遠隔化も進んでいるものと考えられる。このような情勢において、電算機を適用して効果をあげるためににはプラントのあり方についても電算化に適したものとする必要である。このためにはプラントの簡素化、機器構成および操作の単純化を図り、制御しやすく信頼性の高いプラントでなければならずこれらを考慮してプラントを選定した。

電算機の適用範囲については目的を明確にして、かつできるだけ効果の大きいものを選んで決める必要がある。

この見地から、安全性、信頼性の向上をねらうものとして、

異常の検知と警報

異常検知による故障原因の探知

異常検知による事故発生防止操作

省力化をはかるものとして

推進プラントの起動操作

発電プラントの起動操作

経済性、安全性を考慮して

プラントの限界運転

の6項目について電算機を適用することにし、これに必要なプログラムを作成し、電算機に対する要求仕様を定めた。

このほか、電算機で行なえるものとして日報作成があるが、作成項目のみ決めて実作業は行なわなかつた。また、省力化の対象として、スープローリング、ボイラ水試験、こし器の掃除などの各種整備作業が考えられるが、今回はこれら作業は電算機以外の方法で行なわれるものとし、ここではとり上げなかつた。

フローチャートにはゼネラルフローチャートとディテイルドフローチャートがあり、前者はプラント側から見たもので電算機の機種形式に関係なく、プラントにより定まるが、後者は本来電算機に直結したもので機種形式により異なるものとなるものとなる。今回はできるだけ機種形式にとらわれないで共通に行なえる範囲内でのディテイルドフローチャートを作成するとともに、一つのプログラムについて特定の各機種を規定し、それに適したディテイルドフローチャートを作成して機種による相違がどのように表われるか把握することとした。

このようにしてディテイルドフローチャートまで作成することによりソフトウェア開発の技術を高めるとともにさらに実施に当たつての問題点の抽出、ハードウェアに対する要求などを明らかにした。

1.1 タービンプラントの仕様の決定

1.1.1 プラント仕様決定の方針

電算機制御が実現する時期には、船舶の乗組員の数は現在よりも著しく減員されており、そのため省力化が要求されてくるであろう。一方、船舶の大型化・大出力化に伴い、事故による損害が甚大となるので、船の信頼性・安全性に対する要求も一層強まつてきているであろう。

これらの諸要求を満足し、電算機制御を効果あるものとするためには、タービンプラントはその構成を簡素化し、制御しやすいものとする必要があり、これによつて操作の簡易化、保守の減少、事故の絶滅を図り、少人数で安全に運航できる総合的に信頼性、経済性の高いプラントとする必要がある。

このような見地から、つきの諸点に重点を置いて仕様を定めた。

- 1) 既に信頼性と経済性が十分確認された熱サイクルに基づくプラントであること。
- 2) 機関室の無当直が航海中可能なこと。
- 3) プラント効率をできるだけ落さないで単純化し、制御監視を容易にすること。
- 4) 電算機による監視ならびに制御を行なうことによる安全性の向上ならびに省力化、ひいては経済性の向上の効果があること。
- 5) 冗長度 (Redundancy) の高いプラント構成となつてること。

この方針に従つて、簡単な構成の4段給水加熱、ガス加熱再生式空気予熱器方式の非再熱サイクルを選定し、つきのような仕様を定めた。

1.1.2 プラントの仕様

舶用ターピンプラントのあり方は、搭載する船の種類、大きさなどによつて異なる所があるが、ここでは一般に多く搭載されているターピンタンカーを対象としてプラントの仕様をつきのように決めた。

(1) 推進機関

船用減速装置付蒸気ターピン1基とし、主ターピンは高圧ターピン・低圧ターピン各1台より成り、2段減速装置を介して推進器を駆動するクロスコンパウンド形とする。後進ターピンは前進低圧ターピンケーシングに内蔵されるものとする。

操縦方式は、電気油圧または空気油圧方式とし、船橋および機関部制御室から制御されるものとする。

主潤滑油ポンプ1台を主機直結とした。

また、主復水器の循環水系統にはスクープ方式を採用した。

(2) 主ボイラ

2胴水管強圧送風式ボイラ2基より成り、常用負荷時過熱器出口で 61.5 kg/cm^2 、 515°C の蒸気を発生する。ボイラの最大蒸発量は2ボイラを使用して、主機常用出力時固定式タンククリーニングマシン(1台当たり 150 t/h の海水を吐出するもの)4台を同時に使用中の全所要蒸気量をまかなえるものとする。

(3) 発電装置

主発電装置として交流発電機2台を装備し、1台は多段式蒸気ターピン駆動、他の1台はディーゼル機関駆動とし、発電機駆動蒸気ターピンの排気は主復水器に導くこととした。

主発電機の容量は、航海時(タンカーサービス時を含む)出入港時・停泊時のいずれの状態でも1台で全所要電力をまかなえるものとする。

非常用発電装置として交流発電機を上甲板上の非常用発電機室に装備し、自動起動・ラジエータ冷却式・高速ディーゼル機関駆動とする。非常用発電機の容量はブラックアウト時ならびに冷始動時の所要電力をまかなえるものとする。

(4) 諸管系統

主ターピンよりの抽気は4段とし、高低圧合計4段の給水加熱・主空気エゼクタ駆動ならびに雑用などの補助蒸気として利用する。

油分の混入により汚れる恐れのある排気およびドレンのために、油分離器・ディオイライ・グリースエキストラクタを装備する。

主ターピンおよび減速装置の潤滑は強制注油方式とする。主復水器および主潤滑油冷却器への冷却水送水は、常用航海時はスクープ循環系統より行ない、低出力時・後進時および停泊時にはポンプ循環系統より供給する。また、この両系統の切換えは自動的にシーケンシャルに行なえるものとする。

(5) 自動、遠隔制御および計装

少人数の乗組員で船を運航するに必要な自動制御・遠隔制御および計装を装備するものとする。

電算機が故障した場合にも支障無く運航できるよう、必要なバックアップ装置を備える。

なお、プラントの要目については添付資料参照のこと。

1.1.3 プラント運転操作の一般方針

(1) 機関室無当直に関する一般方針

(a) 当直廃止の時期

航海中(出入港、タンカーサービス、狭水道通過時なども含む)機関室は無当直とする。

(b) 乗組員の数

船の設備、性能などに見合つた適当な人員が配置されているものとする。

(c) 乗組員の質

機関部乗組員の知識、技術の水準は現状程度と仮定した。

(d) 異常発生時の操作

乗組員中に交代制で当番者を定め、機関室無当直期間中に機関部に異常が発生した場合は、当番者に異常が通知され、当番者の手で適当な処置が取られるものとする。

(e) 当直廃止のための設備

原則として当直を廃止しても、従来船以上に安全性・信頼性を高揚するような設備を考えることとする。すなわち、異常が発生した場合、損傷事故への波及を防止するための応急処置、または表示などが自動的に行なわれるような設備とする。

(2) 機関の運転操作に関する一般方針

機関の運転操作は知識、技能の水準が現状程度の乗組員が、電算機の助けをかりることにより、小人数で容易にできるものとする。

個々の場合の運転操作はつきのとおり行なうものとする。

(a) MANNING

一応下記のとおりとする。

	機関室	制御室	船橋
ターボ発電機起動(冷態起動)	(1)	1	—
プラント起動()	1	1	—
出 入 港	0	0	1
狭 水 道 通 過	0	0	1
通 常 航 海	0	0	1
タンカーサービス	0	0	1
荷 役	0	0	—
純 停 泊	0	0	—

(b) ターボ発電機起動時(冷態起動)

制御室にいる1名の乗組員が起動押釦を押すことにより電算機が起動操作の各シーケンスごとに直接遠隔操作を行なう。シーケンスの途中必要な場合には、機関室に乗組員がおもむいて制御室からの指示によつて制御室と連絡を取りながら、不具合箇所の修正を行なう。

(c) プラント起動時(冷態起動)

制御室にいる1名の乗組員が電算機の出すオペレーションガイドに従つて、起動操作の各シーケンスごとに遠隔操作あるいは電算機による直接操作を行なう。機関室にも1名乗組員がいて、シーケンスの途中必要な場合には制

御室からの指示によつて手動操作あるいは不具合個所の修正を行ない、主機がいつでも起動できる状態まで持つていくものとする。

(3) 事故発生時の処置に関する一般方針

電算機の助けにより事故発生を未然に防止することとしたが、万一事故が発生した後の処置については原則として船の運航に直接関係のある機器類は第一段の事故が発生した場合それが復旧するまでの間（あるいは船の手で復旧が不可能な場合はスタンバイ装置を使って）一応乗組員の手で船の運航が可能なようとする。

個々の機器のおもな事故に対する処置はつきのとおりとする。

機 器	対 策
(a) 主 タ ー ビ ン	1) 高圧タービン故障時は低圧タービン単独運転 2) 低圧タービン故障時は低圧タービン単独運転
(b) 主 復 水 器	冷却管漏洩時 ノーダム注入により仮に漏洩防止 または漏洩管にプラグして使用
(c) 主 ポ イ ラ	1) 1缶故障時 1缶にて運転 2) ガス式空気予熱器故障時 ガス側ダンパーバイパス 3) エコノマイザ故障時 エコノマイザバイパス
(d) 軸系、プロペラ	スタンチューブシーリング漏洩時 水面と潤滑油ヘッドタンクとのヘッド差を適当な値に保つよう潤滑油を補給しながら航行し、帰港後修理
(e) 発 電 機	主発電機故障時 助發電機自動起動
(f) 主 要 ポ ン プ	スタンバイポンプ自動切換
(g) 熱 交 換 器	1) バイパス使用 2) 燃油加熱器、エゼクターはスタンバイ使用 3) 潤滑油冷却器 船上で修理不能の時は温度調整弁 バイパス使用 低速航行
(h) 自 動 化 計 装	
(i) 主 タ ー ビ ン	1) 船橋よりの制御不能……制御室より操縦 2) 制御回路故障……………制御室より押ボタン操縦 3) 制御用電源故障…………機側手動操縦
(ii) 主 ポ イ ラ	1) A.C.C 故障……………制御室より遠隔手動操作 2) F.W.C ……………… 同 上 3) S.T.C ……………… 同 上 4) 遠隔操作不能…………機側手動操作 5) バーナ自動点滅故障……制御室より遠隔点滅または機側手動 点滅 6) スーツプロワーシーケンス故障……機側操作 機側手動操作
(iii) その他の自動制御装置	
(iv) 電 算 機	1) 異常検知、警報装置故障時、電算機とは別個のバックアップ 装置使用 2) 検出端故障時……………予備品と取換え 重要な検出端は2重装置とする。

1.2 電算機適用範囲の決定

1.2.1 適用範囲決定の基本構想

タービンプラントに電算機を導入する場合、多くの適用方法が考えられる。適用する目的から考えると、信頼性向上、事故防止、経済性向上、省力化などがあげられる。

一方、船を取巻く諸条件によつて、これらの適用目的についても重要度に差が生じてくるし、電算機の特性、規模、プラントのあり方などによつて適用の有効度、難易度が異なる。

さきに定めたタービンプラントを少人数の乗組員で運航するには、安全性、信頼性の向上、運転操作、整備作業の省力化がどうしても必要となり、電算機適用のねらいもこの点に絞られてくる。このために有効な適用対策として43年度の研究で、異常の検知と警報、異常検知による故障原因の探知、異常検知による事故発生防止操作、このほかに有効な対象としてプラントの経済性、安全性の見地からプラントの限界運転、省力化を中心と考えたものとしては、推進プラントの起動操作、発電プラントの起動操作、各種整備作業などが考えられる。

経済性については、プラントの効率向上を図るものとしてプラントの最適(適応)制御が考えられるが、43年度の研究結果から、この程度の船用タービンプラントではその効果が少ないことが明らかにされたので、適用範囲から除外した。

上に述べた諸項目のそれれについても、適用の範囲には相当の幅が考えられる。たとえば、異常の検知をして故障原因を探知する場合、タービンプラントにおいては構成要素が複雑に関連し合つて成立つてゐるので、一つの故障に対しても考えられる原因は数多くあり、これらをすべて網羅し電算機で検知することは実際的でない。そこで、事故の種類については重大な影響を及ぼすものに絞り、原因についても直接的なものに絞つて、できるだけ少ない費用で効果の大きいもののみをとり上げることにした。

このような考え方のもとに43年度の調査結果判明した発生のひん度が高く、その影響が大きい4大事故、すなわち主タービン異常振動、主機軸受焼損、ブラックアウトおよびボイラショートウォータを中心としたものに限定し、原因の探求および事故発生防止操作をとり上げた。結果的にはこれらに直接あるいは間接に関連のある異常を検知することは、タービンプラントに発生するであろう異常をほとんど網羅することとなり、これら以外に単独で検知すべき事項は、プラントにとつてほかとの関連の少ない限られた範囲内のごく少数のものに過ぎなかつた。すなわち、上記4大事故でタービンプラントの異常のほとんどをカバーしていることになる。

一方プラントの起動操作についても、オペレーションガイドにとどめるか、直接制御まで行なわせるかによつて相当の開きが生じる。周辺装置、操作端などを含めた総合経費と省力効果、操作の安全性向上などを総合的に検討する必要があり、さらに直接制御を行なう場合、多くの解決すべき技術的諸問題があるので、広範囲にこれを行なうことをやめて、比較的限定された規模の発電プラントの起動操作にはSUPERVISORY COMPUTER CONTROLを、規模の大きい起動操作にはオペレーションガイドを主体とした操作とした。限界運転の考えは、異常の検知にもプラントの起動操作にもとり入れられており、特に限界運転として独立にとり上げるものはあまり無いので、タービンのトルク限界とタンカーサービス時のボイラ負荷の限界の2点に絞つた。

整備作業としては、

バーナ取換・掃除

ボイラ水試験・薬液注入

スージプローリング

潤滑油清浄機の掃除

燃料油のシフトおよびタンク切替

こし器類の切換・掃除

各機器の点検・注油・グリースアップ

電池整備

ディーゼル発電機・救命艇エンジンテスト

ビルジのシフト

などがあるが、これらについては個々に電算機以外の方法で行なうものとし、今回の適用範囲には入れなかつた。

このような考え方で適用範囲を決め、つぎに示すものについてソフトウェアの開発を行なうこととした。

1.2.2 電算機適用範囲

(1) 適用項目

項 目	内 容	目的		
		安全性	省力化	操作の質向上
(a) 異常の検知と警報	従来のスキヤナおよびデータロガの機能に加えて特定点のトレンド記録、過渡データ記録を行なわせる。 異常の警報にはアナウンシエータまたはCRTディスプレイを用いる。	○	○	○
(b) 異常検知による故障原因の探知	故障原因の論理判断を行ない、オペレーションガイド、原因表示（トリップシーケンス表示など）を行なう。	○		
(c) 異常検知による事故発生防止操作	異常を未然に検知し、事故発生防止の操作についてオペレーションガイドを行なうとともに、緊急の異常発生に対して応急操作を行なわせる。 異常としてはつきの項目をとり上げる。 1) 主補機タービン異常振動 2) 主および発電機タービン軸受焼損 3) ブラックアウト 4) ボイラ関係異常（ショートウォーターを含む）	○		
(d) プラントの限界運転	つきの項目についてオペレーションガイド、または予防操作を行なう。 1) 推進軸系のトルクリミット 2) タンカーサービス時主ボイラの負荷限界	○		
(e) 発電プラントの起動操作	1) 起動前の状態を確認し、起動準備完了のオペレーションガイドを出す。 2) 起動操作はWIRED LOGICによるものとし、操作の各ステップごとに状態の確認を行なつて次のステップへの移行を指令する。 3) 状態の確認（異常の検知）はできるだけ1) の異常点のスキヤニング2) および3) の原因探知、予防操作サブルーチンを利用する。 4) 冷始動時およびブラックアウト後の起動を対象とする。 1) 起動前の状態を確認し、起動準備完了のオペレーションガイドを出す。 2) 起動操作は、遠隔操作またはWIRED LOGICによるものとし、操作のステップごとに状態の確認、次のステップへの	○	○	○
(f) 推進プラントの起動操作		○	○	○

項 目	内 容	目的		
		安全性	省力化	操作の質向上
	<p>移行のオペレーションガイドを行なわせる。(シーケンスモニター)</p> <p>3) 状態の確認(異常の検知)はできるだけ1)の異常点スキヤニング、2)および3)の原因探知、予防操作サブルーチンを利用する。</p> <p>4) 冷始動時およびブラックアウト後の起動を対象とする。</p>			

(2) 電算機の稼働条件

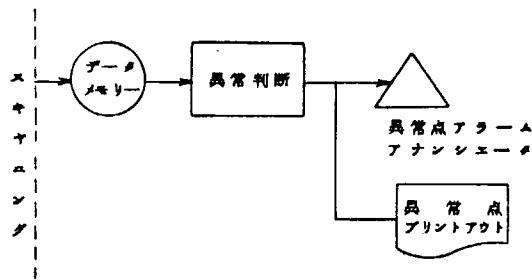
電源ブラックアウト状態を含め、常時稼働できるよう電算機電源を確保する。

電算機故障時は自動的にアナログバックアップに切りかえる。ただし、検出端は兼用する。

(3) 適用方式

代表的な適用方式の概念を示せばつきのとおりとなる。

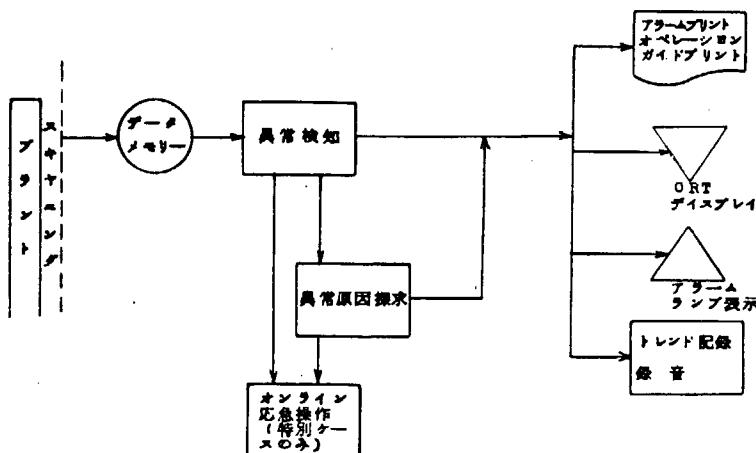
(a) 異常の検知と警報



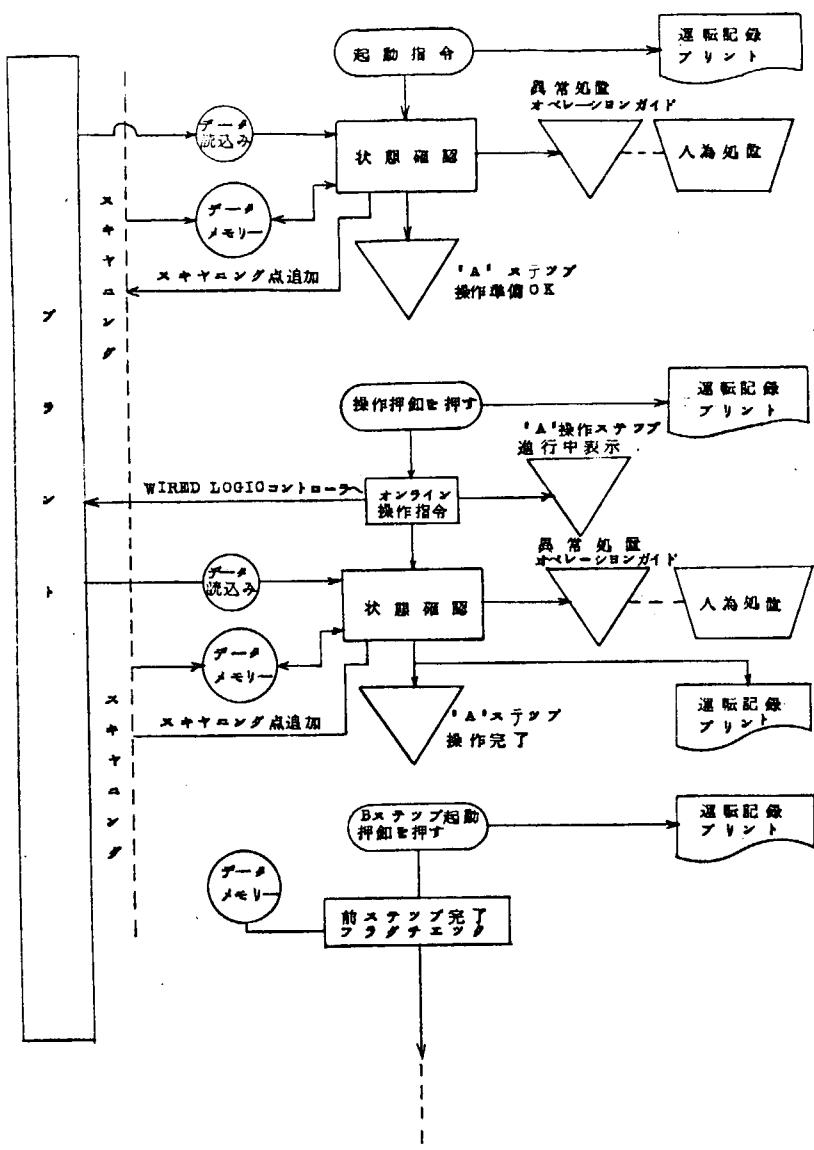
(b) 異常検知による故障原因の探知



(c) 異常検知による事故発生防止操作



(d) プラントの起動操作



1.3 電算機の概略仕様の検討

1.2で定めた適用範囲についてプログラムを作成するに先立ち、これらを実行するのに必要な電算機の概略仕様をつぎのように想定し、以後この電算機を使うものとして作業を進めた。

1.3.1 電算機の要目

(1) 中央演算処理装置

- (a) 語長 2進 16ビット以上
- (b) 記憶装置 磁気コア 約8~16K語
- (c) 演算速度 加減算 5 μ s以下
乗算 2.5 μ s以下
除算 4.0 μ s以下
- (d) アドレス／命令
- (e) 命令種類

- (f) 割込　必要割込数により検討する。
- (2) 補助メモリ
- (a) 磁気ドラム 64～128K語
- (3) 周辺装置
- | | |
|-----------------|-------------------|
| (a) 入出力タイプライタ | 1台(電算機操作室に装備) |
| (b) 紙テープリーダ | 1台() |
| (c) 紙テープパンチヤ | 1台() |
| (d) ロギングタイプライタ | 1台(機関制御室に装備) |
| (e) C.R.Tディスプレイ | 2台(機関制御室、機関長室に装備) |
| (f) アラームプリンタ | 1台(機関制御室に装置) |
| (g) トレンドレコーダ | 1台() |
| (h) アナウンシェータ | 1台() |
| グループ別アナウンシェータ | 5セット(船橋、居室に装備) |
| (i) スペシャルタイプライタ | 1台(機関制御室に装備) |
- (4) 入力信号
- 43年度に行なつた作業にもとづきつきのように想定した。
- | | |
|--------|----------------------------|
| アナログ入力 | 約194点(電圧36、熱電11、電流75、抵抗72) |
| デジタル入力 | 約301点(接点のON-OFF信号) |
| パルス入力 | 約4点 |
| 合計 | 499点+23点(未定)=約522点 |
- ### 1.3.2 周囲条件
- (1) 周囲温度
- | | |
|-----------|-----------|
| 機 関 室 | 0℃から50℃ |
| 機 関 制 御 室 | 0℃から45℃ |
| 計 算 機 室 | 0℃から40℃ |
| 特殊 センサー | -10℃から60℃ |
- (2) 振動、衝撃
- 1 Hz から 10 Hz までは片振巾 1.5 mm
- 10 Hz から 60 Hz までは片振巾 $150 / f^2 \text{ mm}$
- f は振動数 Hz
- 上記により 0.6 G
- (3) 効搖、傾斜
- | | | | |
|-------|--------|-----|------|
| 効 搖 | ±22.5度 | 周 期 | 10 秒 |
| 横 傾 斜 | 15 度 | | |
| 縦 傾 斜 | 10 度 | | |
- (4) 電 源
- | | | | |
|------------|-----------|-----|---------|
| 電 圧 (定格値の) | +6%, -10% | 定常時 | 瞬時 |
| 周波数 (定格値の) | ±5% | | ±10% 3秒 |
- ただし定常時の電圧、周波数の変動は同時に起らないものとする。
- (5) 温 度 10～90%

1.3.3 信頼性

M T B F

中央演算処理装置 約 4,000 Hr (5 ~ 6ヶ月)

周辺機器 約 1,000 ~ 2,000 Hr

1.4 セネラルフローチャートおよびI/Oリストの作成

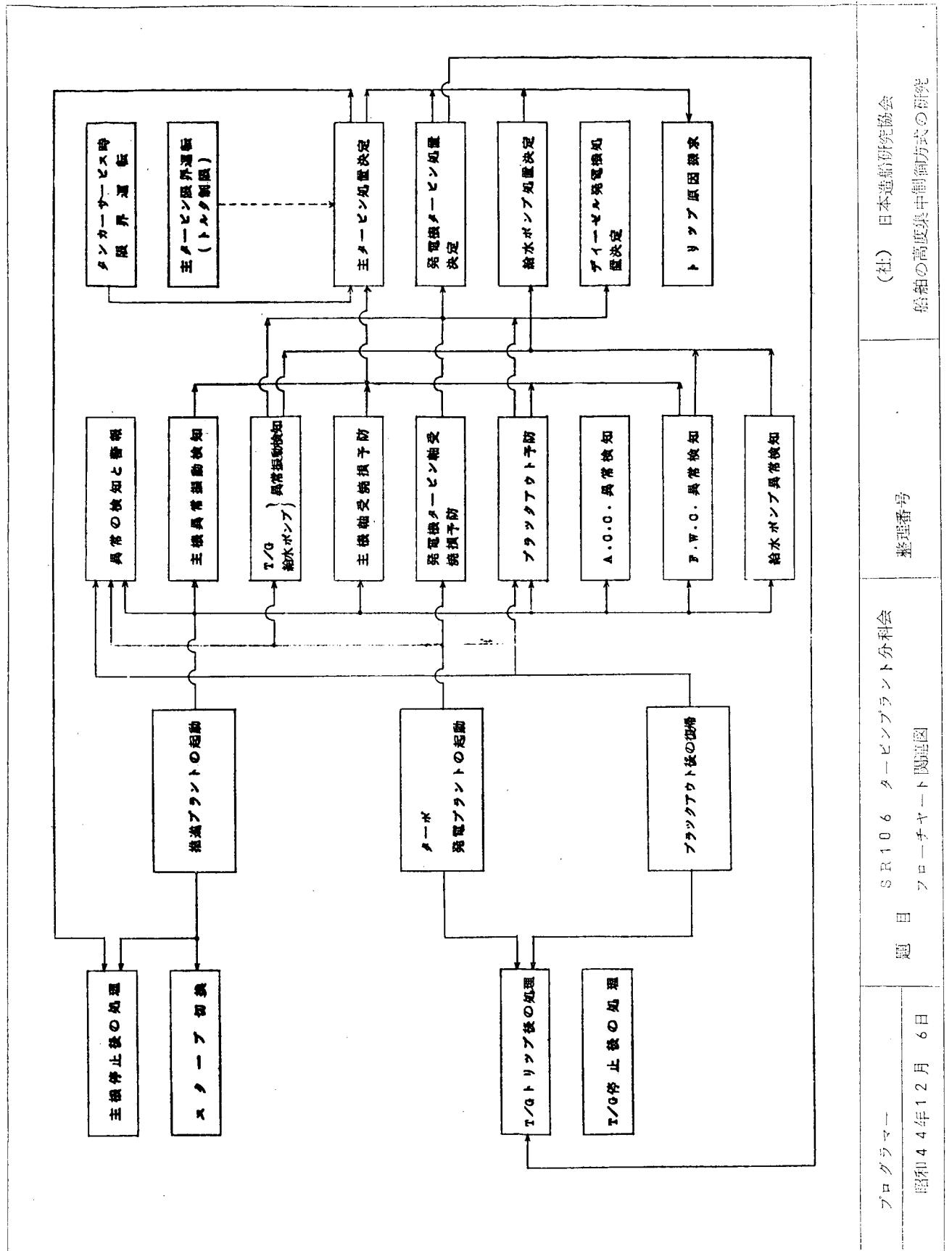
セネラルフローチャートおよびこれに関連するI/Oリストは川崎重工、三菱重工の2社が分担してつきのものを作成した。

1.4.1 フローチャートの種類

プログラム名称	内 容	担当
(1) 異常の検知と警報	機関部の諸データのうち日誌記録項目、トレンド記録項目およびアラームスキャニング項目をリストアップした。 スキャニング項目のうち各異常検知プログラムによるものと単独でスキャニングするものと区別したが、単独のスキャニング項目は少ない。 プログラムは電算機固有の標準プログラムを使うことにした。	三菱重工
(2) トリップシーケンス記念	重要機器のトリップに関係する接点の動作順序を記録することにより事故原因の究明を行なう。 プログラムは電算機固有の標準プログラムを使う。	三菱重工
(3) 異常振動検知、原因探究および予防	主タービンおよび補機タービンの異常振動を検知して録音するとともに電算機で解析して原因を探究する。また要すれば減速などの処置をとらせる。 主タービンの異常振動の原因になると考えられるタービン車室熱変形、熱応力車室ロータ間の熱伸び差などを検出し予防処置をとらせる。	三菱重工
(4) 主タービン軸受焼損予防	主タービンおよび減速装置の軸受温度、軸受出入口油温、軸受メタル摩耗などを検出して軸受焼損を事前に予知し予防処置をとらせる。	三菱重工
(5) 発電機タービン軸受焼損予防	発電機タービン軸受出入口油温、給油圧力を検出して、軸受の焼損を事前に予知し予防処置をとらせる。	三菱重工
(6) ブラックアウト予防	ブラックアウトにつながる諸要因、すなわちターボ発電機回転数、振動、ガバナーの作動、自動電圧調整装置の作動、主復水器の真空などを検知して必要な処置をとりブラックアウトの発生を防止する。	三菱重工
(7) A C C異常検知と原因探究	主ボイラの自動燃焼制御装置の作動を検知し、その異常を予知し必要な予防処置を指示する。	三菱重工
(8) ボイラ給水系異常検知	ボイラ水面検出装置および給水加減装置の作動を検知してその異常を予知し、必要な予防処置を指示する。 また、ボイラ水面を検知してショートウォータまたはブライミングを予知し、必要な予防処置をとらせる。	三菱重工
(9) 給水ポンプ異常検知	給水ポンプの状態を検出し、その異常を予知し、必要に応じた予防処置をとらせる。	三菱重工
(10) 主タービン限界運転 (トルク制限)	主軸の回転数とトルクを検出して、これらを制限値以内で運転することにより長期間の安全運転を行なうためのオペレーションガイドを出す。	三菱重工

プログラム名称	内 容	担 当
(11) タンカーサービス時の 主タービン限界運転	タンカーサービス時に主ボイラの負荷を最大に保つように主タービンの回転数 を制御する。	三菱重工
(12) 発電プラントの起動 操作	プラントがターボ発電機起動可能な条件下にあれば、プログラムスタート押釦 によりプログラムが起動し順次シーケンスに従つて起動操作を行ない、発電機 の負荷投入、並列運転、負荷移動まで完了させる。	川崎重工
(13) 推進プラントの起動 操作	主ボイラおよび主タービン冷態時から起動して主タービンの起動增速までの運 転操作を8個のステップに分け、電算機で各部の状態を確認しながらシーケン スに従つて起動の各操作を指示あるいは直接操作させるかして一連の起動操作 を完了する。	川崎重工
(14) ブラックアウト後の プラント復帰	ブラックアウト後スタンバイ発電機による電源復帰補機の起動など一連の操作 を電算機にてシーケンスモニタリングしてプラントの復帰を行なう。	川崎重工

上記プログラムのゼネラルフローチャートの関連図をつぎに示す。



1.4.2 フローチャートの特長

ゼネラルフローチャートのあり方について、あるいはその詳しさの度合い、ハードウェアとの密着の度合いなどについて種々の意見があり、ゼネラルフローチャートはかくあるべしと言う姿は決め難いものである。しかしながらその形はどうであれそのプログラムは何を目的としているか、また何を行なわせるものであるか、どんなプラントについてのプログラムであるかと言うプラントメーカーの意志を電算機メーカーに正しく伝えうるものでなければならない。ここで作成したフローチャートはプラント側の意図するものがハード側に正しく十分伝わると言うことを主目的として作成したものでつきのような特長をもつている。

- 1) 電算機の機種、形式に関係なく一般にどの電算機にも当てはまるものとした。従つてディテイルドフローチャートを作成する段階で形はかなり変ることもありうる。
- 2) プラントを構成する各機器の機種による特性の相違は考えていないので、機種により多少条件が変わることもある。すなわち同じ機器についてもその機種により警報設定値、タイマー設定値などは異なることがあるので、基本的なフローを変えない範囲内でこれらの設定値は変えうるものとした。
- 3) フローチャートは後日の修正を容易にするため、できるだけサブルーチンの組合せの形にまとめた。
また、各プログラムにくり返し出てくるものは共通のサブルーチンを作成した。
- 4) プラントの起動操作のフローチャートはプラントを主体としたオペレーションフローチャートと電算機側から見たゼネラルフローチャートと二とおり作成した。

1.4.3. I/Oリストの作成要領

各プログラムに必要な INPUT、OUTPUTは各プログラムごとにリストアップしたが、それぞれかなりの重複があるので最終的に一つにまとめ上げることにした。リストは各プログラム作成に都合の良いように考えて系統別に分け、ディテイルドフローチャートを作成する上で必要な項目について記載することにし、つきの要領で作成した。

(1) INPUT LIST

- (a) 系統名称
- (b) 番号 系統別に一貫番号を付ける。
- (c) 検出項目 弁の開、閉、ポンプの起動、停止、圧力そのたの高、低などは各々別項目とする。すなわち弁の場合開1項目、閉1項目とする。
- (d) 制込みレベル、ライン名 各項目の所属するプログラム名を記入する。
- (e) 常時監視の要否、スキヤン間隔

		要(○)否(×)	スキヤン間隔
必要なときその都度読むもの		×	×
常時読むもの	読み込んでおくだけのもの ※	×	TIME
	読み込んで正常、異常の判断を行うもの	○	TIME

※LOG SHEET作成用オペレータ参考用など

(f) 検出端形式

- (g) 入力信号 バルス D P
ON-OFF DO (ON、OFFのいずれかを備考に入れる)
アナログ 電流値または電圧値の範囲

(h) 検出端数

(i) 記録の要否

日誌記入用 ○印

運転記録

○印

記録なし

×印

(j) 常用範囲、精度の欄は今回は考えない。

(2) OUTPUT LIST (A)

(a) 系統名称

(b) 系統番号 INPUT LIST と同様

(c) 操作項目 INPUT LIST と同様

(d) 出力信号 MOMENTARY 信号は最大 100 ms とする。

ON、OFF を明示する。

LATCH TYPE である。

アナログ信号は RANGE 特性などがあるが現段階では ON-OFF または ANALOG を区別するにとどめる。

(e) 当刻操作所要時間、最大許容操作勾配、操作直接判断の欄はとくに考えなくてもよいものとした。

(3) OUTPUT LIST (B)

(a) 系統名称、番号 INPUT LIST と同様

(b) 表示項目

(c) 記録の要否 INPUT LIST と同じ

(d) 表示方法 プラウン管 CRT MANUAL 押鈕、または状態復帰で消去

アナウンシエータ A 同 上

ランプ L 正常で点灯又は状態復帰で点灯

(e) 表示時間または消去時点については(d) 項参照

(f) 表示文字(内容) 英文略号にて記入(船用工業会標準またはJEM・R 参照)

1.4.4 ゼネラルフローチャートならびに I/O リスト

1.4.1 項に示したごとく 14 項目のプログラムに対してゼネラルフローチャートならびに I/O リストを作成したが、その代表例として異常振動検知、原因探求および予防プログラムに対するものをつきに示す

本プログラムは異常振動を直接検知して原因探求を行なわせる

主タービン異常振動検知プログラム

補機タービン異常振動検知プログラム

と、主タービンの異常振動の原因となりうる異常を検知し、異常振動を予防させる。

主タービン熱変形検知プログラム

主タービン車室、ロータ間熱伸び差検知プログラム

主タービン熱応力検知プログラム

後進タービン異常加熱検知プログラム

CARRY OVER 検知プログラム

とからなる。

(1) 異常振動検知プログラム

(a) プログラムの基本構成(主タービンおよび補機タービン)

(i) 異常振動検知方法

第 1.4.1 図に示す方法により高圧タービン、低圧タービン、補機タービンに軸振動計をもつけ振動の振幅、振動数を計測する。

(ii) 判 断

振動の振幅が許容値内にあるかを計算機により判断し、振動波形を録音テープに録音させ、適当な処置をとる。
録音テープはエンドレステープとし10分間1回りとする。

(iii) 解 析

原因探査はテープに録音された振動波形を再生し人の判断により解析する。計算機による判断は振動の基本周波数を選択し、振動原因の目安を与える。

(iv) 処 置

処置は振動振幅が許容値以上になると主機を減速させ、許容値の2倍以上になると主機の急速減速を行なう。
処置の実行は別プログラムで行なうのでこのプログラムではフラグのみを立てる。補機の場合も同様である。

(v) プログラムの起動

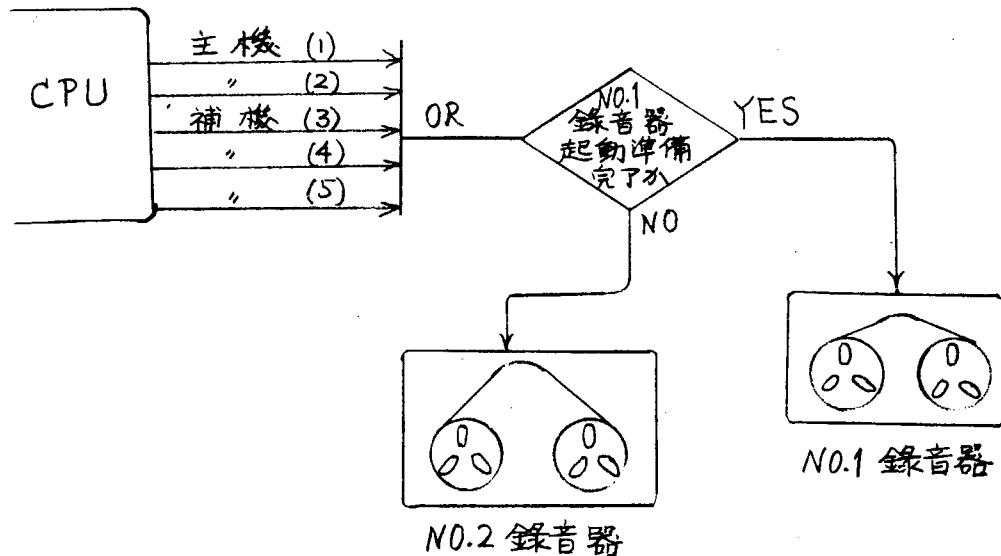
プログラムの起動は主機起動プログラムの指示により起動する。

(vi) 振動許容振幅

第1.4.2図に軸振動許容振幅を示す。

(vii) そ の 他

- ① プログラムのスキャン周期は5秒とする。
- ② 録音器準備完了とは録音器に録音テープを取付け人の手により準備完了のスイッチを入れた状態を言う。
- ③ 録音器の起動はつぎのようにする。



(b) プログラムの説明

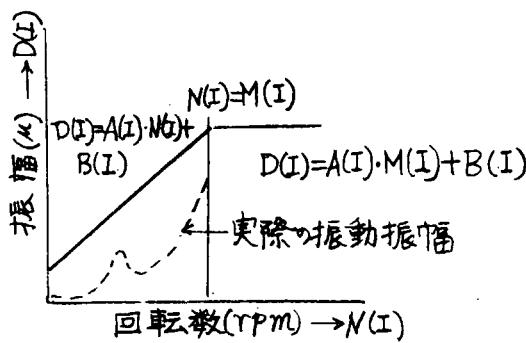
データの読み込みはデータ読み込みルーチンにより主タービンの場合5秒周期、補機タービンの場合10秒周期で行なう。

使用データはすでに読み込まれた値を使用する。

振動の振幅が許容値以上の場合は録音器を起動し、振動波形を録音する。

振動解析ルーチンにより振動数の解析を行なう。

振幅の許容値は $D(I) = A(I) \times N(I) + B(I)$ により計算する。回転数が最大使用回転数 ($M(I)$)



以上の振幅許容値は $N(I) = M(I)$ とし、 $D(I) = A(I) \cdot M(I) + B(I)$ により算出する。

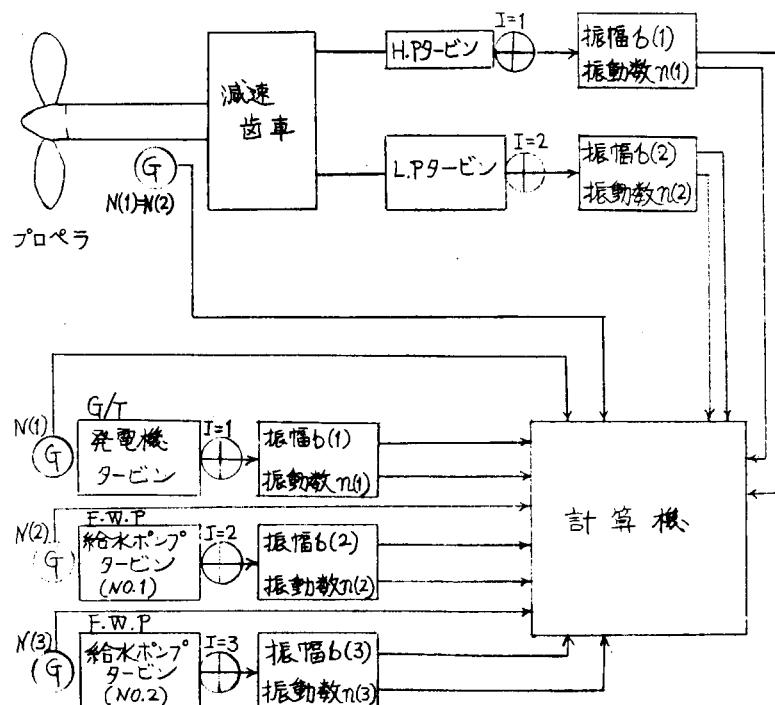
処置は主タービンの場合許容値以上で減速、許容値の2倍以上で急速減速を行なう。ただし実行は別プログラムで行なう。本プログラムではフラグ (FLAG(j)) Setのみである。

OUTPUTはANNOUNCATOR、LAMP、PRINTの3

種類とし、PRINTはフローの流れ変化に応じて INPUT DATA を PRINTする。その他は正常復帰でリセットする。

このプログラムにおける補機タービンの処置は FLAG(I) の Set のみで処置の実行はブラックアウト予防プログラムにより行なう。OUTPUT の方法は主タービンと同じである。

振動解析サブルーチンは振動波形の周波数をカウントし、実際の計測点下の回転数と比較して振動数をつぎのように分類する。振動数が回転数に等しいか、回転数の2倍に等しいか、プロペラ回転数の1倍または2倍に等しいか。



(+) 軸振動計

(G) 回転計

第 1.4.1 図 異常振動検知方法

(c) 記号説明

$b(I)$ =振動振巾(μ)

$n(I)$ =振動周波数

(Cycle/min)

n_p =プロペラ回転数

(r.p.m.)

$N_G(I)$ =回転体の回転数

(r.p.m.)

$D(I)$ =振幅の許容値(μ)

$D(I)=A(I) \cdot N(I) + B(I)$

$A(I), B(I)$ =常数

$D(I)=A(I) \cdot M(I) + B(I)$

$M(I)$ =常数

$K(I)$ =常数

FLAG(j)=主タービン制

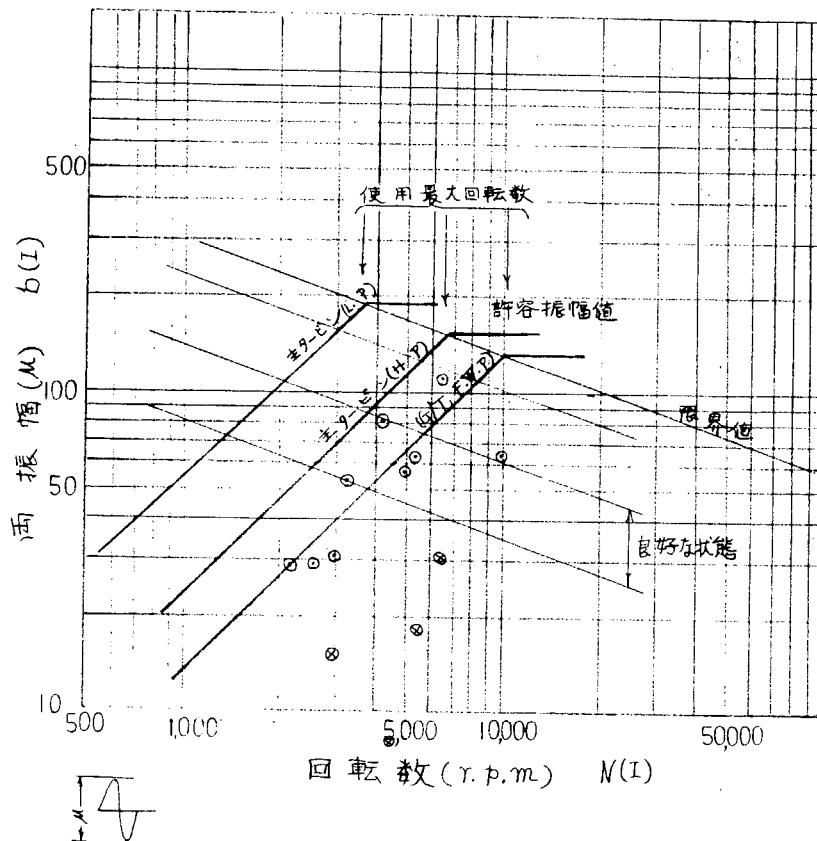
御用フラグ

FLAG(I)=OUTPUT制

御用フラグ

(Announcer

Lamp Print etc.)



第1.4.2図 軸振動許容振幅

(i) 主機異常振動検知プログラム

I = 1 高圧タービン

I = 2 低圧タービン

$N(1)=N(2)=n_p$

(ii) 補機異常振動検知プログラム

I = 1 発電機タービン

I = 2 給水ポンプタービン (M.1)

I = 3 給水ポンプタービン (M.2)

FLAG A(1) 発電機タービン振動非常に大 (補機制御用フラグ)

〃 A(2) 給水ポンプタービン (M.1) 〃 ()

〃 A(3) 〃 (M.2) 〃 ()

〃 A(4) 発電機タービン振動有り ()

〃 A(5) 給水ポンプタービン (M.1) 〃 ()

〃 A(6) 〃 (M.2) 〃 ()

(2) 車室熱変形検知プログラム、車室ロータ間熱伸び差検知プログラムおよび車室熱応力検知プログラム

(a) プログラムの基本構想

(i) 検知方法

車室の熱変形および熱応力そのものの検知は難しいので主タービン車室に取り付られた10点の温度計により車室温度分布を計測し変形、応力値を推定する。

車室、ロータ間の熱伸び差の検知は高、低圧タービンに取り付けられた伸び差計により行なう。

検知方法を第1.4.3図に示す。

(ii) 判断

各計測点の温度差、単位時間当りの温度上昇を計算機により計算し、温度差が許容値内にあるか判断する。

(iii) 处置

温度差が許容値以上の場合主機の減速、整定を行なう。

処置の実行は別プログラムで行なうのでこのプログラムではフラグを立てる。

(iv) プログラムの起動

このプログラムの起動は主タービン起動プログラムの指示により起動する。

各プログラムの起動周期は1分周期とする。

(b) プログラムの説明

(i) 車室熱変形検知プログラム

データの読み込みはデータ読み込みルーチンにより1分周期で読み込まれ、このデータを使用する。

車室上下、左右温度差を計算し、温度差の絶対値または単位時間当りの温度差のいずれかが許容温度差以上になつたとき、主タービン減速、整定のいずれかを計算機より指示する。

絶対温度差（車室上下、左右）が3.0°C以上、6.0°C以下のとき増速中なら主機整定、整定中なら主機減速を行なう。

6.0°C以上の場合は主機減速を行なう。

(ii) 車室ロータ間熱伸び差検知プログラム

データ読み込みルーチンにより1分周期で読み込まれた値を使用する。

伸び差は高、低圧タービンに取り付けられた伸び差計により伸び差の監視を行なう。伸び差の絶対値および傾向を計算機により監視する。

伸び差の絶対値が1mm以下0.5mm以上、1分間当たりの傾向が0.3mm以上0.6mm以下のとき、増速中なら主タービン整定、整定中なら減速を行なう。伸び差の絶対値0.5mm以下、傾向0.6mm以下のときは減速を行なう。

上記の伸び差とはたとえばノズル、ロータ間の隙間を示す。

(iii) 車室熱応力検知プログラム

車室の熱応力=壁の温度差

$(T_1 - T_6)$ 、ボルトの熱応力

=ボルトとフランジの温度差

$(T_4 - T_5)$ のいずれかの絶対

値および時間当たりの温度差が許

容値以上、1.5倍以下のときはブ

リントのみを行ない、1.5倍以

上のときは主タービン減速を行な

う。

(c) 記号説明

$T(1)$ =高圧タービン上部車室温度

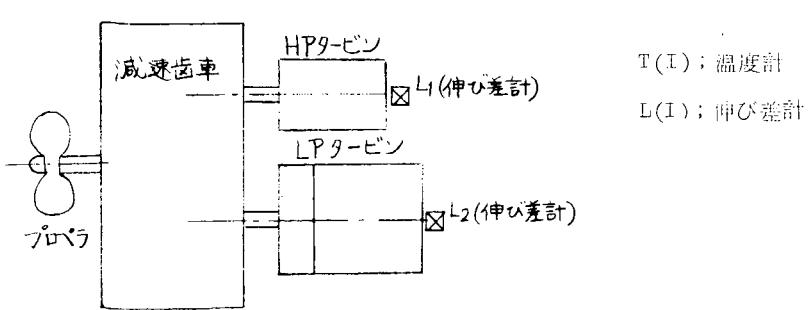
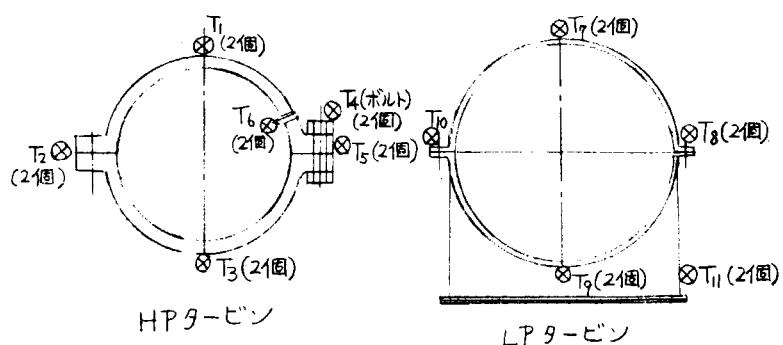
(c)

$T(2)=\Delta$ 左側 Δ

(c)

$T(3)=\Delta$ 下部 Δ

(c)



第1.4.3図 車室温度および熱伸び検出方法

T(4)=高圧タービンボルト温度(℃)

F L G B Q (j)

=主タービン制御用フラグ

T(5)=右側車室温度(℃)

〃C〃

T(6)=内部車室温度(℃)

〃D〃

T(7)=低圧タービン上部右側(℃)

F L A G L

=O U T P U T用フラグ

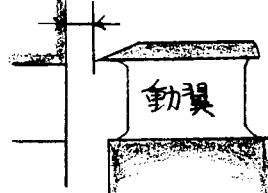
T(8)=右側下部(℃)

F L A G M

T(9)=下部(℃)

L(I)mm

L(1)=高圧タービン伸び差計(mm)



L(2)=低圧タービン伸び差計(mm)

n_p=プロペラ回転数(r.p.m.)

車室変形状態を示す。



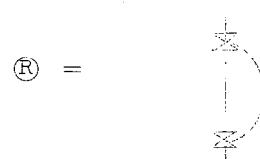
中央上り HOGGING



中央下り SAGGING



左曲り



右曲り

K(I)=常数(℃)

(3) 後進タービン異常加熱検知プログラム

(a) プログラムの基本構想

(i) 前進回転中に後進蒸気室への蒸気もれによる後進タービンの異常加熱防止を行なう。

(ii) 検知方法

後進タービンノズルに温度計を設けて検知する。

(iii) 判断

前進運転中に上記温度計が異常に上昇した場合および温度勾配($\Delta T / \Delta t$ (時間))がある値以上になつた場合適当な処置をとる。

(iv) 処置

主機を減速させる。

(v) プログラムの起動周期は1分とする。

(b) 記号説明

T₁₁=後進タービン取付温度計(℃)

F L G E Q(j) = 主タービン制御用フラグ

F L A G L(I) = O U T P U T 制御用フラグ

(4) C A R R Y O V E R 検知プログラム

(a) プログラムの基本構想

イ) C A R R Y O V E R 検知方法

ボイラの圧力降下、ボイラ蒸気温度降下を検知して C A R R Y O V E R を判断する。

ロ) 判断

単位時間当たりのボイラ圧力降下、蒸気温度降下がある値以上になれば適当な処置をとらせる。

ハ) 処置

主機減速

ニ) プログラムの起動周期は 5 秒ごととする。

(b) 記号説明

P_B = ボイラ S H 出口圧力 (Kg/cm²)

T_B = ボイラ S H 出口温度(°C)

F L G F Q (1) = 主タービン制御用フラグ

F L A G L (I) = O U T P U T 制御用フラグ

(5) 主機減速プログラム

(a) プログラムの基本構想

主タービンの減速方法は第 1.4.4 図に示すように従来の操作ダイヤルと計算機を並列に結ぶ。

正常なときは常に電算機の設定値をダイヤル設定値に合わせておく。異常の判断は各監視プログラムがセットした主タービン制御用フラグの有無をチェックすることにより行なう。フラグの種類は、

F L G Q (1) : 主タービン急速減速

F L G Q (2) : 主タービン減速

F L G Q (3) : 主タービン整定

である。

フラグセットが発見されたときまず O V E R R I D E (第 1.4.4 図参照) を O N にしダイヤルからの信号をカットする。電算機からの信号のみとなる。

電算機からの指示回転数は急速減速の場合フラグセット時のプロペラ回転数の k₁ n_p (実際のプロペラ回転数) の減速を指示する。回転数を k₁ n_p 低下させても同じフラグセットのままなら、さらにその回転数の k₁ n'_p の減速を指示する。

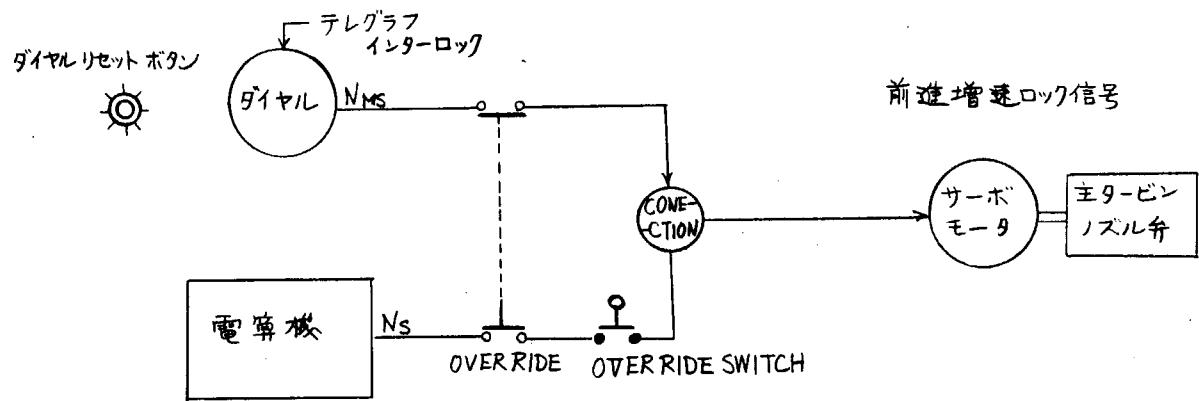
減速の場合も同様にプロペラ回転数の k₂ n_p を指示する。

各監視プログラムからのフラグがすべて消滅するまで減速、整定が続く。

リセットは全フラグがすべて消滅したときダイヤルをフラグ消滅回転数に合わせたときリセットボタンを押せば O V E R R I D E が O F F となり電算機からの信号はカットされダイヤル運転が可能になる。

このプログラムは O V E R R I D E S W I T C H O N によりスタートする。

本お本プログラムの周期は 5 秒とする。



第1.4.4図 主ターピン操縦系統図

(b) 記号説明

N_{MS} : ダイヤル設定回転数

N_S : 計算機設定回転数

F L G Q (j) : 主ターピン制御フラグ

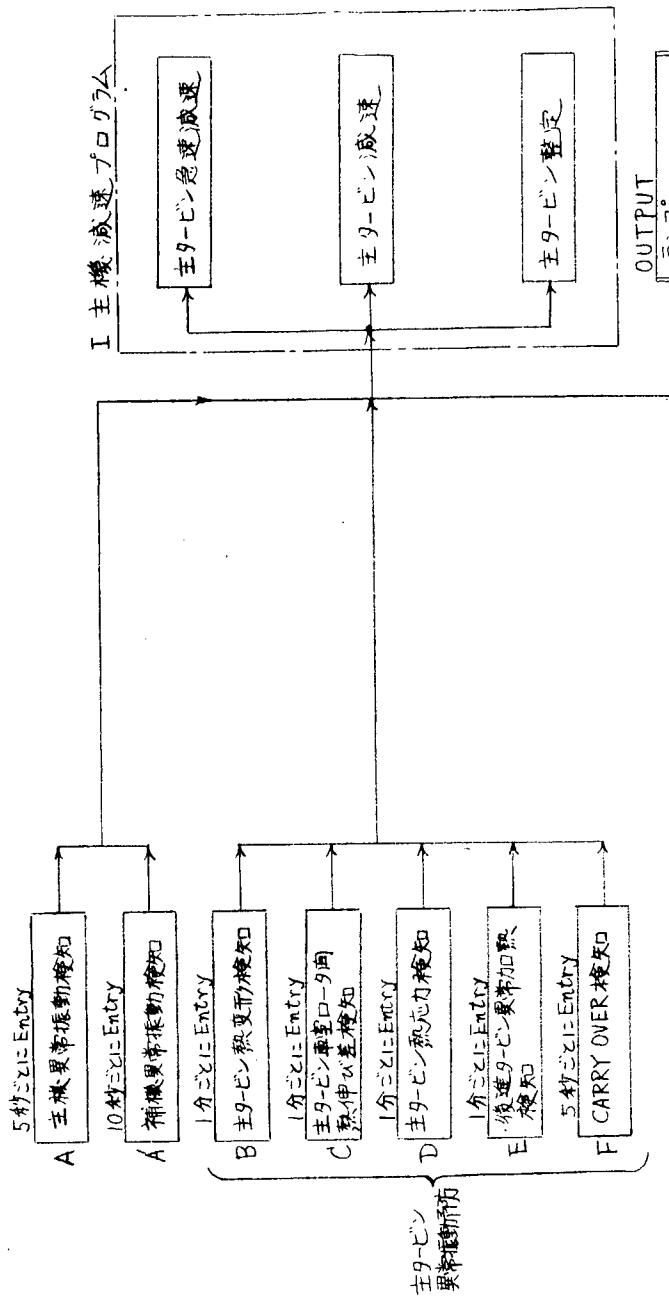
F L G Q (1) : 主ターピン急速減速

F L G Q (2) : 主ターピン減速

F L G Q (3) : 主ターピン整定

F L G L (1) : ランプ点灯およびプリント制御用フラグ

異常振動検知
原因探査および予防

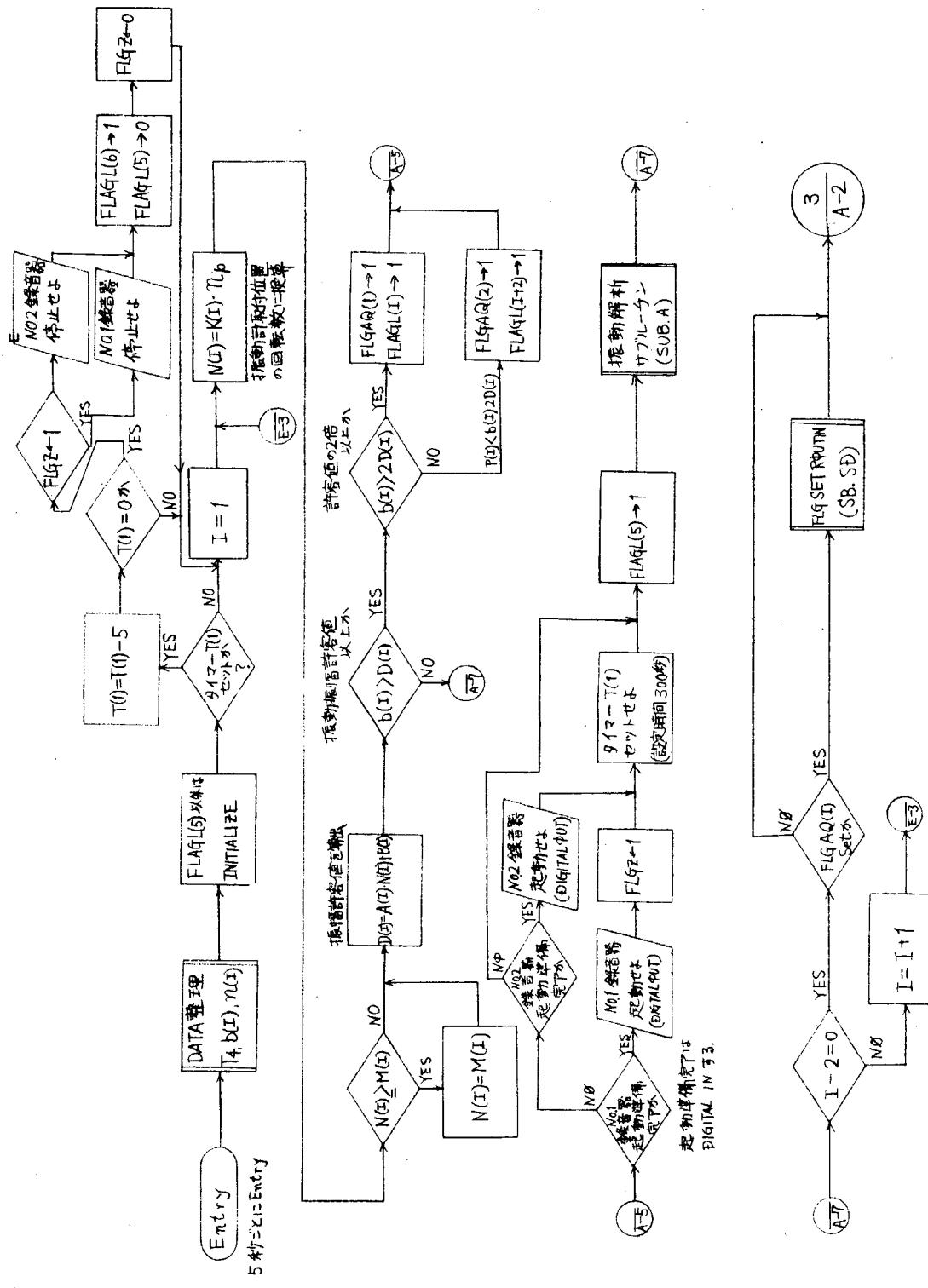


プログラム 三菱重工(協力者 三菱電機)
昭和 44 年 11 月 26 日

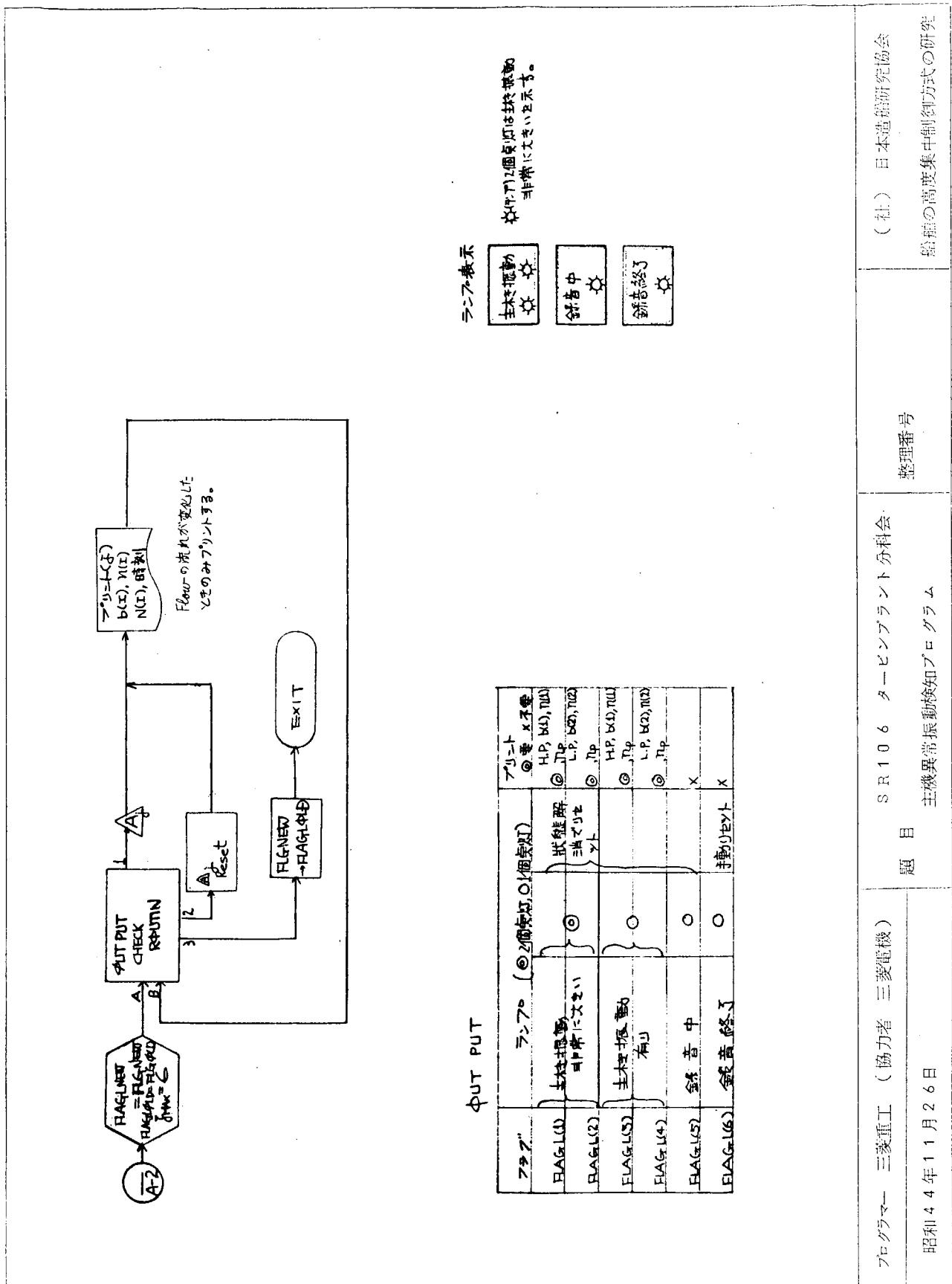
題目 S E 10 6 タービンプラント分科会
異常振動検知、原因探査および予防プログラム

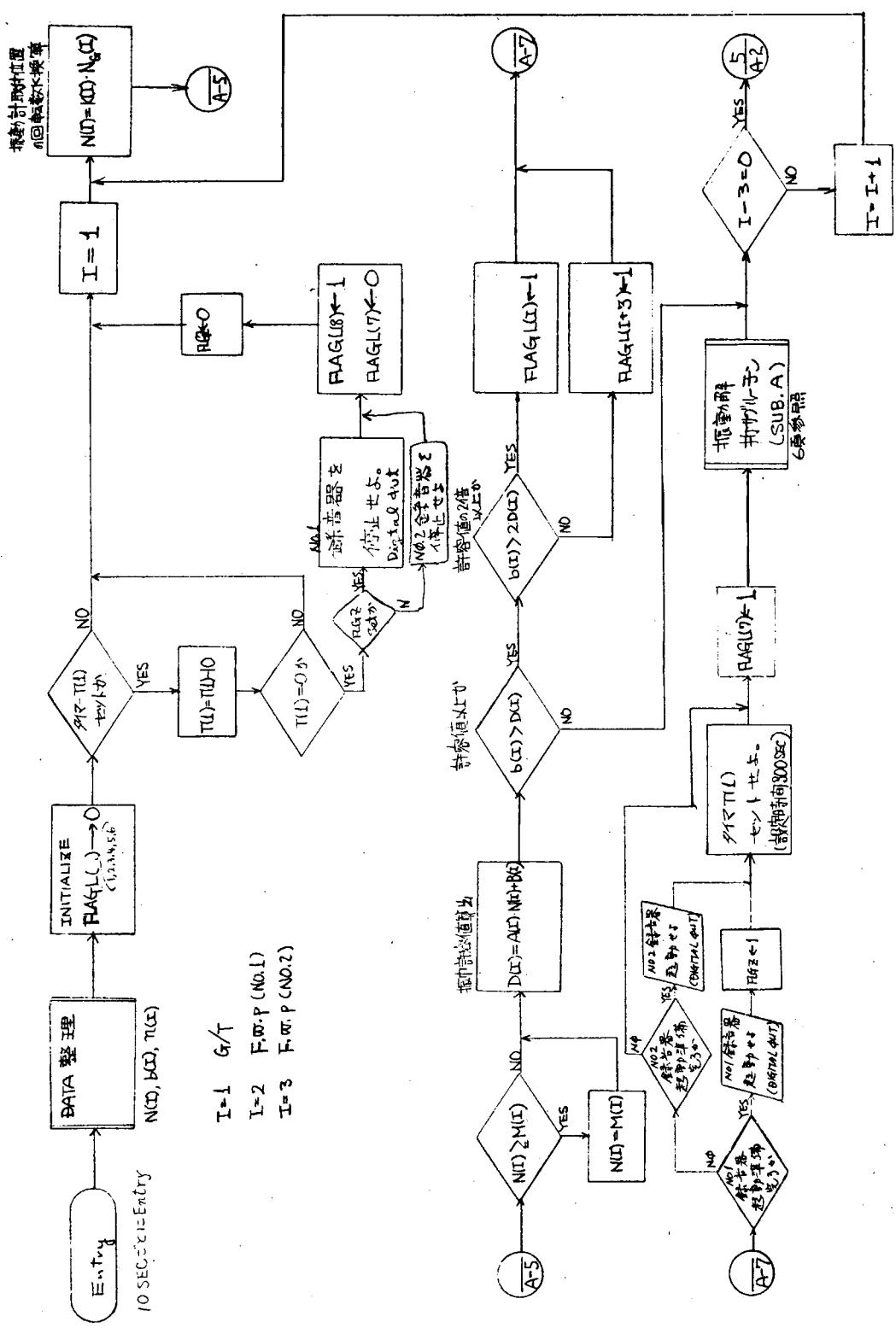
整理番号
船舶の高度集中制御方式の研究

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

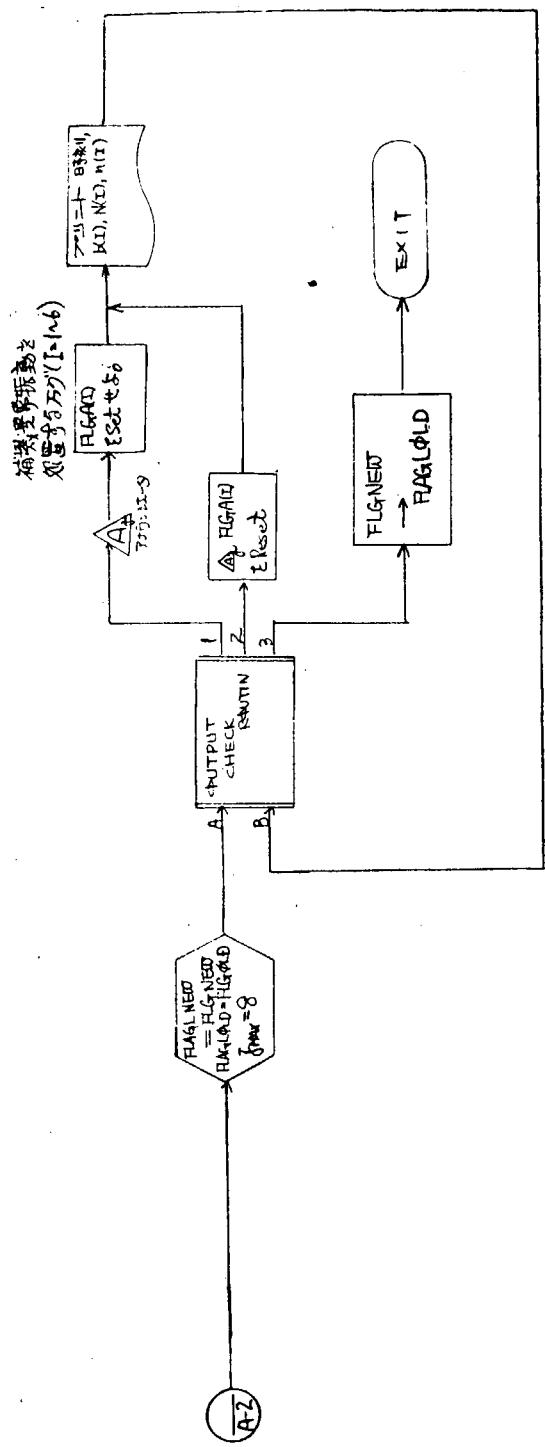


プログラム	三菱重工（協力者 三菱電機）	題目	S R 1 0 6 タービンプラント分利会	整理番号	(社) 日本造船研究協会
階和4	4年11月26日	主機異常振動検知プログラム	第3回	A-2	船舶の高度集中制御方式の研究

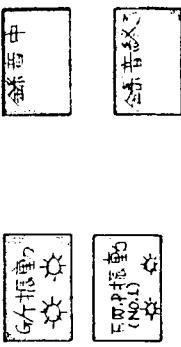




プログラマー 三菱重工 (協力者 三菱電機)	SR 106 タービンプラント分科会	題目	補機異常振動検知プログラム
昭和44年1月26日		整理番号	(社) 日本造船研究協会 船舶の高速集中制御方式の研究



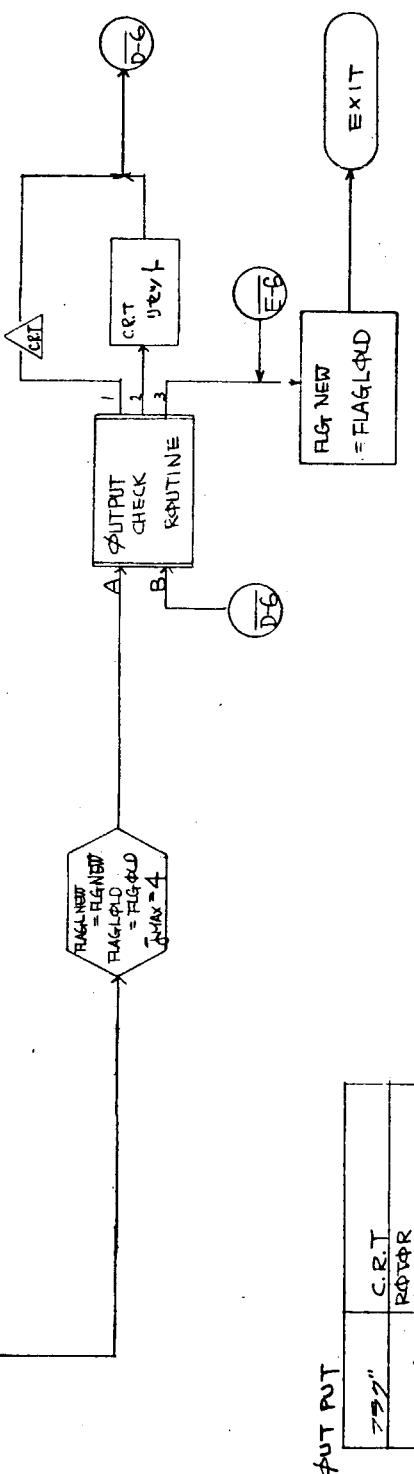
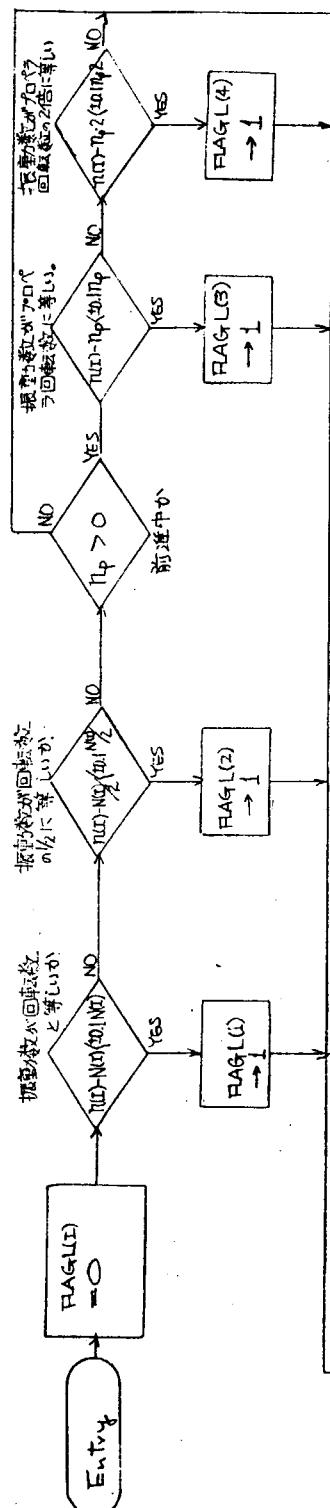
PUT PUT
FLAG11 ① (②2回点灯○振動) ③点灯
HOLD ④ ⑤
“L2” ⑥ ⑦ 振動解除
“L3” ⑧ ⑨
“L4” ⑩ ⑪ 時刻
“L5” ⑫ ⑬ 時刻
“L6” ⑭ ⑮ 振動解除
“L7” ⑯ ⑰ 振動解除
“L8” ⑱ ⑲ 振動解除



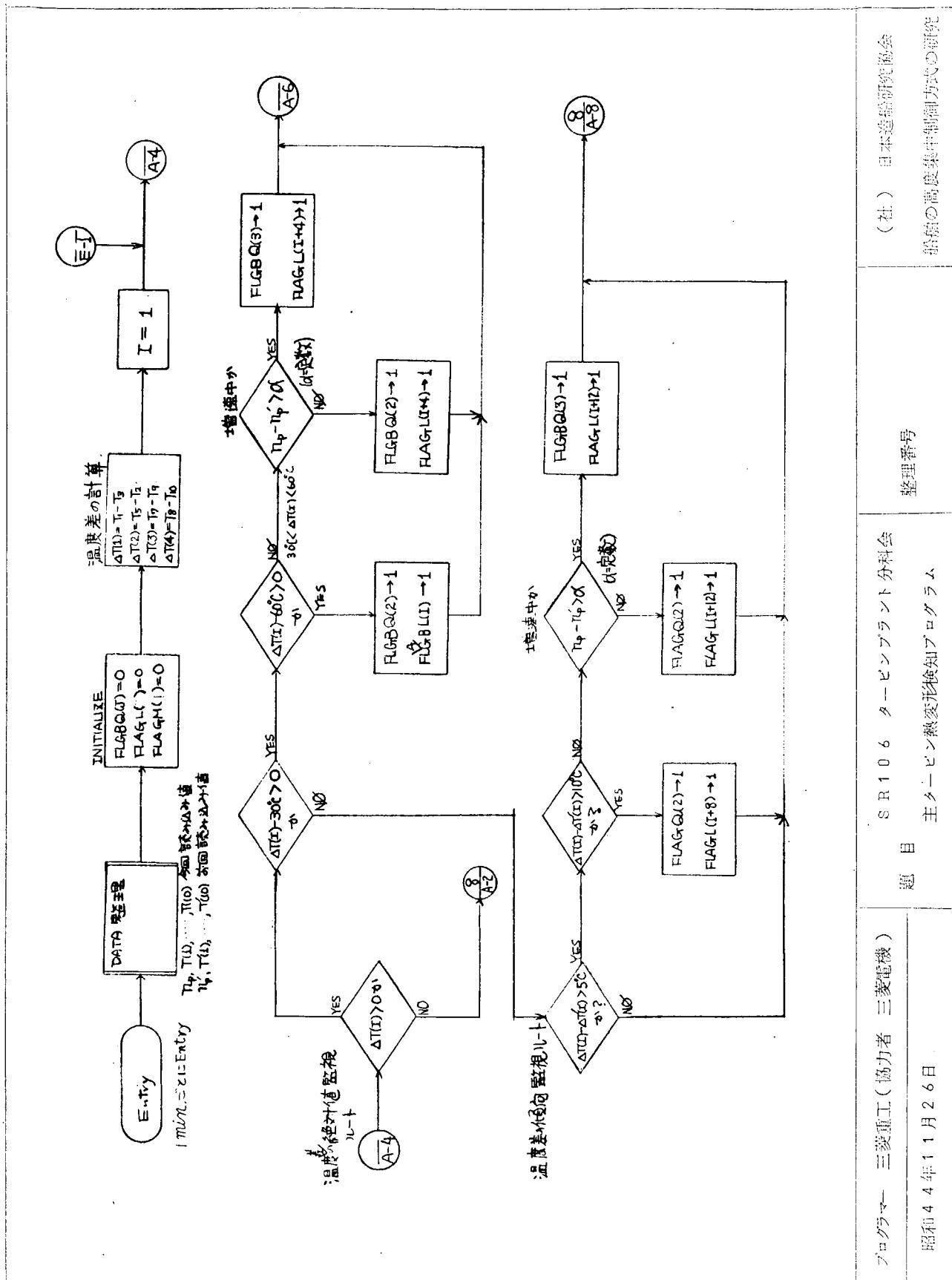
注：(1) 2個点灯は振動停止非
常時場合を示す。

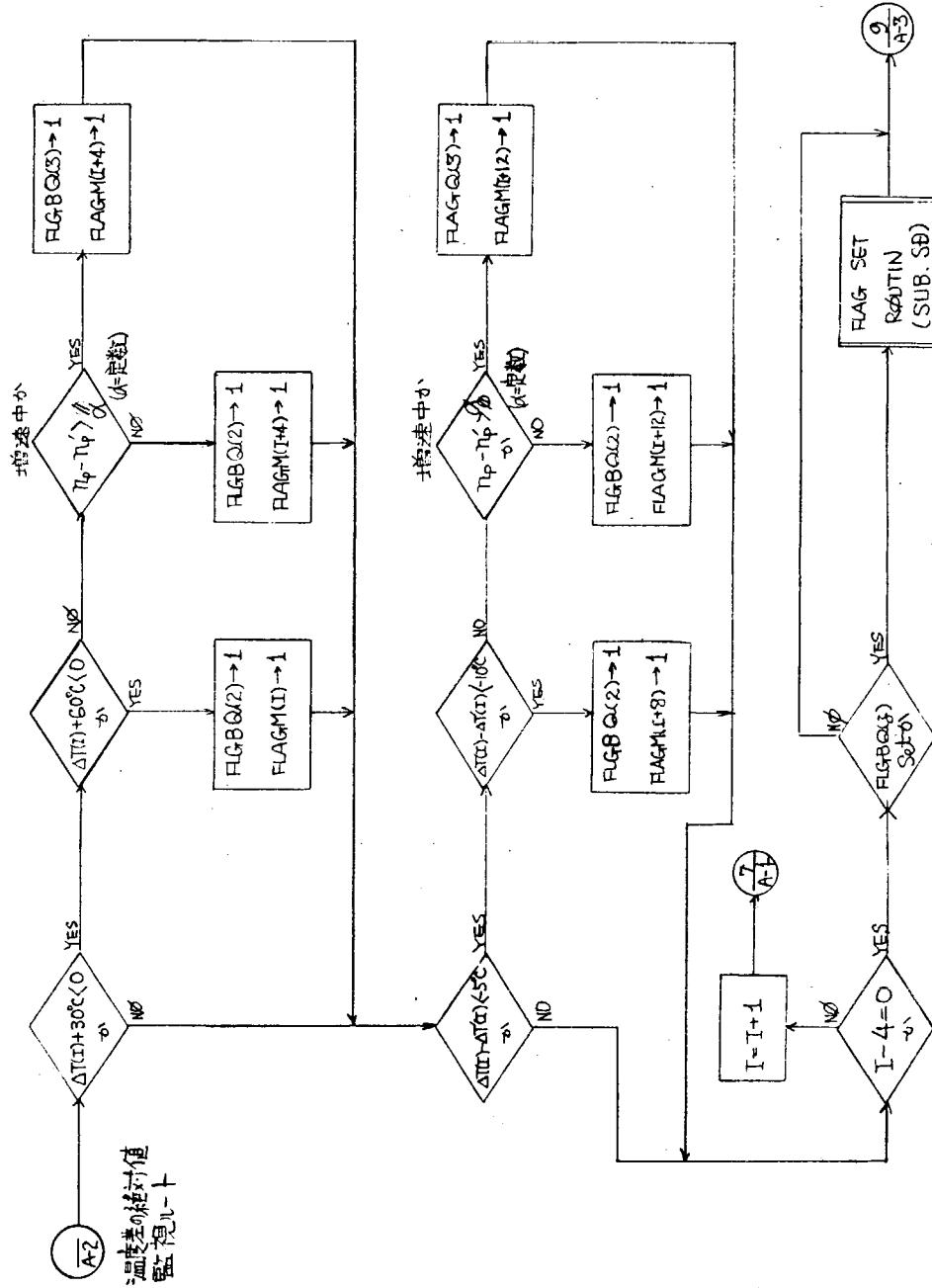
プロジェクト	三菱重工(協力者 三菱電機)	題目	S R 106 タービンブランク分科会
昭和44年11月26日	機械異常振動検知プログラム	整理番号	(社) 日本造船研究協会

船舶の高度集中制御方式の研究

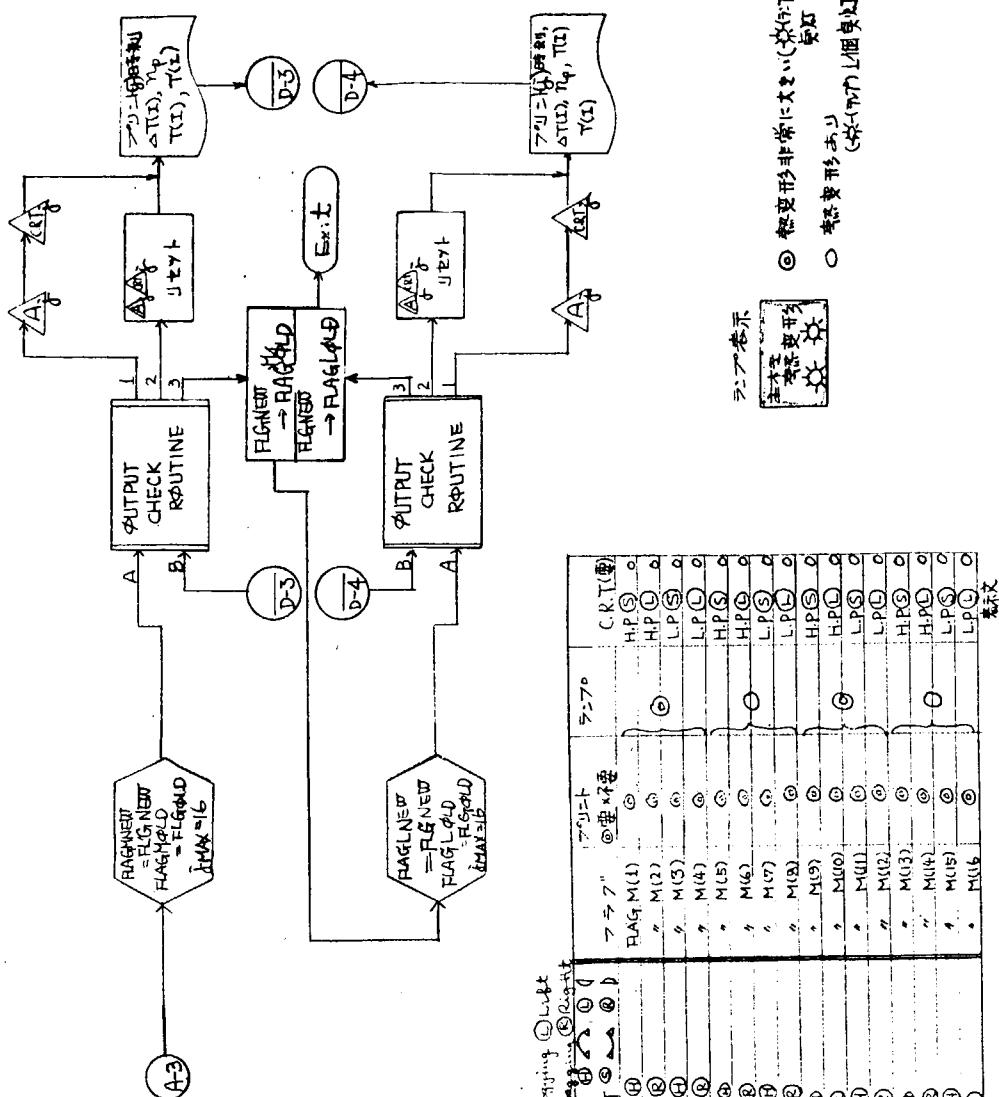


PUT PUT		題目	整理番号
FLAG	C.R.T	S R 10 6 タービンプラント分科会	(社) 日本造船研究協会
FLAG	ROTOR UMBALANCE	振動解析プログラム (SUB-A)	船舶の高度集中制御方式の研究
* L(2)	OIL WHIP		
* L(3)	PROPELLER 1ST		
* L(4)	" 2ND		





プログラマー 三菱重工(協力者 三菱電機)	S R 1 0 6 タービンプラント分科会	題 目	(社) 日本造船研究協会
昭和44年11月26日	主タービン熱変形検知プログラム	整理番号	船舶の高精度集中制御方式の研究



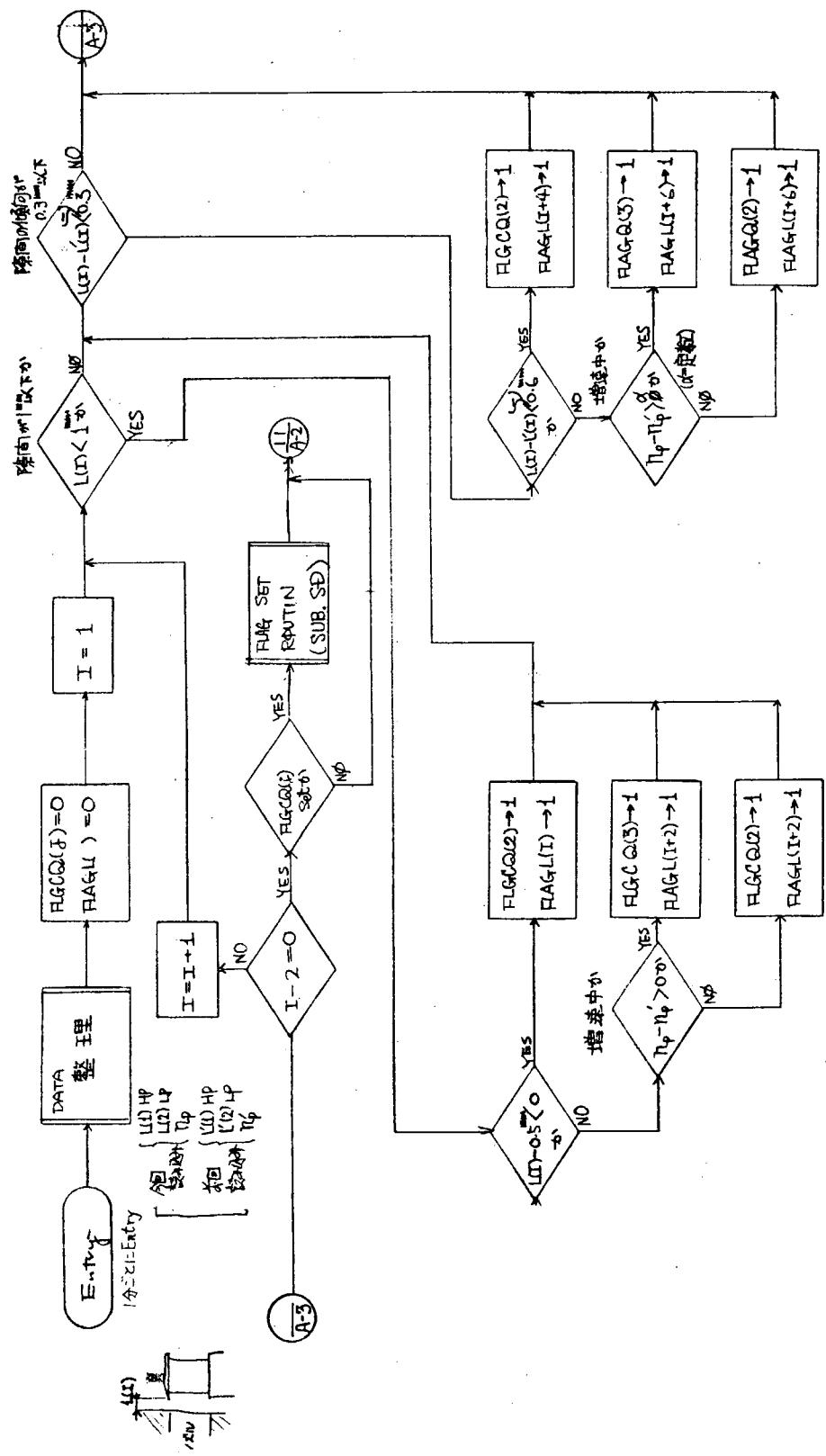
③ Hengjing ④ C.R.T.
⑤ S.A.C. ⑥ G.S.

OUTPUT	アリニト	ラジ7°	② ラジ0°	③ ラジ-7°	④ ラジ-14°	⑤ ラジ-21°	⑥ ラジ-28°	ラジ35°	ラジ42°
FLAG LD	アリ	○	○	○	○	○	○	○	C.R.T.○
L(1)	○	○	○	○	○	○	○	○	H.P.○
L(2)	○	○	○	○	○	○	○	○	H.P.○
L(3)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(4)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(5)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(6)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(7)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(8)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(9)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(10)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(11)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(12)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(13)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(14)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(15)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○
L(16)	○	○	○	○	○	○	○	○	L.P.○

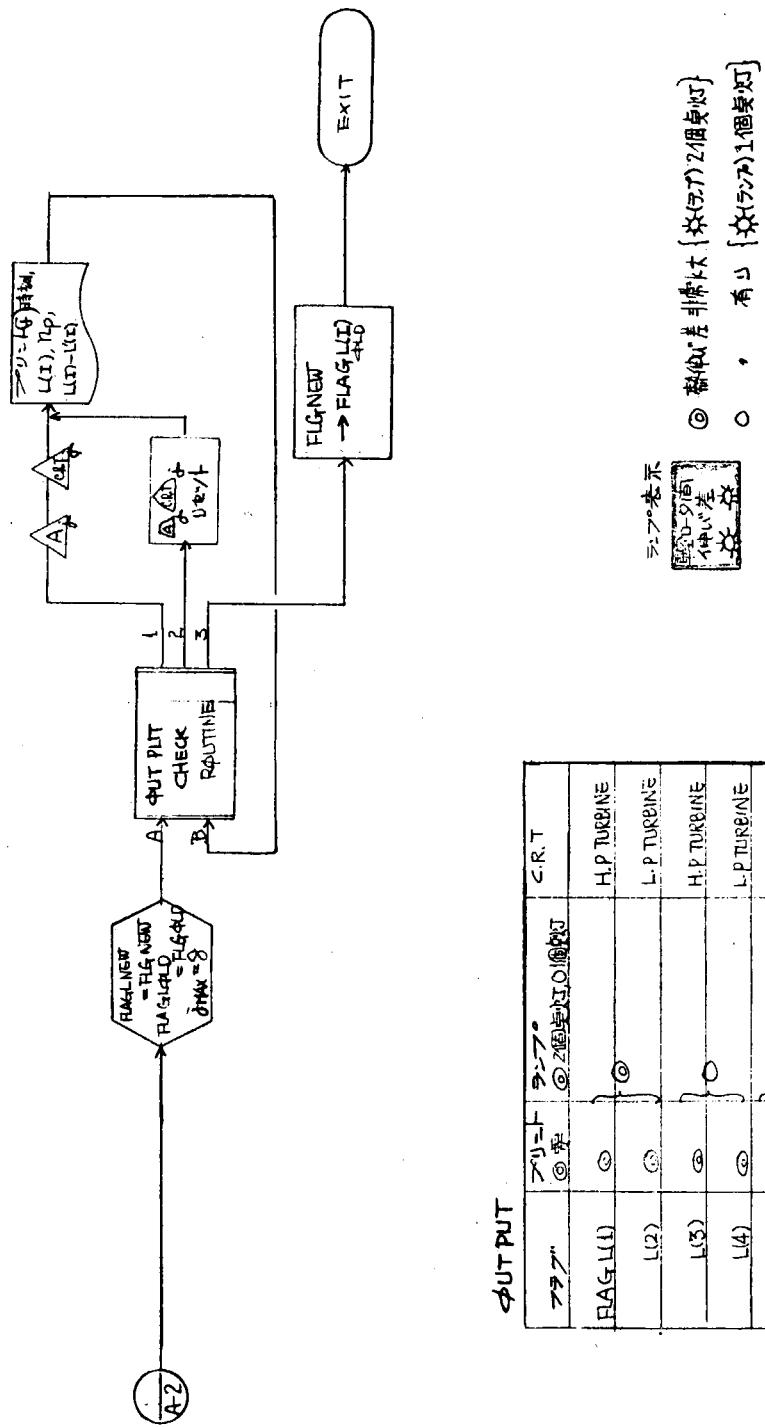
※主） ラジ7°、C.R.T. or Reset は 同意箇所のみを行なつ。

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

題目 S R 1 0 6 タービンプラント分科会
整理番号
昭和 4 年 1 月 2 6 日
主タービン熱変形検知プログラム

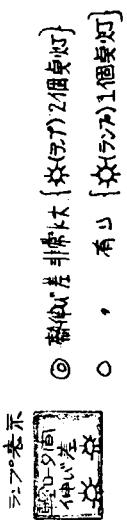


プログラマー	三菱重工(協力者 三菱電機)	題目	S R 1 0 6 タービンプラント分科会	(社) 日本造船研究協会
昭和 44 年 11 月 26 日	主タービン車室ロード限界伸び差候知プログラム	整理番号	船舶の高度集中制御方式の研究	



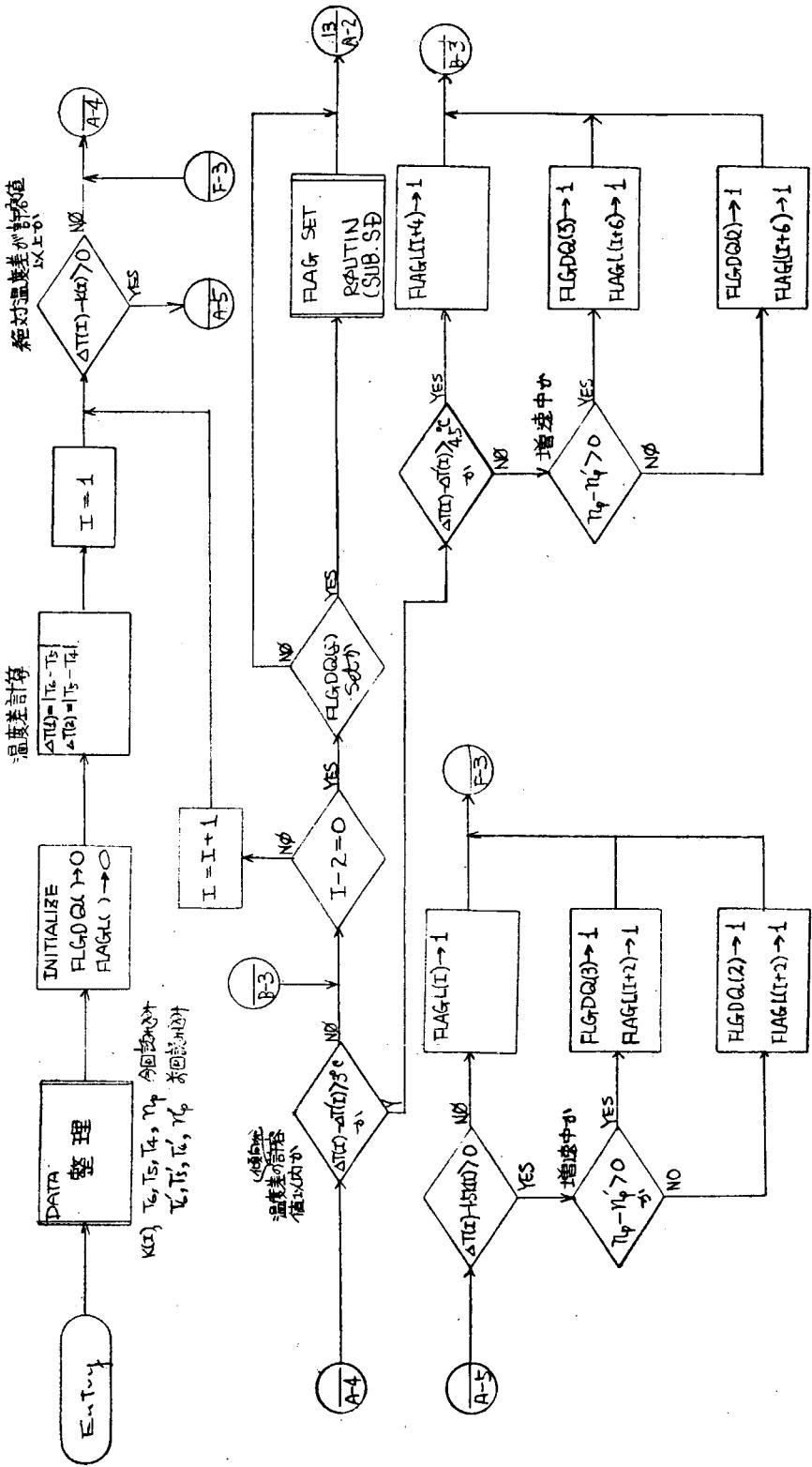
OUTPUT

ポート	ブリード	ランプ	C.R.T
FLAG OUT	①	②	H.P TURBINE
L(2)	③	④	L.P TURBINE
L(3)	⑤	○	H.P TURBINE
L(4)	⑥	○	L.P TURBINE
L(5)	⑦	○	H.P TURBINE
L(6)	⑧	○	L.P TURBINE
L(7)	⑨	○	H.P TURBINE
L(8)	⑩	○	L.P TURBINE

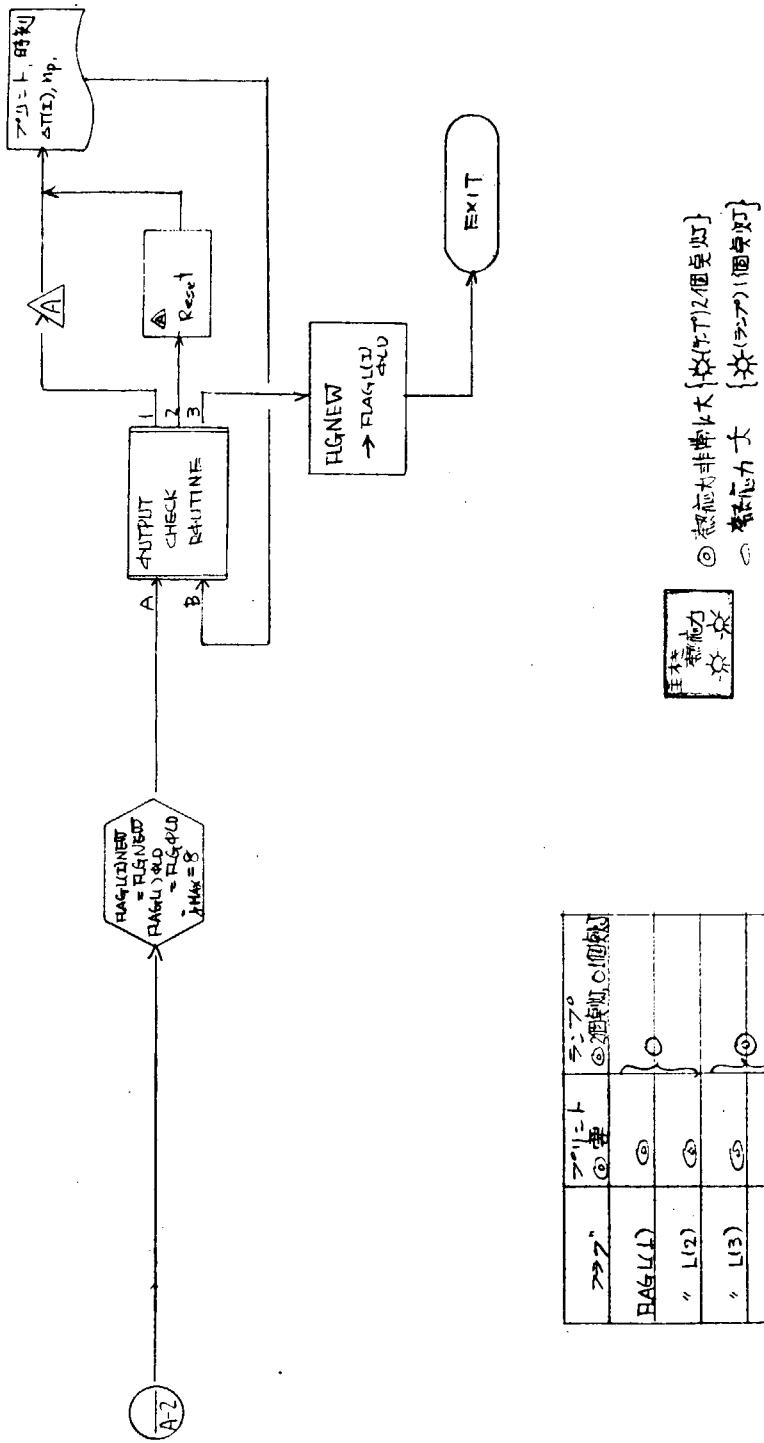


主回路状態解説シート

プロジェクト 昭和44年11月26日	主タービン車室ロータ間隙作動音録音プログラム	題目	S R 106 タービンプラント分科会
三菱重工（協力者 三菱電機）	整備番号	（社）日本造船研究協会	船舶の高密度集中制御方式の研究



プログラマー	三菱重工(協力者 三菱電機)	題目	S R 1 0 6 タービンプラント分科会	整理番号	(社) 日本造船研究協会
昭和 44 年 11 月 26 日	主タービン熱応力検知プログラム				船舶の高度集中制御方式の研究



222	ブリード	① 液漏れ
BRG(4,1)	②	③
" L(2)	④	⑤
" L(3)	⑥	⑦
" L(4)	⑧	⑨
" L(5)	⑩	⑪
" L(6)	⑫	⑬
" L(7)	⑭	⑮
" L(8)	⑯	⑰

主機熱応力監視システム

三菱重工(協力者 三菱電機)

昭和44年1月26日

SR106 タービンプラント分科会

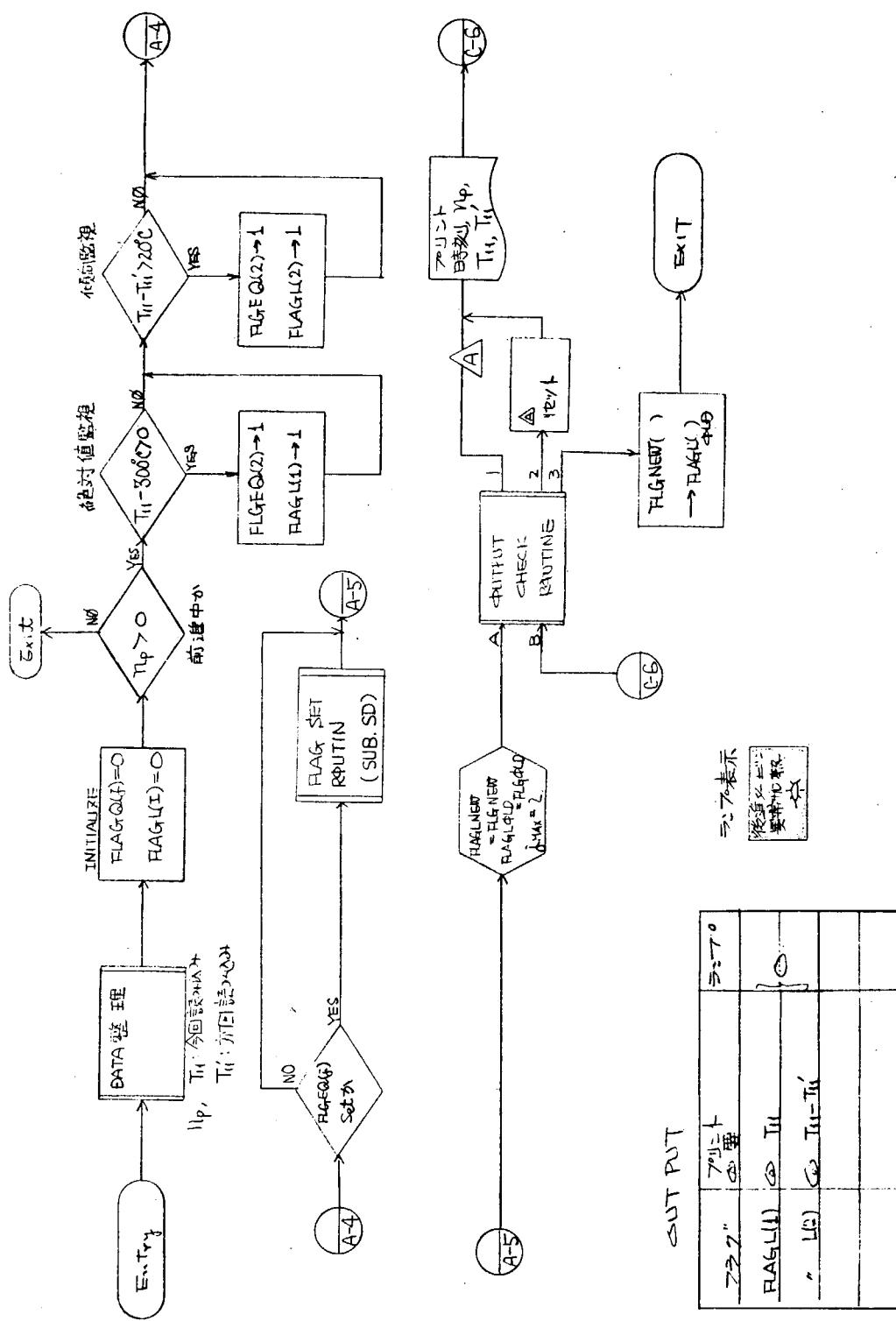
題目

主タービン熱応力検知プログラム

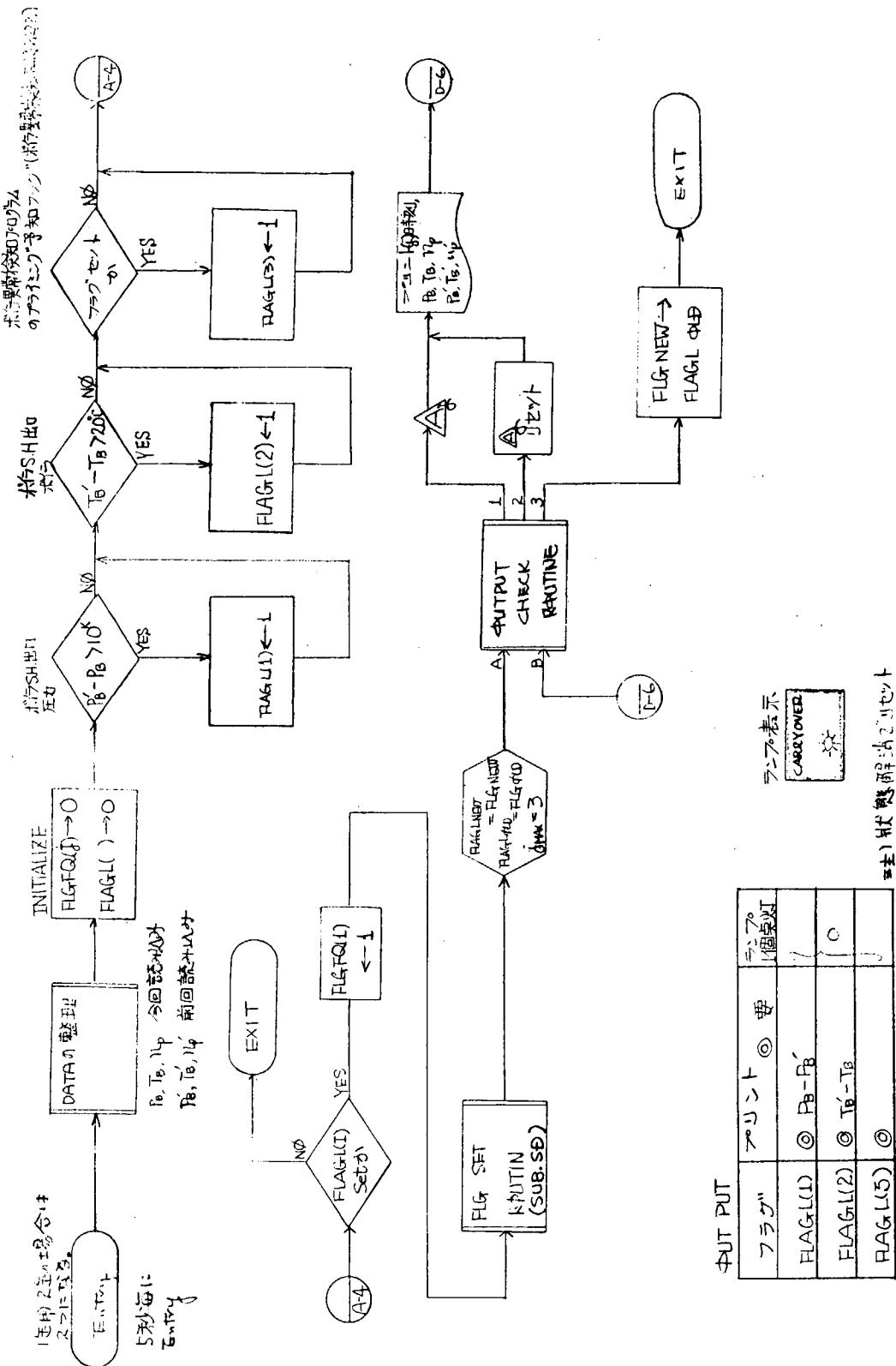
整理番号

(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(協力者 三菱電機)	S R I 0 6 タービンブランクト分科会
昭和 4 年 1 月 26 日	題 目 後進タービン異常加熱検知プログラム
日本造船研究協会 整理番号	船舶の高度集中制御方式の研究

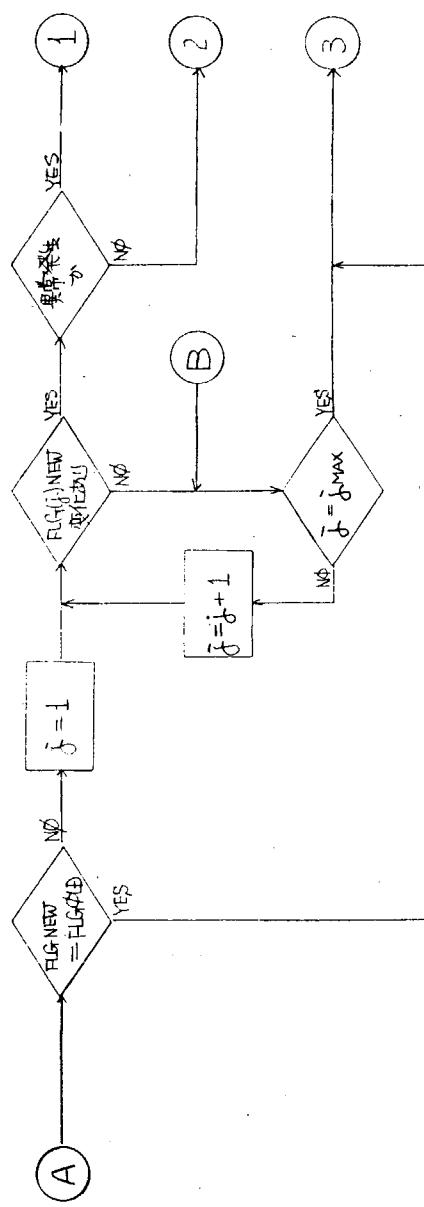


(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

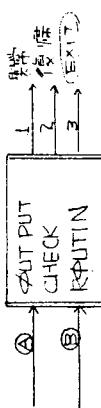
整理番号

題目 S R 1 0 6 ターピングラント分割会
CARRY OVER検知プログラム

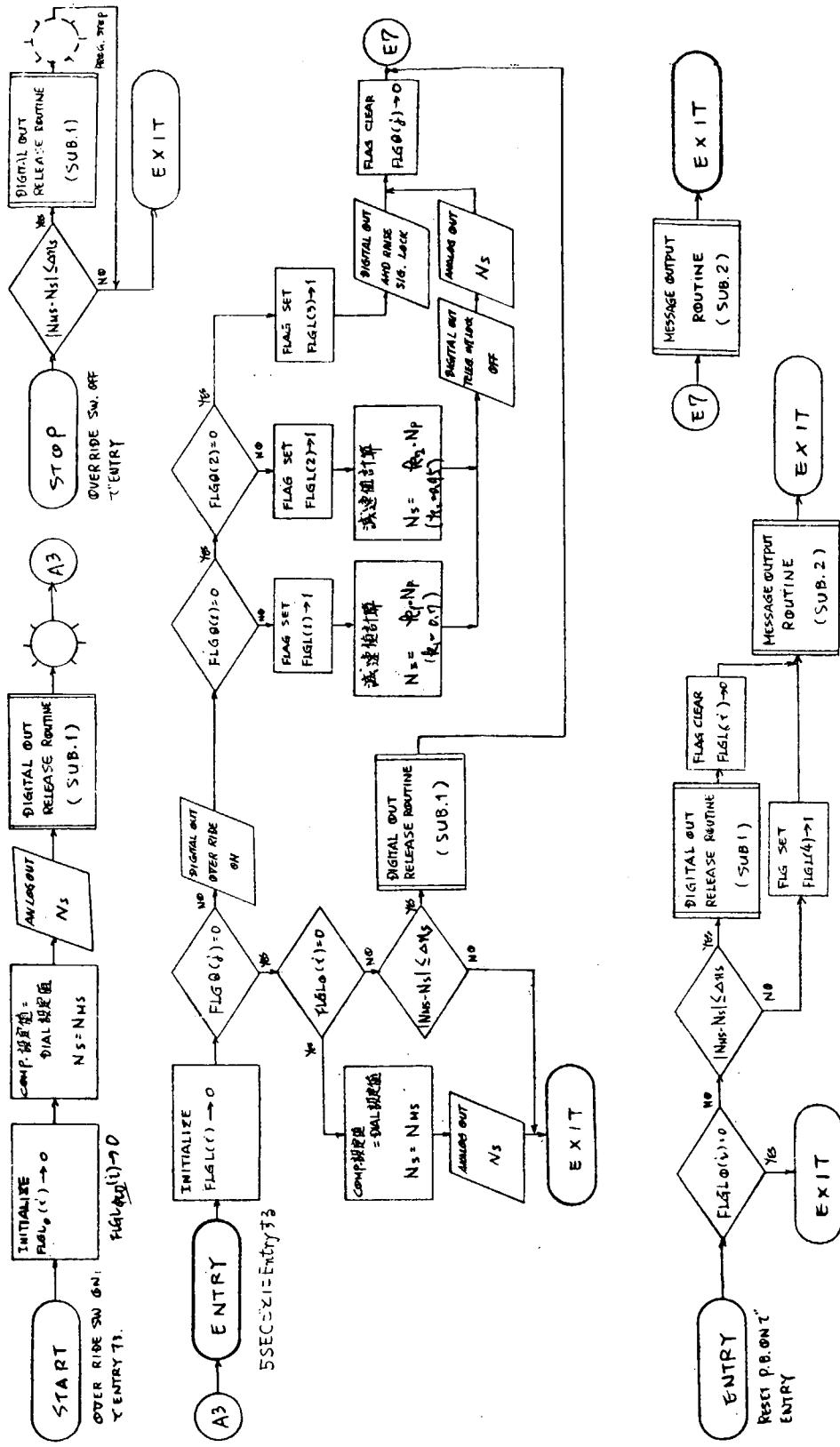
プログラマー 三菱重工(協力者 三菱電機)
昭和44年1月26日



注) OUTPUT(出力)の流れが変化したことのま
アリントランプ表示などを行なう。



プログラマー 三菱重工(動力者 三菱電機)	題 目 SR106 タービンブランク分科会	(社) 日本造船研究協会
昭和44年11月26日	題 目 OUTPUT CHECK ROUTINE	整理番号
		船舶の高度集中制御方式の研究



(社) 日本造船研究所
新船の高精度集中制御方式の研究

整理番号

SR106 タービンブランチ 分科会
題目 主タービン減速制御プログラム
暦和44年11月26日

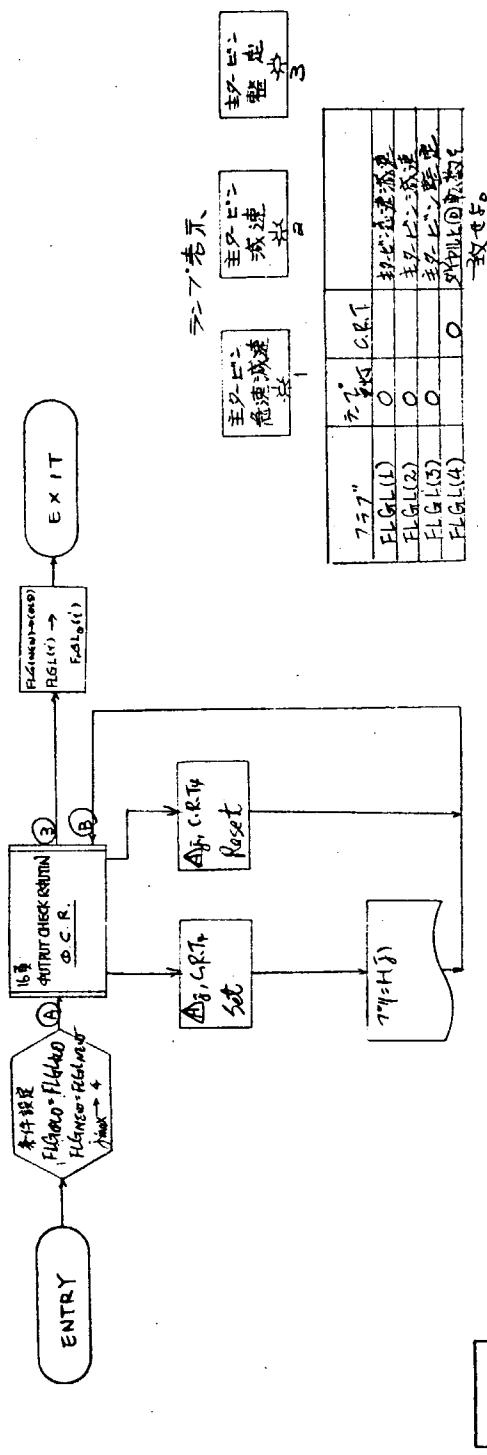
プログラマー 三菱重工（馬力者 三菱電機）

昭和44年11月26日

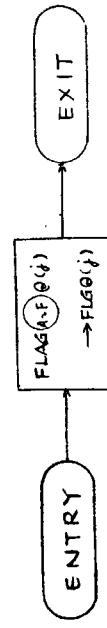
SUB.1 DIGITAL OUT RELEASE ROUTINE



SUB.2 MESSAGE OUTPUT ROUTINE



SUB.3A 減速 FLAG SET ROUTINE



注) 各異常検出 ROUTINE で i=FLAGS; FLAG A ~ FLAG D を範囲にて SET。

プログラマー 三菱重工(協力者 三菱電機)	題目 S R106 タービンブランク分科会	整理番号	(社) 日本造船研究会
昭和 44 年 11 月 26 日	FLAG SET ROUTINE MESSAGE OUTPUT ROUTINE		船舶の高度集中制御方式の研究

INPUT LIST

系 統 名 称	番号	検出項目	割込みレ ベルをラ イン	監 視 要(○) 要(×)	スキャニング 間隔(○) 間	検出端形式	入力信号	記録の 要否(○) (×)	備 考	重要度
異常振動	1	主機高圧タービン軸振動振巾	○	○	5 SEC	軸振動計	アナログ	0~500 μ	1	○
	2	「低圧	○	○	10	○	○	○	1	○
	3	発電機	○	○	○	○	○	○	1	○
	4	給水ポンプ	○	○	(M61)	○	○	○	1	○
	5	○	○	○	(M62)	○	○	○	1	○
	6	主機高圧タービン軸振動振巾	○	○	○	○	○	○	1	○
	7	「低圧	○	○	○	○	○	○	1	○
	8	発電機タービン	○	○	○	○	○	○	1	○
	9	給水ポンプ	○	○	(M61)	○	○	○	1	○
	10	○	○	○	(M62)	○	○	○	1	○
	11	プロペラ回転数(n_p)	○	○	○	○	○	○	1	○
	12	発電機回転数	○	○	○	○	○	○	1	○
	13	給水ポンプ回転数	○	○	(M61)	○	○	○	1	○
	14	○	○	○	(M62)	○	○	○	1	○
	15	録音器	○	○	○	○	○	○	2	×
							デジタル		2台	

系 統 名 称	番号	検出項目	割込みレ ベル&ラ イン	監 視 要(○) 要(×)	スキャニング 間隔(○) 間	検出端形式	入力信号	記録の 要否(○) (×)	備 考	重要度
差熱、卷形、應力熱伸び	1	高圧タービン車室上部温度	○	○	1 min	熱電対温度計	アナログ	0~50 mV	0~500 °C	○
	2	○ 左部	○	○	○	○	○	○	○	○
	3	○ 下部	○	○	○	○	○	○	○	○
	4	○ ボルト	○	○	○	○	○	○	○	○

系 統	名 称	番 号	検出項目		監 視	記録の 要 否(○) (X)	重 要 度	備 考
			割込みレ ベル&ラ イン	要 否(○) (X)				
熱変形、 熱伸び差、 熱応力	5	高压タービン右部温度	○	○	スキャニング 間隔	1 min	○	○
	6	“ 内部 “	○	○	熱電対計	0~50 mV	○	○
	7	低圧タービン “ 上部 “	○	○	○	○	○	○
	8	“ 右部 “	○	○	○	○	○	○
	9	“ 下部 “	○	○	○	○	○	○
	10	“ 左部 “	○	○	○	○	○	○
	11	低圧タービン排気室	○	○	○	○	○	○
	12	高压タービン伸び差	○	○	伸び差計	0~10 mm	○	○
	13	低圧タービン “	○	○	○	0~10 mm	○	○

系 統	名 称	番 号	検出項目		監 視	記録の 要 否(○) (X)	重 要 度	備 考
			割込みレ ベル&ラ イン	要 否(○) (X)				
後 熱シート 帯	1	後進タービン温度	○	○	スキャニング 間隔	1 min	○	○
CAR -RY OVER	2	ボイラSH出口圧力	○	○	熱電対	0~50 mV	○	○
	3	“ 温度 ”	○	○	○	○	○	○

系 統	名 称	番 号	検出項目		監 視	記録の 要 否(○) (X)	重 要 度	備 考
			割込みレ ベル&ラ イン	要 否(○) (X)				
DIAL 設定値 減	1	DI AL 設定値	X	X	スキャニング 間隔	5 sec	-80~-+90 +12 V	○

OUTPUT LIST (A)

系統番号	操作項目	操作端形式	出力信号	当刻操作所要時間			最大許容操作勾配(%)	操作直線判断	備考
				最大	適正	最小			
1	主機急速減速	主タービン遠隔操縦装置	アナログ	20S	6S	5S	5	弁開度指示計	
2	主機減速	◆	◆	20S	1S	100ms	5	弁開度指示計	
3	主機整定	◆	◆	◆	◆	100ms	—	回転計	
4	TELEG. INT. LOCK	◆	◆	◆	◆	100ms	—	補助接点 ON ~ OFF	
5	OVER RIDE ON	◆	◆	◆	◆	100ms	—	補助接点 ON ~ OFF	
6	録音器起動	◆	◆	◆	◆	100ms	—	補助接点 ON ~ OFF	
7	録音器停止	◆	◆	◆	◆	100ms	—	補助接点 ON ~ OFF	

OUTPUT LIST (B)

系統番号	表示項目	記録			表示時間又は消去時点	表示文字(内容)	備考
		要(○) 否(×)	方 法	要(○) 否(×)			
1	主機急速減速	○	ラジブ	ラジブ	MAIN TURBINE QUICK SLOW DOWN		
2	◆ 減速	○	◆	◆	MAIN TURBINE SLOW DOWN		
3	◆ 整定	○	○	○	MAIN TURBINE REVOLUTION FIX		
4	OVER RIDE SW ON	×	手	手	OPERATE:		
5	タイヤルをプロペラ回転数に一致させ上	○	C.R.T	○	DIAL(NMS) SET = SHAFT REV.		

系統番号	表示項目	記録			表示時間又は消去時点	表示文字(内容)	備考
		要(○) 否(×)	方 法	要(○) 否(×)			
1	後進タービン異常加熱	○	A1	○	正常復帰	AST. TURBINE OVER HEAT	
2	CARRY OVER 有り	○	A1	○	◆	BOILER CARRY OVER	

1.5 プログラミング

プログラミングを完全に行なうためには特定の電算機を想定しなければならないが、本会の性格上それは困難であるので、電算機の形式にとらわれず行なえる範囲内のプログラミングを行なうと言うことになつた。

これに相当するものとしてデイティルドフローチャートあるいはマシンフローチャートと称するものがあるが、この内容も特定の電算機を想定するとなしとでかなり変つてくると考えられる。一方、デイティルドフローチャートの作り方、あるいはプログラミングまたは、コーディングのし方についても各電算機メーカーによつてプラクティスが異なるので、かくあるべしと言う姿を決め難い。

1.5.1 プログラミングの目的

今回はデイティルドフローチャートをすぐ実船に適用すると言うことより、つぎのことの目的として作成することにした。

- 1) ゼネラルフローチャートの改良点を見出す。
- 2) 電算機が異なる場合の考慮事項を見出す。
- 3) プログラム作成技術の習得
- 4) 電算機システムの規模の把握

この目的のためにつぎの4つのグループが分担して二とおりの方法で作成することになつた。

グループ A 日立造船 - 日立製作
B 石川島播磨重工 - 東京芝浦電気
C 三菱重工 - 三菱電機
D 川崎重工 - 富士電機

1.5.2 プログラムの作成方針

プログラムの作成のし方としては、

- (1) 特定の電算機の形式にとらわれない範囲でのデイティルドフローチャートを作成する。その際、電算機により異なると考えられるところはサブルーチンとし、その中身については触れないこととする。
- (2) 特定の電算機を想定し、その特色を生かしたデイティルドフローチャートを一つのプログラムについて各グループがそれぞれ作成する。
作成するプログラムおよび分担はつぎのとおりである。

(a) 各社単独でサブルーチン形式で作るもの

発電プラントの起動	D グループ
ボイラ異常検知(給水系)	A グループ
給水ポンプ異常検知	〃
主タービン軸受焼損予防	B グループ
タンカーサービス時の主タービン限界運転	〃
プラックアウト後のプラント復帰	C グループ
プラックアウト予防	〃

(b) 各社が共通で作成するもの

タービンの異常振動検知	各グループ
-------------	-------

1.5.3 デイティルドフローチャート

作成したデイティルドフローチャートの代表例としてAグループ作成の異常振動検知、原因探究および予防プログラムに対するものをつぎに示す。

(1) 異常振動検知、原因探究および予防デイティルドフローチャート

(a) 解説

(i) 対象電算機

対象電算機は H I D I C - 1 0 0 を想定した。

(ii) 1. 4. 3 項のゼネラルフローチャートでは、各プログラムで使用しているデータはデータ読み込みルーチンによつて読み込まれた値を使用するようになつてゐるが、データ読み込み周期と、プログラムの起動周期は一致する場合があるので、各プログラムで最初に読み込むように変更した。同じデータを 2 つ以上のプログラムで使用する場合には、支障がない限り周期の短かいプログラムが代表して読み込み、他のプログラムはそのデータを使用するものとした。

(iii) C R T 表示およびプリントアウトは次に示す理由により各プログラムは直接各機を操作せず、フラグをセットしたり、データを準備したりするだけで実際に動かすのは別プログラムとした。

- ① C R T 表示およびプリントの実行時間は長いので、周期の短い監視プログラムがプリントを必要とした時、その一定周期が維持できない。
- ② タイプライタのコードへの変換が共通したルーチンを使用できる。
- ③ C R T の場合、各プログラムが勝手に表示することは他のプログラムとの関係から不可能である。また人間が見るのであるからある程度の表示時間が必要である。

(b) プログラムの説明

(i) 異常振動検知および原因探査プログラム

メインプログラム

- 主機異常振動検知プログラム
- 補機異常振動検知プログラム

サブプログラム

- 振動解析プログラム
- 録音器制御プログラム
- 録音器停止プログラム

H I D I C - 1 0 0 では P M S 内にタイマを持つていて、そのタイマをセットすれば、所定の時間がきたとき割込みを発生し、タイマセット時に指定したプログラムが起動される。したがつて録音器停止プログラムを設けて録音器の停止を実行するようにした。

振動解析プログラムは主機および補機合わせて 5 個の振動を解析しているので C R T 表示する場合に、各振動計の取付け位置も併せて表示するようにした。（表示内容はフローチャート参照）またこのプログラムでフラグをセットする必要はないので除いた。

録音器制御プログラム

録音器の状態として次の 4 つの場合を考えた。

- ① 録音器停止のタイマがセットされずに録音している。
- ② ◆ セットされて録音している。
- ③ 録音器は起動不可能。
- ④ ◆ 停止しているがいつでも起動可能

異常発生時には、①の場合タイマをセットするだけ、④の場合まず録音器を起動してタイマをセットする。

②、③の場合にはなにもしないでメインルーチンに戻る。

(ii) その他のプログラム

異常振動検知プログラム以外のプログラムすなわち、車室熱変形検知プログラム、車室ロータ間熱伸び差検知

プログラム、車室熱応力検知プログラム、後進タービン異常加熱検知プログラムおよびCARRY OVER検知プログラムについては、ゼネラルフローチャートで説明されているものと原則的に変わらないので省略する。

(iii) CRTディスプレイルーチン

各プログラムでセットされたCRT表示用フラグCRT0~CRT0+1、CRT0+2（フローチャート参照）を20秒ごとにチェックし、一括して表示する。

ただし、ハード的に13行しか表示できないので、表示を要求する項目が13個をこえる場合、こえた分は表示されない（本プログラムは1行を1項目に割当てている）。

(iv) CRTリセットルーチン

CRT表示のうち状態解消でリセットするものは各監視プログラムでリセットするが、手動リセットのものは本プログラムで一括してリセットする。プログラムの起動はCRTリセット押ボタンONにより起動する。

(v) プリント要求サブルーチン

プリントの必要がある場合、その要目を一時、テーブルに格納するためのサブルーチンである。プリントの実行は前述の理由から別プログラムで行なうようにした。要求のあつた時と実際にプリントする時とは時間的なずれがあるので変化するデータをテーブルに格納し、項目はプリント番号によつて区別する。プリントの実行プログラムはプリント番号をチェックして負でなければプリントし、その項目が完了するとプリント番号を負にする。

本プログラムではこのプリント番号をチェックして負である所を探だし要目を格納する。

(c) プログラムの語数、所要時間

プログラム名	語 数	所 要 時 間	備 考
主機異常振動検知プログラム	288	Min 65ms* ¹ 126ms* ²	A I : 5点 M : 9回 D : 5回 〃 M : 11回 D : 5回 D O : 1点
補機異常振動検知プログラム	291	Min 113ms* ¹ 174ms* ²	A I : 9点 M : 15回 D : 9回 〃 M : 17回 D : 9回 D O : 1点
振動解析プログラム	163	Min 532μs	M : 5回
録音器制御用サブプログラム	111	Max 14.2ms Min 2ms Max 152ms	D O : 3回
録音器停止プログラム	48 (24×2)	150ms	D O : 3点
主タービン熱変形検知プログラム	370	Min 87ms* ¹ 150ms* ³	A I : 8点 M : 8回 D : 8回 〃 M : 8回 D : 9回 D O : 1点
主タービン熱変形	133	56ms	D O : 1点 D : 1回
アウトプット要求サブルーチン			
主タービン車室ロータ間熱伸ひずみ検知プログラム	263	Min 22ms* ¹ 77ms* ³	A I : 2点 M : 2回 D : 2回 〃 " " " D O : 1点
主タービン熱応力検知プログラム	287	Min 27ms* ¹ 82ms* ³	A I : 2点 M : 4回 D : 2回 〃 " " " D O : 1点
後進タービン異常加熱検知プログラム	168	Min 11ms* ¹ 65ms* ³	A I : 1点 M : 1回 D : 1回 〃 " " " D O : 1点
CARRY OVER 検知プログラム	192	Min 21ms* ¹ 75ms* ³	A I : 2点 M : 2回 D : 2回 〃 " " " D O : 1点
アウトプットチェックルーチン	69	(455+233m)μs (59+233m)μs (166+233m)μs	n+1ビット目が変化 (進入径路A) 残りmビット変化なし } (進入径路B) 残りのm+1ビット目変化 }
主タービン減速制御プログラムA	24	250ms	A O : 1点 D O : 4点
主タービン減速制御プログラムB	100	50ms 205ms	A O : 1点 A O : 1点 D O : 3点
OVER RIDE OFFプログラム	21	Min 108μs Max 190μs	
RESET P.B ONプログラム	25	Min 56μs	
SUB. 1	21	150ms	D O : 3点
SUB. 2	106	Min 1.8ms Max 2.1ms	
SUB SD	15	177μs	

プログラム名	語数	所要時間	備考
CRT DISPLAY ROUTINE	1,332 (含データブル)	Min 5.2ms Max 5.1s	印字なし 13行印字
CRT RESET ROUTINE	5	6.8μs	
プリント要求サブルーチン	500 (含データブル)	Min 87.9μs Max 2.8ms	テーブル全てが空いている場合 タマシテ 使用できない場合

計 約4.5 KW

*1 : 前回異常なし、今回も異常なしの場合

*2 : 1ビットだけ変化(録音器#1は45頁の(b)(1)の状態、オイルホイップの場合)

*3 : 1ビットだけ変化

備考欄

AI : アナログ入力

AO : アナログ出力

DO : デジタル出力

M : MULT サブルーチン

D : DIV サブルーチン

(d) サブルーチン

コールステートメント	概要	パラメータ
B S I L T O R E Q	入出力装置(プロセス入出力装置を含む)に対する入力動作を実行し、その入出力動作が終了するのを待つ	C : データの転送方式の指定、デバイスアドレス(DVA)を示す。
D C C P C W		PCW : プロセス・コントロール・ワード
D C N		N : 転送語数
D C A D D R		ADDR : データの先頭アドレス
B S I L T I M E R	タイマに時間とプログラム番号をセットする。その時間が経過するとプログラム番号Pのタスクが起動される	N : タイマの番号 T : セットする時間(秒) P : プログラム番号
B S I L M U L T	A C C の内容と指定されたアドレスの内容の積をA C C とA C C E に求める。	ADDR : 乗数の入つている番地 (占有語数6.4W、所要時間2.6ms)
D C A D D R	A C C 、A C C E の内容を指定されたアドレスの内容で除し、商をA C C に、余りをA C C E に入れる	ADDR : 除数の入つている番地 (占有語数1.28W、所要時間2.9ms)
B S I L D I V		

- (e) 異常振動検知、原因探究および予防プログラム
 - デイティルドフローチャート
 - (i) 主機異常振動検知プログラム
 - (ii) 補機異常振動検知プログラム
 - (iii) 主タービン熱変形検知プログラム
 - (iv) 主タービン車室ロータ間熱伸び差検知プログラム
 - (v) 主タービン熱応力検知プログラム
 - (vi) 後進タービン異常加熱検知プログラム
 - (vii) C A R R Y O V E R 検知プログラム
 - (viii) 主機減速プログラム

START

25

I0REQ
DC /1014
DC /E800
DC 1
DC WA

0

(WA) → ACC
SRT 3

5

MULT
120

10

DIV
2400

15

(ACC) → NP

20

I0REQ
DC /1014
DC /A804
DC 2
DC WA+1

25

I0REQ
DC /1014
DC /D809
DC 2
DC WA+3

30

65

60

-2 → #1

30

(WA+5#1) → ACC
SRT .3

35

MULT
30000

40

DIV
4000

45

(Acc) → (F+2#1)

50

(#1)+1 → #1

55

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

60

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

65

WA : 作業用エリア
120 rpm が 2,400 rpm になるように入つている。

WA の値を較正して NP にプロペラ回転数を入れる
単位は rpm

振動数読み込み
WA+1、WA+2 : 作業用エリア
500 μ が 4,000 μ になるように入つている。

WA+1、WA+2 の値を較正して B、B+1 IC 振
巾を入れる
単位は μ

振動数読み込み
WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

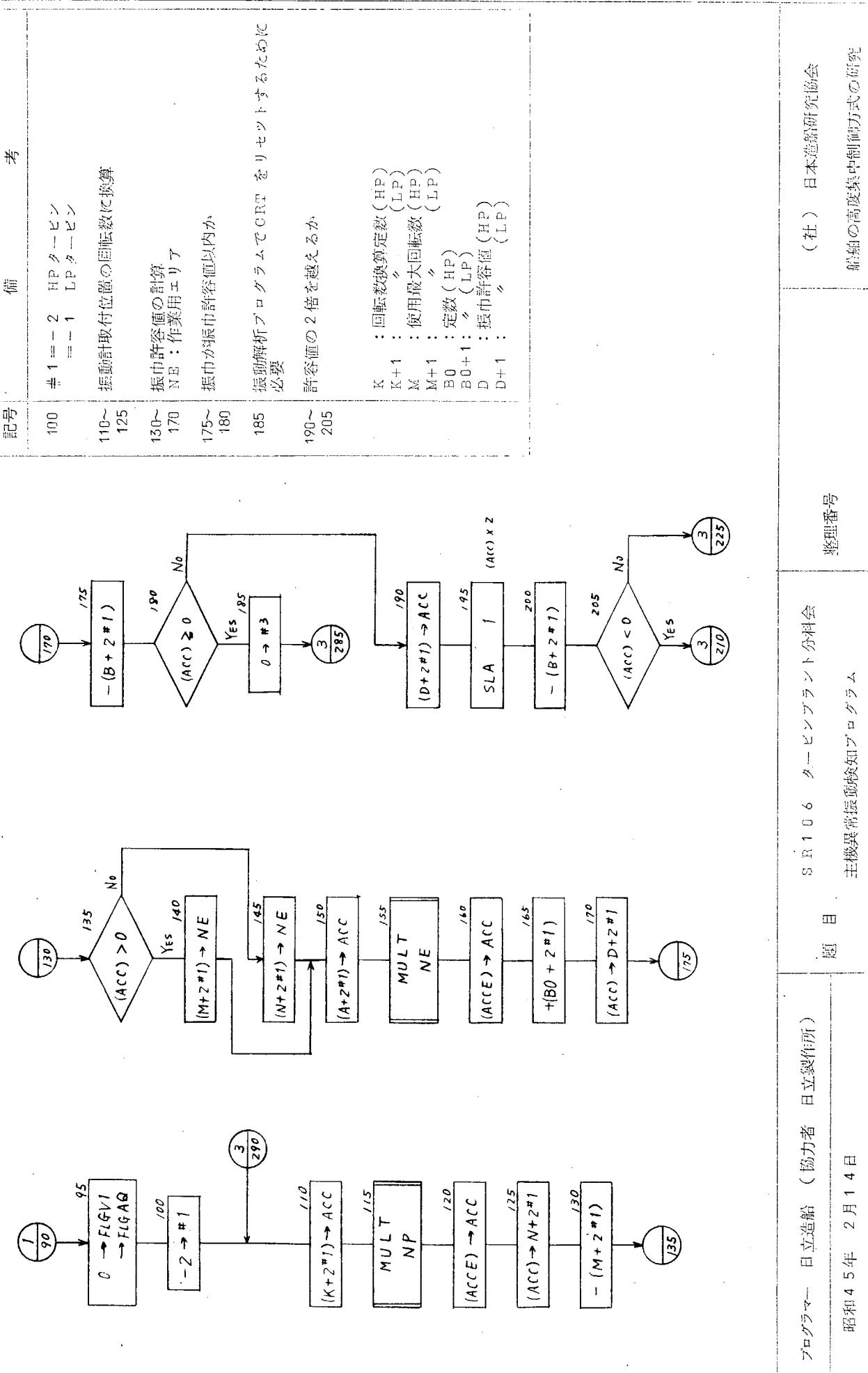
WA+3、WA+4 : 作業用エリア
30000 cpm が 4,000 cpm になるように入つて
いる。

整型番号

（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45年 2月 14日

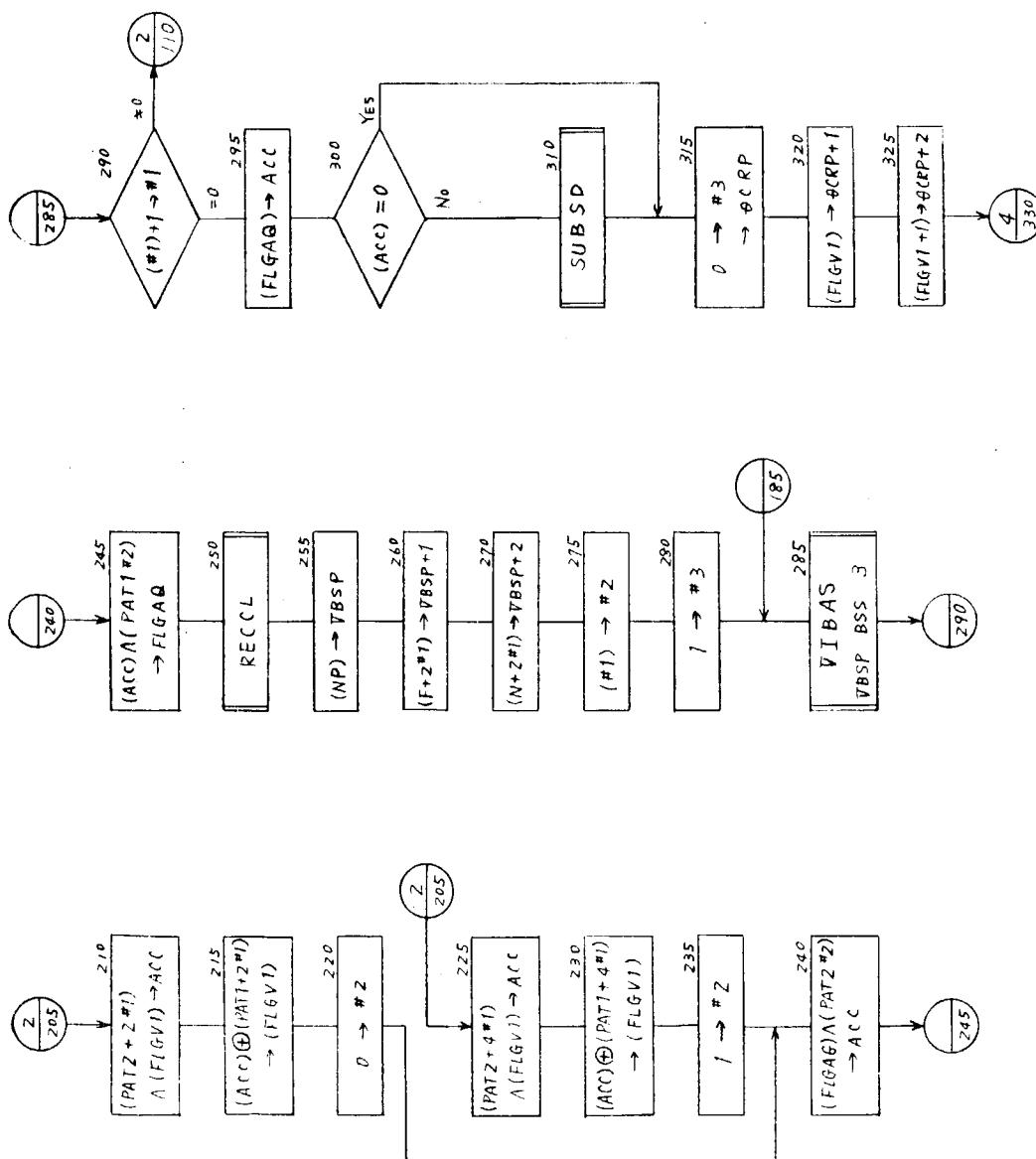
S R 106 タービンプラント分科会
題 目 主機異常振動検知プログラム



(社) 日本造船研究協会
船体の高精度集中制御方式の研究

整理番号
S R 1 0 6 タービンプラント分科会
題目 主機異常振動検知プログラム

プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 14 日



備考
記号

210~215	FLGV1 のセット (振動非常に大きい)
225~230	FLGV1 のセット (振動有り)
220~235	FLGAQ をセットするための準備
240~245	FLGAQ のりまたは1のビットをセットする
250	RECCCL: 録音器制御用サブレーチン
255~280	サブルーチン VIBAS で必要なものを整理する。 半2は解析しようとしている振動の位置を示す。 半3はVIBASの中では185からのプランチと区別するため用いている。
285	旅速フラグセットルーチン
300~325	サブルーチン OCB で必要なものを整理する。 半3はチェックする最初のビットの位置を入れておく。

(社) 日本造船研究協会
船の高度集中制御方式の研究

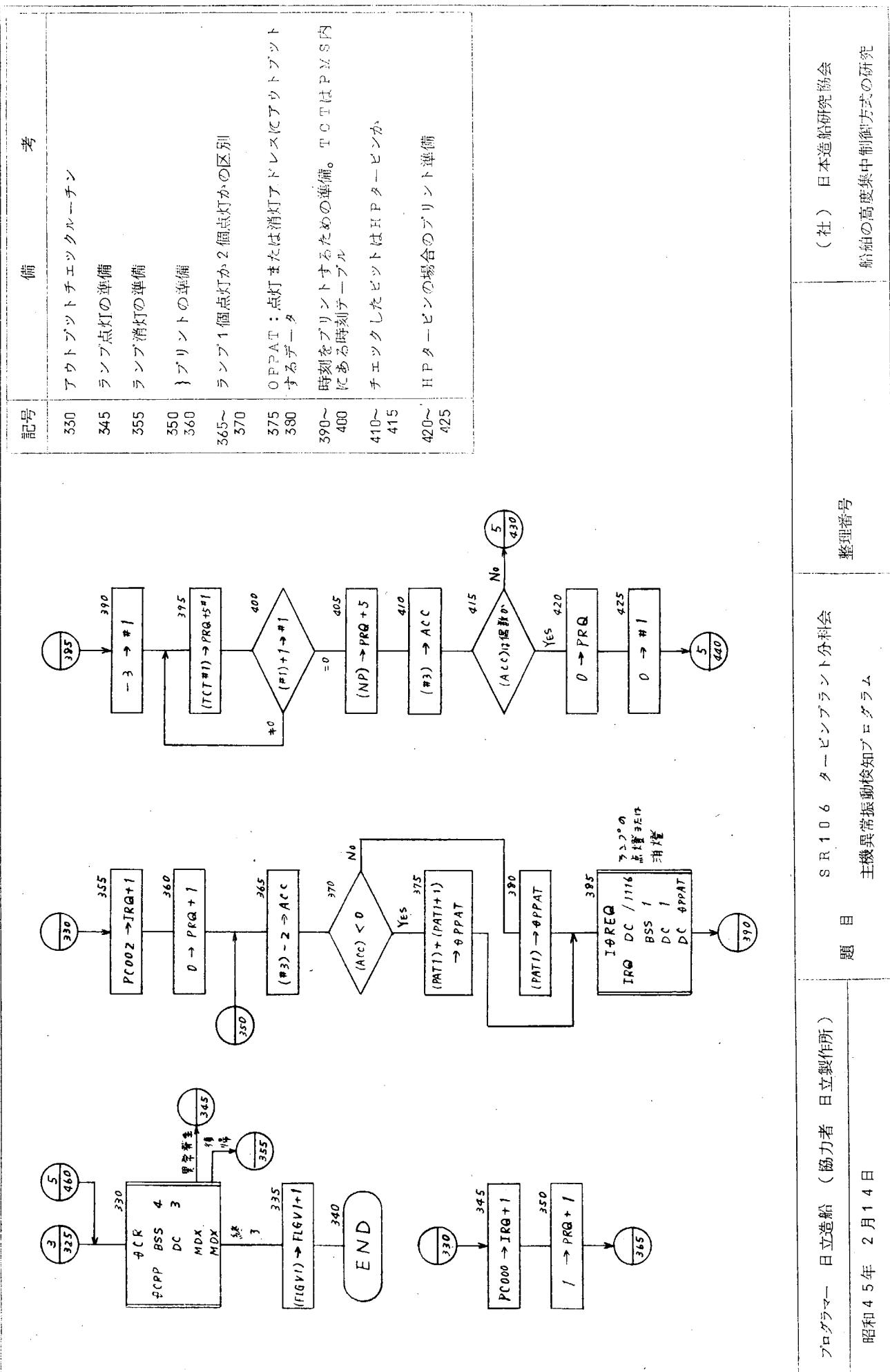
監理番号

S R 1 0 6 タービンプラント分科会

題

プログラム 国立造船（動力者 日立製作所）

昭和45年 2月14日

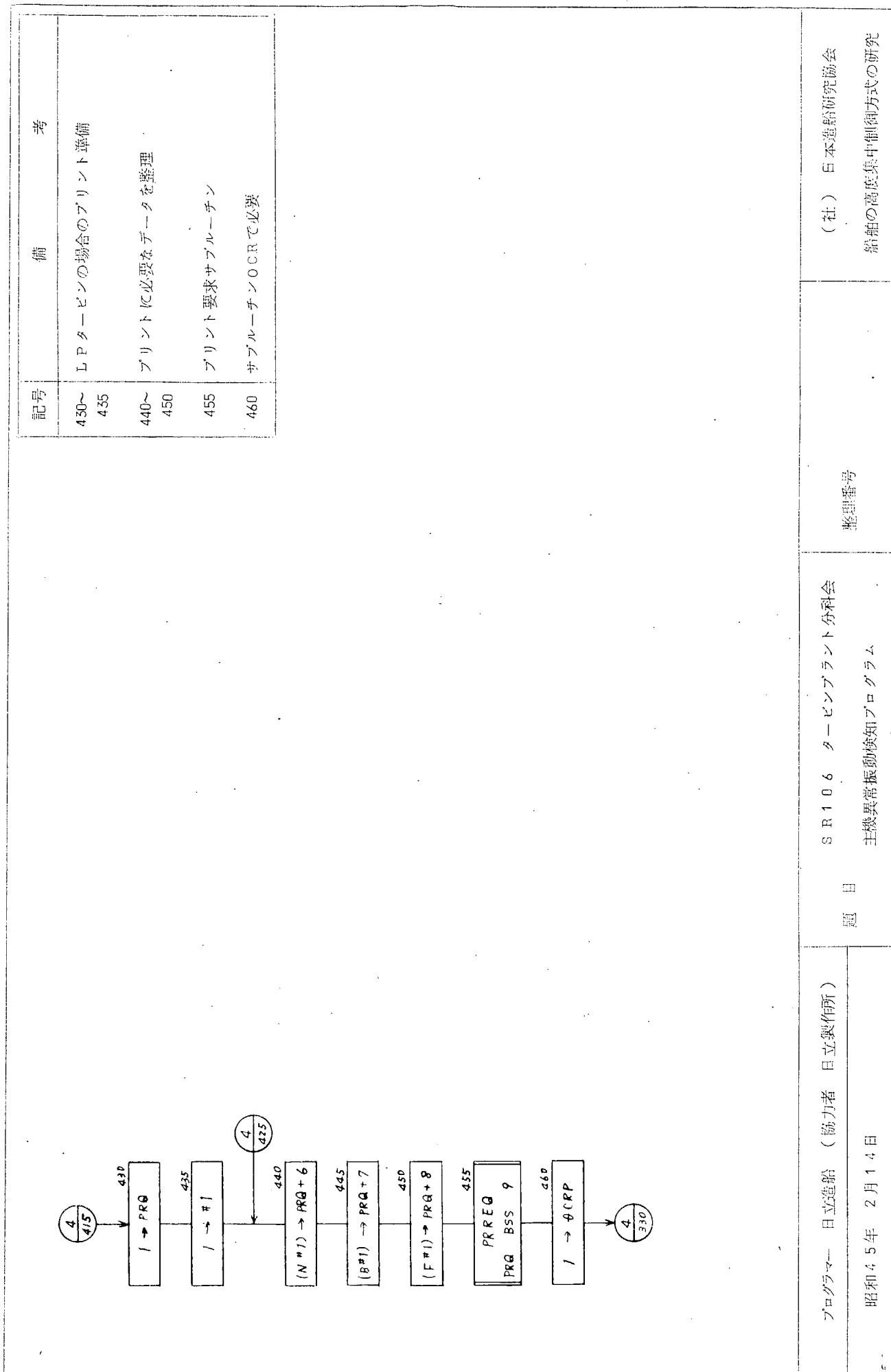


(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

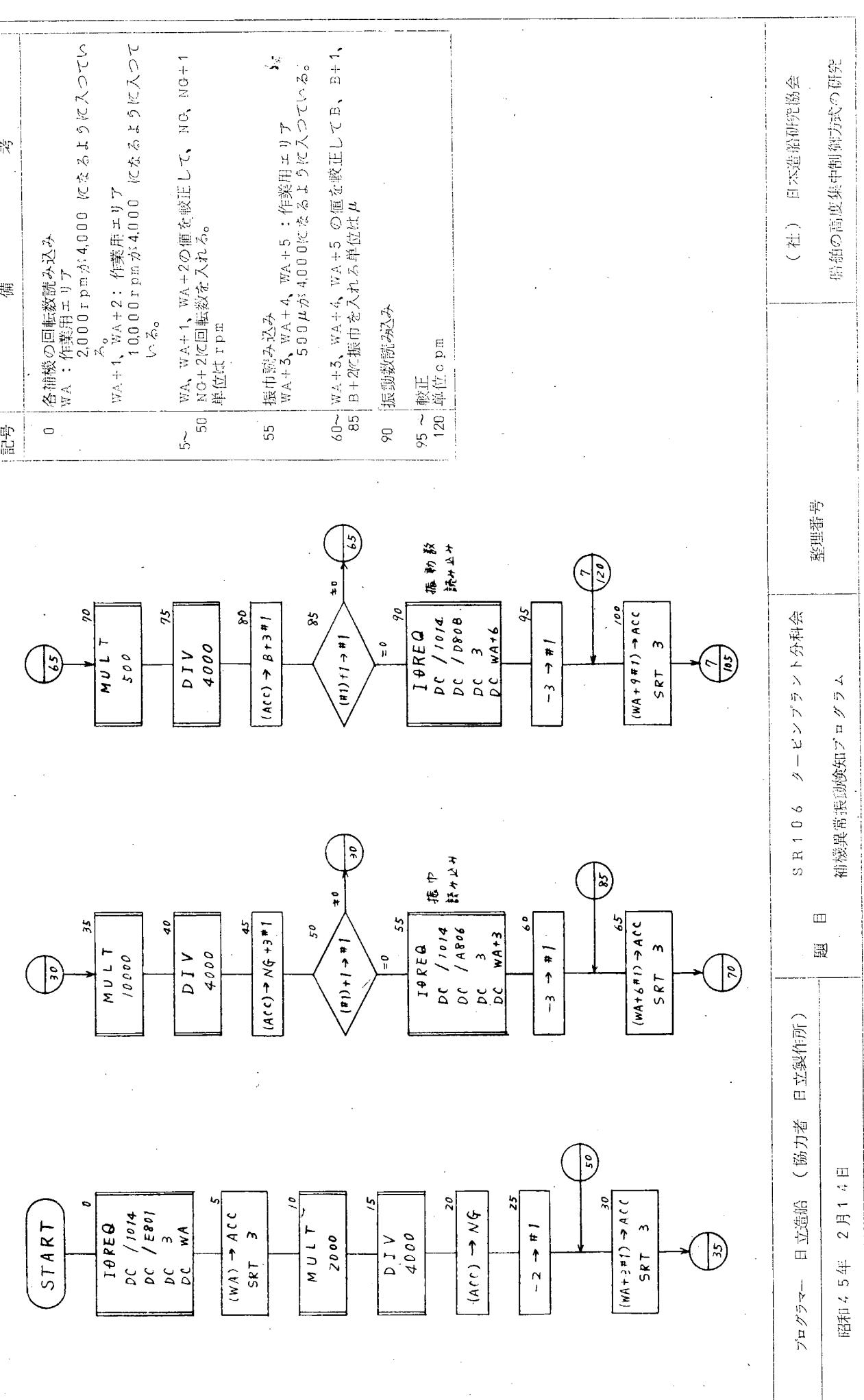
整理番号

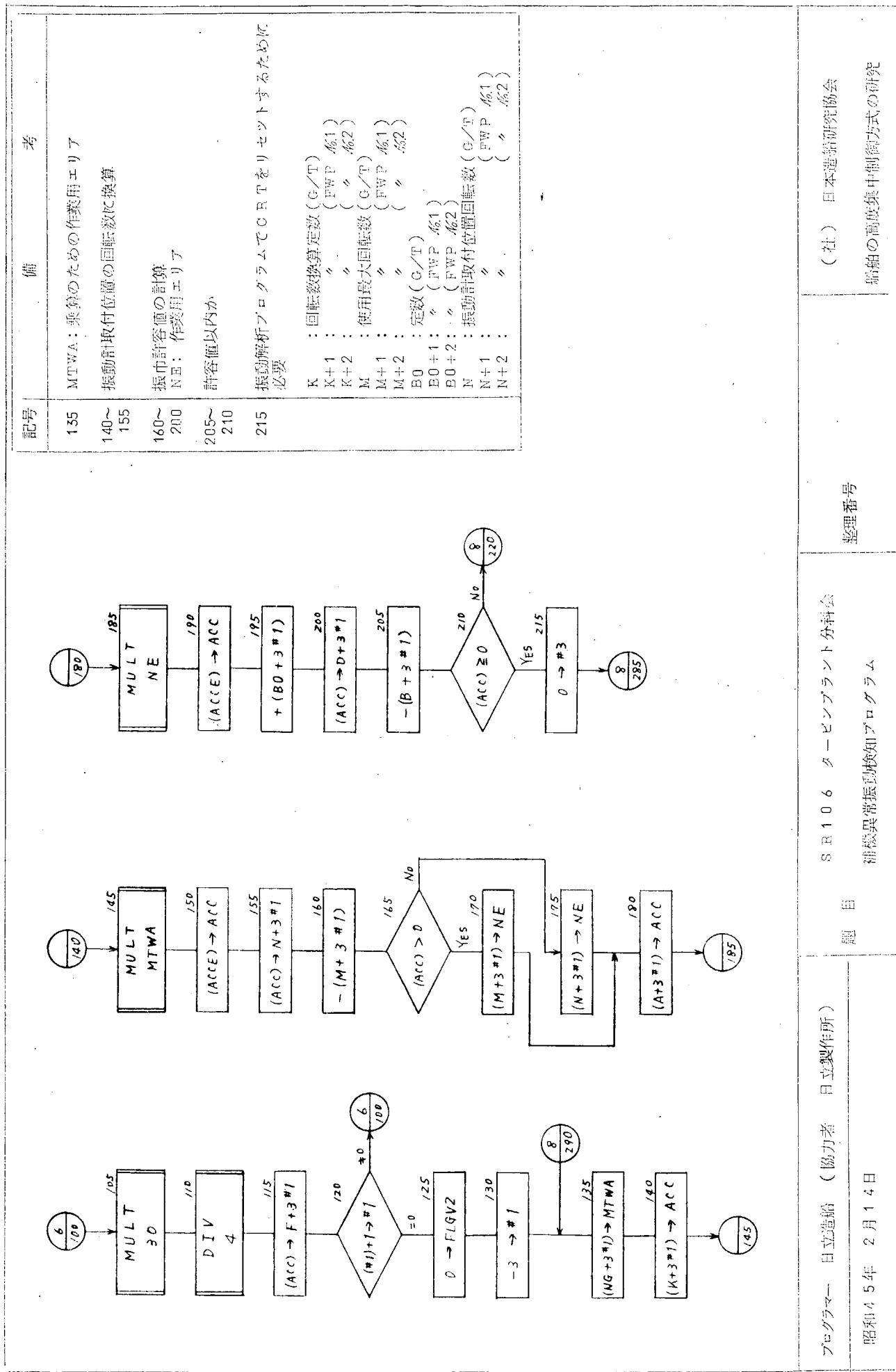
S R 106 タービンプラント分科会
題目 主機異常振動検知プログラム

プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和45年 2月14日



記号



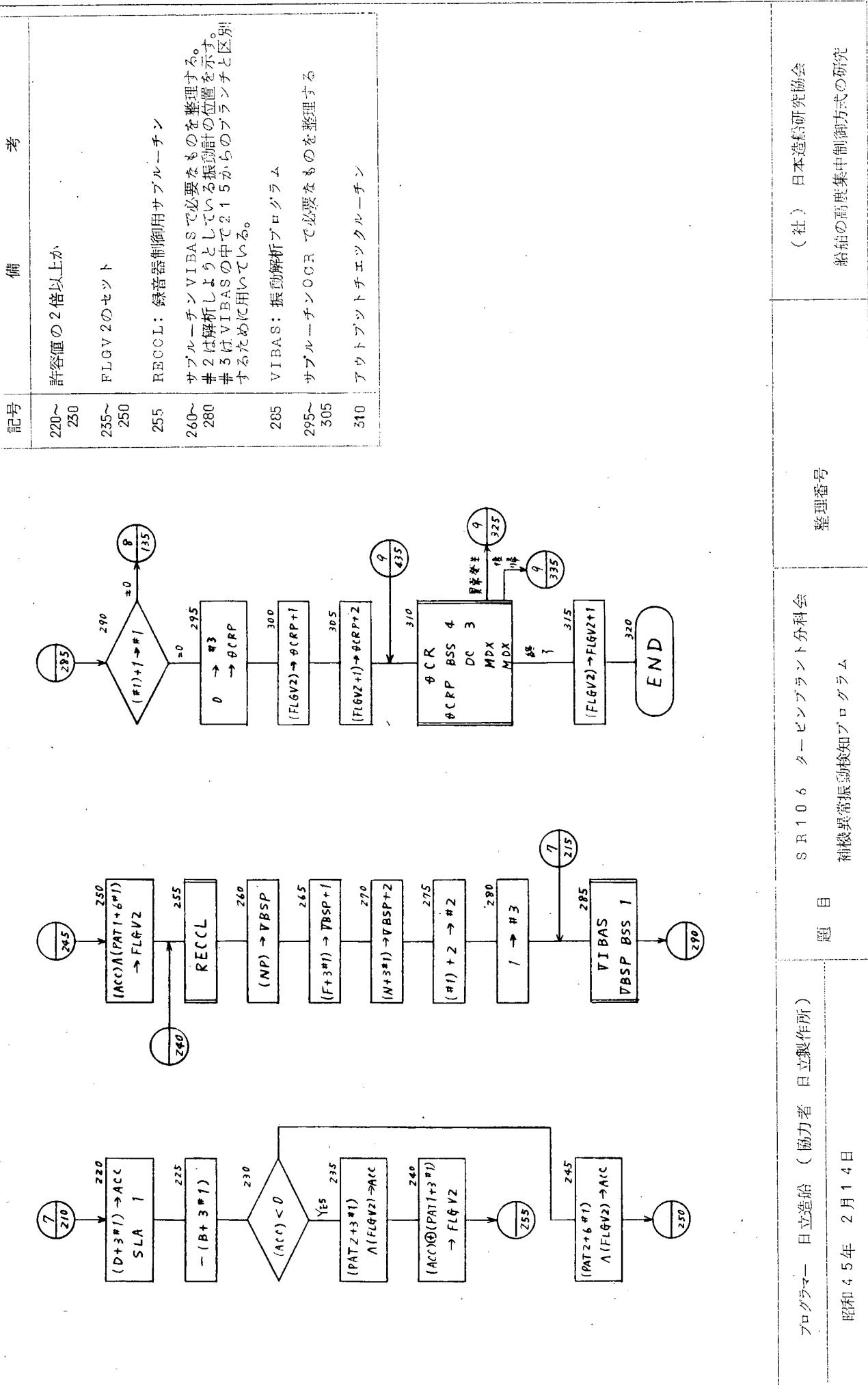


プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)

S R 1 0 6 タービンプラント分科会
機械異常振动检测プログラム

整理番号

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究



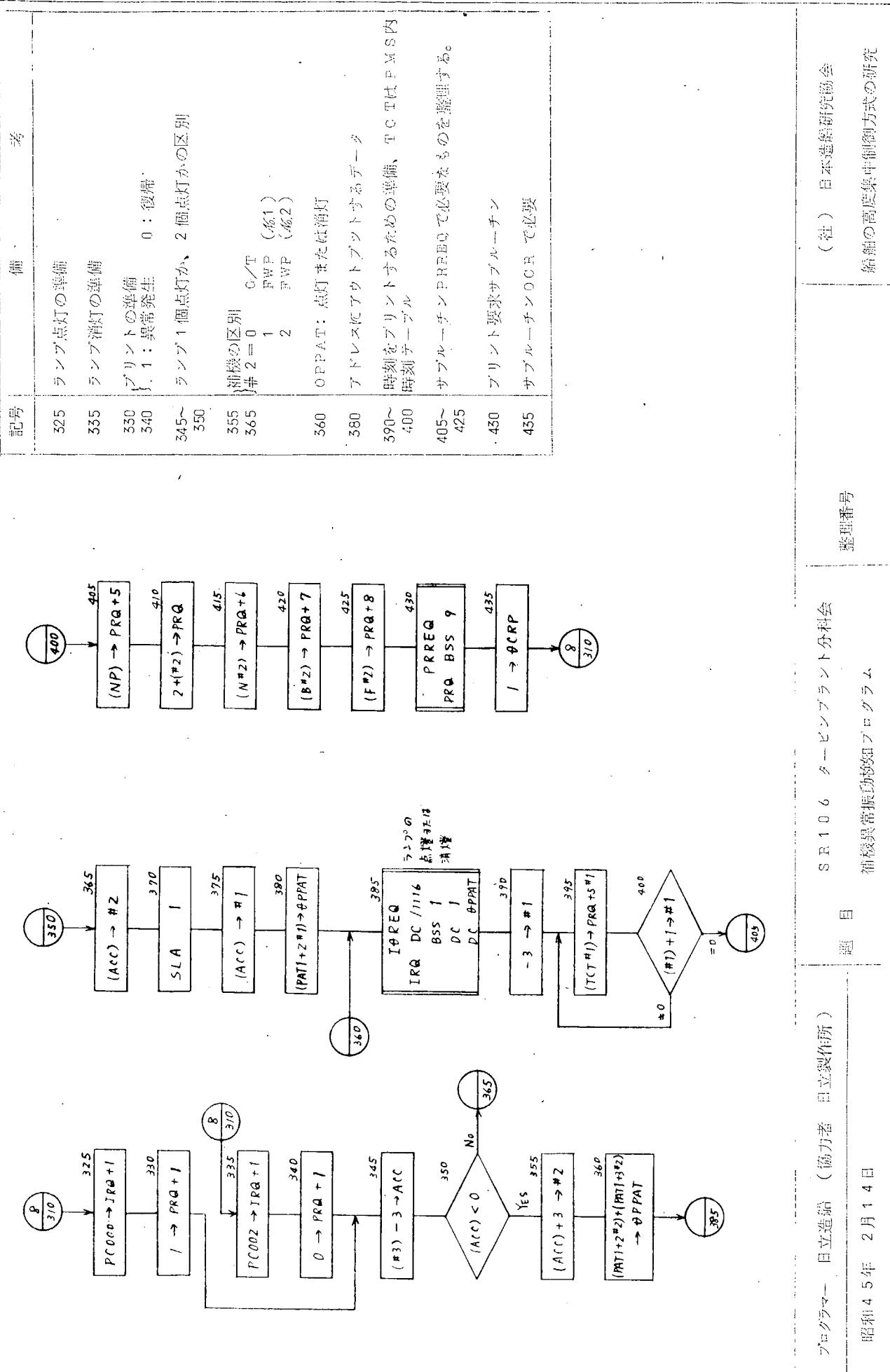
(社) 日本造船研究協会
給船の高周波集中制御方式の研究

整理番号

S R 1 0 6 タービンブラント分科会
題目

補機異常振動検知プログラム

プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 14 日



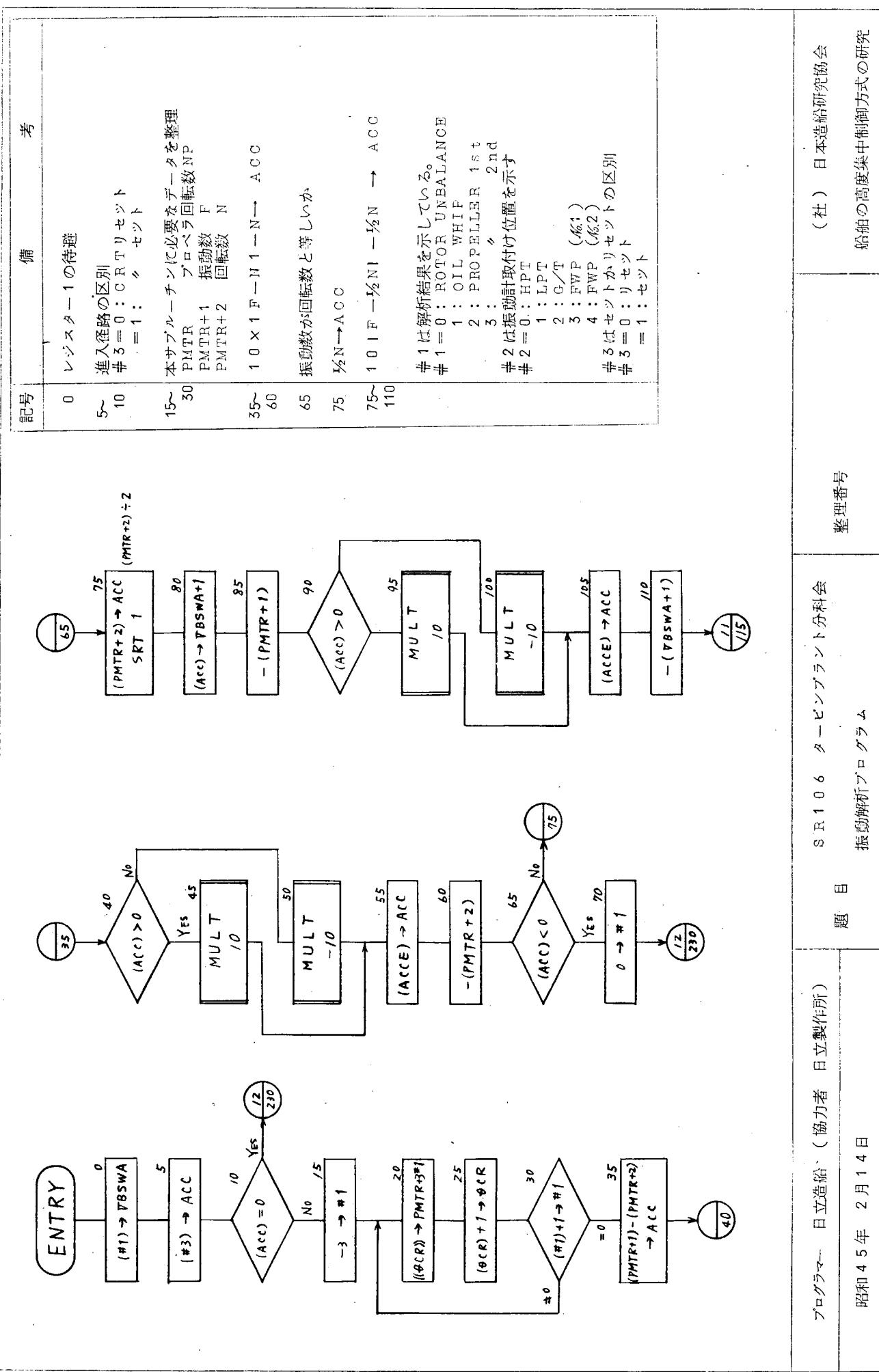
SR 106 ターピンブランク分科会
題目

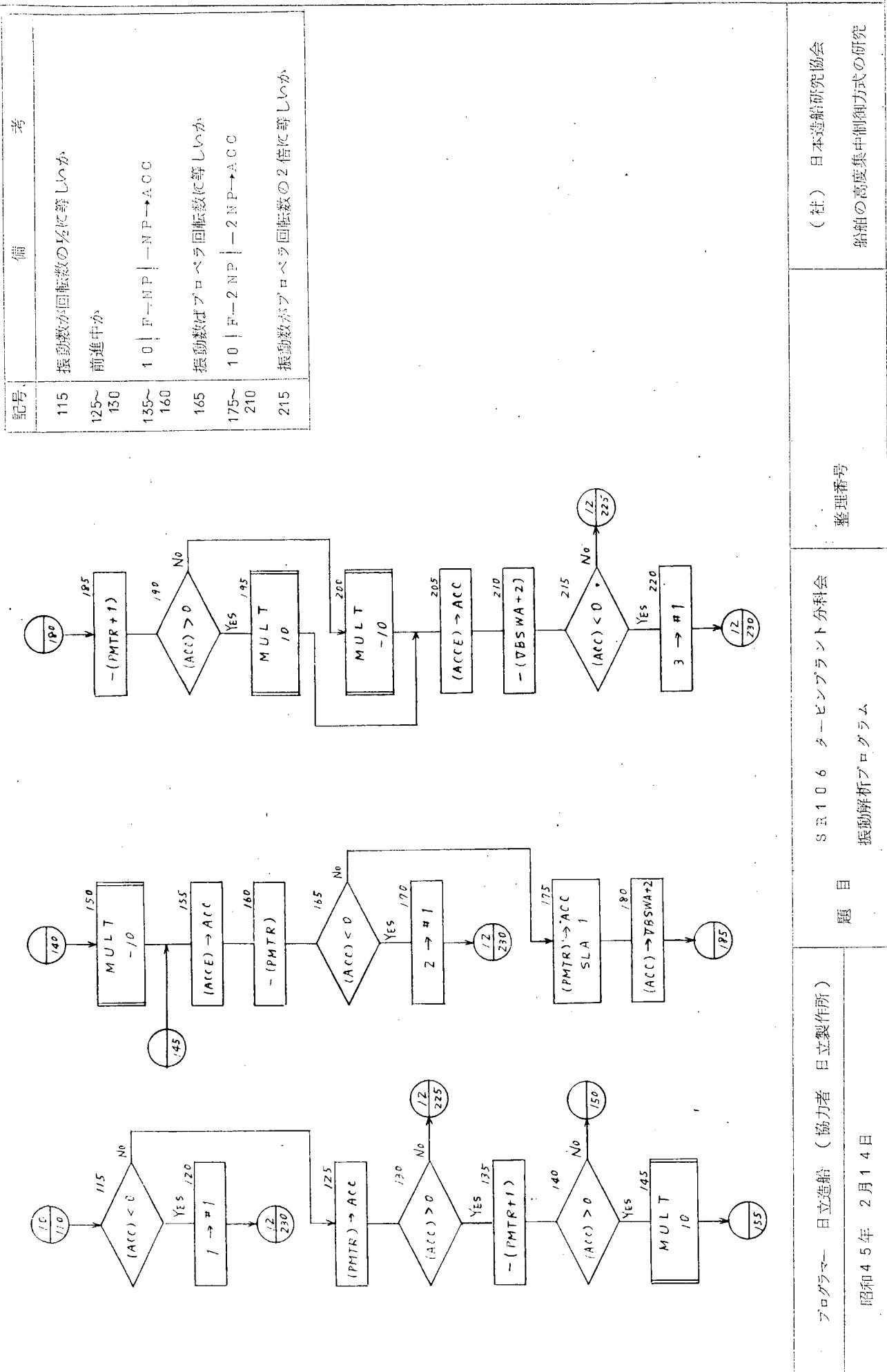
循環異常振動検出プログラム

プロダクター 日立造船（福井工場） 日立製作所
昭和45年 2月14日

整型番号

(社) 日本造船研究協議会
船舶の高度集中制御方式の研究



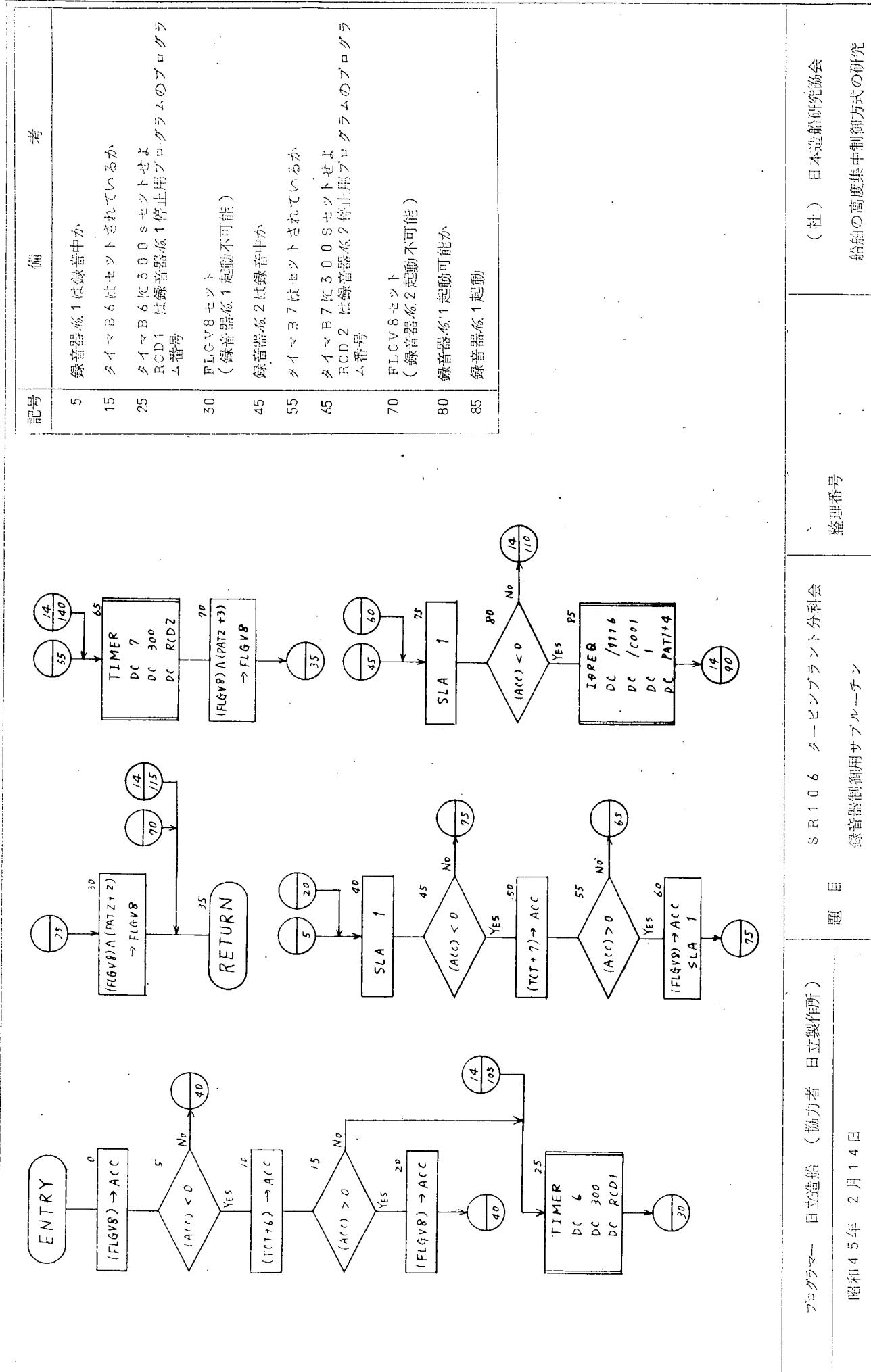


(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

S R 1 0 6 タービンプラント分科会
題目 振動解析プログラム
整理番号

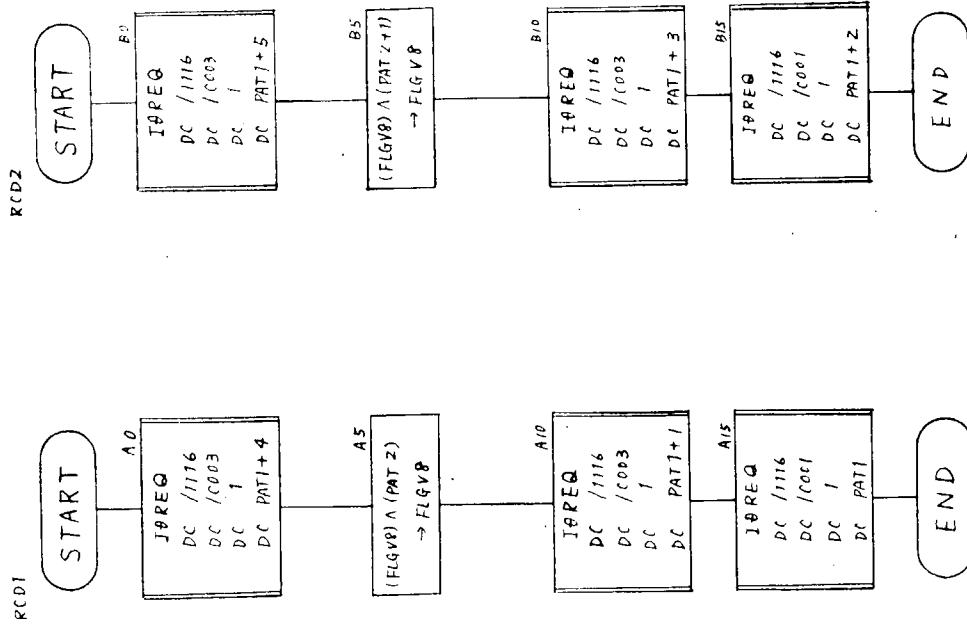
プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和45年 2月14日

記号	備考
230~235	CRT表示のためのフラグが、#1 = 3 の時だけ別 のワードになるので区別している。
240	CT2ADにはCRT表示用フラグ、CRT02のアド レスが入っていて、CRT02の内容をAVB+1、 BV B+1にれる。
245~255	セトすべきビットを#2に入れる。
255	CT1ADにはCRT表示用フラグ、CRT01のアド レスが入っていて、CRT01の内容をAVB+1、 BV B+1にれる。
260	VBSWA+3:作業用エリア CRT01またはCRT02の必要なビットだけセト またはリセットするためのデータをVBSWA+3に 入れる。
265~270	セトかりセトの区別
270	CRT01またはCRT02のセトまたはリセト #1の復帰
275~280	セトかりセトの区別
280	CRT01またはCRT02のセトまたはリセト #1の復帰
285	セトかりセトの区別
290	セトかりセトの区別
295	セトかりセトの区別
300	セトかりセトの区別



記号	備考
90~95	FLGV8セット (録音器A.1録音中) ランプ消灯 (録音器A.1録音終了)
100	ランプ点灯 (録音器A.1録音中)
105	録音器A.2起動可能か 録音器A.2起動
115	録音器A.2起動可能か 録音器A.2起動
120	FLGV8セット (録音器A.2録音中) ランプ消灯 (録音器A.2録音終了)
125~130	ランプ点灯 (録音器A.2録音中)
135	FLGV8セット (録音器A.2録音中) ランプ消灯 (録音器A.2録音終了)
140	ランプ点灯 (録音器A.2録音中)

記号	備考
A 0	録音器終了停止
A 5	PLGV 8 のリセットト (録音器終了)
A10	ランプ消灯 (録音器終了)
A15	ランプ点灯 (録音器終了)
B0~ B15	A 0~A 15 と同じことを録音器終了について行つて いる



(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

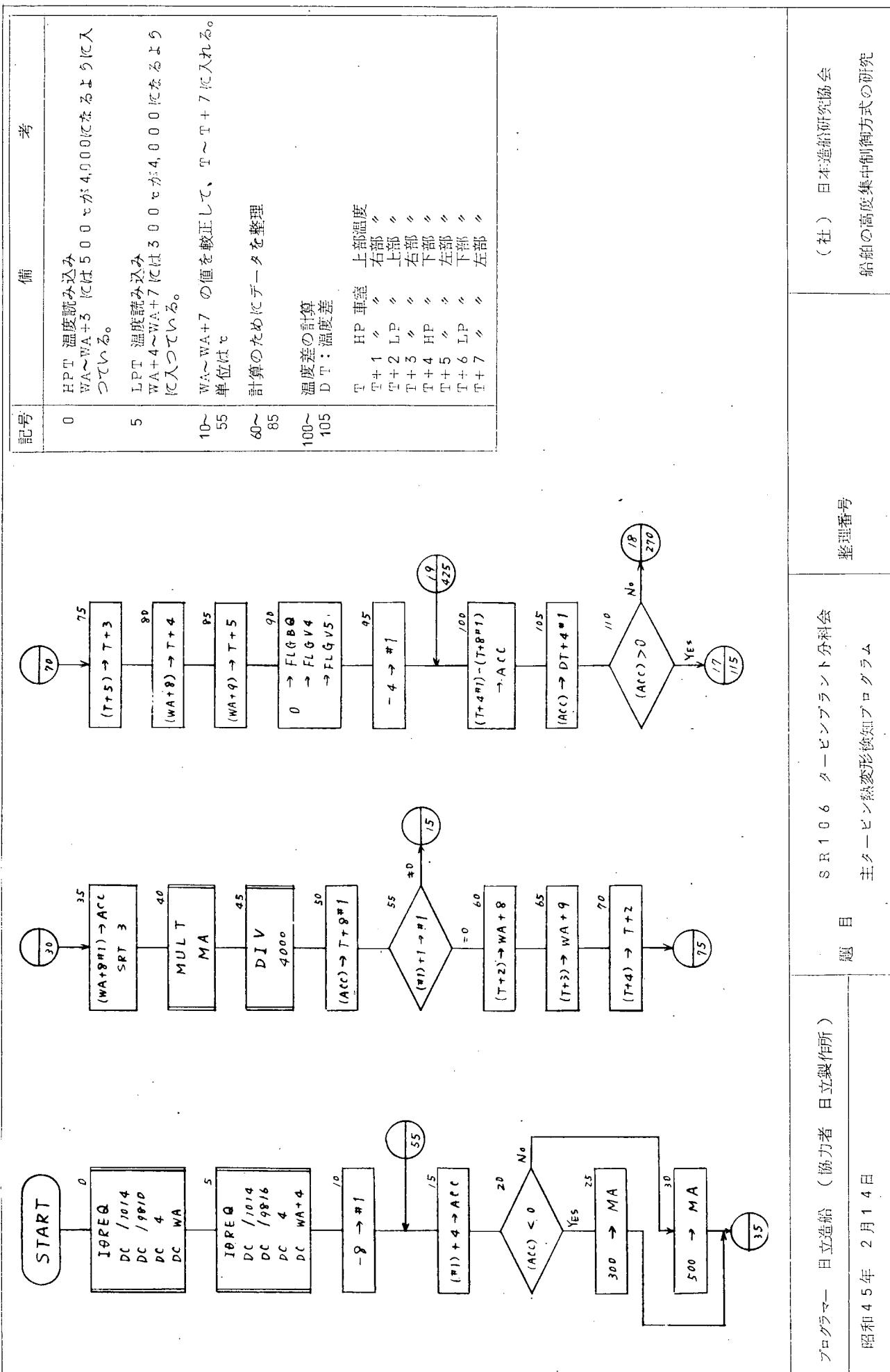
S R 106 タービンブランク分科会

題目

プログラム 固立造船 (協力者 日立製作所)

昭和 45 年 2 月 14 日

録音器停止プログラム

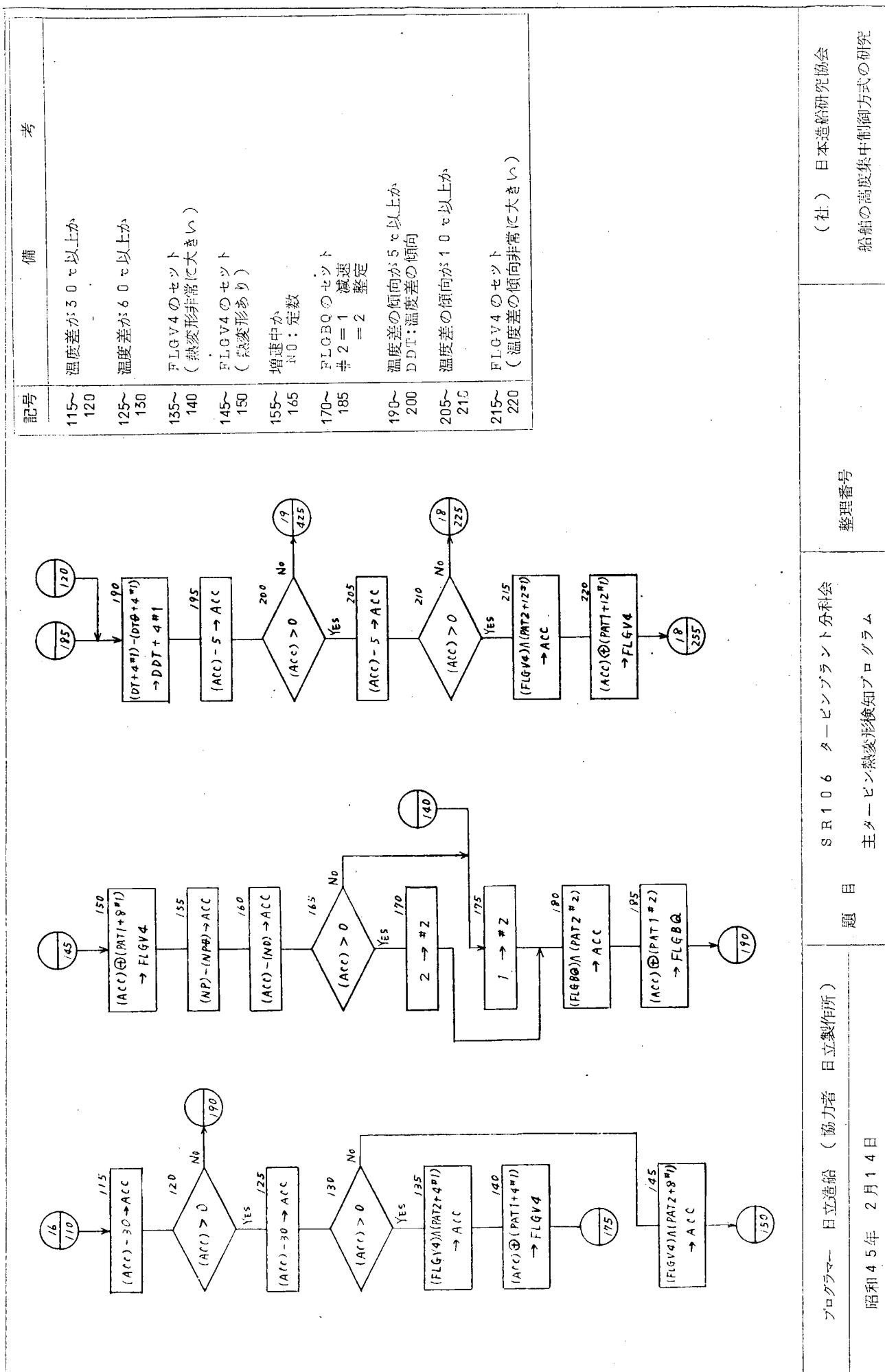


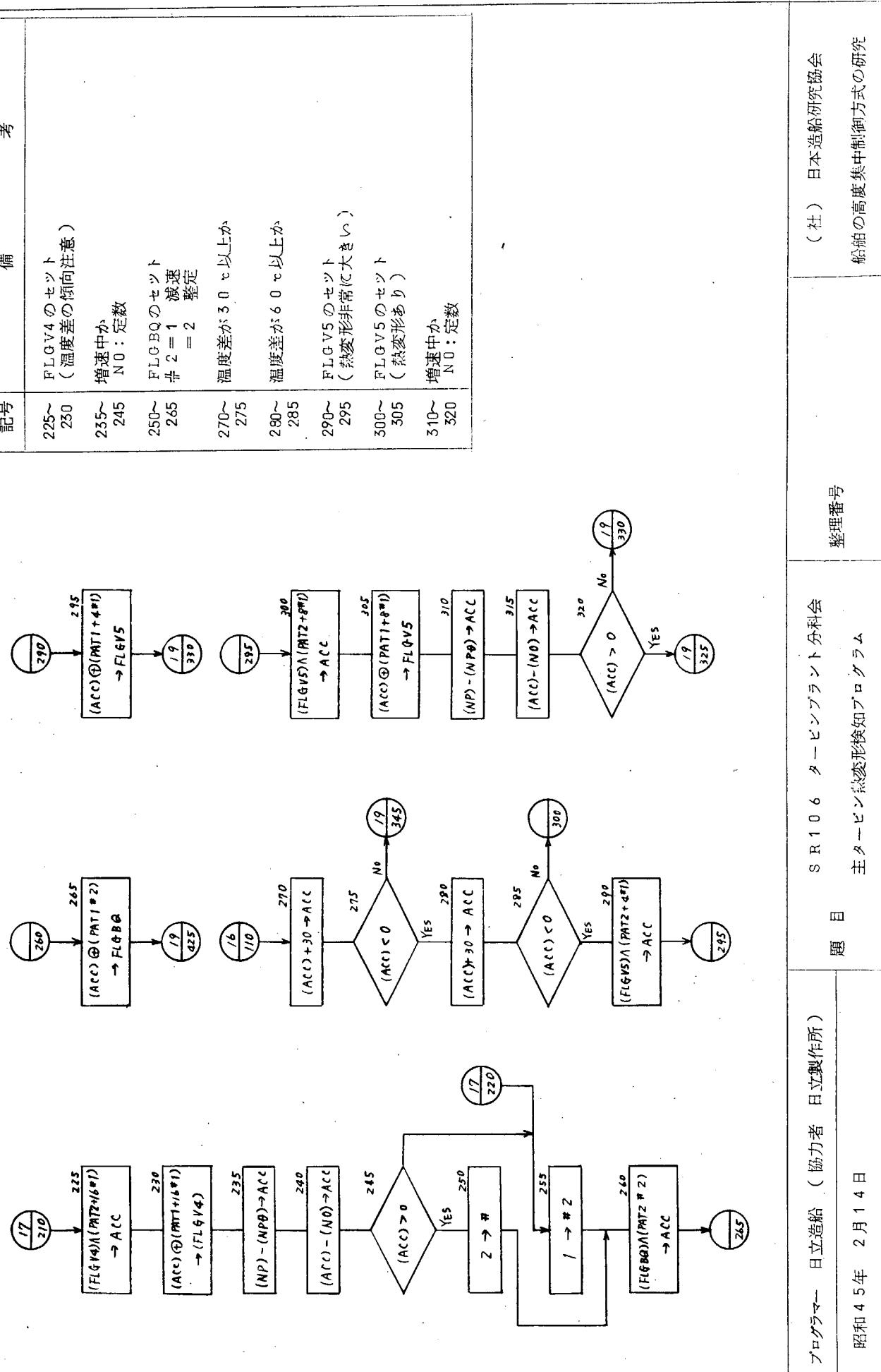
プログラム 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 14 日

題目 SR106 タービンプラント分科会
主タービン熱変形検知プログラム

整理番号
115

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

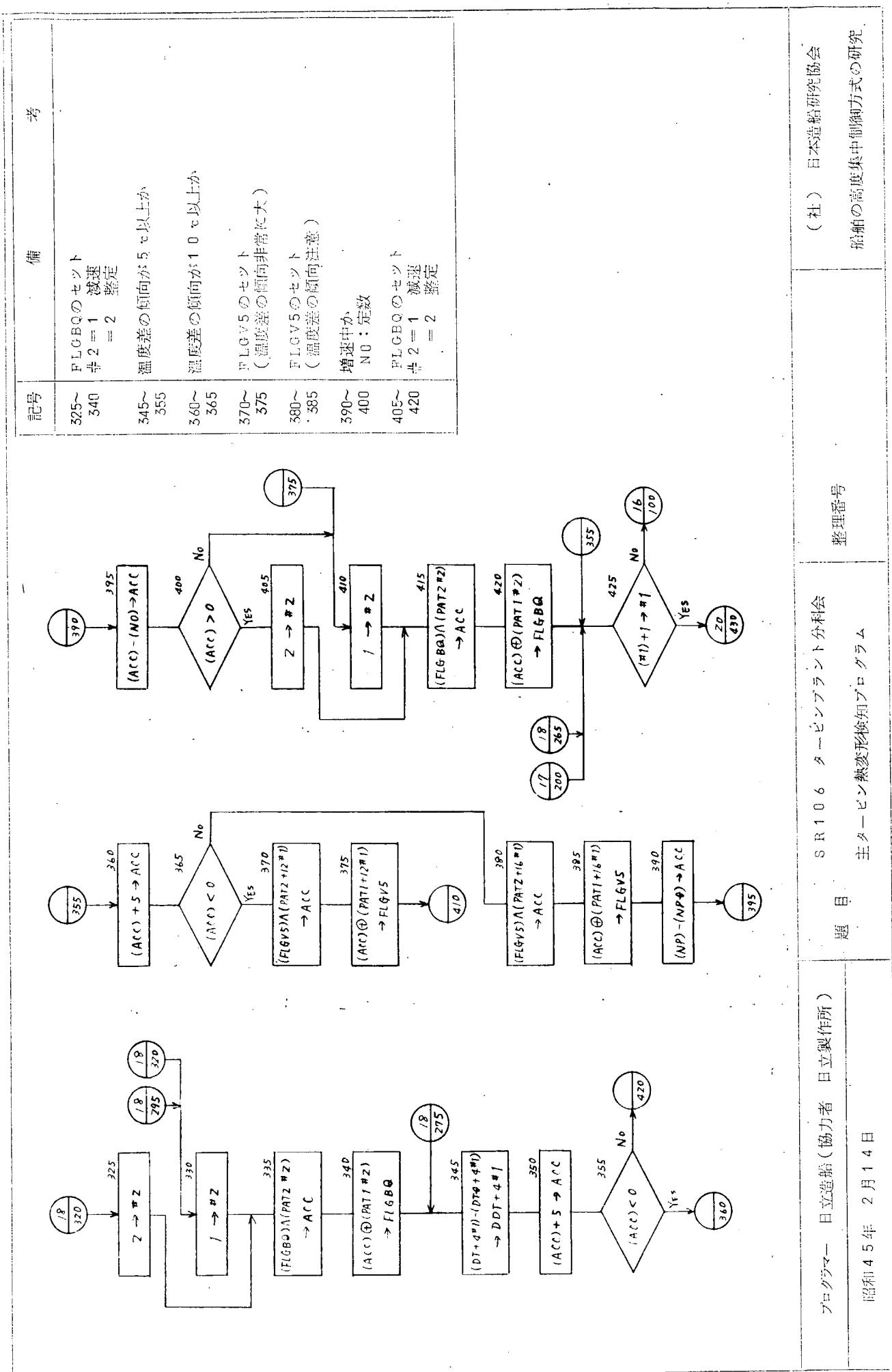


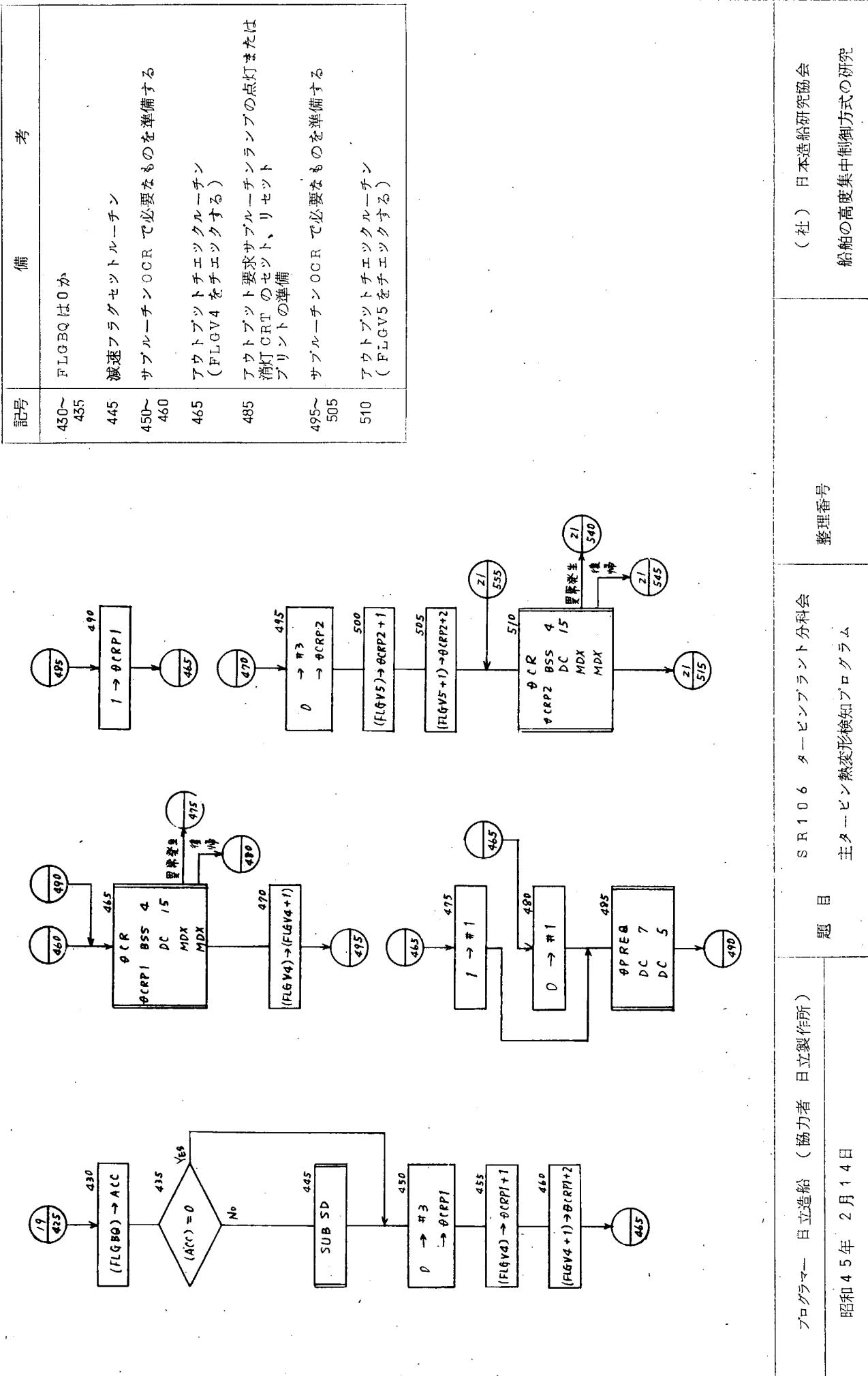


プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 14 日

S R 106 ターピンブランク分割会
題 目
主ターピン熱変形検知プログラム

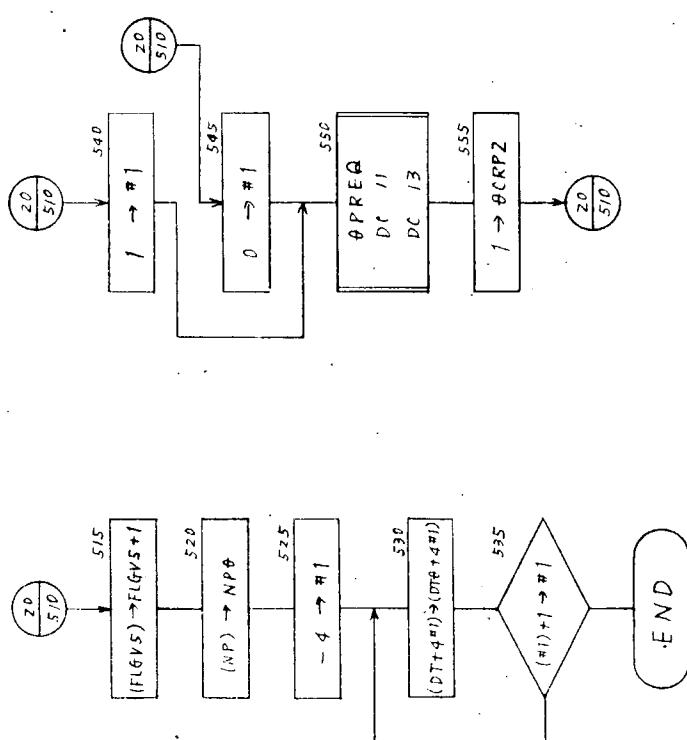
(社) 日本造船研究所
船舶の高度集中制御方式の研究



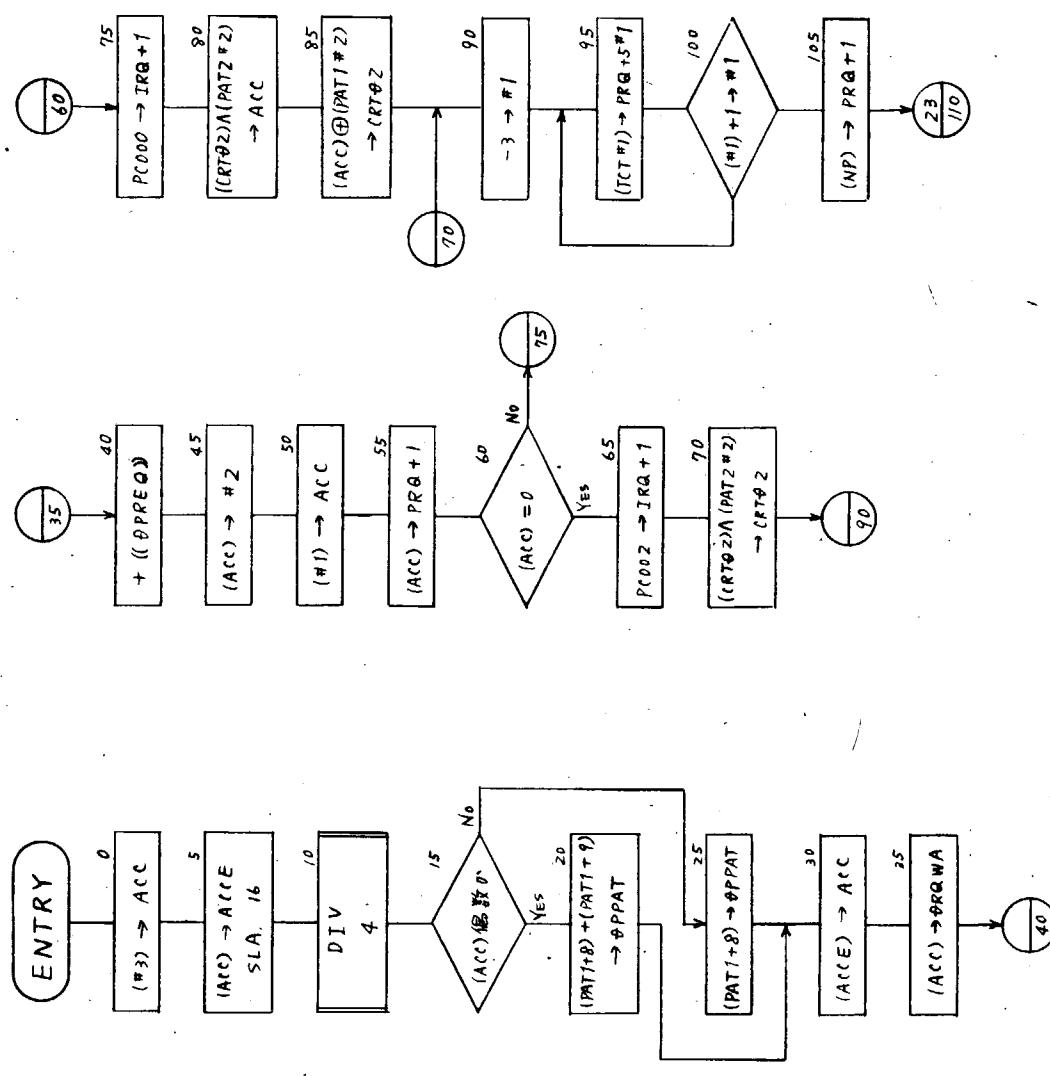


（社）日本造船研究協会
題目 SSR106 タービンプラント分科会
整理番号
主タービン熱変形検知プログラム
昭和45年 2月14日

記号	備考	
515~ 535	今回のデータを前回のデータとして記憶する	
		(社) 日本造船研究協会 船舶の適度集中制御方式の研究
		整理番号 S R 1 0 6 タービンブレード分科会 題目 主タービン熱変形検知プログラム



記号	備考
	<p>メインルーチン BSI L OPREQ DC A DC B</p> <p>A : CRT 表示の最初のビット位置、 FLGV4、 FLGV5に対応する。 CRT 表示用フラグは同一ワード内で連続したこと ビットであること</p> <p>B : プリント用番号の最初の番号</p> <p>異常発生かはメイソルーチンであらかじめ半 1に入れておく # 1 = 1 異常発生 # 0 = 0 復帰</p> <p>ランプ1個点灯か2個点灯かの区別</p> <p>ランプ点灯でアウトプットすべきデータをOPPAT に入れること</p> <p>どの温度差であるかをORQWA(作業用エリア) に入れること</p> <p>ORQWA = 0 T₁ = T₅ = 1 T₂ = T₆ = 2 T₃ = T₇ = 3 T₄ = T₈</p> <p>CRT 表示用フラグのセットすべきビット位置を半 2に入れること</p> <p>CRT 表示用フラグ、CRT02のセットまたはリセ ット</p> <p>時刻をプリントするための準備</p> <p>NP は異常振動検知プログラムで読み込んだものを 使用する</p>

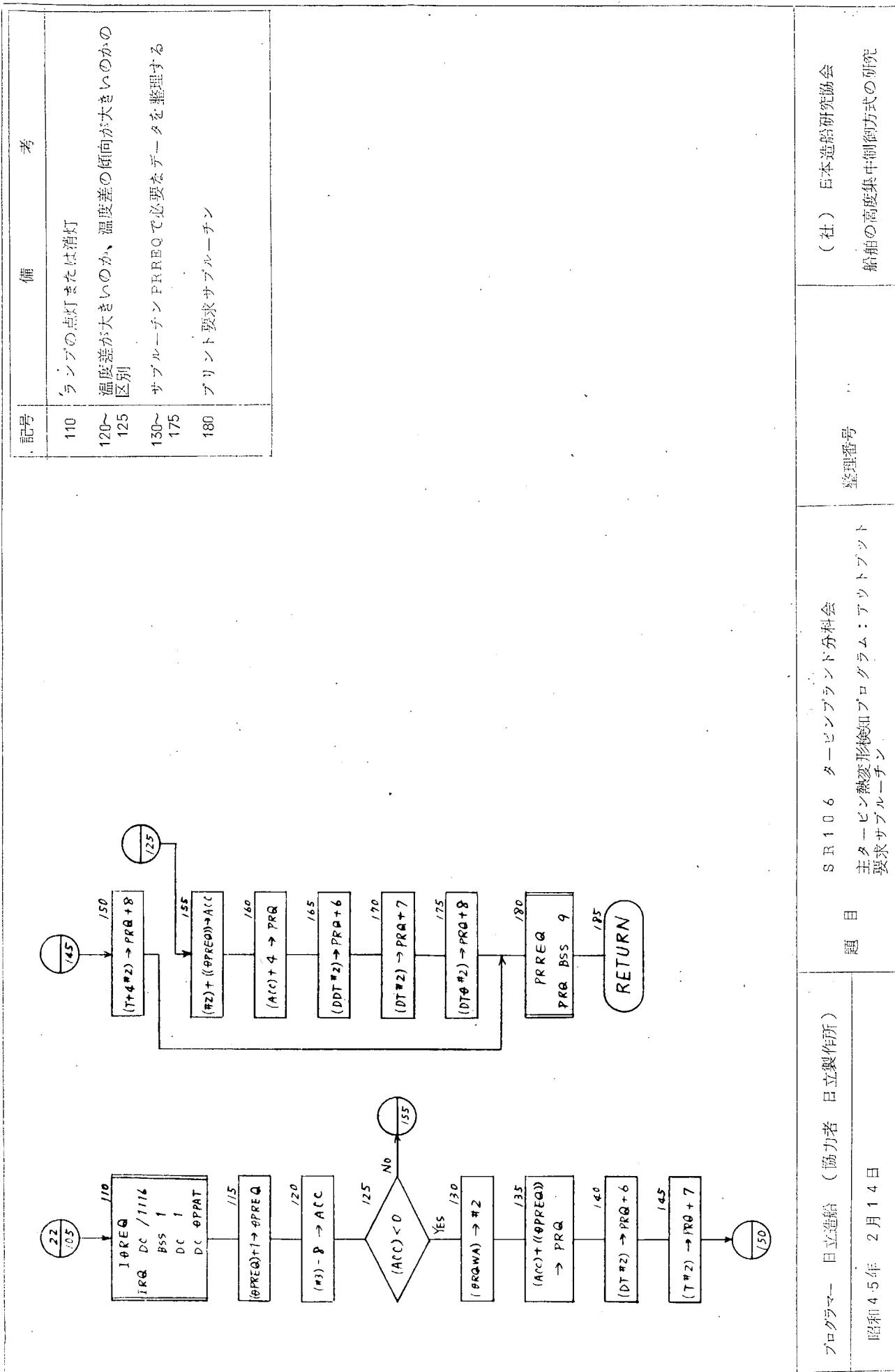


S R 106 タービンプラント分科会
題 目 主タービン燃焼形検知プログラム：アウトプット
要求サブルーチン

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

日立造船（協力者）

昭和45年 2月14日



プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)

昭和45年 2月14日

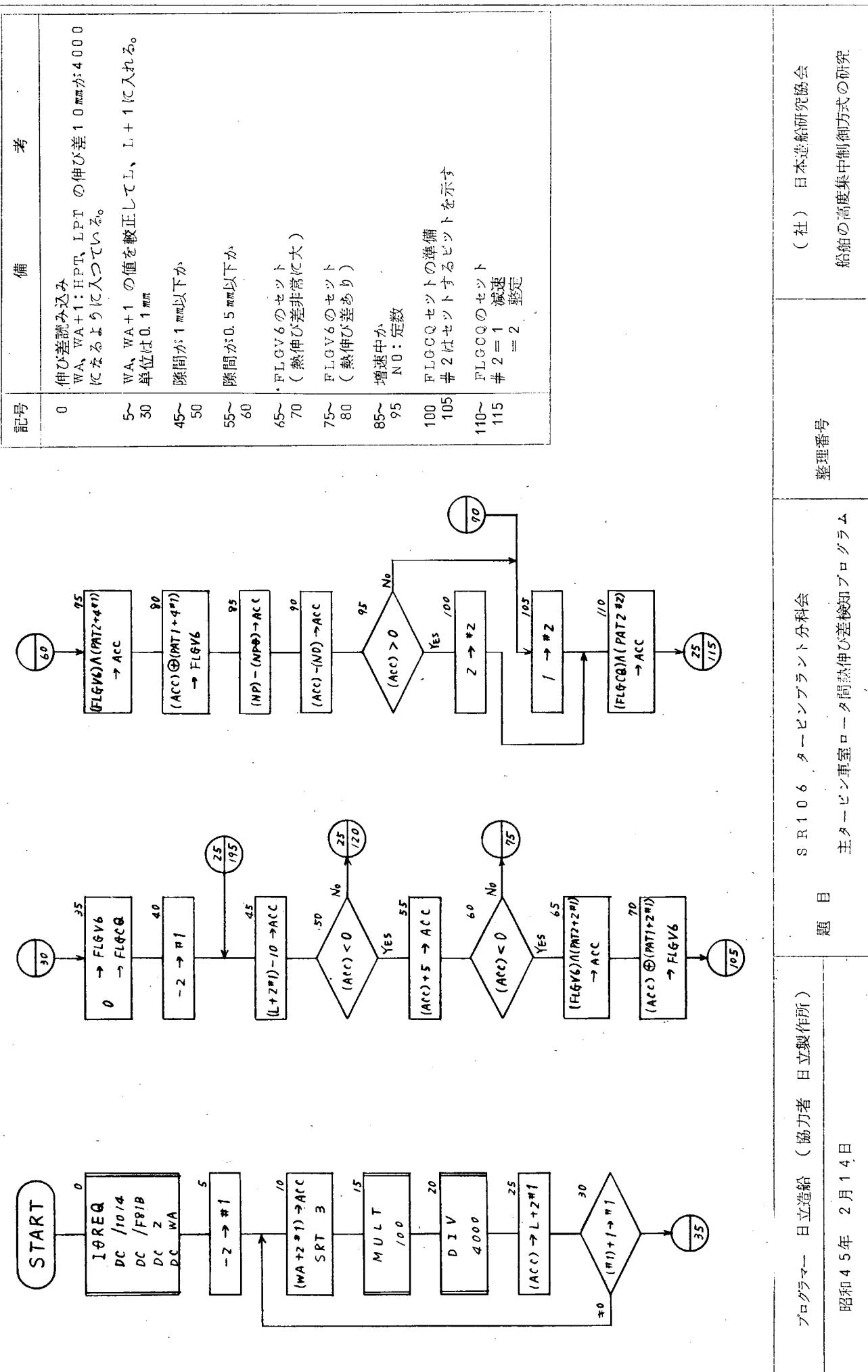
S R 1 0 6 タービンブランド分科会

題目

(社) 日本造船研究協会

整理番号

主タービン熱変形検知プログラム：アットブリト
サブルーチン
船舶の高度集中制御方式の研究

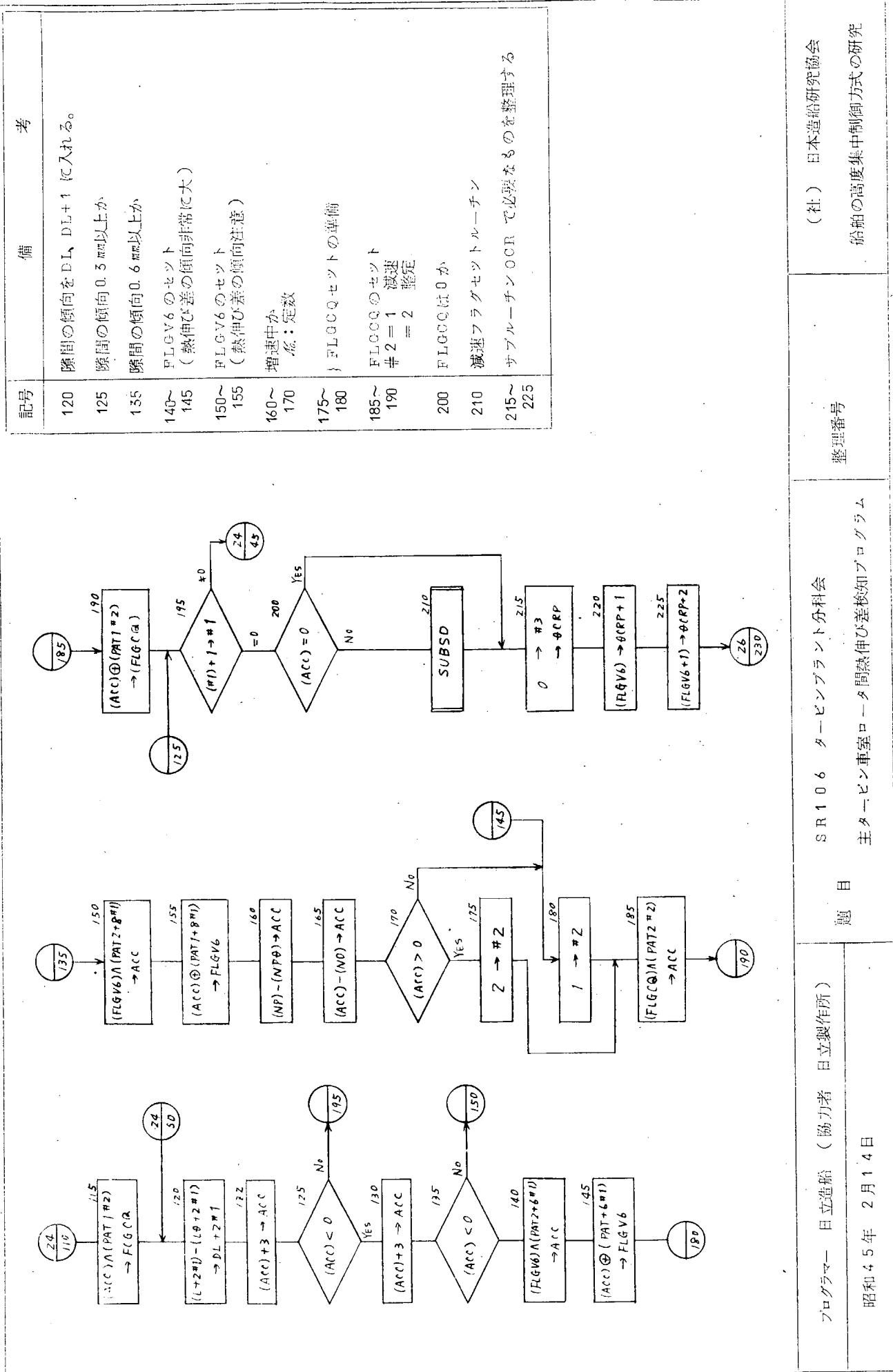


プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 14 日

S R 106 タービンプラント分科会
題 目 主タービン車室ロータ間熱伸び差検知プログラム

整理番号
整備番号

(社) 日本造船研究協会
船舶の高精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

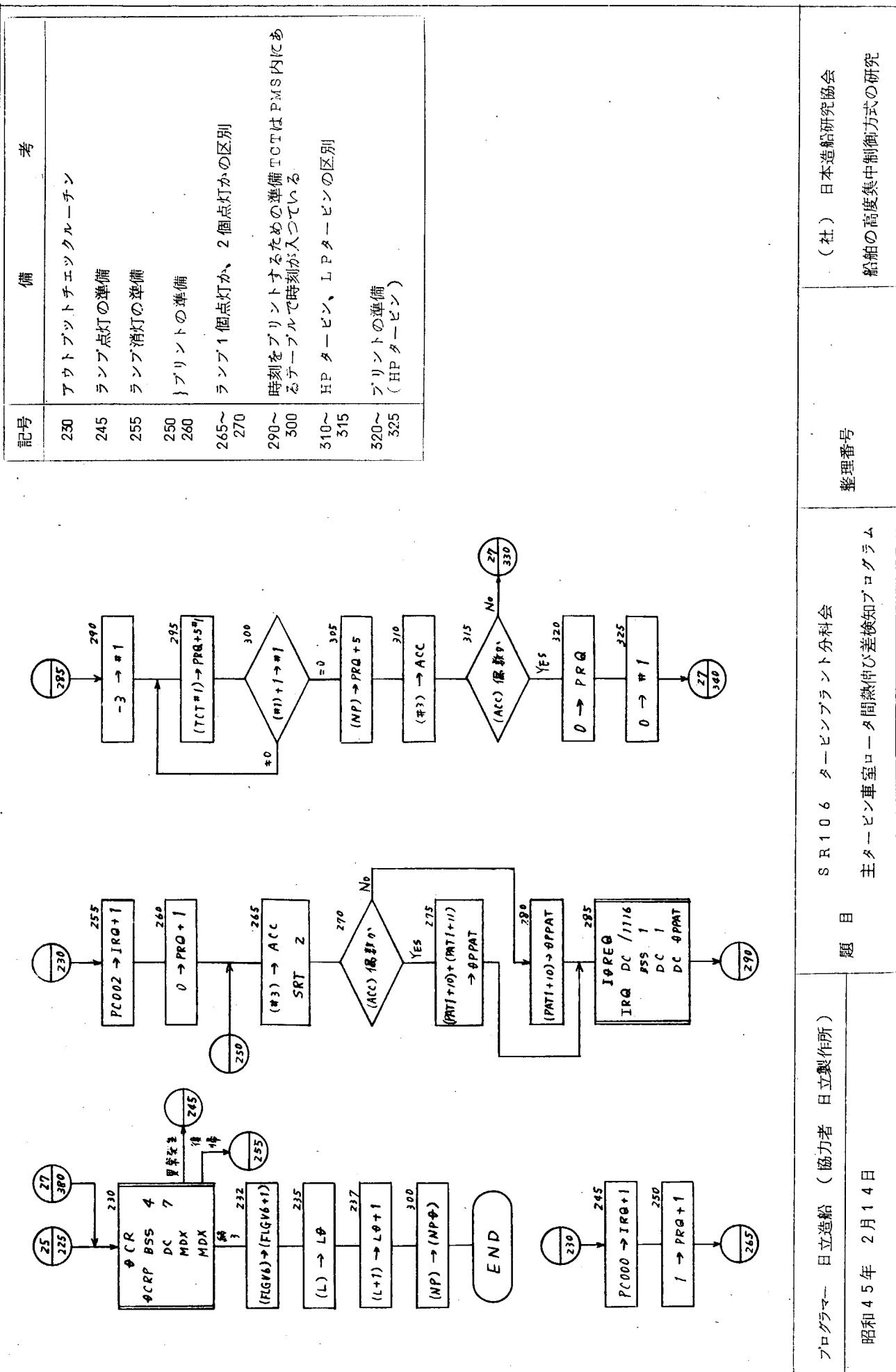
S R 1 0 6 タービンブランク分科会

題目

プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)

昭和 45 年 2 月 14 日

主タービン車室ロータ間熱伸び差検知プログラム

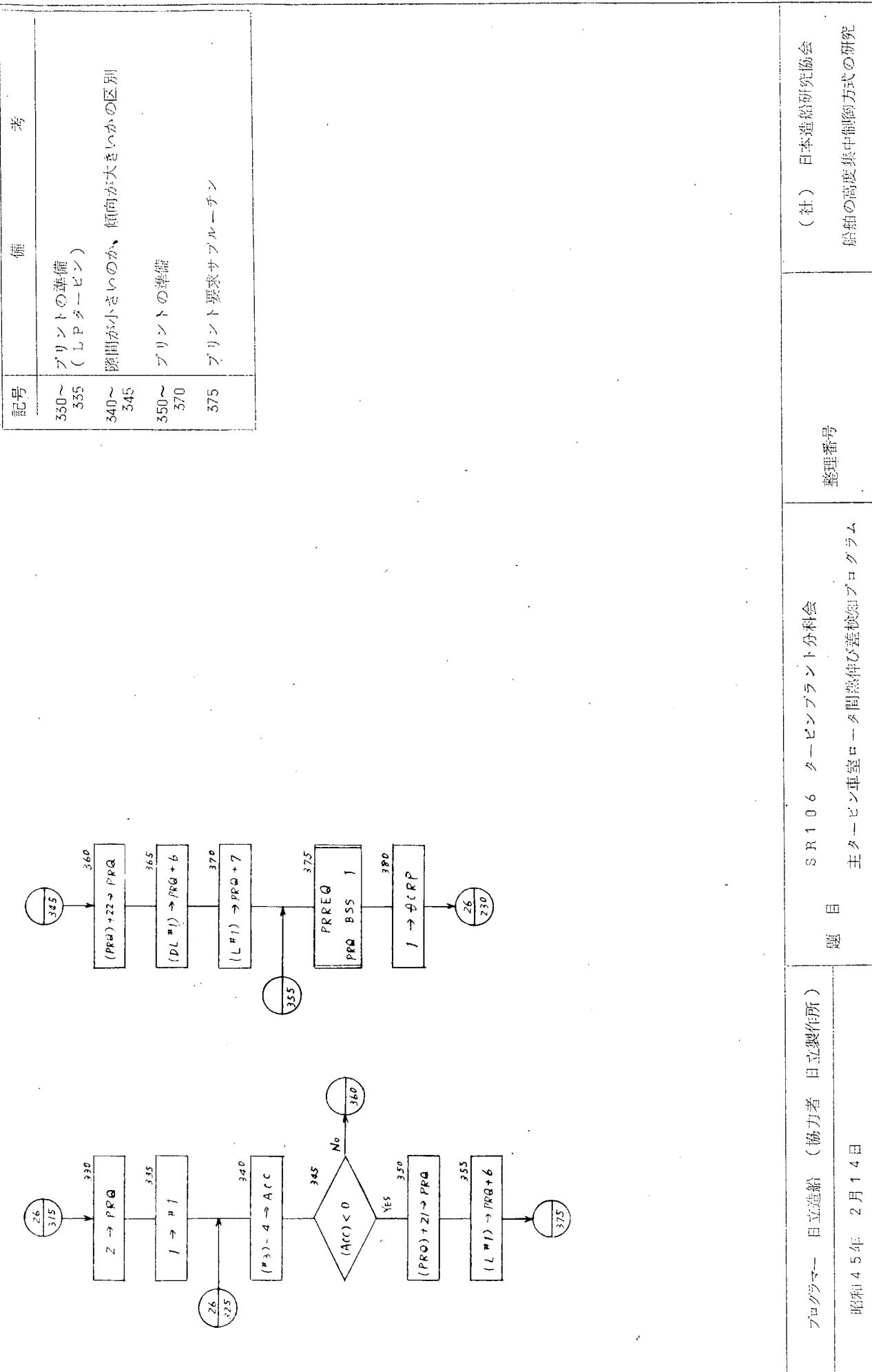


プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 14 日

S R 1 0 6 タービンプラント分科会
題 目
主タービン車室ロータ間熱伸び差検知プログラム

整理番号

(社) 日本造船研究協会
船舶の高密度集中制御方式の研究



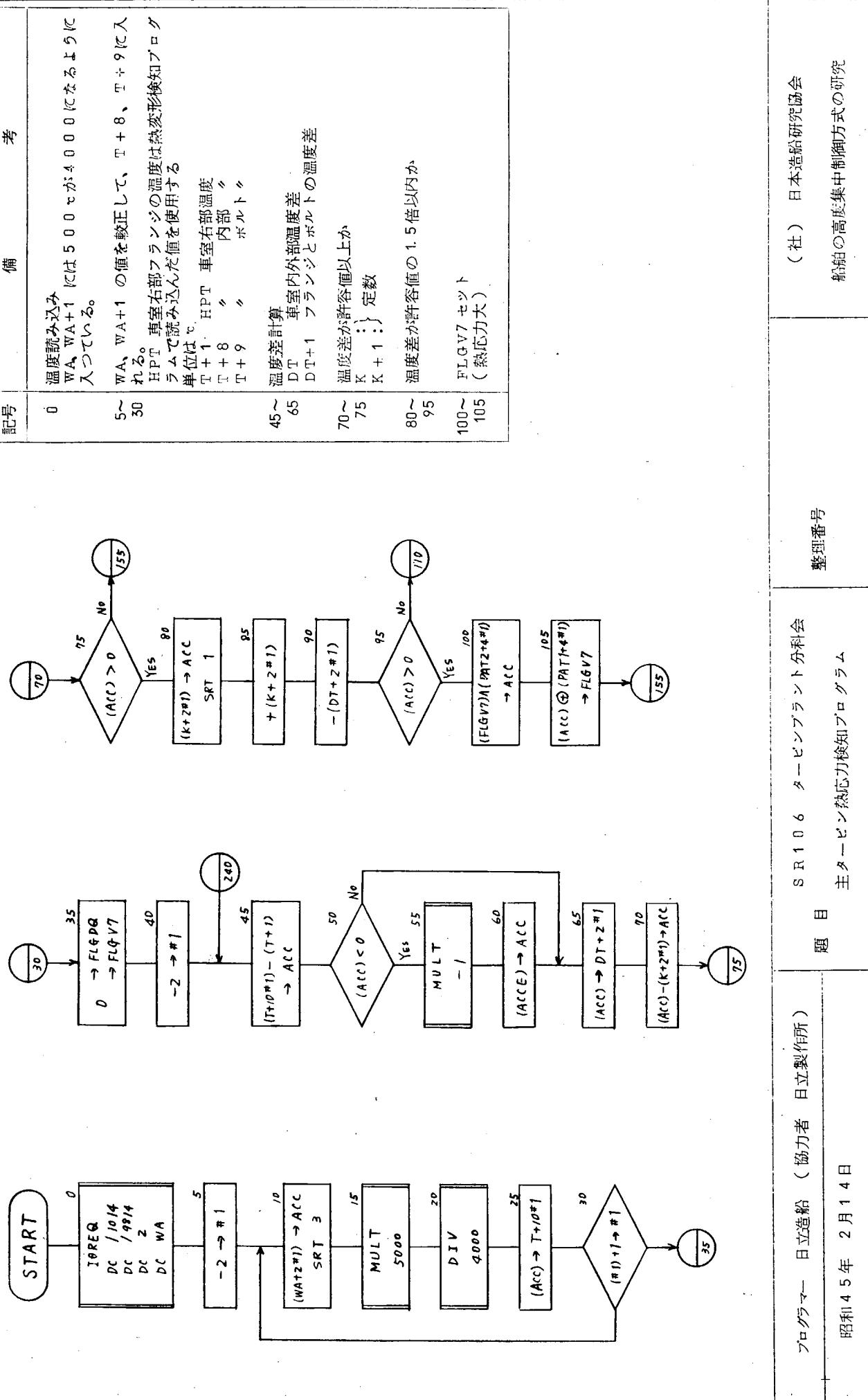
(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号

S R 1 0 6 タービンプラント分科会
題目 主タービン車室ロータ間熱伴び差検知プログラム

昭和45年 2月14日

プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
日立造船

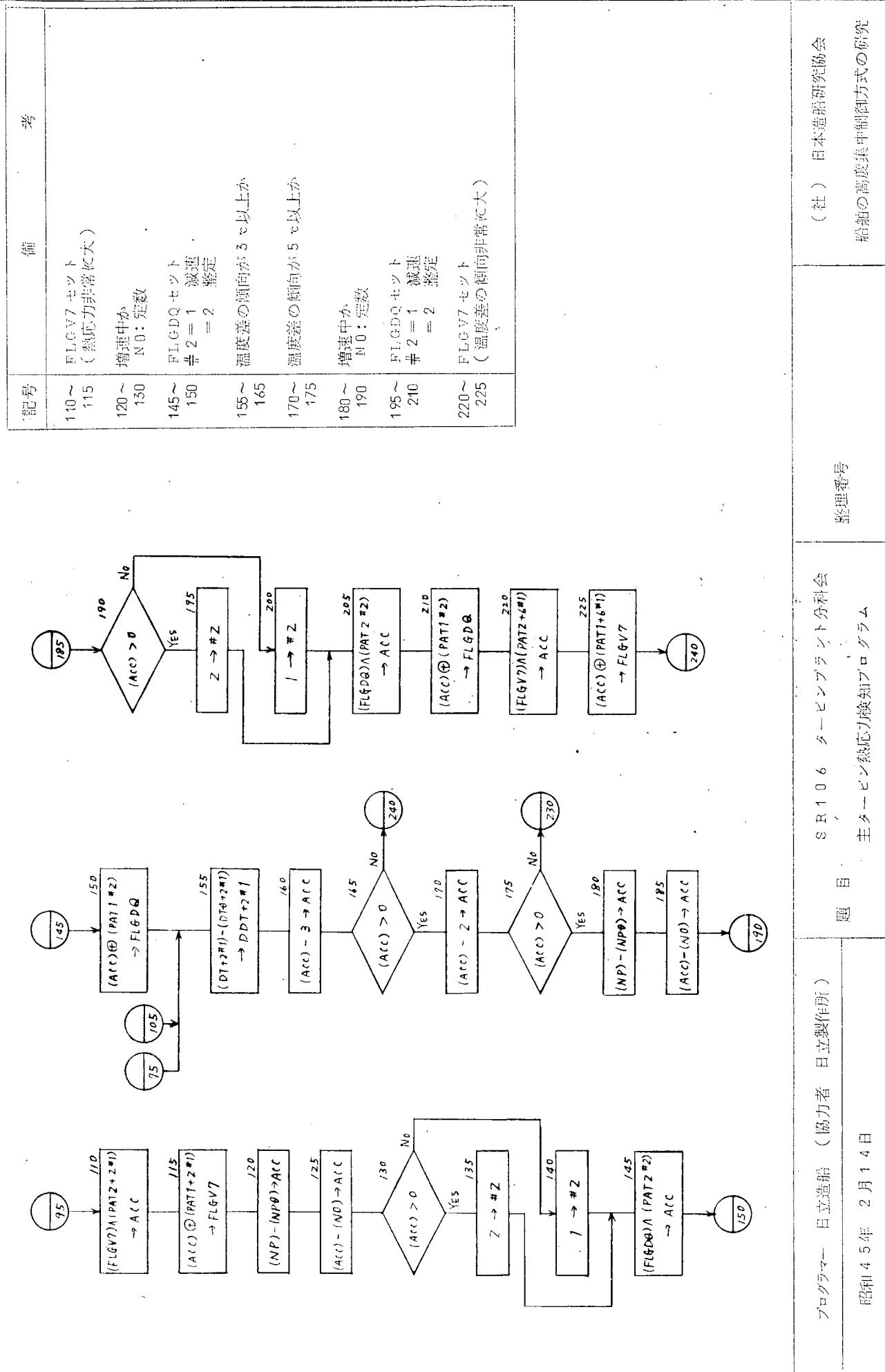


(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号

S R 1 0 6 タービンプラント分科会
題 目 主タービン熱応力検知プログラム

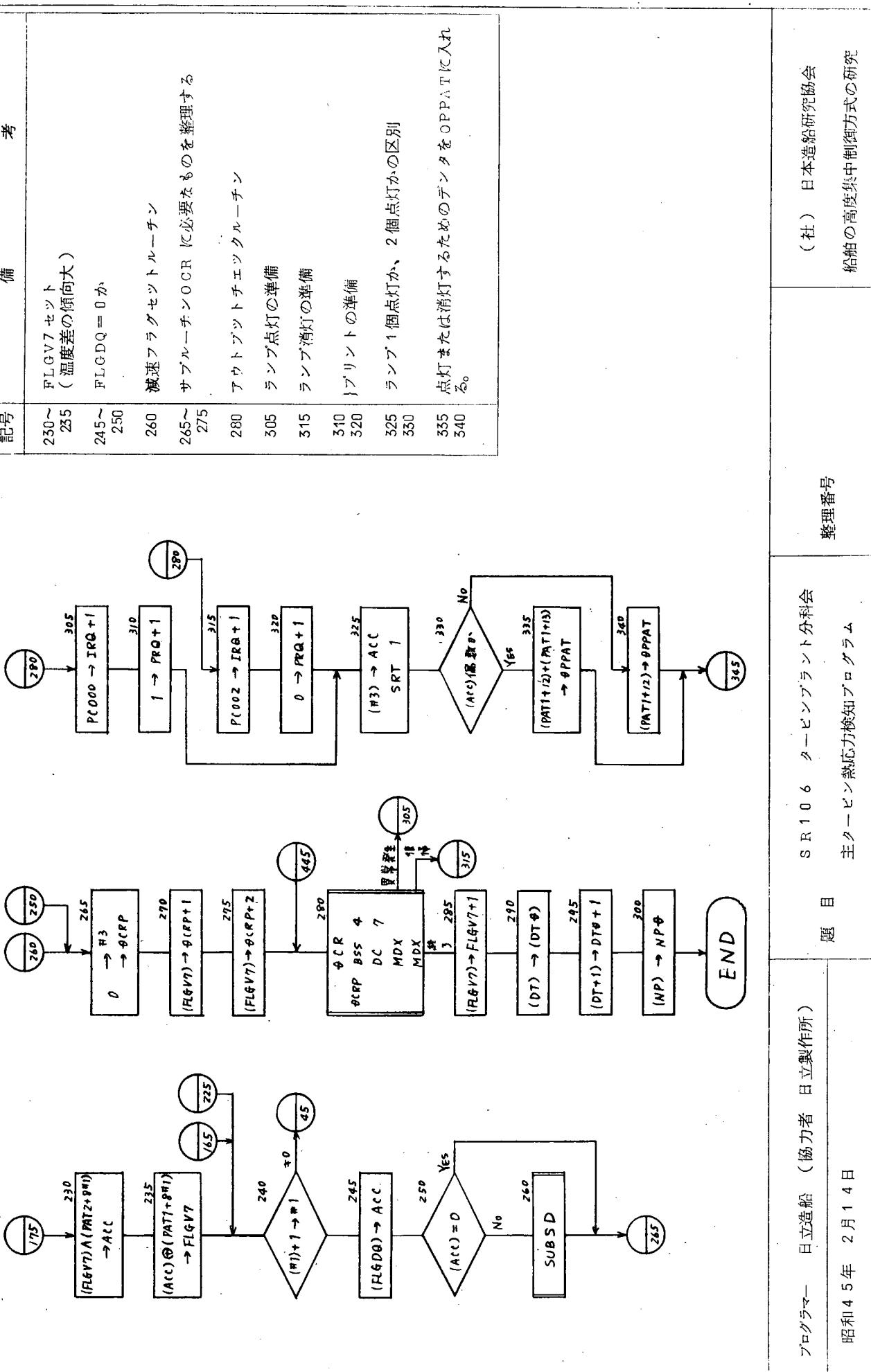
プロダクター 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 14 日



(社) 日本造船研究会
船の高度集中制御方式の研究

S R 106 タービンプラント分科会
題目 主タービン熱応力旗幟プログラム
整理番号

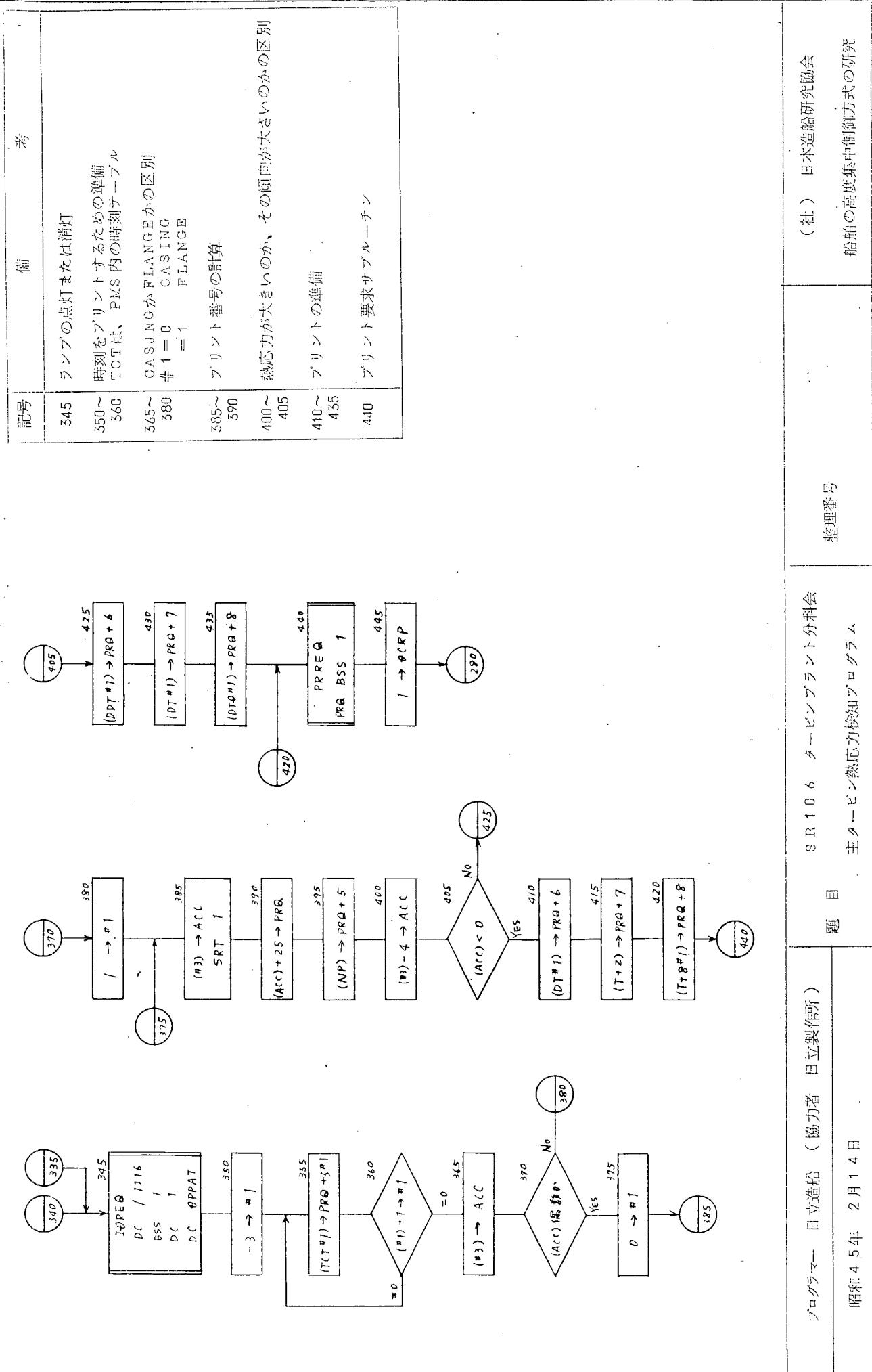
プログラマー 白立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 14 日



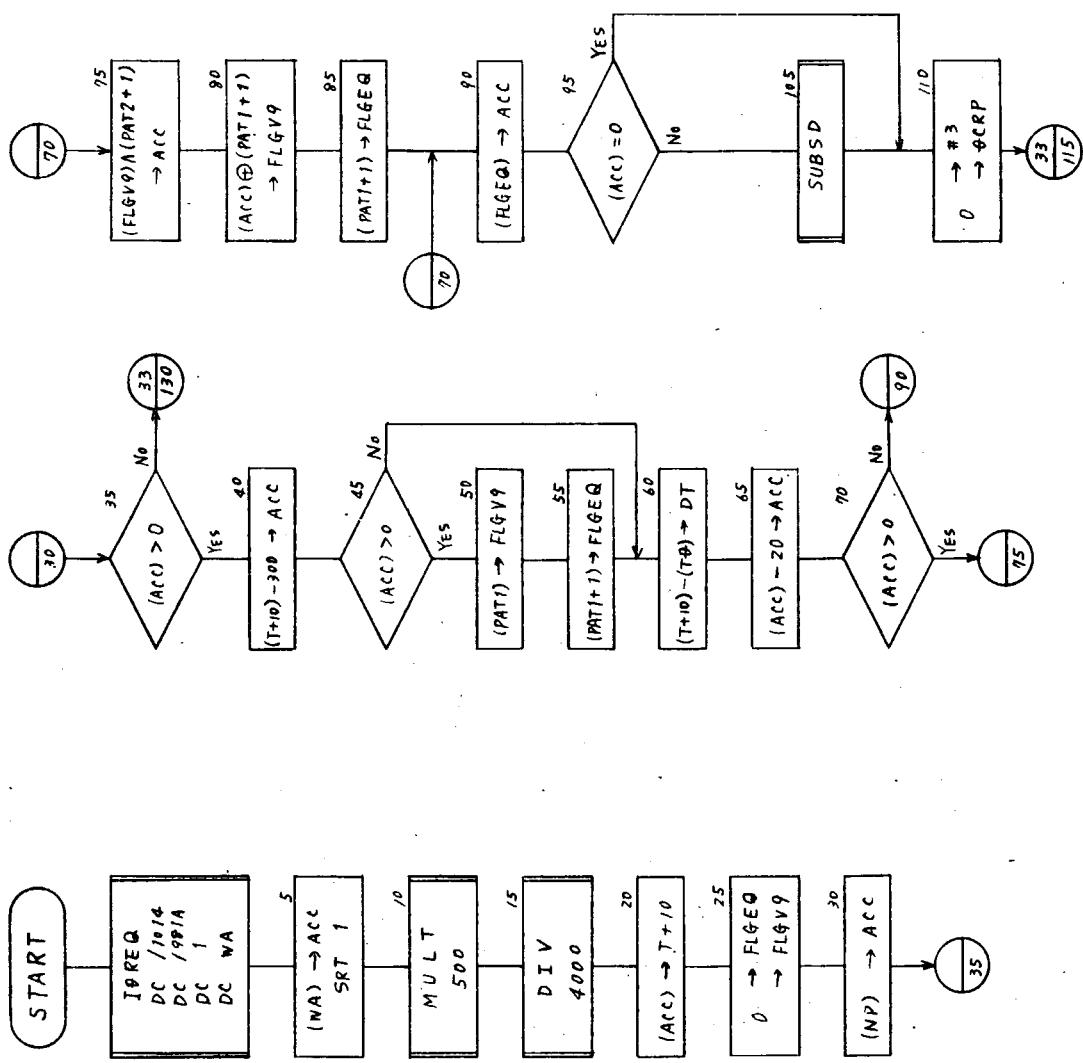
(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

SR106 タービンプラント分科会
題目
主タービン熱応力検知プログラム
整理番号

プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和45年 2月14日

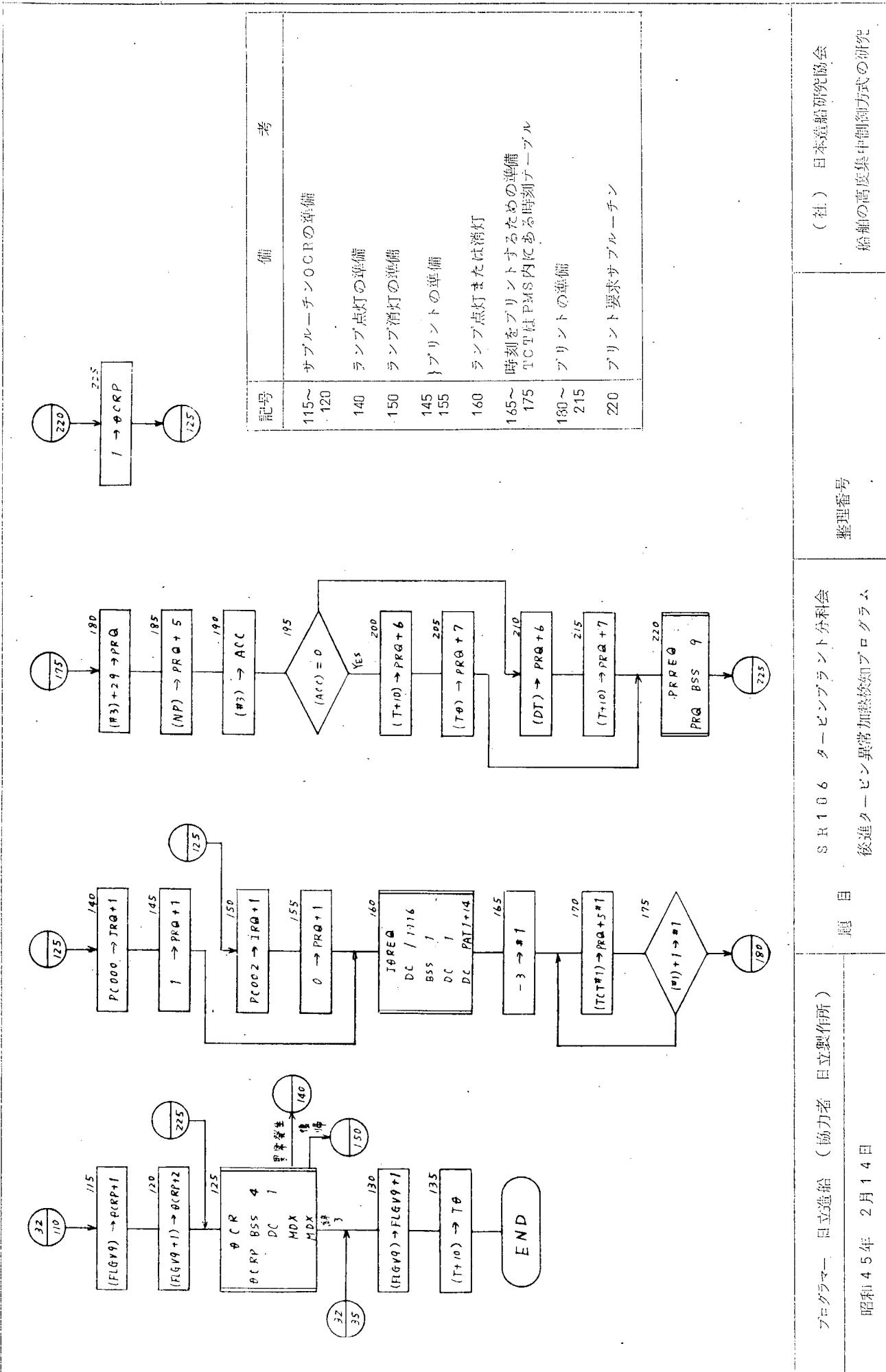


記号	備考
0	後進タービン温度読み込み WAには500℃が4000になるように入っています。
5~20	WAの値を正して T + 10 に入れる 単位は℃
30~35	前進中か NPは主機異常振動検知プログラムで読み込んだ値 を使用する
40~45	絶対値監視
50	FLGVG のセット (後進タービン異常加熱)
55	FLGEQ のセット
60~70	傾向監視
75~80	FLGV9 のセット (後進タービン異常加熱傾向あり)
105	減速フラグセットルーチン
110	サブルーチン OCR に必要なものを準備する



プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)	題目 SR 106 タービンプラント分科会
昭和 45 年 2 月 14 日	整理番号 後進タービン異常加熱検知プログラム

(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 岐立造船 (協力者 日立製作所)
昭和45年 2月14日

題目 S R 106 ターピングラント分科会
後進タービン異常加熱検知プログラム

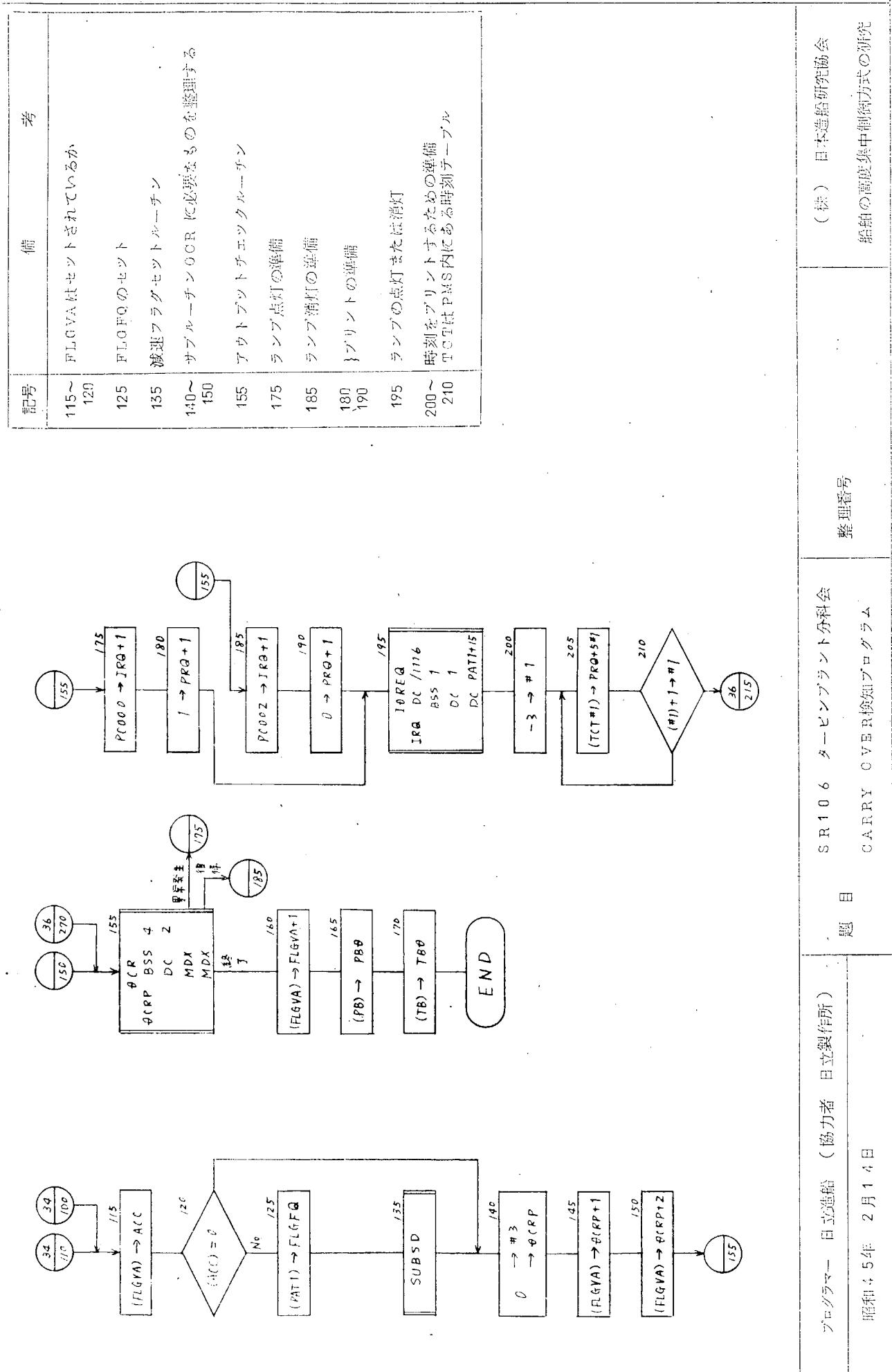
整理番号

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

記号	備考
0	ボイラ、SH 出口圧力、温度の読み込み 圧力は 70 Kが 4.0 0 0 になるよう WA に温度 は 60 0 でが 4 0 0 0 にならう WA + 1 に入つ ている
5~ 20	WA の値を較正して PB に入れる 単位は Kg/cm ²
25~ 40	WA + 1 の値を較正して TB に入れる 単位は °C
50~ 60	ボイラ SH 出口圧力の低下は 10 K以上か FLGVA のセット (CARRY OVER 壓力変化大)
70~ 80	ボイラ SH 出口温度の低下は 20 °C以上か FLGVA のセット (CARRY OVER 温度変化大)
85~ 90	FLGVA のセット (CARRY OVER 温度変化大)
95	FLGBX: ボイラ異常検知プログラムのフラグ、x はブライミング予知ビット位置を示す
100	ブライミング予知ビットに 1 がセットされているか
105~ 110	FLGVA のセット (CARRY OVER ブライミング)
START	
IREQ DC / 1014 DC / 981E DC 2 DC WA	
DIV 4000	
ACC → TB	
ACC → FB → FLGVA	
(WB) - (PB) → ACC	
MULT 70	
DIV 4000	
ACC → PB	
(WA + 1) → TB SPT 3	
MULT 600	
END	

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

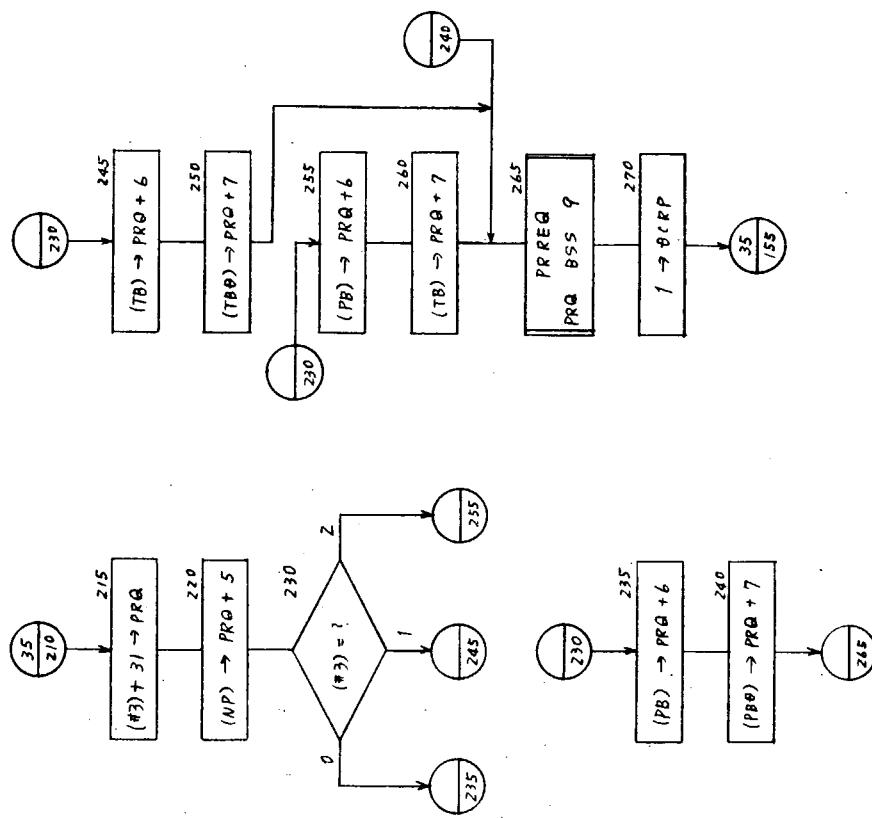
整理番号
SSR 106 ターピンプラント分科会
題目 CARRY OVER 檢知プログラム
昭和 45 年 2 月 14 日



SR106 タービンプラント分科会
題目 CARRY OVER 検知プログラム
整理番号

(株) 日本造船研究協会
船の高度集中制御方式の研究
船舶の高精度集中制御方式の研究

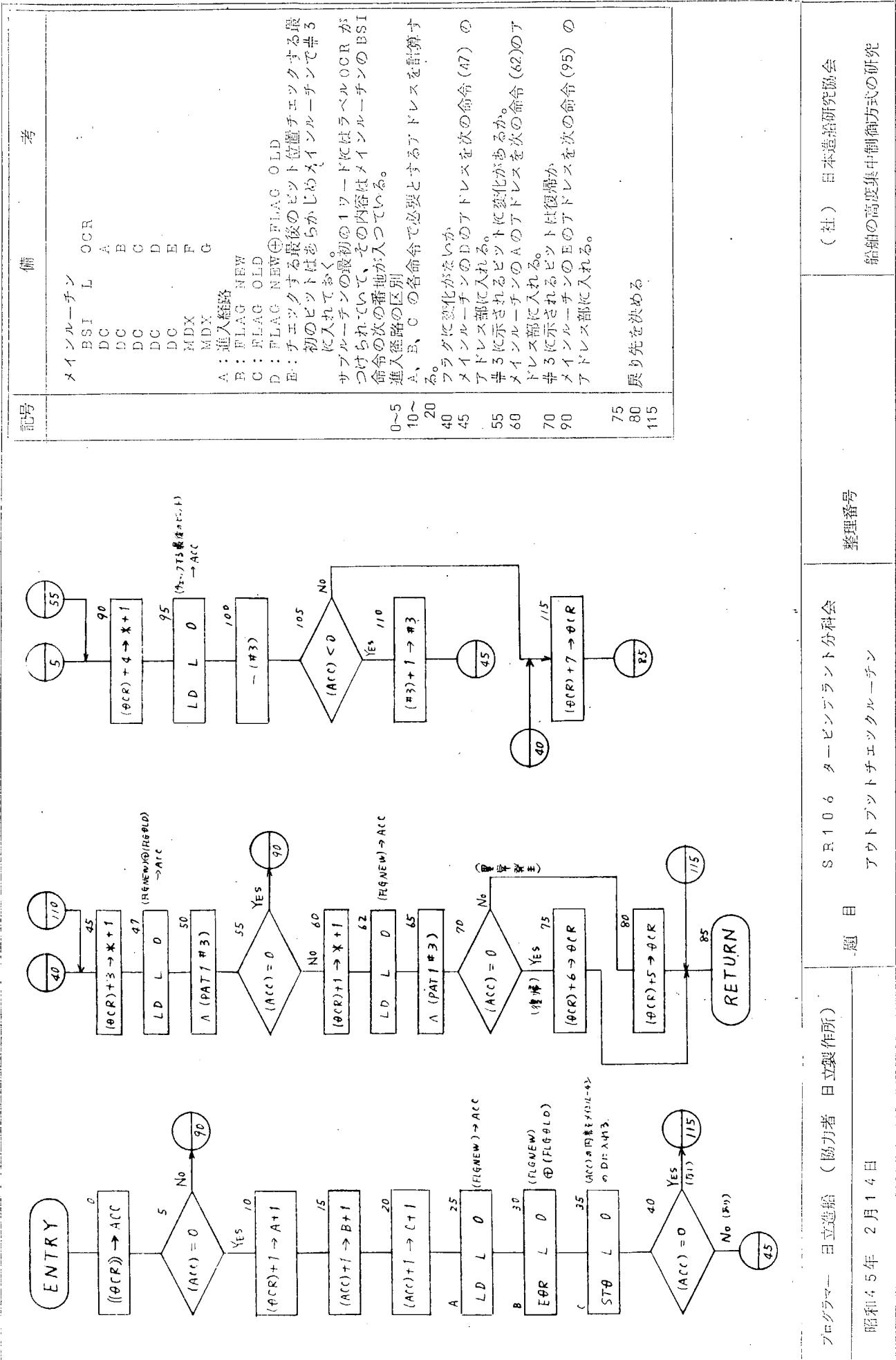
記号	備考
215~260	プリントの準備
220	NPは主機異常振動検知プログラムで読み込んだ値を使用する。
265	プリント要求サブルーチン



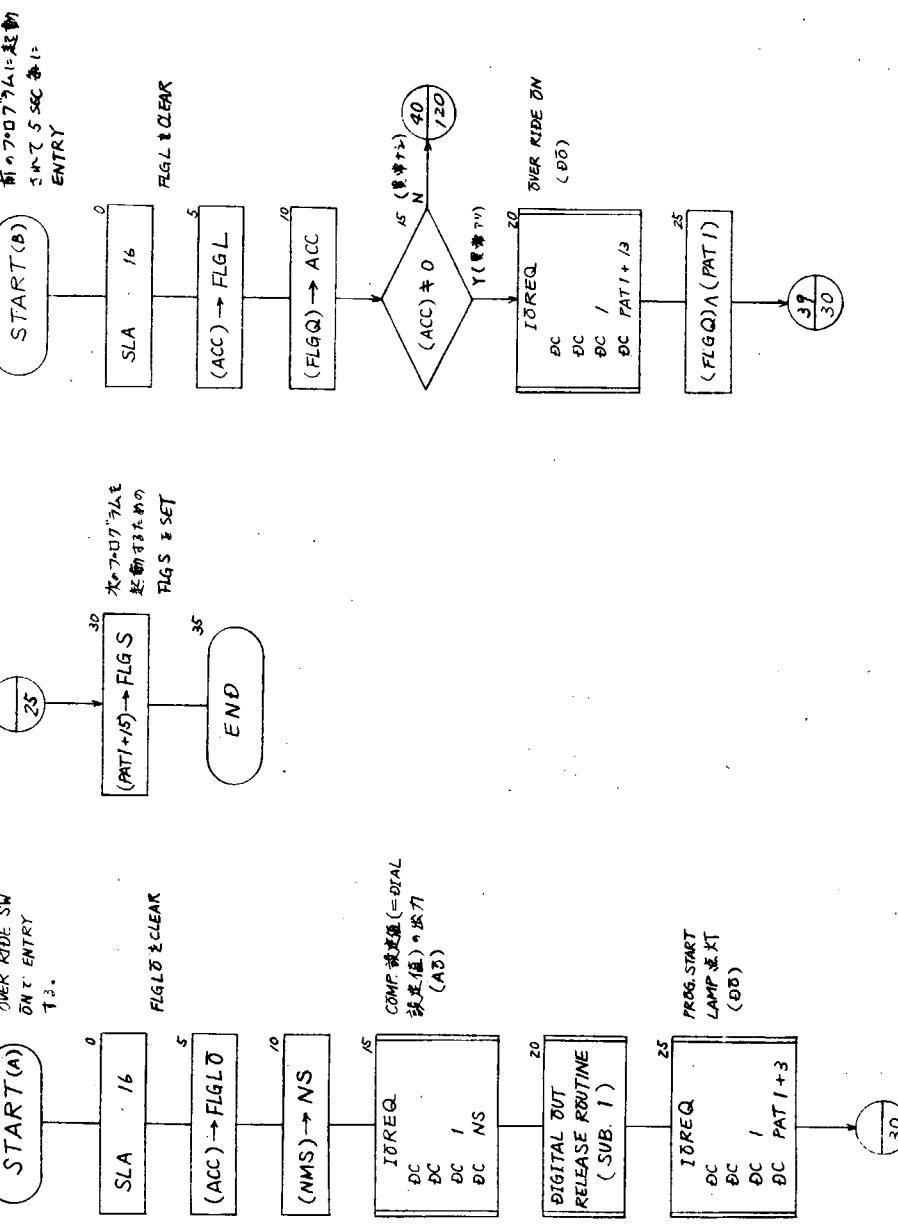
題目 S R 1 0 6 ターピングラント分科会
整理番号
CARRY OVER检知プログラム

(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 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和45年 2月14日



NOTE



NOTE	
(A)	SLA (= Shift Left) 16 で零を作成。
0	15、IOREQ(入出力するシステムプログラムであり、DC(定数)により、転送方式、入出力機器の番号 1) 転送方式、入出力機器の番号 2) プロセス・コントロール・ワード 3) 転送語数 4) DATAの先頭番地を定義する。
10	NMS(ダイヤル設定回転数)読み込みのプログラムは 本プログラム使用時に5~10間に挿入のこと。 25、PAT1は1ビットのみ“1”的立つている PATERNで左端より始まり16個よりなる。 (B)
25	FLGL(1)をチェックする。
30	

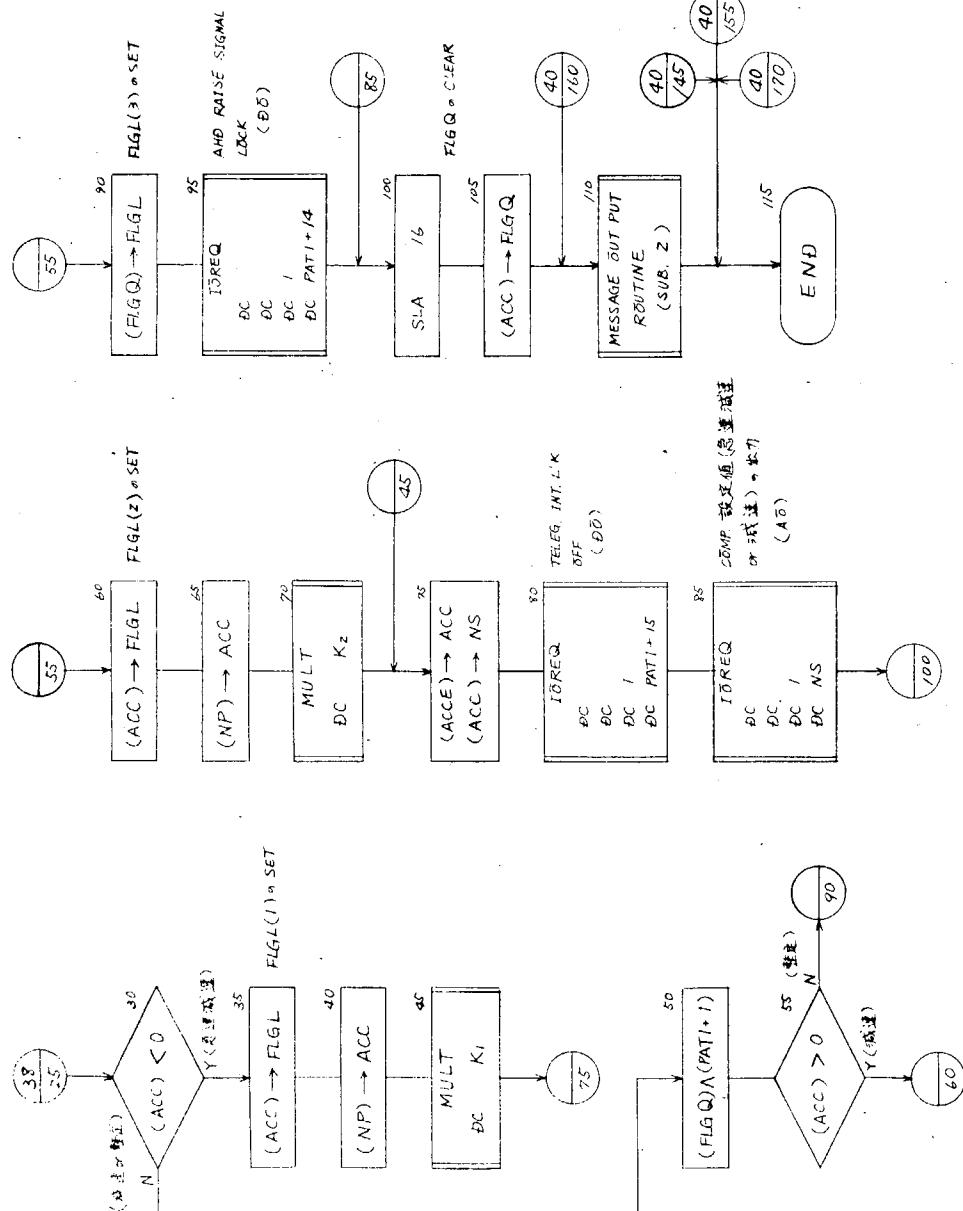
(社) 日本造船研究協会
船舶の高精度集中制御方式の研究

題目 SR106 タービンプラント分割会
主タービン減速制御プログラム
整理番号

プログラマー 日立造船 (日立製作所)
昭和45年 2月12日

NOTE

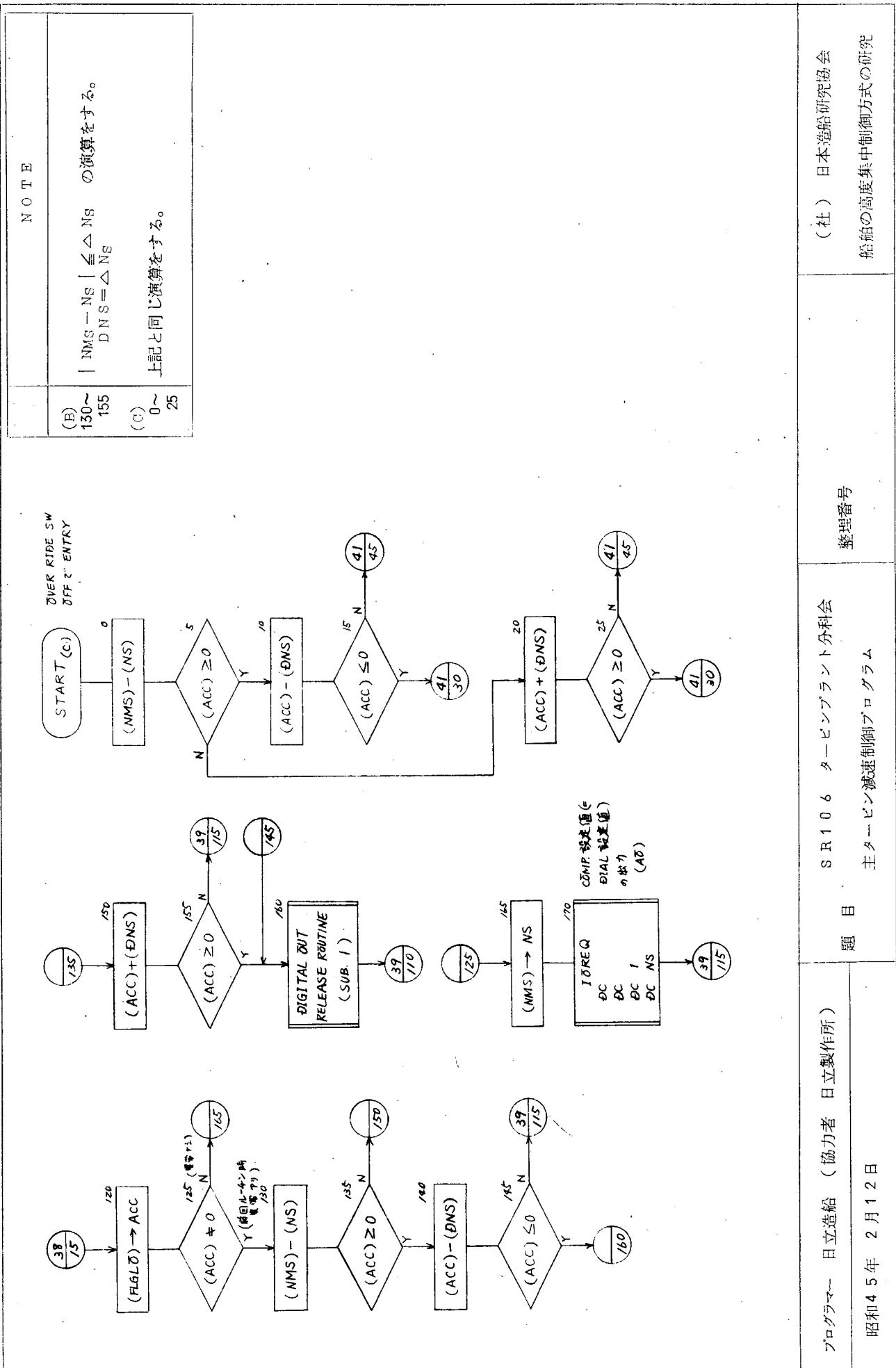
- (E)
- | | |
|--------|--|
| 30 | “急速減速”は、PLGQ の左端のビット (=Sign Bit) が “1” を立てるので、PLGQ の値は負にならる。 |
| 45 | MULT は乘算サブルーチンで、乗数は ACC IC、被乗数は DC IC で定義する。
乗算サブルーチン MULIT はより複雑は、一旦 ACC IC 移す必要がある。 |
| 50, 55 | PLGQ(2), をチェックする。 |



題目 S 106 タービンプラント分科会
プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和 45 年 2 月 12 日

整理番号
主タービン減速制御プログラム
船舶の高度集中制御方式の研究

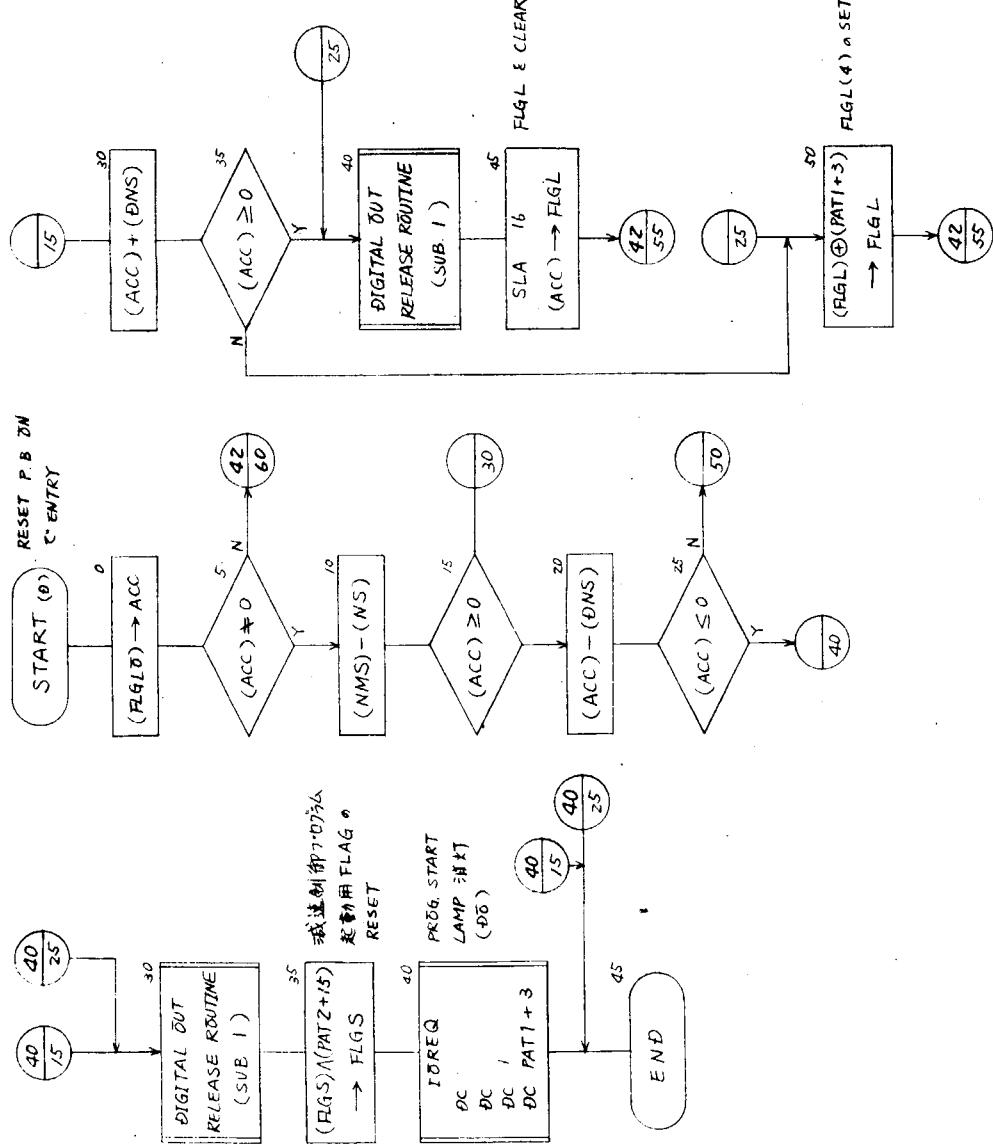
(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究



<p>プログラマー 日立造船 (協力者 日立製作所)</p> <p>昭和45年 2月12日</p>	<p>題目 SR 106 タービンプラント分科会</p> <p>主タービン減速制御プログラム</p>
<p>(社) 日本造船研究会</p> <p>船舶の高精度集中制御方式の研究</p>	<p>整理番号</p>

NOTE

(C) 35 FAT 2 は 1 ビットのみ 0 である PATTERN で
16 回よりなり左端より付じます。

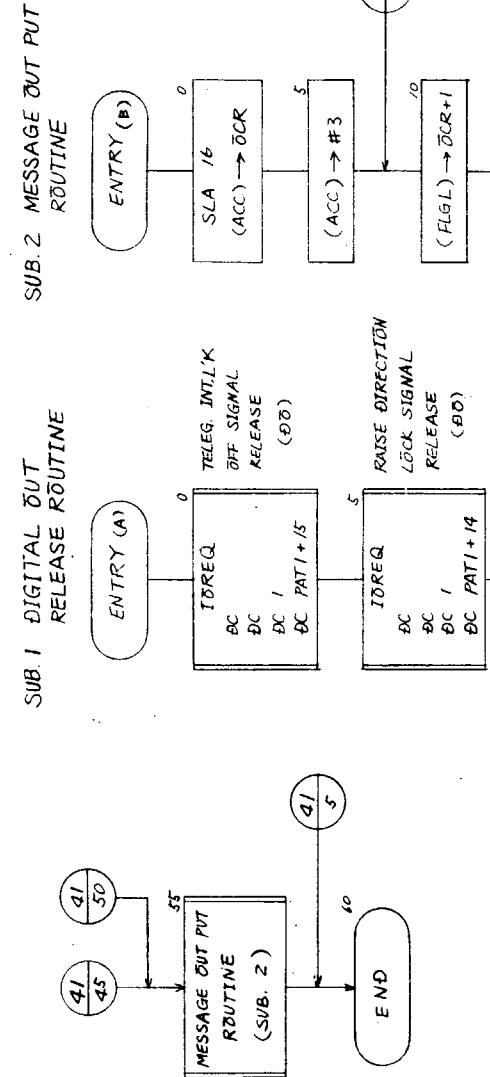


プログラマー 日立造船
昭和 45 年 2 月 12 日

題目 SR 106 ターピンプラント分科会

整理番号

(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

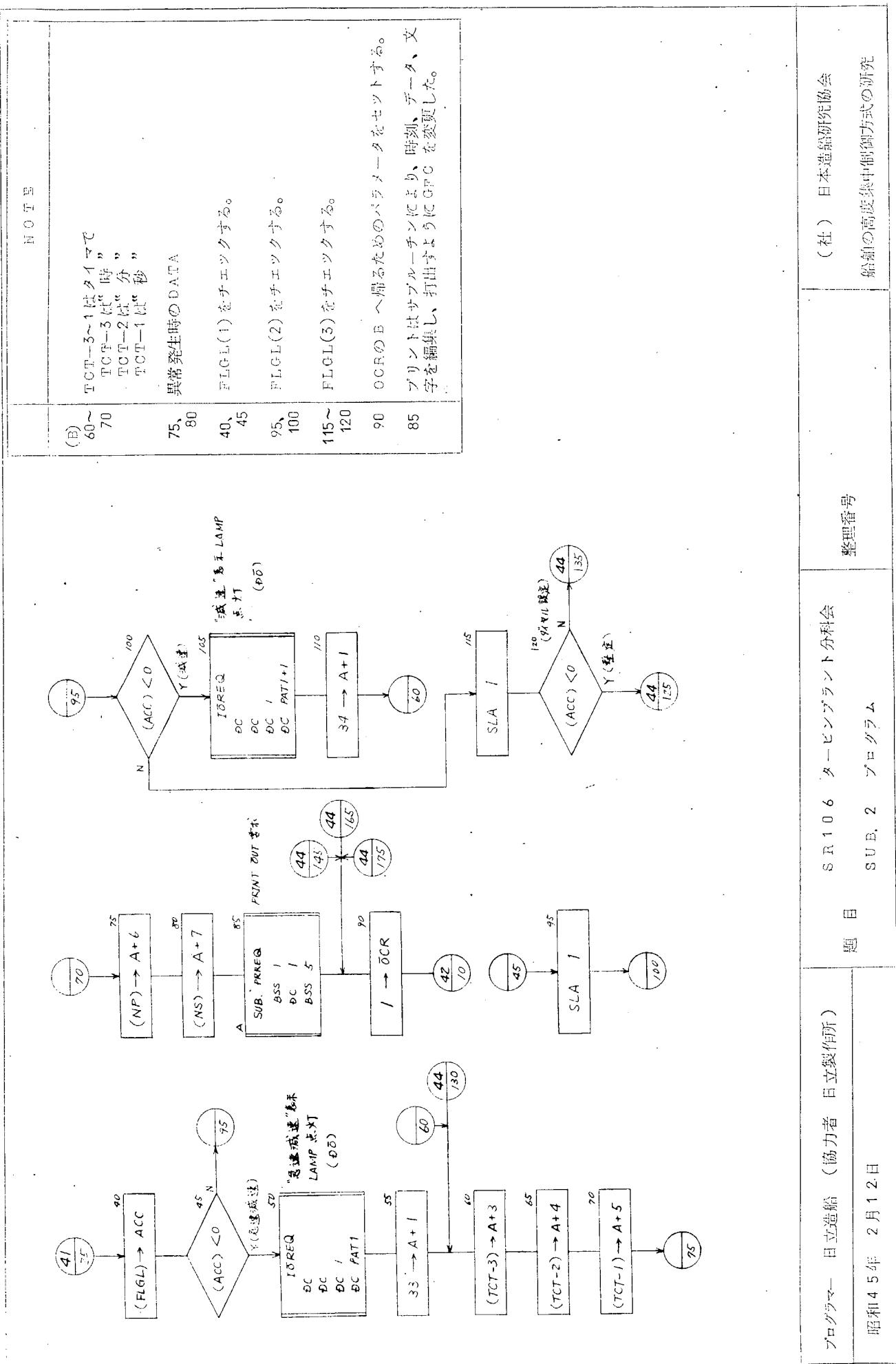


NOTE	
(B)	⑤ #3はINDEX REGISTER #3を表す。 0~15 SUB DCR (OUT PUT CHECK RCV LINE) のパラメータを設定する。

SR 106 タービンプラント分科会
題目 主タービン減速制御・SUB 1・SUB 2 プログラム

整理番号
船舶の高密度集中制御方式の研究

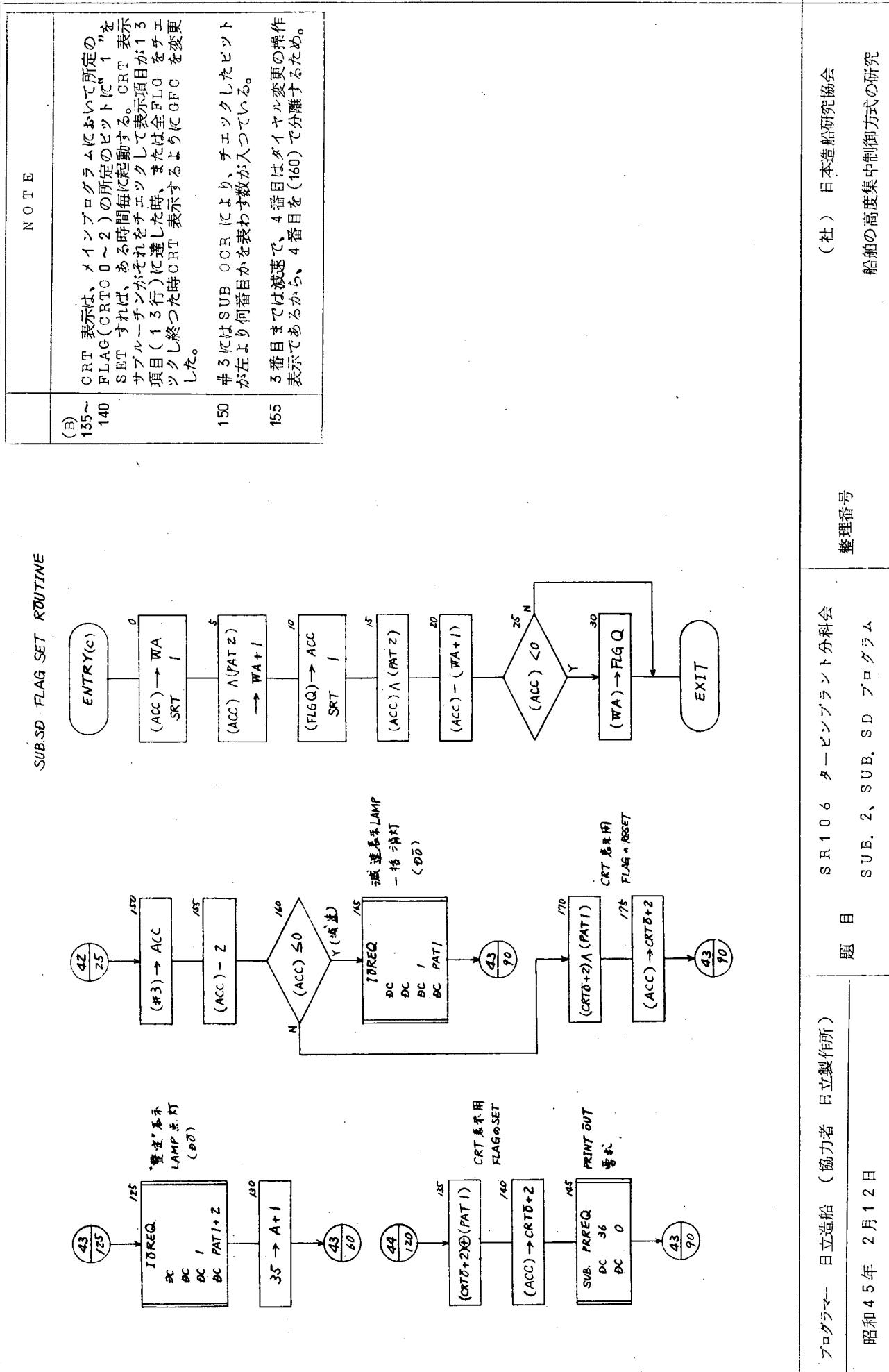
(社) 日本造船研究協会
船舶の高密度集中制御方式の研究



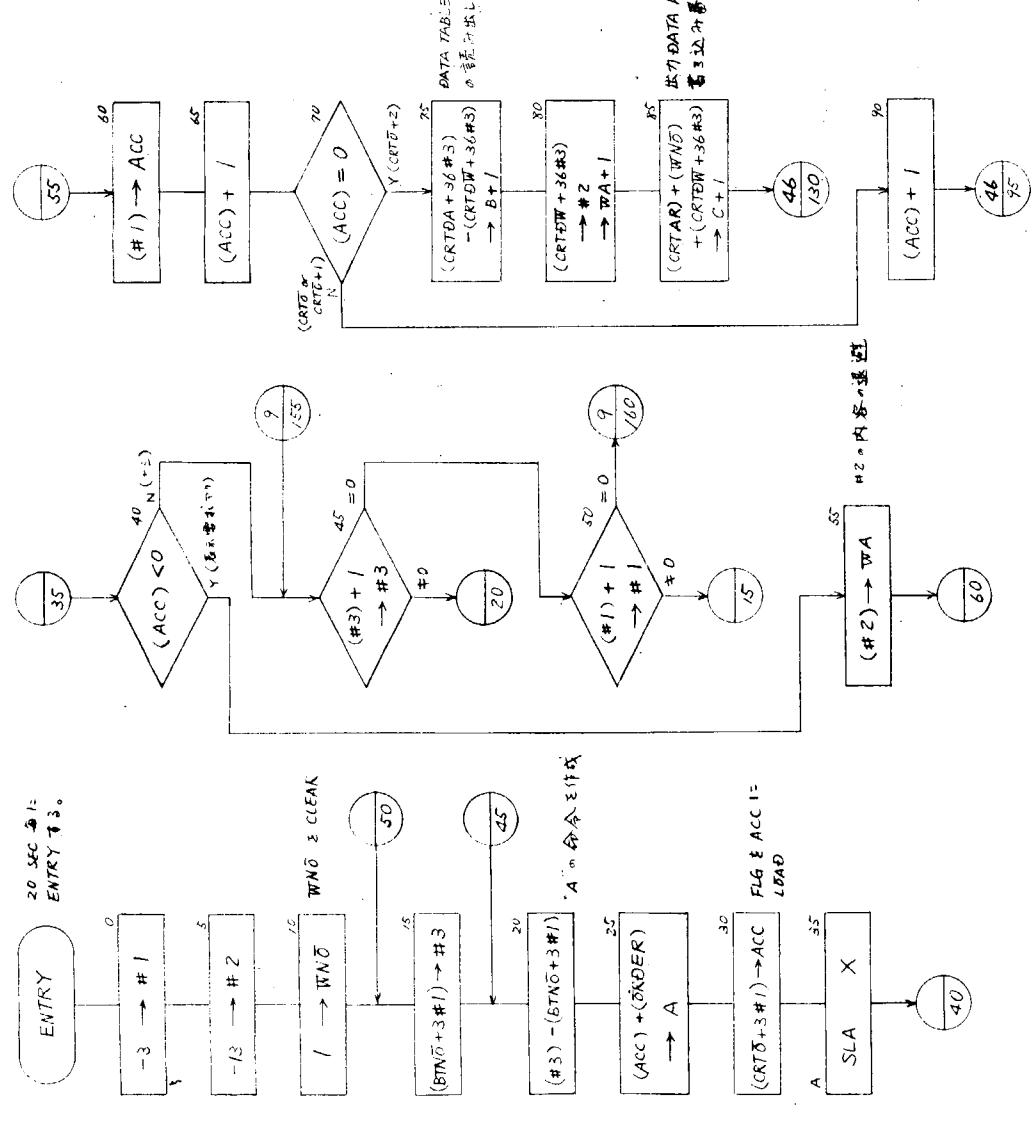
(社) 日本造船研究協会
船舶の高度集中制御方式の研究

整理番号
S R 106 タービンプラント分科会
題目
SUB. 2 プログラム
昭和45年 2月12日

プログラム 日立造船 (協力者 日立製作所)
昭和45年 2月12日



CRT DISPLAY' ROUTINE



NOTE

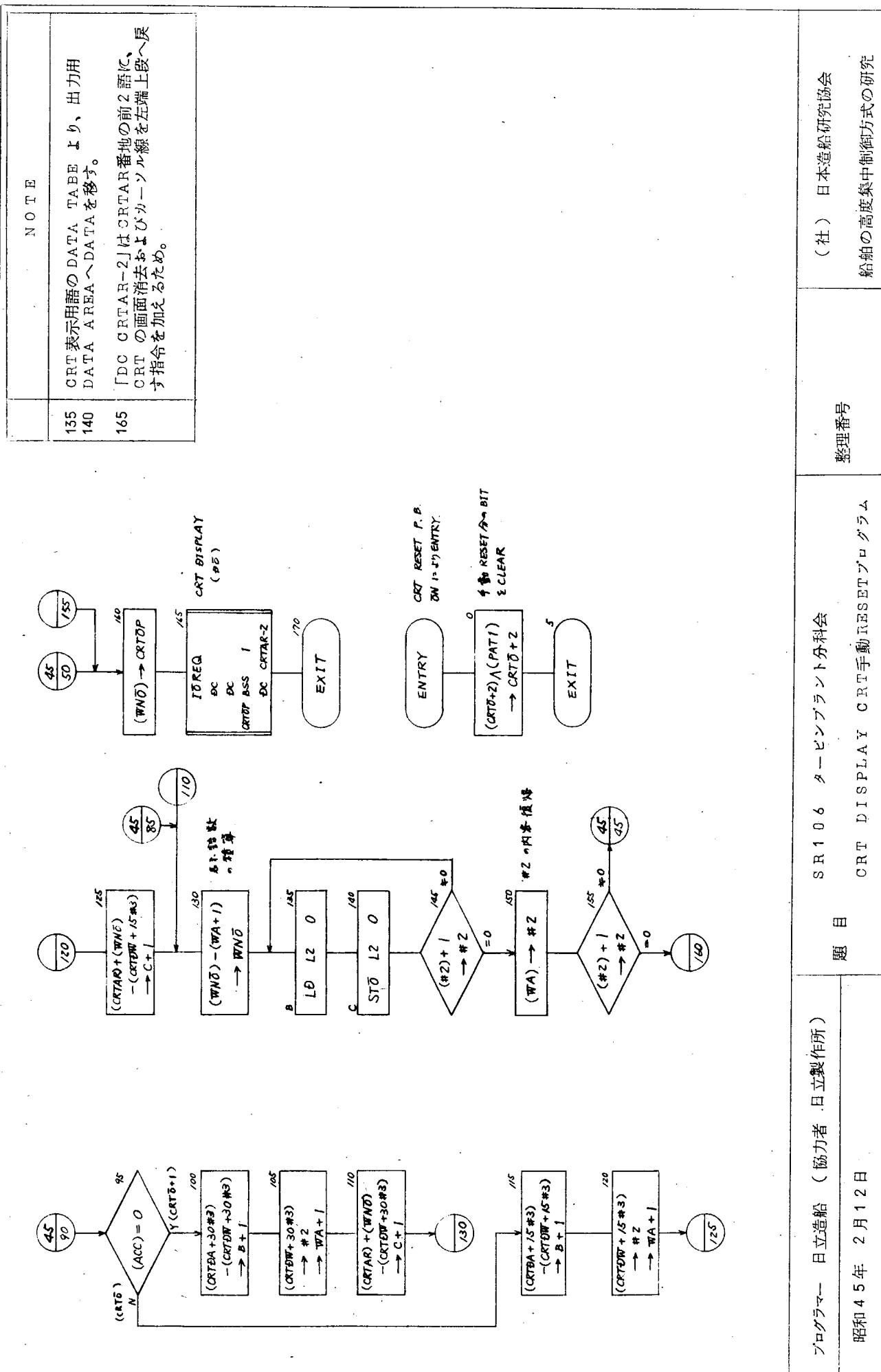
- SUB. 3 は 20 SEC 毎にENTRY して、CRT の表示項目を書き換える。併つて、表示文字は 20 SEC の間維持される。また表示可能行数に限りがあるため、それ以上の表示要求があつても無視される。本プログラムを用いる時は“0”の常にタイマープログラムを挿入すること。
- 0 #1 は FLAG を指定する。
0 #2 行表示する行数を計数する。
- 10 WIN ASCII CORO による CRTへの出力語数のトータルを示す。
- 15 BTNO+0 ~ +2 は FLAG で使用されるビット数を示す。（負数で表示）
- 20 ~ 25 ORDER には「SLA 0」が入れてあり、20との和を取ればチエクナビットを左端へshiftする命令が作成される。
- 75 CRTDA は DATA ADDRESS TABLE (表1参照) の先頭番地を示す。
CRTDW (DATA WORD ADDRESS TABLE (表1参照)) の先頭番地を示す。
- 80 #2 個 DATA の語数を示す。
- 85 CRTAR は CRT へ出力するため確保するメモリアの先頭番地を示す。

(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

SR 106 タービンプラント分科会
題目
CRT DISPLAY ROUTINE プログラム

プログラマー 日立造船（協力者 日立製作所）
昭和 45 年 2 月 12 日



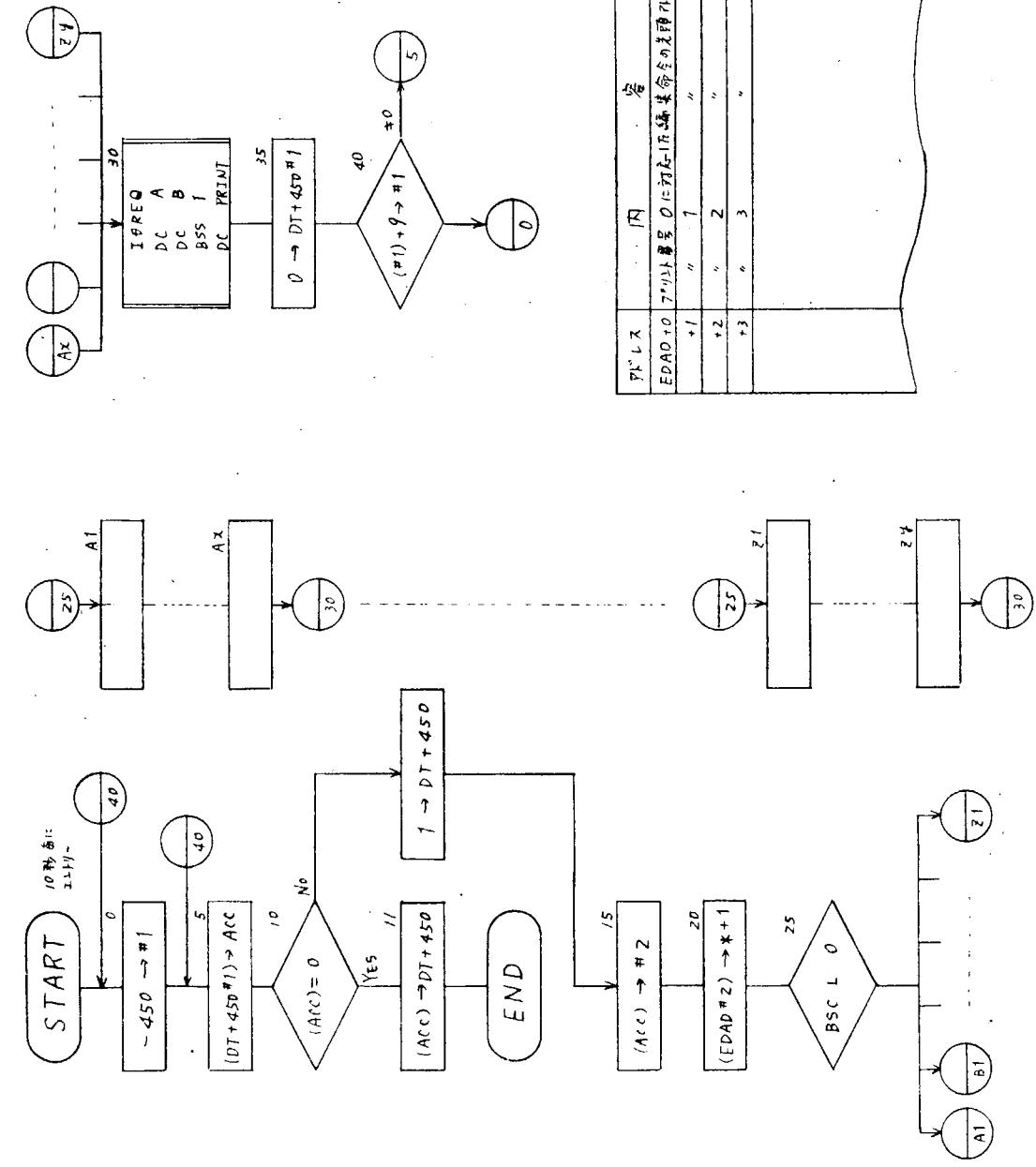
記号	備考
0~5	プリント用テーブルは全部空いているか テーブルの先頭 (DT+0) が負か
10~15	(DT+0) が負でない場合、次に負となつている箇所を探す。 #1はテーブル内のプリント番号の入つているアドレス決定のために使肩してい。アドレス決定。
20~35	(DT+0) が負の場合、次の負となつている箇所を探す。 #1はテーブル内のプリント番号の入つているアドレス決定のために使肩してい。
40~55	(DT+0) が負の場合、次の負でない箇所を探す。 現在調べた箇所が (DT+441) の場合
60	(DT+0) が負でテーブルの途中から途中まで使用されている場合、その次の負の箇所を探す。
65~75	このステップの階層ではブリント項目をテーブルにて格納する先頭番地が #1 に入つていてる。
85	テーブルに格納すべき項目をメインルーチンよりデーターブルに転送する。
85~105	

題目 S R 106 タービンプラント分科会
プリント要求サブルーチン
昭和45年2月14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

記号	備考																				
115	<p>テープルが全て使用されていて新たに格納できない場合、その処理を決定するプログラムをCallする。</p> <table border="1"> <tr> <td>メインルーチン</td> <td>BSI L PRREQ</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC プリント番号</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC リボンの種数</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC 時</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC 分</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC 秒</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC データ</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC "</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC "</td> </tr> <tr> <td></td><td>DC "</td> </tr> </table>	メインルーチン	BSI L PRREQ		DC プリント番号		DC リボンの種数		DC 時		DC 分		DC 秒		DC データ		DC "		DC "		DC "
メインルーチン	BSI L PRREQ																				
	DC プリント番号																				
	DC リボンの種数																				
	DC 時																				
	DC 分																				
	DC 秒																				
	DC データ																				
	DC "																				
	DC "																				
	DC "																				
	<p>(#1) +1 → #1</p> <p>105</p> <p>(#2)+2 → #2</p> <p>47,90</p> <p>15</p> <p>110</p> <p>RETURN</p> <p>47,35</p> <p>QUEUE ALARM</p> <p>110</p>																				
	<p>アリント番号：プリントすべき項目を示す（アリント終了時またはアリント終了時）</p> <p>リボン番号：プリントすべき項目の指定（重複発生…井、復帰…罫）</p> <p>SR 106 ターピンプラント分科会 整理番号 プリント要求サブルーチン</p> <p>（社）日本造船研究協会 船舶の高度集中制御方式の研究</p>																				



記号	備考
5	プリント要目格納テーブル(96頁)のプリント番号をACCに入れる。
15	プリント番号をACCに入れる。
20	EDADは各プリント番号に対応した編集を行なり命令の入つている先頭アドレス
25	プリント番号によつて、それに対応した編集を行うために所定の番地へシャンプする。
30	PRINT番地以降のデータをタイプライタに送つてプリントを開始する。 A: 転送方式、DVA B: プロセス・コントロール・ワード
35	テーブルのプリント番号を0にする。

プログラマー	日立造船 (協力者 日立製作所)	SR106 タービンプラント分科会	(社) 日本造船研究協会
昭和45年 2月14日	題目	プリント実行プログラム	船頭の高度集中制御方式の研究 整理番号

フラグ割付

ビット位置 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

前回のフラグは今回のワードに入れるものとする。

フラグ名	ビット位置	内 容	フラグ名	ビット位置	内 容	
FLGV1	0	HPT 振動非常に大	FLGV5	1 2	HPT 温度差の傾向注意	
	1	LPT " "		1 3	" ① "	
	2	HPT 振動あり		1 4	LPT ② "	
	3	LPT "		1 5	" ③ "	
FLGV2	0	G/T 振動非常に大	FLGV6	0	HPT 热伸び差非常に大	
	1	FWP(№1) "		1	LPT " "	
	2	FWP(№2) "		2	HPT 热伸び差あり	
	3	G/T 振動あり		3	LPT " "	
	4	FWP(№1) "		4	HPT 热伸び差の傾向非常に大	
	5	FWP(№2) "		5	LPT " "	
FLGV4	0	HPT ④ 热变形非常に大		6	HPT 热伸び差の傾向注意	
	1	" ⑤ "		7	LPT " "	
	2	LPT ⑥ "		7	HPT CASING 热应力非常に大	
	3	" ⑦ "		1	" FLANGE " "	
	4	HPT ⑧ 热变形あり		2	" CASING 热应力あり	
	5	" ⑨ "		3	" FLANGE " "	
	6	LPT ⑩ "		4	" CASING 热应力傾向非常に大	
	7	" ⑪ "		5	" FLANGE " "	
	8	HPT ⑫ 温度差の傾向非常に大		6	" CASING 热应力傾向注意	
	9	" ⑬ "		7	" FLANGE " "	
	10	LPT ⑭ "		7	録音器 №1 録音中	
	11	" ⑮ "		1	" №2 "	
	12	HPT ⑯ 温度差の傾向注意		2	" №1 起動可能	
	13	" ⑰ "		3	" №2 "	
	14	LPT ⑱ "		FLGV8	0 後進ターピン異常加熱	
	15	" ⑲ "		1	" 傾向あり	
FLGV5	0	HPT ④ 热变形非常に大	FLGVA	0 CARRY OVER 压力変化大	+9	
	1	" ⑤ "		1	" 温度変化大	+10
	2	LPT ⑥ "		2	" プライミング	+11
	3	" ⑦ "	FLGAQ	0 急速減速	+12	
	4	HPT ⑧ 热变形あり	FLGFQ	1 減速	+13	
	5	" ⑨ "	FLGQ	2 整定	+14	
	6	LPT ⑩ "	FLGL	0 急速減速	+15	
	7	" ⑪ "		1 整定	F F B F	
	8	HPT ⑫ 温度差の傾向非常に大		2	F F D P	
	9	" ⑬ "		3	F F E F	
	10	LPT ⑭ "			F F F 7	
	11	" ⑮ "			F F F B	

(表1)

フリグ、ビットに対する表示内容

DATA ADDRESS TABLE

DATA WORD NO. TABLE

ログ名	ビット	表示内容	内容	ラベル	備考	地
CRTD0 + 0	0	HP TURBINE ROTER UNBALANCE	DO	CRTDT	+ 0	
	1	LP TURBINE	DO	CRTDT	+ 1	-27
	2	GE TURBINE	DO	CRTDT	+ 2	-27
	3	FWP (K1)	DC	CRTDT	+ 3	-27
	4	FWP (K2)	DO	CRTDT	+ 4	-26
	5	HP TURBINE OIL WHIP	WHIP	CRTDT	+ 5	-26
	6	LP TURBINE	DO	CRTDT	+ 6	-20
	7	GE TURBINE	DO	CRTDT	+ 7	-20
	8	FWP (K1)	DO	CRTDT	+ 8	-20
	9	FWP (K2)	DO	CRTDT	+ 9	-19
	10	HP TURBINE PROPELLER 1ST	DO	CRTDT	+ 10	-19
	11	LP TURBINE	DO	CRTDT	+ 11	-19
	12	GE TURBINE	DC	CRTDT	+ 12	-19
	13	FWP (K1)	DO	CRTDT	+ 13	-19
	14	FWP (K2)	DO	CRTDT	+ 14	-19
	0	HP TURBINE PROPELLER 2ND	DO	CRTDT	+ 15	-19
	1	LP TURBINE	DO	CRTDT	+ 16	-19
	2	GE TURBINE	DO	CRTDT	+ 17	-19
	3	FWP (K1)	DO	CRTDT	+ 18	-19
	4	FWP (K2)	DO	CRTDT	+ 19	-19
	5	HP TURBINE CLEARANCE	DO	CRTDT	+ 20	-19
	6	LP TURBINE	DO	CRTDT	+ 21	-19
	7	HP TURBINE HOGGING	DO	CRTDT	+ 22	-19
	8	DO RIGHT	DO	CRTDT	+ 23	-19
	9	LP TURBINE HOGGING	DO	CRTDT	+ 24	-19
	10	DC RIGHT	DO	CRTDT	+ 25	-19
	11	HP TURBINE SAGGING	DO	CRTDT	+ 26	-19
	12	DO LEFT	DO	CRTDT	+ 27	-19
	13	LP TURBINE SAGGING	DO	CRTDT	+ 28	-19
	14	DO LEFT	DO	CRTDT	+ 29	-19
	0	OPERATE:DIAL SET = SHAFT REV	REV	CRTDT	+ 30	-19
CRTD0 + 2	1	FWP (K1) TRIP	TRIP	CRTDT	+ 51	-15
	2	FWP (K2) TRIP	TRIP	CRTDT	+ 52	-15
	3	S/E FWP START	START	CRTDT	+ 53	-15
	4	FWP (K1) GOV SET CHANGE TO	GOV	CRTDT	+ 54	-14
	5	FWP (K2) DO	DO	CRTDT	+ 55	-14

注) CRTD0 + 2 (1~5)は手動リセット

ラベル	数	語	ラベル	DATA
CRTDT+ 0	0	H	CRTDT+ 0	H
	+ 1	P		P
	+ 2	SP (SPACE印字)		SP (SPACE印字)
	+ 3	T		T
	+ 4	U		U
	+ 5	E		E
	+ 6	B		B
	+ 7	I		I
	+ 8	N		N
	+ 9	E		E
	+ 10	S P		S P
	+ 11	R		R
	+ 12	O		O
	+ 13	R		R
	+ 14	T		T
	+ 15	R		R
	+ 16	S P		S P
	+ 17	U		U
	+ 18	M		M
	+ 19	D		D
	+ 20	A		A
	+ 21	L		L
	+ 22	A		A
	+ 23	N		N
	+ 24	C		C
	+ 25	E		E
	+ 26	V T (カーネルを終行)		V T (カーネルを終行)
	+ 795			

ブリント番号	0	時:分:秒	N P=○○○ rpm.	HP. TURBINE	VIBRATION	N =○○○ rpm.	B =○○○ μ	F =○○○○ rpm.
異常振動	1	"	"	L.P. TURBINE	"	"	"	"
	2	"	"	GE. TURBINE	"	"	"	"
	3	"	"	FWP. (K.1)	"	"	"	"
	4	"	"	FWP. (K.2)	"	"	"	"
熱変形	5	"	"	HP. TURBINE	HOGGING	D T =○○○ τ	T1 =○○○ τ	T5 =○○○ τ
	6	"	"	"	RIGHT	"	T2 = "	T6 = "
	7	"	"	L.P. TURBINE	HOGGING	"	T3 = "	T7 = "
	8	"	"	"	RIGHT	"	T4 = "	T8 = "
	9	"	"	HP. TURBINE	HOGGING	D DT=○○○ τ	D T = "	D TO= "
	10	"	"	"	RIGHT	"	"	"
	11	"	"	L.P. TURBINE	HOGGING	"	"	"
	12	"	"	"	RIGHT	"	"	"
	13	"	"	HP. TURBINE	SAGGING	D T =○○○ τ	T1 =○○○ τ	T5 =○○○ τ
	14	"	"	"	LEFT	"	T2 = "	T6 = "
	15	"	"	L.P. TURBINE	SGAGING	"	T3 = "	T7 = "
	16	"	"	"	LEFT	"	T4 = "	T8 = "
	17	"	"	HP. TURBINE	SGAGING	D DT=○○○ τ	D T = "	D TO= "
	18	"	"	"	LEFT	"	"	"
	19	"	"	L.P. TURBINE	SGAGING	"	"	"
	20	"	"	"	LEFT	"	"	"
熱伸び差	21	"	"	HP. TURBINE	CLEARANCE	L =○.○mm		
	22	"	"	"	"	D L = "	L =○.○mm	
	23	"	"	L.P. TURBINE	"	L = "		
	24	"	"	"	"	DL = "	L =○.○mm	
熱応力	25	"	"	HPT. CASING	THEM STRESS	D T =○○○ τ	T2 =○○○ τ	T9 =○○○ τ
	26	"	"	"	FLANGE	"	"	T10 = "
	27	"	"	"	CASING	"	D T = ○○○ τ	D TO= "
	28	"	"	"	FLANGE	"	"	"
後進タービン	29	"	"	AST. TURBINE	OVER HEAT	T =○○○ τ	T0 =○○○ τ	
	30	"	"	"	"	DT = "	T = "	
ボイラ CARRY OVER	31	"	"	CARRY OVER	PRESS	P B =○○ K	P BO=○○ K	
	32	"	"	"	"	T B =○○○ τ	T BO=○○○ τ	
OVER	33	"	"	"	PRIMING	P B =○○ K	T B =○○○ τ	

アナログ入力

序 系 號	検出項目	検出器形式	換出器出力	読み込み用		DV_A	端末アドレス	記憶エリア	備 考
				DV_A	時間				
主機異常振動	プロペラ回転数 高圧タービン振巾 低圧タービン# 高圧タービン振動数 低圧タービン#	回転計 軸振動計 # # #	-2~3V 0~50mV # 0~500mV #	-80~120 rpm 0~500μ # 0~50000pm #	/14 # # # #	/00 /04 /05 /09 /0A	5sec # # # #	NP B B+1 B B+1	他のプログラムでも 使用
補機異常振動	O/P FWP(系1) FWP(系2) O/P FWP(系1) FWP(系2) O/P FWP(系1) FWP(系2)	回転計 # # # # # # # #	0~5V # # # # # # # #	0~2000 rpm 0~10000 # # # # # # #	/14 # # # # # # # #	/01 /02 /03 /06 /07 /08 /0B /0D	10sec # # # # # # # #	NG NG+1 NG+2 B B+1 B+2 P P+1 P+2	熱応力検知プログラム でも使用
熱電対 温度計	高圧タービン車室上部 右部 下部 左部 低圧タービン車室上部 右部 下部 左部 高圧タービン伸び差 低圧タービン#	熱電対 温度計 # # # # # # # # 伸び差形 #	0~30mV # # # # # # # #	0~500c # # # # # # # #	/14 # # # # # # # #	/10 /11 /12 /13 /16 /17 /18 /19	60sec # # # # # # # #	T+1 T+4 T+5 T+2 T+3 T+6 T+7	熱応力検知プログラム でも使用
熱電 変形	1 2 3 4 5 6 7 8	高圧タービン車室内部 熱電対 温度計 # # # # # # # #	0~30mV # # # # # # # #	0~500c # # # # # # # #	/14 /14 /14 /14 /14 /14 /14 /14	/14 /14 /14 /14 /14 /14 /14 /14	60sec # # # # # # # #	L+1 # # # # # # # #	
熱能 力	1 2	高圧タービン車室内部 熱電対 温度計 # #	0~30mV #	0~500c #	/14 #	/14 /15	60sec #	T+8 T+9	
後 進 速	1	後進タービン車室温度 示イ拉斯出入口压力 温度	0~30mV 0~30mV	0~500c 0~70kg/cm ²	/14 /14	/1A /0E	60sec 5sec	T+10 PB	
示イラ ス カバ オーバ ル	1 2	示イ拉斯出入口压力 温度	0~30mV 0~30mV	0~600c #	/0F	#	#	TB	

アナログ入力

系統	検出項目	検出器形式	検出器出力	読み込み範囲	DVA	端末アドレス	スキヤニシング時間	記憶エリアのアドレス	備考
主機減速	1 DIAL設定値			/14	/1D		5 sec		

アナログ出力

系統	操作項目	操作端形式	出力	DVA	端末アドレス
主機減速	1 主機急速減速 2 主機減速				

デジタル入力

端アドレス	ビット位置	検出項目	端アドレス	ビット位置	操作項目
/00	0	録音器(#1)起動可能 # (#2) "	/00	0	1 ランプ点灯(主機振動)

デジタル出力

端アドレス	ビット位置	操作項目	端アドレス	ビット位置	操作項目
/00	0	1 ランプ点灯(主機振動)	/00	12	1 ランプ点灯(主機熱応力)
	1	2 " (O/T 振動)		13	2 " (後進タービン異常加熱)
	2	3 " (O/T 振動)		14	3 " (CARRY OVER)
	3			15	4 " (ランプ点灯(録音器#1録音終了))
	4		/01	0	5 " (録音器#1起動)
	5			1	6 " (録音中)
	6			2	7 " (録音器#2録音終了)
	7			3	8 " (録音中)
	8			4	9 " (録音器#1起動)
	9			5	10 " (録音中)
	10			6	11 " (車室ロータ間(申))
	11			7	TELEG INT LOCK
				8	OVER RIDE ON

デジタル出力

端アドレス	ビット位置	操作項目	端アドレス	ビット位置	操作項目
/00	0	1 ランプ点灯(主機熱応力)	/00	12	1 ランプ点灯(主機熱応力)
	1	2 " (録音中)		13	2 " (録音中)
	2	3 " (録音終了)		14	4 " (録音器#1起動)
	3	4 " (録音中)		15	5 " (録音中)
	4	5 " (録音終了)		0	6 " (主機整定)
	5	6 " (録音中)		1	7 " (TELEGRAPH INT LOCK)
	6	7 " (録音終了)		2	8 " (OVER RIDE ON)
	7	8 " (録音中)		3	
	8	9 " (録音終了)		4	
	9	10 " (録音中)		5	
	10	11 " (録音終了)		6	
	11			7	

デ イ ジ ィ ル 出 力

DVA /16

端末アドレス	ビット位置	操 作 項 目
✓0 2	0	} ランプ消灯(主機振動)
	1	
	2	} ◊ (G/T 振動)
	3	
	4	} ◊ (FWP・M.1 振動)
	5	
	6	} ◊ (FWP・M.2 振動)
	7	
	8	} ◊ (主機熱変形)
	9	
	10	} ◊ (車室ロータ間伸び差)
	11	
	12	} ◊ (主機熱応力)
	13	
	14	◊ (後進タービン異常加熱)
	15	◊ (CARRY OVER)

デ イ ジ ィ ル 出 力

DVA /16

端末アドレス	ビット位置	操 作 項 目
✓0 3	0	ランプ消灯(録音器M.1録音終了)
	1	◊ (◊ 録音中)
	2	◊ (録音器M.2録音終了)
	3	◊ (◊ 録音中)
	4	録音器M.1停止
	5	◊ M.2 ◊

1.6 電算機要求仕様の検討

本分科会で定めた電算機の適用範囲に対してあらかじめ想定した電算機の概略仕様を 1.3 に示した。

個々の適用項目に対してゼネラルフローチャートを、さらに部分的ではあるがディテイルドフローチャートを作成した結果、入出力数、記憶容量などの電算機に要求される具備条件がいつそ明らかになつたので概略仕様の見直しをかねて要求仕様の検討を行なつた。

1.6.1. システムの構成

電算機システムの構成図を第 1.6.1 図に示す。

1.6.2 各構成機器仕様の検討

(1) 中央演算処理装置 (CPU)

電算機システムの中心となる中央演算処理装置の要目決定に関しては、次の二通りのアプローチの方法があろう。

- 1) 電算機の適用範囲から要求される機能のみを満足する専用電算機を考えて要目を決定する方法
- 2) 電算機の適用範囲から要求される機能を満足するような既存の制御用電算機を想定する方法

前者はごく小規模のシステムに対しては合理的のようにも思えるが、本分科会の取り上げたタービンプラントのごとく大規模のシステムに対しては現実的な方法ではないように思われる。

実際にディテイルドフローチャートを作成する場合、各社共通のサブルーチンを使用するようとしても、対象とする電算機の機能を考慮せずに書き得なかつたものがかなりある点を考えるとあるいは、対象とする電算機に合うようにフローチャートを作成することが、一般的な方法であるとすれば後者の方法をとらざるを得ないであろう。

以上の観点から実際に作業に当つた 4 社が各自想定し、あるいは対象とした電算機の機種についてその要目を第 1.6.1 表に示す。

また、主メモリ、ランダムアクセスメモリを決める目安として算出した主タービン異常振動および原因探求、プログラムに対する語数、所要時間を第 1.6.2 表に示す。

主タービン異常検知および原因探求プログラムは各グループが想定した電算機の特色を生かしてディテイルドフローチャートを作成したため、所要メモリ、所要時間はまちまちであるが、これは下記に示すごとく各グループが自由な立場で仮定または条件を付けて算出した結果である。

(i) A グループ

- ① データの読み込みは各プログラムの最初に行なう。
- ② CRT 表示およびプリントアウトは別プログラムで行なう。
- ③ CRT DISPLAY ROUTINE および PRINT 要求サブルーチンの所要メモリにはテーブルを含む。
- ④ 各プログラムには、データの読み込み時間を含む。

(ii) B グループ

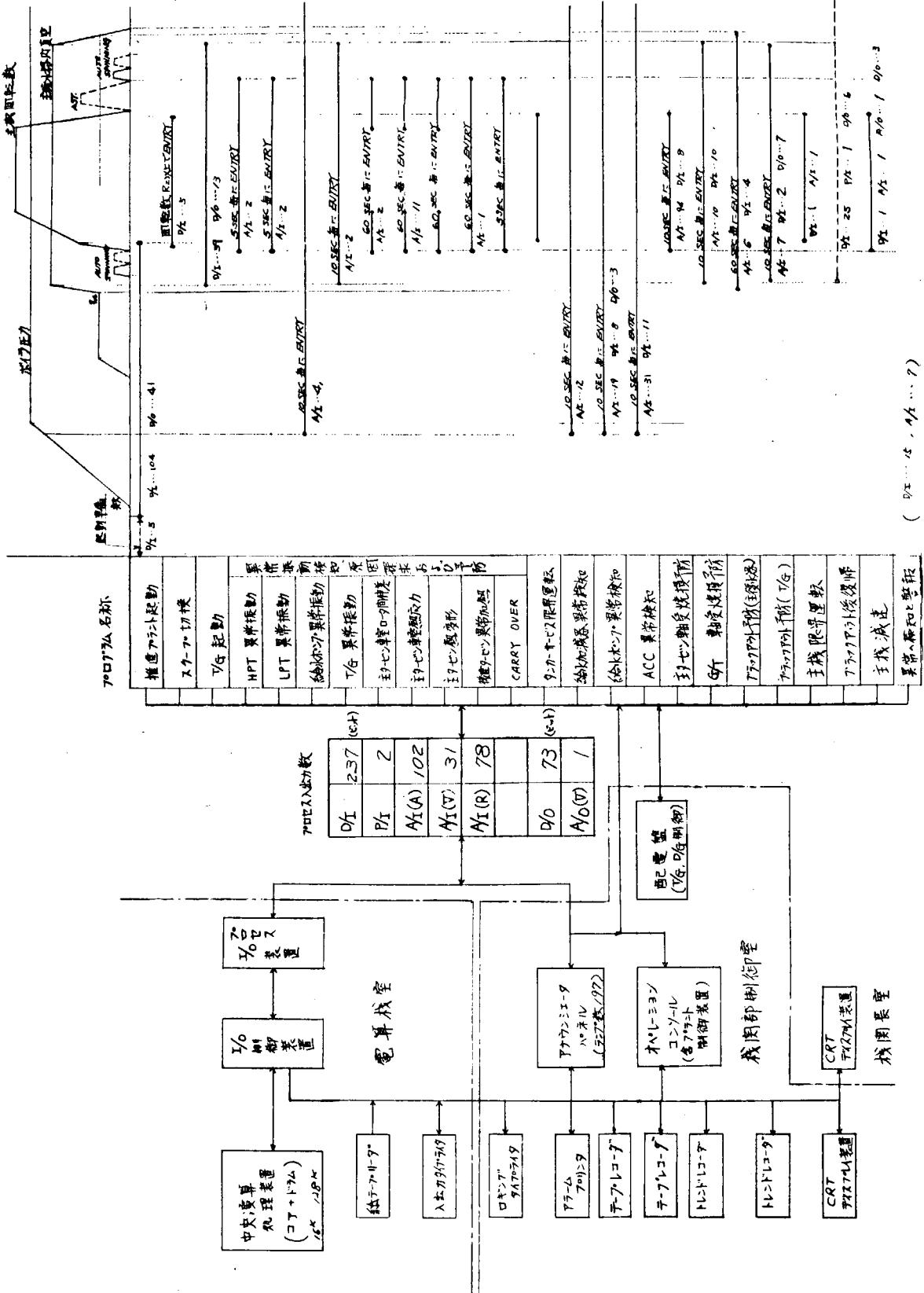
- ① プログラムの所要メモリ、所要時間には CRT 表示プログラムプリントアウトプログラムを含まない。データの読み込みは含む。

(iii) C グループ

- ① CRT 表示、プリントアウト、A/C、D/O などの出力は、各プログラムでは出力要請のみを行ない別プログラム（スーパバイザ）によりそれを実行する。
- ② TIME DELAY、転送完了待の要請時間を含む。

(iv) D グループ

- ① 各プログラムの所要時間は主メモリにロードされ、コントロールが移されてからの所要時間として算出する。
- ② データの読み込みは別プログラムで行なわれており、データメモリは主メモリにあるものとする。
- ③ 浮動小数点演算はサブルーチンによるものとする。



第1.6.1図 電算機システムの構成図

第1.6.1表 中央演算処理装置要目

要 目	グループ名	A	B	C	D	備 考
対象機種名称	HIDIC 100	TOSBAC-3000	MELCOM350-5	FACCM270-20		
主メモリ	磁気コア 2～⑯ K語 2 μ S なし	磁気コア 4、8、⑯ K語 1.8 μ S 1 K語単位指定レジスタ使用	磁気コア 2、4、8、12、⑯ K語 2.5 μ S 有	磁気コア 4、8、⑯ 32 K語 2.4 μ SEC 有	磁気コア 4、8、⑯ 32 K語 2.4 μ SEC 有	○印はタービンプロント適用範用
メモリの種類						
メモリの容量						
サイクルタイム						
メモリの保護						
演算素子						
ビット形式	16+1(パリティ) 16ビット、32ビット 16種(基本命令)	16+1(パリティ) 16ビット 16種(基本命令)	IC 16+1(パリティ) 16ビット 16種(基本命令)	IC 16+1(パリティ) 16ビット 27種(基本命令)	IC 16+1(パリティ) 16ビット 16種(基本命令)	デイスクリート 16+1(パリティ)+1 (メモリプロテクト) 16ビット 28種(基本命令)
語 長						
命 令 数						
間接アドレス	有	有	有	有	有	
インデックスレジスタ数	3	1 3.6 μ S 16.5 μ S	1 3.6 μ S 16.5 μ S	1 3.6 μ S 19.0～70.0 μ S(ソフト) 27.1～110.0 μ S(ソフト)	1 3.6 μ S 15.0～23.0 μ S(ハード) 15.0～23.0 μ S(ハード)	1 3.6 μ S 4.8 μ SEC 20.4～24.0 μ SEC(ハード) 3.9.0～39.6 μ SEC(ハード)
演算速度 加算						
減算						
乗算						
除算						
ランダムアクセスメモリ						
種 類	磁気ドラム	磁気ドラム	磁気ドラム	磁気ドラム	磁気ドラム	
容 量	32 K～64 K(最大128 K)	8～32 K(最大131 K)	8～32 K(最大512 K)	8～32 K(最大512 K)	12.8 K(最大512 K)	
ア クセス タ イ ム	10 mS	8.3 mS	1.67 mS	1.67 mS	2.0 mS	
制御機能	PMS(コア常駐1 K)	MONITOR-30	MONITOR-30	MONITOR-30	MONITOR-3	
モニタ	8レベル(1/0 2,プロセス用6)	最大16レベル(マスクF付)	最大16レベル(マスクF付)	41 レベル	41 レベル	
割込レベル						ハードウェアレベル 12 レベル
入出力チャンネル	プログラムコントロール方式 (ドラム、コア間の転送は、バ ストチャンネルにより行なう。)	データチャンネル 最大2チャンネル コントロール入出力 各最大16ユニット データチャンネル 最大16ユニット	データチャンネル 最大2チャンネル コントロール入出力 各最大16ユニット データチャンネル 最大16ユニット	3(他の周辺I/Oコントロール用 内蔵ドラムコントロール用の専用チャ ンネル有)		

第1.6.2表 主タービン異常振動検知および原因探求プログラムの所要メモリおよび所要時間

プログラム名	A			B			C			D			備考
	所要メモリ(MIN)	所要時間(秒)	所要時間(MAX)										
主機異常検知プログラム	288W	65ms	126ms	270W	100ms	150ms	366W	4.5ms	27ms	156W	82ms	238ms	
音終了プログラム1	24	75	75							20	1.2	1.2	
音終了確認プログラム1	163	0.532	14.2	120	2	5				10	0.5	0.5	
振動解析サブルーチン	15									140	2.1	5.8	
主機応答フラグセットサブルーチン	291	113	174	230	100	150	402	3.6	25	50	2.2	22	
補機異常振動検知プログラム	24	75	75							20	1.2	2.2	
音終了プログラム2	370	87	150	350	100	200	524	10	24	314	3.0	3.6	
音終了確認プログラム2	263	22	77	190	50	100	295	4.7	19	136	8.6	19.4	
主機熱変形検知プログラム	287	27	82	210	50	100	293	52	14.5	204	8.2	27.3	
主機車室ロータ開閉検知プログラム	168	11	65	130	50	80	151	3.3	11	94	4.2	10.3	
主機熱応力検知プログラム	192	21	75	120	50	80	164	0.6	7.8	65	5.0	8.7	
後進タービン異常加熱検知プログラム	A 24			160	150	200				29	4.8	4.8	
CARRY OVERRIDE 検知プログラム	B100						326	0.8	308	105	7.2	40.5	
主機減速制御プログラム(OVERRIDE SW ON)	(渡速計算)									26	4.2	4.2	
(OVERRIDE SW OFF)	21												
(BSET 押鉤)	25									38	0.8	42	
OUTPUT RELEASE ROUTINE										17	1.5	1.5	
OUTPUT CHECK ROUTINE													
SET BIT CHECK ROUTINE													
ERROR COMPARE ROUTINE													
ALARM OUTPUT ROUTINE													
SUB ROUTINE 1	21	0.108	0.190										
SUB ROUTINE 2	106	0.056	0.056										
CRT DISPLAY ROUTINE	1332	5.2	5100										
CRT RESET ROUTINE	5	0.068	0.068										
PRINT要求サブルーチン	500	0.879	2.8										
ドライババイザ													3.500

(a) 主メモリの容量について

主メモリの容量を決定する場合、モニタ、システムサブルーチン、データメモリおよびロードされるプログラムの大きさを考慮する必要がある。逆に主メモリの容量が制限されれば、これらのメモリが制限されることになる。この意味では、更につっ込んだ検討がトータルシステムとして割込みレベル、優先順位 I/O 処理などに対してなされなければならない。

(b) ディテイルドフローチャートを作成した各プログラムの所要メモリ

前記の検討の手始めとして、また主メモリの容量決定の目安としてディテイルドフローチャートを作成した各プログラムの所要メモリを下記に示す。

なお、算出方法の違いによつて多少の変動はありうる。

(i) 異常振動検知	3 K語
(ii) T/G 起動	3.25 K
(iii) 軸受焼損予防	1.25 K
(iv) 主タービン限界運転	0.5 K
(v) ポイラ異常検知	0.5 K
(vi) 給水ポンプ異常検知	0.5 K
(vii) ブラックアウト予防	1.5 K
(viii) ブラックアウト復帰	1.75 K

(c) タービンプラントシステムのコア、ドラム容量の概略評価

上記の検討結果をもとにタービンプラントシステム全体として必要なメモリを D グループで概算した結果、つぎのとおりとなる。ただし、これらの所要メモリ数はディテイルドフローチャートの内容、各社の CPU の仕様によつて相当の違いはありうるがコアメモリとして 16 K ドラムメモリとして 128 K あれば、十分と考えられる。

(i) コアメモリ

モニタ	2 ~ 3 K
コア常駐プログラム	1 K
コア常駐サブルーチン	2 K
I/O バッファ	1 K
コア常駐データ領域	1 K
自由領域	8 ~ 9 K
計	15 ~ 17 K

(ii) ドラムメモリ

モニタ(管理テーブルを含む)	8 K
サブルーチン	6 K
システムプログラム	30 K (24 K)

()内は言語処理プログラム関係

アプリケーションプログラム	40 K
テーブル、その他	8 K
データファイル	8 K
計	100 K

(a) I/O の種類および個数

I/O の種類および個数を明らかにすることは、主メモリ、補助メモリはもとより、周辺機器の機能を定めるために重要である。

また、一般に計算機の容量および周辺機器などに対する制約はきびしいのが普通であるから、I/O の処理時間に関しても検討が必要である。

ゼネラルフローチャートを基準として作成した I/O リストにより、各プログラムに関する I/O の種類、個数をまとめ、INPUT に対してはスキヤニング間隔を考慮して、また OUTPUT に対しては表示、記録、および制御用出力に分類したものを第 1.6.3 表および第 1.6.4 表に示す。

さらに処理時間、各プログラムの優先順位、割込レベルなどの検討用タイムチャートを第 1.6.1 図に示す。

なお、これらの I/O 点数は本年度作業のフローチャートに関係するものを中心まとめたものであり、これでシステム全体をほぼカバーしているものと考えられるがプラント全体のアラーム項目を加えると多少増加することが予想される。(約 40 点)

第 1.6.3 表 プロセス入出力

スキャン間隔 入出力の種類	入出力数					
	5秒	10秒	30秒	60秒	随時	合計
接点入力(ビット) D/I	8	47	13	18	151	257
パルス入力 P/I	1	0	0	0	(300sec) 1	2
アナログ入力(電流) A/I (A)	2	87	3	5	5	102
アナログ入力(電圧) A/I (V)	7	10	2	1.2	0	51
アナログ入力(抵抗) A/I (R)	1	70	3	4	0	78
入力合計	19	214	21	39	157	450
接点出力(ビット) D/O						75
アナログ出力(電圧) A/O (V)						1

第 1.6.4 表 表示および記録

アラームランプ	189
状態表示ランプ	8
CRT デイスプレイ (FORMAT 数)	178
アラームプリンタ (含運転記録)	206
ロギングタイブライタ (項目数)	122
トレンドレコーダ	23

(2) 紙テープリーダ

紙テープリーダを 1 台設置する。後述のごとく万能入出力タイプライタ(テープリーダ、パンチヤ付)を設置するので兼用も考えられるが、読み込み速度が著しく遅く、船に搭載する前のシミュレーションテスト、搭載後のプログラムの入れ換えなどに不便であるので設けることとする。読み込み速度は既存のもので十分と考えられる。

ただし、紙テープせん孔装置は、船内での新規プログラムの作成などはめつたに行なわれないし、これを乗組員の

作業とすることはむずかしいなどの理由によりタービンプラントとしては設けないこととする。

(3) 万能入出力タイプライタ

万能入出力タイプライタを設ける。オンライン、オフラインで使用可能なテープリーダ、パンチヤは普通ついているものと考える。簡単なプログラムの修正、データの入れ換えを行なわせる。使用文字は数字、英文字および記号とする。

(4) ロギングタイプライタ

日報作成、専用のロギングタイプライタを設ける。内容については省略するが従来のデータロガの機能は備えているものとする。

(5) CRTディスプレイ装置（ブラウン管表示装置）

警報、指示用にCRTディスプレイ装置を2台設ける。表示文字は数字英文字および記号とする。表示内容、時間、消去時点については個々には検討を要する。なお、タービンプラントとしてはCRTキーボードによる入力は考えてない。

(6) アラームプリンタ

警報は一般にはCRTディスプレイまたはアナウンシエータによるが、記録を残す意味でアラームプリンタを設ける。赤黒2色のリボンを使用し異常発生時には赤色、復帰時および運転記録等は黒色にて印字する。またすべての記録には時刻を加えるようにする。

(7) トレンドレコーダ

異常発生時に電算機からの指令により、トレンドレコードする場合と監視用にオペレータコンソールからのリクエストによりトレンドレコードする場合に使用するために下記のものを装備する。

トレンドレコーダ 2台、入力点数各12点 計24点

(8) 異常振動解析装置

主機および補機の異常振動解析は別途電算機により直接行なつてあるが、さらに検討用として下記を装備する。

録音装置（テープレコーダ） 2台 5トラック

テープレコーダの使用方法は常時運転、および異常振動発生時運転の2方法が考えられる。前者の方法ではテープの寿命などに問題があり、また後者の方法はデータの妥当性に問題があり今後の検討を要する。また再生、振動解析装置は一応電算機と切離して考えている。

(9) アナウンシエータ

異常状態および原因探求結果の表示用にアナウンシエータパネルを1セット設ける。電算機からもアナログ計器からも表示可能とし、電算機停止時または異常時にはアナログ計器から表示を行なう。

(10) タイプライタの予備機

本分科会では、万能入出力タイプライタ、ロギングタイプライタ、アラームプリンタの3種類のタイプライタを考えている。電算機システムにおいて、可動部が多く、故障の起る可能性が最も大きいのが、これらのタイプライタである。したがつて予備機に対する考慮が必要である。

各タイプライタに対してそれぞれ、予備機を1台ずつ装備することも考えられるが、次のような方法も可能である。万能入出力タイプライタの予備機としてロギングタイプライタを使用する。ロギングタイプライタの予備機としてアラームプリンタを使用する。アラームプリンタの予備機として万能入出力タイプライタを使用する。

この場合、ロギングタイプライタに対しては一定の書き方（ログフォーム）が要求されるのが普通であり、上記のような使用方法を採用する場合は、工夫が必要である。

1.6.3. 信頼性および保守

電算機を船用に使用する場合、概略仕様で述べたごとく、かなり苛酷な条件および環境下に置かれる。保守、整備に

関しても、操作者の労力を軽減する意味で、またシステム構成図に示すように電算機の稼動範囲が航海中の全域にわたっている点を考えれば、航海中における操作者による電算機システムの保守などは期待できない。したがつて、構成機器および部品の信頼性を高めることはもちろん、ハード、ソフト両面について、冗長度をもたせ、チェック回路あるいはプログラムを設けるなどの自己保守あるいは自動保守を広範囲にわたつて、採用し、故障、予防および故障発生によるプラントの事故防止に万全を期さねばならない。

このことは、システムの末端である検出器、あるいは、オペレータコンソールについても同様である。

プラントにおける異常発生ひん度は少ないので異常検知用のスイッチ類は動作ひん度が少なく、しかも条件の悪い機関室に設けられるから特に信頼性の高いものが必要である。本プラントは制御室オペレータコンソールにて集中制御および監視を行なうよう計画しているので、各種の操作が誤りなくかつ、容易に行なえるよう、誤動作防止対策を加味して考慮する必要がある。

1.6.4. アナログバツクアツブ

タービンプラントシステムでは前述のごとく、アナウンシエータの表示は電算機からも在来のアナログ計器からも可能とする。電算機システムに何らかの異常が発生した場合には自動的にアナログバツクアツブに切換えるものとする。下記にその一例を示す。

- (1) 自己診断ルーチンによつてシステム全体に関連するエラーが検出された場合、プログラムからのON-OFF信号により切換える。
- (2) 電算機システムにウォッチドッグを設け、これがオーバフローした場合にシステムダウンとみなしアナログバツクアツブにハードウェア的に切換える。
- (3) システムへの電源断などによりソフトウェアの処置が行えない場合にハードウェア的に切換える。

1.7 問題点の明示と問題解決のための具体策の立案

1.2項でとりあげた項目はタービンプラントに電算機を適用する場合の主要なプログラムを包含すると考えられるので、これらのプログラム作成作業を通じて生じた問題点を検討し加えて、実船に搭載する場合に考慮すべき問題点についても考察した。

1.7.1. ソフトウェアに関する問題

(1) プラントのトータルシステムとしての検討

本年度はアプリケーションプログラムに重点をおいたが、これらのプログラムを効果的に運用するために管理プログラム（モニター）を完備し総合的に検討することが必要である。すなわち、サブルーチンの管理、入出力処理、割込処理、エラー処理、タイマー、停電処理など全体として能率のよいシステムにするためにさらに詳細な検討がなされている。

(2) 共通サブルーチンの必要性

特定のタービンプラントを対象に共通のゼネラルフローをベースにワーキンググループ4社でディテイルドフローチャートを作成したが、一応ルールを決めていたとはいえ、できあがつた資料からみると各社かなり異なつたものとなつた。特に、I/Oを含むサブルーチンではハードウェアからの制約があるため共通の仕様で実際にシステムをまとめることができないのであろうが第三者が理解できるようになるためにはハードウェアの特徴を紹さない範囲でシステム全体を通して共通のサブルーチンを決めておくことが望ましい。

タービンプラント分科会で作成したディテイルドフローチャートについてみれば共通のサブルーチンとしてつきのものがあげられる。

(1) プログラムの起動

- (ii) プログラムの停止
- (iii) プログラムの実行停止
- (iv) ディジタル出力処理
- (v) アナログ出力処理
- (vi) データ転送
- (vii) 転送動作完了待
- (viii) メッセージ印字
- (ix) メッセージ表示(含 CRT ディスプレイ)
- (x) OUTPUT CHECK ROUTIN
- (xi) FLAG CHECK ROUTIN
- (xii) ERROR COMPARE ROUTIN
- (xiii) アラーム OUTPUT ROUTIN
- (xiv) フラグのセット
- (xv) フラグのリセット
- (xvi) その他

(3) データ読み込み周期とプログラム起動周期との関連

異常検知による故障原因の探知並びに事故発生防止操作のプログラムで使用されるデータはデータ読み込みルーチンによつて読み込まれた値を使用するようになつているが、もしデータの読み込み周期に対しプログラムの起動周期が同じでしかも先行した場合、異常が発生しているにもかかわらず原因の探知並びに事故発生防止操作が1周期近くおくれる可能性がでてくる。したがつて緊急を要するプログラムたとえば異常振動の検知、軸受焼損、ボイラの異常検知、プラックアウト予防の各プログラムなど、一般的にプラント側の変動が急速であるもの、あるいは急速な変化をとらえなければ意味のないものなどについては各プログラム内でデータを読み込むことにし、ほかは汎用の読み込みルーチンの処理結果をもとに処理することになるであろう。しかし各プログラムでデータを読み込む場合、処理時間は入力データの点数にもよるがかなり長いものとなるので1.7.2(1)項でのべるような配慮をしなければならないであろう。

(4) プログラム上の問題

(a) 主機タービン軸受焼損予防プログラム

メタル温度および軸位置の正常異常時の変動を明かにしてそれぞれによる異常検出の方法を詳細に検討することが必要である。たとえば

- 1) ジャーナル軸受摩耗検出で回転中の油膜によるロータの浮上がりを補正すること。
- 2) スラスト軸受摩耗検出で主機負荷変化に基づくスラスト軸受の撓み量を補正すること。
- 3) メタル温度上昇の実状からみたスキヤン間隔の検討
- 4) また主機負荷上昇(回転上昇)によるメタル温度上昇との識別

(b) 異常振動検知および原因探究プログラム

振動の許容値が仮定されているが、これは当然タービンの型式、タービン製作所によつて値が異つてくる筈で適宜変更可能なものと考えている。同様に車室熱変形検知プログラムの温度差についても、温度計の取付位置車室の形状でそのつど決められる値でありプログラムには一例がとりあげられた。

(c) ACC 異常検知と原因探求プログラム

ACC 関係の各定数は ACC の調整結果によりインプットする必要がある。

(d) ボイラ異常検知(給水系)プログラム

1) 水面の異常判定プログラムでピッチング、ローリングによる影響をどのように区別するか具体的な検討がのこされている。

2) 給水加減器水面信号を他の条件、たとえば蒸気圧力などで補正する必要がないか検討しなければならない。

(e) 給水ポンプ異常検知プログラム

ボイラドラムのショートウォータを検知すればボイラトリップにいたる前に給水量を増す処置をとつているが、将来チューブ破損などの異常状態の適当な検出方法がみつかれば、これをプログラムに織り込んでさらに細かい制御をすることが考えられる。

(f) タンカサービス時の主タービン限界運転プログラム

不足(余裕)馬力の算出および増(減)速回転数の算出のための各定数は実際のプラントに適用してみて、その初期値を基に設定する必要がある。

(g) 推進プラントの起動操作プログラム

1) ボイラの気温、昇圧は従来オペレータが行なつてゐるのと同じ方法で点火昇圧の繰り返しを電算機に行なわせることにしているが将来は各部温度の上昇度を検知しながら合理的な昇圧方法をとることについて研究の余地がのこされている。

2) 主機のターニングギヤは機側手動嵌脱としているが、起動操作を小人数で行なう場合、省力化の点からは遠隔嵌脱とともに考えられる。

3) 本プログラムは全シーケンスを電算機でモニターすることとしたため、MANUALで調整あるいはリセットするケースが頻発することも考えられる。今後、電算機で自動処理した方がよいものとしない方がよいもの、あるいはWIRED LOGICで処理しランプで確認するとか、システム全体から十分吟味してさらに合理的なものとする余地がのこされている。

(h) T/G起動シーケンスプログラム

T/G増速前に軸受焼損予防、異常振動予防プログラムをイニシヤライズするが、増速の方法、制御弁およびタービンの構造に関連して、増速中の異常発生を判断するための具体的データあるいは異常発生時の処理については今後の検討を要する。

1.7.2. ハードウェアに関する問題

(1) メモリ容量と所要時間

1.6項で本年度開発したプログラムを処理するに必要なメモリー推定を行なつたが、主メモリー、補助メモリーの各容量を決めるために高速処理を要するプログラムの類別、コアに常駐させねばならないプロセステータの数量などをさらに細かく検討する必要がある。またこのとき各プログラム(含サブルーチン)の走行所要時間、データの読み込み時間、データの転送時間などを考えシステム全体として異常の拡大、事故への発展を十分防ぎうるものでなければならない。

第1.6.1図電算機システムの構成図に示したタイムチャートにおける各プログラムの処理間隔は、主としてプラント側の要求から決定されたものである。処理間隔の短かいプログラムはコア常駐としてもI/Oの読み込み処理時間(特にアナログ入力、1~15msec/1点)が問題となる。このためI/Oが動作中にCPUが他の処理を行なうことができるような並行処理機能を考慮してハードウェア、ソフトウェア(モニタ)ともに計画する必要がある。

(2) テープレコーダによる異常振動の検知

主タービンの異常振動検知プログラムでテープレコーダを使用することにしているが、異常振動発生でテープを起動したのでは、もつとも録音したい異常発生直前のデータがとれない。

したがつて、テープレコーダを常時運転しておいた方が望ましいが現在利用されているものは耐久性の点で問題がある。今後、この種の用途のために連続運転可能なレコーダの開発が望まれる。とりあえず現時点では異常振動の前兆

を検知するあるいは異常振動のでやすい運転状態時にレコーダを起動させることにせざるを得ないであろう。

1.7.3 検出装置の開発

本年度のプログラムに関連して、つきのような検出装置の開発あるいは実用化研究が必要となる。

(1) 異常振動の検出

たとえば軸受に取りつけたピックアップにより検出した固体音の周波数分析を行ない、正常時のパターンと比較して異常を判断するようなソフトウェア並びに異常振動解析装置の開発が必要である。

(2) ジャーナル軸摩耗計および軸位置検知装置

現在、工業用計器として利用できるものもあるが船用計器として、また、電算機検出端としての信頼性を確認する必要がある。

1.7.4. システム設計に関する問題

(1) 電算機システムの機器配置

1.6項で電算機システムの構成について検討し、機器配置の一例を示したが、機関制御室のあり方については、さらに検討を要するところである。すなわち機関室が荷役中、出入港、通常航海、さらにタンカーサービス時も無人であることを想定すればプラントは SHIPS OPERATOR によって監視されることになるのでアラームプリンタ、トレンドレコーダ、ロギングタイブライタ、CRT デイスプレイ装置などはブリッジに近い場所（たとえば、中央制御室）に設置することが望ましい。

しかし、プラントに異常が発生した場合の応急操作、修理、場合によつては監視運転を機関室で行なうことなどを考えると運転に必要な監視計器、遠隔制御装置を一応機関室に設けることも現実には考えねばならないであろう。またプラントの起動を電算機によるシーケンスモニタあるいは部分的には直接操作によつて進めてゆくには CRT ディスプレー装置を機関室におくことの有用性も考えられる。

上記の中央制御室、計算機室のあり方、オペレータとのコミュニケーションについては船全体のトータルシステムとして検討すべき問題である。

(2) CPT ディスプレイ

本年度のプログラム作業でとりあげた CRT ディスプレイには運転操作指令、異常、異常原因および処置指令の 4 種 総計 178 の FORMAT が表示される。

プログラムの重なりを考えると、これらのディスプレイをいかにわかりやすく分類表示するか、また古いものと新しいものと区別をどうするかなど 1 台のディスプレイ装置の効果的運用が問題である。一案としてたとえば、20 秒毎にチェックして一括表示する方法も考えられる。一度にディスプレイ可能は行数は字の大きさなどを考えると、13 ~ 15 行程度であり、もしオーバーフローした場合の処置についても検討する必要がある。

(3) 故障原因探知と事故発生防止操作の過程

主機、補機のトリップに直結する異常の発生、ならびにトリップ時刻についてはトリップシークエンスによつて、プリントされることになつているがその他異常原因探究の過程、主機の減速、急速減速指令にいたつた過程についてはオペレータがプログラムのフローを熟知しておればよいことであるが、かりに知つていなくとも因果関係が判るようプリントアウトするなどの手段が望まれる。

(4) センサの故障対策

センサーの信頼性を上げることは当面の急務であるが、万一故障した場合の誤判断、誤操作を防ぐためには故障を検知する何らかの方法を講ずる必要がある。

たとえば重要部分には、同一のセンサを用いた TWO OUT OF THREE の方法をとるとか、あるいは異なる用途のセンサを比較対照・判断するなどの方法が考えられる。

ボイラの異常検知（給水系）プログラムでは水面計の異常を水面計からの電圧信号、給水加減装置からの空気圧信

号 F.O. EMERG CUT OFF VALVE 用の空気圧信号の三つを比較して検知する方式をとっている。プラント全般にわたって信頼性向上の一貫として重要部センサの故障対策を考える必要がある。

(5) プラントの自動化

電算機の導入によつて通常航海中はもちろん出入港、タンカーサービス荷役を含めて機関室を無人化するとなれば、さらに広範囲な運転操作の自動化が必要になり、従来、保守作業に崩していたものも自動化しなければならない。とくに考慮しなければならないものとしてつきの事項があげられる。

(a) バーナ

TURN DOWN RATIO の大きいバーナを採用するか、自動本数制御方式を用いて全蒸発量範囲にわたつて、バーナチップの変換がいらないものとするとともに、さらにバーナチップの掃除を不要とするか、自動化する必要がある。

(b) ACC、給水加減装置

広い蒸発量範囲および急激な負荷変動に対し、人為操作を加えずにコントロール可能なものとし、必要ならば主機あるいは荷油ポンプタービンからの信号を FEED FORWARDさせ、かつ ACC、給水加減装置、バーナ自動本数制御装置を一体にしたコントロールを採用する必要がある。

(c) ポイラ水質ならびに給水水質管理の自動化

水質分析、缶水ブローおよび薬剤注入量の算定など今後解決すべき問題がのこされている。

(d) 造水装置

主機出力の変化（加熱蒸気圧力の変化）、海水温度の変動、さらに給水圧力（給水量）の変動に対して、つねに安定した性状の蒸留水が得られるような制御装置ならびに監視装置の検討が望まれる。

2. センサーの実験的研究

2.1 ターピン内部異常振動検知の研究

2.1.1 研究の目的

運転中のターピン内部の状況は従来から聴音棒によつてチェックされてきた。この方法は経験を積んだ技術者が行なう場合に非常に有効であるが、経験の程度により個人差がある上に、連続計測することは实际上不可能である。この欠点を補なうとともに機関室の無人化に対処するため、ターピンの車室の一部に振動検出器を取り付け、運転中常に振動を検出し、いくつかの周波数帯域ごとに分析を自動的に行なわせる。これにより、まずターピンの正常運転時の振動のノオクターブバンド加速度スペクトラムを把握して電算機に記憶させ、これと運転中のターピンのノオクターブバンド加速度スペクトラムを常に比較することにより、異常の有無をチェックし、また異常発生時にはその異常の性格もある程度推定させようとするものである。

従来、陸用ターピンで車室または回転軸を振動計によつて監視する方法は広く行なわれ、最近では船用ターピンでも一部に実施されているが、それは、全振動数範囲の合成振巾または特定の振動数の振巾に注目するものであり、その作動も機械の振動がある許容値をこえたときにアラームをだし、ひいてはターピンを停止させるものである。

しかし、一般にターピンの異常振動時の被害は短時間に急激に増大するものなので、異常発生時には一刻も早くターピンを停止させる必要がある。そのためには振動が許容値をこえた後よりも、できれば振動の原因となる徵候が現われたときに早くそれを知ることが望ましい。従来の聴音棒による監視は内部の微妙な接触音も判別できるので、異常の早期発見のためには従来用いられている振動計より優るものと考えられ、ここに本研究の発想がなされた。聴音棒による監視も固体音を対象としていることは加速度振動計の場合と同じであるが加速度振動計を用いた理由は、特に高周波数域(1 kHz ~ 40 kHz)をも重視しながら、周波数帯域ごとの振動加速度の分布に注目していることにより、よりデリケートな監視を期待したためである。なおこの研究の第1段階として本年度は下記の3項目を具体的な研究目標とした。

- 1) ターピン船の海上運転時に高圧および低圧ターピン軸受カバーに検出器をとりつけ録音する。
- 2) 録音結果を分析し、内部音響の正常時のノオクターブバンド加速度スペクトラムを把握する。
- 3) 异常音を分離検知する可能性を検討する。

2.1.2 研究経過

最初の2回の小委員会(5月16日と6月12日)において研究の方針を決め、統いてターピン音響の実測を行なつた。計測は新製のターピンの陸上試運転時または海上試運転に行なつたがその概要は次のとおりである。

第2.1.1表 計測概要

計測番号	計測年月日	造船所	ターピンメーカー	最大出力/回転数	運転種類	計測担当会社
第1回	44年 7月 4~5日	三菱	三菱	30,000PS/90 rpm	海上	三菱
第2回	44年 8月 29日	石播	石播	28,000BHP/82.5 rpm	陸上	石播
第3回	44年 8月 30日	日立	川重	30,000PS/87 rpm	陸上	日立
第4回	44年 10月 4~7日	日立	三菱	30,000PS/87 rpm	海上	日立
第5回	44年 12月 1~3日	石播	石播	28,000PS/95 rpm	海上	石播
第6回	44年 12月 26~27日	日立	川重	30,000PS/87 rpm	海上	日立
第7回	45年 1月 7~8日	三菱	三菱	30,000PS/87 rpm	海上	三菱

注) 第6回計測は第2回陸上計測のターピンを搭載した船の海上運転時におけるものである。

これらの計測によつて正常運転時のターピン固体音のノオクターブバンド加速度スペクトラムをいくつかの回転数ごとに求めることができた。しかし、計測中に異常が発生しなかつたので異常な場合のノオクターブバンド加速度スペクトラムを得ることはできなかつた。計測の途中で3度小委員会を開いてデータの審議を行ない、また1月16日のWorking Groupの打合会において計測結果のとりまとめを行なつた。

2.1.3 計測方法

(1) 計器

ターピン車室内部の振動を検出するには、騒音計を用いる方法と振動計を用いる方法とがあるが、前者はいつたん空気の振動を介するので周囲の雑音を拾う可能性が多いので振動計を使用することとし、高周波数域の振動を感度良く計測するために加速度型の検出器を使用した。計測に使用した計器を第2.1.2表に示す。

(2) 計測箇所

検出器の取付け場所は高、低圧ターピンのそれぞれの船尾側(減速装置側)の軸受部とした。軸受部をえらんだ理由は、軸受部は静止部分および回転部分の接触点であること、また、一般に検出器が高温に耐えないので比較的温度の低い場所を選ぶ必要があることによる。また船尾側軸受はターピンと減速装置のはば中央に位置しているので代表点として選んだ。

なお、参考のためにターピン船首側軸受部および減速歯車のカバー部に対しても若干計測した。計測箇所の符号を第2.1.1図に、おのとの計測の際の計測位置を第2.1.2表に示す。第1回計測では、船尾側軸受カバーフランジ部

第2.1.2表 計測器要目と測定位置

	第1回	第7回	第2回、第5回	第3回	第4回、第6回	
計測担当会社	三菱	三菱	石播	日立	日立	
計測位置	(2)(3)	(2)(2)(3)	(2)(3)	(2)(3)	(2)(3)(2)(3)(4) (5)(6)(7) (4)(5)(8)(9)	
加速度検出器 型式 検出感度 共振周波数	B&K 4333 16.6 mV/g 60 kHz	第1回計測と同じ計器及び第3回、第4回、第6回計測と同じ計器使用	リオン PV-06 11 mV/g 25 kHz	国際機械 VM-4200* B&K 4332 40 mV/g 25 kHz	B&K 2324 2.31 mV/g 100 kHz	
増幅器 型式 周波数範囲 出力電圧	B&K 1606 20~20000 Hz 10V	ENDEVCO MODEL 2629B 2~20000 Hz 5V	リオン NA-51 20~20000 Hz 2V	VM4200* 日本VDI 5Hz~10 kHz 0 Hz~20 kHz 1V	(チャージ式) IMV VM-4300M 5~15000 Hz 1V	
周波数分析器 型式 周波数範囲 分析幅度	B&K 2110 20~20000 Hz 1/3オクターブ 50 dB/oct	第1回計測と同じ計器を使用	B&K 2112 25~40000 Hz 1/3オクターブ 50 dB/oct	第4回、第6回 計測と同じ	B&K 2112 25~40000 Hz 1/3オクターブ 50 dB/oct	
レベルコーダ 型式 周波数範囲 記録速度 送り速度	B&K 2305 10~20000 Hz 4~2000 cm/S 0.0003~100 cm/S	第1回計測と同じ計器を使用	B&K 2305 10~20000 Hz 4~2000 cm/S 0.0003~100 cm/S	第4回、第6回 計測と同じ	B&K 2305 10~20000 Hz 4~2000 cm/S 0.0003~100 cm/S	
データレコーダ 型式 記録トラック数 周波数範囲 データ速度 記録入力 再生出力 データ幅	TEAC R-400 FM4チャンネル DC~10 kHz 30インチ/S ±1 V ±1.0 V 1/4インチ	SANGAMO 3562 FM7チャンネル DC~20 kHz 60インチ/S 0.1~10.0 V 1.0 V 1/2インチ	JEIC S-0116 AM 4 200Hz~ 50kHz 9.5cm/S	SONY PFM-15 FM4チャンネル DC~5 kHz 19.05 cm/S 1~10 V 1 V 1/2インチ	第4回、第6回 計測と同じ	NAGRA GUDELSKI-III DIRECT 4チャンネル 50 Hz~17 kHz 19.05 cm/S ±1 V ±1 V 1/4インチ

注1. 計測位置の欄の数字は第2.1.1図に示した位置を示す。

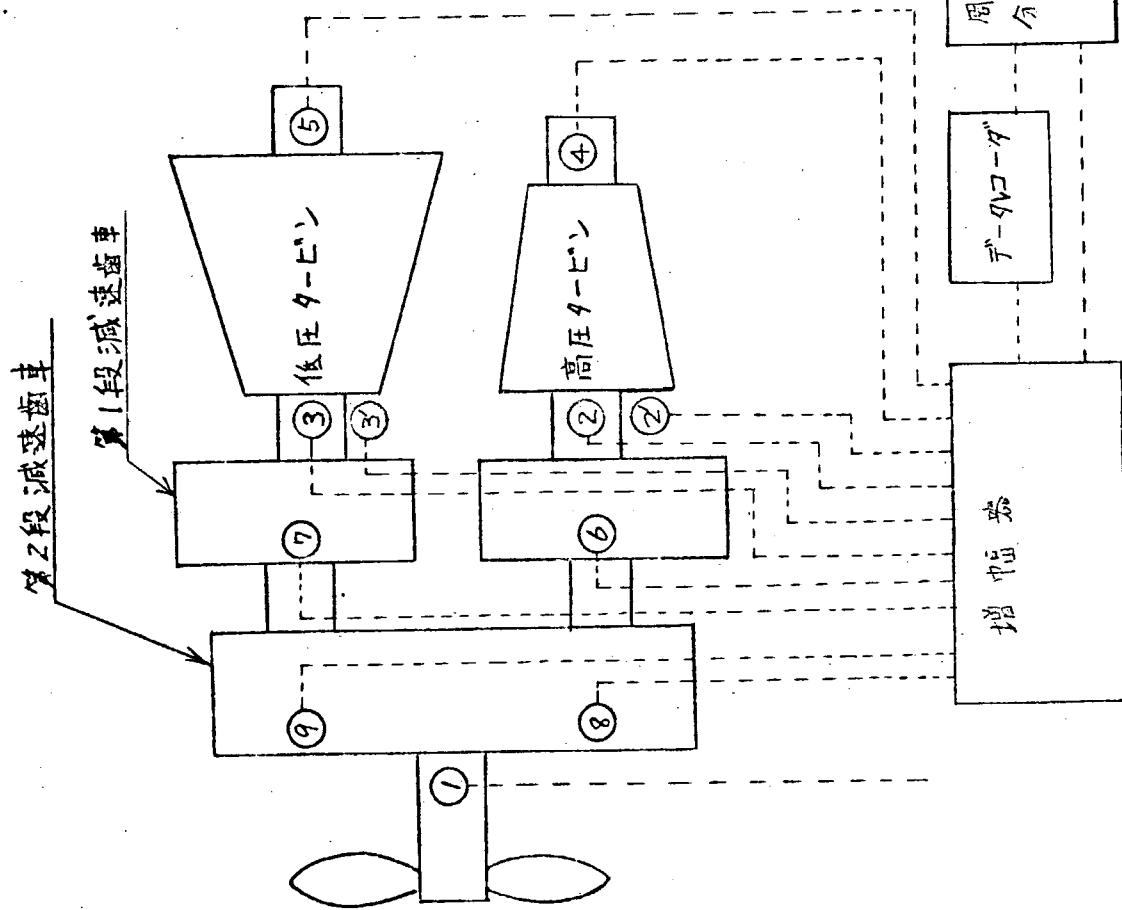
注2. 第3回計測の*印のついているものは高圧側の計測器を示し、ついていないものは低圧側の計測器を示す。

(②と③)で計測し、また、第2回、第3回、第5回計測は船尾側軸受カバー真上中央部(②、③)で計測した。第4回計測では船尾側および船首側軸受カバー真上中央部(②、③、④、⑤)で計測した。第6回計測では、船尾、船首軸受カバー真上中央部、第1段減速および第2段減速歯車カバー(②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨)で計測した。また第7回計測では、高圧ターピン船尾側軸受カバーフランジ部と高圧、低圧ターピンの船尾側軸受カバー真上中央

第2段減速歯車

- ① 主軸回転数測定位置
- ② 高圧タービン船尾軸受カバー真上中央部
- ③ 高圧タービン船尾軸受カバーフランジ部
- ④ 低圧タービン船尾軸受カバー真上中央部
- ⑤ 低圧タービン船尾軸受カバーフランジ部
- ⑥ 高圧タービン船首軸受カバー真上中央部
- ⑦ 低圧タービン第1段減速小歯車カバー船尾側端
- ⑧ 低圧タービン第2段減速小歯車カバー船尾側端
- ⑨ 低圧タービン第2段減速小歯車カバー船尾側端

①ではプロペラ回転数を測定する。
②～⑨では振動加速度を測定する。

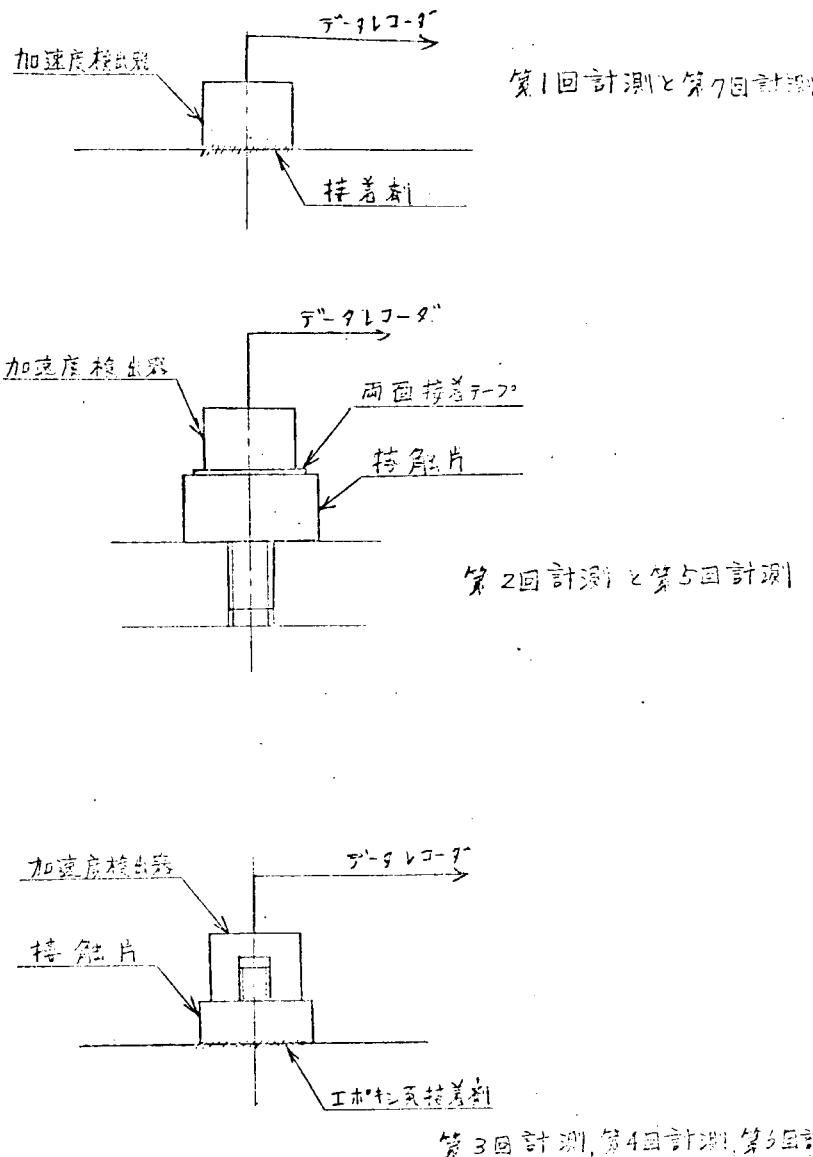


第2.1.1図 測定位置

部(②)、(③)で計測した。

(3) 計測方法

振動加速度検出器の取付け方法を第2.1.2図に示す。本年度は、おのおのの計測位置(第2.1.1図 符号②～⑨)において上下方向の振動加速度のみを計測した。また①ではプロペラ回転数を計測した。計測は加速度検出器で検出した加速度を増幅器で増幅し、データレコーダによりテープに記録する。次に周波数分析器とレベルレコーダを連動させてテープに記録したデータの周波数を分析した。なお第4回、第6回計測では、一部のデータはテープレコーダを用いずに直接周波数分析器で分析した。



第2.1.2図 加速度検出器の取付け方法

2.1.4 計測結果

第2.1.1表に示すようにタービンの工場運転時(無負荷)に2回の予備計測と新造船の海上運転時に5回の本計測を行なつた。それらの計測結果を3オクターブバンド加速度スペクトラム(以後計測値と述べる)で表わした。

(1) 第1回計測

計測の日時、項目

(a) 日時および運転状況

44年7月4日～5日 海上運転

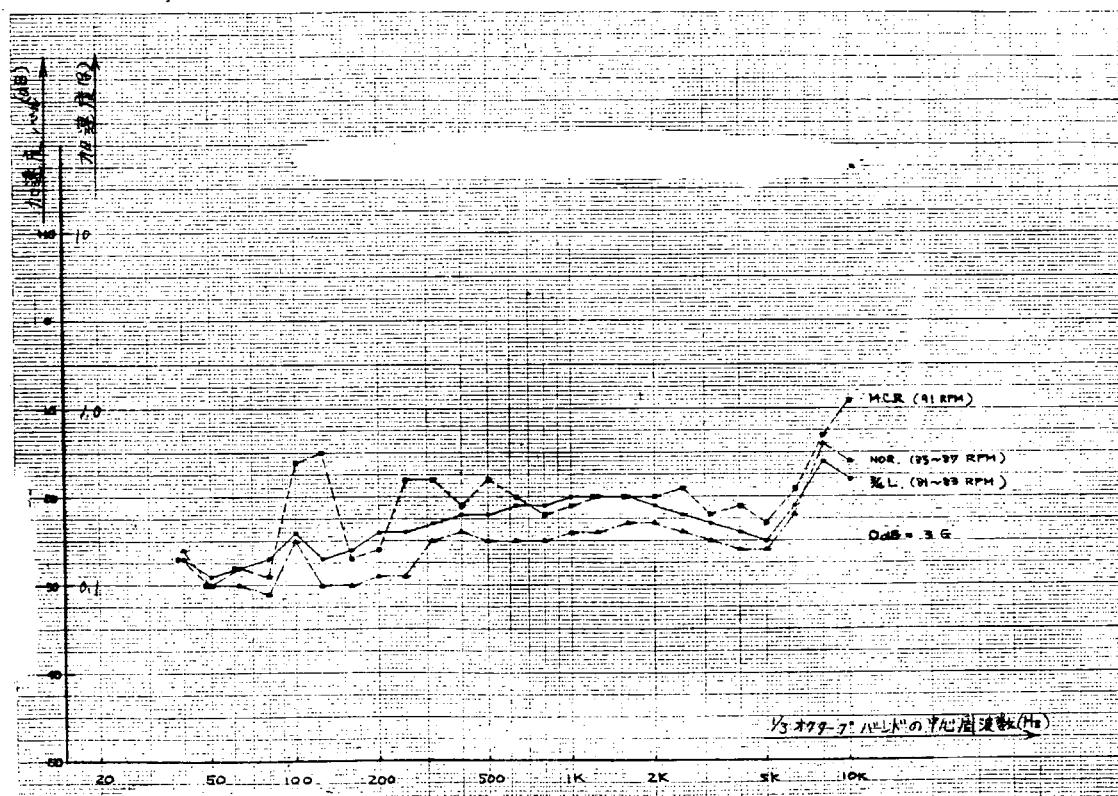
(b) タービン要目

型式 MS-6-32
 出力 連続最大 30000PS/90 rpm
 常用 28000PS/88 rpm
 蒸気条件 $6.0 \text{ kg/cm}^2 g \times 510^\circ\text{C}$
 主復水器真空 722 mm Hg
 抽気段数 4

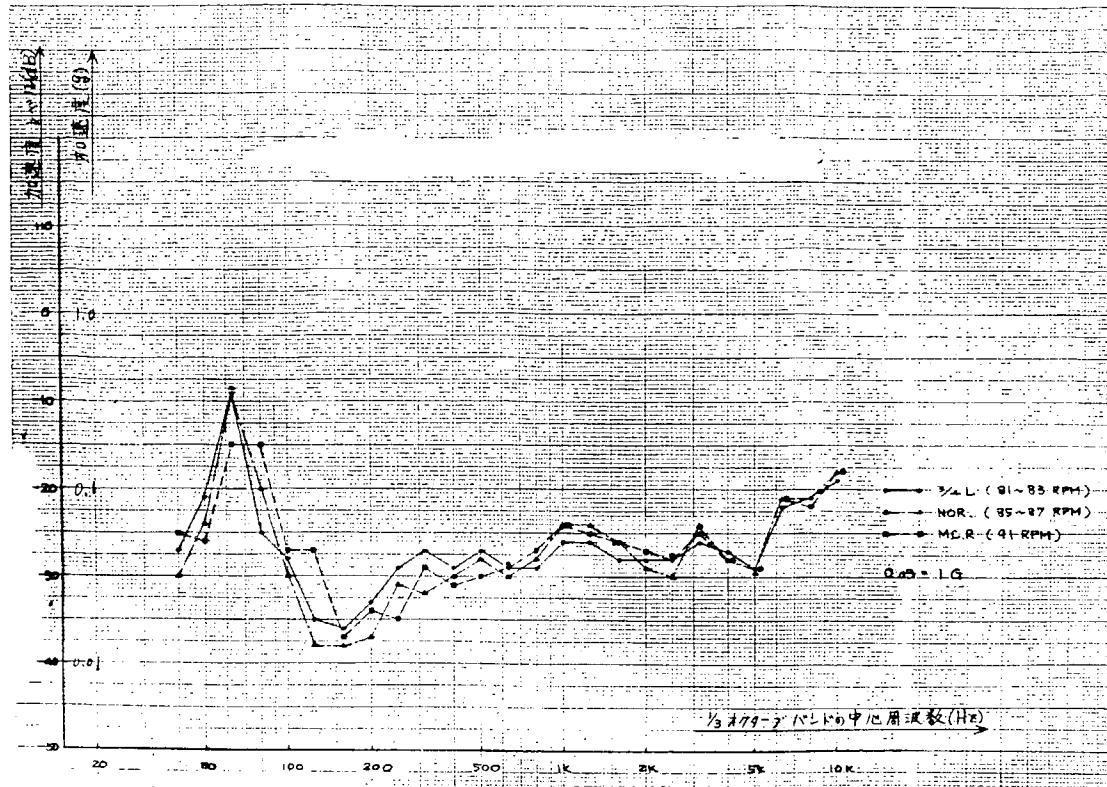
	高圧タービン	低圧タービン	後進タービン
段落数	9	7	カーチス 2 段
最大出力回転数	6756 rpm	4198 rpm	—
定格出力回転数	6605 rpm	4105 rpm	—
後進回転数	—	—	3030 rpm

(c) 主減速装置要目

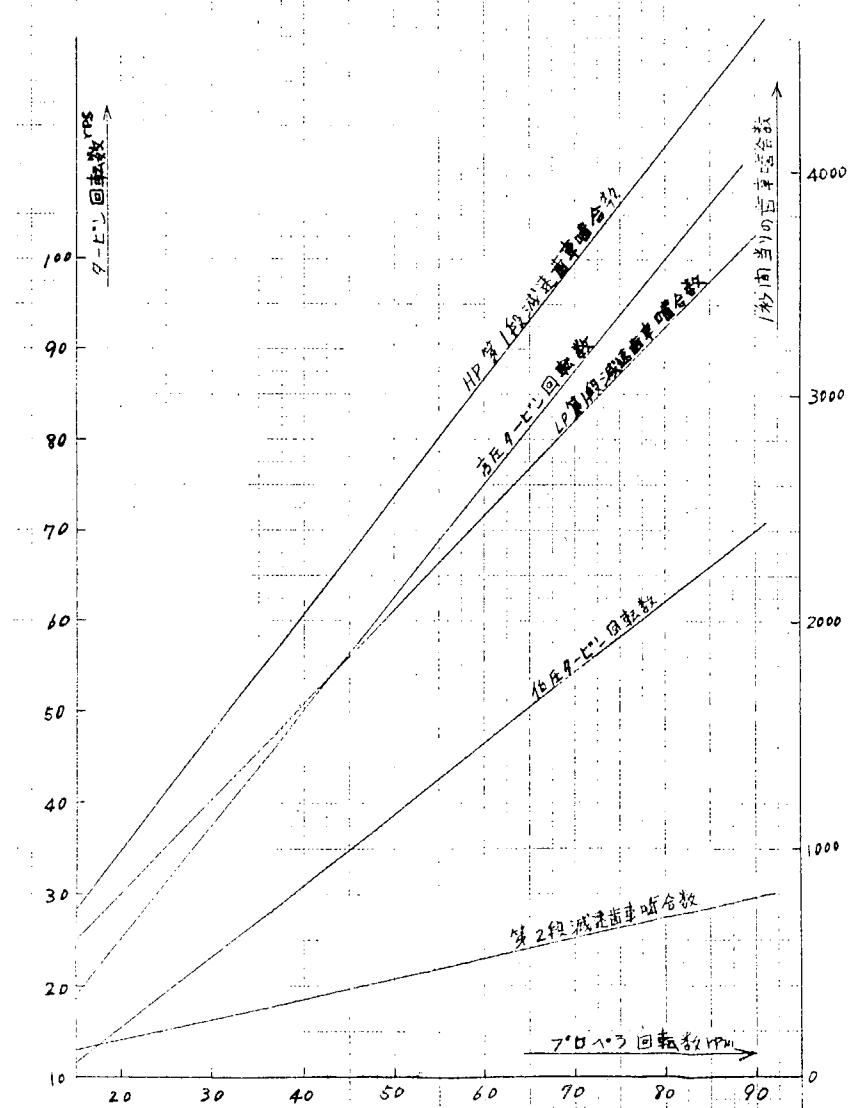
	高圧側			低圧側			
	第1段		第2段		第1段		
	小歬車	大歬車	小歬車	大歬車	小歬車	大歬車	小歬車
歯数	41	290	49	520	61	290	53
回転数	6756	9551	90	7672	4198		



第2.1.3図 第1回計測高圧タービン船尾側軸受振動



第2.1.4図 第1回計測低圧タービン船尾側軸受振動



第2.1.5図 第1回計測プロペラ回転数とタービン回転数、減速歯車組合せの関係

(2) 第2回計測

計測の日時、項目

(a) 日時および運転状態

44年8月29日 陸上運転

(b) タービン要目

型 式 NH21、NL31

出 力	連続最大	28,000 HP / 82.5 rpm
	常 用	27,000 HP / 81.5 rpm

蒸 気 条 件 $59.8 \text{ Kg/cm}^2 g \times 510^\circ\text{C}$

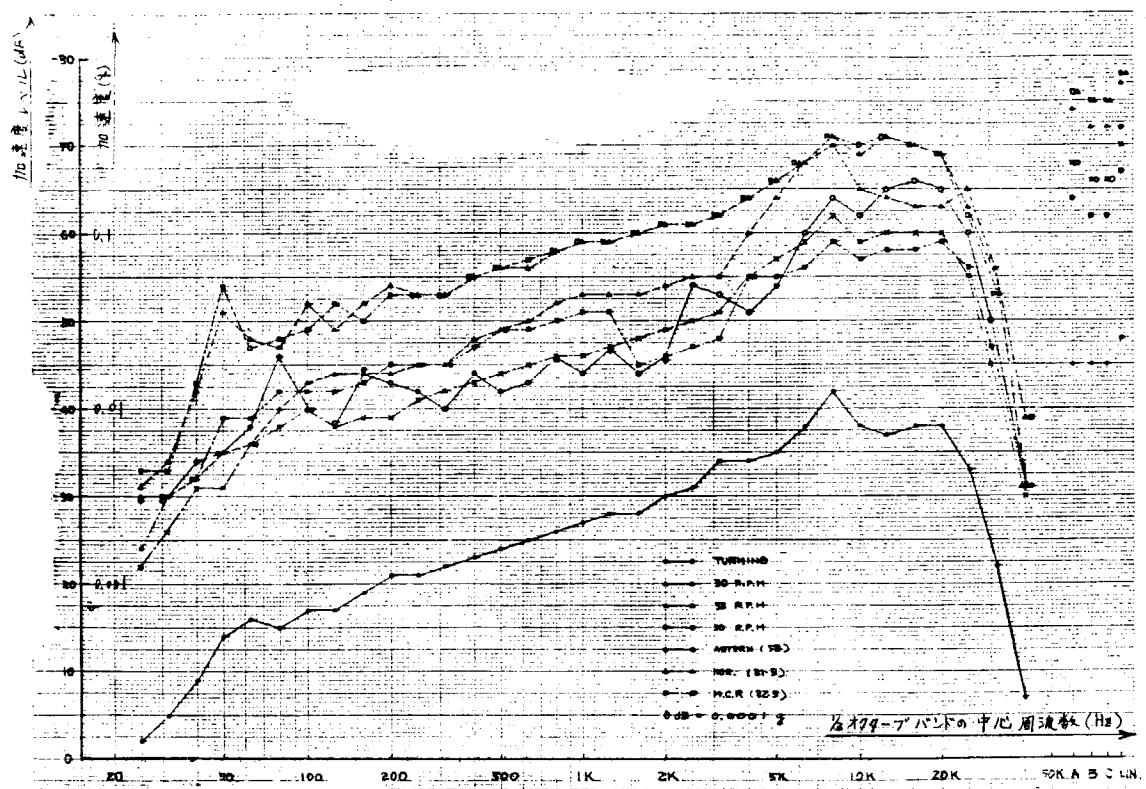
主復水器真空 722 mmHg

抽 気 段 数 高圧2、低圧1

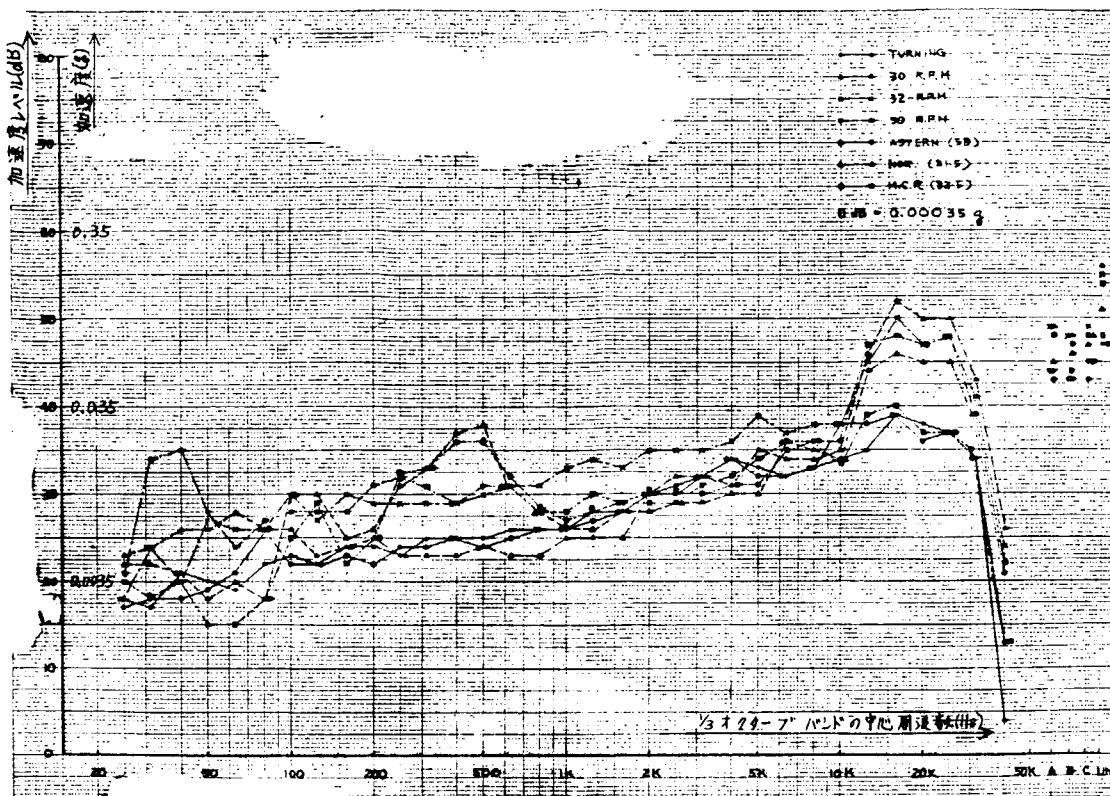
	高圧タービン	低圧タービン	後進タービン
段 落 数	9段	8段	2列カーチス2段
最大出力回転数	6721 rpm	3438 rpm	—
常用出力回転数	6639 rpm	3396 rpm	—
後進回転数	—	—	2417 rpm

(c) 主減速装置要目

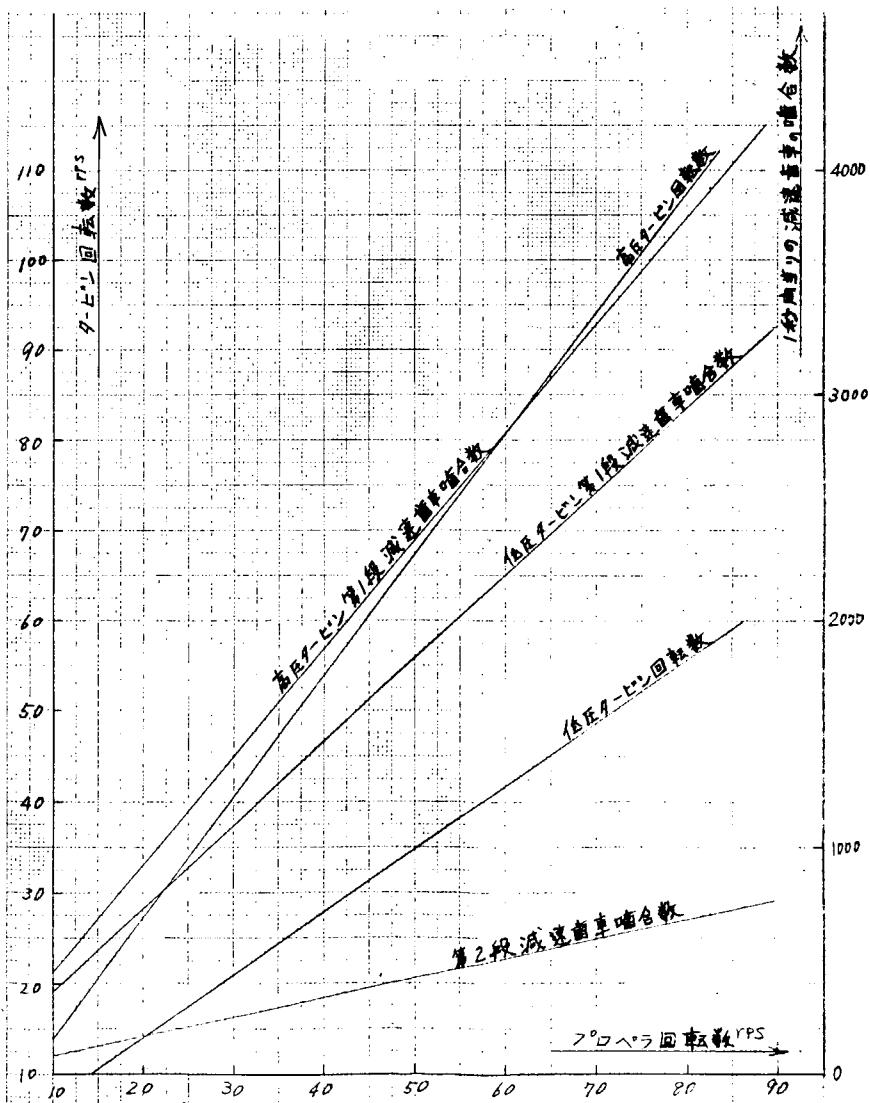
	高 圧 側			低 圧 側			
	第 1 段		第 2 段		第 1 段		
	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	
歯 数	35	284	51	512	51	220	53
回 転 数	6721		828		82.5	828	3438



第2.1.6図 第2回計測高圧タービン船尾側軸受振動(陸上運転時)



第 2.1.7 図 第 2 回計測低圧タービン船尾側軸受振動(陸上運転時)



第 2.1.8 図 第 2 回計測プロペラ回転数とタービン回転数、減速歯車歯合数の関係

(3) 第3回計測

計測の日時、項目

(a) 日時および運転状況

44年8月30日 陸上運転

(b) タービン要目

型 式 UA-310

出 力 連続最大 30000PS/87 rpm
常 用 30000PS/87 rpm

蒸 気 条 件 $60 \text{ Kg/cm}^2 \times 510^\circ\text{C}$

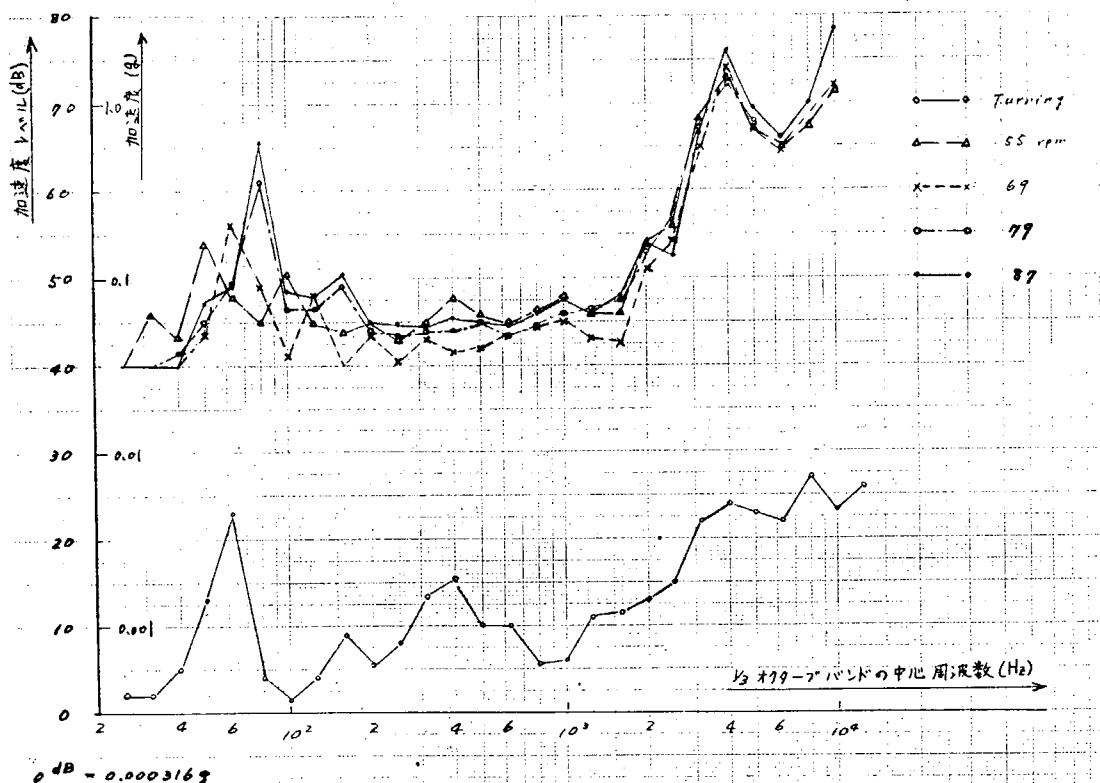
主復水器真空 722 mmHg

抽 気 段 数 3段

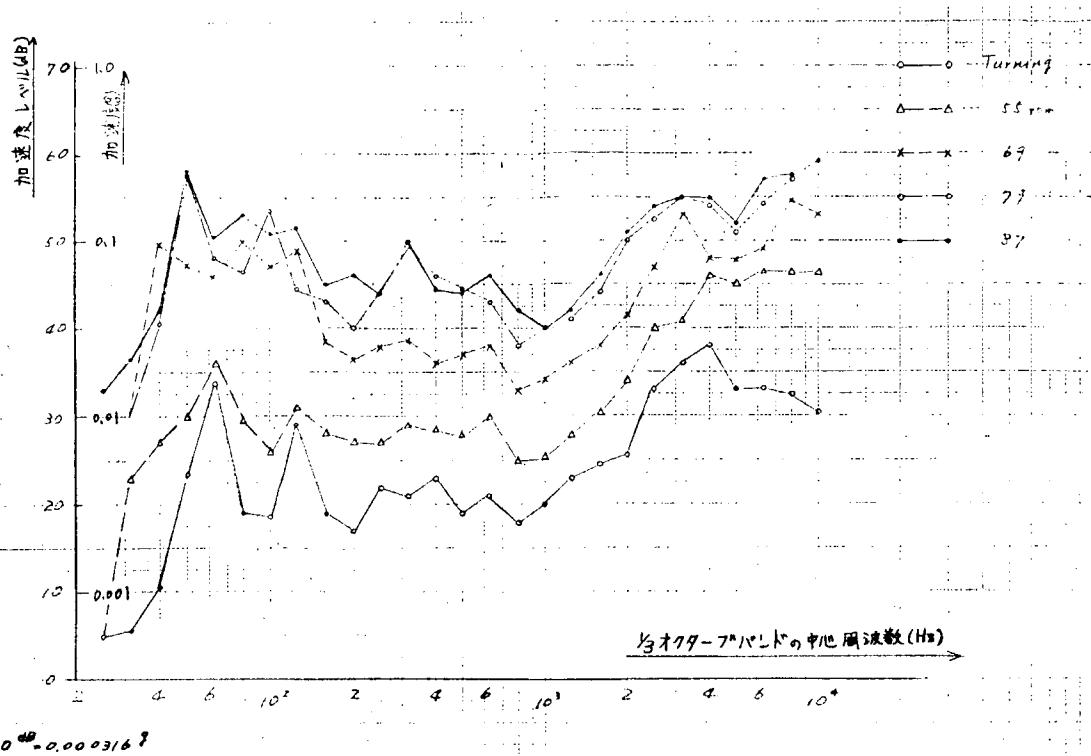
	高圧タービン	低圧タービン	後進タービン
段 落 数	10段	8段	カーチス2列2段
最大出力回転数	4809	3241	—
定格出力回転数	4809	3241	—
後進回転数	—	—	2294

(c) 主減速装置要目

	高 壓 側			低 壓 側			
	第 1 段		第 2 段		第 1 段		
	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	小歯車
歯 数	39	370	81	472	91	352	49
回 転 数	4809		506		87	451	3241



第2.1.9図 第3回計測高圧タービン船尾側軸受振動(陸上運転時)



第2.1.10図 第3回計測低圧タービン船尾側軸受振動(陸上運転時)

(4) 第4回計測

計測の日時、項目

(a) 日時および運転状況

44年10月4日～7日 海上運転

(b) タービン要目

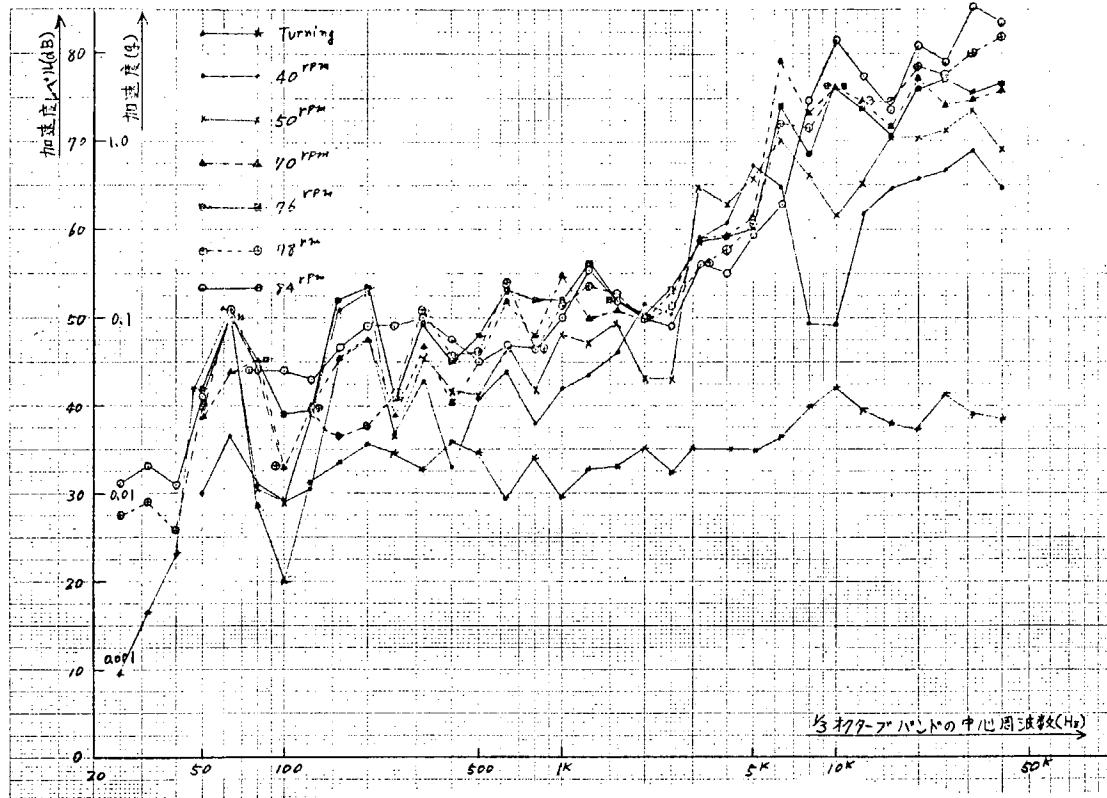
型式	M-300-3
出力	連続最大 30000PS/87 rpm 常 用 30000PS/87 rpm
蒸気条件	6.0 kg/cm ² × 510°C
主復水器真空	722 mmHg
抽気段数	3

	高圧タービン	低圧タービン	後進タービン
段落数	8	8	カーチス1 ラト-1
最大出力回転数	5548 rpm	3582 rpm	—
定格出力回転数	5548 rpm	3582 rpm	—
後進回転数	—	—	2532

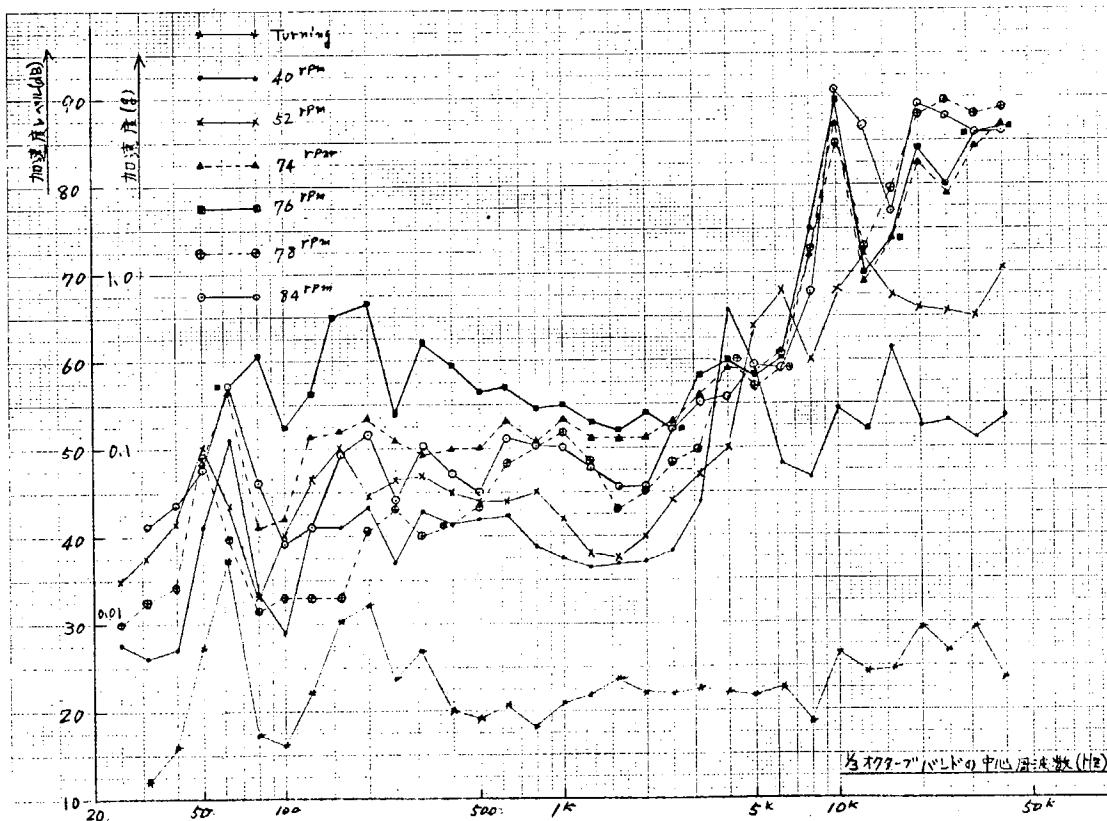
(c) 主減速装置要目

	高圧側				低圧側		
	第1段		第2段		第1段		
	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	小歯車
齒数	51	451	71	512	79	451	71
回転数	5548	6274	87	5639	5582		

プロペラ翼数 5枚

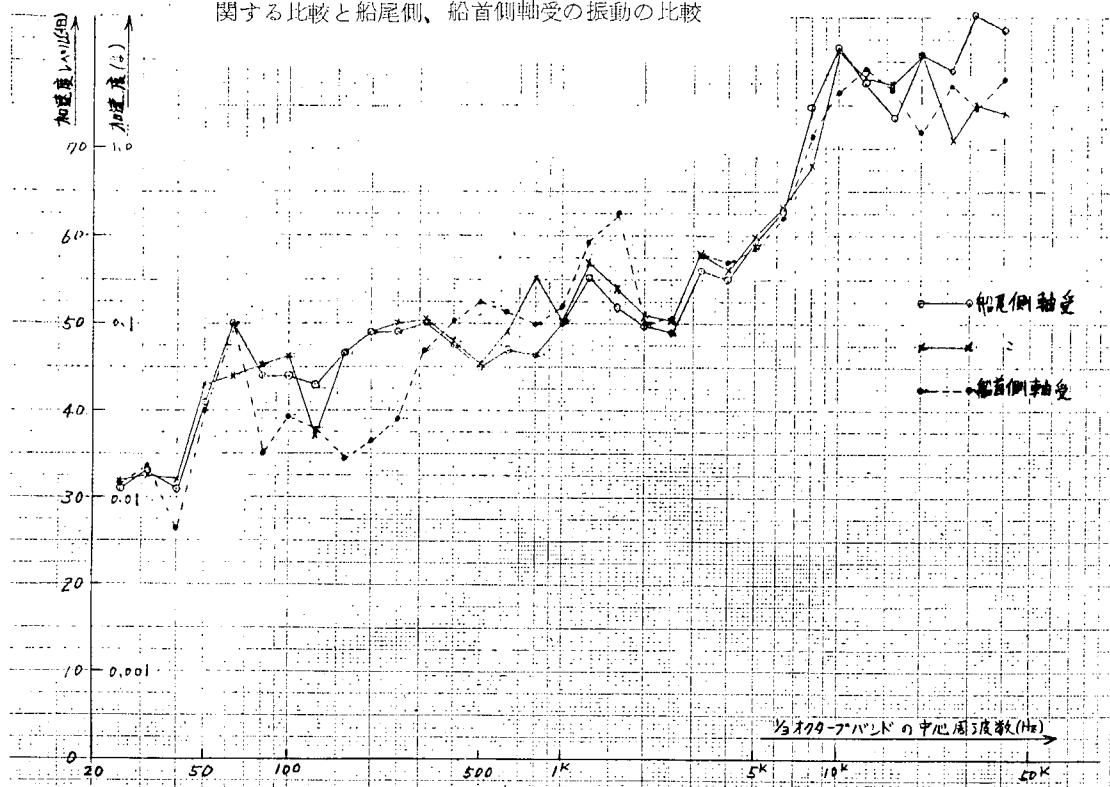


第2.1.1.1図 第4回計測高圧タービン船尾側軸受振動



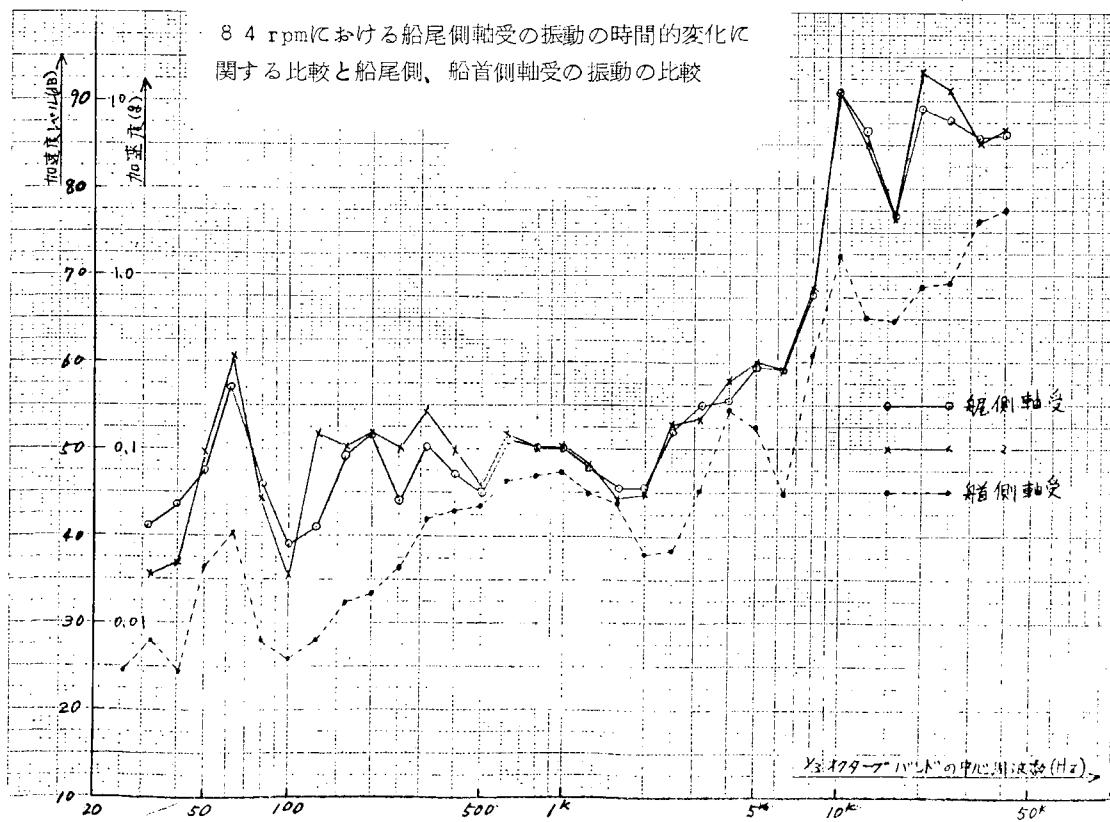
第2.1.1.2図 第4回計測低圧タービン船尾側軸受振動

8 4 rpmにおける船尾側軸受の振動の時間的変化に関する比較と船尾側、船首側軸受の振動の比較

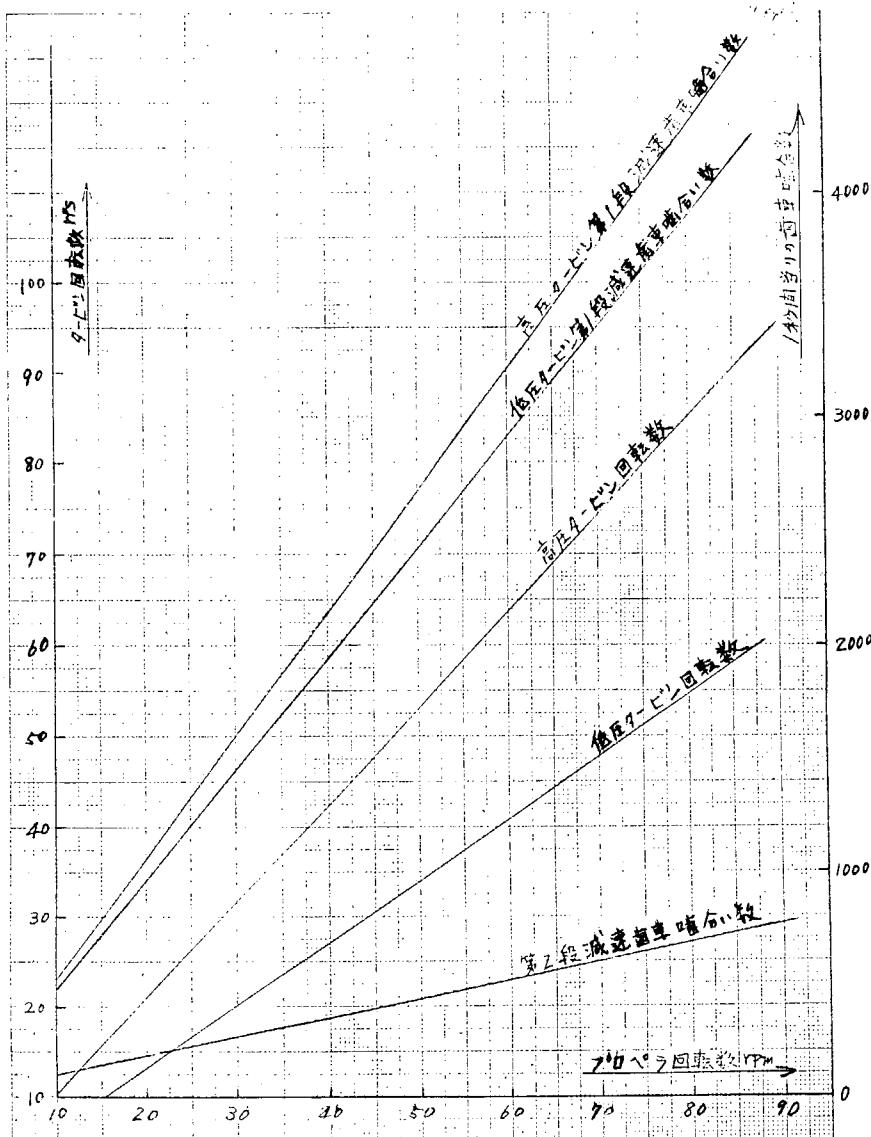


第2.1.13図 第4回計測高圧タービン船尾、船首側軸受振動

8 4 rpmにおける船尾側軸受の振動の時間的変化に関する比較と船尾側、船首側軸受の振動の比較



第2.1.14図 第4回計測低圧タービン船尾、船首側軸受振動



第2.1.15図 第4回計測プロペラ回転数とタービン回転数、減速歯車噛合数の関係

(5) 第5回計測

計測の日時、項目

(a) 日時および運転状態

44年12月1日～3日

海上運転

(b) タービン要目

型式 NH21, NL31

出力 連続最大および常用

28,000 PS / 95 rpm

蒸気条件 $59.8 \text{ kg/cm}^2 g \times 510^\circ\text{C}$

主復水器真空 722 mmHg

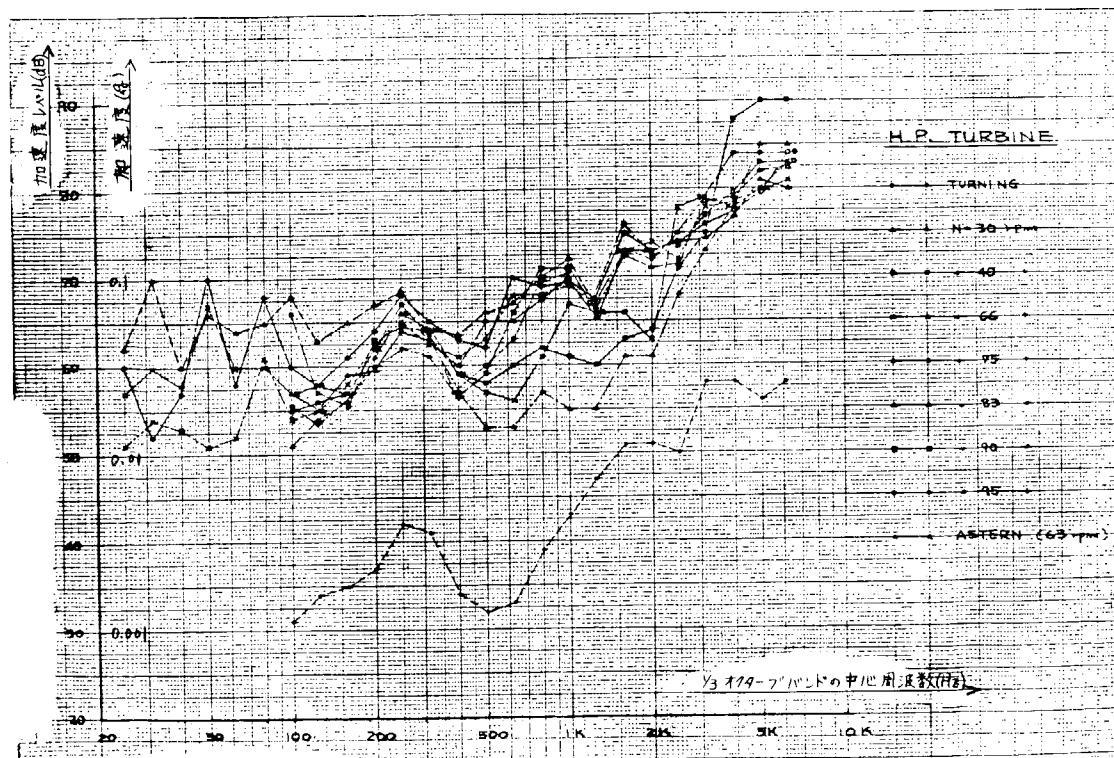
抽気段数 高圧3、低压1

	高圧タービン	低圧タービン	後進タービン
段落数	9段	8段	2列カーチス2段
最大出力回転数	6512 rpm	3293 rpm	—
常用出力回転数	6512 rpm	3293 rpm	—
後進回転数	—	—	2305 rpm

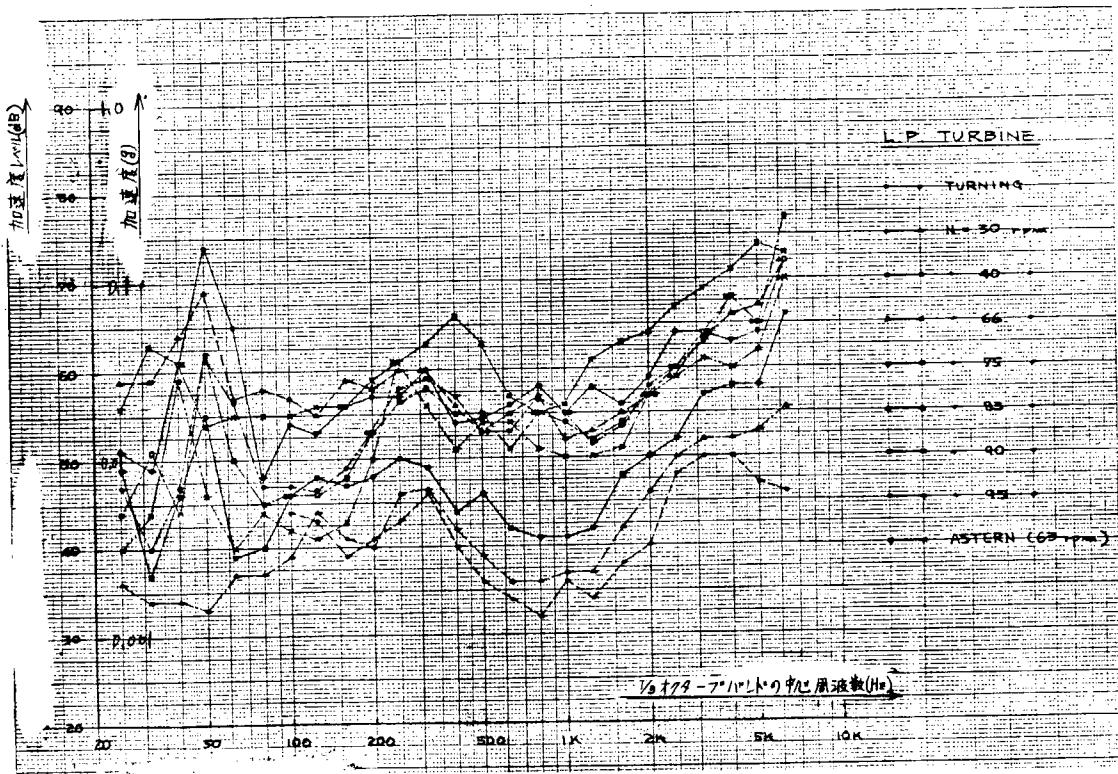
(c) 主減速装置要目

	高 壓 側			低 壓 側			
	第 1 段		第 2 段		第 1 段		
	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	
歯 数	46	469	76	511	76	299	58
回 転 数	6512		639		95	639	3293

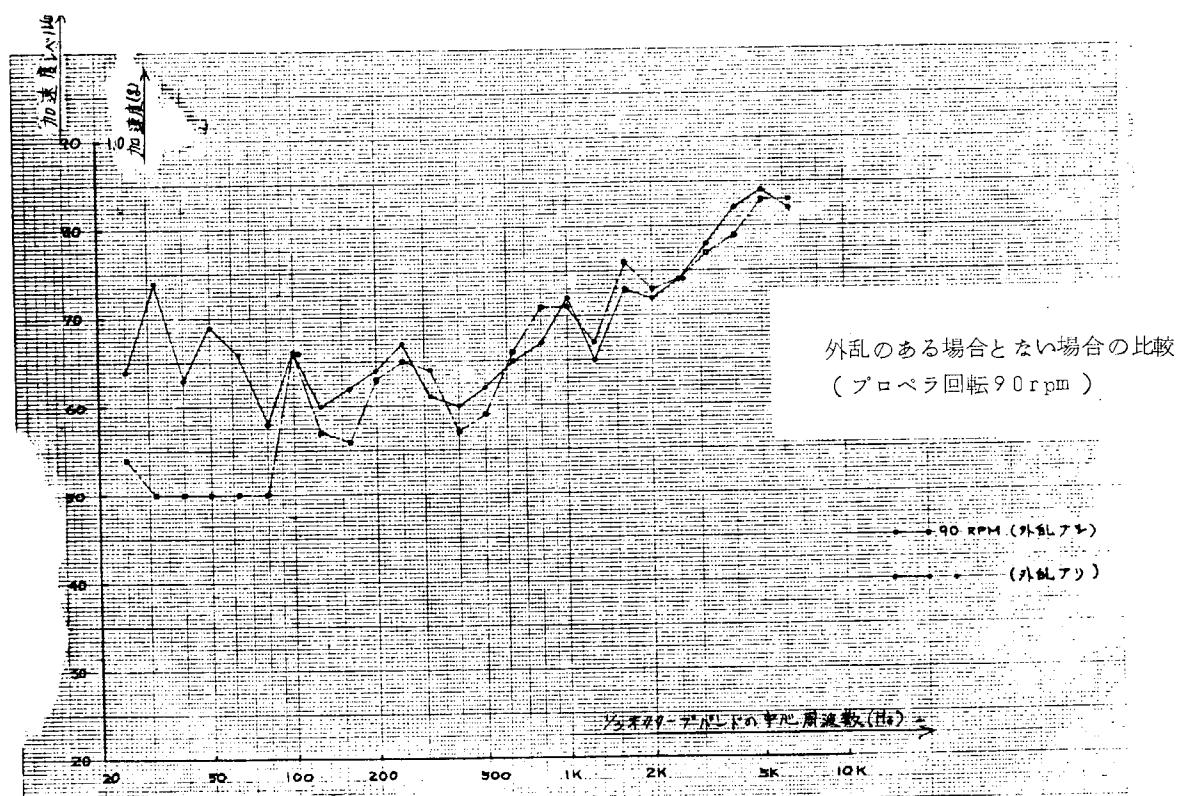
プロペラ翼数 5枚



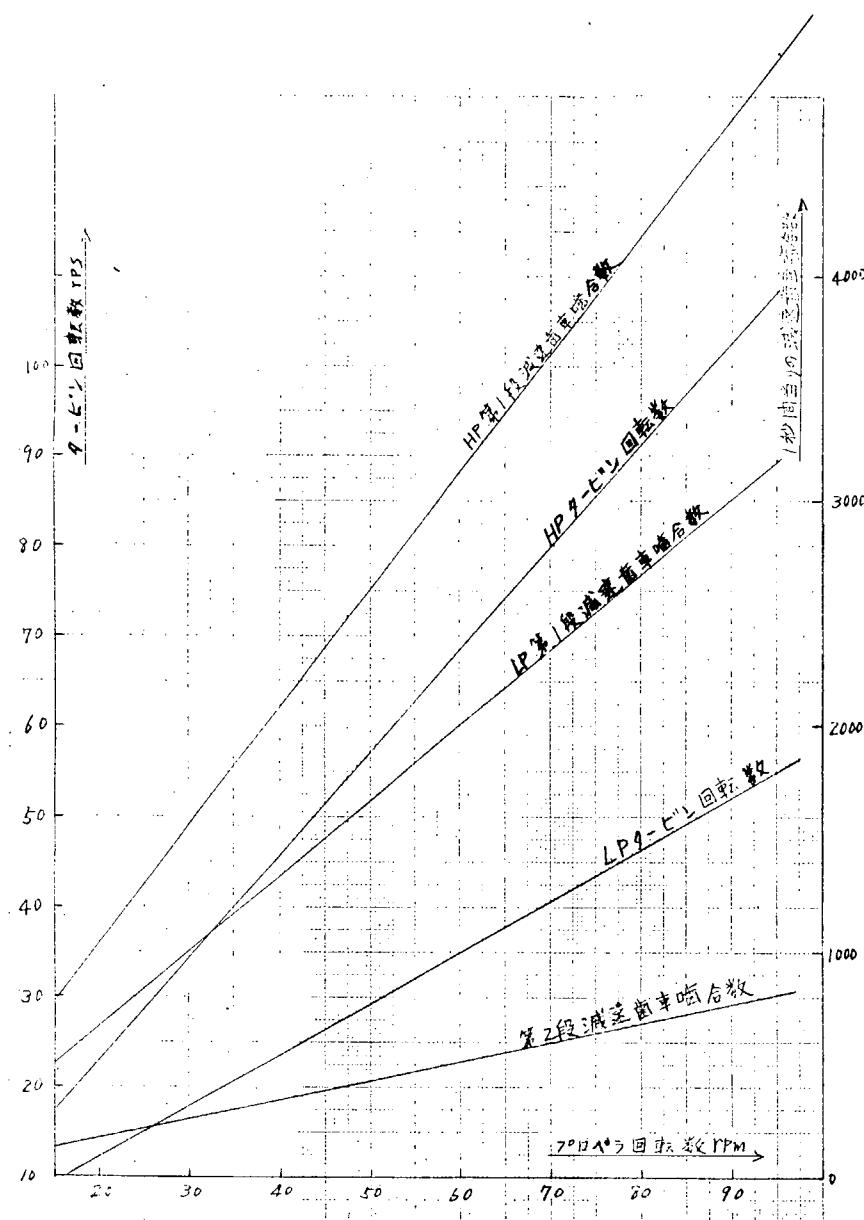
第2.1.1.6図 第5回計測高圧タービン船尾側軸受振動(海上運転時)



第2.1.17図 第5回計測低圧タービン船尾側軸受振動(海上運転時)



第2.1.18図 第5回計測高圧タービン船尾側軸受振動(海上運転時)



第2.1.1-9図 第5回計測プロペラ回転数とターピン回転数、減速歯車噸合数の関係

(6) 第6回計測

計測の日時、項目

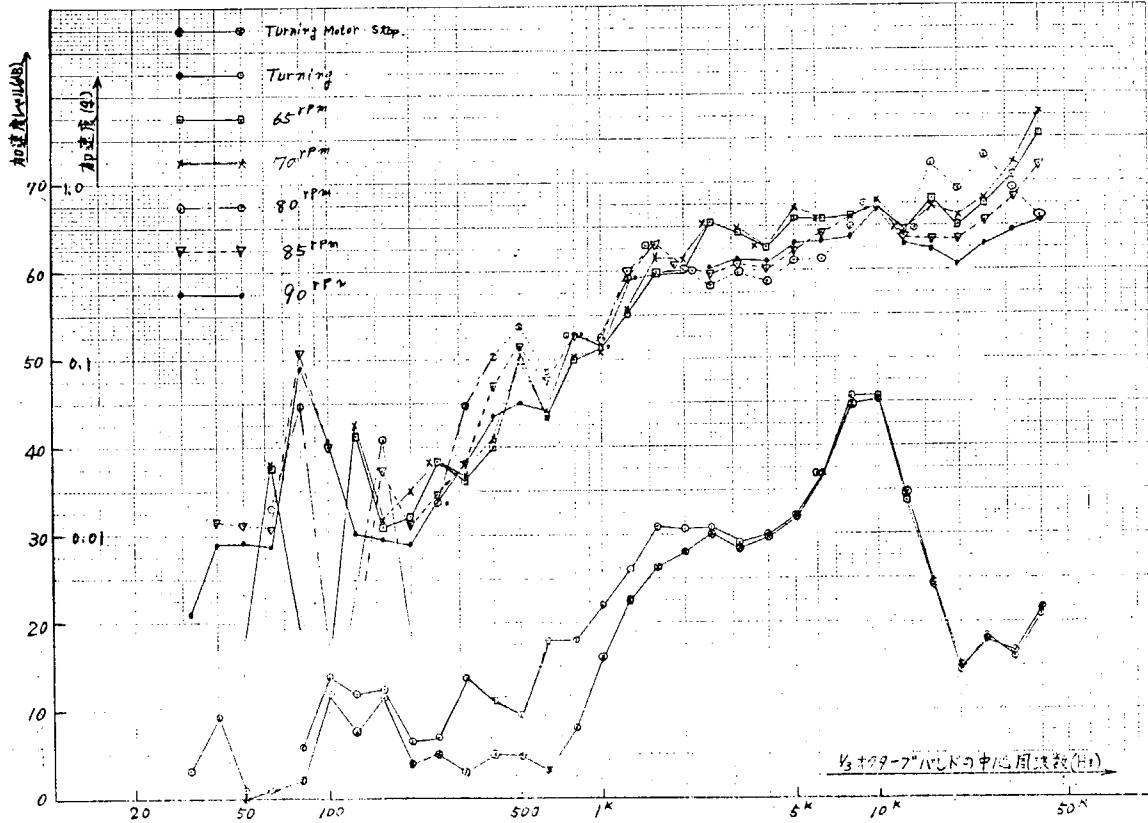
(a) 日 時

44年12月26日～27日 海上運転

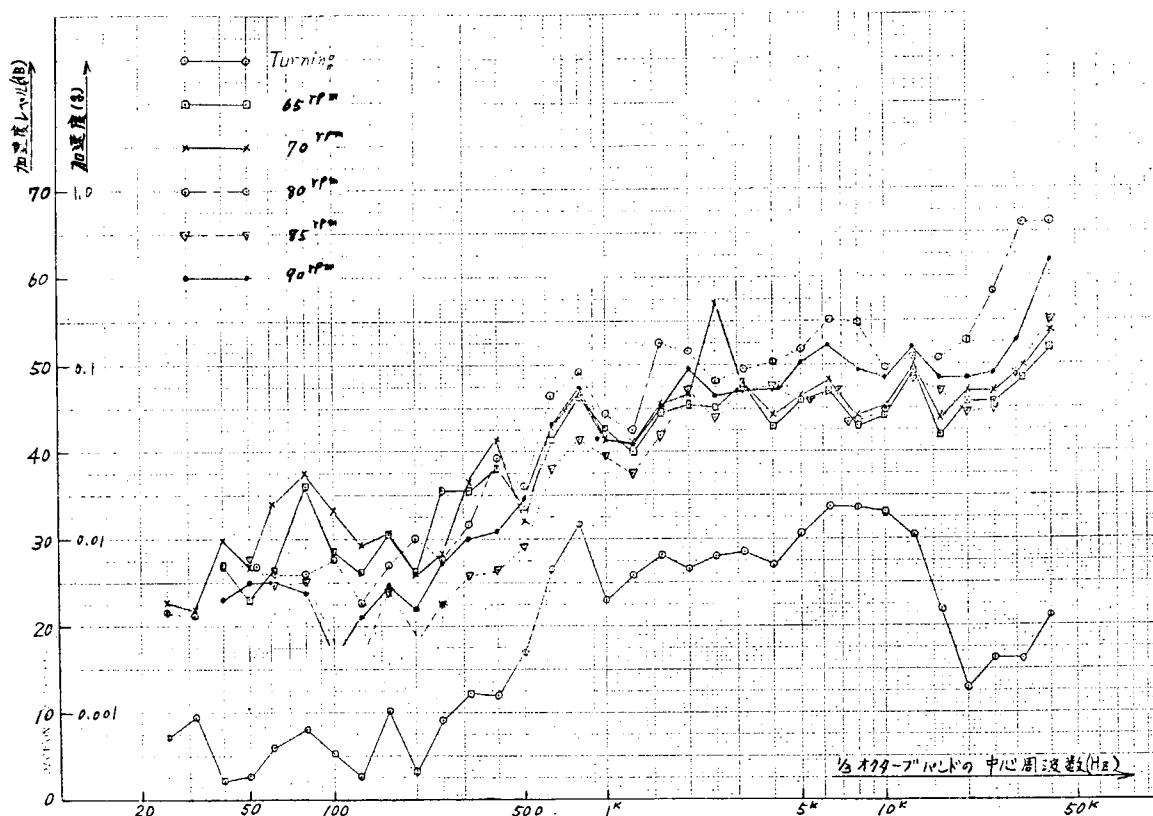
(b) 第3回計測と同じ

(c) 第3回計測と同じ

プロペラ翼数 5

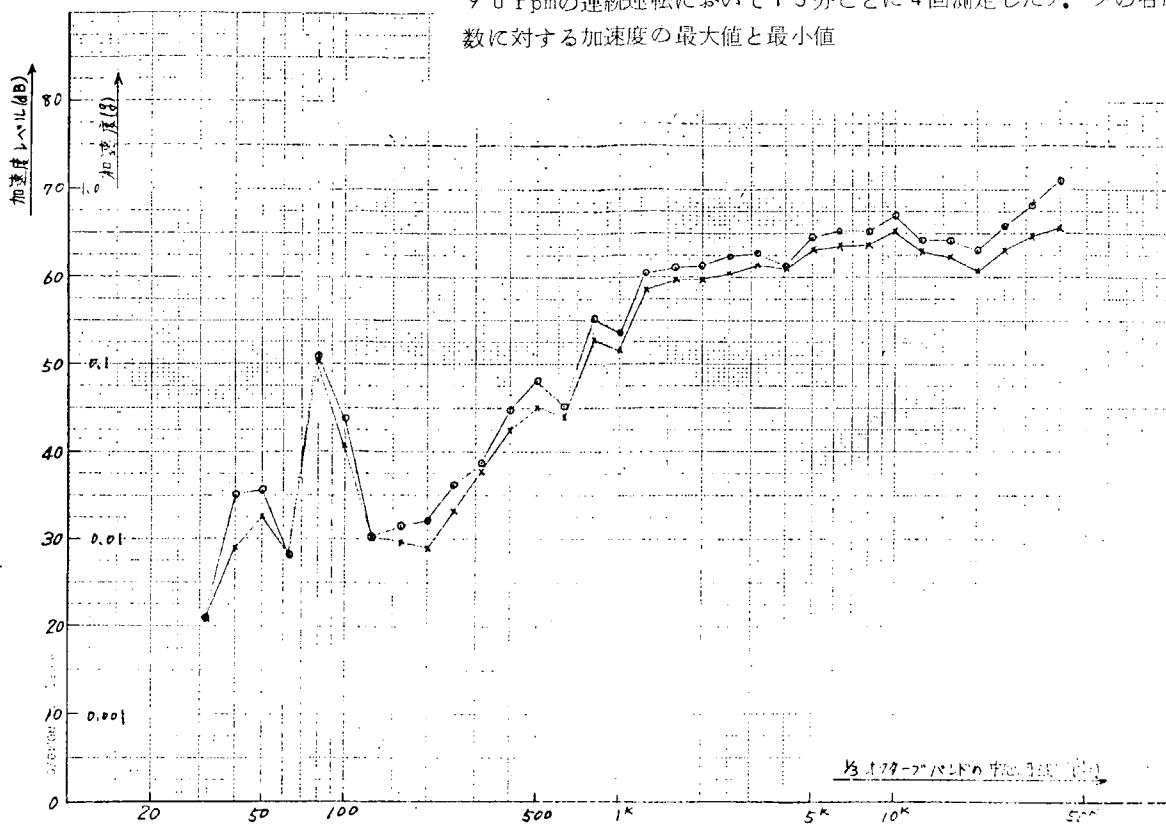


第2.1.20図 第6回計測高圧タービン船尾側軸受振動



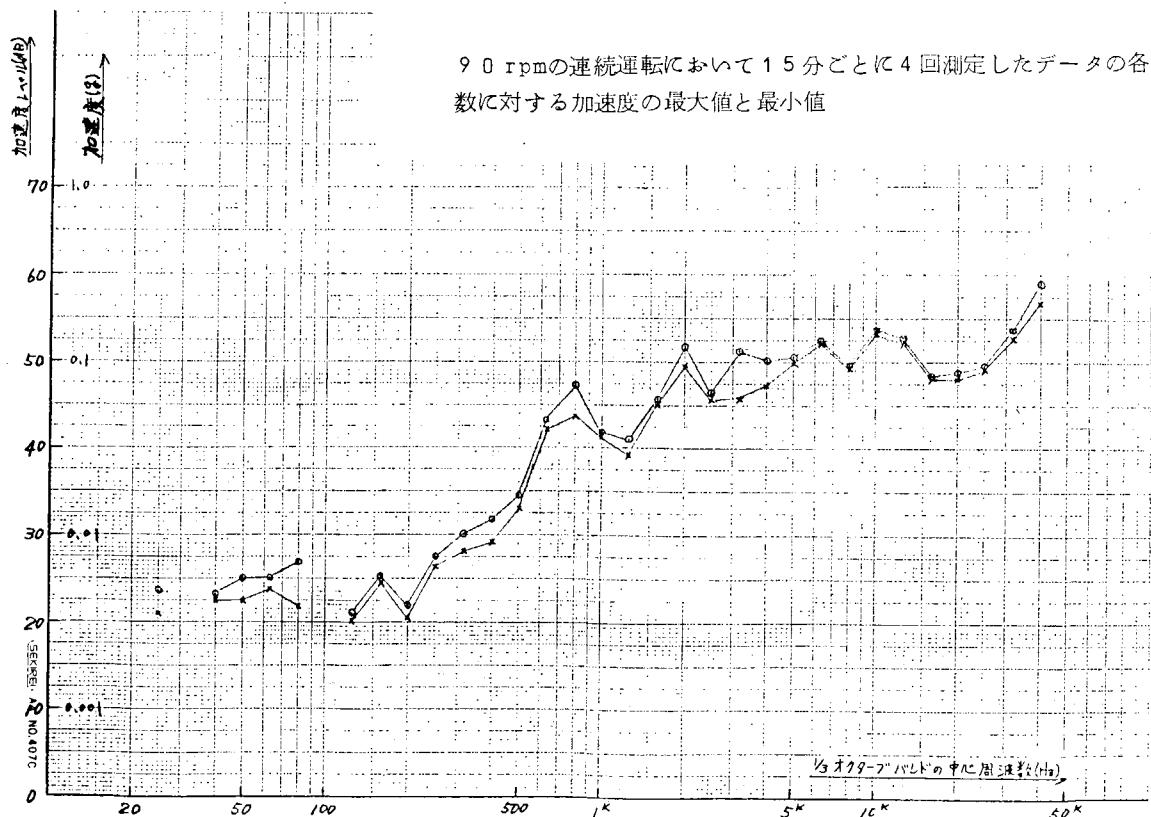
第2.1.21図 第6回計測低圧タービン船尾側軸受振動

9 0 rpmの連続運転において 15 分ごとに 4 回測定したデータの各周波数に対する加速度の最大値と最小値

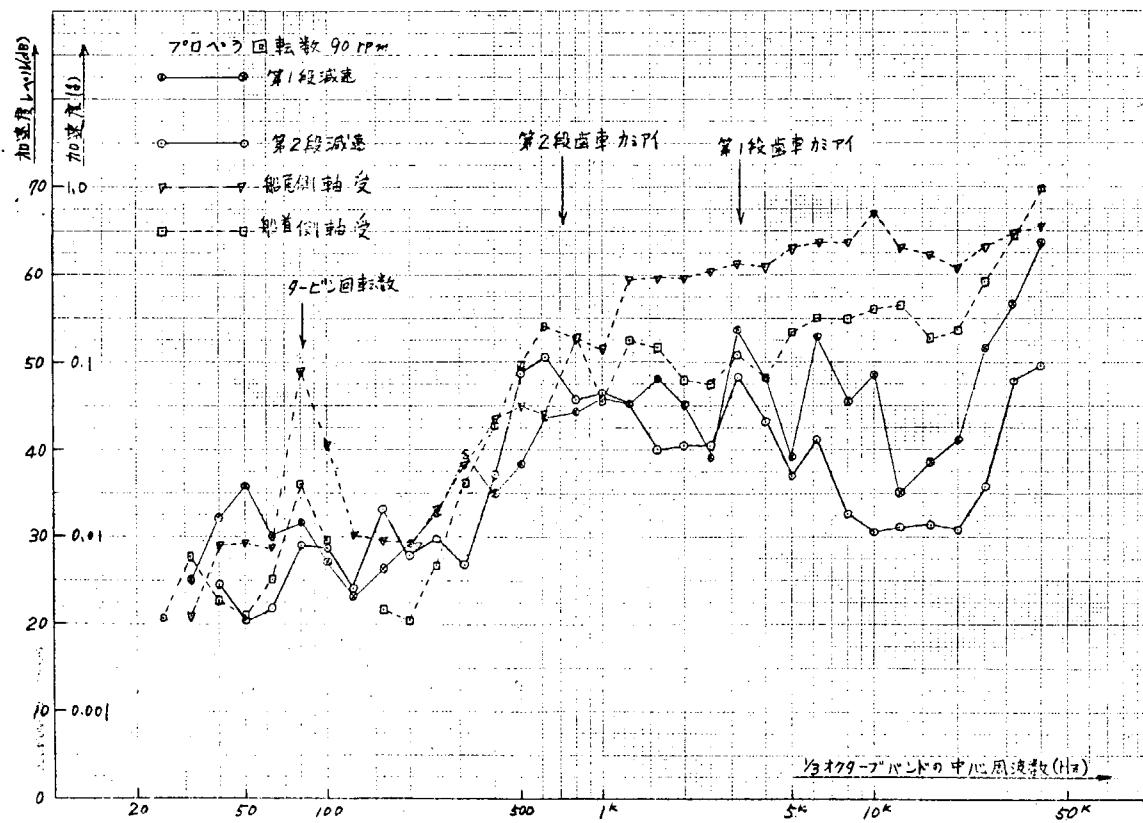


第 2.1.2-2 図 第 6 回計測高圧タービン船尾側軸受振動

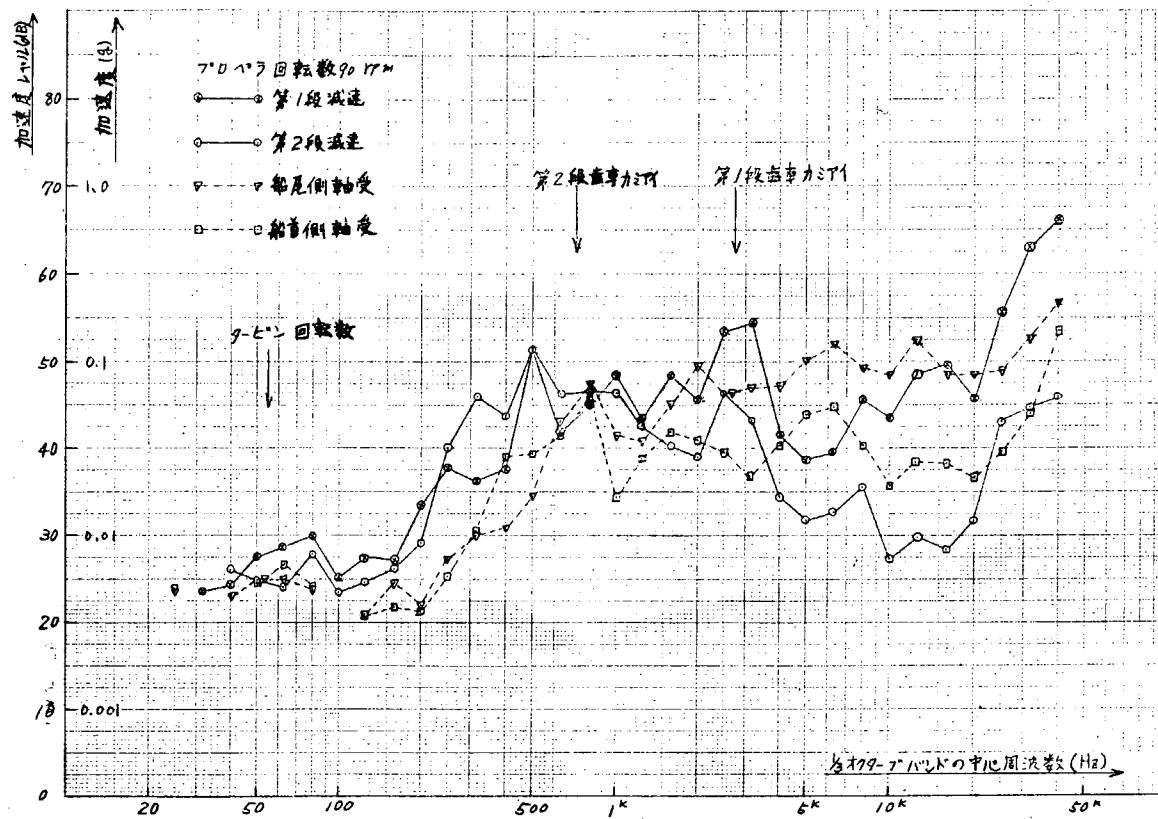
9 0 rpmの連続運転において 15 分ごとに 4 回測定したデータの各周波数に対する加速度の最大値と最小値



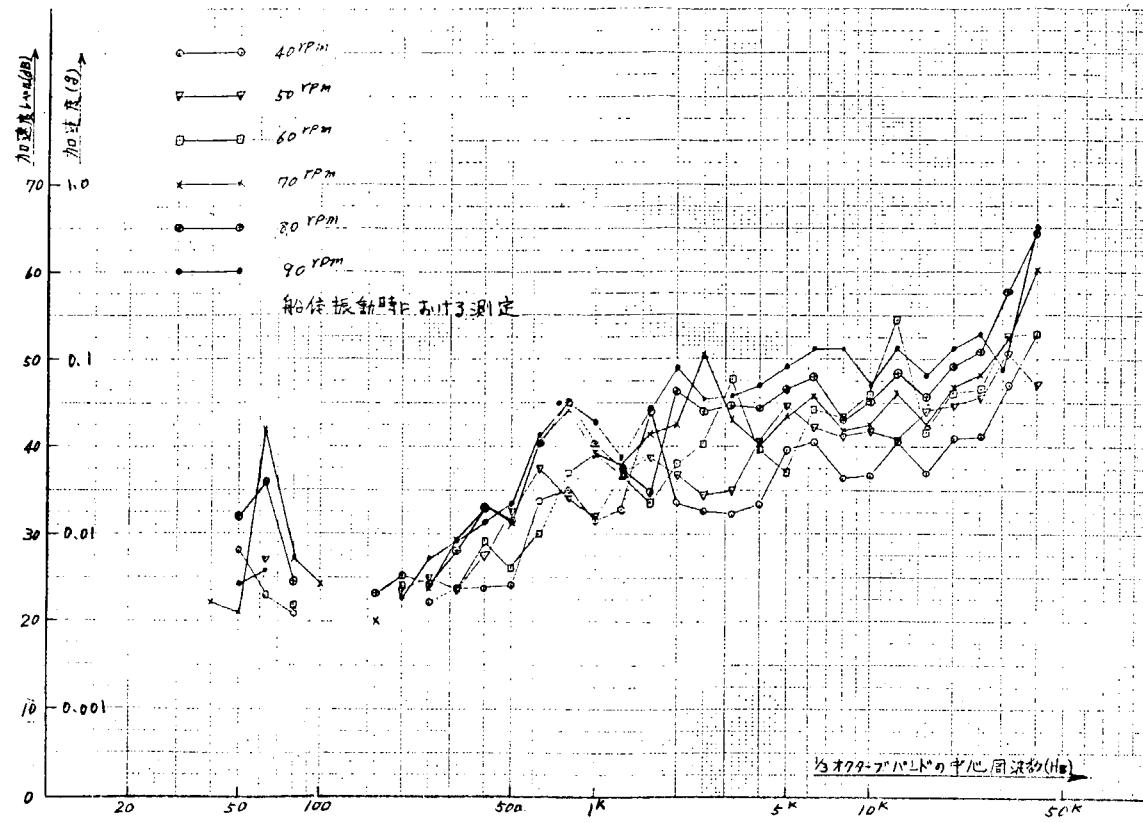
第 2.1.2-3 図 第 6 回計測低圧タービン船尾側軸受振動



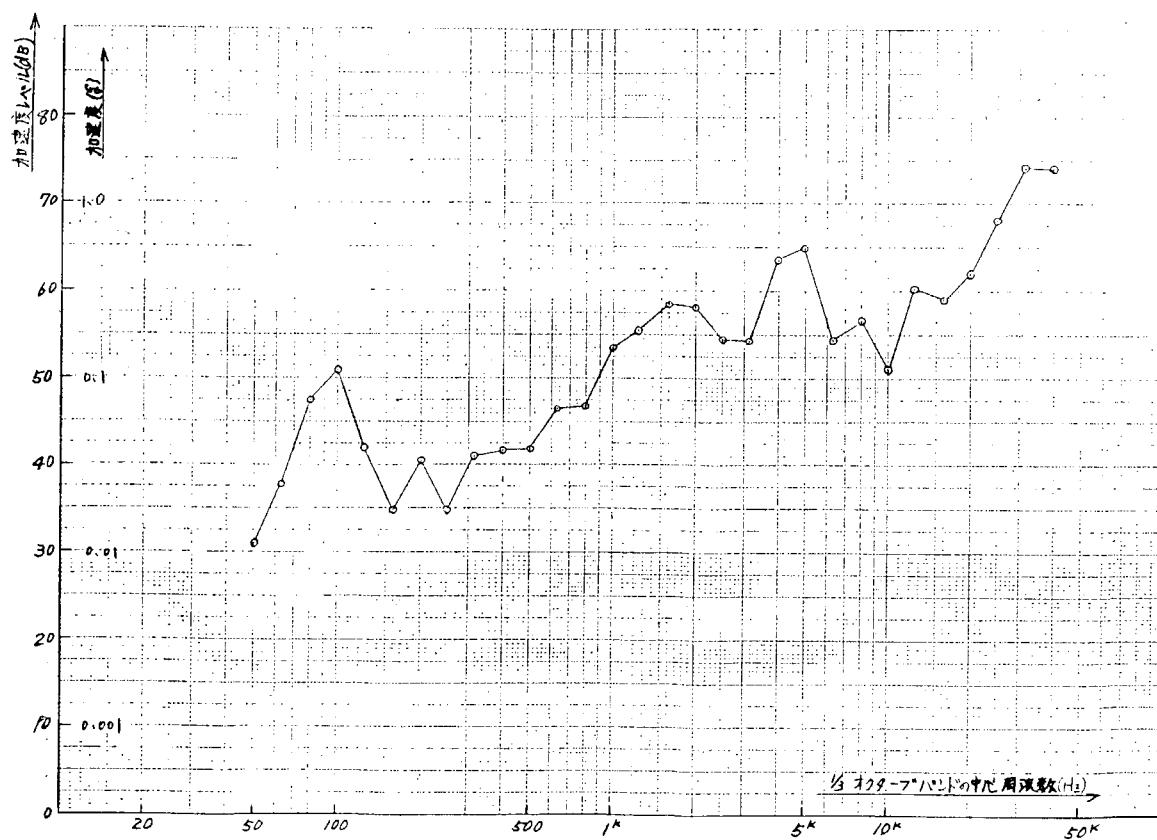
第2.1.2.4図 第6回計測高圧タービン、第1段、第2段減速カバーおよび船首側、船尾側軸受振動



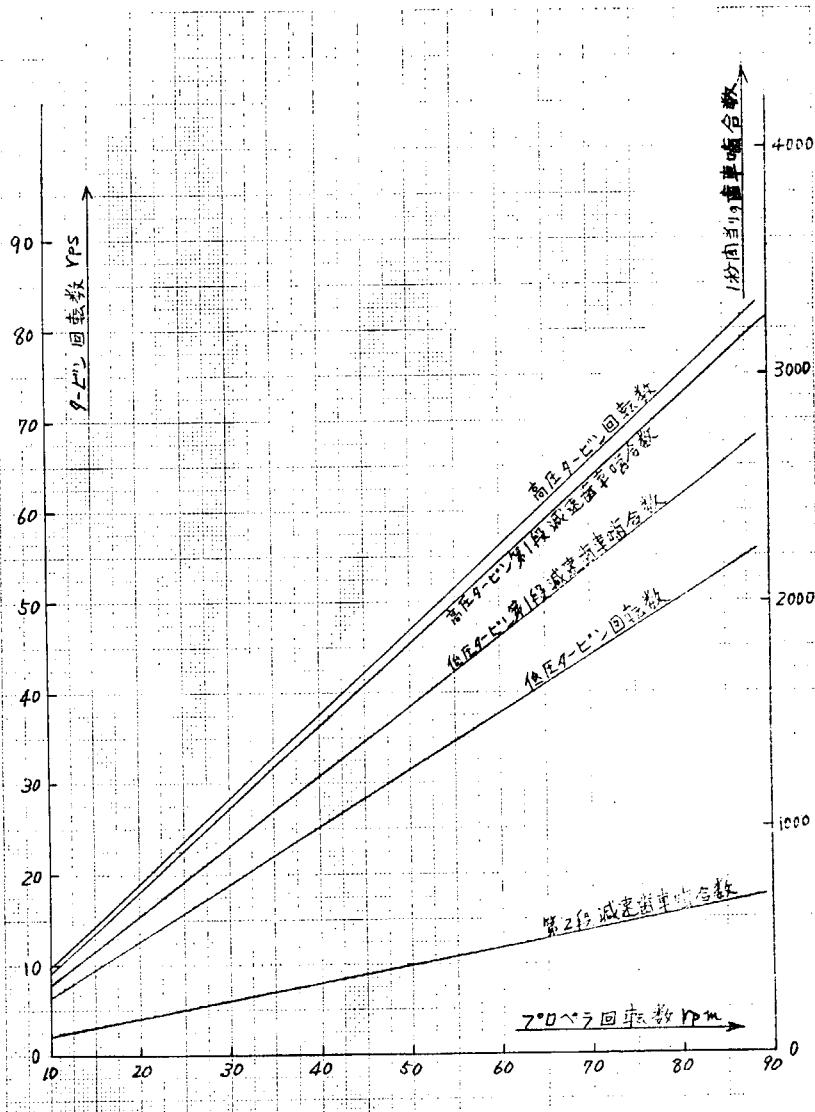
第2.1.2.5図 第6回計測低圧タービン第1段、第2段減速歯車および船首側、船尾側軸受振動



第2.1.2.6図 第6回計測低圧タービン船尾側軸受振動



第2.1.2.7図 第6回計測カーゴオイルポンプの振動



第2.1.2.8図 第3回、第6回計測、プロペラ回転数とタービン回転数および減速歯車の噛合数の関係

(7) 第7回計測

計測日時、項目

(a) 日 時

45年1月7日～8日 海上運転

(b) タービン要目

型 式 MT-300-3

出 力 連続最大 30000 PS / 87 rpm
常 用 30000 PS / 87 rpm

蒸 気 条 件 60 Kg/cm²g × 510°C

主復水器真空 722 mmHg

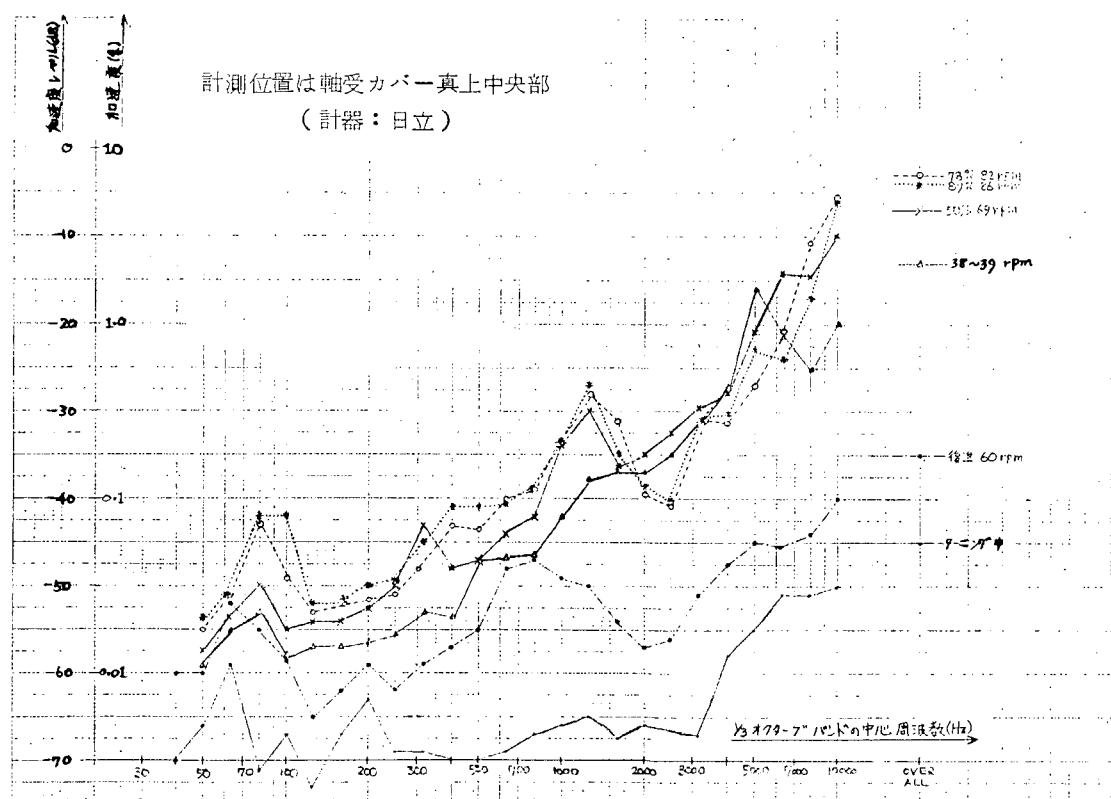
抽 気 段 数 2

	高圧タービン	低圧タービン	後進タービン
段 落 数	8	8	カーチス1段 ラト- 2段
最大出力回転数	5548	3582	—
定格出力回転数	5548	3582	—
後進回転数	—	—	2470

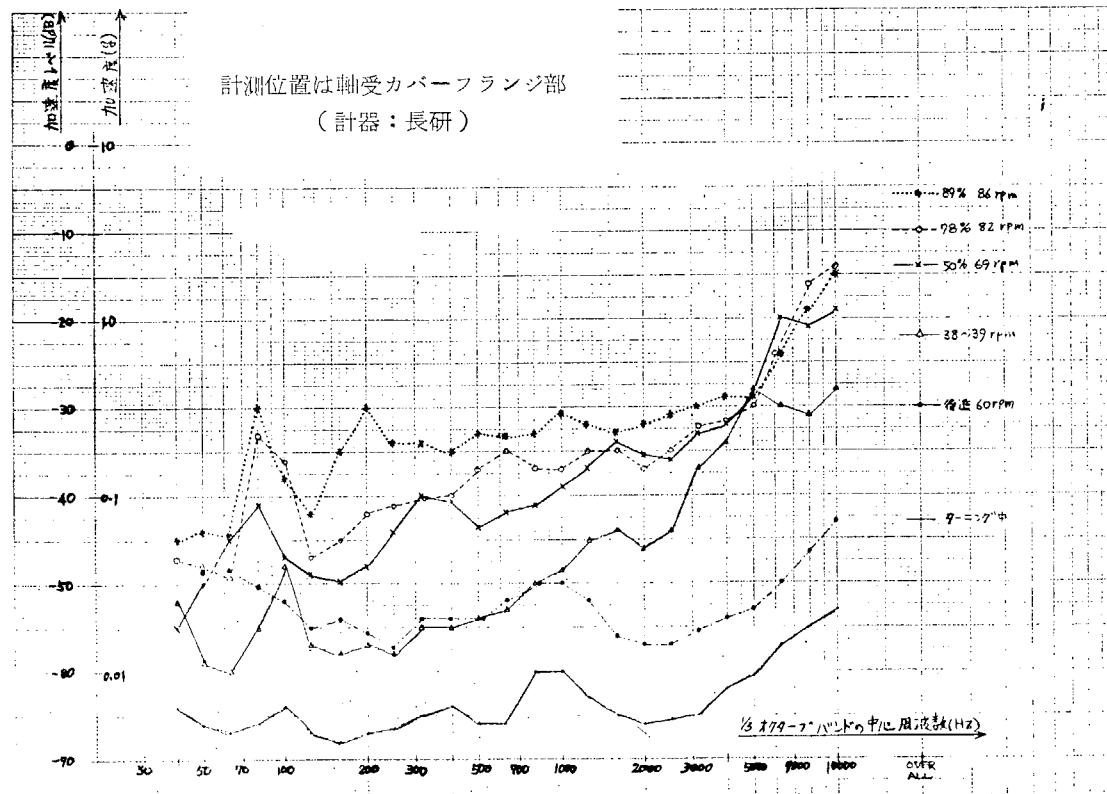
(c) 主減速装置要目

	高 壓 側				低 壓 側		
	第 1 段		第 2 段			第 1 段	
	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車	小歯車
歯 数	51	451	71	512	79	451	71
回 転 数	5548	627.4		87	563.9		3582

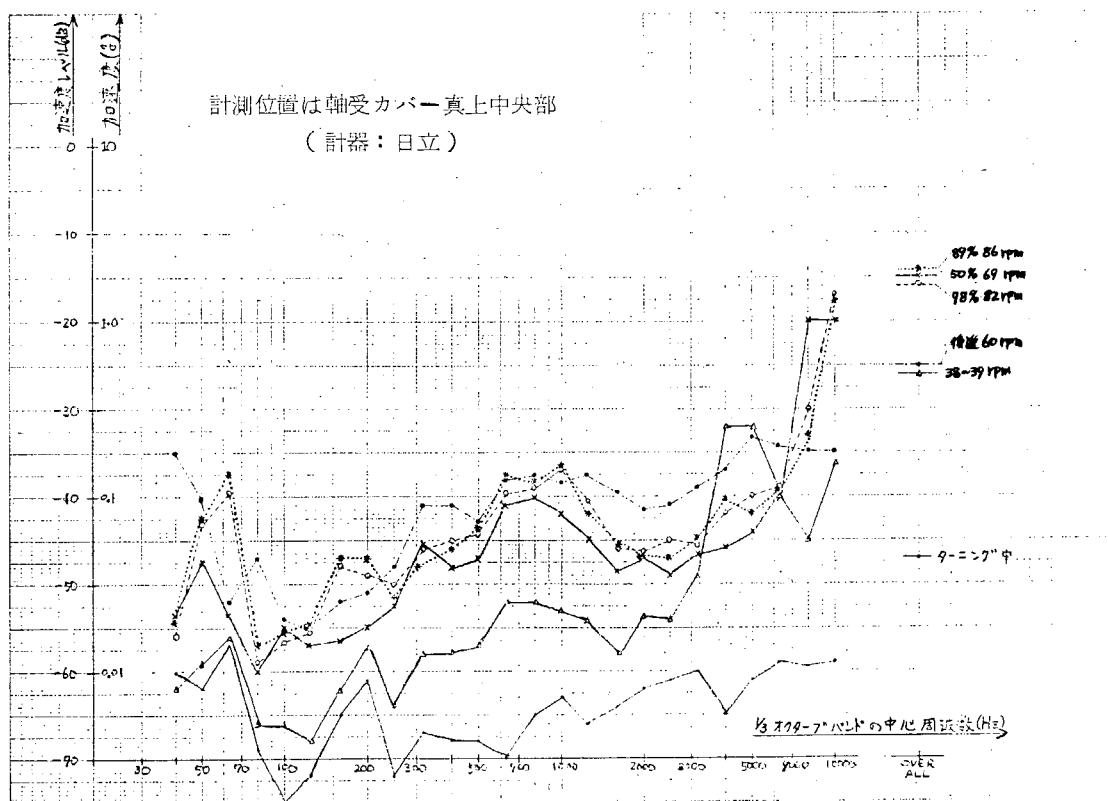
プロペラ翼数 5



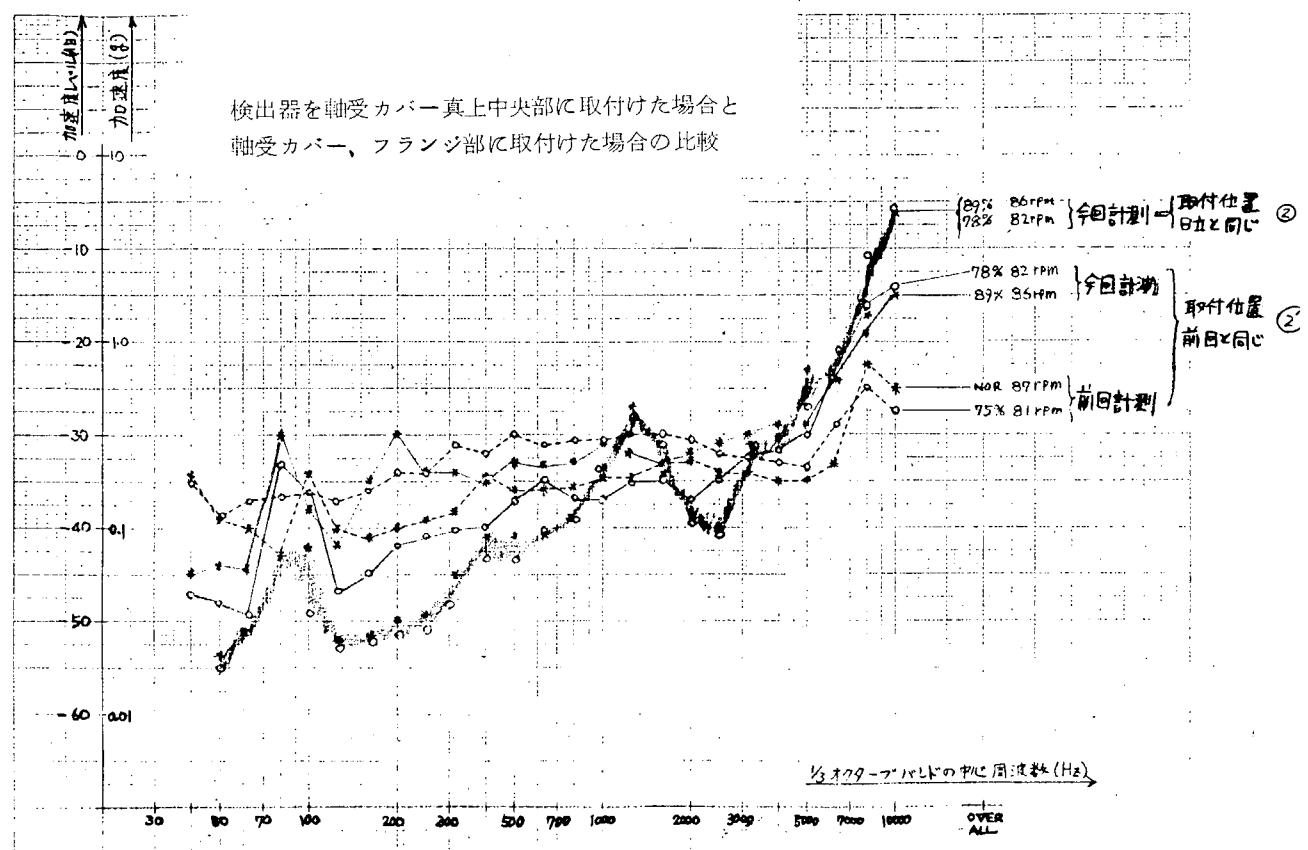
第 2.1.2.9 図 第 7 回計測高圧ターピン船尾側軸受振動



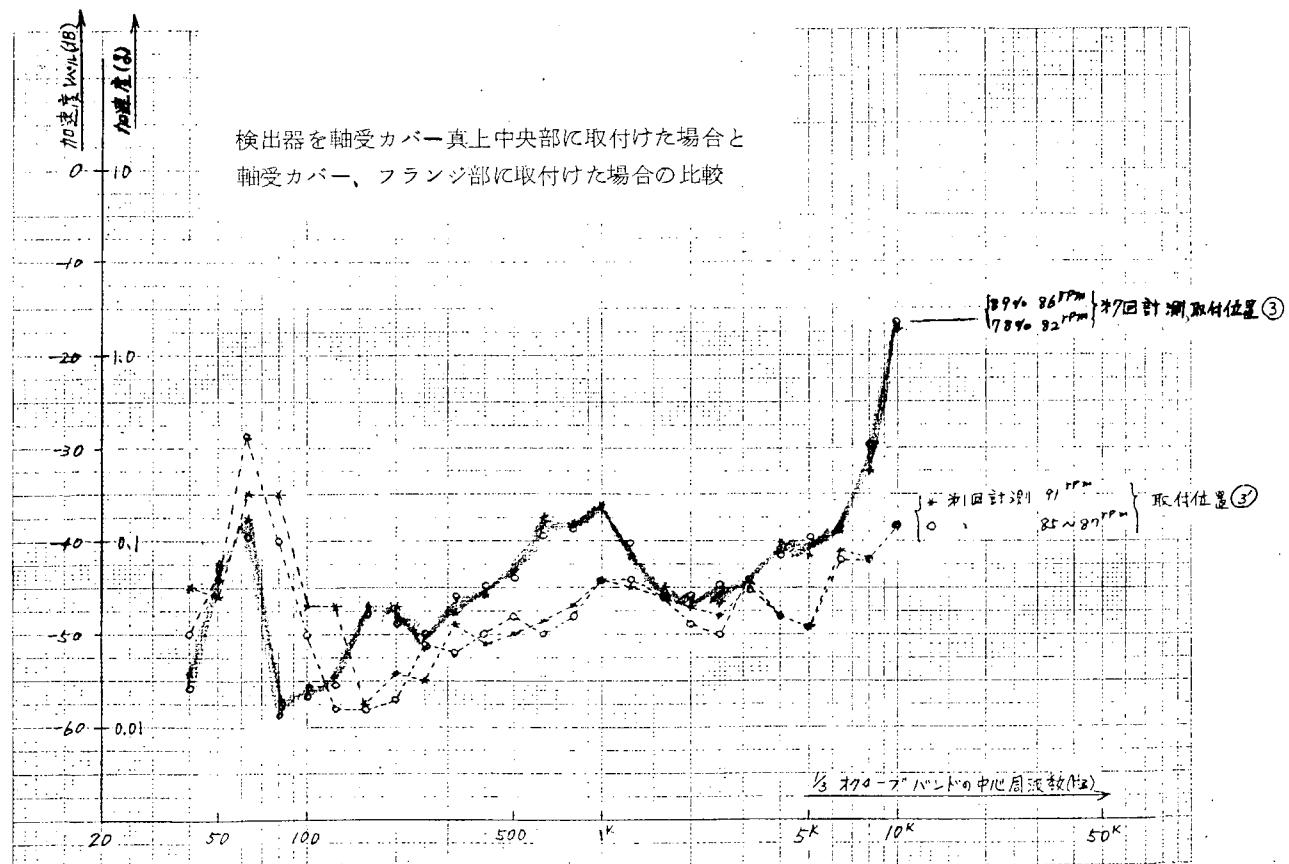
第2.1.3.0図 第7回計測高圧タービン船尾側軸受振動



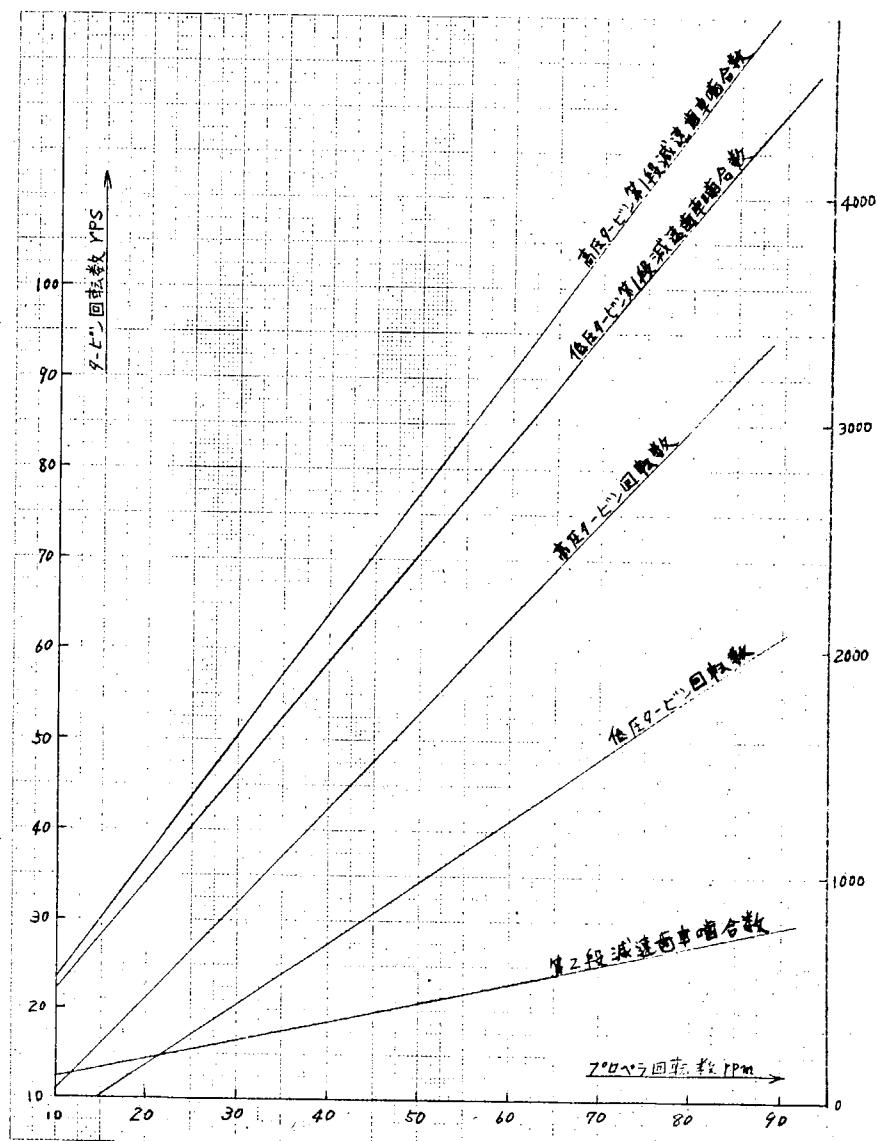
第2.1.3.1図 第7回計測低圧タービン船尾側軸受振動



第2.1.3.2図 第7回計測高圧タービン船尾側軸受振動



第2.1.3.3図 第7回計測低圧タービン船尾側軸受振動



第2.1.3.4図 第7回計測プロペラ回転数とターピン回転数、減速歯車噛合数の関係

2.1.5 計測結果の検討

(1) 振動加速度検出器の取付け位置の差について

- (a) 振動加速度検出器を船尾側軸受カバー真上中央部に取り付けた場合と軸受カバー、フランジ部に取り付けた場合との差

船尾側軸受カバー部の振動を計測する際、検出器をカバー真上中央部に取り付けた場合とフランジ部に取り付けた場合との違いを調べるために、高圧ターピンについて、検出器を船尾側軸受カバー真上中央部と軸受カバー、フランジ部とに取り付けて同時計測をした。この検出器の取付け位置の差の比較を第2.1.3.2図に示す。1~250Hzで軸受カバー真上中央部の計測値がピークを示す。1,000Hz~1,600Hzの周波数域を除いて3,000Hzまでの周波数域では、軸受カバー真上中央部の計測値がフランジ部の計測値を下回る。5,000Hz以上の周波数になると逆に軸受カバー真上中央部の計測値がフランジ部の計測値を上回る。また第1回計測の低圧側船尾軸受カバー フランジ部の計測値と第7回計測の低圧側船尾軸受カバー真上中央部の計測値との比較を第2.1.3.3図に示す。1~50Hz以上の周波数域では、軸受カバー真上中央部の計測値はフランジ部の計測値を上回る。150Hz以下の周波数域ではこれと逆の傾向である。

- (b) 振動加速度検出器を船首側軸受カバー、船尾側軸受カバー、第1段減速歯車カバー、第2段減速歯車カバーに取

り付けた場合の差

船首側軸受カバー部と船尾側軸受カバー部の振動の違いを調べるために、第4回と第6回計測で、これ等の位置で計測した。また、第1段減速歯車カバー部と第2段減速歯車カバー部の振動と船首、船尾側軸受カバー部の振動の違いを調べるために第6回計測では、これらの位置でも計測した。

第2.1.1.3図に第4回計測の高圧タービンの船首側と船尾側軸受カバー部の振動の比較を示した。2,000Hz～20,000Hzの周波数域では両計測値の差は小さく波形は同形とみなせる。2,000Hz以下の周波数域では、波形も異なり測定値の差が大きくなる領域が多い。第2.1.1.4図に低圧タービンの船首側と船尾側軸受カバー部の振動の比較を示す。全周波数域で船尾側の計測値は船首側のそれよりも大きい。第2.1.2.4図に第6回計測の高圧タービンの船首側と船尾側軸受カバー部の振動の比較と第1段減速歯車カバー部、第2段減速歯車カバー部の振動の比較を示す。500Hz～800Hzの周波数域を除いて、船首側の計測値は船尾側の計測値を下回る。100Hz～150Hz、400Hz～1,250Hzの周波数域と2,500Hzの周波数を除いて、第1段減速歯車カバーの計測値は、第2段減速歯車カバーの計測値を上回る。また、第1段減速歯車の噛合数に相当する周波数では、第1段減速歯車カバーと第2段減速歯車カバーの計測値がピークを示したが、軸受カバーの計測値にはこの傾向が表われない。また高圧タービン回転数に相当する周波数では、船首側、船尾側の計測値がピークを示しているが、船尾側の計測値のほうが船首側のそれよりも大きい。第2.1.2.5図に、第6回計測の低圧タービンについて、第2.1.2.4図に示したことと同様のことを示す。315Hz～500Hzの周波数域では、船尾側の計測値が船首側の計測値を上回る。630Hz以下の周波数域では、減速歯車カバーでの計測値が軸受カバーでの計測値を上回る。また第1段減速歯車の噛合数に相当する周波数附近では第1段減速歯車カバーと第2段減速歯車カバーの計測値はピークを示す。

(2) 一定回転中の時間に対する計測値の変動

第4回、第5回、第6回計測では、一定回転数の運転で、異なつた時刻に計測して得た計測値にもとづき、スペクトラムの変動について検討した。第4回計測では、計測値の変動巾の最大値は±5dBである（第2.1.1.3図、第2.1.1.4図参照）。第5回計測では計測法による外乱が加わかつたために、100Hz以下の周波数域では、計測値の変動巾は大きくなつた（±12dB）。しかし、100Hz以上の周波数域では最大変動巾は±3dBである（第2.1.1.8図参照）。第6回計測では最大変動巾は±2.5dBである（第2.1.2.2図、第2.1.2.3図参照）。以上の計測結果より、運転中に外乱が発生しなければ、一定回転中の計測値の変動巾は比較的小さいものと見なせる。また、第2.1.3.5図に発電機タービンの振動加速度の計測結果を示す（船研提出）。時間の経過に対する、計測値の変動巾は主機の場合に比べていつそう小さい。

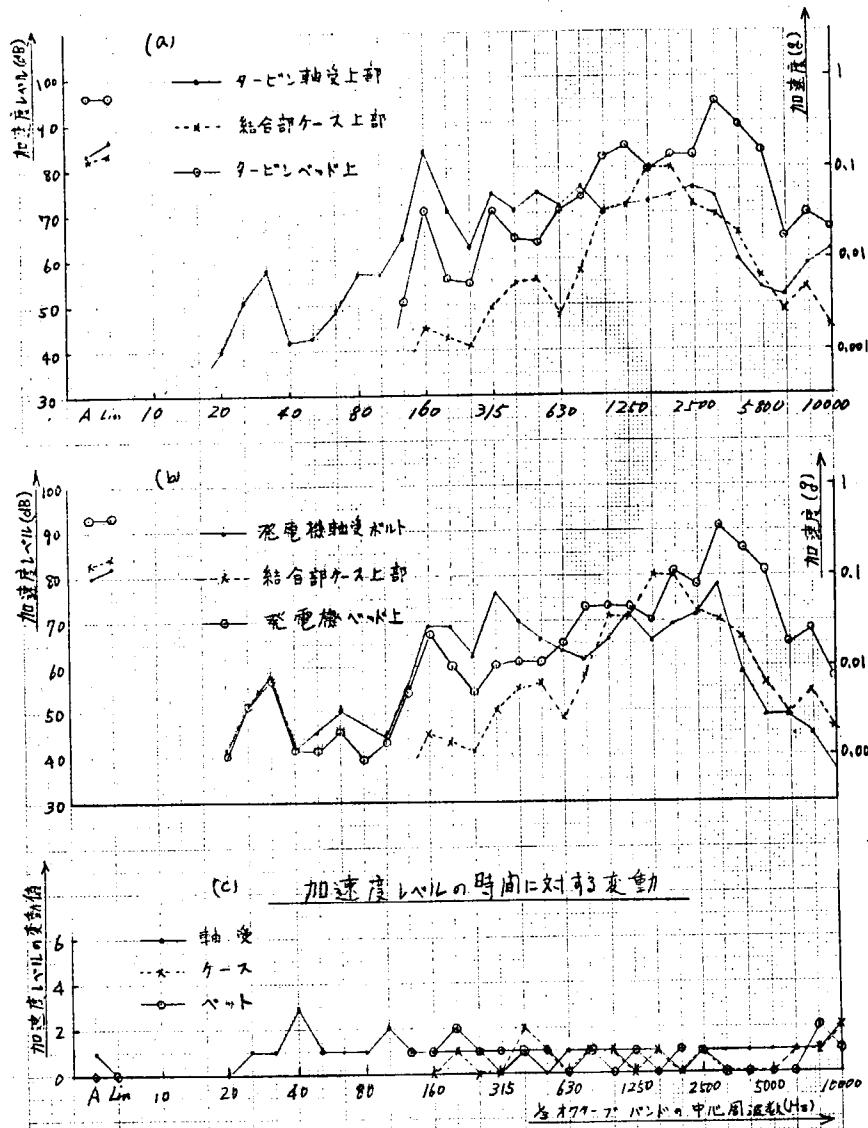
(3) 回転数に関する比較

1) ある回転数以上（第4回計測では70rpm、第5回計測では66rpm以上、第6回計測では65rpm以上、第7回計測では69rpm以上、なお第1回計測では81rpm以下のデータがないので除外した。）になると、回転数の変化によるタービンの振動加速度計測値の変動巾は小さくなる。特に周波数が高くなるとこの傾向が明白となる。一方これに反し200Hz以下では、この計測値の差は大きい（第2.1.1.1図、第2.1.1.2図、第2.1.1.6図、第2.1.1.7図、第2.1.2.0図、第2.1.2.1図、第2.1.2.9図、第2.1.3.1図参照）。第2.1.3表にこの結果をまとめて記す。

2) 1) で述べた回転数よりも低い回転数範囲では、大部分の周波数域で、回転数の増加に伴ない加速度も増大する（第2.1.1.1図、第2.1.1.2図、第2.1.1.6図、第2.1.1.7図、第2.1.2.9図、第2.1.3.1図参照）。

しかし、第2.1.1.1図、第2.1.1.2図、第2.1.2.9図に示されているように、一部の周波数域では、これと逆の傾向が生じている。すなわち、回転数が低いときの計測値が回転数の高いときの計測値を上回る。また一部の周波数域では、1) で述べた回転数範囲の振動加速度よりも、2) で述べた回転数範囲の振動加速度のほうが大きい

(第2.1.11図、第2.1.12図、第2.1.16図、第2.1.29図、第2.1.51図参照)。



注) IHI GDC-70×770 PS×1,800 rpm, 650 KVA×450 V×3φ タービン
回転数 9,804 rpm, 44年12月23日計測

第2.1.3図 タービン発電機の振動

第2.1.3表 時間経過に対する加速度レベルの変動巾

計測番号	MCR回転数	対象回転数	HP加速度変動巾 A	LP加速度変動巾 B	LP加速度変動巾 A	LP加速度変動巾 B
1	90 rpm	81 rpm～91 rpm	±3.75 dB	±4.75 dB	±2 dB	±5 dB
4	87	70 ～84	±5	±5.6	±8	±14
5	95	66 ～95	±3.75	±6	±3.5	±12.5
6	87	65 ～90	±4.3		±6.5	
7	90	69 ～86	±3.75	±4	±2.75	±4.75

- 注 1. 加速度変動巾 Aは、200 Hz 以上の周波数の90%以上が納まるような加速度変動巾を示す。
2. 加速度変動巾 Bは、200 Hz 以下の周波数の80%以上が納まるような加速度変動巾を示す。

(4) 前進運転中と後進運転中の計測値の比較

第5回、第7回計測で後進運転中の計測を行なつた（第2.1.16図、第2.1.17図、第2.1.29図、第2.1.31図参照）。低圧ターピンについては、後進運転中の計測値は、前進運転中の計測値と同じかあるいは大き目である。しかし、高圧ターピンにおいては、計測2例の間で異なる傾向を示している。すなわち、第7回計測の例では、第2.1.29図に示されているように、後進運転中の計測値は前進運転中のそれよりも小さく、周波数が高くなるに従つて前進運転中と後進運転中の差は大きくなる。一方、第5回計測の例では第2.1.16図に示されているように第2.1.29図に示した傾向とは異なり、周波数が高くなつても前進運転中と後進運転中の計測値の差はほとんどない。

(5) 海上運転時と陸上運転時の計測結果の比較

第2回計測と第3回計測は陸上運転時の計測である。第2回と第5回計測の高圧ターピン側の結果を比較すると（第2.1.6図、第2.1.16図参照）、陸上運転時の計測値は海上運転時の計測値に等しいかやや低めである。

また、低圧ターピン側の計測値を比較すると陸上運転時の計測値は周波数の変化に対して計測値の変化率は小さい。また絶対値は(3)の1)で述べた回転数範囲の海上運転の値よりは、やや低目である。おののの周波数において、計測値の最大値と最小値の差は海上運転時のそれよりも小さい（第2.1.7図、第2.1.17図参照）。第3回計測と第6回計測を比較すると、高圧ターピン側の計測値は、400Hz以下の周波数域と3,150Hz以上の周波数域では、陸上運転時のほうが海上運転時の計測値よりも大きい。（第2.1.9図、第2.1.20図参照）。また、低圧側の陸上運転時の計測値は、500Hz以下の周波数域では海上運転時の計測値よりも大きく500Hz以上の周波数域ではほぼ等しい値である（第2.1.10図、第2.1.21図参照）。陸上運転時と海上運転時の波形の異なりは、運転状態の差（無負荷と負荷のある状態）、ターピン本体のすえつけ方の差、ターピン本体以外の振動源の差にあるものと思われる。

(6) 低圧ターピン船尾側軸受カバーの計測値と高圧ターピン船尾側軸受カバーの計測値との比較

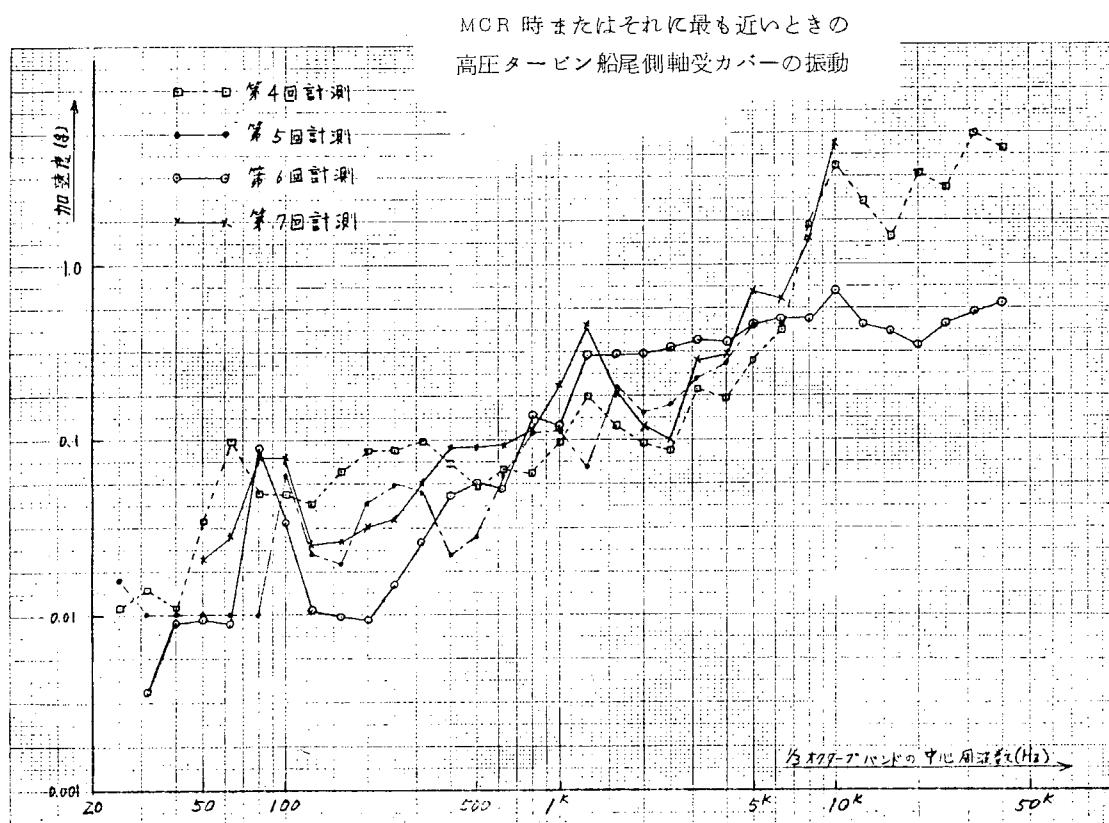
- 1) 第1回計測、第5回計測、第6回計測では、100Hz以下の一部の周波数域を除いて、高圧側の計測値は低圧側の計測値よりも大きい（第2.1.3図、第2.1.4図、第2.1.16図、第2.1.17図、第2.1.20図、第2.1.21図参照）。また、第7回計測でも、800Hzまでの周波数域では、高圧ターピン側と低圧ターピン側の差はほとんどないが、800Hz以後、高圧側の計測値は低圧側のそれよりも大きい（第2.1.29図、第2.1.31図参照）。
- 2) (3)の1)で述べた回転数範囲での計測値の差は、第1回の計測結果を除いて高圧ターピン側の差のほうが小さい。
- 3) 第1段減速歯車カバーと第2段減速歯車カバーの計測値は、低圧側と高圧側で顕著な差はない（第2.1.24図、第2.1.25図参照）。

(7) 機種別による比較

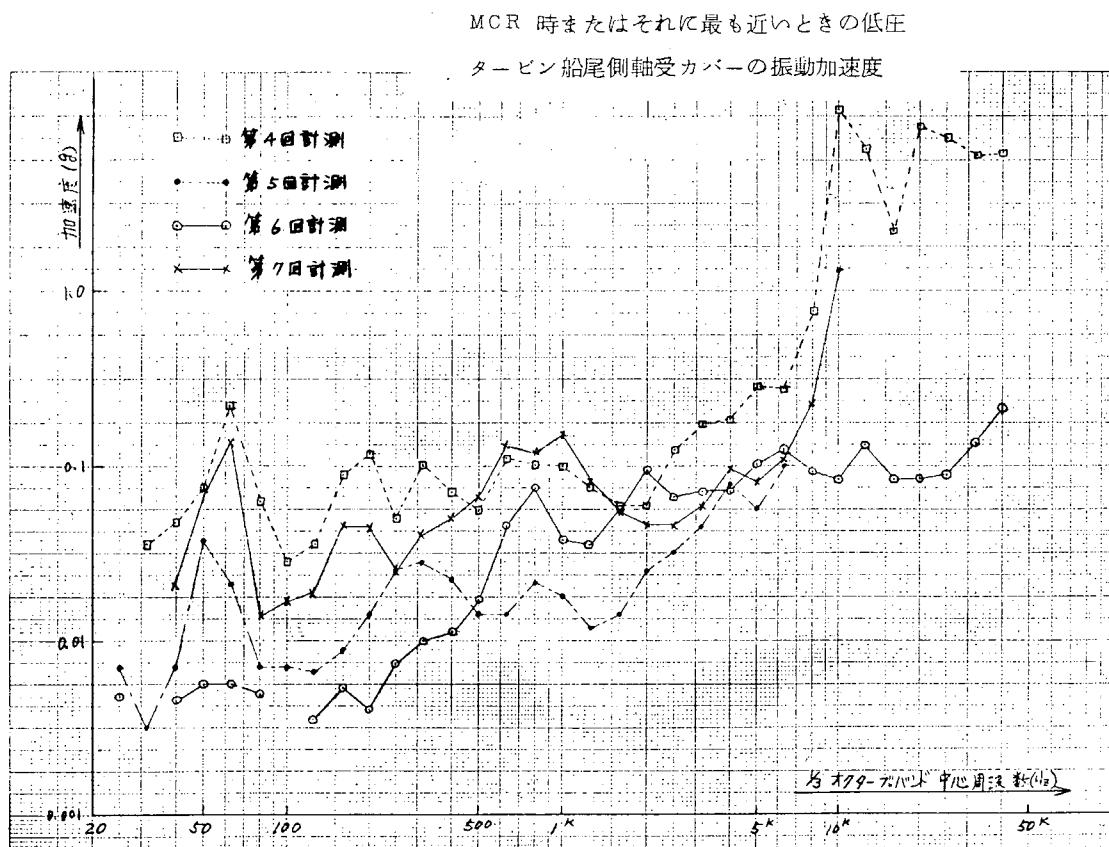
- 1) (3)の1)で述べているように、全機種ともある回転数以上になると、計測値の変動巾は小さくなる傾向があるが、計測値の絶対値は第2.1.36図と第2.1.37図に示すように機種によつて差がある。特に、周波数の高いところではこの差が顕著に表われる。
- 2) 後進運転中の計測結果が第5回と第7回計測に述べられているが、高圧ターピン側では第5回の計測値が第7回の計測値よりも大きく、その差は高周波数域で大きくなる。一方低圧ターピン側では、第7回の計測値が第5回の計測値よりも大きい。このように後進運転中の値も機種によつて大きな差があると考えられる。

(8) 異常時の一例について

センサーの実験的研究の一部として実施されたターピン軸受メタル温度の検知の実験において、油切れによる焼付き時の軸受部の振動の一例が得られているが、それによれば油の供給停止後には、全体の振動加速度レベルは上らず軸回転数前後の周波数の振動レベルのみが高くなつた。また軸と軸受の金属接触が始まると、リニアのレベルおよび回転数に対応する周波数のレベルも上昇することが明らかになつた（ターピン軸受メタル温度と摩耗の検知の研究の2.2.3(4)参照）。



第 2.1.3.6 図 高圧タービン船尾側軸受振動の機種による比較



第 2.1.3.7 図 低圧タービン船尾側軸受振動の機種による比較

2.1.6 まとめ

この研究の開始にあたつて、タービンの運転音を分析すれば定まつた振動加速度スペクトラムをもつており、異常が発生すれば正常のスペクトラムから外れるであろうから異常発生の検知に利用できるに違いないと想定した。

本年度は、タービン内部振動を高低圧タービン船尾側軸受部に検出器を取り付ける方法で計測し検討の結果、下記の結論を得た。

- 1) 測定したどのタービンにおいても、前進運転中で回転数がある程度以上(2.1.5(3)1))の結果を総合し、約65rpm以上と思われる)になると、振動加速度スペクトラムは狭い変動巾の中におさまり、一方、その回転数以下では回転数が増加するにつれて振動加速度値も増大するという傾向があるが、一部の周波数域では、この傾向一回転数の低いほうの加速度が回転数の高いほうの加速度を上回るという傾向一と逆になる。
- 2) 一定運転状態では、時間経過に対する計測値の変動巾は小さいとみなせる。
- 3) 振動加速度検出器の取付け位置の差により計測値は異なる。
- 4) 陸上運転時の計測結果と海上運転時の計測結果は異なる。
- 5) 異常時における正常スペクトラムよりの偏りには、ある法則性が存在すると推定される。

したがつて、本研究の方法をタービン内部への異物侵入、内部接触、部品の脱落などの事故の検知に活用することは可能であろうとの見通しがかなりの確信をもつていえよう。

しかし、低回転時は、回転数とスペクトラムの関係に乱れがあること、低周波域で雜音を拾う場合があること、比較的回転数の低いとき、ある周波数で加速度レベルが特異的に高い現象が現われるなどまた法則性を把握し難い問題があるので、これなどの解明のためにも、さらに計測を続けてデータ数をふやす必要がある。すなわち、今後特に回転数の低い低負荷での計測を注意して行なうと同時に船体や補機などの振動のタービンに及ぼす影響も調べる必要がある。また、本年度は計測中に異常振動が発生しなかつたので、正常時のデータのみしか把握できなかつたが、異常検出を行なうには、異常時のデータ収集も必要である。異常時のデータを収集するために、連続監視計器を実船に搭載し計測する方法や異常状態をシミュレートして異常時のデータを収集する方法があり、今後、これらについて検討し異常時のデータを収集する必要がある。

2.2 タービン軸受メタル温度と摩耗の検知の研究

2.2.1 研究の目的

蒸気タービンのような高速回転機械においては軸受に関する故障は、その波及効果が大きく、軸受のみならずタービン機械全体に影響をおよぼす重大事故の原因となる。たとえば軸受焼損は平軸受の場合には、振動、ロータの屈曲、回転部と静止部の半径方向接触、推力軸受の場合には、軸方向接触等の船舶の機関室での修理不能な事故につながる恐れがある。

このような軸受に対して従来は軸受排油温度のみの監視を機関室員が行なつているにすぎない。タービン船の超自動化に際し、電算機を用いて、タービンプラントの監視、異常検知、事故防止操作、制御等を行なう場合、無人の機関室において従来の方法より優れた軸受の状態を監視するセンサーが必要である。

本試験では軸受試験装置を用いて、軸受メタル温度、軸の変位等の軸受状態を表わす諸値の正常および異常時の実態を把握し、電算機制御の検出端としての有用性を検討した。

2.2.2 研究の概要

軸受の運転作動状態を監視するため状態量としては、排油温度、給油圧力(給油量)、軸トルク、軸受メタル温度、軸と軸受の相対変位、振動、加速度、音響等が考えられる。本試験では、現在一般にとられている軸および軸受形状に大きな変更を加えることなく、実機への適用が容易なものとして、軸受メタル温度、軸と軸受の相対変位、振動加速度を主としてとりあげ、給油圧力(給油量)は試験変数として取り扱うこととした。

上記の軸受状態値のうち軸トルクは実機における計測上、多大の困難を伴なう欠点があるし、音響については周辺機器の運転者との分離上問題を残しており、将来の問題として、今回の試験ではとりあげなかつた。

本試験では、軸受状態値の正常および異常時の実態を把握するために、後述の軸受試験機を製作し、使用したが、この軸受試験機の製作に当つては現在、使用せられている船用蒸気タービンの軸受諸元に許しうる限り近いものとし、試験機を用いて得た実験結果が大差なく実機にも適用しうるよう留意した。軸受異常の原因としては給油量の減少、異物の混入、振動等による過大な負荷等種々のものが考えられるが、本試験では給油量の減少によつて軸受に異常状態を与え、その過渡現象を前述の計測値としてとらえ、軸受事故を早期に発見し、それに起因する重大事故を防ぐ上にどのような計測方法および値が有効であるかを検討し、次のような結果を得た。

- 1) 平軸受、推力軸受の給油減少時における焼付に至るまでの過渡時における軸受メタル温度、軸と軸受間の相対変位と軸受損傷の形態を明らかにするとともに、軸受異常を検知してタービン機械を停止あるいは、スローダウンすべき許容時間をほぼ求めることができた。
- 2) 軸受が給油量変化による異常を起す場合、それが急激に発生する場合は変位の変化率あるいは軸受メタル温度変化率を検出値とするのがよいか、現象が非常にゆるやかに起る場合は軸受温度あるいは軸の変位量により検出すべきである。
- 3) 軸受メタル温度を検出端とする場合の最適な計測場所を求めた。また、計測変数は軸の片当たりを考慮して、多点にする必要がある。
- 4) 給油減少時、平軸受では軸はただちに平衡位置から荷重中心の方向に直線的に変位し、ついで軸と軸受は荷重中心から回転方向によつたところで接触する。したがつて軸変位は荷重方向不変の場合には荷重方向のみで測定しても、軸受の異常を十分知ることができる。
- 5) 平軸受の場合、軸受メタル温度は軸と軸受の相対変位によつて起る。最高温度点は時間が経るにつれ荷重中心に寄る。
- 6) 平軸受の場合、給油温度の低いほうがメタル温度上昇率が多少高い傾向にあるが、温度上昇そのものは給油温度に影響はない。推力軸受の場合にも給油温度が高いときには、同一メタル温度に達する時間は短くなるが、温度上昇率には大差なく、どちらの場合もメタル温度および温度変化率の検出に対する影響は少ない。
- 7) 給油管の容積は軸受の潤滑油入口に対して、圧力水頭をもたない場合には給油停止の異常状態には影響を及ぼさない。
- 8) 給油減少による異常時、平軸受の場合、軸受の振動加速度は全体のレベルでは余り変化ないが、軸回転数前後の振動数での加速度レベルが高くなる。

2.2.3 平軸受における異常検知の実験

(1) 実験装置

実験装置の系統図を第 2.2.1 図に示す。

(a) 試験軸の駆動

試験軸の駆動は電動モータによる。3 相 220 V 電源を SCR 整流器により整流し、直流モータ（定格 7.5 kW, 175 ~ 2,200 rpm 連続可変）を駆動し増速機により 5.76 倍に增速し、歯車継手を介して試験軸を駆動する。SCR 整流器では定電圧制御を行なう。

(b) 試験軸受の潤滑と軸受荷重

試験用の潤滑油は、油タンク①から歯車ポンプ②により加圧され減圧弁、ストレーナ、オイルクーラ③を経て、オーバルギヤ流量計④で流量を計測して試験軸受に供給される。流量は同時に管路オリフィス⑤の差圧を U 字管または電気式変換器にてベンレコーダにて計測される。供給油量、圧力の調整はストップバルブ⑥によつてなされた。供給油温度は、タンク①内の電熱器とオイルクーラ③とで調整され、その温度は給油管中におかれれた 2 mm φ アルメルクロメルシース熱電対で測定された。給油管の容量を変化の影響を調べるために配管に枝管⑦をつけこの先端に

適当な容量のタンクを設置した。

軸受荷重は試験軸受の下に設けた静圧軸受を介して油圧によつて加える。これに用いられる潤滑油は支持軸受用潤滑油タンク⑧から歯車ポンプ⑨にて加圧され、減圧弁を経て静圧軸受⑩、と加圧ピストン⑪に供給される。軸受荷重は減圧弁⑫によつて加圧ピストン内油圧を調整することによつて $2.0 \sim 4.0 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で設定できる。

平軸受の試験装置組立図を第2.2.2～3図に示す試験軸受、静圧軸受および加圧ピストンの油の入口、出口は第2.2.3図に明示した。

また、試験軸受の詳細を第2.2.4図に示す。軸受メタルの成分は錫基ホワイトであり、その組成を第2.2.1表に示す。また、使用した軸、軸受の詳細を第2.2.2表に示す。

(c) 使用した記号

c : 軸受半径すきま	mm	Q : 潤滑油流量	cm ³ /sec
D : 軸受直径	mm	R : 軸受半径	mm
d : 軸直 径	mm	t : 軸受メタル温度	°C
e : 偏心量	mm	t ₀ : 潤滑油入口温度	°C
L : 軸受幅	mm	T ₀ : 給油弁停止後時間	sec
N : 每秒回転数	rps		
n : 每分回転数	rpm	ε : 偏心率	(= e/c)
p : 圧 力	Kg/cm ²	η : 粘性係数	Kg·sec/cm ²
p ₀ : 潤滑油軸受入口圧力	atg	φ : 偏心角	
p _m : 軸受平均荷重 (投影面積当り)	Kg/cm ²		

(1) 計測事項と方法

(a) 軸受メタル温度の計測

軸受メタル温度の計測には0.5mm直径のクロメルアルメルシース熱電対を用い、第2.2.4図に示すように加工を施した軸受に軸受表面から1mmの所に熱電対の先端がくるように取り付け、温度を測定した。熱電対は第2.2.5図に示すように先端から5mmに径4mmのつばをろう付けし、M6の押しねじにて固定するようにした。挿入にあたつては熱電対の先端を除いて塗料で電気絶縁を施し軸受との電気抵抗を確認しながら押ねじで固定した。温度計測位置と計測点の名称は第2.2.4図に示すとおりである。

熱電対の出力は冷接点で室温補正を行ない、直流増巾器で増巾して電磁オシログラフにて記録した。

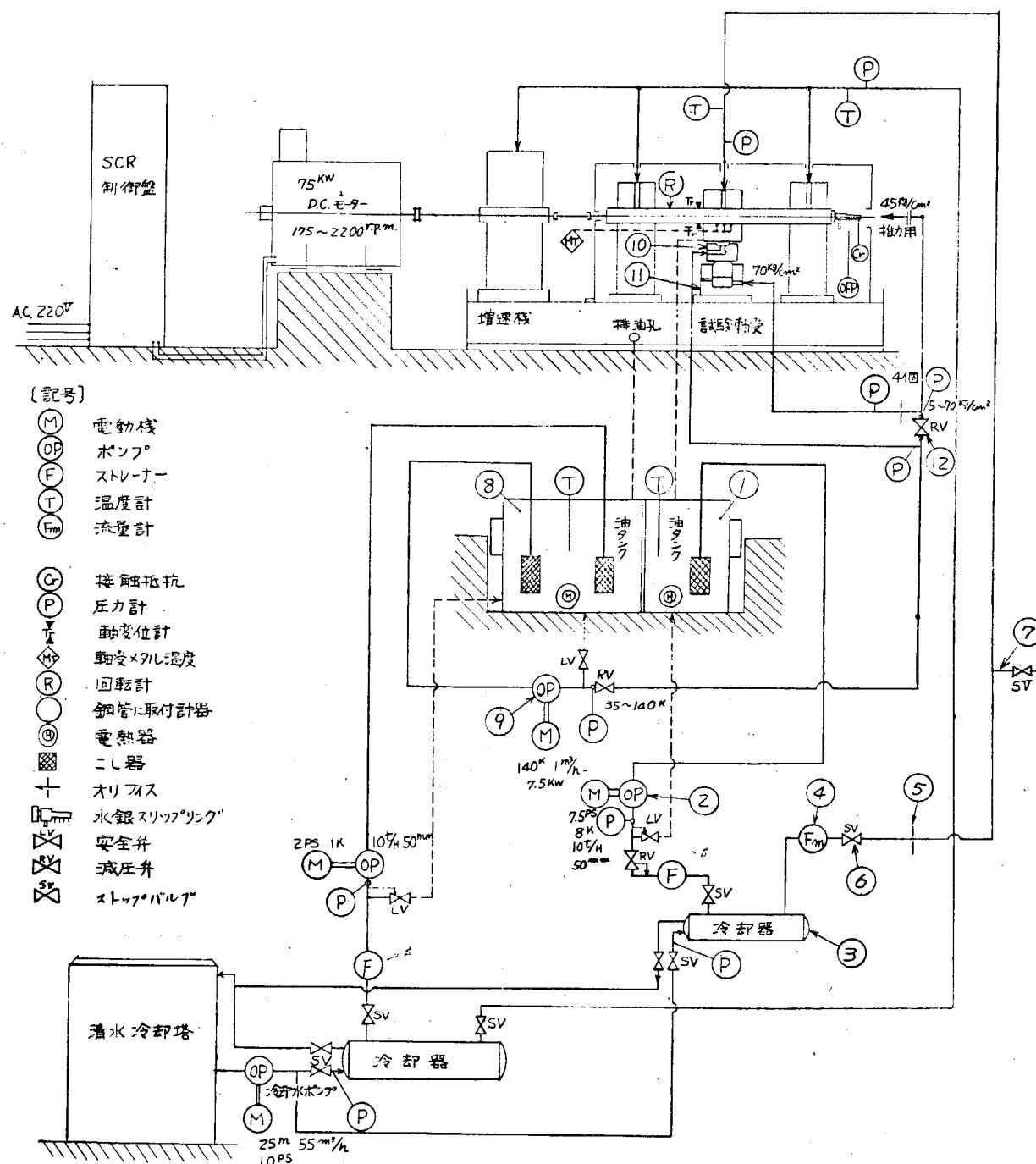
(b) 軸受と軸の相対変位の計測

軸と軸受の相対変位の計測にはインダクタンス型の無接触式変位計を用いた。ピックアップは第2.2.3図に示すように上下、左右方向に2個ずつ配置し軸受、軸、ピックアップ取付け座の熱膨脹による伸縮を補正できるようにした。

この場合、軸表面に曲率があるため、軸と軸受の相対変位と変位計出力の直線性に欠ける恐れがある。このために、ピックアップと軸との間隙を種々に変化させて、変位-変位計出力の関係を調べた。第2.2.6図に示すように初期間隙が小さいとピックアップと軸とが近づいた時、直線からはずれるようになる。したがつて、初期の間隙を300μくらいあけて測定域を300μにとると(すなわち軸が変位しても軸とピックアップの間隙が常に300～600μにあるように設定してやると)変位計出力と軸変位が十分の精度で比例関係にあることがわかつた。

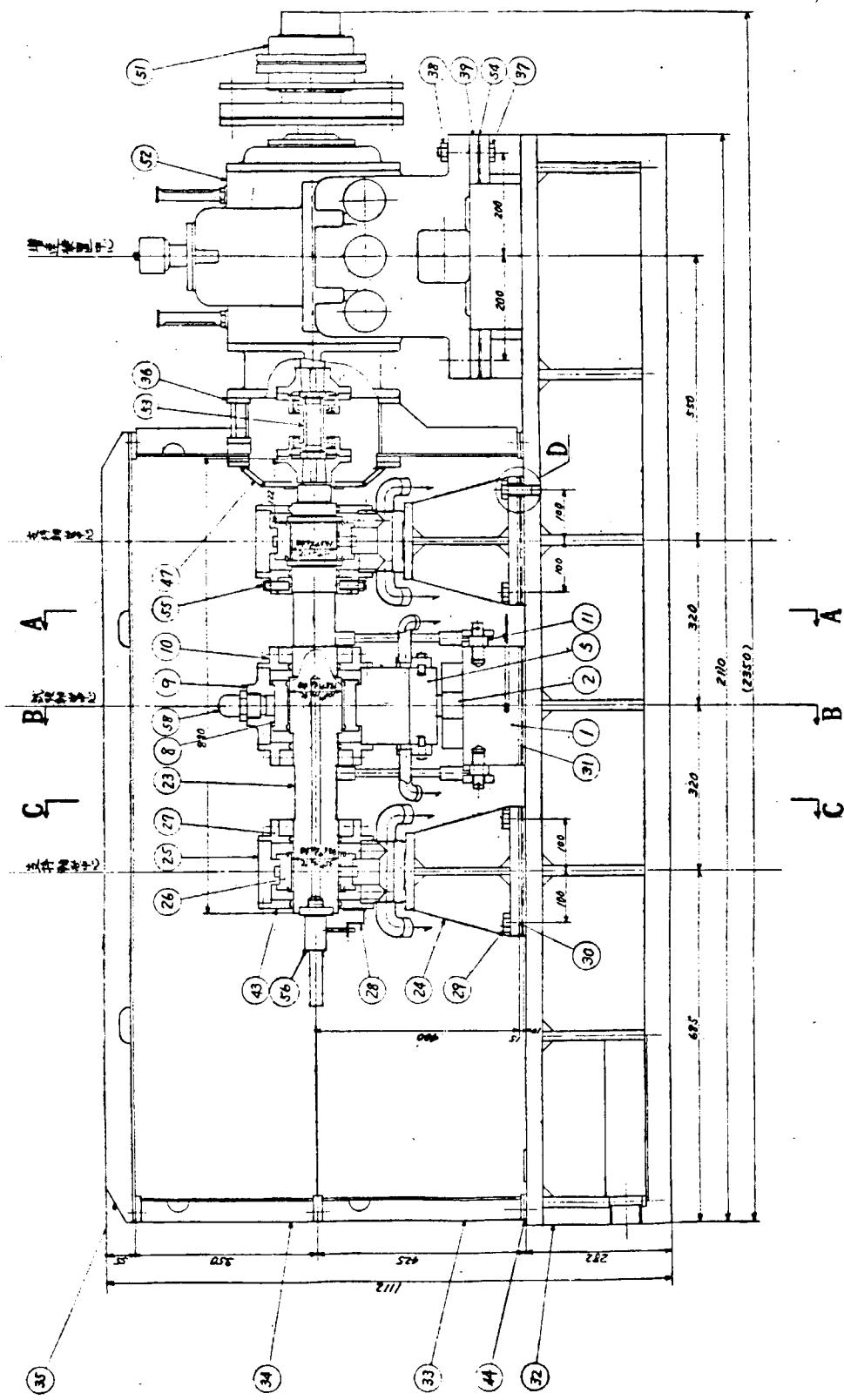
(c) 軸受の振動加速度

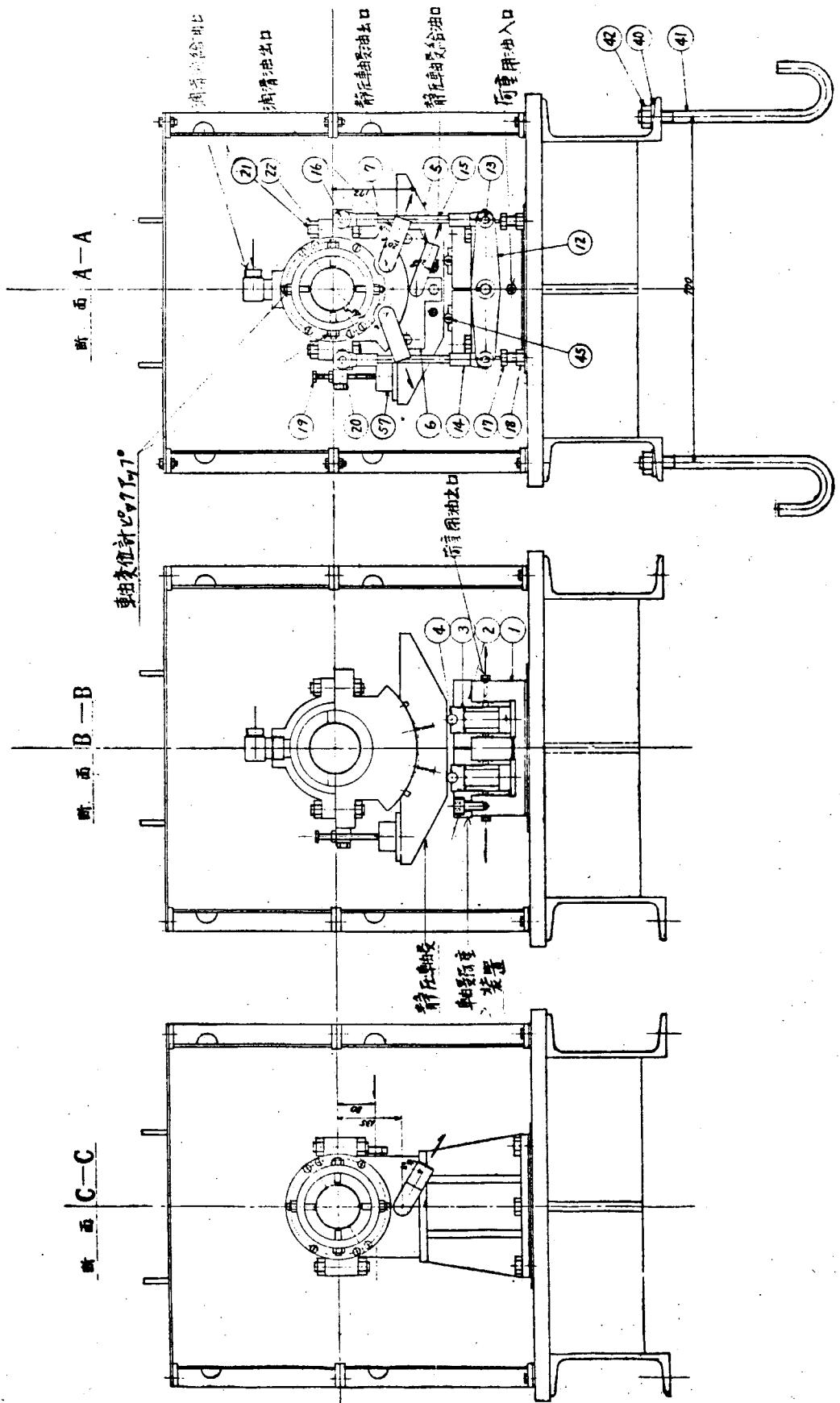
加速度検出器を試験軸受の水平継手と上部カバーの上にシアノーアクリレート接着剤で固定し、軸受の振動加速度



第2.2.1図 軸受試験系統図

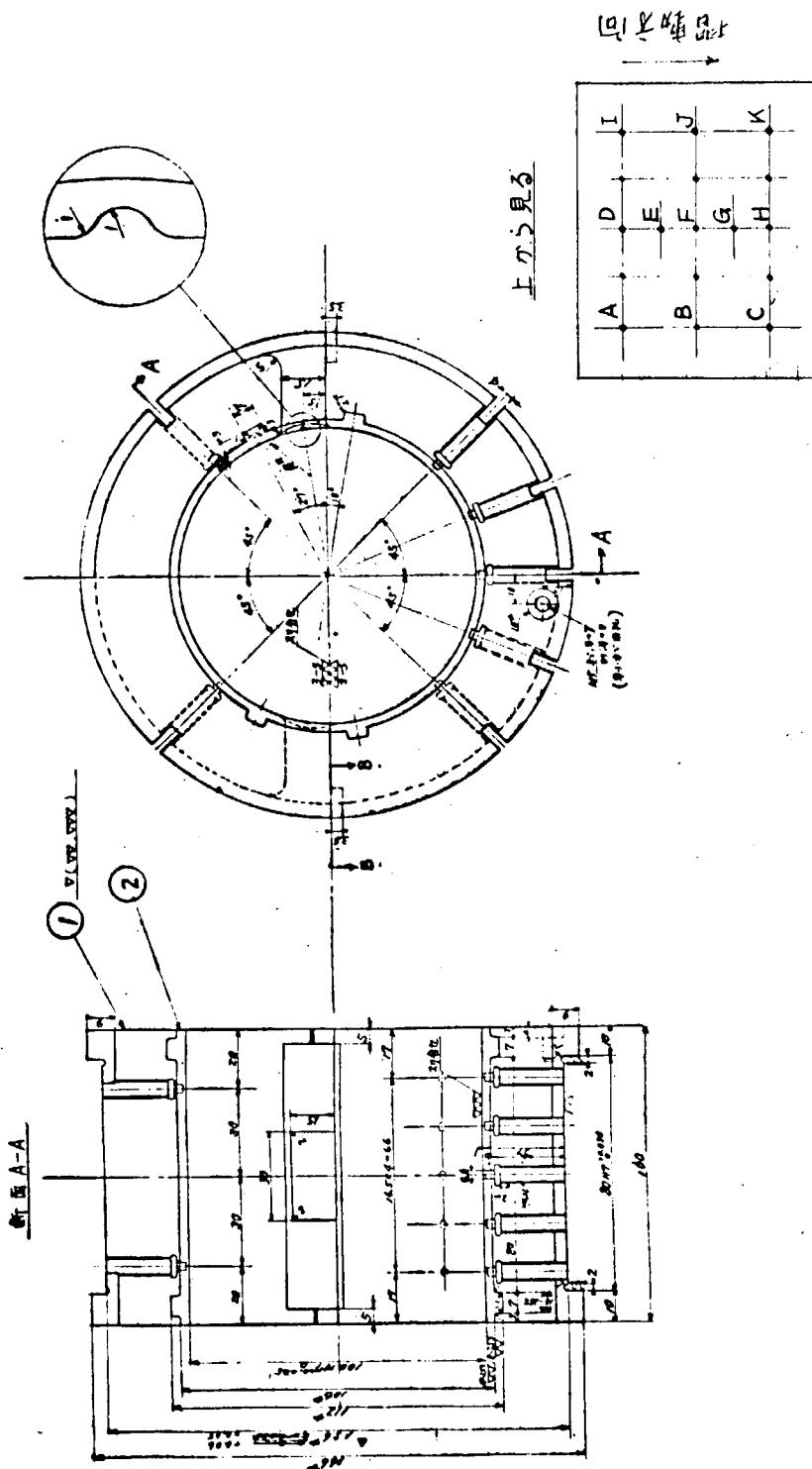
第2.2.2図 平軸受試験装置組立図





第2.2.3図 平軸受試験装置図

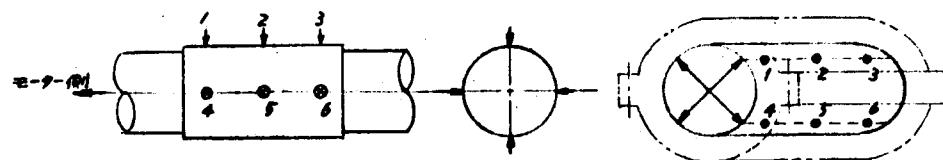
第2.2.4図 平軸受試験用軸受



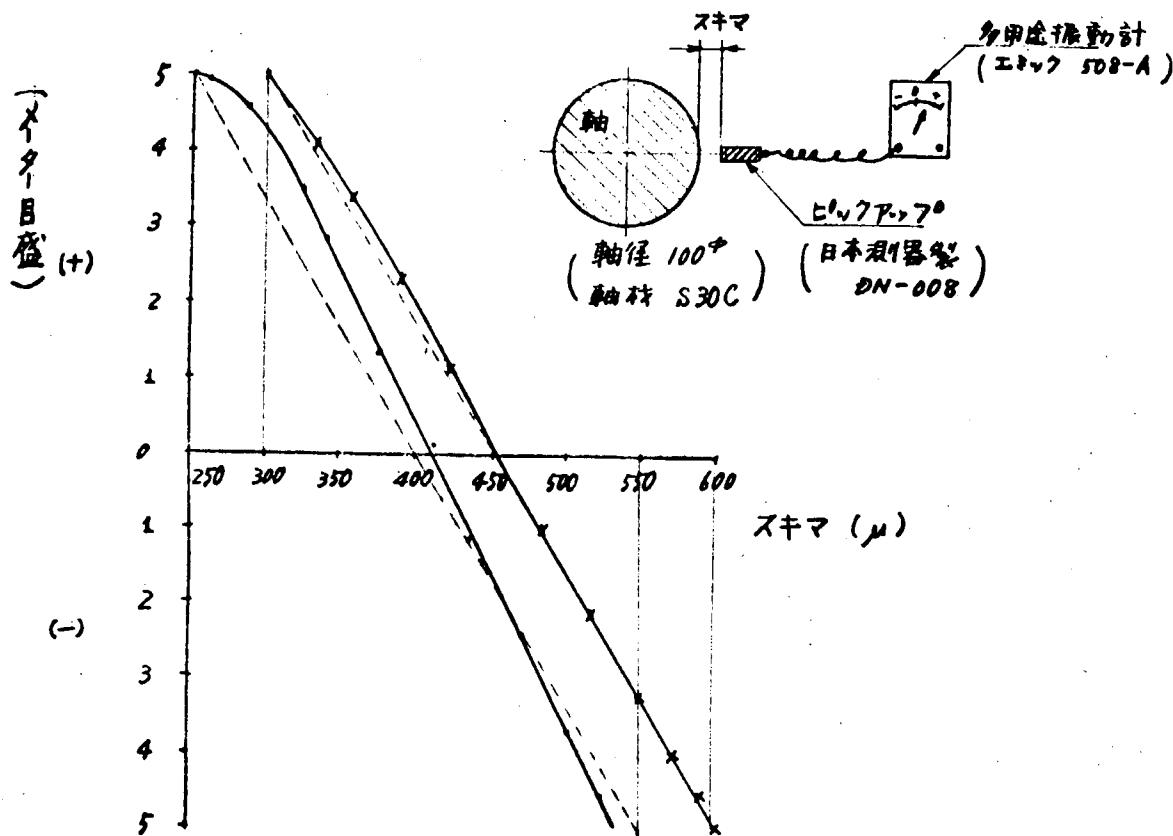
第2.2.1表 錫基ホワイトメタル成分(%)

元 素	%
Sb	7.6
Cu	3.0
Ni	0.2
Cd	1.0
接種エレメント	約0.4
Sn	rest
固 相 点	約225°C

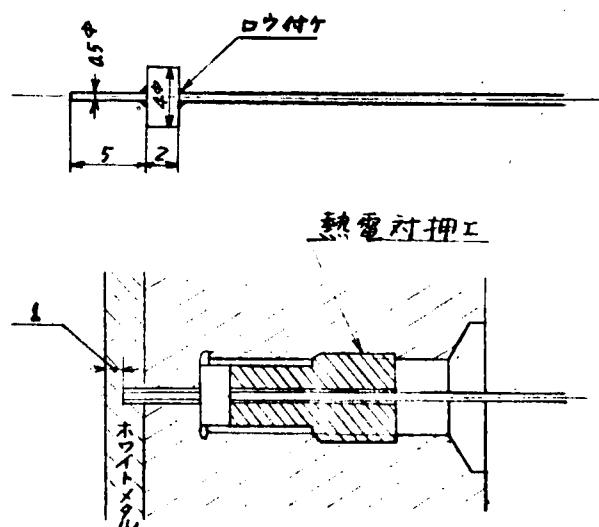
第2.2.2表 軸、軸受の寸法



	I	II	III
軸	1 100 -0.21 (mm)	100 -0.193 (mm)	100 -0.28 (mm)
	2 -0.21	-0.193	-0.28
	3	-0.193	-0.28
	4 -0.21	-0.190	-0.28
	5 -0.21	-0.193	-0.28
	6	-0.190	-0.28
軸受	1 100 +0.015	100 +0.07	100 +0.01
	2 +0.03	+0.07	0
	3 +0.03	+0.075	0
	4 +0.02	+0.07	+0.08
	5 +0.04	+0.09	+0.07
	6 +0.02	+0.05	+0.06
試験番号	AB13~AB50	AB56~AB77	AB78~AB87



第 2.2.6 図 軸変位計検定図



第 2.2.5 図 热電対とその取付け法

度を測定した。検出器出力はチャージ増巾器で増巾し、4チャンネルFMデータレコーダまたは騒音用テープレコーダに記録した。FMデータレコーダの周波数特性は0～2,500Hzで、騒音用テープレコーダのそれは30Hz～17,000Hzである。

記録した振動は周波数分析器でオクターブバンド加速度スペクトラムを求めた。

(3) 実験条件

試験軸を所定の回転数で回転させ、給油温度・圧力、軸受荷重装置の圧力を一定に保つて、試験軸受メタルの各部温度、排油温度が一定になるのをもつて定常運転の整定とした。

軸受の異常状態として次のことをとりあげた。

- 1) 給油圧力が低下して給油量が減少した場合、さらに給油が停止した場合
- 2) 軸受荷重が急変した場合
- 3) 軸回転数が急変した場合

軸受負荷の標準状態として船用主機蒸気タービンの高低圧タービンの標準値を選び次のように設定した。

回転数(n)	3,000	4,500	6,000	rpm
軸受荷重(pn)	5	10	20	Kg/cm ²
給油温度(ts)	40～55°C			

なお、本実験において使用した潤滑油は140番タービン油で、50°Cにおける比重、粘性係数は0.873g/cm³ 34.7cstである。

(4) 実験結果と考察

(a) 異常時における軸受メタル温度と軸変位の挙動

(i) 潤滑油量が減少した場合

潤滑油供給弁(第2.2.1図⑥以下給油弁といふ)を絞つて試験軸受入口の潤滑油圧力を低下させて、給油量を減少させた時の軸受メタル温度、排油温度を第2.2.7図に示す。標準運転時(潤滑油圧力1Kg/cm²)において、試験軸受には第2.2.4図に示すように給油口から軸方向に油溝が切つてあるため、余分な潤滑油はこの油溝から流出しており軸受性能には影響しない。したがつて標準油量付近では油量を変化させても軸受メタル温度は、ほとんど変化しない。給油量が減少すると軸受メタル温度は徐々に上昇し、給油量が標準値の50%になると10～15°C上昇する。一方排油温度は油量がある値に減少すると急激に約6°C上昇し、それ以下の流量では軸受メタルと同じ割合で上昇する。

潤滑油量が20cm³/sec以下になると軸、軸受ともに振動が大きくなり、潤滑油量の変動も大きい。この状態では少量の潤滑油が流入しているため軸受メタルの焼き付きには至らないが、潤滑油量も100%変動するため非常に不安定で現象を静的にとらえることはできない。したがつて本研究では潤滑油量の減少という実験条件は潤滑油の供給を完全に停止して条件を一定にして、その後の軸受メタル温度、軸変位などの軸受メタルが焼付きに至る現象の把握を行なつた。

試験軸受Ⅱについて正常運転状態から瞬時に潤滑油供給弁(以下、給油弁といふ)を閉じ軸受メタル温度がある値に達した時、給油弁を開いて正常に戻した場合の軸受各部の温度、軸変位を第2.2.8～12図に示す。軸の変位を極線図で示したのが第2.2.13～17図である(添字は供給弁を閉後の時間を示す)。また、試験軸受Ⅲについて、給油弁を閉じ軸受温度がある値に達した時、モータ回転を切つた時の軸変位と軸受メタル温度とを第2.2.18～20図に示す。試験軸受入口圧力は供給弁を閉じるとただちに低下し約0.1秒で0atg.となる。軸は給油圧力が0になるとほぼ同時に変位を始める。極線図から明らかのように軸に鉛直に近い勾配をもつて直線的に変化する。全過程のうち約半分の変位は供給弁閉鎖後1～3秒くらいで起し、しばらくその位置を保つ。さらに十数秒後に軸変位を起し、軸受すきまは0(すなわち偏心率=1)となる。軸受メタル温度は軸の変位に遅れて上昇する。急激な上昇は軸の変位後ただちに起り、第2回の軸変位後の温度上昇率が全過程を通じて最も高い。

定常状態における軸受表面の温度分布は第2.2.2.1図に示すように、給油口から回転方向に135°よりさらに回転方向に寄つた側にある。給油停止後の軸受表面の温度分布は、第2.2.2.2～2.4図に示すように最高温度点が軸受中心に寄つて来、実験を中止した時点では115.5°の所が最高温度を示している。

このことは軸の変位を示す極線図から明らかなように給油停止後、偏心角が減少し最小すきまの位置が軸受中心に移動することと対応している。軸の回転停止指令直前の軸受表面温度分布を実験条件について比較したもののが第2.2.2.5図である。軸受荷重が一定のとき回転数が高いほど最高温度位置は回転方向に寄つており、軸変位計測結果に示される軸と軸受の接触点が回転数が高いほど回転方向にあることと対応している。接触点と最高温度点とは離れているがこれは給油停止後の時間によるものである。

(ii) 給油温度の影響

潤滑油の粘性係数が低く、軸受メタルの初期温度が高いときの現象を調べるために、給油温度を50°Cに上昇させて潤滑油停止の試験を行なつた。この試験に用いた軸受はⅢである。

この結果を第2.2.2.6～2.8図に示す。また $n = 6,000 \text{ rpm}$, $p_m = 10 \text{ kg/cm}^2$ の場合の軸受メタル温度分布の変化を第2.2.2.9図に示す。

給油温度40°Cのときと比較すると、正常時における軸受メタル温度の分布は一様に給油温度の差10°Cだけ高く、相似形をなしている。第2.2.2.9図と第2.2.2.4図と比較すると給油停止直後の軸受メタル温度の上昇は給油温度が低いほうが早いが10秒を過ぎるとほぼ同一の上昇を示し、給油温度の高いときには軸受メタル温度の最も高い点が早く荷重中心に近づく。軸変位は給油温度には無関係で給油停止後ほぼ同一時間で軸と軸受の接触を起こし、その後の軸受メタル温度の上昇率は等しい。

(iii) 給油管容量の影響

潤滑油供給弁から軸受の給油口までの配管の容量は約8.0ℓである。給油弁を閉じた時、この配管内にとじ込められた油の影響を調べるために、配管内容量の3倍の容量(24ℓ)のタンクを作り、潤滑油供給弁から下流の枝管(第2.2.1図の⑦)につき、試験軸受給油口より500mm高い場所に設置した。タンクと給油管の接続はタンクの底面で行ない、タンク内部は潤滑油で満たした。このタンクを付け給油停止の実験を行なつたが、軸受メタル温度、軸変位にはなんら影響を及ぼさなかつた。

(iv) 潤滑油供給量が徐々に減少する場合

先の実験に用いたタンクを空にして、空気抜きを絞つて潤滑油供給ポンプを運転すると、タンク上半分には空気が1atgに加圧されて残る。この空気をそのままにおいて潤滑油供給弁を閉じると、タンク内の潤滑油は空気圧によつて押し出される。この時試験軸受入口における油圧は、第2.2.3.0図に示すように指數関数状に減少し、給油圧力は約60秒で0atgになる。このようにして給油量を徐々に減少する場合をシミュレートして実験を行なつた(この装置を以下アキュムレータといふ)。

このときの結果を第2.2.3.0、3.1図に示す。アキュムレータをつけると試験軸受に給油圧力がある限り、軸受メタル温度、軸変位とも全く観察できなかつた。給油圧力が0atgになつてから軸受メタル温度が上昇始めている。この時軸受変位には顕著な変化は見られない。F点で、 0.5°C/sec くらいのゆるやかな温度上昇を15秒ほど続けて、8°Cくらい上昇したところで軸は急激に変位して軸と軸受の接触を起す。しかしこの時点からの軸受メタル温度の上昇率は、第2.2.3.1図からも明らかのように給油停止の場合よりも約30%低い。

(v) 負荷変動の場合

負荷変動として軸回転数の急変、軸受荷重の急変の2つの場合について試験を行なつた。軸回転数を1,000rpm→6,000rpmに変化させた場合を軸受荷重10kg/cm²→20kg/cm²についてそれぞれ第2.2.3.2～3.3図に示す。軸回転数6,000rpmにおいて軸受荷重を5kg/cm²から20kg/cm²に変化させた結果を第2.2.3.4図に示す。

回転数変化、軸受荷重変化はともに手動によつたため定量的な判断は下せないが、負荷変動が起ると同時に軸

受温度は急激に変化する。回転数変化の場合は軸受荷重が大きいと温度の上昇率は大きい。

(b) 異常時における振動加速度

試験軸回転数 6,000 rpm で軸受荷重 10, 20 kg/cm² の正常運転時と潤滑油供給停止時の軸受カバー上の振動加速度のオクターブバンドスペクトラムを第 2.2.3.5 図に示す。図中異常時のデータは給油停止後、試験軸駆動モータを停止させる直前の 5 秒間をエンドレステープにして再生しながら周波数分析を行なつたものである。正常運転中の振動は全く安定しており、軸回転数 100 Hz の振動が顕著である。給油が停止して振動がはげしくなると、100 Hz の基本振動のレベルは変らず、その前後の周波数の振動レベルが高くなる。給油停止後の経過時間と特定周波数におけるレベルの変動を示したのが第 2.2.3.6 図である。(ただし、第 2.2.3.5 図と実験は異なる)。全体のレベルは給油停止後 1 dB しか高くならず、軸回転数の 100 Hz は全然高くならないが、80 Hz と 125 Hz の振動はただちに 4 dB も高くなっている。給油停止後 16 秒でリニア、100 Hz のレベルが高くなつてゐる。これは、この実験における軸変位、軸受温度から明らかのように軸と軸受の接触が始まり、軸受温度の上昇率が高くなる時点に一致している。また、この点から 80 Hz, 125 Hz のレベル変動がはげくなつてゐる。

(c) 軸受焼き付き試験

潤滑油供給を停止し、軸受温度が 180 °C を越えてからモータ停止を行なう実験を行なつた。そのときの軸受温度を第 2.2.3.7 図に示す。測定点 D, F, H では F 点が 100 °C になつた時点で約 10 秒間平衡状態を保つている。焼き付きが進行すると軸受温度は急激に上昇する。恐らく軸受表面では、この時点で一部溶融を起していると考えられる。

この時の軸受の写真は後に第 2.2.3.9 図に示すように、温度測定点と駆動と反対側寄りに焼き付きを起している。軸受温度 D, F, H が同位相で昇降を繰り返しているのは焼き付けが始まつた軸と軸受の接触部分は荷重方向に一致して円周方向には転動せず、軸方向に往復移動をしていると考えられる。また、給油停止後 6.9 秒で計測点 D と F の温度が逆転しているが、ここで接触部分が給油口方向に転動していることを示している。

(d) 試験後の軸受および軸表面

試験軸、軸受の試験終了後の写真を第 2.2.3.8 ~ 3.9 図に示す。

試験軸受 I は、メタル測定温度を 90 °C 以上にならないように、再給油を行なつた試験をくり返したものであり、試験軸受 II は、極端な軸受メタルの摩耗を起さぬ程度に焼き付けを起させた試験後に開放したものである。概観的には、発生部位、異状の大きさに差はあるが、いずれの下軸受にも、黒色部があり、そのなかを貫通して広巾の長い擦過痕が見られる。また、上軸受にも、単独の細いすじが数条走つているが、下軸受にあるような黒い物質はなく、写真で黒く見える小点は光沢のある当り面である。一方、軸にも、軸受異状部に対応して黒変部があり、また、軸受の条痕部に相当する位置には、白色金属の不連続な付着が見られる。

なお、写真では、明らかでないが下軸受の異状部のまわりにはスクラーペ加工のもようが消失した光沢部があり、その周辺に箔状のオーバラップ(はみ出し)が見られ試験軸受 II においてはことにいちじるしい。このオーバラップは、回転の反対方向(上流側)に多く残つておらず、下流側のものは、軸に付着して持去られ、多数のすりきずの原因となつたと考えられる。はみ出しを伴なう光沢面は通常、ライトサーフェスなる焼き付きの前現象として知られるが、はみ出しの発生が回転方向に対し無関係とすると、これは摩擦流動ではなくて、発熱によつて膨脹隆起した部分が境界摩擦時の軸の振動打撃によつて鍛圧延伸されたと解すべきものと思われる。

軸受の黒色部は油の解離炭素(コーク)または、重合レジンと考えられ、焼き付け直前の混合潤滑状態における温度上昇によつて形成されたのであろう。

また、広幅の擦過帶は単なる遊離粉によるものではなくて、油が完全になくなつた後の固体摩擦による凝着作用によつたであろうことは、ほぼ間違いないと思われ、軸側の対照観察でもこのことが推定できる。この凝着の促進に、黒色生成物が関与したか否かは明らかではない。

軸の紫黒変色は、層厚も薄く、付着物とは考え難いから鋼の加熱酸化によると思われ、少なくとも、 250°C 以上の温度上昇がごく表面において発生したと思われる。

なお、試験軸受Ⅱにおける寸法変化を測定した結果、処女面を基準として、光沢部、黒色部は約 $60\ \mu$ の沈下、広巾擦過帶は約 $90\ \mu$ の減耗量を示しており、さきに推察した焼き付きプロセスすなわち、ライトサーフエスの出現 — 黒色物質の生成 — 凝着摩耗という順序と合致している。

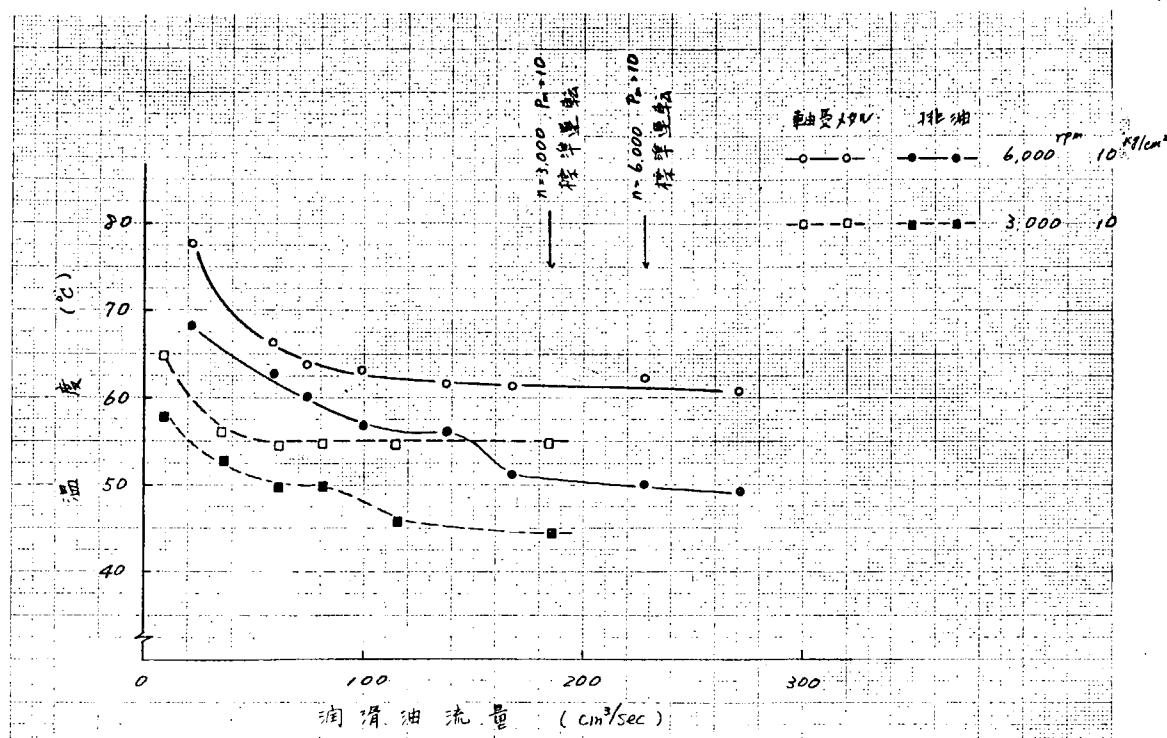
(e) 考 察

試験軸受Ⅲにおいて潤滑油供給弁を絞り、給油入口圧力を $1\ \text{atg}$ から $0.05\ \text{atg}$ 近辺まで順次下げ軸心位置と給油量の関係を求めた結果を第2.2.4.0図に示す。給油入口圧力が $1\ \text{atg}$ であるとき $Q/RNCL$ （無次元流量）=2.8で軸心位置の変化は $Q/RNCL = 1.2$ までは見られない。

これは、先にも述べたように給油入口のチャンファーから外縁に向つて油溝を切つてあるため余分な潤滑油は、ここから圧力に応じて流出しているからで、流量が必要量以下にならないと軸心位置が変化しない。油溝から流出した潤滑油は軸受の冷却を行なつている。

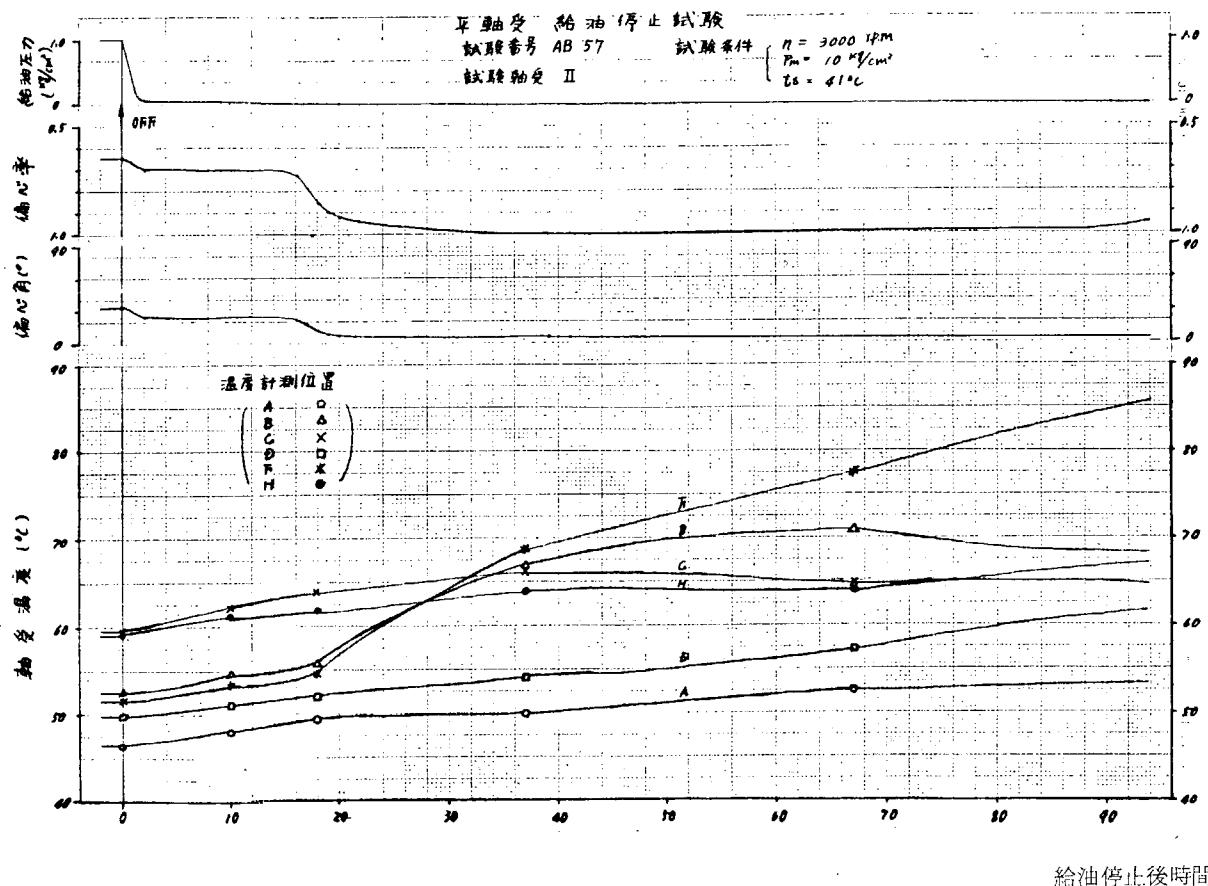
$Q/RNCL$ が1.2以下になると軸心位置は移動し、流量が少なくなるにしたがつて軸心軌跡は荷重中心に向つて直線的に下つてゐる。Connors^(注)によると潤滑油供給量が減少すると平軸受は部分軸受として扱つて、給油量と軸心位置の関係を求めることができる。これによつて上と同一条件で求めると第2.2.4.1図のごとくなる。実験では軸受の真円度、給油口、給油口位置、軸受の熱膨張などによる軸心位置の変化、計測誤差によつてConnorsの計算値とはずれていが傾向は一致している。

先に述べた潤滑油供給停止の試験における軸変位の傾向は、潤滑油が減少しているのと合致する。給油を減少するとただちに必要潤滑油量以下になり、軸は垂直方向に変位するが、軸、軸受に付着して残つた潤滑油のため潤滑が保たれ軸受温度の上昇は小さい。ある時点から残存油での潤滑が急になくなり軸と軸受の接触が起つて、温度は急激に上昇する。

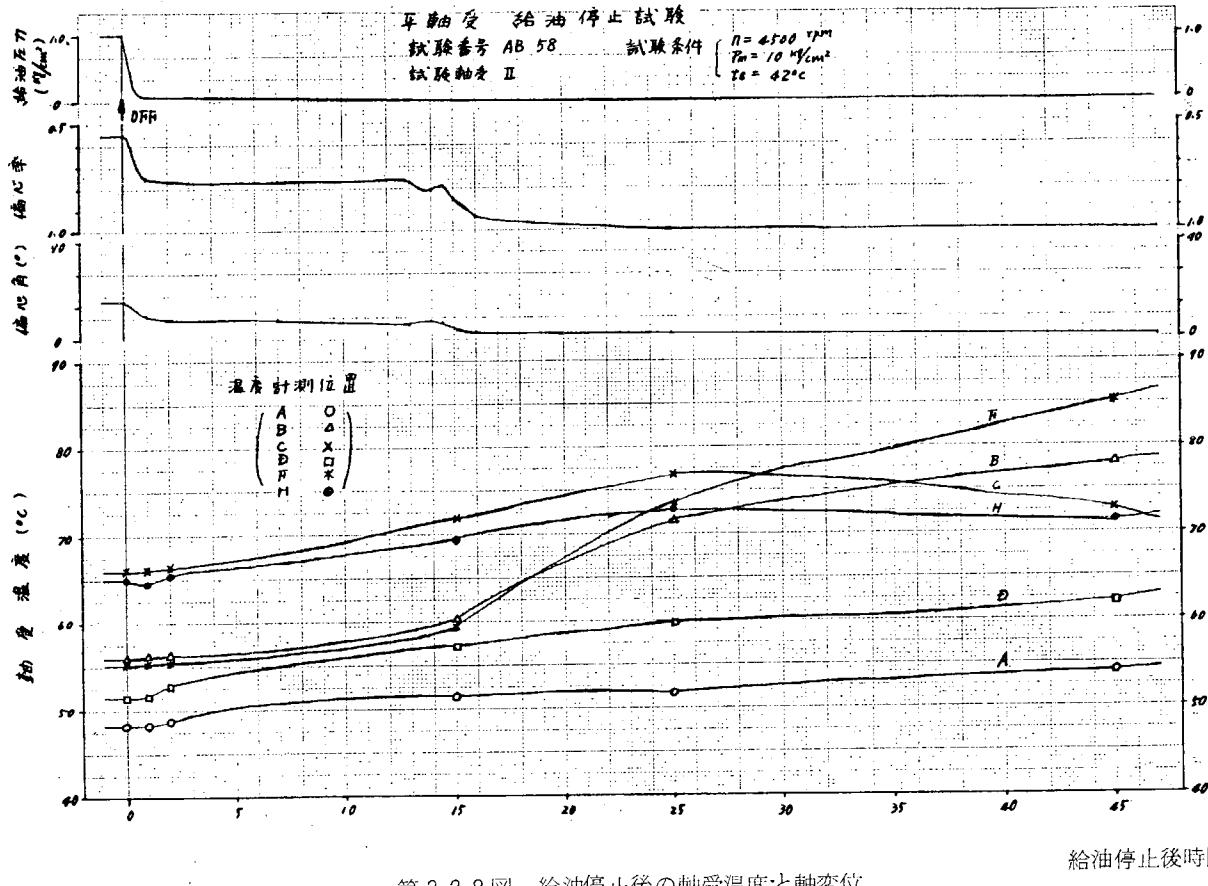


第2.2.7図 潤滑油量と軸受メタル、排油温度

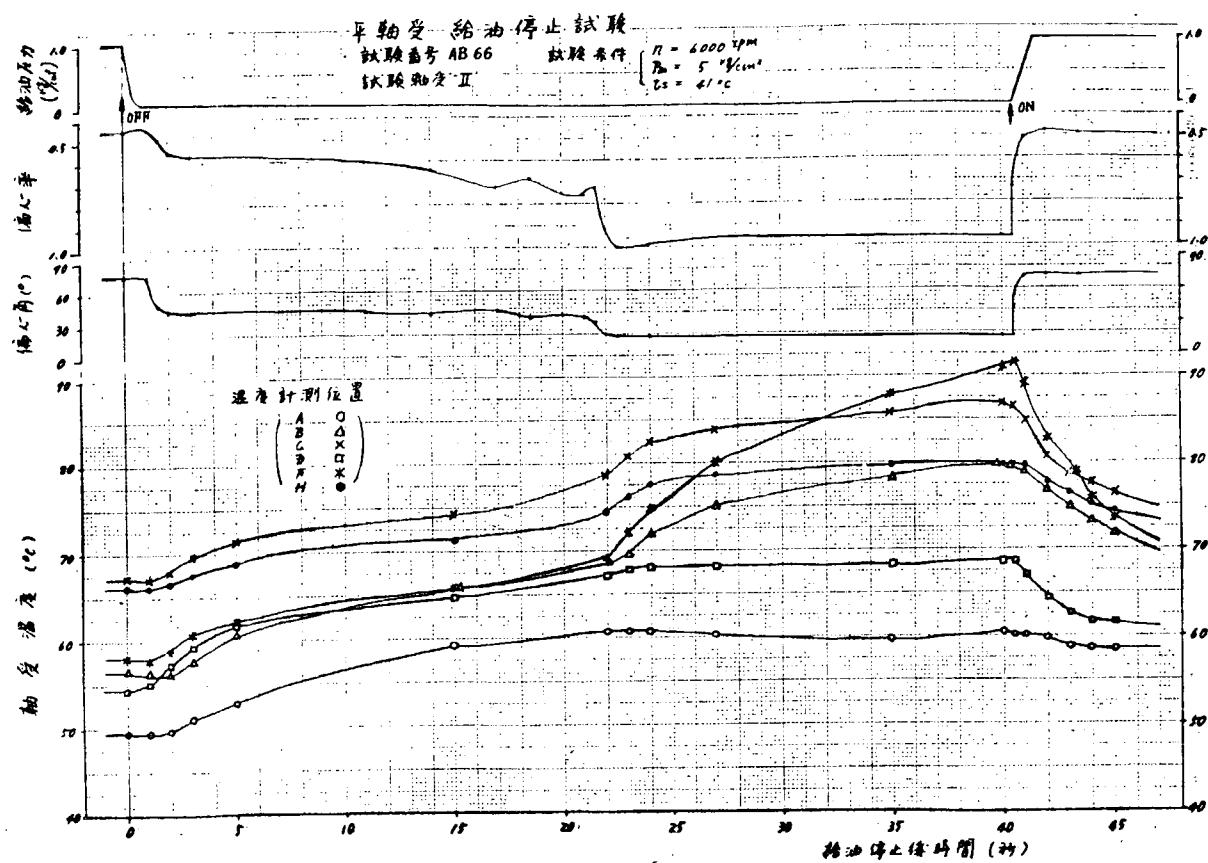
注) Connors; H.J. "An Analysis of the Effect of Lubricant Supply Rate on the Performance of the 360°Journal Bearing" ASLE Trans. 5(1962)



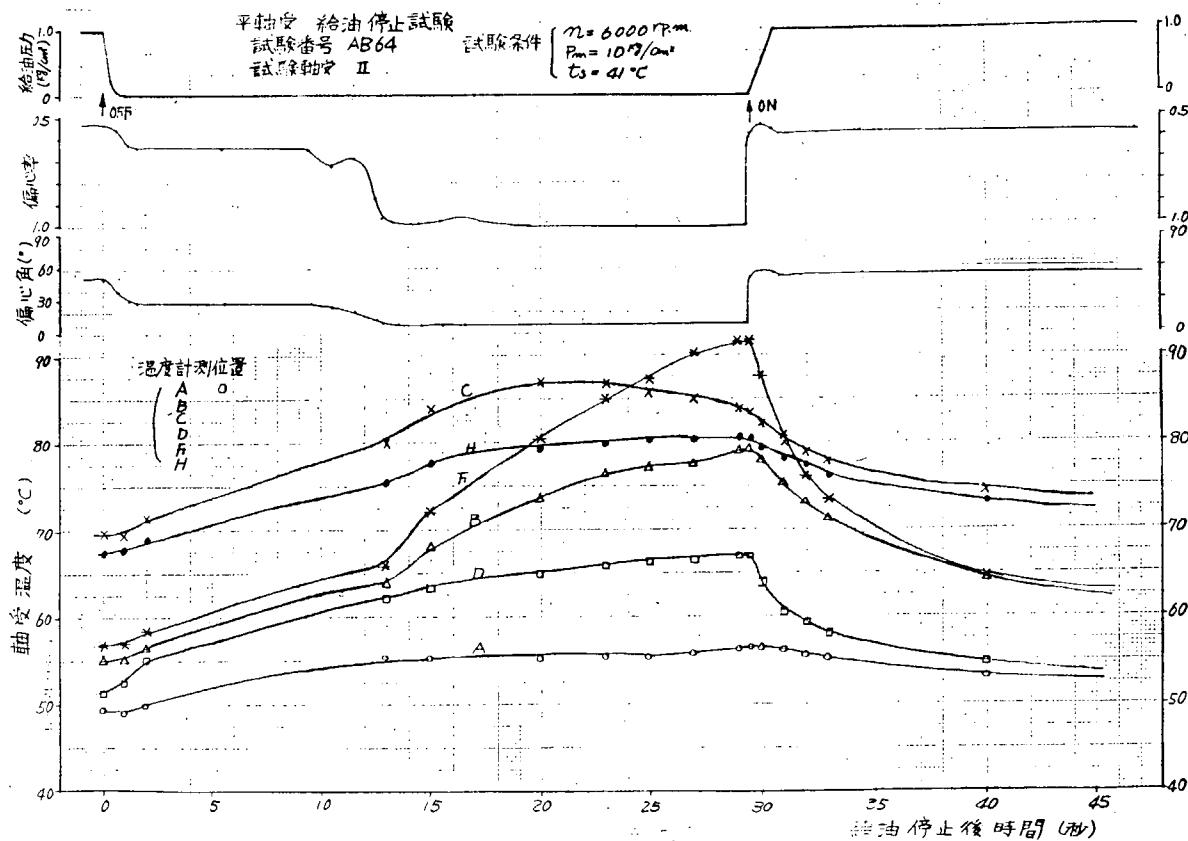
第2.2.8図 給油停止後の軸受温度と軸変位



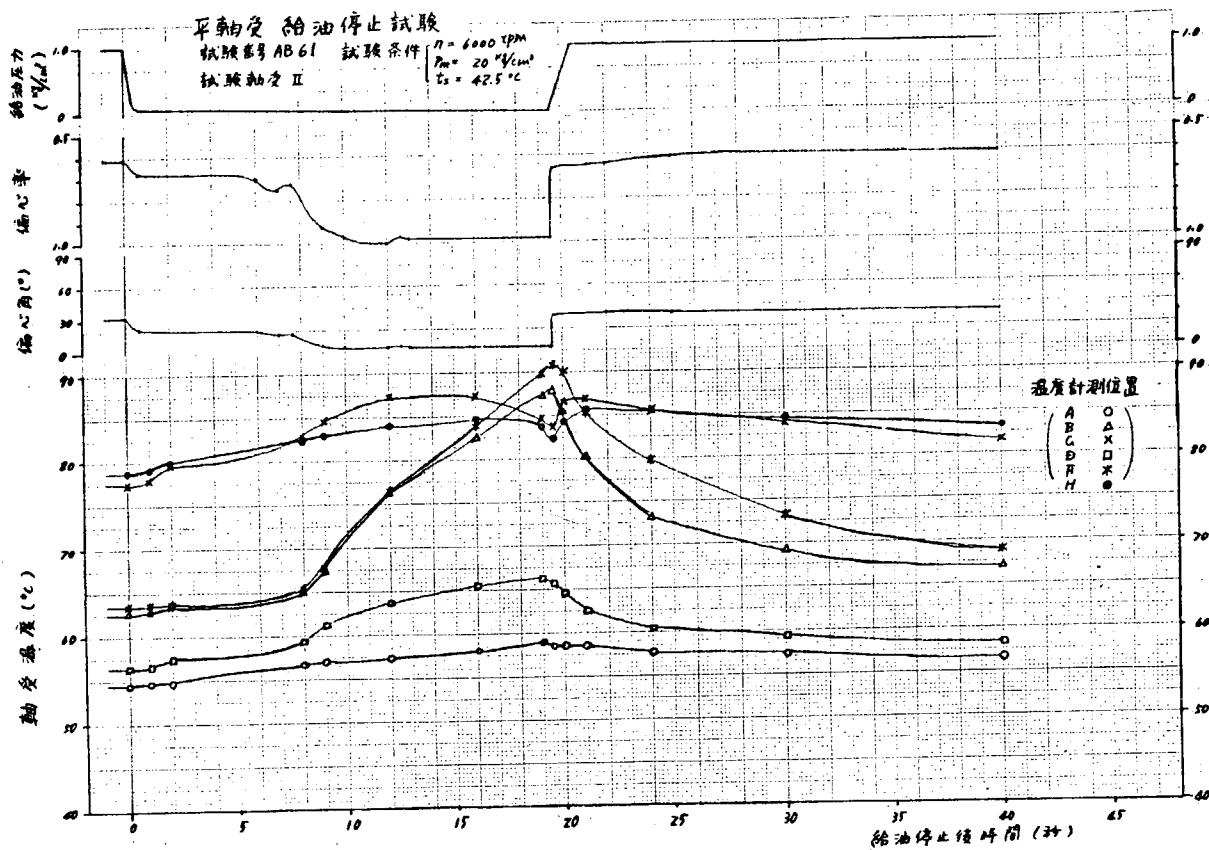
第2.2.9図 給油停止後の軸受温度と軸変位



第2.2.10図 給油停止後の軸受温度と軸変位



第2.2.11図 給油停止後の軸受温度と軸変位



第 2.2.12 図 給油停止後の軸受温度と軸変位

試験番号 A B - 5 7

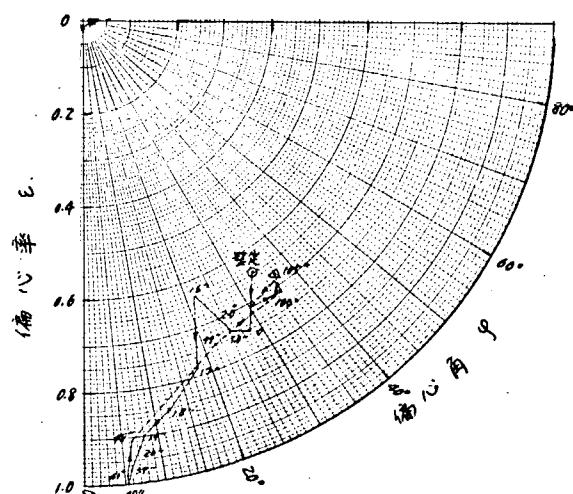
試験条件

試験軸受 II

$n = 3,000 \text{ rpm}$

$P_m = 1.0 \text{ kg/cm}^2$

$t_s = 41^\circ\text{C}$



第 2.2.13 図 給油停止後の軸変位

試験番号 A B - 5 8

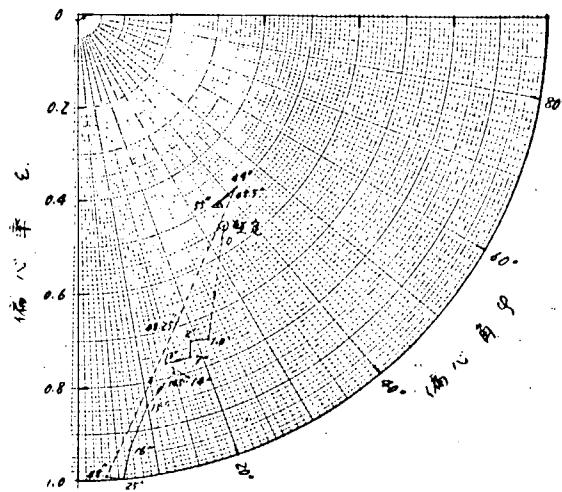
試験条件

試験軸受

$$n = 4,500 \text{ rpm}$$

$$p_m = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$t_s = 42^\circ\text{C}$$



第 2.2.14 図 給油停止後の軸変位

試験番号 A B - 6 6

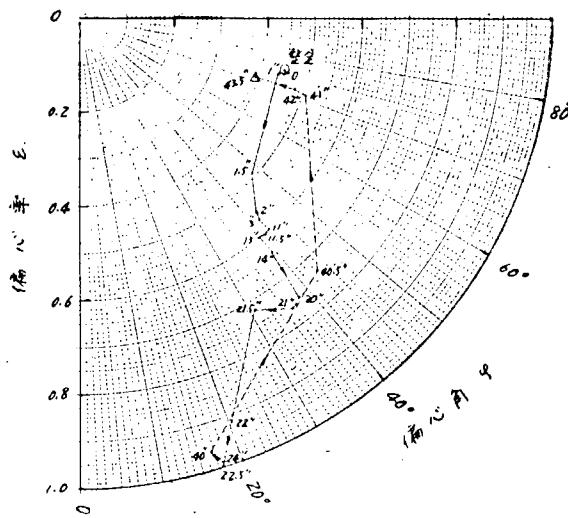
試験条件

試験軸受 II

$$n = 6,000 \text{ rpm}$$

$$p_m = 5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$t_s = 41^\circ\text{C}$$



第 2.2.15 図 給油停止後の軸変位

試験番号 A B - 6 4

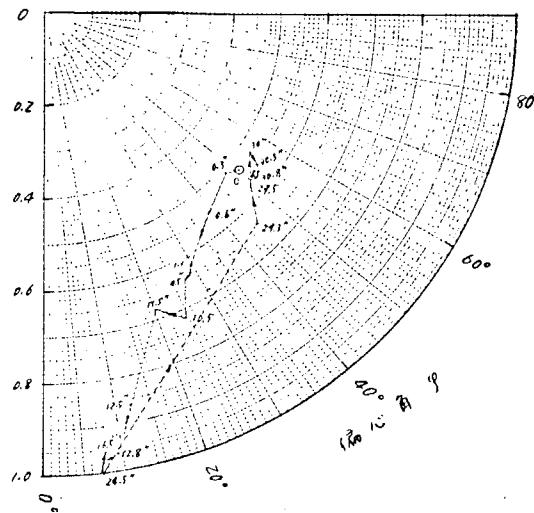
試験条件

試験軸受 II

$$n = 6,000 \text{ rpm}$$

$$p_m = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$t_s = 41^\circ\text{C}$$



第 2.2.16 図 給油停止後の軸変位

試験番号 A B - 6 1

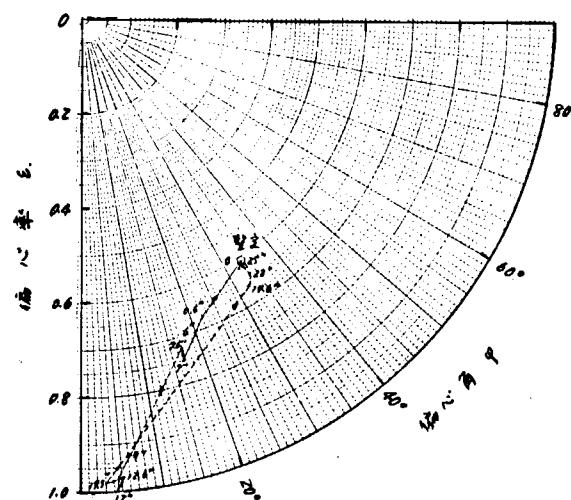
試験条件

試験軸受 II

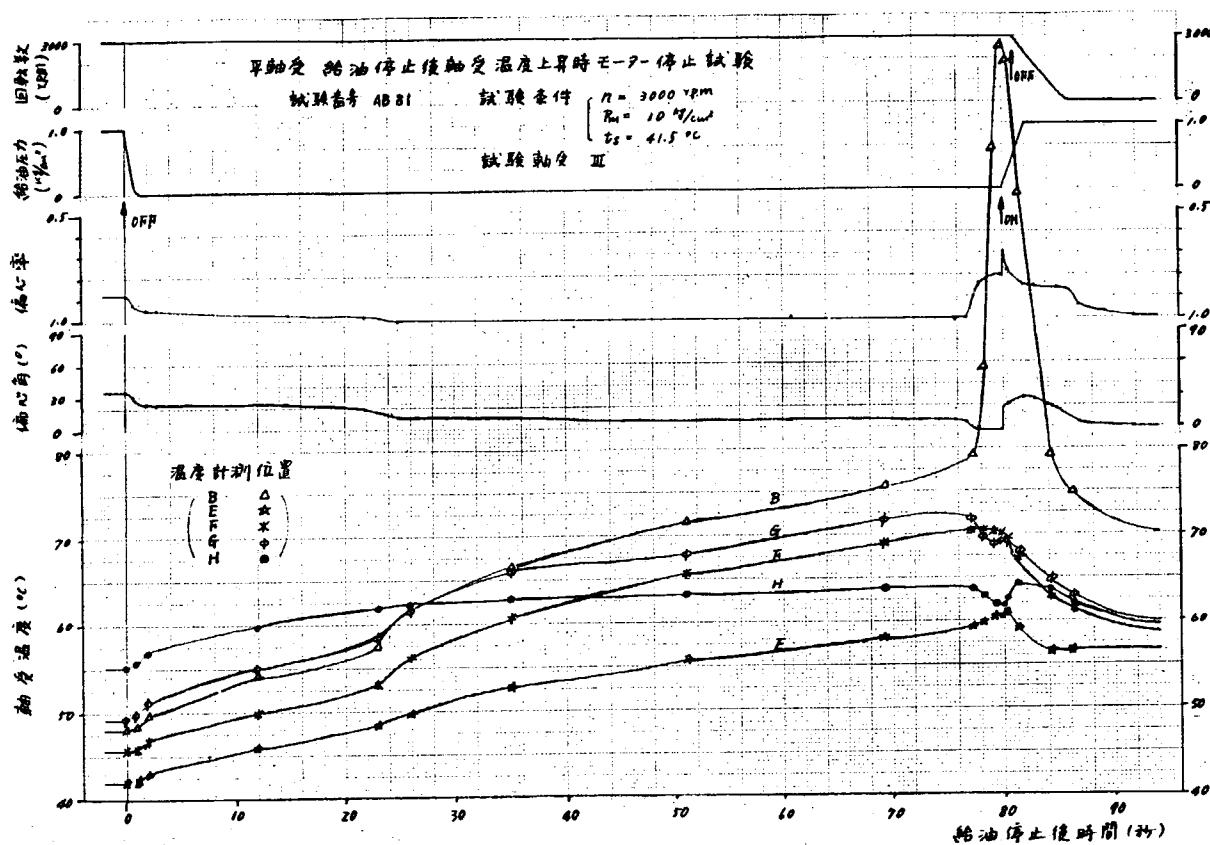
$$n = 6,000 \text{ rpm}$$

$$p_m = 20 \text{ Kg/cm}^2$$

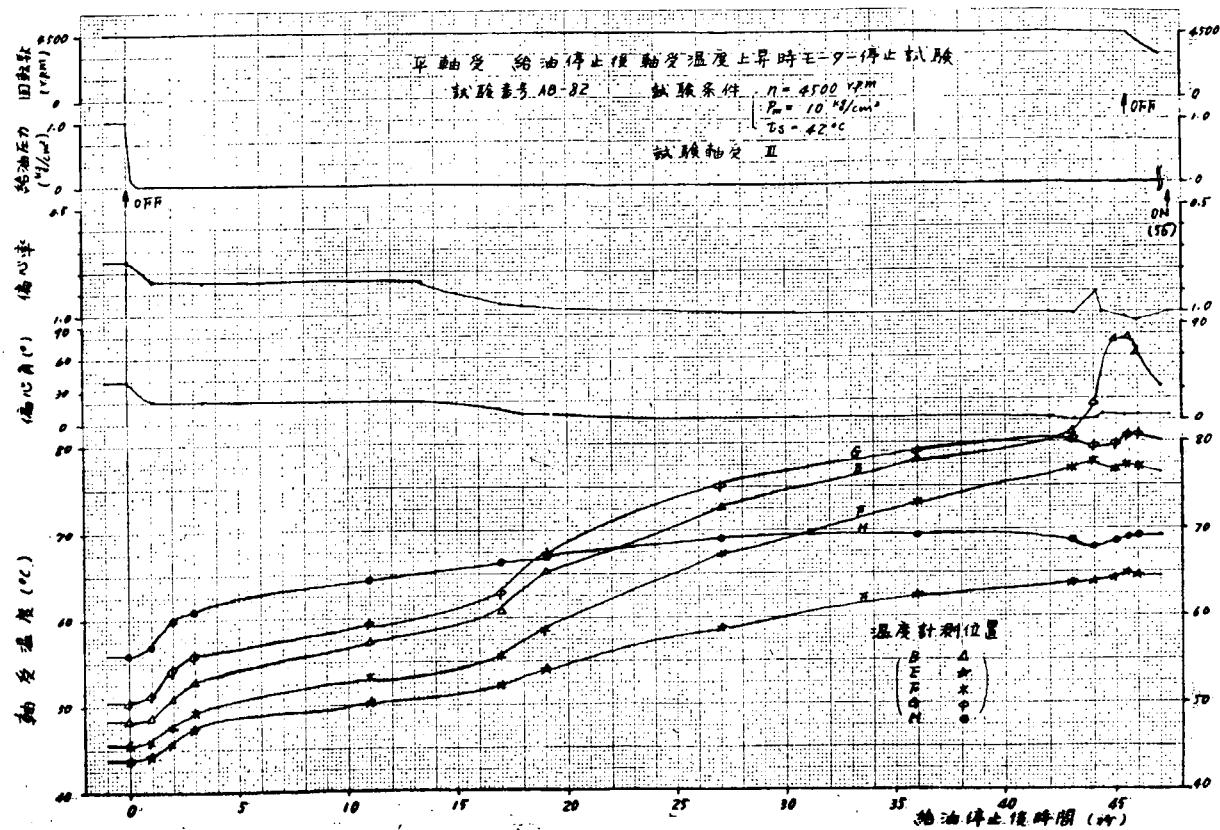
$$t_s = 42.5^\circ\text{C}$$



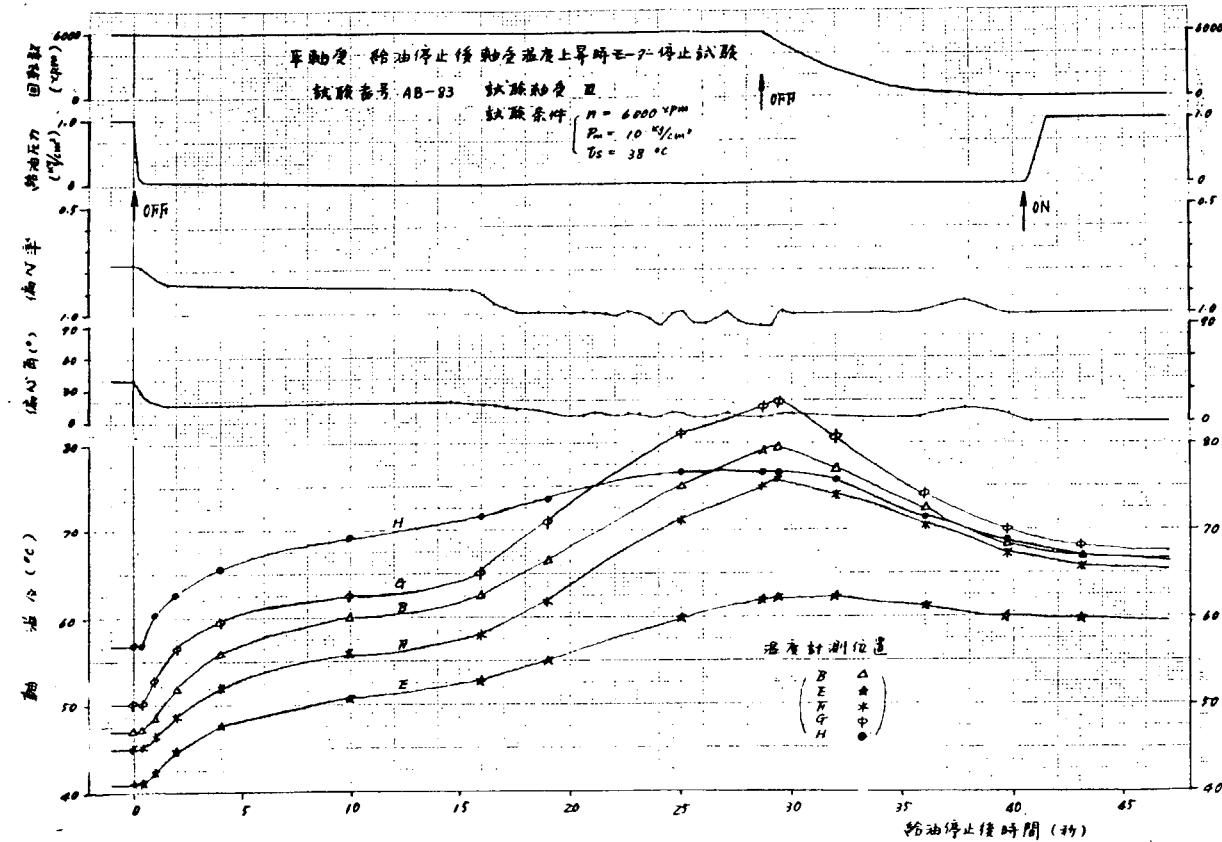
第 2.2.17 図 給油停止後の軸変位



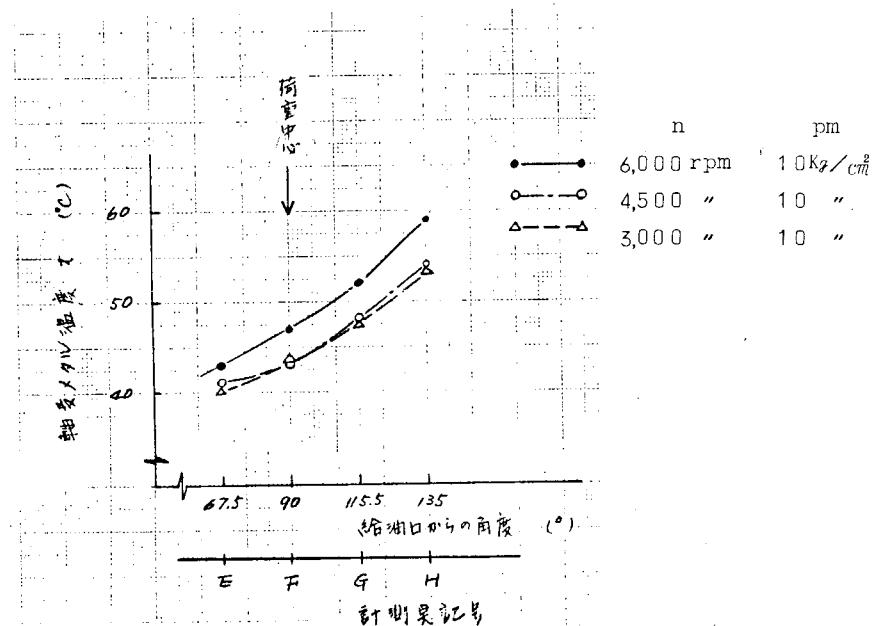
第 2.2.18 図 給油停止後の軸受温度と軸変位



第 2.2.19 図 給油停止後の軸受温度と軸変位



第 2.2.20 図 給油停止後の軸受温度と軸変位



第2.2.2.1図 軸受メタル温度分布

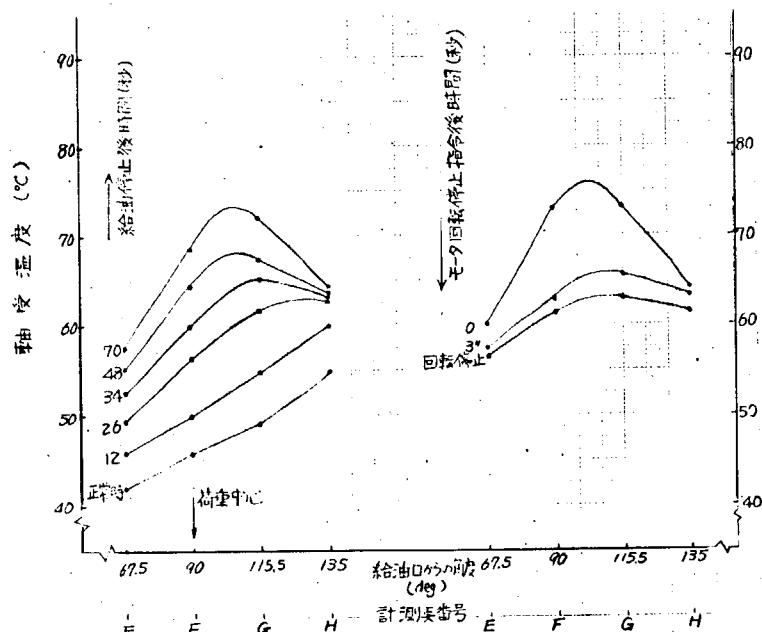
軸受番号III

実験番号 AB81

$n = 3,000 \text{ rpm}$

$pm = 10 \text{ kg/cm}^2$

$ts = 41.5^\circ\text{C}$



第2.2.2.2図 給油停止後の軸受温度分布

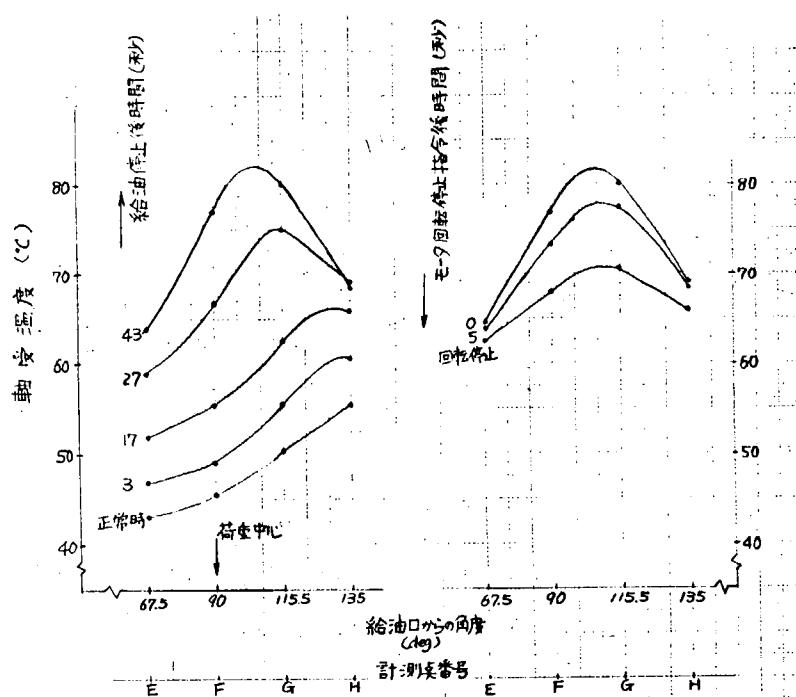
軸受番号 III

実験番号 AB82

n ; 4,500 rpm

p_m; 1.0 Kg/cm²

t_s; 42 °C



第 2.2.2.3 図 給油停止後の軸受温度分布

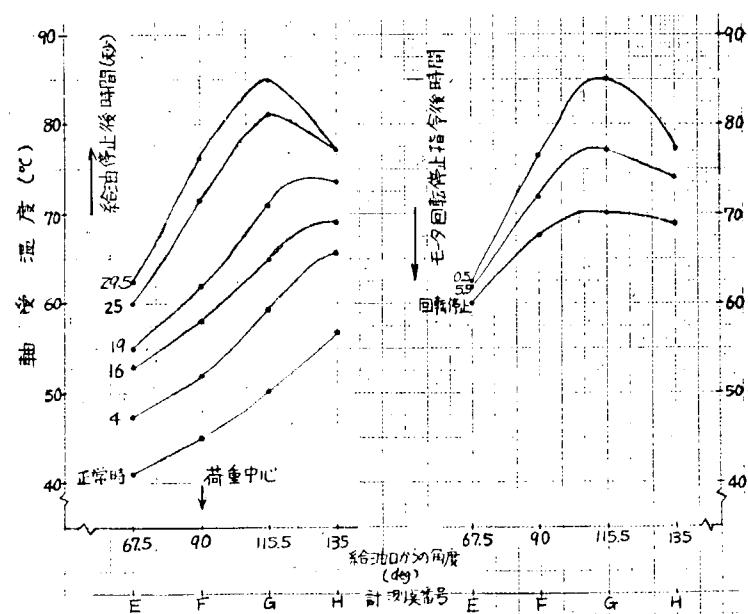
軸受番号 III

実験番号 AB83

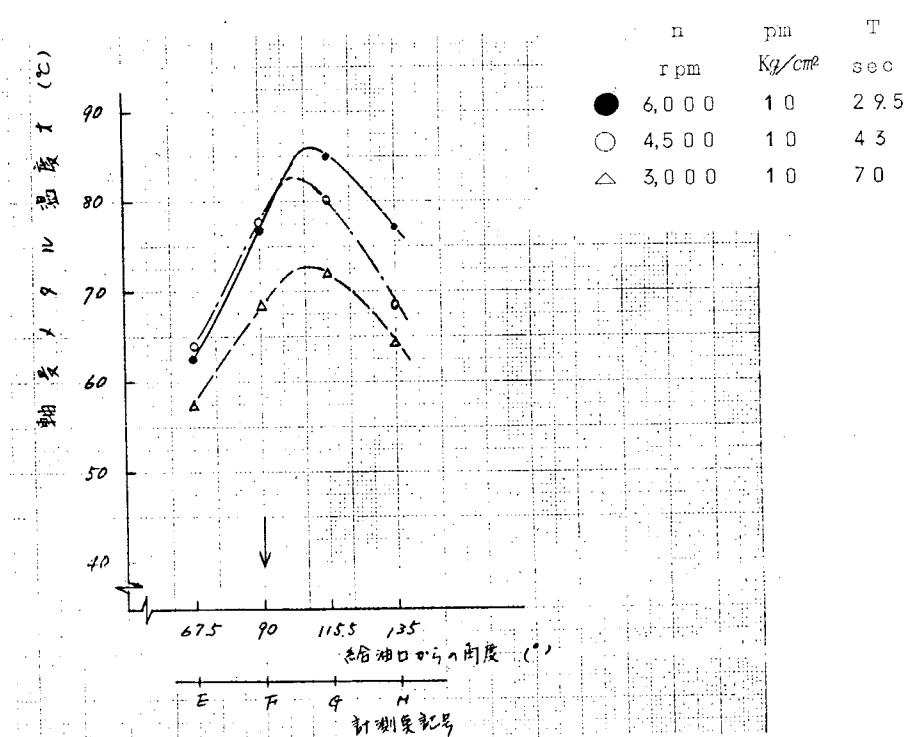
n ; 6,000 rpm

p_m; 1.0 Kg/cm²

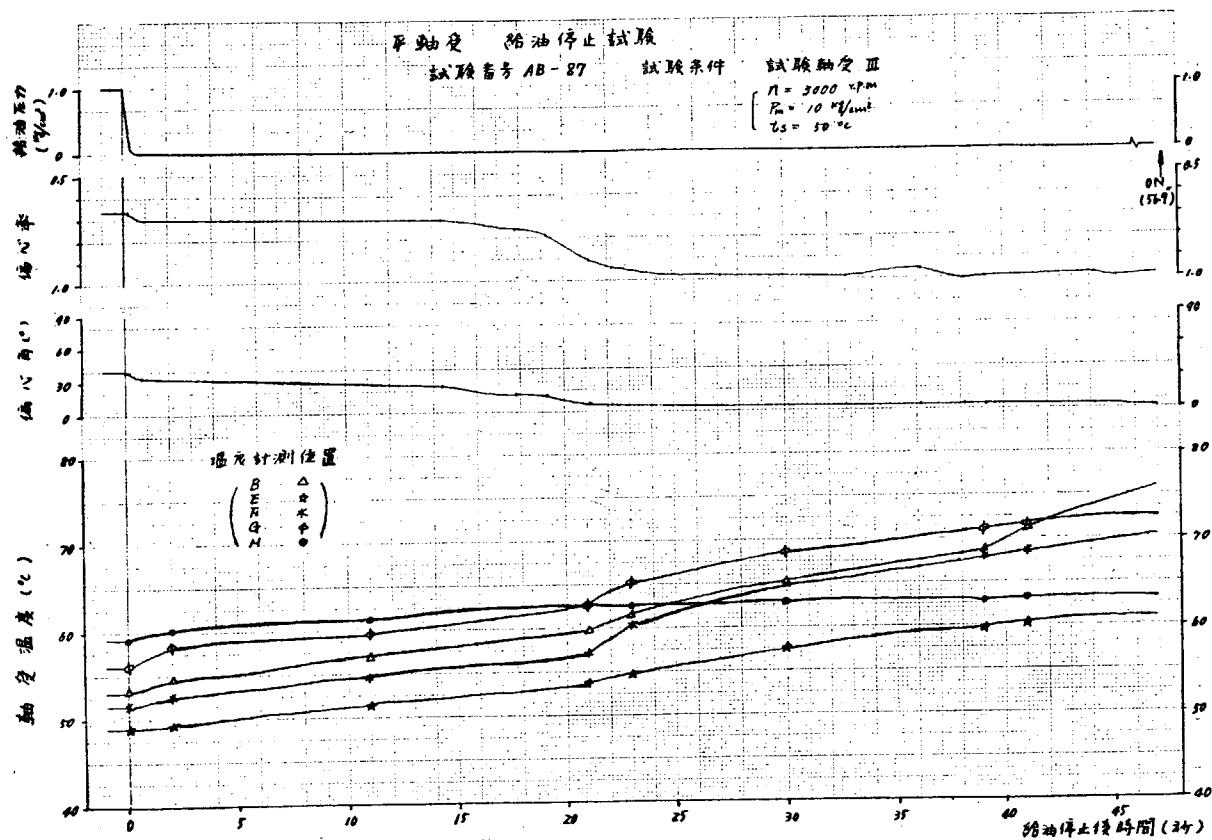
t_s; 38 °C



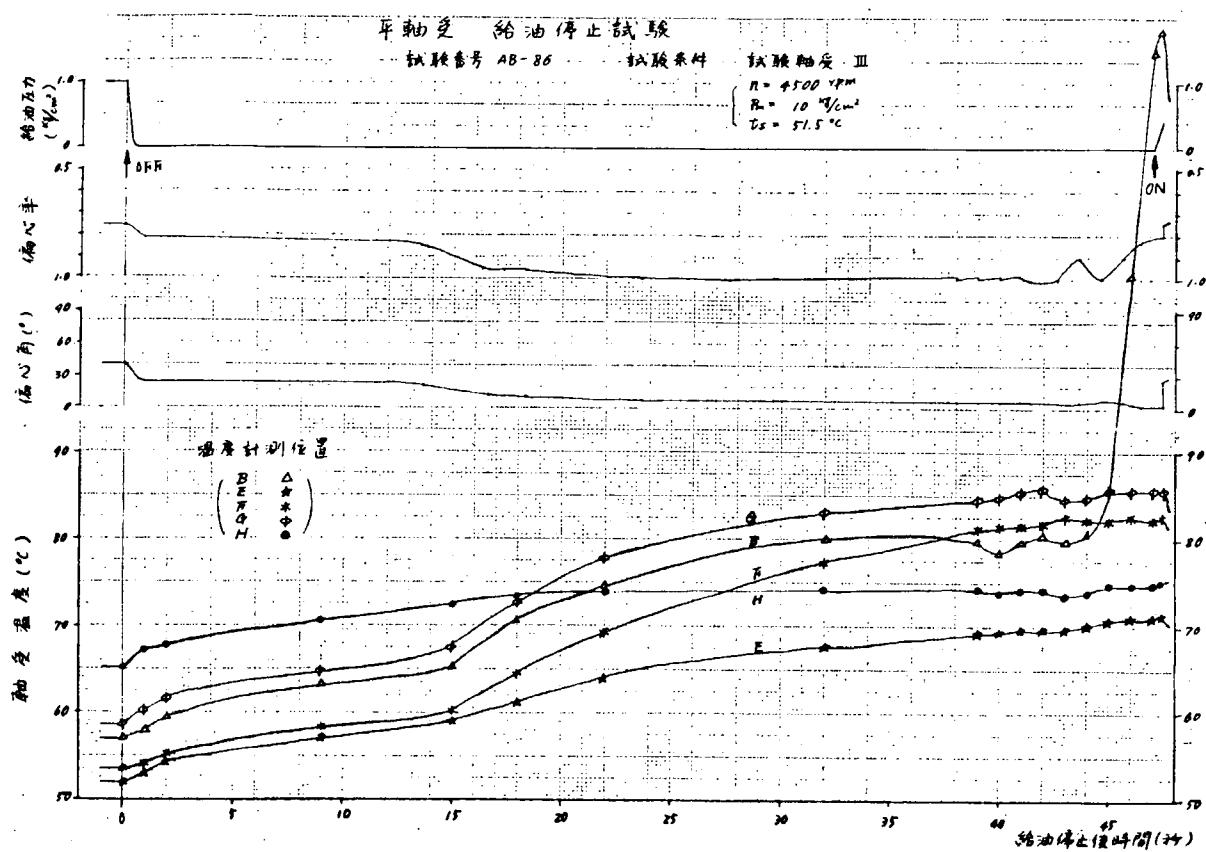
第 2.2.2.4 図 給油停止後の軸受温度分布



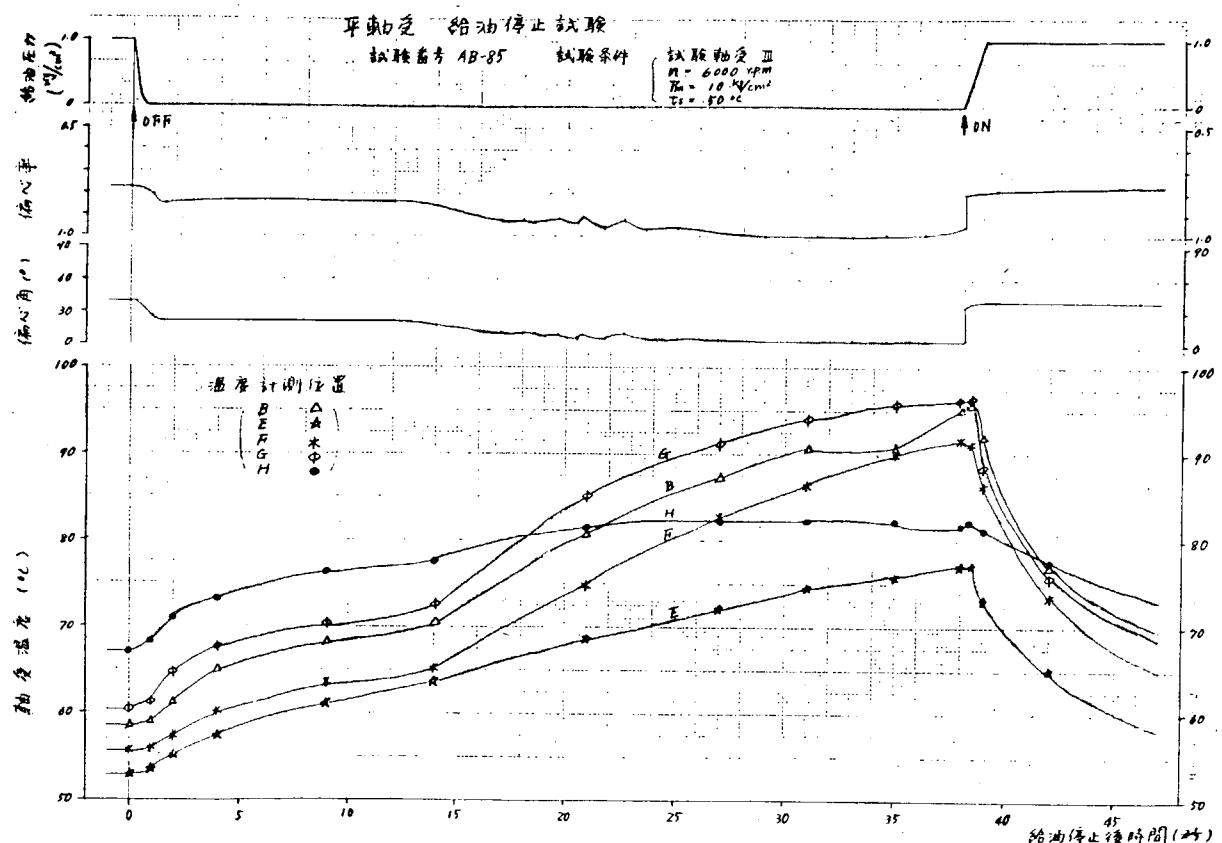
第2.2.2.5図 軸受メタル温度分布



第2.2.2.6図 給油停止後の軸受温度と軸変位(高給油温度)



第 2.2.2.7 図 給油停止後の軸受温度と軸変位（高給油温度）



第 2.2.2.8 図 給油停止後の軸受温度と軸変位（高給油温度）

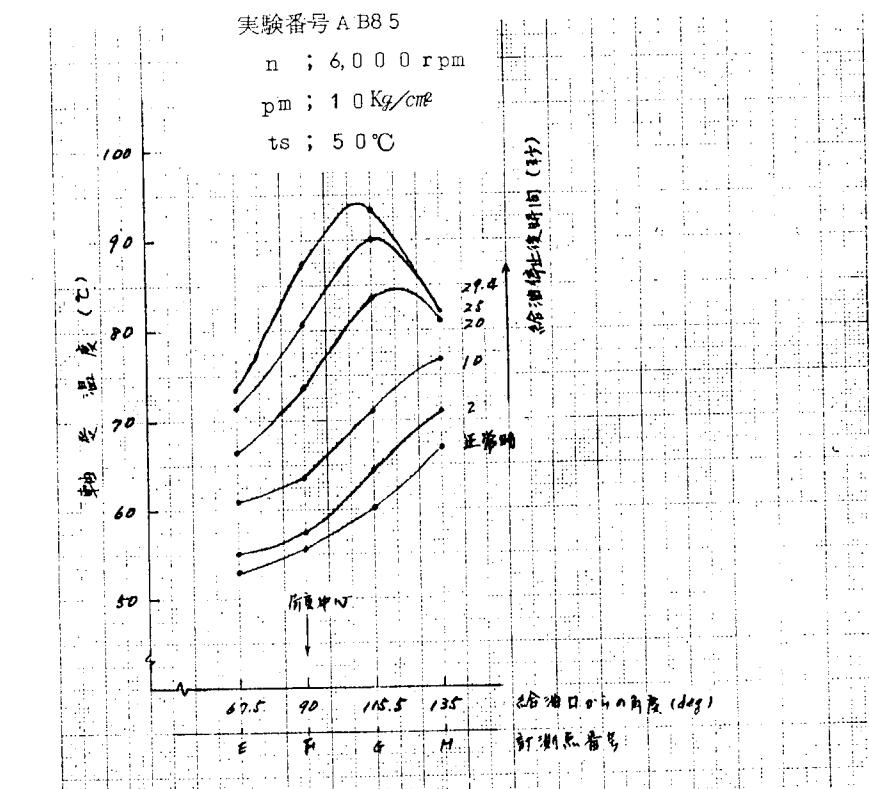
軸受番号 III

実験番号 A B8 5

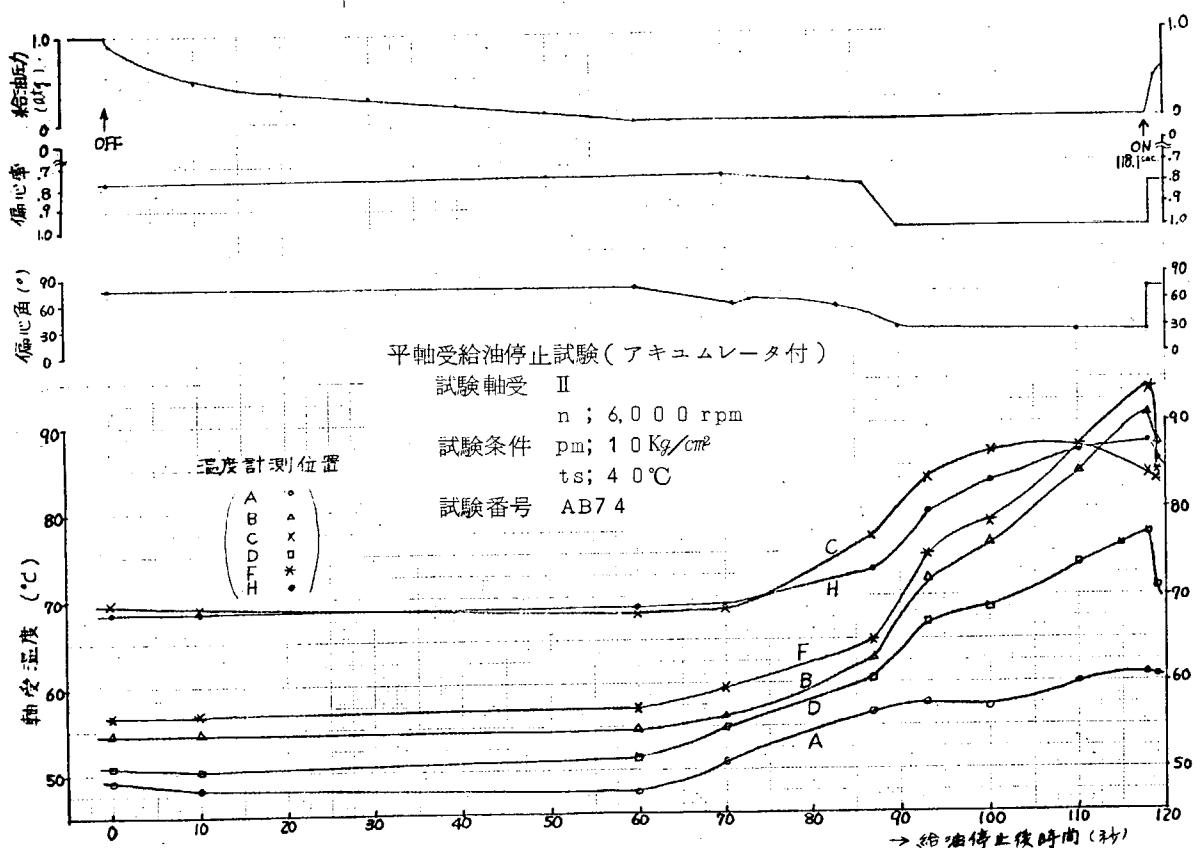
n ; 6,000 rpm

p_m ; 1.0 Kg/cm²

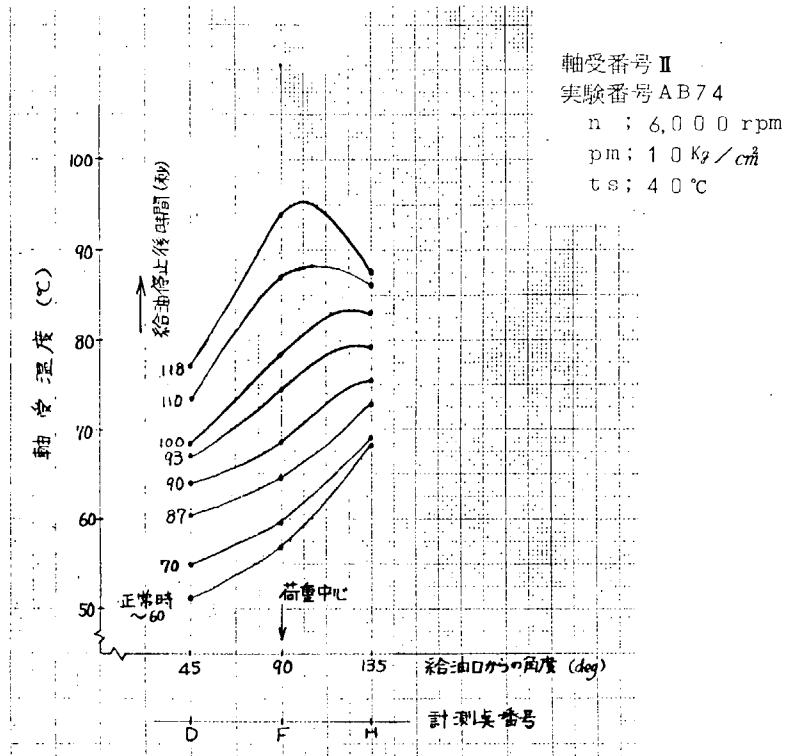
t_s ; 50 °C



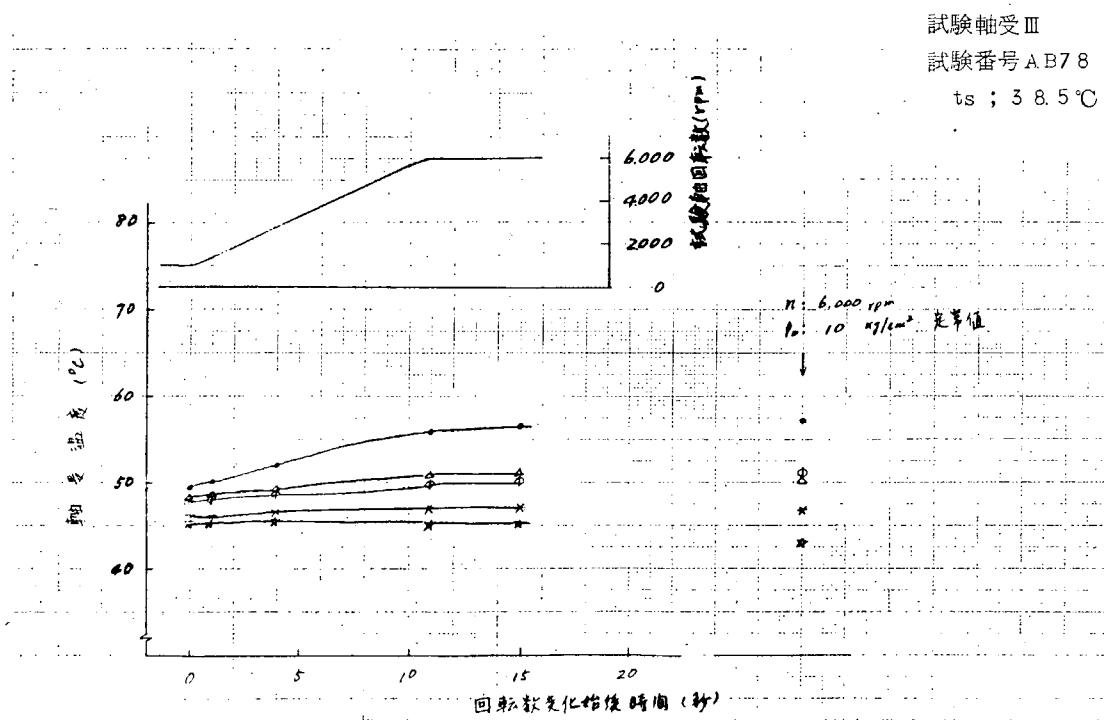
第 2.2.2.9 図 給油停止後の軸受温度分布



第 2.2.3.0 図 アキュムレータ使用時の軸変位と軸受温度

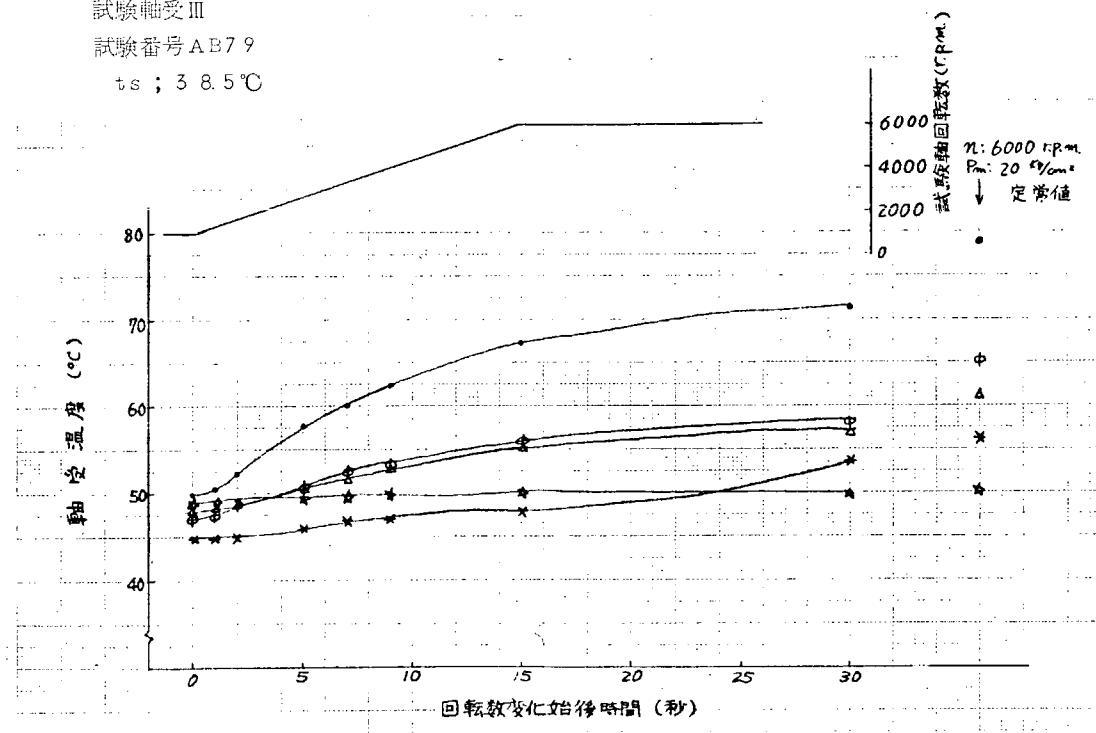


第 2.2.3.1 図 給油停止後の軸受温度分布(アキュムレータ付)

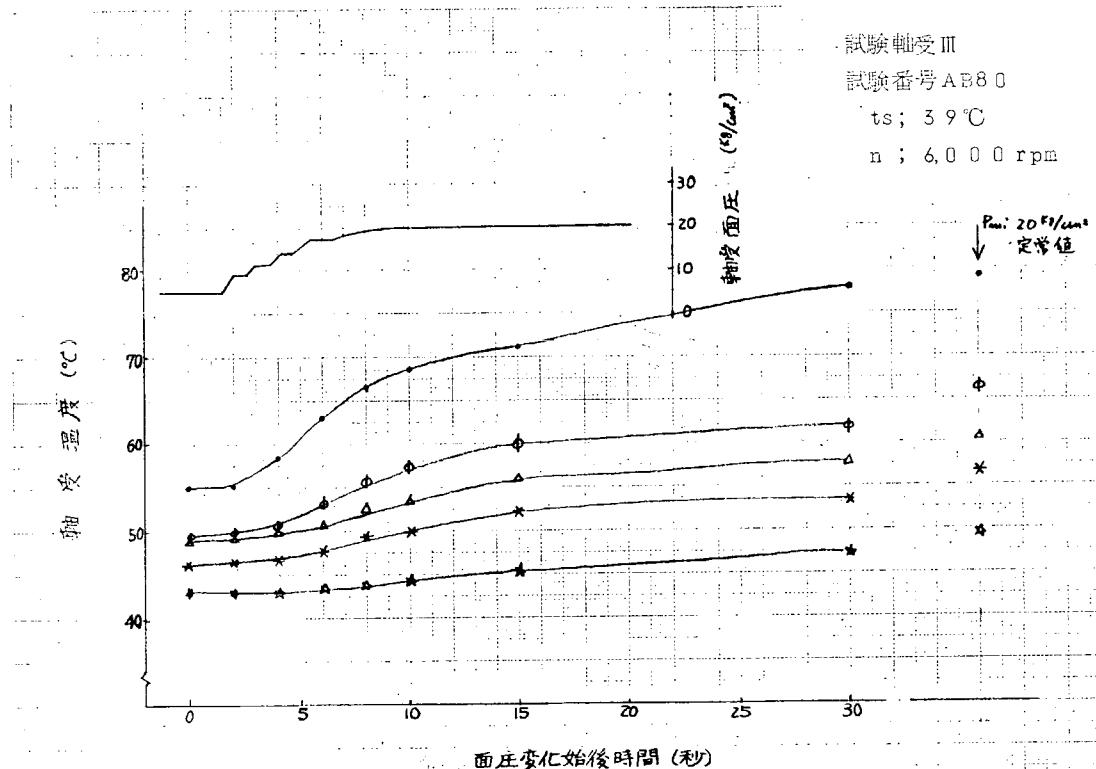


第 2.2.3.2 図 回転数急変の場合の軸受温度変化

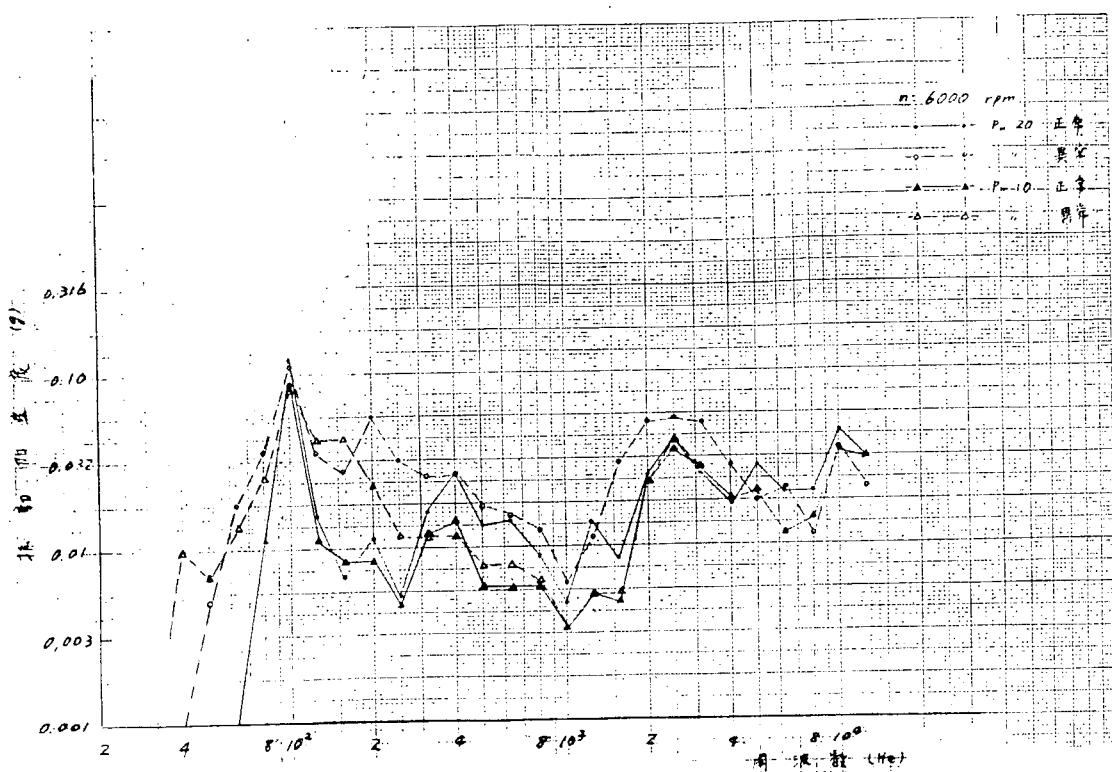
試験軸受III
試験番号 AB79
ts ; 38.5 °C



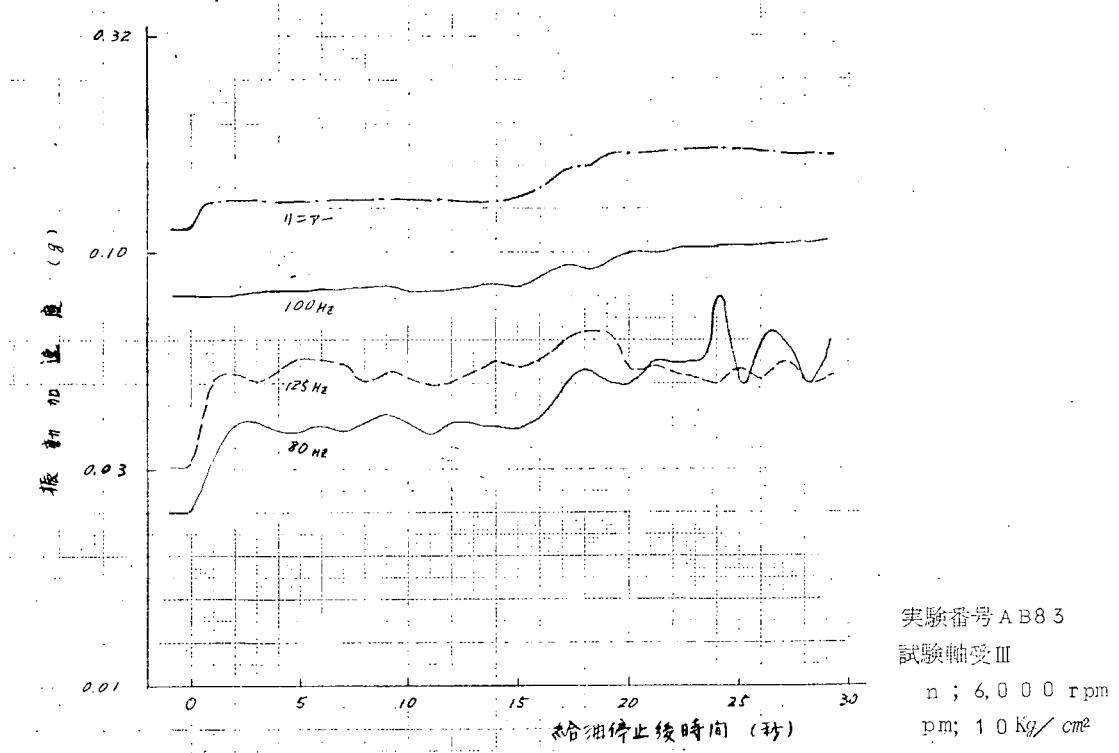
第 2.2.3.3 図 回転数急変の場合の軸受温度変化



第 2.2.3.4 図 面圧急変の場合の軸受温度変化

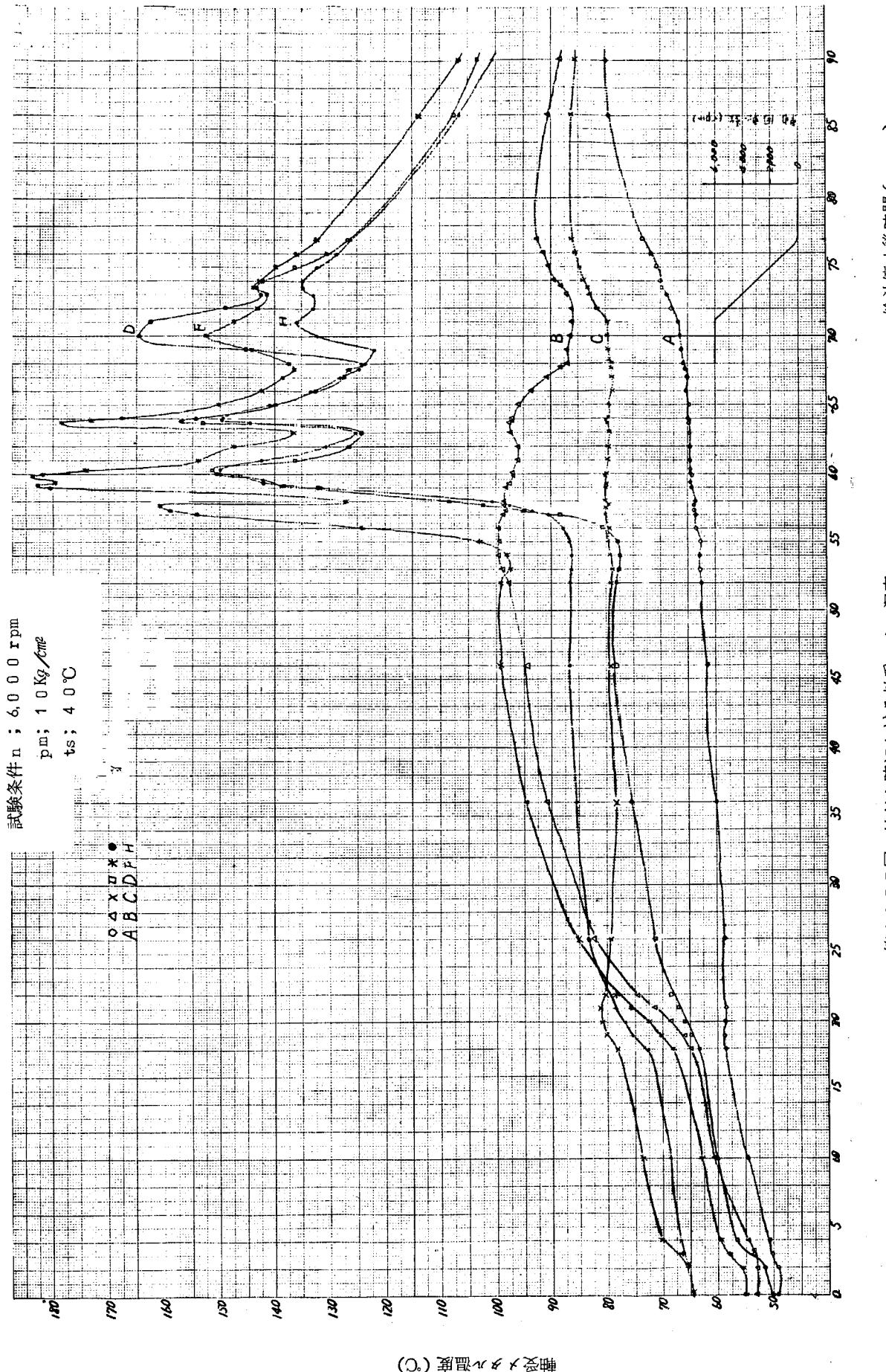


第2.2.3.5図 試験軸受の振動加速度

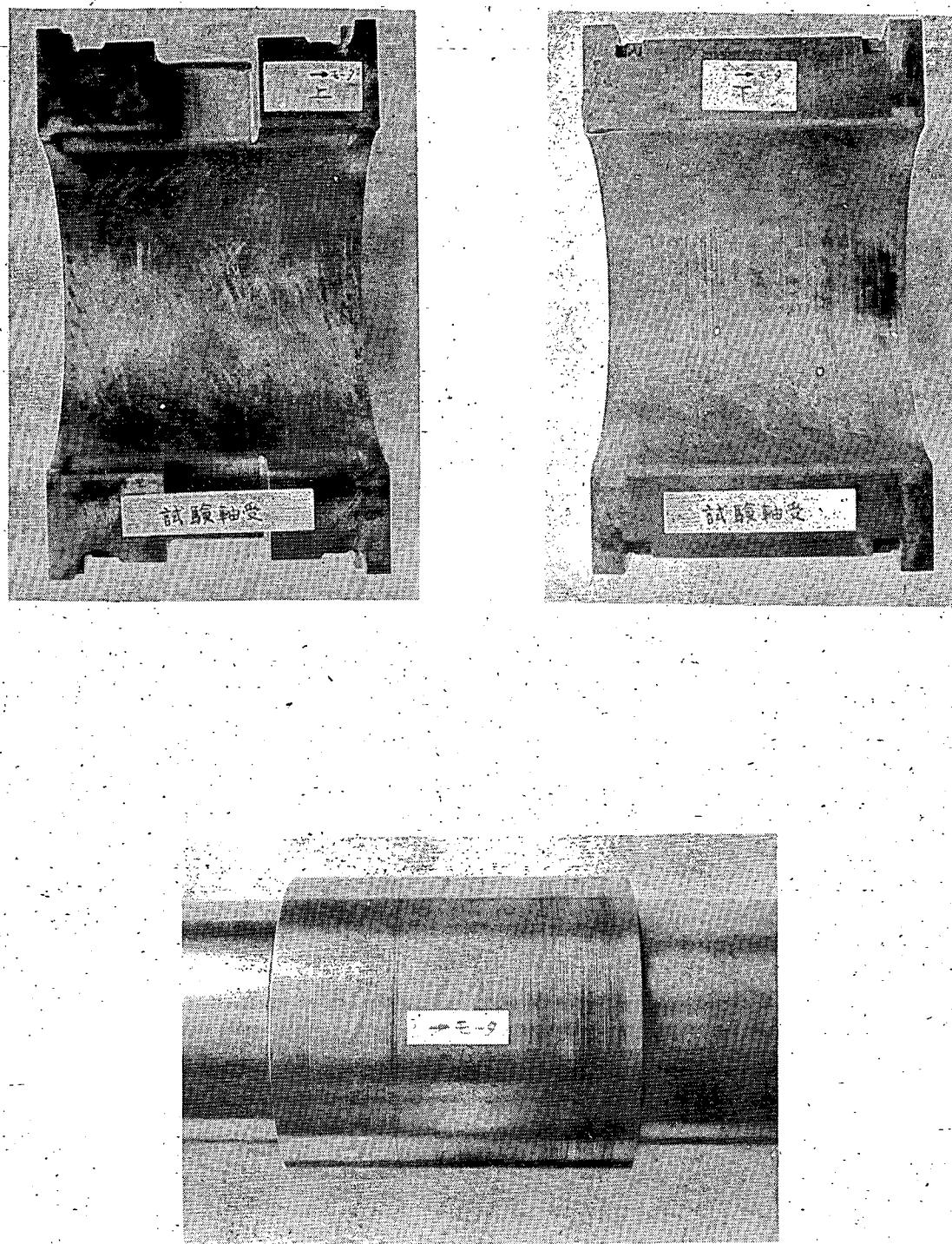


第2.2.3.6図 異常時の振動レベルの変化

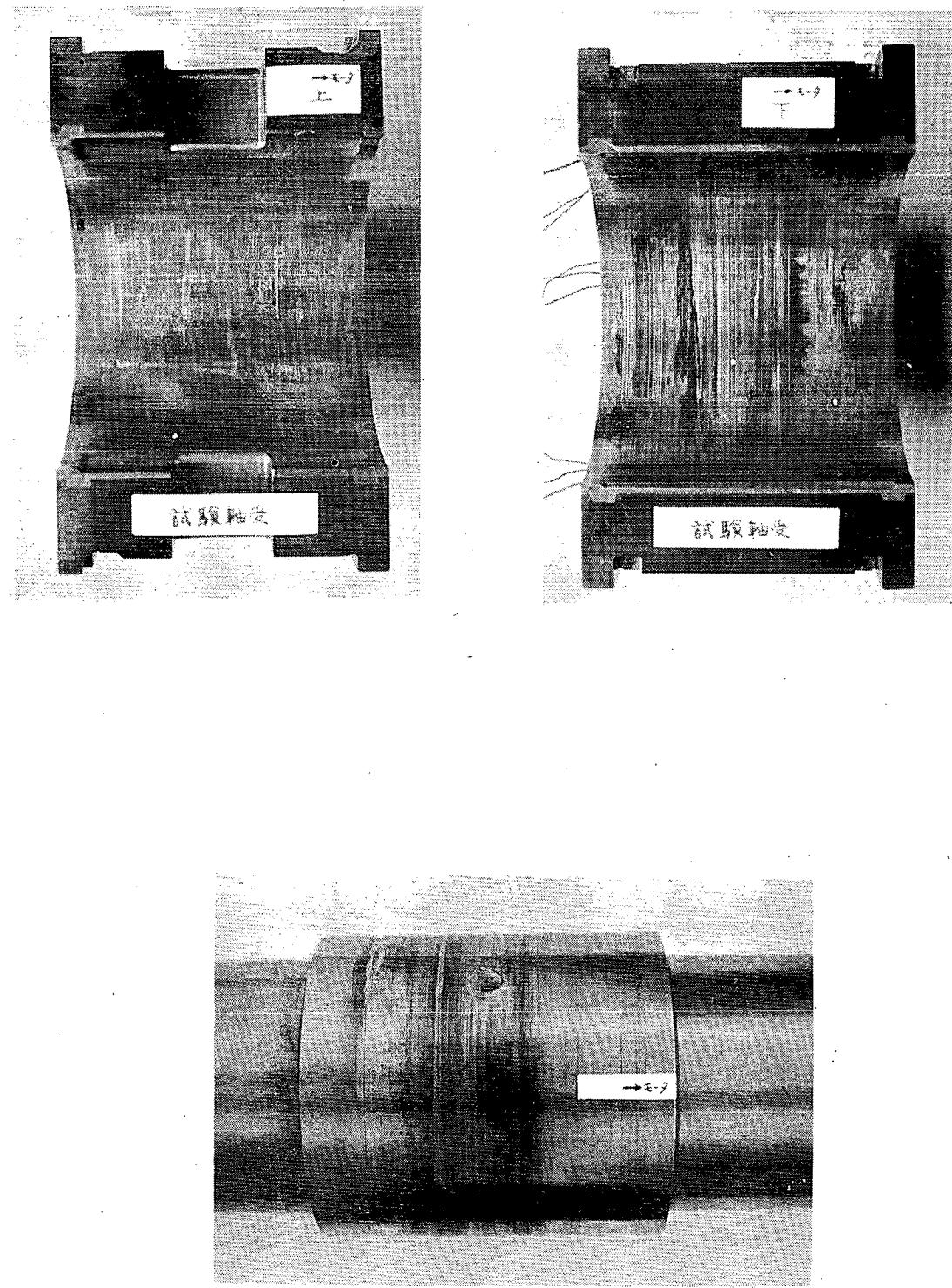
試験軸受 II



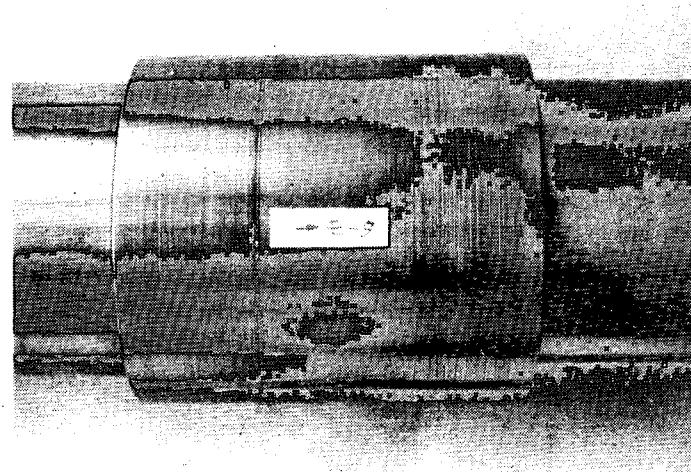
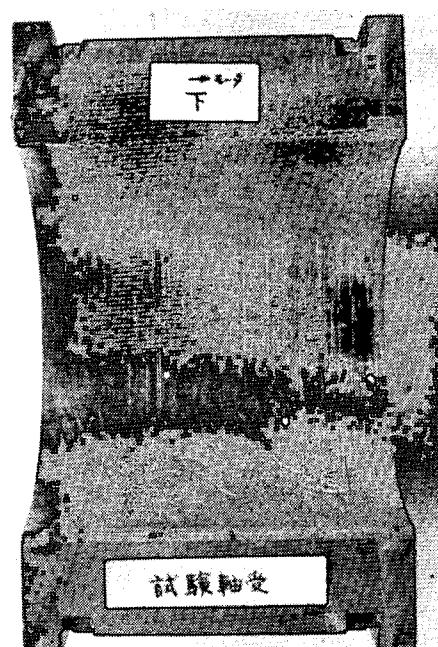
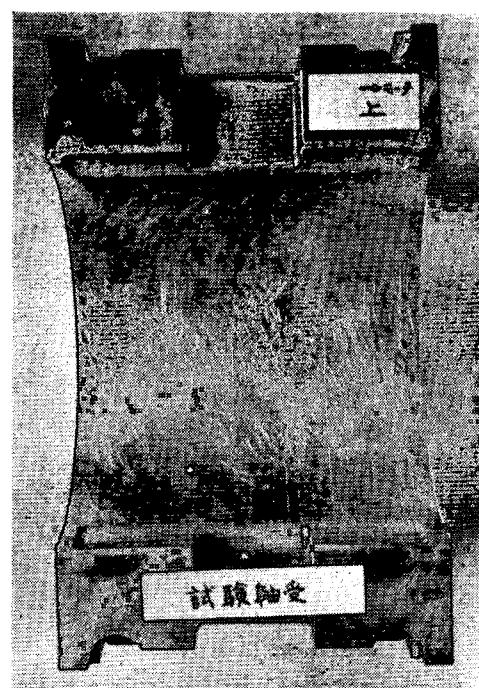
第2.2.37図 焼付き時ににおける軸受メタル温度



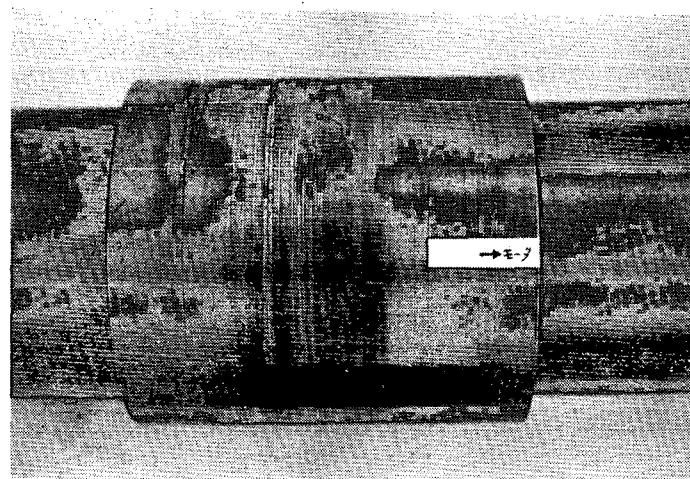
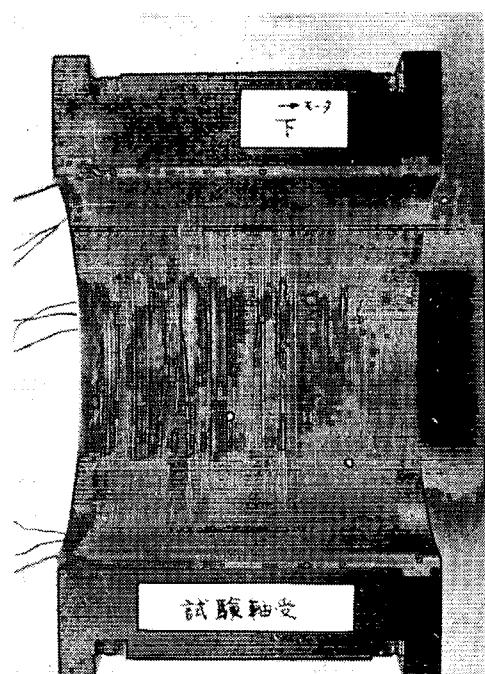
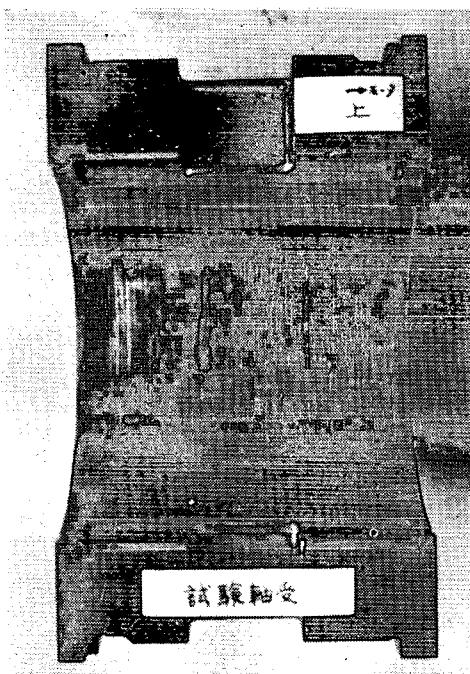
第2.2.3.8図 試験後の軸受および軸(I)



第2.2.3.9図 試験後の軸受および軸(II)

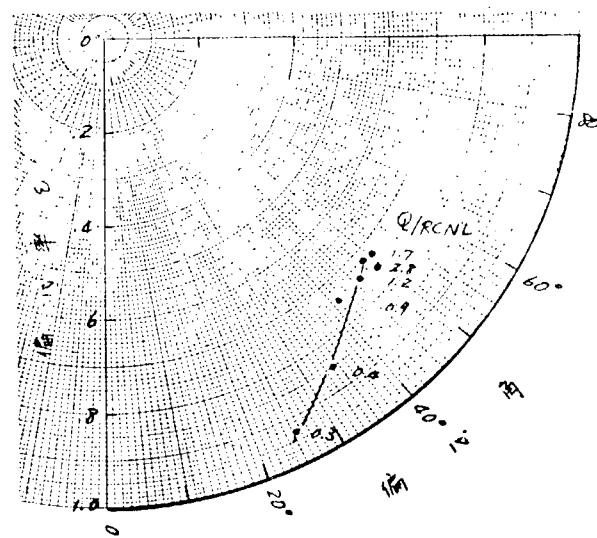


第2.2.3.8図 試験後の軸受および軸(I)

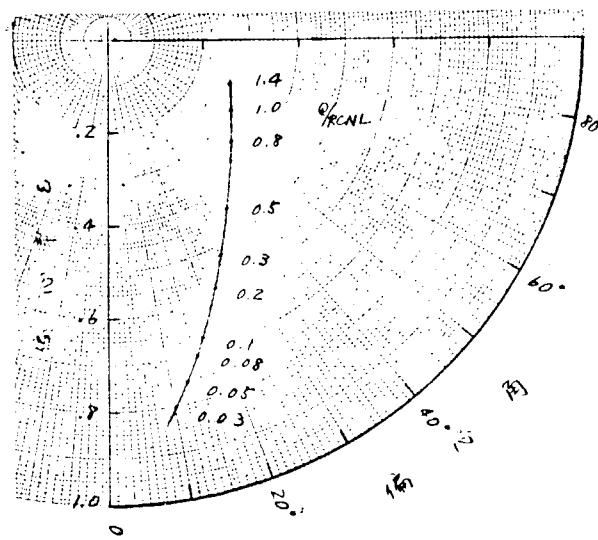


第2.2.3.9図 試験後の軸受および軸 (II)

試験軸受



第2.2.4-0図 給油量と軸心位置



第2.2.4-1図 給油量と軸心位置(Connorsによる)

(5) 平軸受試験のまとめ

- 1) 潤滑油供給量が減少あるいは停止した場合、軸はただちに釣合い位置から荷重中心に向つて直線的に変位する。軸受内に潤滑油がなくなつたとき、軸と軸受は荷重中心から回転方向に寄つたところで接触する。したがつて軸の動きは荷重方向の動きが大きく、軸変位は一方向の検出でも十分軸受の異常を知ることができる。
- 2) 軸受メタル温度は軸の動きに従つて起る。軸と軸受の接触が起るとメタル温度は $2 \sim 3^{\circ}\text{C/sec}$ の割合で上昇するが、温度上昇率の大きい期間は長くて $5 \sim 6$ 秒である。
軸受異常のとき軸受メタル温度の最高点は時間とともに荷重中心に寄る。したがつて軸受メタル温度の検出点は片当たりも考慮すると、荷重中心が、回転方向に $22.5^{\circ}, 45^{\circ}$ の点で軸方向数個所分布するのが最適である。特に軸受メタル温度の最高許容値の設定はこの点で行なうべきである。
- 3) 給油量が徐々に減少する場合には軸受メタルの温度上昇は非常にゆるやかな期間が続き、この間軸の変位は顕著でない。温度上昇率が高くなると、その上昇率は一定で長時間持続するから異常の設定はメタルの最高温度で行なうべきである。
- 4) 潤滑油温度は軸受メタル温度、軸変位にほとんど影響を及ぼさない。温度が低いほうがメタル温度上昇率が高くなる。
- 5) 給油管の容積は給油停止の場合軸受の異常に影響を及ぼさない。
- 6) 異常時の軸受の振動は、全体のレベルではあまり変わらないが軸回転数前後の振動数ではレベルが高くなる。軸と軸受が接触するようになると全体のレベルは高くなる。

2.2.4. 推力軸受における異常検知の実験

(1) 実験装置

実験装置の系統は、平軸受の場合に説明した第 2.2.1 図のとおりをほとんどそのまま準用し、ただ、静圧軸受がないこと、および軸受荷重用加圧シリンダの位置が変わつただけにすぎない。

また、潤滑油、作動油も同じ 140 番ターピン油を使用した。

推力軸受の試験装置組立図は第 2.2.4.2、4.3 図にその断面を、第 2.2.4.4、4.5 図には、外観写真を示している。第 2.2.4.2 図において右端の増速機に統いて、歯車継手から、支持軸受までは平軸受試験装置のものを流用している。軸②は、支持部の直径は同じであるが、それより尾部かけて推力受け、および軸変位計測のための大小のつばを設けている。

支持軸受⑦および推力軸受は、推力シリンダ⑩、軸位置指示計座④などとともに、推力軸受台として一体となつてゐる。推力軸受パッドは右側⑦は支持用、左側の⑧は試験用で、ミッチャエル形で、各 8 枚からなつてゐる。試験用パッドの形状、寸法、熱電対の取付け位置は第 2.2.4.6 図に示すとおりであつて、現用の船用蒸気ターピン高圧部のそれに近いものである。

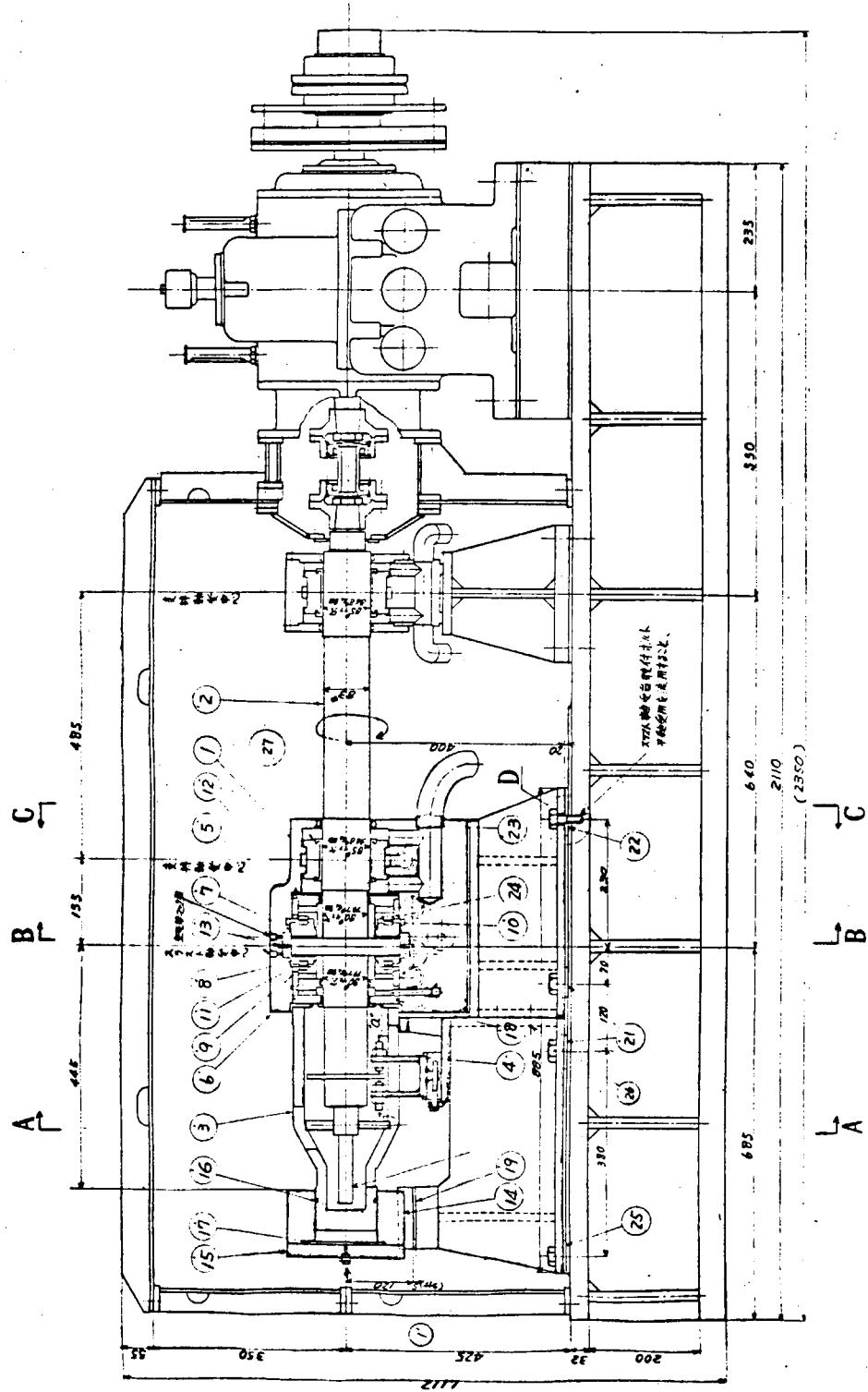
推力軸受室は、軸のつばの中央で、油切板で分割された形をとり、そのおののに給油、排油の系統が接続されている。排油孔には油量調整装置を設けてあり、また軸受室上部には空気抜き用バルブを設けて潤滑油ポンプ運転開始時に空気を抜いて、定常運転において軸受室に常に潤滑油が充満するように油面計で確認した。

推力は、加圧ピストン③、パッド受け⑥、ビボット⑨、⑪を介して加えられ、軸の回転方向は、第 2.2.4.3 図に見るように、原動機に向つて、時計方向となつてゐる。

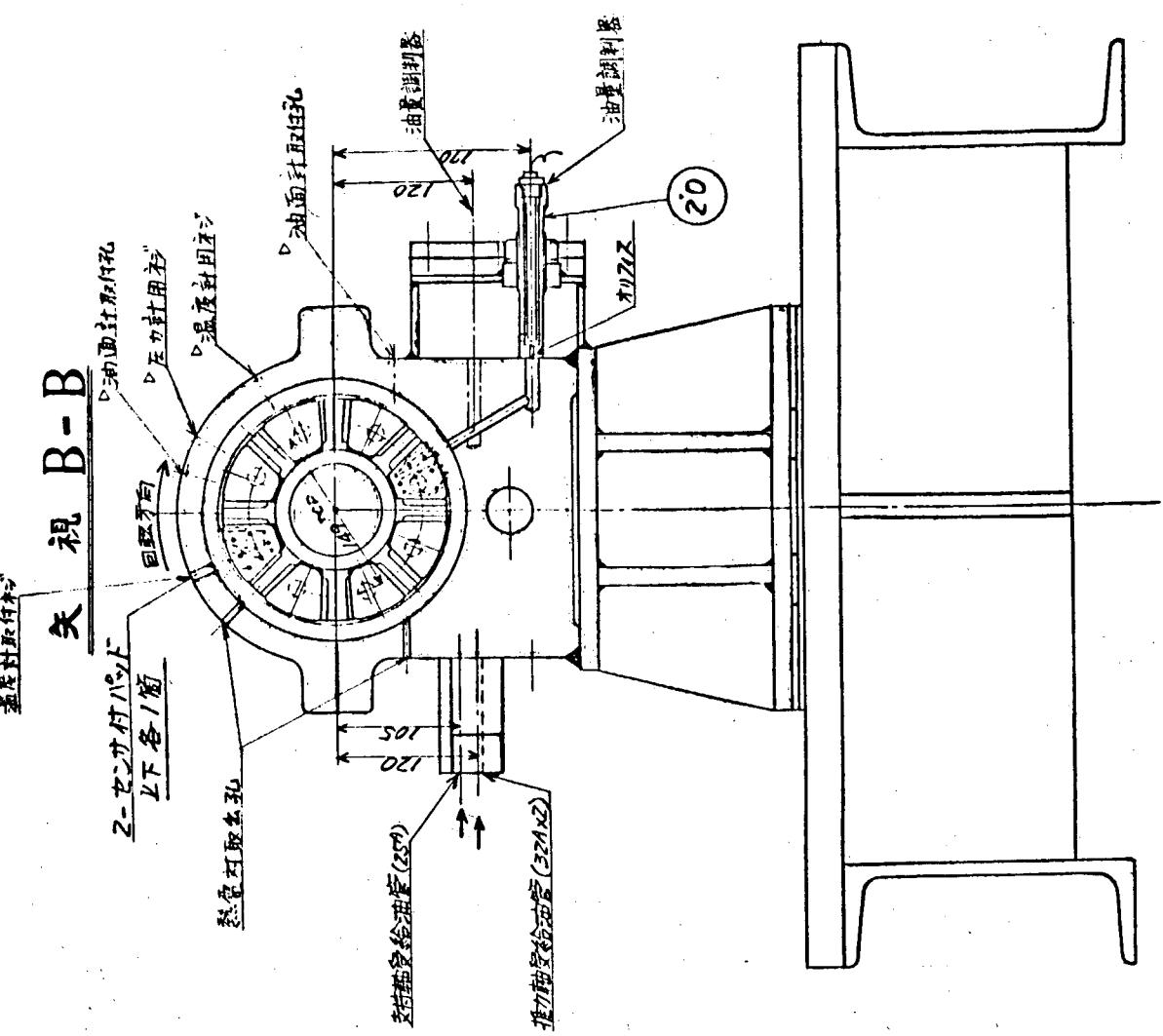
(2) 計測事項と方法

(a) 軸受メタル温度

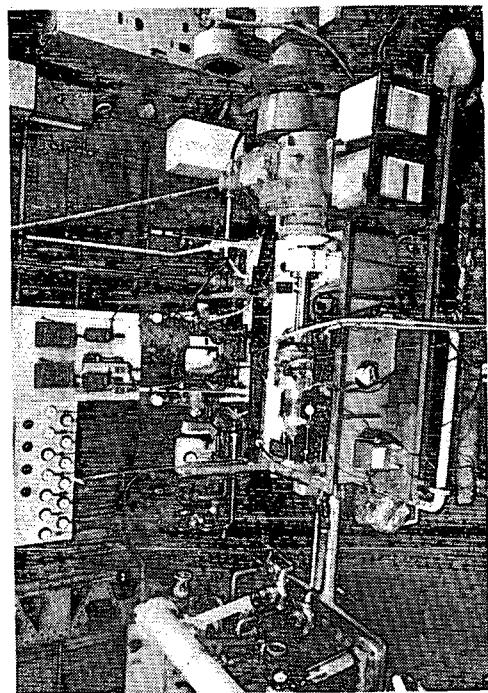
軸受温度の計測には、平軸受のときと同じく、外径 0.5 mm のステンレスシース CA 热電対を用い、第 2.2.4.6 図に示すように加工された軸受パッドに、ホワイトメタル表面から、1 mm のところに先端がくるように、熱電対を固定した。熱電対による計測点は図のように、1 つの特定のパッドについては O, M, N, P 点、さらに周方向の温度分



第2.2.4.2图 推力轴受試驗裝置全体側斷面圖



第2.2.4.3図 推力軸受試験装置パッド部断面図



第2.2.4.4図 推力軸受試験装置全体装置



第2.2.4.5図 推力軸受試験機本体

布を求めるためにP、Q、R、S、T、U、Vの各点を選んだ。

(b) 軸受と軸の相対変位

変位の計測にはやはり、平軸受試験と同じ変位計を用い、精密に検定を行なつた無接触式ピックアップによつて、軸の変位を第2.2.4.2図の④に示す位置で計測を行なうとともに、③の推力加圧ピストンの変位も同様にして求め、後者と前者の差を左側の試験パッド⑧と軸の相対変位とした。この相対変位には軸と推力加圧ピストンの熱膨張差が誤差として含まれるから、この値は近似値であることを考慮しなければならない。

(c) 潤滑油温度

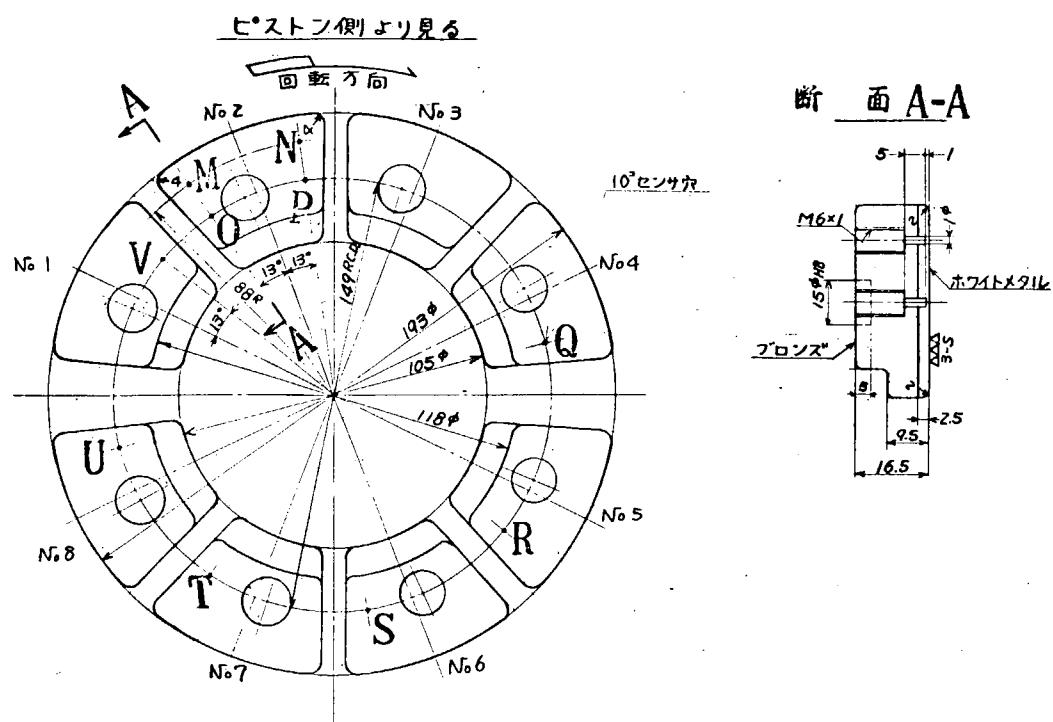
条件設定の給油温度としては、試験軸受にできる限り近い位置における管内温度を、外径2mmのシースCA熱電対で検出し、排油温度は軸受出口に設けられた油量調整器（第2.2.4.2図⑩）にセットした、外径0.5mmのシースCA熱電対による出力を、それぞれ打点式温度計で記録した。

なお、給油管には、このほか棒状温度計を装着し、また、油タンクでは自動温度調節付き膨張温度計を備えて、供給油温の確実な把握に努めた。

(d) 給油流量

流量は平軸受と同じく、オーバル流量計と管路オリフィス前後の差圧のU字管測定を用いた。

上記の他、平軸受の場合と同様、各部の圧力、温度、回転数の記録を行なつた。



第2.2.4.6図 推力試験パッドの温度計測位置

(3) 実験方法と条件

実験方法は平軸受試験の場合とほぼ同様であつて、異常状態を与える前の整定条件は次のように選んだ。

試験軸回転数 $n = 3,000, 4,500, 6,000 \text{ rpm}$

軸受平均面圧 $p_m = 10 \text{ Kg/cm}^2$

給油温度 $t_s = 45, 55^\circ\text{C}$

上記の組合せの種々の条件に運転状態を整定させた後、給油弁を閉めて、軸受の給油量を減少して軸受に異常状態を与える方法をとつた。給油圧力減少速度を調節するために、上記の給油弁と軸受入口の管に約24ℓの密閉した空気加圧式アキュムレータを接続し、アキュムレータ出口弁を開閉することにより、

1) 給油圧力が弁操作後約1secで 1 Kg/cm^2 から零に減少する場合

2) アキュムレータの作用より、給油圧力が徐々に減少する場合について実験を行ない油圧低下速度の影響を求めるようにした。給油遮断後はメタル温度をオシログラフ上で監視し、所定の温度に到達した瞬間に給油弁を全開し、給油圧を回復する方法によつた。試験は、メタル温度 t が下記の範囲にはいるように3段階に分けて行なつた。

i) $t < 90^\circ\text{C}$ ii) $t = 120 \sim 130^\circ\text{C}$ iii) $t > 200^\circ\text{C}$

ただし、 $t > 200^\circ\text{C}$ (焼付試験) は $6,000 \text{ rpm}, p_m = 10 \text{ Kg/cm}^2, t_s = 45^\circ\text{C}$ の場合についてのみ行なつた。

上記のほかに参考として回転数急変させた場合、給油停止後メタル温度が所定温度に到達した時にモータ停止させる試験を行なつた。

(4) 実験結果

(a) 給油圧力低下の影響

軸受の異常状態には種々の原因があるが、本実験では前述のように給油圧力を減少させて、軸受の異常状態を現出させる方法を用いた。

1) 異常試験前にはそれぞれの試験条件で整定させ、軸受の正常値を計測した。第2.2.4.7図は、整定時におけるメタル温度、回転数、潤滑油量の関係を示している。

2) 第2.2.4.8図は給油温度 $t_s = 45^\circ\text{C}$ 、軸受平均面圧 $p_m = 10 \text{ Kg/cm}^2$ を一定に保ち各回転数で、試験入口の弁を急閉(約1秒)した場合の推力軸受パッドメタル温度の計測例である。

平軸受の場合の同様な実験においては、1例として第2.2.1.1図に示されるように給油遮断後、約4秒後に温度上昇の勾配は緩かになり、20~25秒後、最高温度約80°Cの付近で、再び温度勾配が急激になつて、その後、ほぼ平坦な部分が続くような状態変化を経るが、推力軸受の場合には平軸受の場合と異なり、給油遮断後メタル温度は100°C以内では単調に増加するのみである。この試験例ではメタル温度は約90°C以下に抑えたが、解放後の点検ではパッドの油出口端付近に輝面を呈する当りが出る程度であつて、その後の使用に十分耐えうるような状態である。

第2.2.4.8図より給油遮断後のメタル温度上昇に対する回転数の影響がわかるが、第2.2.4.9図には面圧の影響も併記した。

(b) 給油温度の影響

第2.2.5.0図は、給油温度 t_s を約55°Cに上昇させたときの給油遮断試験におけるメタル温度変化を示す。 $t_s = 45^\circ\text{C}$ の場合(第2.2.4.8図)とほぼ同じような温度上昇の経過をたどるが、N点の計測値を比較すると、 $t_s = 55^\circ\text{C}$ の場合のほうが整定温度および同一時刻における過渡温度も高い。しかし、温度上昇の勾配を比較すると第2.2.5.1図に示すように $t_s = 55^\circ\text{C}$ の場合は $t_s = 45^\circ\text{C}$ に比し勾配が小さい。その差はあまり大きくなないことから、単位時間の温度上昇分を検出して、軸受保護の動作を起すようなシステムをとることに対しては給油温度の10°Cの差はあまり問題にならない。また、メタル温度そのものを操作信号とする場合でも $t_s = 55^\circ\text{C}$ の場合は、 $t_s = 45^\circ\text{C}$ の場合にも大差ないといえる。

(c) メタル温度の円周上の分布

推力軸受は第2.2.4.6図のように8等分されており、工作および組立の精度により、各パッドの対応点におけるメタル温度は必ずしも同一でないと推察される。第2.2.5.2～5.4図は第2.2.4.6図のP、Q、R、S、T、U、V、(Q、N)の各点に熱電対を埋込んで、(a)の場合と同様に給油遮断した実験例である。第2.2.5.5～5.6図は上述の実験において各パッドの対応点を選び出して、それぞれのメタル温度の分布を給油遮断後の各経過時間に対して示したものである。両図はいずれも実験に使用したメタルは同じもので、同一組立状態で行なつたが、Vは他に比し非常に低い値を示しているので、特異点として除外して考えると次のようになる。

第2.2.5.5図において、例として給油遮断後8秒後のメタル温度をとつてみるとV点を除いた他の点の平均値のまわりに+8°C～-4°Cの範囲にあり、第2.2.5.6図においては同様に給油遮断後8秒後のメタル温度はやはりV点を除いた平均値のまわりに+9°C～-6°Cの範囲にあつてある程度のばらつきを示している。前述のように熱電対は計測誤差ができるかぎり小さくなるように装着し、また軸受の寸法および組立も通常のプラクティスに従つたものであるから、今後さらに多くの実験例によつて確認の必要はあるとしても、実際にこの方法を適用して、メタル温度を検出して操作信号を発するようなシステムをとる場合検出点としては少なくとも円周上数点設け、その最高温度をもつて操作信号を発するようにすべきであろう。

(d) 同一パッド内の温度分布

第2.2.5.7図は、(a)の場合と同様に給油遮断を行なつて油圧を急激に低下させた場合の同一パッド内における各点の温度変化の経過を示すものである。図より分るようパッドのピッチャーカークル上のリーディングエッヂ付近に配したO点のメタル温度はトレーリングエッヂ付近のPおよびN点よりも低く、また、温度上昇率も小さいことから検出点には不適である。P、N点を比較すると約120°C以上においてはP点の温度が高くなるが、実験後の解放点検の結果では約120～130°Cにメタル温度の計測値が上昇したものでは第2.2.5.8図に示すようにメタルの塑性流動を一部生じ、それ以降短時間(6～7秒)に温度は急上昇して危険域に突入することから、検出点としては120°C以下で温度および温度上昇率の大きいN点が適当であろう。

(e) 油圧低下速度の影響

以上(a)～(d)項は第2.2.5.2～5.4図に示したように、給油弁を急速に全閉にして、軸受給油圧力を約1秒で1Kg/cm²より0に低下させた実験例であるが、実際の場合は必ずしもそうではなく、油圧が徐々に低下する場合も考えられる。したがつて油圧低下速度の遅い場合の実験例として、本実験では平軸受の場合と同様、空気加圧式アキュムレータを使用して、油圧を徐々に低下させるようにした。第2.2.5.9図はこの場合の実験例であつて給油圧力およびメタル温度の変化を示している。第2.2.5.1図には代表的なN点のみについて各回転数について、アキュムレータを使用しない場合と比較して示した。アキュムレータは一定容積(約24l)のものを給油遮断弁と試験軸受を結ぶ給油管につないだ空気加圧式のものであつて、給油遮断弁を全閉にした後このアキュムレータによつてある時間内に給油圧力が徐々に低下する。3,000、4,500、6,000 rpmの各回転数において、給油圧力ps=0になるまでは温度上昇は非常にゆるやかであり、ps=0付近で変曲点を有して、それ以降、温度上昇率が急激になつてゐる。この部分の温度上昇率はアキュムレータのない場合のそれよりも小さい。この様子を第2.2.6.0図に示している。このような例の場合には軸受の異常検出要素として、軸受メタル温度上昇率をとることはまだ有効性を失わないが、実際の場合は油圧低下速度が上記の例より小さい場合も当然起り得ることを考えれば温度上昇率は小さくなるため、このような場合はメタル温度そのものを操作信号としてとるほうがよい。

(f) 焼付き試験

給油遮断によつて軸受に異常状態を与える実験をメタル温度tを基準にして、Ⅰ) t < 90°C Ⅱ) t = 120°C～130°C Ⅲ) t > 130°Cのほぼ3段階に分けて行なつたがここでは、Ⅲ) の場合の焼付き試験について説明する。第2.2.6.1図は、焼付き試験における軸受メタル温度、軸と軸受の相対変位、および給油圧力の変化を示す。

この例も、(c)項同様熱電対を各パッドに埋込んで行なつたが、軸受メタル温度の各点の計測値は給油遮断後、急激に上昇し(J部)(計測場所が異なるO、N点および特異なV点を除いて考える)、一旦、勾配が緩かになる部分(K部)を通過すると、再び急激な温度上昇を行なつている(L部)。したがつて軸受メタル温度の変化過程から見ると、J、K、Lの3段階に分けて考えることができる。J部は急速に給油量が減少したために軸受メタルの発熱の大部分が残存油、軸および軸受の温度上昇に費されて、温度が急速に上昇する部分、K部は軸、軸受部の伝熱が大きくなつて温度上昇がにぶるが、L部では残存油量がなくなり、軸と軸受の金属間摩擦の占める部分が大きくなり、軸受メタルは塑性流動を起し数秒後変位が急速に増大し、タービンでは回転部と静止部の接触を起す重大事故につながる危険域にはいる。したがつて軸受の焼損を原因とするタービンの重大事故を防止するためには、危険なL部にはいる前にタービンロータを停止させるか、あるいはやむ得ない場合でも十分に減速させることが必要である。

第2.2.6.2図は焼付き試験後の推力軸受パッドであつて、流動したホワイトメタルがパッドの入口端に付着している様子が見える。

平軸受における焼付き試験と比較すると次のとおりである。平軸受の場合は第2.2.3.7図に示すように、焼付きに達するまでに3回の温度の急上昇があるが、この中間の温度の急上昇は推力軸受には見られない平軸受特有のものである。給油圧力低下開始の初期における上昇温度は推力軸受の場合約100°C~110°Cであるが、これは平軸受のそれの60~70°Cに比し相当高い。焼付きに通じる最後の温度急上昇を起すまでの時間は平軸受の場合50秒強であるに比し、推力軸受で30秒弱で推力軸受の場合のほうが検出後の操作時間上不利である。

また、焼付きに通じる最後の温度急上昇を起す軸受メタル温度は平軸受では100°C以内であるに比し、推力軸受では130°C前後である。

(g) 軸と軸受の相対変位

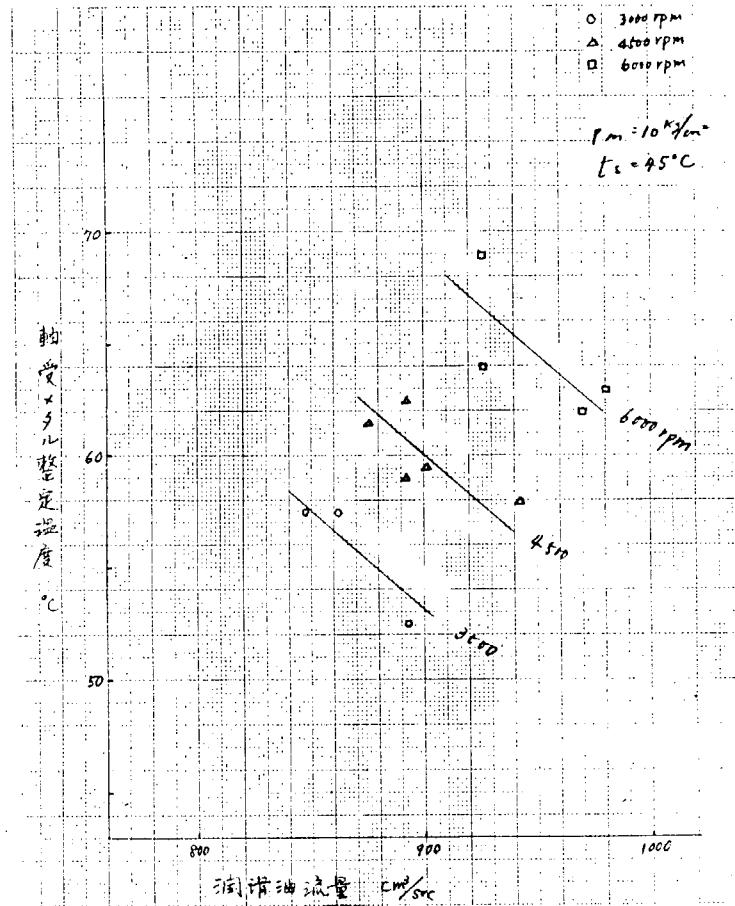
第2.2.5.2~5.4図および第2.2.6.1図に軸と軸受の相対変位量の計測例を示している。この計測値は2.2.4(2)(b)項で述べたようにして求めたものであつて、回転部と推力加圧ピストンを含む静止部の熱膨張差を誤差として含む。第2.2.5.1~5.3図および第2.2.6.0図は給油圧力を1秒以内に急激に低下させた実験例であつて、この場合、変位行程の大部分は2~4秒内に終つており、回転速度の大きいほど変位の変化率は大きい。このような短時間においては、上記の熱膨張差による誤差も少ないと考えると、このような急激な給油圧減少の場合には変位の変化率は軸受メタル温度変化率同様有力な検出値となりうるであろう。しかしながら状態変化が緩慢な場合には熱膨張の影響がはいりやすいこと、実機に適用する場合の設置および運転条件の影響がはいりやすい等の問題がある。特に変位計を長時間にわたる軸受の摩耗を計測することには、上記により困難なところが多いと考えられる。

(4) 推力軸受試験のまとめ

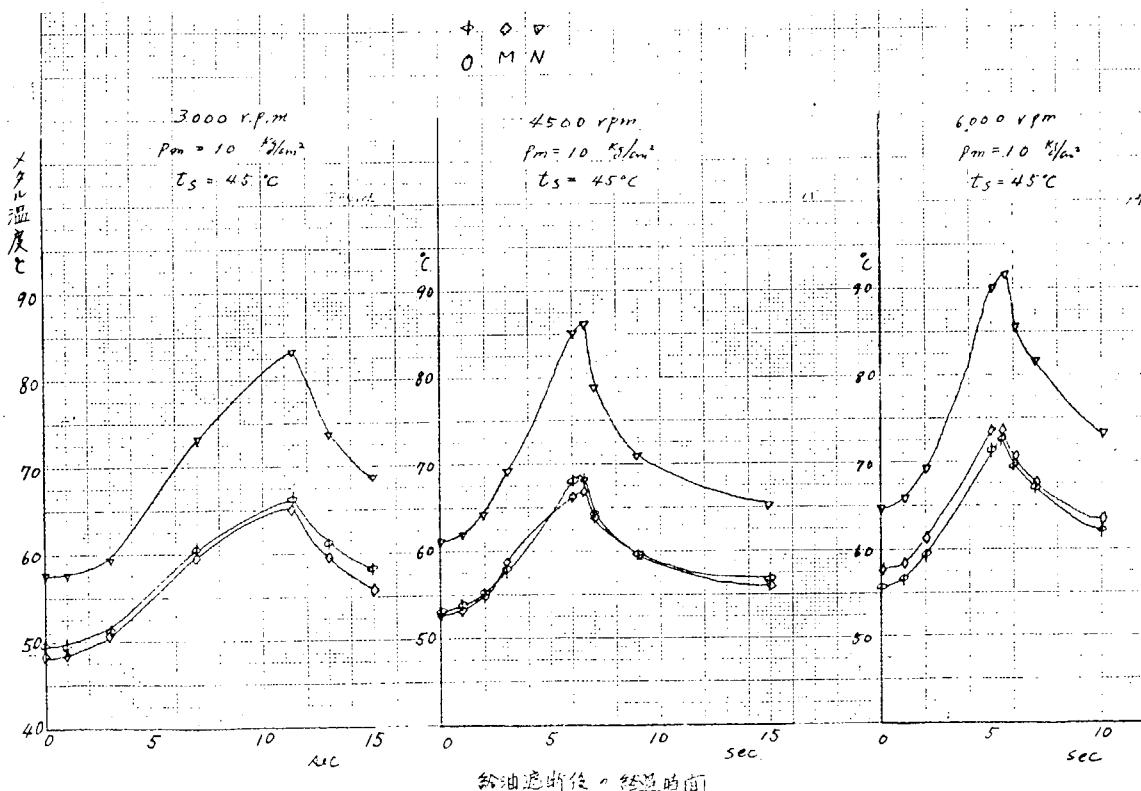
以上述べた推力軸受試験の結果をまとめると次のようにになる。

- 1) 給油減少時における推力軸受メタル温度 t とメタルの損傷の関係は3段階に分けて考えることができる。 $t < 90^\circ\text{C}$ ではメタルは輝面を呈するあたりが出る程度、 $t = 120^\circ \sim 130^\circ\text{C}$ ではメタルは一部塑性流動を生じる。さらに $t > 130^\circ\text{C}$ になれば、数秒後にメタルが全面的に流動を起し、変位が急増する危険域にはいる。
- 2) 急激に軸受に異常状態が起る場合、検出値としてメタル温度変化率および変位変化率が有効である。現象がゆるやかに起る場合には、軸受メタル温度そのものを検出値とするのがよい。この場合、変位を検出値とすることには測定場所の関係上、軸の熱膨張の誤差が影響するため、今後検討すべき問題が多い。
- 3) 軸受メタル温度の検出点としては、推力軸受パッドのピツクサークルより上で油出口端が望ましい。また、各パッドには避けられない組立上の精度のために、各パッドのメタル温度にはばらつきがあるため多点計測を行ない、その最高の温度あるいは温度変化率によって操作端を動かすことが必要であろう。
- 4) 回転数、軸受面圧とともに大きくなると給油減少時におけるメタル温度の上昇率は大きく、重大事故につながる軸

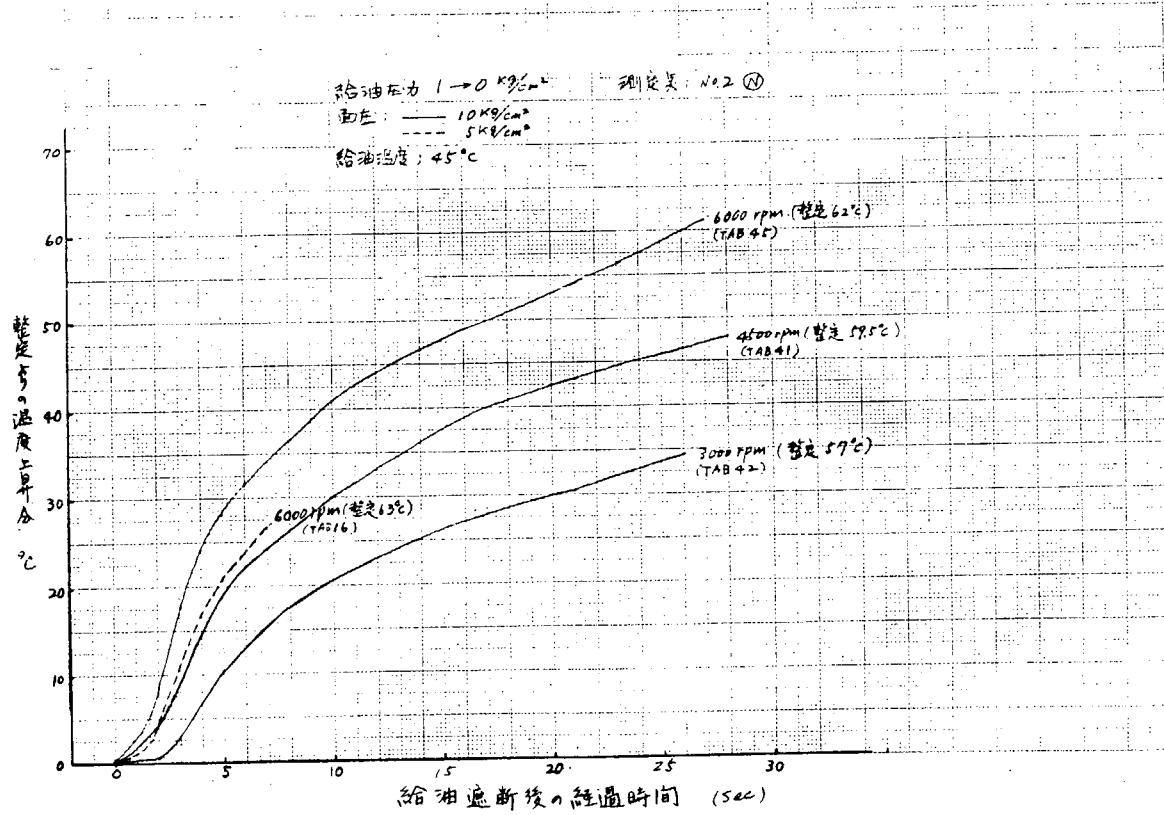
受メタルの焼付きに達する時間が短かいために、検出端が信号を発して操作端を動かす時間の制限が厳しいが、給油温度が45°Cと55°Cの場合を比較すれば、大差がなく影響は少ない。また、給油圧を低下させるために操作した弁の位置は実験結果に影響を与えない。



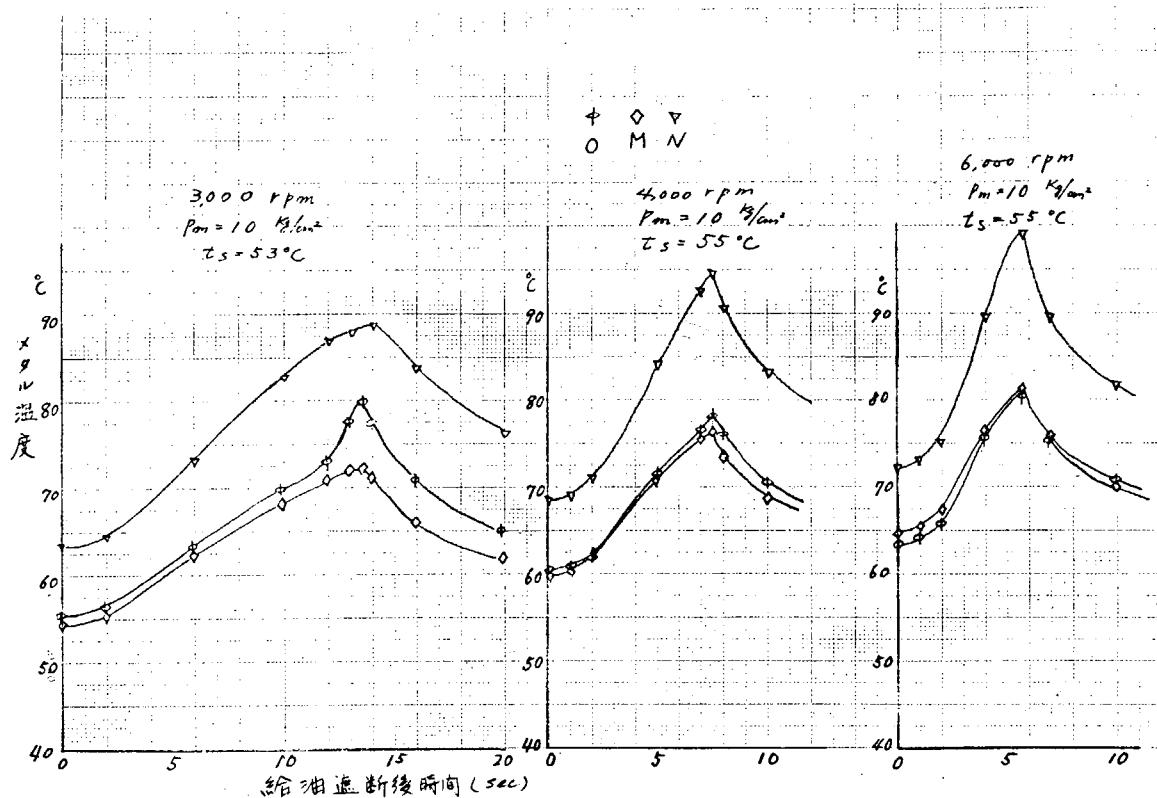
第2.2.4.7図 整定状態における軸受メタル温度
潤滑油量、回転数の関係



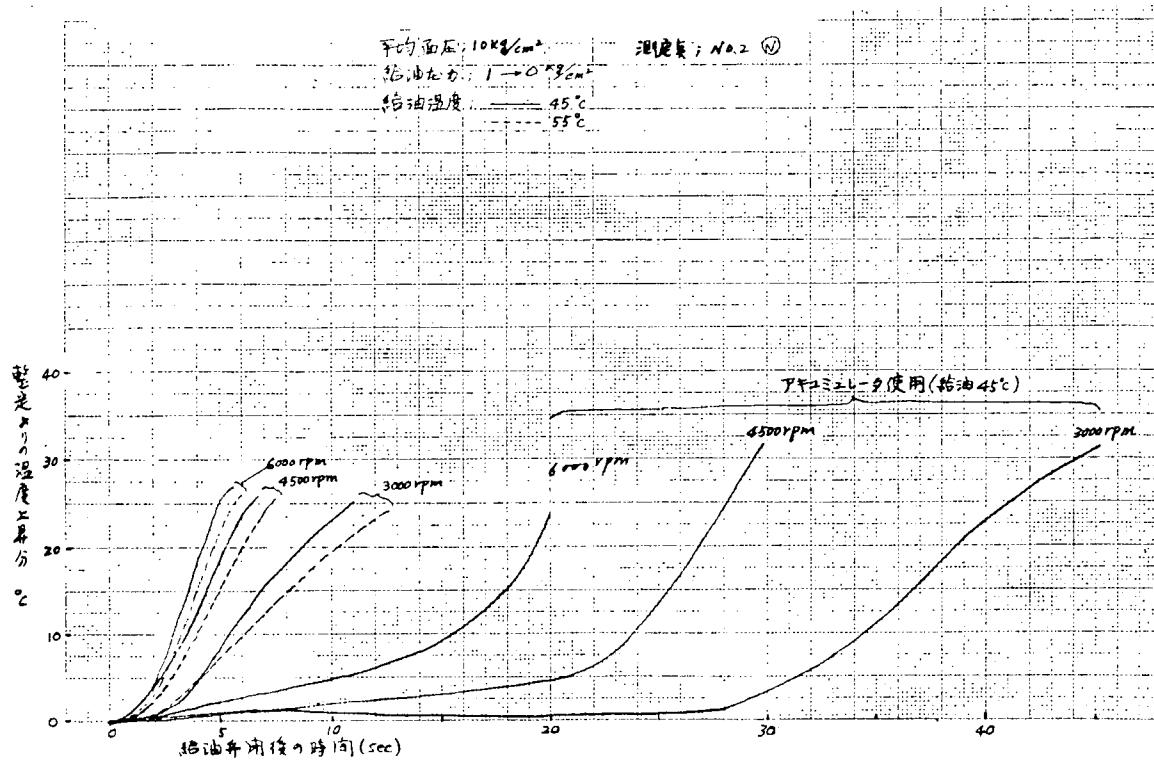
第2.2.4.8図 給油遮断時におけるメタル温度変化(1) (給油温 $t_s = 45^\circ\text{C}$)



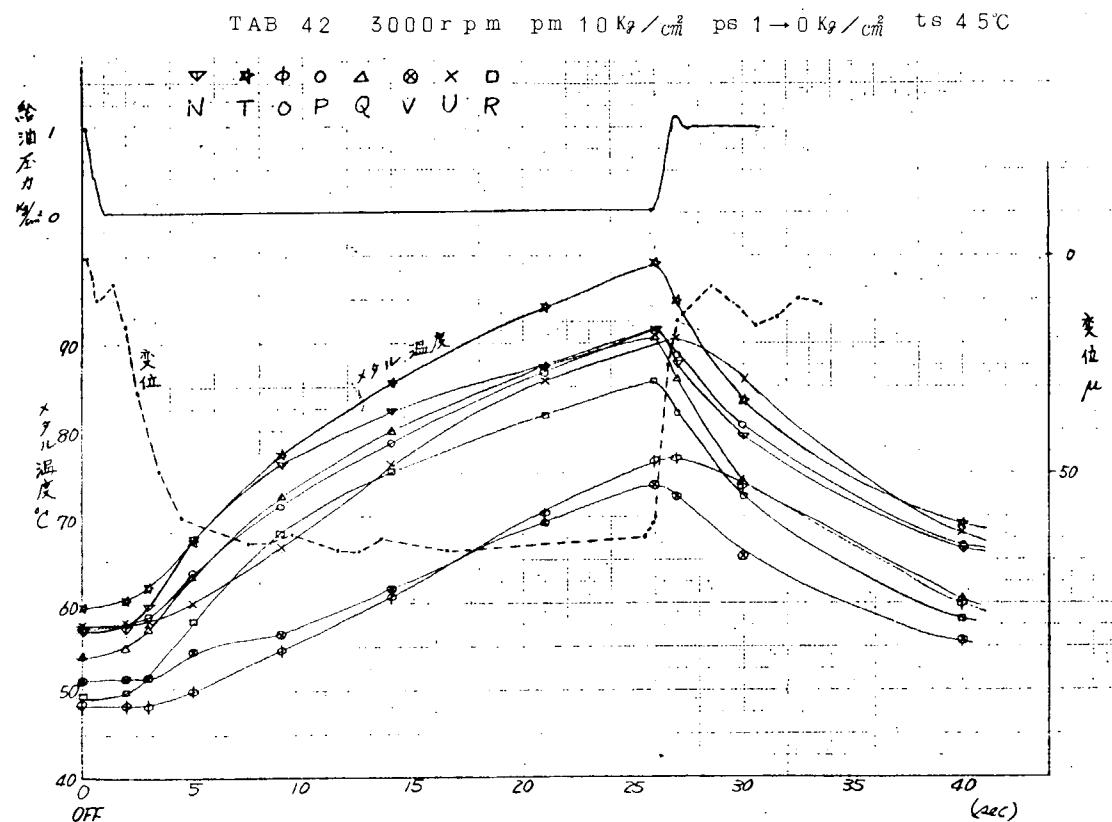
第2.2.4.9図 給油遮断時のメタル温度に対する回転数、面圧の影響



第2.2.5.0図 給油遮断時におけるメタル温度変化(2)
(給油温 $t_s = 55^\circ\text{C}$)

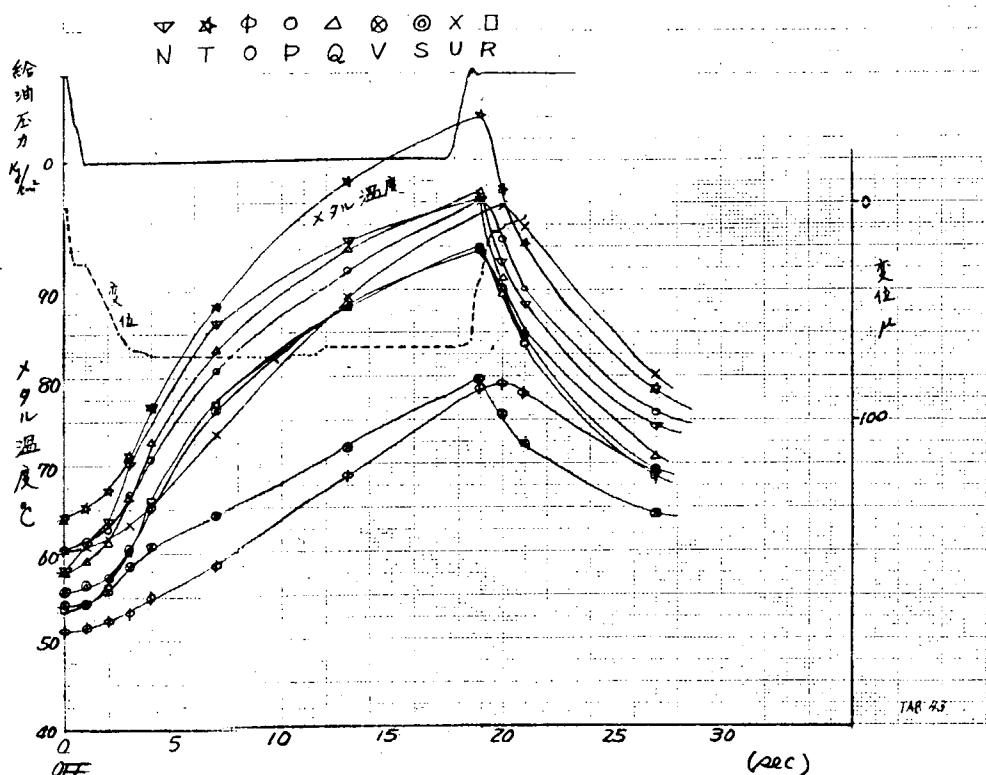


第2.2.5.1図 推力軸受メタル温度に対する給油条件の影響(給油遮断)



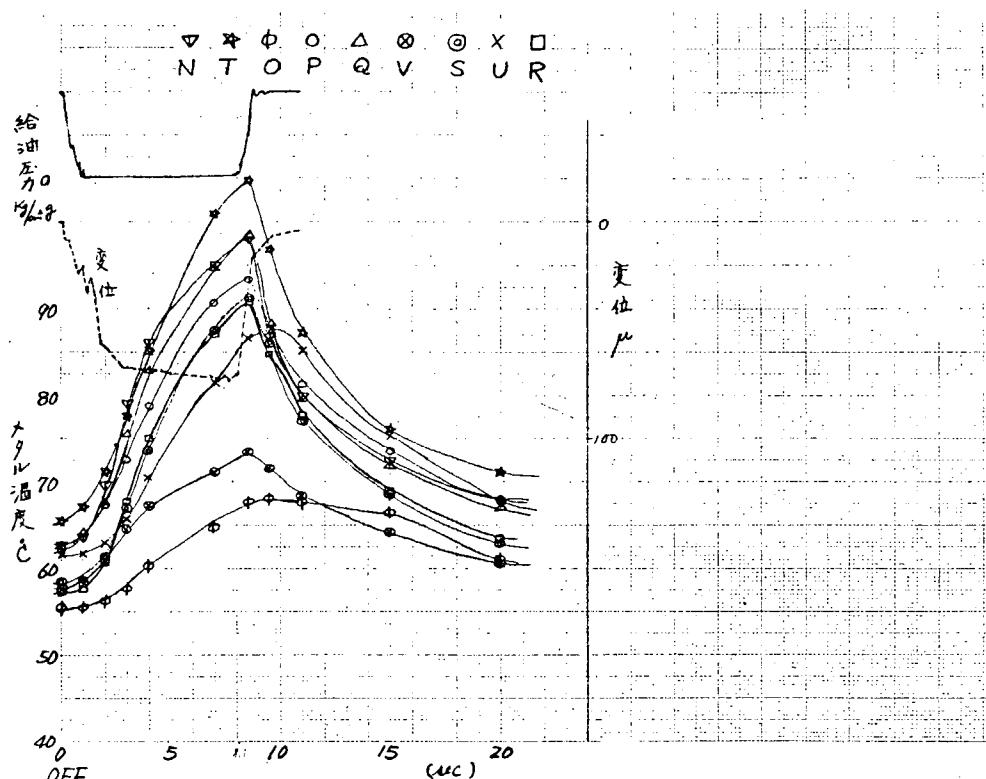
第2.2.5.2図 給油遮断時における過渡変化(1)

TAB 43 4,500 rpm pm 1.0 Kg/cm² ps 1 → 0 Kg/cm² ts 46 °C



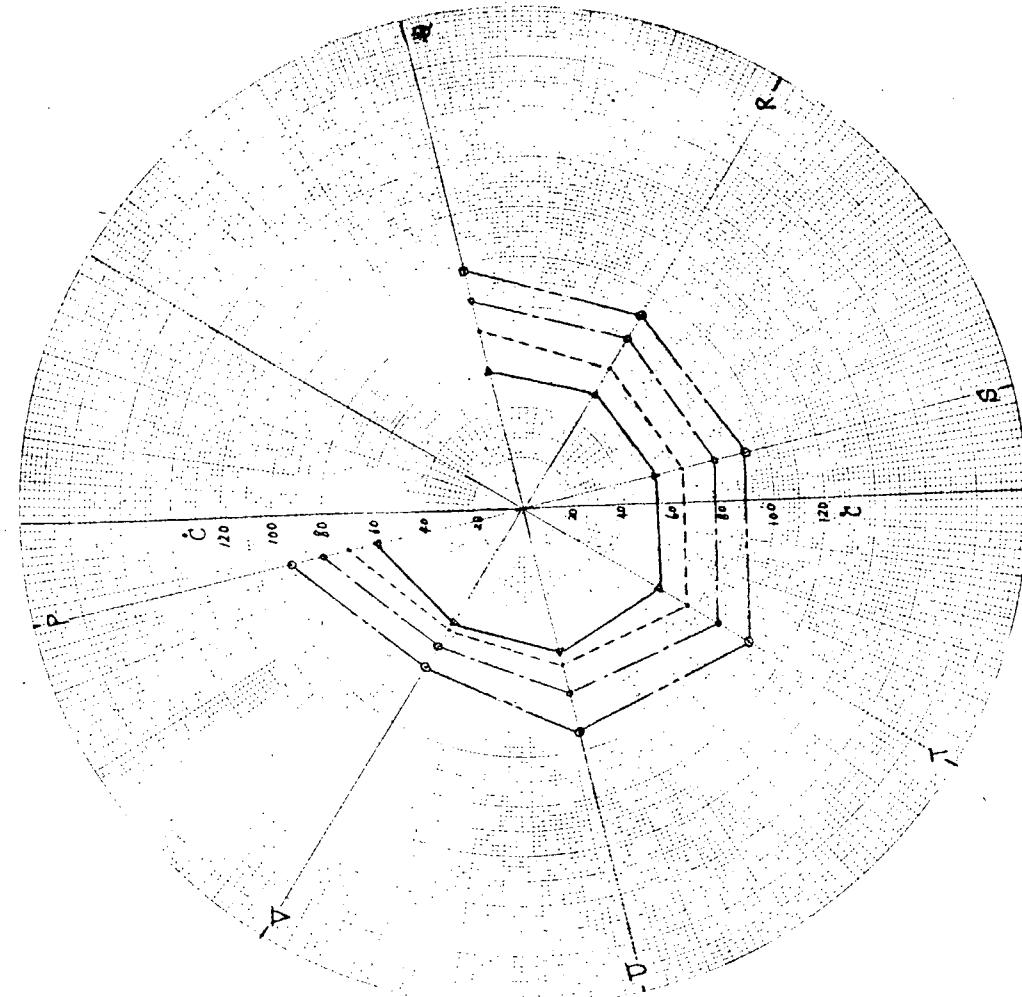
第2.2.5.3図 給油遮断時における過渡変化(2)

TAB 44 6,000 rpm pm 1.0 Kg/cm² ps 1 → 0 Kg/cm² ts 46 °C



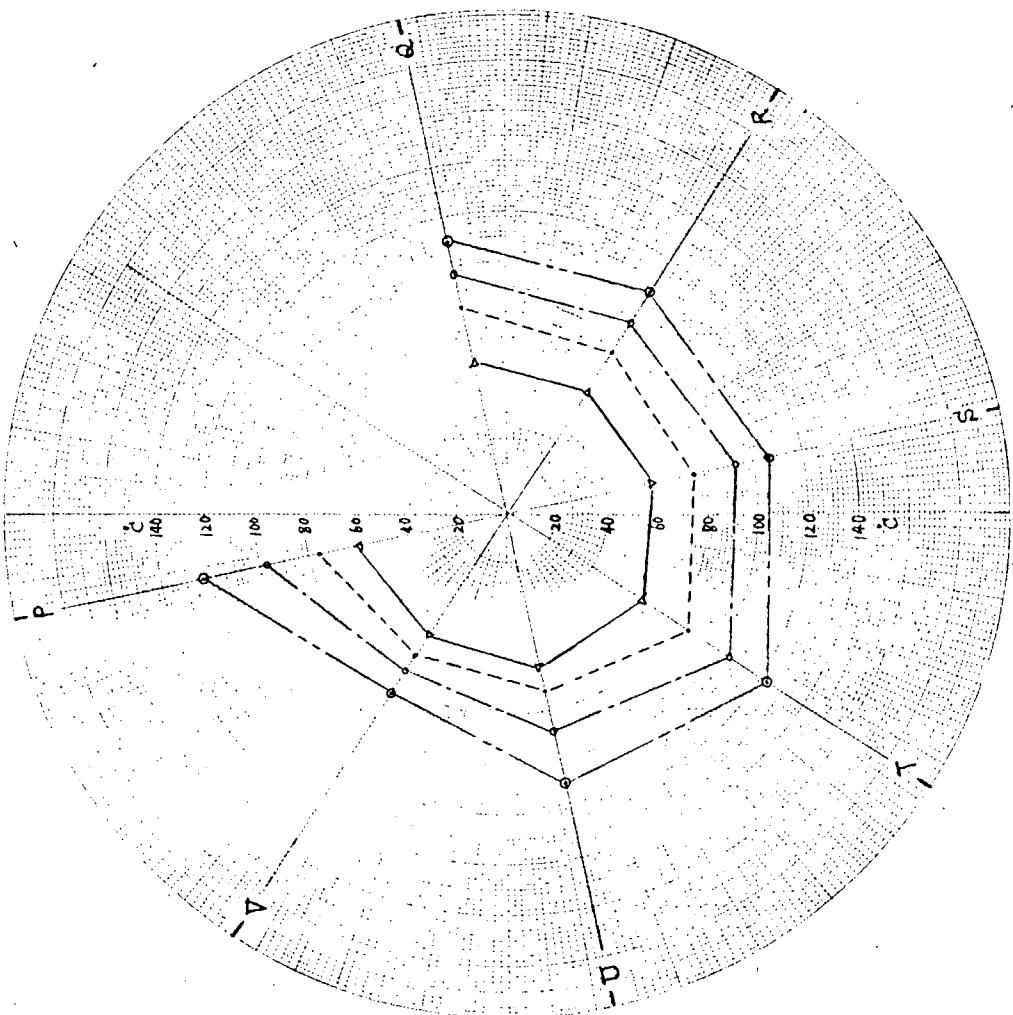
第2.2.5.4図 給油遮断時における過渡変化(3)

4,500 r.p.m., $p_m = 1.0 \text{ kg/cm}^2$, $t_s = 4.5^\circ\text{C}$
 $p_s = 1 \rightarrow 0 \text{ kg/cm}^2$
 計測点 ; △整定
 ● 4秒後
 ○ 8''
 ◎ 16''

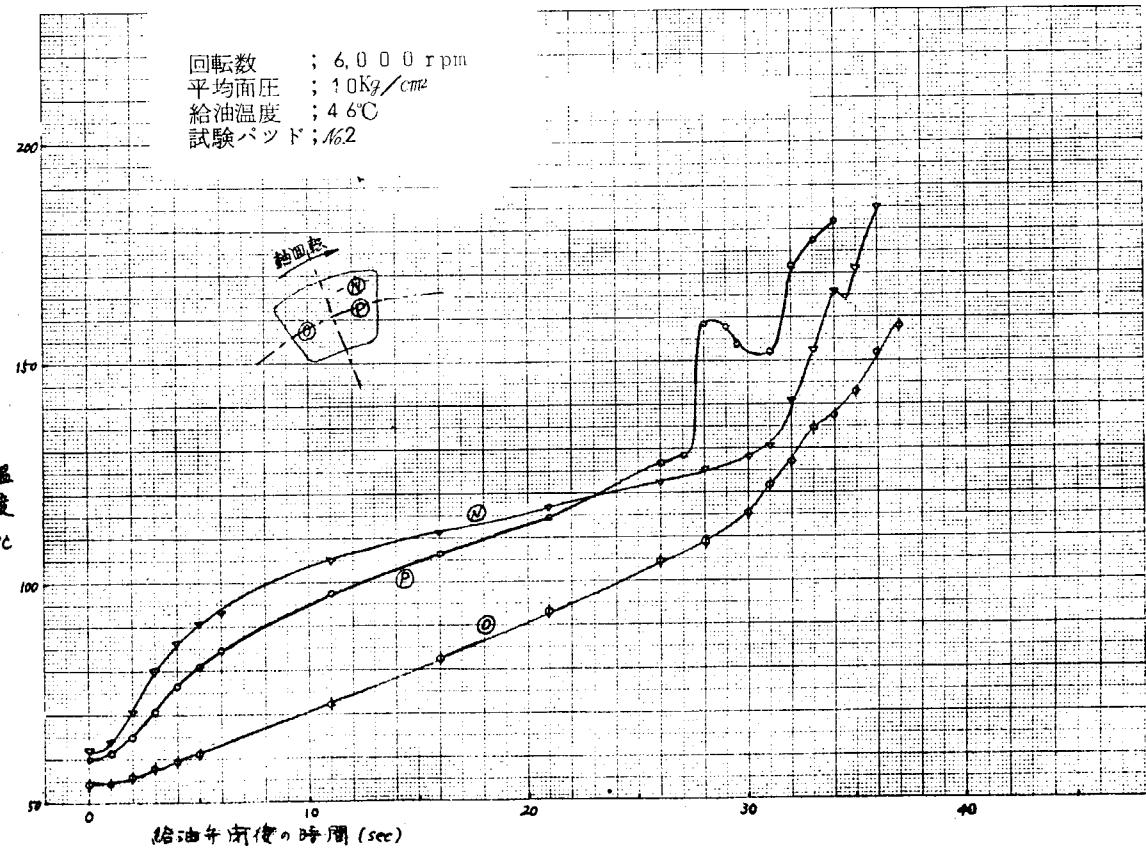


第2.2.5.5図 過渡時ににおける各パッドのメタル温度分布(1)

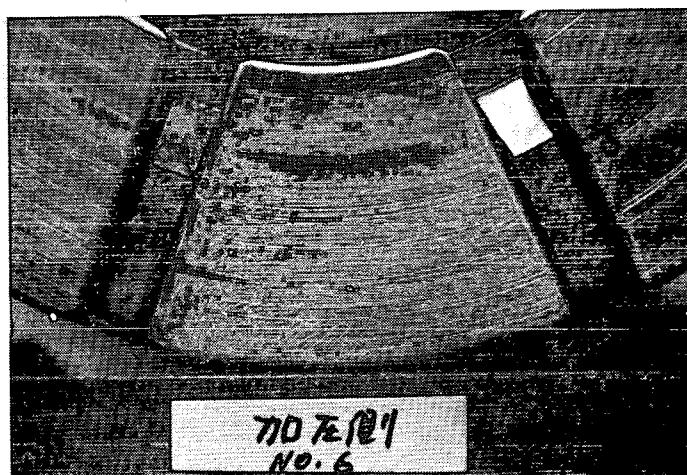
6,000 r.p.m., $p_m = 1.0 \text{ kg/cm}^2$, $t_s = 4.5^\circ\text{C}$
 $p_s = 1 \rightarrow 0 \text{ kg/cm}^2$
 計測点 ; △整定
 ● 4秒後
 ○ 8''
 ◎ 16''



第2.2.5.6図 過渡時ににおける各パッドのメタル温度分布(2)



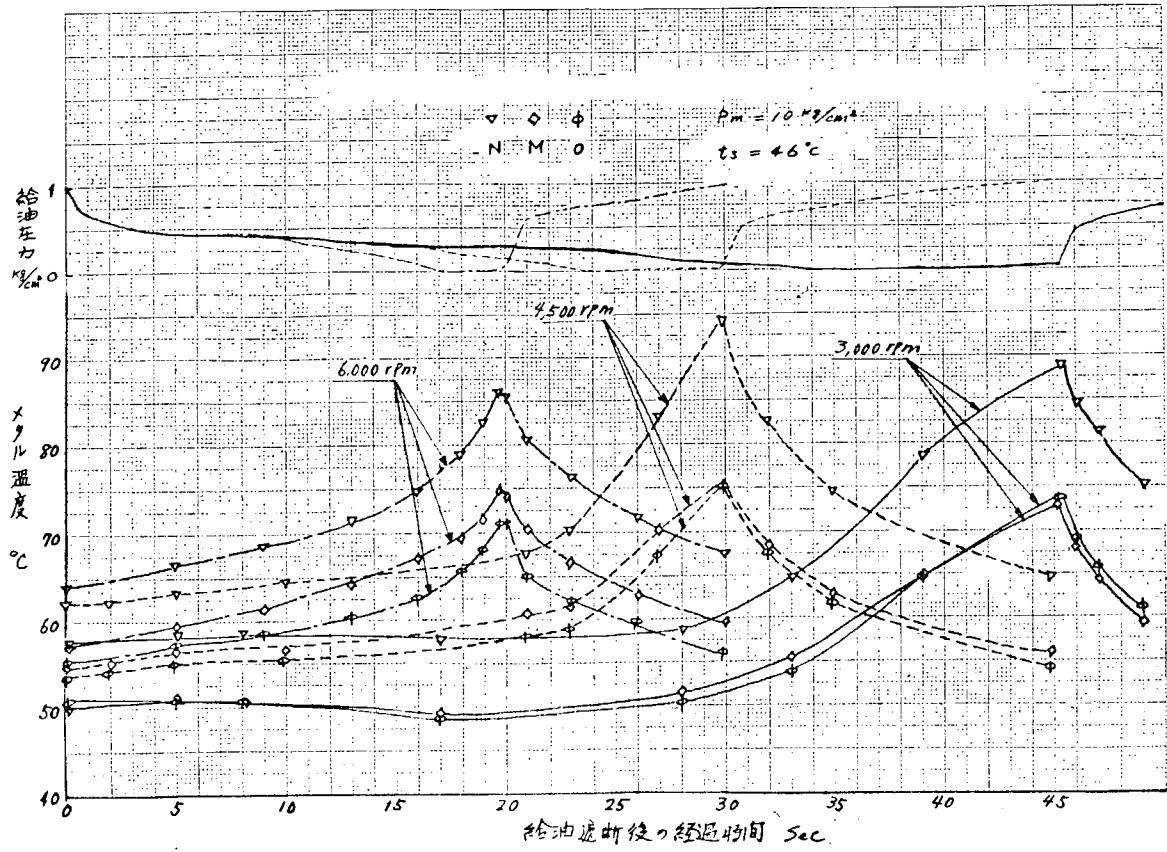
第2.2.5-7図 同一パッド内、各測定点の温度変化(給油遮断)



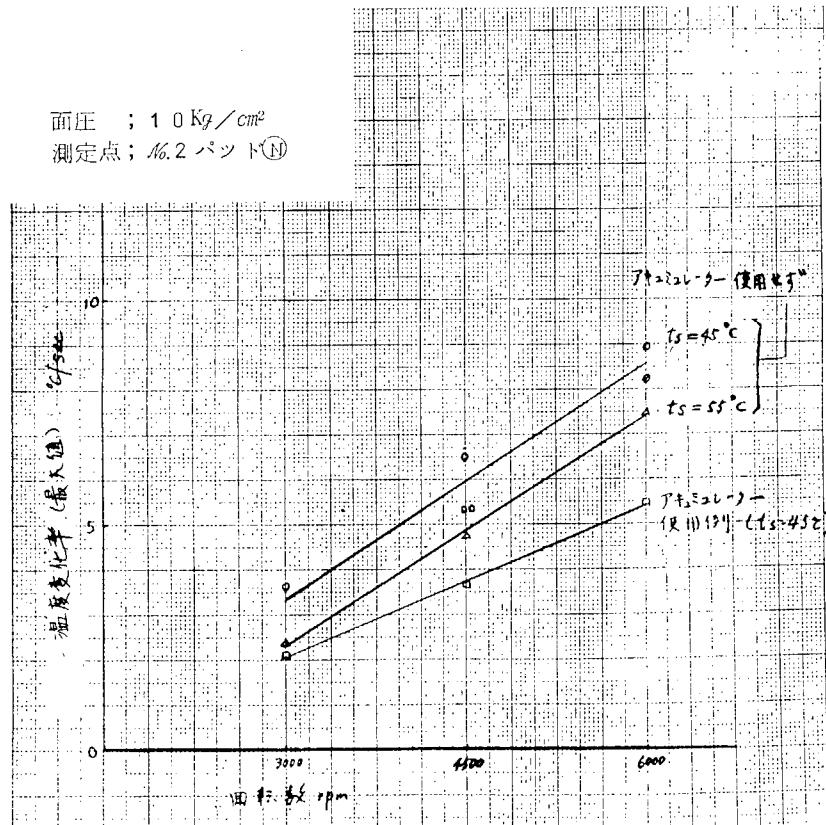
第2.2.5-8図 一部塑性流動を起した推力軸受パッド(試験時メタル温度 約130°C)



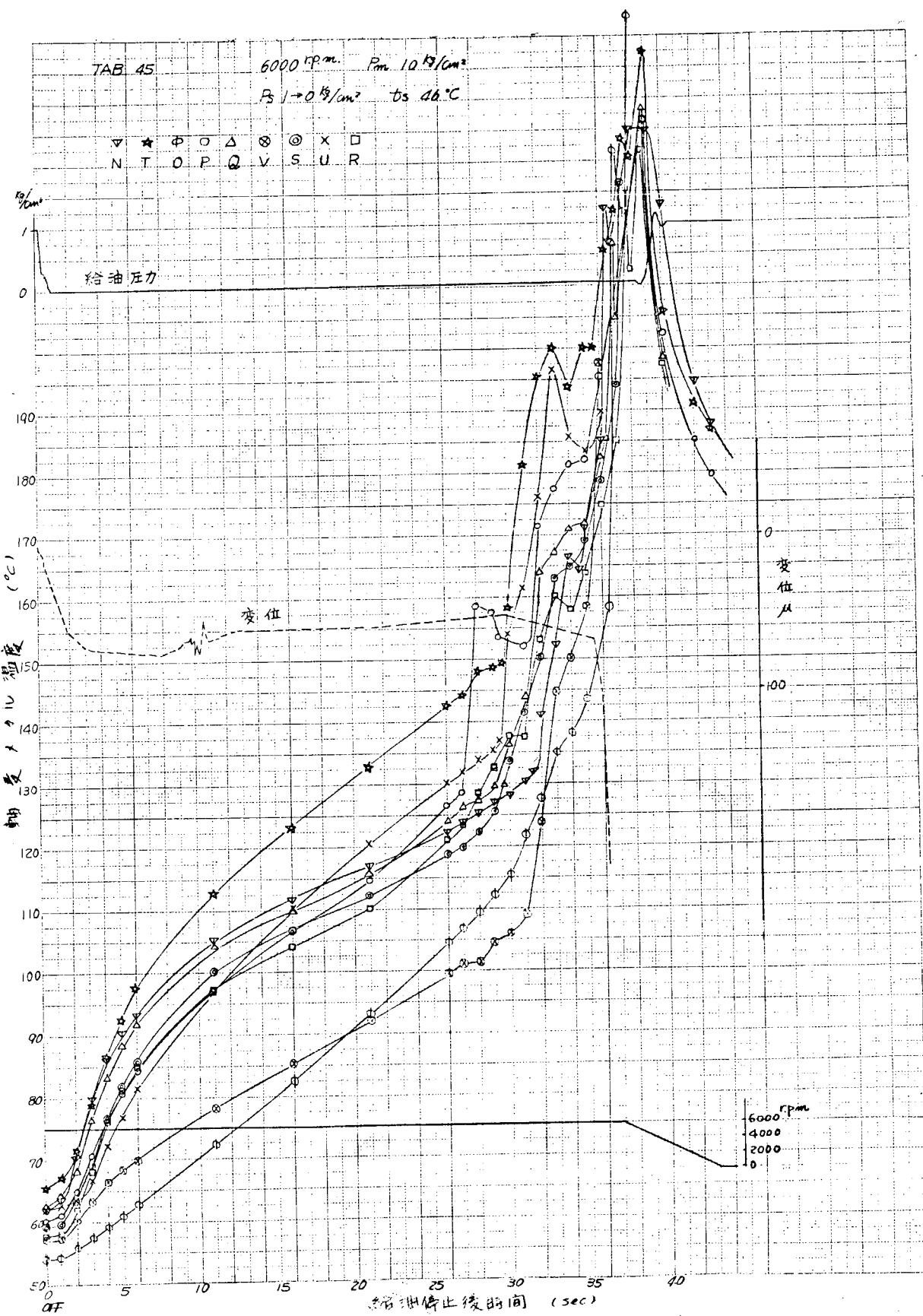
第2.2.6-2図 焼付試験後の推力軸受パッド



第 2.2.59 図 アキュムレータを付けた場合のメタル温度変化(給油遮断時)



第 2.2.60 図 給油遮断時のメタル温度上昇率



第2.2.6.1図 焼付き試験におけるメタル温度と軸変位

[添付資料]

プラントの要目

プラント要目

1. 主タービン

数 1
型式 船用パッケージド2シリンダ
クロスコンパウンド2段減速装置付蒸気
タービン

軸馬力および回転数

連続最大 34,000 PS × 90 rpm
常用 34,000 PS × 90 rpm
後進 13,600 PS × 約64 rpm

蒸気条件(常用出力時、前進締切弁前)

圧力 60 Kg/cm²
温度 510°C

主復水器真空

(常用出力時、海水温度24°C) 722 mm Hg
抽気点 4
(高压2、クロスオーバ1、低压1)

2. 軸系およびプロペラ

	数
推力軸	1
中間軸	1
プロペラ軸	1
プロペラ	1

3. 主ボイラ

数 2
型式 船用2胴水管強圧送風式

蒸気条件(常用時過熱器出口)

圧力、温度 61.5 Kg/cm²g、515°C

蒸発量(1缶)	常用	最大
過熱蒸気	49,000 Kg/h	49,000 Kg/h
緩熱蒸気	5,000 Kg/h	21,000 Kg/h
合計	54,000 Kg/h	70,000 Kg/h

給水温度(常用時) 約211°C

空気温度 38°C

ボイラ効率 90%

(高位発熱量10,280 kcal/Kgとして)

4. 主発電機タービン

数 1

(1) タービン

型式 多段衝動式1段減速装置付

容 量 1,562.5 kVA (1,250 kW)

蒸気条件

ターン入口 60 kg/cm²g, 510 °C

排気真空 710 mmHg

(2) 発電機

型 式 三相交流ブラシレス、全閉内冷空気冷却器付

容 量 1,562.5 kVA (1,200 kW)

回 転 数 1,800 rpm または 1,200 rpm

電圧サイクル 450 V 60 Hz

5. 補助発電機ディーゼル

数 1

(1) ディーゼル機関

型 式 単動排気タービン過給 4 サイクルランクピストン型

回 転 数 600 または 1,500 rpm

制動馬力 約 1,900 HP

(2) 発電機

型 式 三相交流ブラシレス、防滴簡易フィルター付

容 量 1,562.5 kVA (1,250 kW)

回 転 数 600 または 720 rpm

電圧サイクル 450 V 60 Hz

6. 非常用発電機ディーゼル機関

数 1

(1) ディーゼル機関

型 式 単動水冷 4 サイクルランクピストン型

制動馬力 約 520 PS

回 転 数 1,200 または 1,500 rpm

(2) 発電機

型 式 三相交流ブラシレス防滴自己通風形

容 量 500 kVA (350 kW)

回 転 数 1,200 rpm または 1,800 rpm

電圧サイクル 450 V 60 Hz

7. ポンプ類

名 称	数	型 式	容 量 $m^3/h \times kg/cm^2 DP$
主循環ポンプ	1	電動横軸流	$6,500 \times 5 m TH$
大気圧復水器用循環水ポンプ	1	電動立渦巻	$2,200 \times 8 m TH$
主復水ポンプ	2	電動立渦巻	210×19 $100 \times 85 m TH$
ドレンポンプ	2	電動立渦巻	$105 \times 70 m TH$
主給水ポンプ	2	ターボ横渦巻	180×83
冷始動用給水ポンプ	1	電動横往復	5×83
海水常用ポンプ	1	電動立渦巻	$200 \times 30 m TH$

消防兼雑用ポンプ	1	電動立渦巻 (自吸式)	200×35m TH 100×80
機関室ビルジポンプ	1	電動立往復	10×35m TH
ビルジ兼バラストポンプ	1	電動立渦巻 (自吸式)	200×30m TH
消防兼タンククリーニングポンプ	1	ターボ横渦巻	430×14/8
冷房装置用冷却水ポンプ	1	電動立渦巻	70×50m TH
サニタリポンプ	2	電動横渦巻	15×50m TH
主潤滑油ポンプ	1	主タービン 駆動横歯車	150×2.5
予備潤滑油ポンプ	2	電動立渦巻	150×2.5
操縦油ポンプ	2	電動立ネジ	8×15
噴燃ポンプ	2	電動横ネジ	12×40
燃料油移送ポンプ	1	電動立歯車	80×3.5
船尾管用潤滑油ポンプ	1	電動横歯車	0.5×2
船舶シーリング潤滑油ポンプ	1	電動動	0.1×1
清水ポンプ	2	電動横渦巻	5×50m TH
飲料水ポンプ	1	電動横渦巻	5×50m TH
非常用消防ポンプ	1	電動立過巻	200×80m TH
貨物油ポンプ	3	ターボ横渦巻	4,500×150m TH
パーカーメントウォーターバラストポンプ	1	ターボ横渦巻	3,000×35m TH
ストリップポンプ	2	汽動立往復	3,300×14.5
潤滑油清浄機	1	電動遠心式	2,800 l/h

8. 空 気 機 械

名 称	数	型 式	容 量
制御用空気圧縮機	2	電動立往復	150 m³/h × 9 Kg/cm²g (自由空気)
雑用空気圧縮機	2	電動立往復	250 m³/h × 9 Kg/cm²g (自由空気)
強圧送風機	2	電動横ターボペーン型	{ 1,430 m³/min × 80 mm Aq (1,090 500)
機関室給気通風機	4	電動立軸流	1,200 m³/min × 30 mm Aq
機関室排気通風機	2	電動立軸流	1,300 m³/min × 15 mm Aq
グランド排気通風機	1	電動横渦巻	7 m³/min × 30 mm Aq
ディーゼル発電機用空気圧縮機	1	電動立往復	50 m³/h × 2.5 Kg/cm²g

9. 造 水 装 置

数	2
型 式	低圧2段フラッジュ型
容 量	3.5 tons/24h
附属ポンプ	
ブラインポンプ	3.6 m³/h × 20m TH
蒸溜水ポンプ	2 m³/h × 30m TH

10. 热 交 換 器

1) 主復水器

数	1
型 式	下垂型单流表面式

冷却面積 $2,400 \text{ m}^2$
 冷却水量 $10,950 \text{ m}^3/\text{h}$
 真空 72.2 mmHg
 (常用出力時、海水温度 24°C)

2) その他の熱交換器

名 称	数	型 式	冷却または加熱面積
大気圧復水器	1	横型表面式	470 m^2
第1段給水加熱器	1	横型表面式	90 m^2
脱氣給水加熱器	1	直触式	貯水量 22.5 m^3
第3段給水加熱器	1	横型表面式	135 m^2
第4段給水加熱器	1	横型表面式	80 m^2
タンククリーニング加熱器	1	横型表面式	75 m^2
タンククリーニングドレン冷却器	1	横型表面式	60 m^2
ディオイラ用加熱ドレン冷却器	1	横型表面式	10 m^2
潤滑油冷却器	1	横型表面式	220 m^2 (スクープ冷却)
船尾管用潤滑油冷却器	1	横型表面式	2 m^2
船艤シーリング潤滑油冷却器	1	横型表面式	0.3 m^2
ディーゼル機関用清水冷却器	1	横型表面式	50 m^2
燃料油加熱器	2	サンロッド MV-7×40-400	
清浄機用潤滑油加熱器	1	サンロッド BV90-125	
外部緩熱器 ($10 \text{ Kg/cm}^2 \text{ g}$)	1	水噴射式	4000 Kg/h $280^\circ\text{C} \rightarrow 200^\circ\text{C}$
主空気エゼクタ	1	蒸気噴射式	(グランド復水器付)
ボイラ水サンブルクーラ	1		
給水サンブルクーラ	1		
ディオイラ	1	ローソン型	$4.5 \text{ m}^3/\text{h}$

1. 工作機械および雑

名 称	数	型 式	容 量	備 考
万能工作機	1	電動舶用万能	心間距離 $1,000 \text{ mm}$	旋盤、ボール盤
グラインダ	1	電動両頭式	$250 \text{ mm} \phi$	
圧縮空気脱湿機	1		約 $150 \text{ m}^3/\text{h}$	
グリースエクストラクタ	1		$90 \text{ m}^3/\text{h}$	
電気溶接器	1		300 A	
ガス溶接器	1			
スチームホーン	1			
エヤホーン	1			
圧縮空気槽	2	筒 型	$4 \text{ m}^3 \times 9 \text{ Kg/cm}^2 \text{ g}$	
圧縮空気槽	1	"	$0.5 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ g}$	
ビルジ油水分離器	1		$10 \text{ m}^3/\text{h}$	

記 号 DP : 吐出圧力 Aq : 水 柱
 TH : 全水頭 Hg : 水銀柱