

## 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2 艤装システム)

昭和46年3月

社団法人

日本造船研究協会

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

## は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和45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研究部会機装システム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)	
副部会長	八島 信男	(三井造船)	
委員	青山 三郎	(大阪商船三井船舶)	芥川 輝孝 (日本船舶振興会)
	安積 健次郎	(電子航法研究所)	甘利 昂一 (日本船用機器開発協会)
	井伊 謙三	(川崎汽船)	伊吹 秀雄 (大阪商船三井船舶)
	岡田 正三	(大阪商船三井船舶)	木下 共武 (佐世保重工業)
	木堂 弘雄	(船舶技術研究所)	黒川 正典 (日本郵船)
	佐藤 茂	(日立造船)	真田 良 (日本船主協会)
	佐野 桂	(航海訓練所)	関谷 元弥 (日本海事協会)
	高田 正夫	(日本船長協会)	高橋 百千 (日本船舶機械士協会)
	竹沢 五十衛	(三菱重工業)	田坂 銳一 (運輸省)
	土屋 正雄	(電子機械工業会)	土井 正三 (住友重機械工業)
	土井 由之	(昭和海運)	中尾 正光 (ジャパンライン)
	名越 拳	(日本航海士会)	長谷川 鍵二 (川崎重工業)
	埴田 清勝	(日本钢管)	林 清 (山下新日本汽船)
	丸尾 卓志	(日本郵船)	元 良誠三 (東京大学)
	矢野 鎮雄	(石川島播磨重工業)	山田 泰造 (日本造船工業会)
	横田 利雄	(東京商船大学)	吉識 雅夫 (日本学術振興会)

### 第106研究部会幹事会委員名簿（敬称略、順不同）

委員	浅野 修一	(日立造船)	荒瀬 晃二 (三井造船)
	大川 喜伴	(住友重機械工業)	大日方 得二 (日本钢管)
	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)
	堀之北 克朗	(運輸省)	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)

### 第106研究部会機装システム分科会委員名簿（敬称略、順不同）

分科会長	大日方 得二	(日本钢管)	
委員	有本 藤造	(富士通)	井口 雅一 (東京大学)
	石井 信夫	(日本郵船)	今井 大輔 (新和海運)
	植田 更三	(昭和海運)	白居 敏 (日本船主協会)
	岡田 高	(沖電気工業)	沖 喜久雄 (日本電気)
	翁長 一彦	(船舶技術研究所)	尾崎 久 (川崎汽船)

鬼 輪 彰 二 (ジャパンライン)	金 井 一十三 (昭和海運)
川 原 一 隆 (日本郵船)	児 島 英 彦 (佐世保重工業)
後 藤 清 市 (神戸商船大学)	小 林 慎 次 (富士電機)
小 山 峻 (日本钢管)	佐々田 喜 正 (大阪商船三井船舶)
真 田 茂 (東京商船大学)	柴 田 清 (石川島播磨重工業)
首 藤 保 信 (日立造船)	杉 野 浩 一 (川崎重工業)
鈴 木 照 彦 (日本钢管)	宗 田 啓 一 (常石造船)
鶴 見 靖 幸 (日本海事協会)	寺 本 俊 二 (北振電機)
徳 田 達 夫 (日本郵船)	徳 永 健 (三菱重工業)
富 永 隆 弘 (三菱電機)	並 川 善 一 (西日本電機)
浜 野 亮 太 郎 (住友重機械工業)	平 本 文 男 (東京大学)
増 田 克 哉 (大阪造船所)	宮 崎 敬 一 (山下新日本汽船)
宮 田 亮 一 郎 (日立造船)	山 名 俊 茂 (大阪商船三井船舶)
山 口 快 象 (東京計器)	柚 木 茂 登 (山下新日本汽船)
渡 辺 幸 生 (運輸省)	

機器システム分科会係船小委員会委員名簿（敬称略、順不同）

小委員長	児 島 英 彦 (佐世保重工業)	
副小委員長	国 安 史 郎 (三菱重工業)	
委 員	有 本 藤 造 (富士通)	井 口 雅 一 (東京大学)
	石 井 信 夫 (日本郵船)	石 川 一 郎 (日本海事協会)
	今 井 大 輔 (新和海運)	上 田 一 郎 (日本郵船)
	植 田 更 三 (昭和海運)	白 居 素 (日本船主協会)
	岡 田 高 (沖電気工業)	翁 長 一 彦 (船舶技術研究所)
	尾 崎 久 (川崎汽船)	小 保 方 恒 雄 (三井造船)
	加 納 啓 二 (川崎重工業)	鞠 谷 宏 士 (東京商船大学)
	小 林 茂 夫 (佐世保重工業)	小 林 慎 次 (富士電機)
	鈴 木 照 彦 (日本钢管)	平 孝 雄 (日本钢管)
	高 倉 理 (三菱重工業)	寺 本 俊 二 (北振電機)
	徳 永 健 (三菱重工業)	富 永 隆 弘 (三菱電機)
	野 地 吉 蔽 (住友重機械工業)	平 本 文 男 (東京大学)
	浜 野 亮 太 郎 (住友重機械工業)	三 浦 致 和 (石川島播磨重工業)
	宮 崎 政 男 (日立造船)	矢 島 拓 自 (佐世保重工業)
	山 口 快 象 (東京計器)	山 名 俊 茂 (大阪商船三井船舶)
	山 本 勝 夫 (航海訓練所)	渡 辺 幸 生 (運輸省)
	渡 辺 徹 (山武ハネウエル)	

機装システム分科会荷役小委員会委員名簿（敬称略、順不同）

小委員長	大日方 得二（日本鋼管）	石橋 剛（富士通）
委 員	石井 信夫（日本郵船）	翁長一彦（船舶技術研究所）
	牛島 秀利（住友重機械工業）	京免 計（新興金属工業所）
	小野 正（川崎重工業）	小杉 刪史（中北製作所）
	小杉 隆祥（大阪商船三井船舶）	小山 峻（三井造船）
	高倉 理（三菱重工業）	寺本 俊二（北振電機）
	富永 隆弘（三菱電機）	野本 喬（佐世保重工業）
	服部 幸英（日本鋼管）	原田 忠（日本郵船）
	宮田 亮一郎（日立造船）	宮脇 直樹（三井造船）
	八播 勝彦（石川島播磨重工業）	山口 快象（東京計器）
	渡辺 幸生（運輸省）	渡辺 元雄（三菱重工業）

機装システム分科会火災検知小委員会委員名簿（敬称略、順不同）

小委員長	宗田 啓一（常石造船）	今井 大輔（新和海運）
委 員	石井 信夫（日本郵船）	白居 黙（日本船主協会）
	上野 五陸（石川島播磨重工業）	岡田 高（沖電気工業）
	大杉 誠（日本海事協会）	沖喜久雄（川崎汽船）
	小田 一夫（東京計器）	北野 三郎（川崎重工業）
	高倉 理（三菱重工業）	田坂 貢一（佐世保重工業）
	寺本 俊二（北振電機）	野間 哲夫（日立造船）
	浜野 亮太郎（住友重機械工業）	三上 進司（東京計器）
	森藤 順一（日本鋼管）	吉田 真哉（三井造船）
	横田 敏雄（大阪商船三井船舶）	渡辺 幸生（運輸省）

機装システム分科会通信小委員会委員名簿（敬称略、順不同）

小委員長	岩田 健（住友重機械工業）	伊藤 隆（川崎重工業）
	伊藤 克美（日立造船）	井東 洋一（日本郵船）
	伊藤 実（沖電気工業）	石井 誠（川崎重工業）
	石合 謙一（協立電波）	植松 美郎（大阪商船三井船舶）
	小野 碩良（海上保安庁）	小野 碩良（日本無線）
	佐野 栄三（川崎汽船）	佐野 栄三（気象庁）
	田中 磯一（光電製作所）	田中 磯一（北振電機）
	豊野谷 一夫（山下新日本汽船）	豊野谷 一夫（佐世保重工業）
	並川 善一（西日本電機）	並川 善一（安立電気）
	野々瀬 茂（三井造船）	野々瀬 茂（日本電気）

林 義 昭 (日本電信電話公社)  
星 昌 慶 (昭 和 海 運)  
三 上 光 敏 (七 洋 電 機)  
村 松 仁 (富 士 通)  
渡 辺 幸 生 (運 輸 省)

原 昌 三 (三 菱 重 工 業)  
馬 淵 郁 次 郎 (ジャパンライン)  
向 井 尚 志 (日 本 銅 管)  
望 月 仁 (電 気 通 信 大 学)  
渡 辺 四 郎 (川 崎 重 工 業)

目 次  
(その2 艦装システム)

1. 係船装置の適応制御方式の開発 .....	1
1. 1 合理的な係船機器配置の研究 .....	1
1. 1. 1 概要 .....	1
1. 1. 2 計算プログラム .....	2
1. 1. 3 計算プログラムによる検討結果 .....	10
1. 1. 4 結言 .....	13
1. 2 係船適応制御プログラムのシミュレーションによる検討 .....	33
1. 2. 1 概要 .....	33
1. 2. 2 係船適応制御システムプログラム .....	34
1. 2. 3 シミュレーションプログラム .....	42
1. 2. 4 シミュレーションプログラムによる検討結果 .....	52
1. 2. 5 係船適応制御システムの問題点および今後の検討事項 .....	65
1. 3 係船機器の集中制御方式の検討 .....	68
1. 3. 1 概要 .....	68
1. 3. 2 クラッチおよびブレーキの遠隔操作 .....	68
1. 3. 3 ドレン抜きの遠隔操作 .....	83
1. 3. 4 給油方式の改善 .....	83
1. 3. 5 蒸気方式のイコライシング .....	91
1. 3. 6 索張力の検出 .....	94
1. 3. 7 ハイスラックスピードワインチ .....	104
1. 3. 8 検討結果 .....	107
2 荷役システムの自動制御方式の研究 .....	109
2. 1 自動制御に必要な諸数値決定のための実験研究 .....	109
2. 1. 1 パタフライ弁流量特性の実験研究 .....	109
2. 1. 2 ベルマウスの吸入量と空気吸込発生時の液面高さとの関連特性を求める実験研究 .....	114
2. 1. 3 荷油ポンプのキャビティーション発生防止制御に関する実験研究 .....	145
2. 2 自動制御を行なうために開発を要する機器の研究 .....	149
2. 2. 1 ストリッピング終了検知装置 .....	149
2. 2. 2 弁開度自動設定装置 .....	150
2. 3 タンカー荷役システムの自動制御方式の開発 .....	150
2. 3. 1 自動制御方式の基本計画 .....	150
2. 3. 2 クリーンバラスト排水自動制御方式 .....	160
2. 3. 3 積荷およびバラスト排水自動制御方式 .....	163
2. 3. 4 揚荷およびバラスト張水自動制御方式 .....	172
2. 3. 5 ダーティバラスト張水自動制御方式 .....	181
2. 4 タンカー荷役システム自動制御方式の実船による実験 .....	183
2. 4. 1 実用プログラムの作成 .....	183

2.4.2 作動確認試験	184
2.5 磨石船および撒積船のバラスト注排水自動制御方式の開発	197
2.5.1 バラスト注排水自動制御方式	197
2.5.2 パイピングダイヤグラム	201
2.6 自動制御システムの異常監視機構、信頼性および安全性の検討	204
2.6.1 センサー	204
2.6.2 機器	205
2.6.3 事故の予防	205
3 火災検知と消火の自動化システムの研究	222
3.1 自動火災検知システム実船確認実験	222
3.1.1 概要	222
3.1.2 「三峰山丸」機関室自動火災検知システム	222
3.1.3 「三峰山丸」機関室自動火災検知システム実船実験	241
3.2 自動火災検知システムとの連動による自動消火システム実船実験	243
3.2.1 概要	243
3.2.2 「三峰山丸」の自動消火システムの概要	243
3.2.3 「三峰山丸」自動消火システム実船試験	248
3.2.4 後記	248
4 無線通信の自動化システムの研究	250
4.1 定時情報自動受信システムの研究	250
4.1.1 概要	250
4.1.2 予備実船試験	250
4.1.3 実用化試験	251
4.2 気象情報自動送信システムの研究	262
4.2.1 概要	262
4.2.2 気象衛星についての問題点	262
4.2.3 静止気象衛星システムに関する検討	264
4.2.4 今後の研究方針	272

# 1. 係船装置の適応制御方式の開発

## 1.1 合理的な係船機器配置の研究

### 1.1.1 概 要

係船時の索張力算出プログラムを作成し、電算機を用いて従来の係船機器配置、索取り方法に検討を加え、係船機器および索数を極力減少させることについて研究を行なった。

計算は単純な一点ブイ係留と稀少な多点ブイ係留を除き、最も多く利用される岸壁係留について行なった。

#### (1) 調査対象船

巨大船 200,000 D.W.T タンカーを対象とした。

主要寸法 L × B × D 310m × 54m × 26.4m

#### (2) 調査条件

吃水はバラスト状態、平均 10m (船尾トリム 3m)

風速 15 m/sec および 30 m/sec

風向 25°～155° (船体中心線とのなす角)

潮流 縦 2.5 Kt, 横 1 Kt

索数 ヘッドラインおよびスタンライン 各 2～5 本

プレストライン(船首尾) 各 2～5 本

スプリングライン(船首尾) 各 1～2 本

以上各ラインを 6 グループに分けた

索平面角	ケース 1	ケース 2
ヘッドラインおよびスタンライン	30°～60°	30°～60°
プレストライン	50°～90°	50°～90°
スプリングライン	170°(船首)、175°(船尾)	178°
索 長		
舷 外 ヘッドライン	131.1m	52.8m
プレストライン(船首)	7.6.3m	33.1m
スプリングライン(船首)	6.6.1m	73.0m
スプリングライン(船尾)	6.0.9m	60.9m
プレストライン(船尾)	7.5.7m	31.6m
スタンライン	130.4m	46.2m
甲板上 ヘッドライン 12m、プレストライン(船首) 18m、スプリングライン(船首)	12m	
スタンライン 15m、プレストライン(船尾) 13m、スプリングライン(船尾)	12m	
索の種類 ヘッドおよびスタンライン 繊維索、その他 鋼索		
索 の � 径 ヘッドおよびスタンライン 7.0mm、その他 4.2mm		
鋼索の断面積 8.75 cm²		
鋼索の弾性係数 9.80 sec/cm²		
繊維索の伸び率 単位荷重/単位索長当り 約 1.3% / t/m	風速 15 m/sec 時	風速 30 m/sec 時 約 0.8% / t/m
フエアリーダーの位置 (各索グループの舷側通過中心点)		
	ミドシップより	センターラインより
ヘッドライン	159.0m	3.0m
		16,938m 岸壁上より

	ミドシップより	センターラインより	岸壁上より
プレストライン(船首)	130.0	17.5	1408.5 m
スプリングライン(船首)	98.4	27.0	118.52
スプリングライン(船尾)	60.2	27.0	103.18
プレストライン(船尾)	132.2	20.6	99.21
スタンライン	162.0	5.0	105.33
索張力	風速 30 m/sec の時		風速 15 m/sec の時
最大使用荷重	60 t	30 t	
初期張力	SWR 1.0~3.0 t (5tとび) FR 30 t (一定)	5~15 t (5tとび) 15 t (一定)	
船位ずれ			
最大縦変位	1.5 m 以内	0.3 m 以内	
最大横変位	1.5 m 以内	0.5 m 以内	
最大回転角	0.15 rad 以内	0.005 rad 以内	

舷外索長のケース 1 は喜入の埠塲を想定した場合(索長大)を、ケース 2 はラスタスラの岸壁を想定した場合(索長小)を対象とし、2 つの極端な例について調査した。

風圧係数、風圧合力偏角、風面中心距離は船研の実験データによった。

計算はヘッドライン、スタンラインに繊維索を使用することが必要であることから、索の伸びを考慮した計算式を用いて行なうこととした。

計算式は 1.1.2 項に示す。

### 1.1.2 計算プログラム

#### (1) 計算式

ここに示す計算式は 1.2.3 項に使用するものも含めてある。

##### (a) 外力

###### (i) 風圧抵抗 (Ra)

$$Ra = \frac{\rho \cdot Ca \cdot Va^2 \cdot (Af \cos^2 \varphi_a + As \sin^2 \varphi_a)}{2,000} \quad (\text{ton}) \quad (1.1.1)$$

$$Af = B \times (D - d) + AFB \quad (m^2) \quad (1.1.2)$$

$$As = ASH + ASB \quad (m^2) \quad (1.1.3)$$

Af ..... 船楼および甲板室の正面投影面積  $(m^2)$

As ..... 船樓および甲板室の側面投影面積  $(m^2)$

ASH ..... 船体部分の甲板室の側面投影面積  $(m^2)$

$ASH = Ls \times (D - d) \times 1.05 \dots \dots \dots \text{近似式}$

$\rho \dots \dots \dots \text{空気の密度 } 0.1225 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / m^4$

Ca ..... 風圧合力係数(実験値)

Va ..... 風速  $(m/\text{sec})$

$\varphi_a \dots \dots \dots \text{相対風向偏角} (\text{deg})$

Ls ..... 船長 (Lpp)  $(m)$

B ..... 船巾  $(m)$

D ..... 船の深さ  $(m)$

d ..... 突水深さ  $(m)$

## (ii) 潮流抵抗

### (1) 縦潮流抵抗 ( $R_w$ )

$$R_w = \frac{0.1212 A_{ws} \cdot V_{wp}}{1,000} ( |V_{wp}| + 0.33 ) \quad (\text{ton}) \quad (1.1.4)$$

$$V_{wp} = V_w \cos \beta \quad (1.1.5)$$

$$A_{ws} = (1.7d + C_b \cdot B) \cdot L_s \quad (1.1.6)$$

$V_w$  ..... 潮流速 ( $m/\text{sec}$ )

$C_b$  ..... プロツク係数

$\beta$  ..... 相対潮流方向偏角 ( $\deg$ )

$A_{ws}$  ..... 浸水面積 ( $m^2$ )

### (2) 形状抵抗 ( $R_v$ )

$$R_v = \frac{73.2 A_v \cdot V_{vn}^2}{1,000} \quad (\text{ton}) \quad (1.1.7)$$

$$V_{vn} = V_w \cdot \sin \beta \quad (1.1.8)$$

$A_v$  ..... 水線下側面投影面積 ( $m^2$ )

### (3) 推進器抵抗 ( $R_p$ )

$$R_p = \frac{26.4 D_p^2 \cdot V_{wp} \cdot |V_{wp}| \cdot n}{1,000} \quad (1.1.9)$$

$D_p$  ..... プロペラの径 ( $m$ )

$n$  ..... プロペラの数

### (4) 総合潮流抵抗 ( $R_{tw}$ )

$$R_{tw} = \frac{\rho_w \cdot C_r \cdot V_w^2 \cdot A_v}{2,000} \quad (\text{ton}) \quad (1.1.10)$$

または

$$R_{tw} = \sqrt{(R_w + R_p)^2 + R_v^2} \quad (\text{ton}) \quad (1.1.11)$$

$C_r$  ..... 流圧係数

$\rho_w$  ..... 水の密度  $\rho_w = 104.5 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / m^4$

注) (1), (2), (3)を用いた時は(4)は使用しない。

## (iii) 外力の合計

$$X = R_a \cdot \cos \alpha + R_{tw} \cdot \cos \varphi_b \quad (\text{ton}) \quad (1.1.12)$$

$$Y = R_a \cdot \sin \alpha + R_{tw} \cdot \sin \varphi_b \quad (\text{ton}) \quad (1.1.13)$$

$$M = R_a \cdot l_a \cdot \sin \alpha + R_{tw} \cdot l_b \sin \varphi_b \quad (\text{ton} \cdot m) \quad (1.1.14)$$

$$l_a = l_G - c l_a \cdot L_s \quad (m) \quad (1.1.15)$$

$$l_b = l_G - c l_b \cdot L_s \quad (m) \quad (1.1.16)$$

$l_G$  ..... 船体の重心の船首からの距離 ( $m$ )

$l_a$  ..... 船体の重心より風圧中心までの距離 ( $m$ )

$l_b$  ..... 船体の重心より潮流圧中心までの距離 ( $m$ )

$c l_a$  ..... 船首より風圧中心までの距離比 ( $l_a/L_s$ ) (実験値)

$c l_b$  ..... 船首より潮流圧中心までの距離比 ( $l_b/L_s$ ) (実験値)

$\alpha$	風圧合力偏角	(deg)	(実験値)
$\varphi_b$	潮流圧合力偏角	(deg)	(実験値)
X	船首尾方向の外力	(ton)	
Y	船体の横方向の外力	(ton)	
M	船体の重心周りのモーメント	(ton-m)	

(b) 船の変位

鞠谷氏の「岸壁係留索の張力に関する考察」の式を参照した。

$$X = \sum (H_{2i-1} + K_{2i-1} \cdot \Delta a_{2i-1} + K'_{2i-1} \cdot \Delta k_{2i-1}) \cos(\varphi_{2i-1} + \Delta \varphi_{2i-1} + \theta) \\ - \sum (H_{2i} + K_{2i} \cdot \Delta a_{2i} + K'_{2i} \cdot \Delta k_{2i}) \cdot \cos(\varphi_{2i} + \Delta \varphi_{2i} - \theta) \quad (1.1.17)$$

$$Y = \sum (H_{2i-1} + K_{2i-1} \cdot \Delta a_{2i-1} + K'_{2i-1} \cdot \Delta k_{2i-1}) \cdot \sin(\varphi_{2i-1} + \Delta \varphi_{2i-1} + \theta) \\ - \sum (H_{2i} + K_{2i} \cdot \Delta a_{2i} + K'_{2i} \cdot \Delta k_{2i}) \cdot \sin(\varphi_{2i} + \Delta \varphi_{2i} - \theta) \quad (1.1.18)$$

$$M = \sum L_{2i-1} (H_{2i-1} + K_{2i-1} \cdot \Delta a_{2i-1} + K'_{2i-1} \cdot \Delta k_{2i-1}) \sin(\varphi_{2i-1} + \Delta \varphi_{2i-1} + \theta) \\ - \sum L_{2i} (H_{2i} + K_{2i} \cdot \Delta a_{2i} + K'_{2i} \cdot \Delta k_{2i}) \cdot \sin(\varphi_{2i} + \Delta \varphi_{2i} - \theta) \quad (1.1.19)$$

ここに、添字の奇数のものは船首側の索を添字の偶数のものは船尾側の索を示す。

$$\Delta a_{2i-1} = \Delta x \cdot \cos \varphi_{2i-1} + \Delta y \cdot \sin \varphi_{2i-1} + L_{2i-1} \cdot \theta \cdot \sin(\varphi_{2i-1} - \tau_{2i-1}) \quad (1.1.20)$$

$$\Delta a_{2i} = -\Delta x \cos \varphi_{2i} + \Delta y \sin \varphi_{2i} - L_{2i} - L_{2i} \cdot \theta \cdot \sin(\varphi_{2i} - \tau_{2i}) \quad (1.1.21)$$

$$\Delta \varphi_{2i-1} = \{\Delta y \cos \varphi_{2i-1} - \Delta x \sin \varphi_{2i-1} + L_{2i-1} \cdot \theta \cdot \cos(\varphi_{2i-1} - \tau_{2i-1})\} / a_{2i-1} \quad (1.1.22)$$

$$\Delta \varphi_{2i} = \{\Delta y \cos \varphi_{2i} + \Delta x \sin \varphi_{2i} - L_{2i} \cdot \theta \cdot \cos(\varphi_{2i} - \tau_{2i})\} / a_{2i} \quad (1.1.23)$$

$$H_{2i-1} = T_{2i-1} \cdot a^{2i-1} / \ell^{2i-1} \quad (1.1.24)$$

$$H_{2i} = T_{2i} \cdot a^{2i} / \ell^{2i} \quad (1.1.25)$$

$$K_{2i-1} = k_{2i-1} \cdot a^{2i-1} / \ell^{2i-1} + TMAX_{2i-1} \cdot k_{2i-1}^2 / \ell^{3i-1} \quad (1.1.26)$$

$$K_{2i} = k_{2i} \cdot a^{2i} / \ell^{2i} + TMAX_{2i} \cdot k_{2i}^2 / \ell^{3i} \quad (1.1.27)$$

$$K'_{2i-1} = (k_{2i-1} + TMAX_{2i-1} / \ell_{2i-1}) \cdot a^{3i-1} / \ell^{2i-1} - k_{2i-1} \quad (1.1.28)$$

$$K'_{2i} = (k_{2i} + TMAX_{2i} / \ell_{2i}) \cdot a^{3i} / \ell^{2i} - k_{2i} \quad (1.1.29)$$

$$k_{2i-1} = E_{2i-1} \cdot A_{2i-1} / (\ell_{2i-1} + u_{2i-1}) \quad (1.1.30)$$

$$k_{2i} = E_{2i} \cdot A_{2i} / (\ell_{2i} + u_{2i}) \quad (1.1.31)$$

$a_{2i-1}$ 、 $a_{2i}$  索の平面投影長さ(フェアリーダーとピット間) ( $m$ )

$\Delta a_{2i-1}$ 、 $\Delta a_{2i}$  同上の長さ変化量

$k_{2i-1}$ 、 $k_{2i}$  索の垂直線への投影長さ(フェアリーダーのピット上高さ) ( $m$ )

$\Delta k_{2i-1}$ 、 $\Delta k_{2i}$  同上の長さ変化量

$\ell_{2i-1}$ 、 $\ell_{2i}$  索の弦外索長 ( $m$ )

$u_{2i-1}$ 、 $u_{2i}$  甲板上フェアリーダーとドラムまたはピット間索長 ( $m$ )

$\varphi_{2i-1}$ 、 $\varphi_{2i}$  船体中心線に対する索の平面角 (deg)

$\tau_{2i-1}$ 、 $\tau_{2i}$  船体重心とフェアリーダーを結ぶ線が  
船体中心線となす平面角 (deg)

$L_{2i-1}$ 、 $L_{2i}$  船体重心とフェアリーダー間距離 ( $m$ )

$T_{2i-1}$ 、 $T_{2i}$  索張力(計算値) (ton)

$TMAX_{2i-1}$ 、 $TMAX_{2i}$  索の最大使用荷重 (ton)

$\Delta x$  船の前後移動距離 ( $m$ )

$\Delta y$  船の横 " ( $m$ )

$\theta$	船の回頭角	(rad)
$E_{2i-1}, E_{2i}$	索の弾性係数	(ton/cm <sup>2</sup> )
$A_{2i-1}, A_{2i}$	索の断面積	(cm <sup>2</sup> )
(1.1.26)～(1.1.29)式の右辺第2項は繊維索に対してのみ適用し、鋼索に対しては無視できる値なので省略する。		
(1.1.17)～(1.1.19)式に(1.1.20)～(1.1.23)式を代入し2次以上の項を略し、次の式を得る。		

$$\begin{aligned}
 X = & \Delta x \left\{ \Sigma \left( K_{2i-1} \cos^2 \varphi_{2i-1} + \frac{H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \sin^2 \varphi_{2i-1} \right) + \Sigma \left( K_{2i} \cos^2 \varphi_{2i-1} + \frac{H_{2i}}{a_{2i}} \sin^2 \varphi_{2i} \right) \right\} \\
 & + \Delta y \left[ \Sigma \left\{ \left( K_{2i-1} - \frac{H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \right) \sin \varphi_{2i-1} \cos \varphi_{2i-1} \right\} - \Sigma \left\{ \left( K_{2i} - \frac{H_{2i}}{a_{2i}} \right) \sin \varphi_{2i} \cos \varphi_{2i} \right\} \right] \\
 & + \theta \left[ \Sigma \left\{ L_{2i-1} K_{2i-1} \cos \varphi_{2i-1} \sin (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) - \frac{L_{2i-1} H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \cos (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) \sin \varphi_{2i-1} \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. - H_{2i-1} \sin \varphi_{2i-1} \right\} + \Sigma \left\{ L_{2i} K_{2i} \cos \varphi_{2i} \sin (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) - \frac{L_{2i} H_{2i}}{a_{2i}} \cos (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \sin \varphi_{2i} \right. \\
 & \quad \left. - H_{2i} \sin \varphi_{2i} \right\} \right] + \Sigma \left\{ H_{2i-1} \cos \varphi_{2i-1} \right\} - \Sigma \left\{ H_{2i} \cos \varphi_{2i} \right\} \\
 & + \Sigma \left\{ K'_{2i-1} \Delta \kappa_{2i-1} \cos \varphi_{2i-1} \right\} - \Sigma \left\{ K'_{2i} \Delta \kappa_{2i} \cos \varphi_{2i} \right\} \tag{1.1.32}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y = & \Delta x \left[ \Sigma \left\{ \left( K_{2i-1} - \frac{H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \right) \sin \varphi_{2i-1} \cos \varphi_{2i-1} \right\} - \Sigma \left\{ \left( K_{2i} - \frac{H_{2i}}{a_{2i}} \right) \sin \varphi_{2i} \cos \varphi_{2i} \right\} \right] \\
 & + \Delta y \left[ \Sigma \left\{ K_{2i-1} \sin^2 \varphi_{2i-1} + \frac{H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \cos^2 \varphi_{2i-1} \right\} + \Sigma \left\{ K_{2i} \sin^2 \varphi_{2i} + \frac{H_{2i}}{a_{2i}} \cos^2 \varphi_{2i} \right\} \right] \\
 & + \theta \left[ \Sigma \left\{ L_{2i-1} K_{2i-1} \sin \varphi_{2i-1} \sin (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) + H_{2i-1} \cos \varphi_{2i-1} \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. + \frac{L_{2i-1} H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \cos (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) \cos \varphi_{2i-1} \right\} - \Sigma \left\{ L_{2i} K_{2i} \sin \varphi_{2i} \sin (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \right. \\
 & \quad \left. + H_{2i} \cos \varphi_{2i} + \frac{L_{2i} H_{2i}}{a_{2i}} \cos (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \cos \varphi_{2i} \right\} \right] \\
 & + \Sigma \left\{ H_{2i-1} \sin \varphi_{2i-1} \right\} + \Sigma \left\{ H_{2i} \sin \varphi_{2i} \right\} + \Sigma \left\{ K'_{2i-1} \Delta \kappa_{2i-1} \sin \varphi_{2i-1} \right\} \\
 & + \Sigma \left\{ K'_{2i} \Delta \kappa_{2i} \sin \varphi_{2i} \right\} \tag{1.1.33}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M = & \Delta x \left[ \Sigma L_{2i-1} \left\{ K_{2i-1} \cos \varphi_{2i-1} \sin (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) - \frac{H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \sin \varphi_{2i-1} \cos (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) \right\} \right. \\
 & \quad \left. + \Sigma L_{2i} \left\{ K_{2i} \cos \varphi_{2i} \sin (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) - \frac{H_{2i}}{a_{2i}} \sin \varphi_{2i} \cos (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \right\} \right] \\
 & + \Delta y \left[ \Sigma L_{2i-1} \left\{ K_{2i-1} \sin \varphi_{2i-1} \sin (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) + \frac{H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \cos \varphi_{2i-1} \cos (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) \right\} \right. \\
 & \quad \left. - \Sigma L_{2i} \left\{ K_{2i} \sin \varphi_{2i} \sin (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) + \frac{H_{2i}}{a_{2i}} \cos \varphi_{2i} \cos (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \right\} \right] \\
 & + \theta \left[ \Sigma L^2_{2i-1} \left\{ K_{2i-1} \sin^2 (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) + \frac{H_{2i-1}}{a_{2i-1}} \cos^2 (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) \right\} \right. \\
 & \quad \left. + \frac{H_{2i-1}}{L_{2i-1}} \cos (\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) \right\} + \Sigma L^2_{2i} \left\{ K_{2i} \sin^2 (\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \right\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{H_{2i}}{L_{2i}} \cos(\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) + \frac{H_{2i}}{L_{2i}} \cos(\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \} ] \\
& + \Sigma \{ L_{2i-1} H_{2i-1} \sin(\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) \} - \Sigma \{ L_{2i} H_{2i} \sin(\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \} \\
& + \Sigma \{ L_{2i-1} K'_{2i-1} \Delta z_{2i-1} \sin(\varphi_{2i-1} - \gamma_{2i-1}) \} - \Sigma \{ L_{2i} K'_{2i} \Delta z_{2i} \sin(\varphi_{2i} - \gamma_{2i}) \}
\end{aligned} \tag{1.1.34}$$

(1.1.32)～(1.1.34)式は船体が岸壁に接していない状態の場合を示す。

岸壁と接している場合は上式にて近似的に  $\Delta y = l_c \theta$  とおき、また、岸壁よりの反力 (RWH) による船体中心回りのモーメント (近似的に  $-RWH l_c$ ) をMに加え、さらにYにRWHを加えた式となる。

ここに

$l_c$  ..... 船体中央より船と岸壁が当たる点までの距離 (m)

(船首方向を負とする。ここに  $l_c$  は  $\Delta z$  だけ変位した状態で測られる)

岸壁と平行に接する場合、(反力の中心が岸壁の前後端内にある時)

上式にてさらに  $\theta = 0$ 、 $\Delta y = 0$ 、 $M = 0$ とした式となる。

### (c) 索張力

前記の式により求めた  $\Delta z$ 、 $\Delta y$ 、 $\theta$ を(1.1.20)、(1.1.21)式に代入し、 $\Delta a_{2i-1}$ 、 $\Delta a_{2i}$ を求める。

次にこの値を次式に代入して索の張力を求める。

$$T_{2i-1} = T_{02i-1} + K_{2i-1} \cdot l_{2i-1} \cdot \frac{\Delta a_{2i-1}}{a_{2i-1}} \tag{1.1.35}$$

$$T_{2i} = T_{02i} + K_{2i} \cdot l_{2i} \cdot \frac{\Delta a_{2i}}{a_{2i}} \tag{1.1.36}$$

ここに

$T_{02i-1}$ 、 $T_{02i}$  ..... 初期張力

$$T_{02i-1} = H_{2i-1} \frac{l_{2i-1}}{a_{2i-1}} \tag{1.1.37}$$

$$T_{02i} = H_{2i} \frac{l_{2i}}{a_{2i}} \tag{1.1.38}$$

### (d) 計算に用いられた近似値(実験値)

#### (i) 風圧関係

船研山内氏の「船尾船橋超大型船の風圧力測定実験」による。

#### (ii) 風圧合力係数(c<sub>a</sub>)

満載状態

$$0^\circ \leq \varphi \leq 110^\circ \quad C_a \times 10^3 = 1.03 \times 10^{-2} \varphi^2 - 1.54 \varphi + 1,050$$

$$110^\circ < \varphi \leq 140^\circ \quad C_a \times 10^3 = 0.1 \varphi^2 - 19 \varphi + 1,840$$

$$140^\circ < \varphi \leq 180^\circ \quad C_a \times 10^3 = -0.4 (\varphi - 155)^2 + 1,230$$

バラスト状態

$$0^\circ \leq \varphi \leq 10^\circ \quad C_a \times 10^3 = 1.12 (\varphi - 3)^2 + 790$$

$$10^\circ < \varphi \leq 50^\circ \quad C_a \times 10^3 = -0.398 (\varphi - 39)^2 + 1,180$$

$$50^\circ < \varphi \leq 150^\circ \quad Ca \times 10^3 = 6.48 \times 10^{-2} (\varphi - 100)^2 + 970$$

$$150^\circ < \varphi \leq 180^\circ \quad Ca \times 10^3 = -0.683 (\varphi - 152)^2 + 1,135$$

(d) 風壓合力偏角 ( $\alpha$ ) -

### 滿載狀態

$$0^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ, \quad \alpha = 2\varphi$$

$$20^\circ < \varphi \leq 40^\circ \quad \alpha = \varphi + 20$$

$$40^\circ < \varphi \leq 90^\circ \quad \alpha = -0.033\varphi^2 + 1.033\varphi + 24$$

$$90^\circ < \varphi \leq 180^\circ \quad \alpha = 0.01 (\varphi - 90) + 0.1 (\varphi - 90) + 90$$

バラスト状態

$$0^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ \quad \alpha = 2.75\varphi$$

$$20^\circ < \varphi \leq 40^\circ \quad \alpha = -0.05\varphi^2 + 4\varphi - 5$$

$$40^\circ < \varphi \leq 90^\circ \quad \alpha = 0.3\varphi + 6.3$$

$$90^\circ < \varphi \leq 140^\circ \quad \alpha = 0.006 \cdot (\varphi - 90) + 90$$

$$140^\circ < \varphi \leq 180^\circ \quad \alpha = 1.75 \times 10^{-2} (x - 90)^2 + 0.575 (x - 90) + 90$$

(4) 風壓中心位置 (c<sub>la</sub>)

满载状态

$$0^\circ < \varphi \leq 20^\circ \quad c\ell_c = \sqrt{\frac{1}{125}} \varphi$$

$$20^\circ < \varphi \leq 60^\circ \quad \varphi = 700 \text{ Cla}^2 - 230 \text{ Cla} \quad \text{Cla} > 0$$

$$60^\circ < \varphi \leq 165^\circ \quad C_{la} = 2.4 \times 10^{-5} (\varphi - 60)^2 + 8 \times 10^{-4} (\varphi - 60) + 0.5$$

$$-165^\circ < \varphi \leq 180^\circ \quad C_{la} = -3.2 \times 10^{-5} \varphi + 1.376$$

バラスト状態

$$0^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ \quad C_{la} = (18.68 + \sqrt{348.94 + 236.83\varphi}) / 236.83$$

$$20^\circ < \varphi \leq 40^\circ \quad \varphi = 10.8 \times 10^{-2} Cl_a^2 - 3.58 \times 10^2 Cl_a, \quad Cl_a > 0$$

$$40^\circ < \varphi \leq 140^\circ \quad C_{la} = 9.72 \times 10^{-6} (\varphi - 40)^2 + 1.58 \times 10^{-3} (\varphi - 40) + 0.42$$

$$140^\circ < \varphi \leq 180^\circ \quad C_{la} = -0.435 \times 10^{-4} \varphi^2 + 1.479 \times 10^{-2} \varphi - 0.5428$$

(ii) 繊維素の単位伸び当たり荷重 (E/A):

$$E A = \frac{8 T_{MAX}}{\log e \left( \frac{T_{MAX}}{C} \right)} \quad (\text{ton})$$

$$C = \frac{d^{1.8}}{1,620}$$

d ..... 索の径

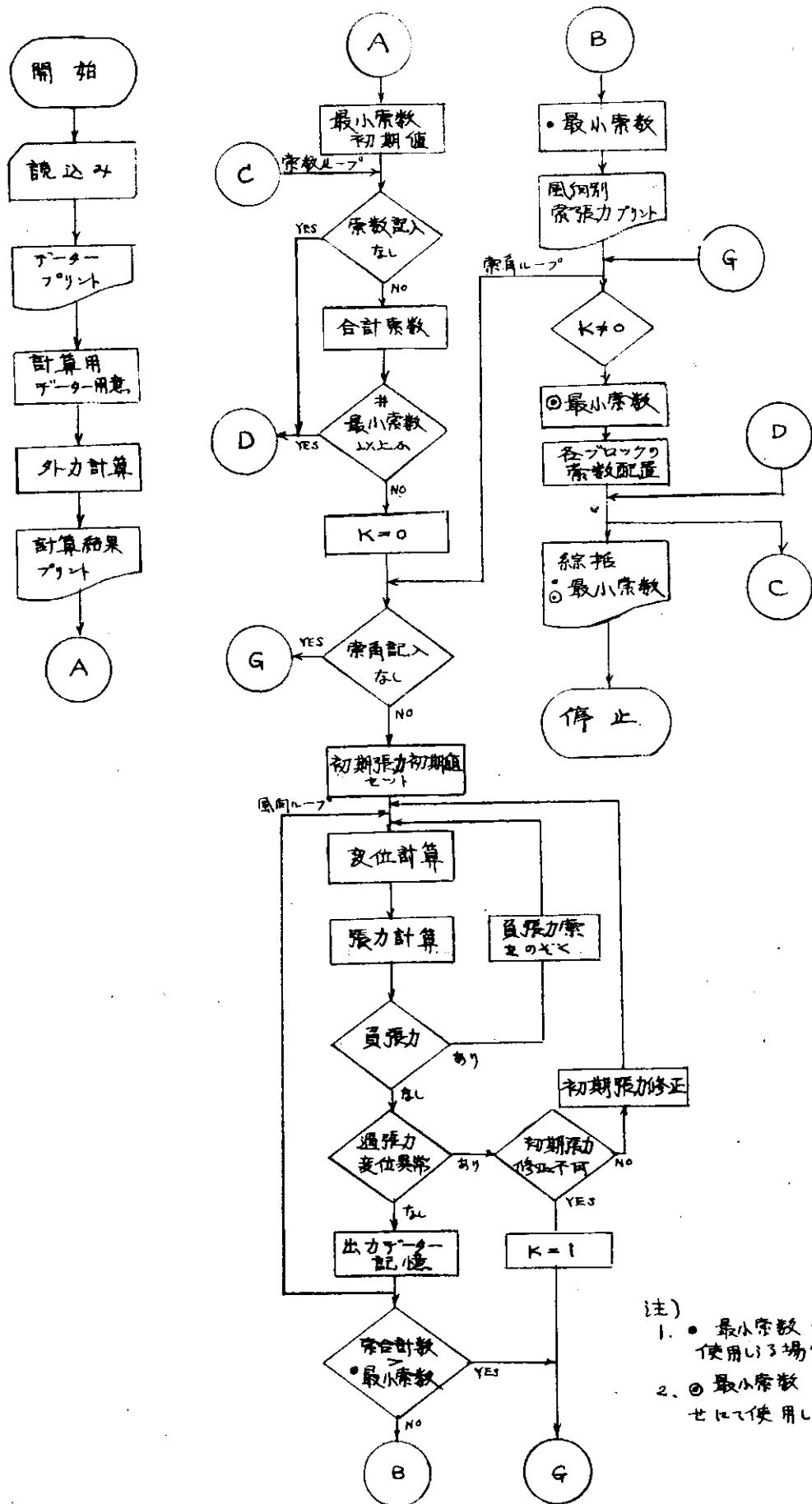
(mm)

TMAX ..... 索の最大使用荷重

(ton)

このTMAXのかわりに適当な張力を与えてその時のEAを求めてよい。

(2) フローチャート



注)

- 最小素数は特定素平面角にて  
使用する場合のものを示す。
- ② 最小素数は全素平面角の組合  
せにて使用する場合のものを示す。

(3) 入出力データ

(a) 入力データ

	単位
船体寸法 : $L \times B \times D$ , $C_b$	$(L, B, D \text{は} m)$
吃水 : $d$	$(m)$
プロペラ : 数 × 径	$(\text{径は} m)$
船楼または甲板室 : 正面投影面積、側面投影面積	$(m^2)$
風 : 風速、相対風向偏角(deg)、風圧合力偏角(deg)、風圧係数、風圧中心距離比	
潮 : 合流速 × 方向(deg) または 縦方向流速 × 横方向流速	$(m/sec)$
索 : 最大支持荷重(上限) (各索ごと); 初期張力、最大初期張力、同変化量(索種ごと)	$(ton)$
索の本数(各ブロックごとの本数でスプリングラインは2ケースその他は4ケースまでの本数変化をとれる)	
索の方向(各ブロックごとの角度で、ベッドおよびスタンラインは4ケース、ブレストラインは7ケース、スプリングラインは2ケースまで)	(deg)
索の平面投影長さ	$(m)$
甲板上 フエアリーダーよりビットまたはドラムに至る間の索長	$(m)$
索の種類(各ブロックごと、SWR or F.R.)	
索の径(S.W.R & F.R.)	$(mm)$
索の断面積(S.W.Rのみ)	$(cm^2)$
フエアリーダーの位置 : ミドシップよりの距離、センターラインよりの距離、岸壁ビット上の高さ	$(m)$
船の最大許容ずれ量 : 縦ずれ、横ずれ、旋回角	$(m) \& (rad)$
船の岸壁との接触点 : ミドシップよりの距離	

(b) 出力データ

入力データ	全部 (風圧面積はのぞく)
計算値	1) 風圧抵抗、潮流抵抗、形状抵抗、プロペラ抵抗 縦方向合力、横方向合力、モーメント (風向 10° ピッチに対して計算) 2) 舵外索長
	3) 索合計数、各グループ別索数および方向 (平面角)
	4) $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\theta$ (特定索角で、諸制限値を満足する場合)
	5) 初期張力、最終張力 ( " )
	6) 総括 最小索数 $\left. \begin{array}{l} (\text{データの索角全てが満足される場合について}) \\ (\text{特定索角でのみ満足される場合について}) \end{array} \right\} 2\text{通り}$

出力データの記号説明

単位

D X	船体の縦方向の変位量	船尾方向を(+)とする	$(m)$
D Y	船体の横方向の変位量	岸壁と反対側を(+)とする	$(m)$
A M P	船体の回頭角変位量	船首が岸壁とはなれる方向の回転方向を(+)とする。 (radian)	
R	船体が受けれる岸壁からの反力		$(ton)$

数字の下のアンダーライン

変位量については各索の平面角の組合せケースごとの最大値を、張力については各索の平面角の組合せケー

スにて各ブロックごとの中の最大値を示す。

#### 枠 内 数 字

上記索数(アンダーライン付のもの)内の最小のものを示す。

変位量についてはアンダーライン付のものの内のやはり最小のものを示す。

#### 1.1.3 計算プログラムによる検討結果

1.1.1項のところで述べた条件によって求めた結果を次のような表または図として示す。

	想定ケース	風速 (m/sec)	初期張力(t)		索の平面角
			S.W.R.	F.R.	
表1.1.1	ケース1	15	5～15	15	変化
表1.1.2	"	30	10～30	30	"
表1.1.3	ケース2	30	10～30	30	"
図1.1.3	ケース1	15	5～15	15	一定
図1.1.4	"	30	10～30	30	"
				20	"
図1.1.5	ケース2	15	5～15	15	"
		30	10～30	30	"

上記のケースにて使用された外力の変化は図1.1.2に示す。

上記の図1.1.3～1.1.5の各ケースにおける索の配置は図1.1.1に示す。

#### (1) 計 算 条 件

1) 索の平面角と索数は、船首尾常に同じとして変化させる。

ただし、スプリングラインは索角を一定とし、また、全索の仰角はそれぞれ一定とする。

2) 初期張力は、繊維索については、一定値をとる。

鋼索については、常に同時に変化させる。

3) 初期張力は、如何なる風向についても諸制限条件を満足するものとし、風向変化中一定とする。

4) 船の回頭中心は船体中央の中心線上の点と仮定する。

5) 潮流による回頭モーメントはないものとする。

6) 索の張力は全て、1本当りのものとする。

7) 船の移動により、船を元とした相対風向偏角および岸壁の肩と船体との相対位置は変化しないものとする。

#### (2) 考 察

##### (a) 表1.1.1および表1.1.2について

この2つの表は繊維索の初期張力を風速に応じて一定としてある。

これらの表より次のようことが判断される。

1) 繊維索の初期張力は最大の外力の時ウインチの巻取能力一杯にまで上げ、外力の少ない時は、索数を同じとするなら外力に比例して減少させて保留することができる。この理由は、繊維索のヤング率が鋼索よりもはるかに低いため、(この表1.1.1の計算では、繊維索の伸び率は張力30tにて約3.9%、15tの時は  $3.9\% \times \frac{15}{30} = 1.95\%$  としてある。

また表1.1.2の計算では、張力60tにて約4.8%、30tの時は  $4.8\% \times \frac{30}{60} = 2.4\%$  としてある。

これに対応する鋼索の伸び率は15tにて0.175%、30tにて0.35%であり、それぞれの張力での、伸

び率の比率は前者にて約1.11倍、後者にて約6.85倍となっている。) 船体の変位量が少なく、したがって、索の伸びも少ない状態では、張力変化をほとんど起していないことによる。

また、鋼索にかかる最終張力は索の張り方と同じとするなら外力に比例したものとなるので、繊維索も同様に考えて最終張力を考えればよいが、前の理由により最終張力と初期張力がほとんど同じなので、初期張力を外力に比例させて考えてもよいことになる。

2) スプリングラインの風下に向いているものは張力が零となることを許容すると、初期張力をあまり大きくする必要がなくなる。このように弛んだ索があっても、船位が許容範囲内に保たれていることよりスプリングラインの初期張力を無理に上げて船首尾の索の引合い現象を起きないようにしたほうが、むだな張力を発生させなくて済むことが判る。これはまたプレストラインを船首尾いずれかの方向に大きく傾けて展張した場合にも考えられることである。

3) 船の変位量は、風速1.5 m/sec程度では鋼索に掛る張力も低く、したがって、伸びも少ないため、許容変位量にははるかに達しない。

ここで最低初期張力は5 tとしたがもっと少なくともよいと思われる。

4) 最小索数は特定の索平面角の組合せを満足する場合のものと全索平面角の組合せを全て満足する索数を示してあるが、不特定な港を考える場合は後者の索数を用意することになるであろう。

5) この例では、索の平面角の取り方は、ヘッドおよびスタンラインについては60°付近、プレストラインはスプリングラインとほぼ直角がよいことを示している。

6) スプリングラインは、船体中央方向に向けて展張する場合を取り上げたが、これと逆の方向に開く形で展張した場合との差はあまりないことを別に確認してある。

(b) 表 1.1.3について

この表は表 1.1.2 と対比されるもので、特に舷外索長の影響を比較するために示されている。

この表より次のようなことが判断される。

- 1) プレストラインに大きな張力が発生しているが、これは全体に索の俯角が増したことによる。
- 2) スプリングラインは、他の索に比べて、表 1.1.3 と表 1.1.2 との間での索長の差が比較的少ないため、索長の大きい他の索に力がかかり、スプリングラインの最終張力は両側の間での差が少なくなっている。
- 3) 最小索数は表 1.1.2 と同じであるが、図 1.1.4 と図 1.1.5 の風速3.0 m/sec、繊維索の初期張力3.0 tの場合とは異なっている。

全索平面角の組合せを満足する最小索数は16本で特定索平面角の組合せを満足する場合より4本多くなっている。このようなことから、中間の14本でよい場合も発生する訳である。

(c) 図 1.1.3について

同じ索数でもプレストラインを各3本としたほうが、ヘッドおよびスタンラインを3本としたときより、最終張力からみて有利であることを示している。

(d) 図 1.1.4について

この図は繊維索の初期張力の決め方による影響を示すものである。繊維索の初期張力が大なるほうが、鋼索のプレストラインの最終張力を少し減少させることに役立っているが、最大値で約7%減少をさせる程度である。繊維索の初期張力を2.0 tとしたとき、プレストライン、ヘッドおよびスタンライン各3本という組合せではプレストラインの最終張力が6.0 tをこえるので示していない。

(e) 図 1.1.5について

風速3.0 m/secの場合は繊維索の初期張力を3.0 tとすると図 1.1.4 の例とくらべて、合計索数での変化は見られないが、プレストライン(船首尾)を各4本とし、ヘッドおよびプレストラインを各2本とする組合せに限定さ

れている。

### (3) 総括

前記の解析結果をもととして、次のような結論を得た。

#### (a) 初期張力

1) 繊維索は船の変位が極度に大ならない限り、伸びが少なく、張力が大きく変わることがない。このため、索の最終張力（船が変位を起して安定した状態での張力）は初期張力とほとんど差がない。特に索長が大であれば、当然この差は減る。

このため、繊維索は初期張力をできるだけ大とするようにしないと有効に働かない。

2) 鋼索の場合は初期張力を上げすぎると外力による伸びがへり、索同志の引合いで釣合いを保つ結果になり、好ましくない。

3) ここに上げた計算のように、各索ごとにある一定の初期張力を与えて、実際の係船が行なわれ得るなら、吃水変化による修正は別として一応張力を満足する状態に保ちうることが予想される。

#### (b) 船の変位

通常の港での係船時の舷外索長は余り大でないので、鋼索の最大最終張力での伸び量は許容変位量（荷役時）を上回ることはあまりない。

変位が大であると一部の索にのみ負担が掛るので、初期張力を上げるか、索数を増し、変位量をへらす必要がある。

#### (c) 索の最大使用荷重

1) 繊維索はワインチの巻取りにより与えられる張力が、初期張力となり、通常、この初期張力を大きく上回る最終張力は発生しないので、計算上索の最大使用荷重はワインチの巻取り荷重と考えられる。

2) 鋼索はワインチのブレーキ荷重を最大使用荷重と考えればよい。

3) この計算プログラムでは船のスウェルによる運動を考慮していないので、スウェルが大きい岸壁での係船では、索の安全率を上げて計算する必要があるだろう。

#### (d) ウィンチの能力

1) 例えば風速  $15 \text{ m/sec}$  で船位修正が可能であるとするなら（本例の  $15 \text{ m/sec}$  の風速の場合参照）ワインチの巻取り荷重は、この風速下で計算された索の最大最終張力に相当する。

2) ウィンチのブレーキ荷重は係船許容最大風速 ( $30 \text{ m/sec}$ ) のときの索にかかる最大最終張力に相当する。

3) ウィンチの能力をメーカーの標準に合せて使用するような場合、巻取り荷重とブレーキ荷重を上記のような状態での制限張力として与えて計算し、索配置を決定することになる。

#### (e) その他

1) 全索鋼索の場合、初期張力を全索同じとしたとき、索長の大なるものほど最終張力が少なくなる傾向にあるが、各索の最大最終張力をくらべるときその差はあまりない。ただし、索の張り方が船首尾で非常に異なるときは差が大きくなる傾向がある。

2) 全索繊維索の場合、索の船首尾方向の分力は、船が少しずれても張力変化がほとんどないため、引合いとなり、外力とバランスするには大きな変位を必要とすることになる。したがって、外力が大であるときはスプリングラインだけは鋼索を使用することになるであろう。

3) 舷外索長が長くとれない岸壁のほうが索の最終張力が大きくなるので、舷外索長が短い場合について計算し、索数を求めるほうが安全である。

ここでは、索長と索の仰角を一定として各ケースの計算を行なっているが、索長および仰角の索数への影響は少ないので、差支えないものと判断した。

- 4) スプリングラインとプレストラインは極力直角に近く取り引合いをなくしたほうがよい。
- 5) フエアリーダーの位置は通常の配置にて多少変化をさせても、計算結果の差は非常に少ない。
- 6) この計算プログラムによる結果は、船が岸壁へ接近中に必要なヘッドおよびスタンラインの系数と荷重について考慮していないので、注意する必要がある。

#### 1.1.4 結 言

ここには一例として、20万トン型タンカーを取上げ、巨大化されつつある船の係留装置が合理的に施行されているが、検討する目的で、計算プログラムによる計算を行ないました。この計算結果より判断された諸傾向は、巨大船以外にも考えられることで、参考となりうるものと確信いたします。

ここに使用いたしました計算プログラムは、種々の船を計画する場合にムアリングワインチの定格荷重やブレーキ力と索の強度とに関連して、索の本数と、これに伴うムアリングワインチの台数を合理的に決定するために、また実船の係留に当って、索の張り方を検討するために、必要とされるデータを供給しうるものであります。

なお、風圧諸係数は巨大船のもののみ挙げてありますが、すでに諸船型について実験的にこれらの係数を求めたものを利用できれば、種々の船の計画に直ちに利用できるものであります。

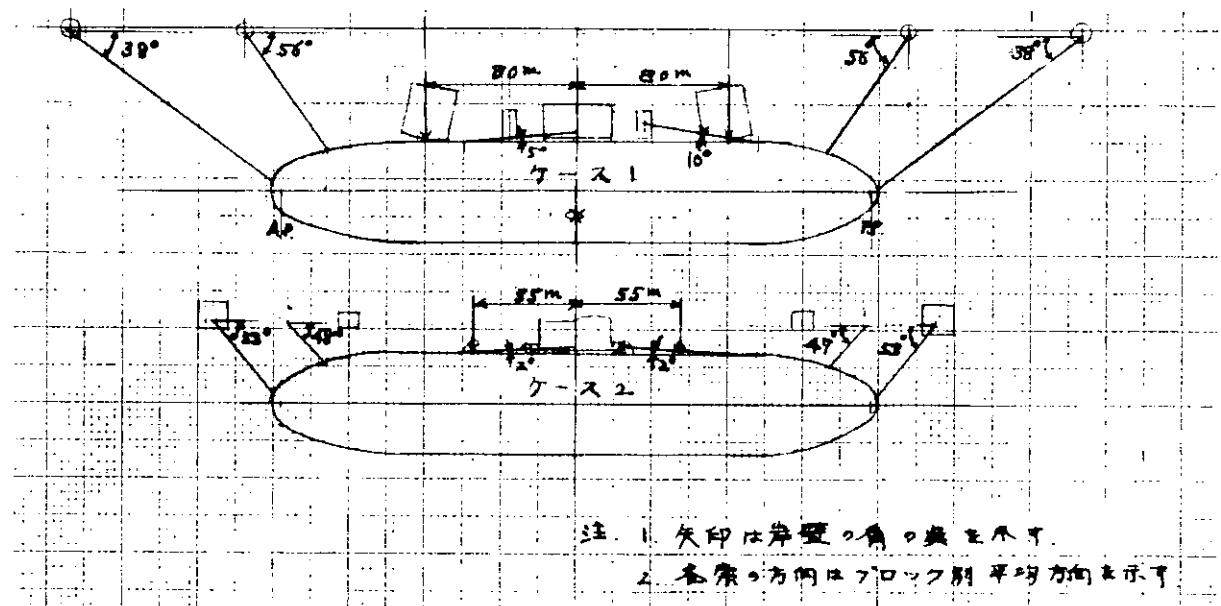


図 1.1.1 概略索配置

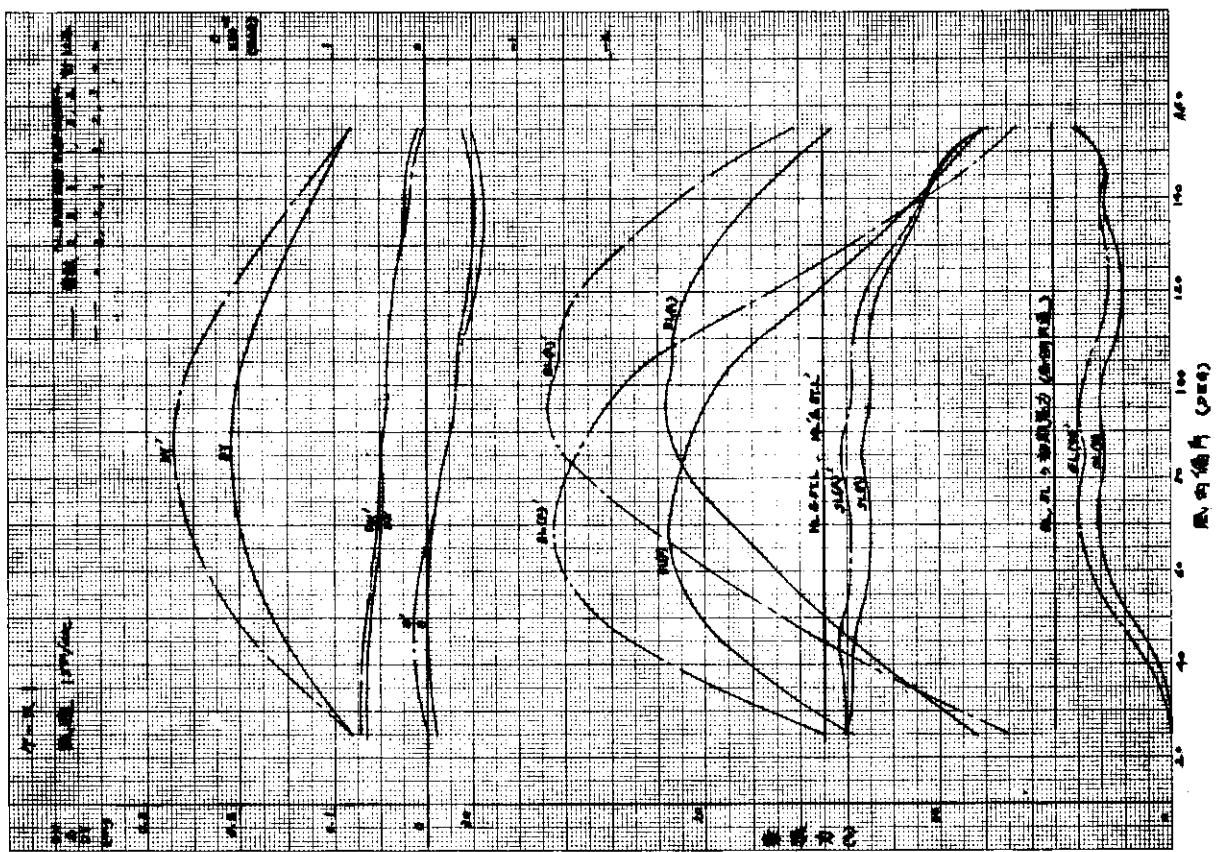


図 1.1.3

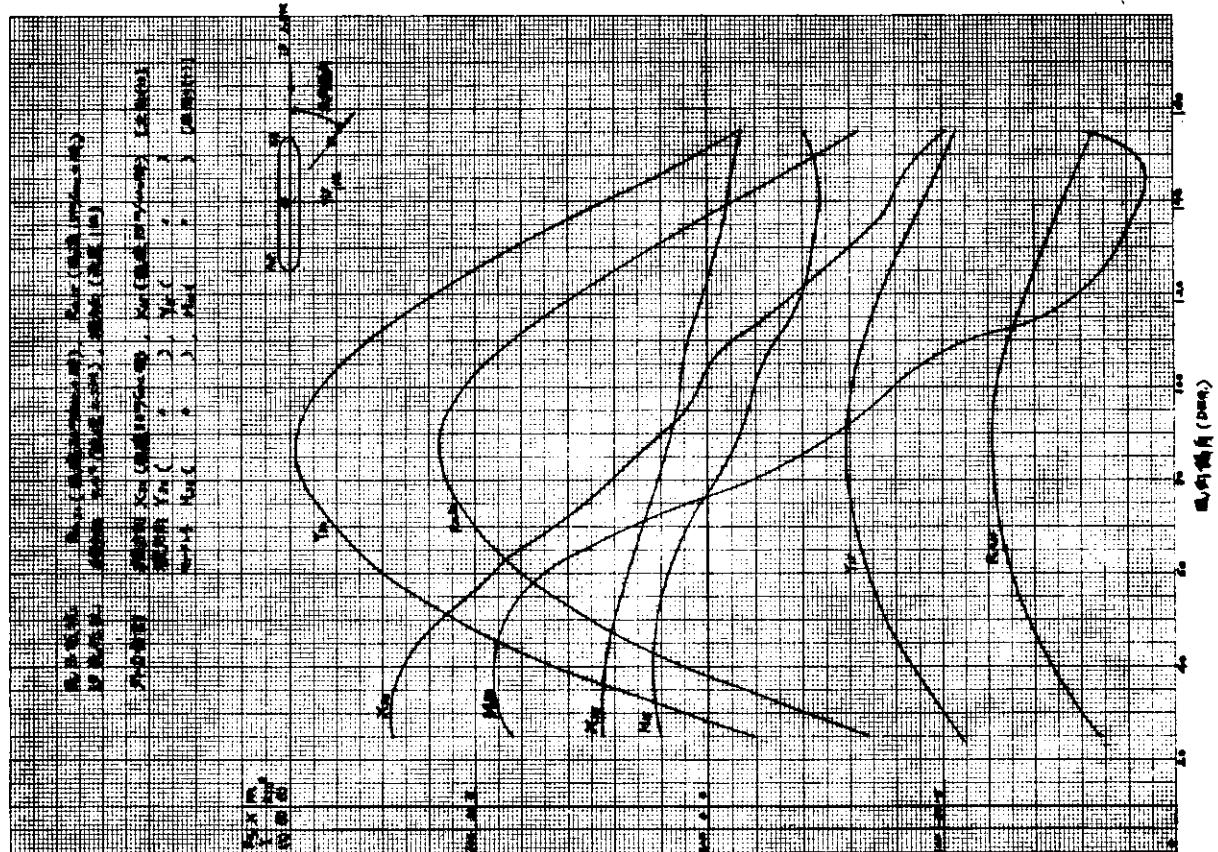


図 1.1.2

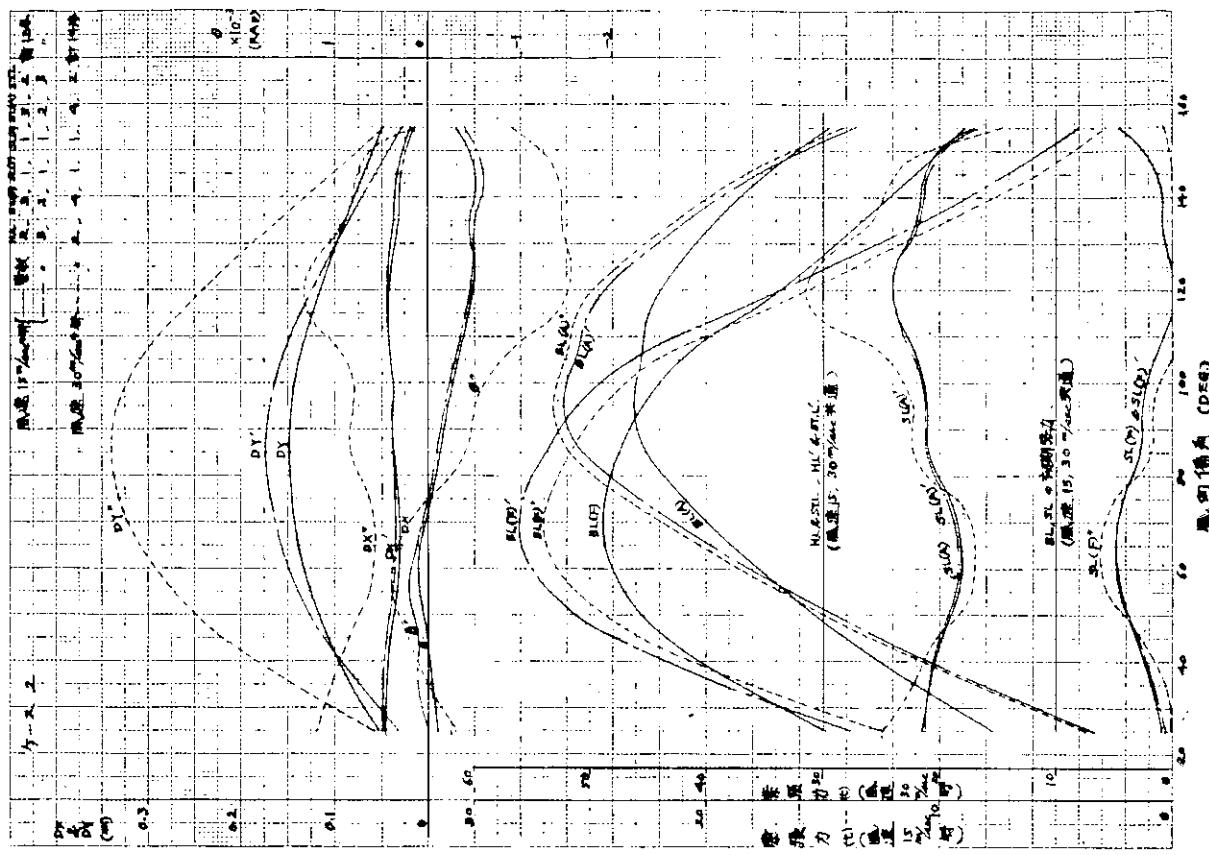
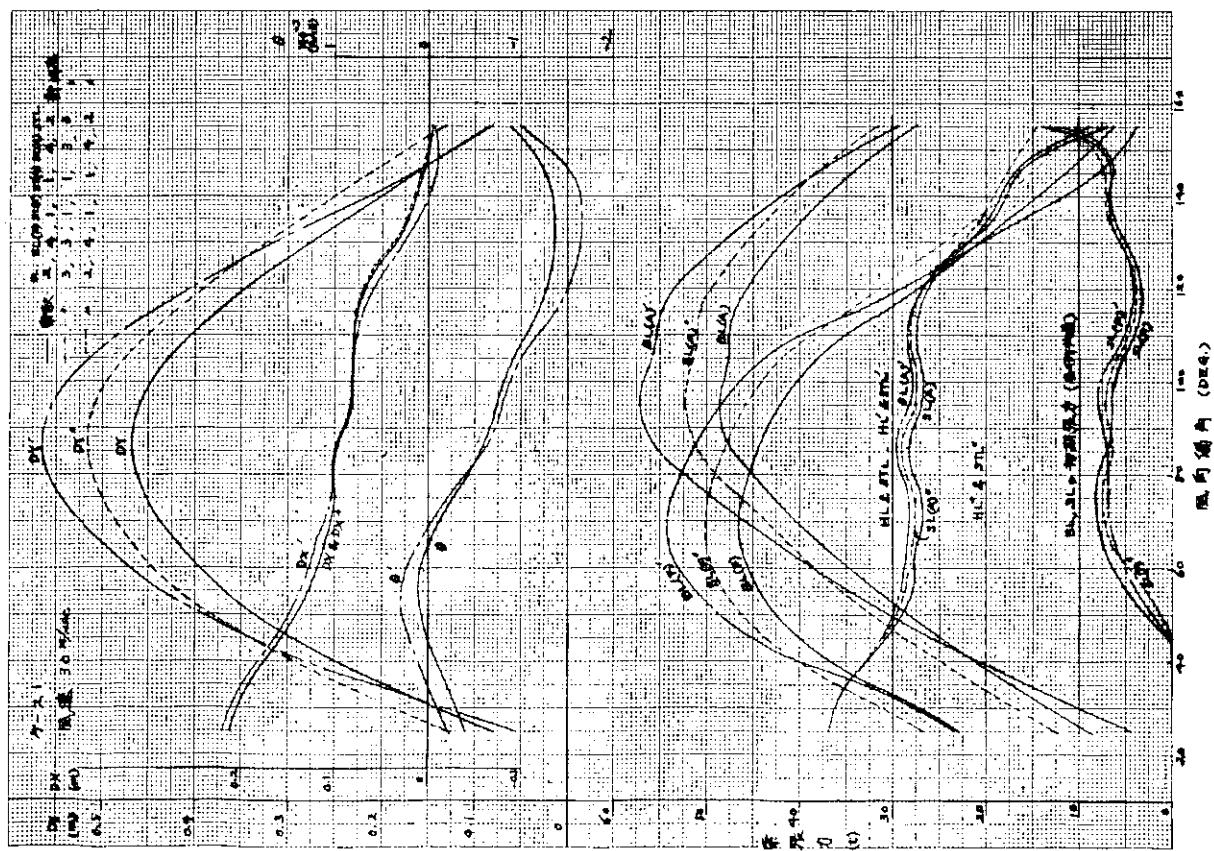


図 1. 1. 5



[凶] 1. 1. 4

表 1.1.1

## CALCULATING CONDITION EALLAST CONDITION AT 'KIRE'

DIMENSION	$L \times B \times D$	210.000 M X 54.000 M X 26.400 M
CAFT BLOCK COEFFICIENT	16.000 M 0.800	
PROPELLER	EIA. N.C.	1.0 E 74 M
AREAS (SQ.METER)	PRECFILE AREA FRONT AREA FITTED SURFACE	UNDER WATER LINE UPPER WATER LINE AVERAGE WATER LINE AVERAGE WATER LINE
WIND	VELOCITY 15.000 M/SEC	CALCULATION RANGE
TIDE	LONGITUDINAL VELOCITY 1.2861 M/SEC	TRANSVERSE VELOCITY 0.5144 M/SEC
ANGLE OF ROPE(DEC) (INPUT DATA)	HEAD LINE BREAST L.(F) SPRING L.(F) SPRING L.(A) BREAST L.(A) STERN L.	BREAST L.(F) SPRING L.(F) SPRING L.(A) BREAST L.(A) SPRING L.(A) STERN L.
NUMBER OF ROPES (INPUT DATA)	2. HEAD LINE 2. BREAST L.(F) 3. SPRING L.(F) 4. SPRING L.(A) 5. BREAST L.(A) 6. STERN L.	2. BREAST L.(F) 3. SPRING L.(F) 4. SPRING L.(A) 5. BREAST L.(A) 6. STERN L.
ROPE PROJECT LENGTH TO HORIZONTAL PLANE(M)	H.L. 130.000 12.000	B.L.(F) 75.000 18.000
ROPE LENGTH ON DECK(M)	H.L. 130.000 12.000	S.L.(F) 65.000 12.000
INITIAL ROPE TENSION SWR	MAXIMUM TENSION 5.000 15.000	VARIATION (TON) 5.000 0.0
DIA (IF SWR (MM))	E.L.(F) 42.0	S.L.(A) S.W.R. + B.L.(A) SWR + S.L. S.ECT. AREA OF SWR(CM <sup>2</sup> )
YOUNG'S MODULUS OF SWR (1CM/CM <sup>2</sup> )	70.0 E=75G	70.0
OUTWARD ROPE LENGTH(M)	H.L.121.059 B.L.(F) 76.311	S.L.(F) 66.072 S.L.(A) 60.881 B.L.(A) 75.653
MAXIMUM ALLOWABLE DISPLACEMENT OF SHIP LNGTH(M)	0.500 M	TURNING ANGLE 0.005 RAD

	WIND ANGLE (DEG)	WIND RESISTANCE (T)	LNGL. FORCE(X11)	FORCE(X11)	TRANS. FORCE(Y11)	MOMENT (T-M)
	25.	23.25	22.51	92.68	-	1056.27
	35.	46.23	22.49	106.85	-	1154.26
	45.	58.12	21.17	119.51	-	1137.81
	55.	66.65	18.41	128.82	-	1019.45
	65.	72.68	15.64	135.26	-	671.55
	75.	76.76	12.09	139.66	-	118.75
	85.	78.81	9.47	141.83	-	-448.44
	95.	78.01	6.73	141.05	-	-846.35
	105.	74.08	5.47	137.11	-	+1147.90
	115.	71.81	2.44	130.67	-	+1781.96
	125.	69.05	-0.43	122.58	-	-2122.37
	135.	51.62	-3.33	113.55	-	+2270.27
	145.	42.78	-4.74	104.07	-	-2352.41
	155.	24.31	-7.09	94.14	-	-2024.39
		TIDE RESISTANCE (TUN)	4.7C1			
		FORM RESISTANCE (TUN)	4.3.C47			
		PROPELLER RESISTANCE (TUN)	2.7C7			

TOTAL NO. OF ROPES 10.  
NO. OF ROPES  
HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)  
WIND ANG D(X(M)) AMP(RAD)

	2.	2.	1.	1.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
	40.	40.	80.	80.	170.	170.	175.	175.	175.	175.	175.
	HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG) WIND ANG D(X(M)) AMP(RAD)	R(TON)	INITIAL ROPE TENSION(TON)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL
25.	0.130	0.095	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	17.09
35.	0.126	0.135	0.0002	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	20.96
45.	0.113	0.171	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	24.15
55.	0.090	0.197	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	26.20
65.	0.079	0.215	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	26.97
75.	0.064	0.226	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	26.76
85.	0.052	0.231	-0.0001	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	25.96
95.	0.040	0.229	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	24.87
105.	0.034	0.217	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	23.19
115.	0.020	0.198	-0.0002	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	20.11
125.	0.006	0.175	-0.0003	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	17.17
135.	-0.007	0.150	-0.0003	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	14.35
145.	-0.015	0.123	-0.0004	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	11.67
155.	-0.026	0.095	-0.0003	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	9.56
TOTAL NO. OF ROPES 10.											8.16

NO. OF ROPES  
HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)  
WIND ANG D(X(M)) AMP(RAD)

	2.	2.	1.	1.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
	40.	40.	80.	80.	170.	170.	175.	175.	175.	175.	175.
	HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG) WIND ANG D(X(M)) AMP(RAD)	R(TON)	INITIAL ROPE TENSION(TON)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL
25.	0.156	0.091	0.0003	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	16.85
35.	0.154	0.130	0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	20.66
45.	0.139	0.165	0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	23.82
55.	0.112	0.190	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	25.81
65.	0.090	0.208	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	26.68
75.	0.070	0.219	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	26.44
85.	0.054	0.224	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	25.61
95.	0.039	0.221	-0.0001	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	24.51
105.	0.030	0.210	-0.0001	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	22.84
115.	0.011	0.191	-0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	19.76
125.	-0.006	0.169	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	16.84
135.	-0.022	0.144	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	14.05
145.	-0.030	0.118	-0.0004	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	11.38
155.	-0.041	0.091	-0.0003	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	8.76
TOTAL NO. OF ROPES 10.											2.40

NO. OF ROPES  
HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)  
WIND ANG D(X(M)) AMP(RAD)

	2.	2.	1.	1.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
	50.	50.	170.	170.	175.	175.	175.	175.	175.	175.	175.
	HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG) WIND ANG D(X(M)) AMP(RAD)	R(TON)	INITIAL ROPE TENSION(TON)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL
25.	0.080	0.106	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	17.24
35.	0.077	0.157	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	21.57
45.	0.074	0.202	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	25.05
55.	0.067	0.235	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	27.25
65.	0.061	0.258	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	28.16
75.	0.054	0.273	-0.0001	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	26.02
85.	0.050	0.280	-0.0002	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	24.12
95.	0.044	0.276	-0.0002	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	21.70
105.	0.041	0.262	-0.0003	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	24.19
115.	0.035	0.238	-0.0005	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	20.82
125.	0.027	0.209	-0.0005	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	17.56
135.	0.016	0.176	-0.0005	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	14.42
145.	0.011	0.142	-0.0005	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	11.41
155.	-0.002	0.106	-0.0004	c.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00*	15.00	5.416
TOTAL NO. OF ROPES 10.											9.01

TOTAL NO. OF ROPES 10.

NO. OF ROPES 10.

HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)

DY(M) AMPL(RAD)

2.

30.

INITIAL ROPE TENSION(TON)

R(TON)

FINAL ROPE TENSION(TON)

BL SL BL SL BL SL

WIND ANG	DX(M)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	
25.	0.128	0.119	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	19.27
35.	0.124	0.159	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	23.14
45.	0.111	0.195	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	26.33
55.	0.091	0.221	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	28.35
65.	0.080	0.239	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	30.50
75.	0.065	0.250	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	29.12
85.	0.054	0.252	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	28.91
95.	0.041	0.252	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.09	28.11
105.	0.035	0.241	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.08	27.01
115.	0.021	0.222	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.06	22.25
125.	0.008	0.199	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.04	19.31
135.	-0.006	0.173	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.03	16.50
145.	-0.014	0.147	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.03	7.25
155.	-0.025	0.119	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.02	13.80
TOTAL NO. OF ROPES 10.					15.00	5.00	5.00	15.00*	15.01	11.70
NO. OF ROPES										8.89

HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)

DY(M) AMPL(RAD)

2.

30.

INITIAL ROPE TENSION(TON)

R(TON)

FINAL ROPE TENSION(TON)

BL SL BL SL BL SL

WIND ANG	DX(M)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	
25.	0.154	0.114	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	19.00
35.	0.152	0.153	0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.13	22.82
45.	0.137	0.188	0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.13	25.97
55.	0.110	0.214	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.12	28.02
65.	0.091	0.231	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	28.80
75.	0.071	0.242	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	28.56
85.	0.055	0.247	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.09	27.74
95.	0.040	0.244	-0.0000	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.08	26.65
105.	0.031	0.233	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.07	24.96
115.	0.012	0.215	-0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.05	21.88
125.	-0.005	0.192	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.04	18.95
135.	-0.021	0.167	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.02	16.16
145.	-0.029	0.141	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.01	13.49
155.	-0.040	0.114	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.00	9.87
TOTAL NO. OF ROPES 10.										2.74
NO. OF ROPES										20.08

HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)

DY(M) AMPL(RAD)

2.

30.

INITIAL ROPE TENSION(TON)

R(TON)

FINAL ROPE TENSION(TON)

BL SL BL SL BL SL

WIND ANG	DX(M)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	
25.	0.104	0.107	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.08	17.89
35.	0.099	0.151	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	21.92
45.	0.087	0.191	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	25.25
55.	0.078	0.219	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	27.28
65.	0.070	0.238	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	28.10
75.	0.059	0.250	0.0000	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	27.92
85.	0.052	0.256	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	27.12
95.	0.042	0.253	-0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	3.87
105.	0.038	0.241	-0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	4.54
115.	0.028	0.221	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.09	4.28
125.	0.018	0.195	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.07	4.62
135.	0.006	0.167	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.06	5.04
145.	-0.001	0.138	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.03	5.69
155.	-0.013	0.108	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.01	6.82
TOTAL NO. OF ROPES 10.										10.12
NO. OF ROPES										15.06

HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)

DY(M) AMPL(RAD)

2.

30.

INITIAL ROPE TENSION(TON)

R(TON)

FINAL ROPE TENSION(TON)

BL SL BL SL BL SL

WIND ANG	DX(M)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	
25.	0.104	0.107	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.08	17.89
35.	0.099	0.151	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	21.92
45.	0.087	0.191	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	25.25
55.	0.078	0.219	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	27.28
65.	0.070	0.238	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	28.10
75.	0.059	0.250	0.0000	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	27.92
85.	0.052	0.256	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	27.47
95.	0.042	0.253	-0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	30.60
105.	0.038	0.241	-0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	36.02
115.	0.028	0.221	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.09	42.62
125.	0.018	0.195	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.06	48.23
135.	0.006	0.167	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.03	54.80
145.	-0.001	0.138	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.01	60.37
155.	-0.013	0.108	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	15.00*	15.01	66.95
TOTAL NO. OF ROPES 10.										15.06
NO. OF ROPES										15.07

TOTAL NO. OF ROPES		10.	
NO. OF ROPES	HORIZONTAL ROPE ANGLE (DEG)	2.	2.
WIND ANG	DX(M)	AMP(RAD)	R(TON)
25.	0.106	0.085	0.CC01
35.	0.101	0.129	0.0001
45.	0.088	0.168	0.0001
55.	0.077	0.196	0.0001
65.	0.069	0.215	0.0001
75.	0.058	0.228	0.0000
85.	0.050	0.234	-0.0001
95.	0.041	0.231	-0.0002
105.	0.037	0.216	0.0002
115.	0.027	0.198	-0.0003
125.	0.016	0.173	-0.0004
135.	0.004	0.145	-0.0004
145.	-0.002	0.116	-0.CC04
155.	-0.014	0.085	-0.0003
TOTAL NO. OF ROPES		10.	2.
NO. OF ROPES	HORIZONTAL ROPE ANGLE (DEG)	2.	2.
WIND ANG	DX(M)	AMP(RAD)	R(TON)

TOTAL NO. OF ROPES		10.	
NO. OF ROPES	HORIZONTAL ROPE ANGLE (DEG)	2.	2.
WIND ANG	DX(M)	AMP(RAD)	R(TON)
25.	0.131	0.074	0.0001
35.	0.127	0.114	0.0002
45.	0.114	0.150	0.0002
55.	0.090	0.177	0.0002
65.	0.078	0.194	0.0002
75.	0.063	0.205	0.0001
85.	0.051	0.211	-0.0000
95.	0.039	0.208	-0.0001
105.	0.033	0.197	-0.0001
115.	0.019	0.178	-0.0002
125.	0.005	0.155	-0.0003
135.	-0.009	0.129	-0.0003
145.	-0.016	0.102	-0.0004
155.	-0.028	0.075	-0.0003
TOTAL NO. OF ROPES		10.	2.
NO. OF ROPES	HORIZONTAL ROPE ANGLE (DEG)	2.	2.
WIND ANG	DX(M)	AMP(RAD)	R(TON)

TOTAL NO. OF ROPES		10.	
NO. OF ROPES	HORIZONTAL ROPE ANGLE (DEG)	2.	2.
WIND ANG	DX(M)	AMP(RAD)	R(TON)
25.	0.106	0.085	0.CC01
35.	0.101	0.129	0.0001
45.	0.088	0.168	0.0001
55.	0.077	0.196	0.0001
65.	0.069	0.215	0.0001
75.	0.058	0.228	0.0000
85.	0.050	0.234	-0.0001
95.	0.041	0.231	-0.0002
105.	0.037	0.216	0.0002
115.	0.027	0.198	-0.0003
125.	0.016	0.173	-0.0004
135.	0.004	0.145	-0.0004
145.	-0.002	0.116	-0.CC04
155.	-0.014	0.085	-0.0003
TOTAL NO. OF ROPES		10.	2.
NO. OF ROPES	HORIZONTAL ROPE ANGLE (DEG)	2.	2.
WIND ANG	DX(M)	AMP(RAD)	R(TON)

TOTAL NO. OF ROPES 10.

NO. OF ROPES  
HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEC)  
WIND ANG DX(M) DY(M) AMP(RAC)

	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
	50.	170.	175.	50.	170.	175.	50.	170.	175.
	INITIAL ROPE TENSION(TCN)	RITCN)	INITIAL ROPE TENSION(TCN)						
25.	0.062	0.116	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
35.	0.064	0.181	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
45.	0.063	0.238	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
55.	0.057	0.280	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
65.	0.054	0.308	0.0000	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
75.	0.050	0.328	-0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
85.	0.050	0.337	-0.0003	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
95.	0.046	0.333	-0.0004	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
105.	0.045	0.315	-0.0005	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
115.	0.042	0.285	-0.0007	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
125.	0.035	0.248	-0.0008	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
135.	0.026	0.206	-0.0008	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
145.	0.021	0.163	-0.0008	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
155.	0.007	0.117	-0.0006	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
TOTAL NO. OF ROPES 10.	2.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	2.
NO. OF ROPES HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEC) WIND ANG DX(M) DY(M) AMP(RAC)	60.	60.	170.	175.	60.	60.	170.	175.	60.

	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
	50.	170.	175.	50.	170.	175.	50.	170.	175.
	INITIAL ROPE TENSION(TCN)	RITCN)	INITIAL ROPE TENSION(TCN)						
25.	0.081	0.084	0.0000	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
35.	0.075	0.136	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
45.	0.073	0.181	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
55.	0.066	0.213	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
65.	0.060	0.236	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
75.	0.053	0.251	-0.0000	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
85.	0.049	0.258	-0.0002	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
95.	0.042	0.255	-0.0002	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
105.	0.040	0.240	-0.0003	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
115.	0.034	0.217	-0.0004	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
125.	0.025	0.187	-0.0005	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
135.	0.015	0.154	-0.0005	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
145.	0.009	0.120	-0.0005	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
155.	-0.004	0.084	-0.0004	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
TOTAL NO. OF ROPES 10.	2.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	2.
NO. OF ROPES HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEC) WIND ANG DX(M) DY(M) AMP(RAD)	60.	70.	170.	175.	60.	60.	170.	175.	60.

	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
	50.	170.	175.	50.	170.	175.	50.	170.	175.
	INITIAL ROPE TENSION(TCN)	RITCN)	INITIAL ROPE TENSION(TCN)						
25.	0.107	0.066	0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
35.	0.102	0.110	0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
45.	0.089	0.150	0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
55.	0.076	0.118	0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
65.	0.068	0.197	0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
75.	0.057	0.209	0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
85.	0.050	0.215	-0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
95.	0.040	0.227	-0.0002	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
105.	0.036	0.200	-0.0002	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
115.	0.026	0.180	-0.0003	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
125.	0.015	0.154	-0.0004	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
135.	0.003	0.126	-0.0004	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
145.	-0.003	0.097	-0.0004	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
155.	-0.015	0.067	-0.0003	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	15.00*
TOTAL NO. OF ROPES 10.	2.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	2.
NO. OF ROPES HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEC) WIND ANG DX(M) DY(M) AMP(RAD)	60.	60.	170.	175.	60.	60.	170.	175.	60.

## TOTAL NO. OF ROPES 10.

NO. OF ROPES	HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEC)	WIND ANG	DY(M)	AMP(RADI)	R(TCN)
2.	8C.	170.	175.	80.	60.

NO. OF ROPES	1.	2.	2.	2.
--------------	----	----	----	----

					INITIAL ROPE TENSION(TON)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL
25.	<u>0.132</u>	0.057	0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.07	13.72	0.0	20.34	6.46	14.98
35.	<u>0.129</u>	0.097	0.0002	C.0	15.CC	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.09*	17.58	0.0	20.18	9.87	15.00	
45.	0.115	0.133	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	20.77	0.0	18.92	13.21	15.02	
55.	0.092	0.160	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	<u>15.41</u>	22.83	0.0	16.40	16.01	15.03	
65.	0.077	0.177	0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	<u>15.11</u>	<u>23.62</u>	0.91	15.07	18.48	15.05	
75.	0.062	0.189	0.CC01	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	<u>23.42</u>	2.31	13.78	20.87	15.06	
85.	0.051	-0.194	-0.0000	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	22.61	3.15	12.89	22.73	15.08	
95.	0.038	-0.191	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.09	21.52	4.12	11.67	23.39	15.08	
105.	0.032	0.180	-0.0001	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.08	19.85	4.31	11.05	23.05	15.08	
115.	0.018	0.161	-0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.06	16.77	4.67	9.62	22.03	15.02	
125.	0.004	0.138	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.04	13.83	5.69	8.03	21.62	15.06	
135.	-0.009	0.112	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.03	11.02	6.54	6.28	19.82	15.08	
145.	-0.017	0.086	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.01	8.34	6.74	5.23	17.67	15.07	
155.	-0.028	0.058	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.00	6.24	<u>1.61</u>	3.45	14.70	15.06	

## TOTAL NO. OF ROPES 10.

NO. OF ROPES	2.	2.	2.	2.
--------------	----	----	----	----

					INITIAL ROPE TENSION(TON)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL
25.	<u>0.159</u>	0.055	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.09	13.52	0.0	<u>22.81</u>	6.25	14.96	
35.	<u>0.157</u>	0.093	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	17.32	0.0	22.79	9.59	14.98	
45.	0.143	0.128	0.0003	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.12	20.47	0.0	21.47	12.88	15.00	
55.	0.116	0.154	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	<u>15.13</u>	<u>22.52</u>	0.0	18.69	15.64	15.02	
65.	0.088	0.172	0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	<u>15.12</u>	<u>23.38</u>	0.06	15.95	18.13	15.04	
75.	0.068	0.182	0.0002	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.11	<u>23.14</u>	1.88	14.17	20.50	15.05	
85.	0.052	0.187	0.0000	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.10	22.31	3.16	12.70	<u>22.36</u>	15.07	
95.	0.037	0.185	-0.0000	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.09	21.21	4.41	11.24	<u>23.42</u>	15.08	
105.	0.029	0.174	-0.0001	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.08	19.54	4.82	10.37	22.70	15.08	
115.	0.009	0.155	-0.0002	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.06	16.46	5.94	8.42	22.51	15.08	
125.	-0.008	0.133	-0.0003	C.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.04	13.54	6.96	6.52	21.34	15.08	
135.	-0.024	0.108	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.02	10.76	7.97	4.59	19.57	15.08	
145.	-0.032	0.082	-0.0004	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.00	8.10	8.26	3.45	17.41	15.07	
155.	-0.043	0.055	-0.0003	0.0	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	15.00*	15.00	6.04	<u>2.04</u>	1.83	14.53	15.06	

\*\*\*SUMMARY MINIMUM NO. OF ROPES WITHOUT RESTRICTED ROPE ANGLE

12.....

2. ....

3. ....

1. ....

1. ....

3. ....

\*\*\*SUMMARY  
MINIMUM NO. OF ROPES WITH RESTRICTED ROPE ANGLE  
DO. WITHOUT RESTRICTED ROPE ANGLE10.  
12.

表 1.1.2

## CALCULATING CONDITION

## BALLAST CONDITION AT 'KIIRE'

DIMENSION	$L \times B \times D$	210.000 M X 54.000 M X 26.400 M
DRAFT	10.000 M	
BLOCK COEFFICIENT	0.800	
PROPELLER	EIA. MC.	7.874 M
AREAS (SQ.METER)	PROFILE AREA	
	UNDER WATER LINE	3255.00
	ABOVE WATER LINE	5863.19
	ABOVE WATER LINE	1406.69
	WETTED SURFACE	18661.99
WIND	VELOCITY	30.000 M/SEC
TIDE	LONGITUDINAL VELOCITY	1.2861 M/SEC
	CALCULATION RANGE	25.0 TO 155.0 DEG.
		TRANSVERSE VELOCITY 0.5144 M/SEC
ALLOWABLE MAX. ROPE TENSION (N)	BREAST L.(F)	SPRING L.(A) BREAST L.(A) STERN L.
POSITION OF FAIRLEADER FROM MIDSHIP(M)	60.000	60.000 60.000 60.000
FROM C.0. ....	130.000	98.400 60.200 132.200
HEIGHT ABOVE WHARF (INPUT DATA)(M)	3.000	11.750 27.000 20.600
	16.938	14.085 11.852 9.921
NUMBER OF ROPES (INPUT DATA)	HEAD LINE BREAST L.(F)	SPRING L.(A) BREAST L.(A) STERN L.
	2. 3. 4. 5. 2. 3. 4. 5. 1. 2.	2. 3. 4. 5. 2. 3. 4. 5. 1. 2.
ANGLE OF ROPE(SIDE) (INPUT DATA)	HEAD LINE	30.00 40.00 50.00 60.00
	BREAST L.(F)	50.00 60.00 70.00 80.00
	SPRING L.(F)	170.00
	SPRING L.(A)	175.00
	BREAST L.(A)	50.00 60.00 70.00 80.00
	STERN LINE	30.00 40.00 50.00 60.00
ROPE PROJECT LENGTH TO HORIZONTAL PLANE(M)	H.L.	B.L.(F) S.L.(A) B.L.(A) ST.L.
ROPE LENGTH ON DECK(M)	130.000	75.000 65.000 75.000 130.000
	12.000	18.000 12.000 12.000 15.000
INITIAL ROPE TENSION S.T.R.	MINIMUM TENSION	MAXIMUM TENSION VARIATION (TON)
F.R.	10.000	30.000 5.000
	20.000	30.000 0.0
KIND OF ROPE	H.L. FR + B.L.(F) SWR + S.L.(A) SWR + B.L.(A) SWR + ST.L. FR	
DIA OF SWR(MM)	42.0 DIA OF FROP(MM)	70.0
SECT. AREA OF SWR(CM <sup>2</sup> )	8.75C	
YOUNG'S MODULUS OF SWR (10 <sup>10</sup> N/CM <sup>2</sup> )	980.0	
OUTBOARD ROPE LENGTH(M)	H.L.131.99 B.L.(F) 76.311 S.L.(F) 66.072 S.L.(A) 60.881 B.L.(A) 75.653 ST. L.130.426	
MAXIMUM ALLOWABLE DISPLACEMENT OF SHIP LONGITUDINAL	1.500 M, TRANSVERSE	1.500 M, TURNING ANGLE RAD
		0.150 RAD

WIND ANGLE(0EG)	WIND RESISTANCE(F) LGNGL.	TRANS. FORCE(X)(T)	MOMENT(Y)(T)
25.	123.01	67.80	181.56
35.	115.32	67.74	238.27
45.	232.48	62.47	288.91
55.	266.74	51.43	326.13
65.	296.71	40.32	351.89
75.	307.03	26.15	369.50
85.	315.23	15.66	378.17
95.	312.03	4.69	375.06
105.	296.32	-0.35	359.28
115.	211.24	-12.46	333.55
125.	240.19	-23.94	301.18
135.	266.54	-35.53	265.07
145.	171.12	-41.19	227.12
155.	127.25	-50.59	187.43
			-8097.55
TIDE RESISTANCE (TCN)	-4.7C1		
FORM RESISTANCE (FTN)	-63.6C1		
PROPELLER RESISTANCE (PN)	-107.7C1		



FINAL ROPE TENSION (TON)				SL	BL	STL
TL	HL	BL	SL			
30.00*	30.34	25.46	0.0	59.26	8.77	29.75
30.00*	30.40	35.75	0.0	58.65	17.86	29.88
<b>10.43</b>	<b>44.27</b>	<b>0.0</b>	<b>53.69</b>	<b>26.79</b>	<b>29.88</b>	
30.00*	30.42	49.80	0.0	43.78	34.25	29.98
30.00*	30.38	52.15	0.0	35.02	40.94	30.07
30.00*	30.34	51.64	4.76	29.05	47.31	30.14
30.00*	30.30	49.50	8.09	25.56	52.28	30.20
30.00*	30.26	46.59	12.03	20.86	54.03	30.24
30.00*	30.21	42.10	13.04	18.65	53.11	30.24
30.00*	30.13	33.87	16.07	13.45	52.51	30.27
30.00*	30.05	26.02	19.48	7.66	49.26	30.28
30.00*	29.97	18.49	23.38	1.25	44.41	30.28
30.00*	29.89	11.16	27.30	0.0	38.61	<b>30.28</b>
30.00*	29.80	5.16	37.56	0.0	30.45	<b>30.28</b>

WIND ANG	UX(M)	DY(M)	AMP(RAD)	R(TUNI)	INITIAL KOPÉ TENSION(TUNI)
25.	-	<b>0.253</b>	0.090 -0.0602	C.0 -30.00	10.00 10.00
35.	-	<b>0.233</b>	0.228 -0.0000	C.0 -30.00	10.00 10.00
45.	-	<b>0.192</b>	0.351 -0.0002	C.0 -30.00	10.00 10.00
55.	-	<b>0.152</b>	0.440 0.0003	C.0 -30.00	10.00 10.00
65.	-	<b>0.131</b>	0.500 0.0001	C.0 -30.00	10.00 10.00
75.	-	<b>0.109</b>	0.540 -0.0001	C.0 -30.00	10.00 10.00
85.	-	<b>0.100</b>	0.559 -0.0005	C.0 -30.00	10.00 10.00
95.	-	<b>0.078</b>	0.550 -0.0006	C.0 -30.00	10.00 10.00
105.	-	<b>0.072</b>	0.511 -0.0008	C.0 -30.00	10.00 10.00
115.	-	<b>0.058</b>	0.448 -0.0012	C.0 -30.00	10.00 10.00
125.	-	<b>0.028</b>	0.369 -0.0013	C.0 -30.00	10.00 10.00
135.	-	<b>-0.010</b>	0.281 -0.0013	C.0 -30.00	10.00 10.00
145.	-	<b>-0.029</b>	0.183 -0.0013	C.0 -30.00	10.00 10.00
155.	-	<b>-0.080</b>	0.094 -0.0010	C.0 -30.00	10.00 10.00

FINAL ROPE TENSION (TON)						
L	HL	BL	SL	SL	BL	STL
30.00**	30.18	26.09	0.0	61.04	7.68	29.94
30.00**	30.28	37.70	0.0	39.38	18.09	30.02
30.00**	30.36	47.30	0.0	35.11	28.25	30.11
30.00**	30.41	53.26	3.37	30.96	36.59	30.18
30.42	25.71	6.00	29.75	43.95	30.24	
30.41	55.34	7.91	28.53	51.03	30.31	
30.00**	30.38	7.52	29.05	56.52	30.39	
30.00**	30.34	50.04	8.99	26.95	58.41	30.39
30.00**	30.30	45.12	8.02	26.58	57.29	30.38
30.00**	30.21	36.10	6.87	25.38	56.42	30.39
30.00**	30.12	27.40	7.68	21.89	52.04	30.37
30.00**	30.04	18.99	10.02	16.69	47.07	30.33
30.00**	29.97	10.92	10.36	13.51	40.52	30.28
						5.36
						31.54
						15.63
						4.46
						29.91

WIND ANG	DY(M)	AMPIRAD	R(TCN)	INITIAL ROPE TENSION(TON)		
			HL	BL	SL	
25.	0.340	0.066	-0.00002	C.0	30.00	10.00
35.	0.324	0.183	-0.00002	C.0	30.00	10.00
45.	0.279	0.288	0.00001	C.0	30.00	10.00
55.	0.201	0.366	0.00003	0.0	30.00	10.00
65.	0.156	0.417	0.00002	C.C	30.00	10.00
75.	0.118	0.451	-0.00002	C.0	30.00	10.00
85.	0.094	0.467	-0.00003	0.0	30.00	10.00
95.	0.061	0.459	-0.00004	0.0	30.00	10.00
105.	0.049	0.426	-0.0005	0.0	30.00	10.00
115.	0.016	0.371	-0.0008	C.C	30.00	10.00
125.	-0.022	0.304	-0.0010	C.0	30.00	10.00
135.	-0.066	0.229	-0.0010	C.0	30.00	10.00
145.	-0.089	0.151	-0.0010	0.0	30.00	10.00

FINAL ROPE TENSION (TON)						STL
L	HL	BL	SL	SL	BL	STL
100*	30.22	24.09	0.0	50.61	6.77	29.87
200*	30.30	34.83	0.0	49.46	16.33	29.95
300*	30.36	43.72	0.0	44.79	25.69	30.03
400*	30.38	49.47	0.0	35.95	33.50	30.10
500*	30.39	51.76	2.09	31.57	40.38	30.17
600*	30.37	51.30	5.83	26.25	46.98	30.23
700*	30.34	49.17	7.39	26.67	52.12	30.28
800*	30.30	46.19	10.17	23.24	53.91	30.31
900*	30.26	41.57	10.25	21.95	52.92	30.31
1000*	30.17	33.09	11.32	18.73	52.21	30.32
1100*	30.09	24.95	13.52	14.10	48.76	30.31
1200*	30.01	17.12	16.72	8.33	43.66	30.29
1300*	29.95	9.63	17.60	4.96	37.64	30.25
1400*	29.90	0.00	17.60	4.96	37.64	30.25



TOTAL NO. OF ROPES 12.

	NO. OF ROPES	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.
	HORIZONTAL ROPE ANGLE (DEG)	60.	80.	100.	120.	140.	160.	180.	200.	220.	240.	260.
	WIND ANG DX(M)	DY(H) AMPL(RAD)	R(TON)	INITIAL ROPE TENSION(TON)	BL	SL	BL	SL	BL	SL	BL	SL
25.	0.430	0.031	0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.23	20.98	0.0
35.	0.418	0.138	0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.32	31.26	0.0
45.	0.369	0.234	0.0003	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.18	39.76	0.0
55.	0.278	0.304	0.0004	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.40	45.27	0.0
65.	0.196	0.353	0.0003	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.39	47.61	0.0
75.	0.129	0.384	0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.36	47.14	4.05
85.	0.189	0.391	-0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.33	45.01	7.40
95.	0.044	0.391	-0.0003	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.28	42.09	11.36
105.	0.023	0.360	-0.0004	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.24	37.61	12.38
115.	-0.026	0.310	-0.0007	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.14	29.39	15.45
125.	-0.076	0.248	-0.0008	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.06	21.54	18.87
135.	-0.128	0.180	0.0009	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.98	14.02	22.80
145.	-0.184	0.107	0.0009	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.89	6.65	27.34
155.	-0.290	0.047	-0.0006	6.005	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.84	3.07	38.92

\*\*\*\*\*MINIMUM NO. OF ROPES WITHOUT RESTRICTED ROPE ANGLE 16..... 2. 4. 2. 2.

\*\*\*\*\*SUMMARY  
MINIMUM NO. OF ROPES WITH RESTRICTED ROPE ANGLE  
DO. WITHOUT RESTRICTED ROPE ANGLE12.  
16.

表 1.1.3

## BALLAST CONDITION AT 'RAS TANURA'

CALCULATING CONDITION		DIMENSION		L X B X D DRAFT BLOCK COEFFICIENT	310.000 M X 10.000 M 0.800	S4.000 M X 26.400 M	26.400 M
PROPELLER		DIA. NC.		7.874 M			
AREAS (SQ.METER)		PROFILE AREA		UNDER WATER LINE ABOVE WATER LINE ABOVE WATER LINE		3255.00 5863.19 1406.60	18661.99
FRONT AREA WEITED SURFACE							
WIND		VELOCITY 20.600 M/SEC		CALCULATION RANGE		25.0 TO 155.0 DEG.	
TIME		LONGITUDINAL VELOCITY 1.2861M/SEC		TRANSVERSE VELOCITY 0.5144 M/SEC			
ALLOWABLE MAX. ROPE TENSION (KN)		HEAD LINE		BREAST L.(F)		SPRING L.(A)	BREAST L.(A) STERN L.
POSITION OF FAIRLEADER FROM C.L.		60.000		60.000		60.000	60.000
FROM C.L.		159.000		130.000		98.400	132.200
HEIGHT ABOVE WHARF (INPUT DATA) (M)		3.000		17.500		27.000	20.600
16.938		14.085		11.852		10.318	9.921
NUMBER OF ROPES (INPUT DATA)		HEAT LINE BREAST L.(F)		SPRING L.(F)		BREAST L.(A)	STERN L.
2. 3. 4. 5.		1. 2.		1. 2.		2. 3. 4. 5.	2. 3. 4. 5.
ANGLE OF ROPE(SIDE)		HEAD LINE		40.00		50.00	60.00
(INPUT DATA)		BREAST L.(F)		60.00		70.00	80.00
SPRING L.(F)		178.00					
SPRING L.(A)		178.00					
BREAST L.(A)		50.00		60.00		80.00	90.00
STERN LINE		30.00		40.00		50.00	60.00
ROPE PROJECT LENGTH TO HORIZONTAL PLANE(M)		HEAD LINE		H.L.		B.L.(F)	S.L.(A) B.L.(A) ST.L.
ROPE LENGTH ON DECK (M)		50.000		50.000		72.000	60.000
INITIAL ROPE TENSION S.T.P. F.R.		10.000 20.000		12.000		12.000	13.000
MAXIMUM TENSION S.T.P. F.R.		30.000 30.000		30.000 30.000		5.000 0.0	45.000 15.000
KIND OF ROPE H.L. FR SECT. AREA OF SWL (CM <sup>2</sup> )		B.L.(F) SWL 8.75C		SWL (A) SWL + B.L.(A) SWL + ST.L. FR			
DIA OF SWL (MM)		42.0 DIA CF FR (MM)		70.0			
YOUNG'S MODULUS OF SWL (10 <sup>11</sup> N/CM <sup>2</sup> )		980.0					
OUTBOARD POPE LENGTH(M)		H.L. 52.791 B.L.(F) 33.142 S.L.(F) 72.969 S.L.(A) 60.881 B.L.(A) 31.598 ST. L. 46.216					
MAXIMUM ALLOWABLE DISPLACEMENT OF SHIP LONGITUDINAL 1.5CC		M, TRANSVERSE 1.500		M, TURNING ANGLE 0.150 RAD			

## TOTAL NO. OF ROPES 12.

NO. OF ROPES

HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEC)

WIND ANG

DX(M)

DY(M)

AMP(RAD)

R(TON)

INITIAL ROPE TENSION(TON)

BL

SL

BL

TOTAL NO. OF ROPES 12.

NO. OF ROPES

HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)

DY(M) AMP(RAD)

R(ITCN)

INITIAL ROPE TENSION(ITCN)

BL SL

FINAL ROPE TENSION(ITCN)

BL SL

STL

25.	0.415	0.047	-0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.57	25.97	0.0	58.62	7.69	29.55
35.	0.410	0.111	-0.0000	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.68	37.11	0.0	58.01	17.16	29.63
45.	0.369	0.167	0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.73	46.31	0.0	53.14	26.39	29.75
55.	0.287	0.208	0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.72	52.25	0.0	43.45	34.03	29.90
65.	0.212	0.236	0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.67	54.76	0.0	34.88	40.87	30.04
75.	0.122	0.253	0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.57	54.50	0.0	24.53	47.48	30.19
85.	0.084	0.260	0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.51	52.32	2.76	20.55	52.63	30.28
95.	0.042	0.255	0.0000	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.44	49.32	6.68	15.93	24.41	30.35
105.	0.025	0.216	-0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.37	44.49	8.07	14.15	53.42	30.36
115.	-0.017	0.265	-0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.23	35.69	11.69	9.65	52.72	30.40
125.	-0.061	0.167	-0.0003	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.10	27.30	15.73	4.62	49.27	30.42
135.	-0.119	0.126	<u>F0.0003</u>	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.96	19.27	21.24	0.0	44.13	30.44
145.	-0.168	0.093	0.0003	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.83	11.48	25.98	0.0	38.06	30.44
155.	-0.268	0.039	-0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.68	5.47	36.26	0.0	29.60	30.46
TOTAL NO. OF ROPES	12.														

NO. OF ROPES													
HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)	60.	60.	178.	178.	60.	60.							
WIND ANG	DY(M)	AMP(RAD)	(ITCN)	INITIAL ROPE TENSION(ITCN)	BL	SL	STL						

25.	0.244	0.054	-0.0005	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.19	27.20	0.0	40.30	6.49	30.00
35.	0.232	0.136	-0.0004	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.73	0.0	38.68	17.32	30.11	
45.	0.199	0.209	-0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.51	50.06	0.0	34.48	27.86	30.21
55.	0.141	0.262	0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.61	56.69	0.0	27.04	36.58	30.29
65.	0.111	0.297	0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.64	59.48	0.39	23.61	44.29	30.38
75.	0.093	0.319	0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.63	59.17	1.94	21.97	51.67	30.47
85.	0.090	0.328	-0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.59	56.82	1.54	22.97	57.39	30.55
95.	0.072	0.221	-0.0003	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.54	53.47	3.18	20.50	59.34	30.57
105.	0.070	0.297	-0.0004	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.46	48.09	2.80	20.12	58.19	30.57
115.	0.063	0.257	-0.0007	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.32	38.26	2.66	20.52	57.20	30.58
125.	0.040	0.208	<u>-0.10007</u>	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.20	28.84	4.48	18.00	53.21	30.54
135.	0.006	0.155	<u>-0.10007</u>	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.08	19.80	7.78	13.73	47.36	30.47
145.	-0.010	0.100	-0.0007	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.97	11.05	9.21	11.62	40.48	30.39
155.	-0.064	0.045	-0.0004	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.90	4.23	15.23	4.18	31.08	30.27
TOTAL NO. OF ROPES	12.														

NO. OF ROPES													
HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)	60.	70.	178.	178.	70.	60.							
WIND ANG	DY(M)	AMP(RAD)	(ITCN)	INITIAL ROPE TENSION(ITCN)	BL	SL	STL						

25.	0.331	0.041	-0.0004	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.27	25.12	0.0	49.98	5.85	29.86
35.	0.322	0.110	-0.0003	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.41	36.73	0.0	48.85	15.80	29.96
45.	0.284	0.172	-0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.52	46.32	0.0	44.24	25.49	30.06
55.	0.213	0.217	0.0000	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.58	52.49	0.0	35.55	33.53	30.16
65.	0.159	0.247	0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.60	55.01	0.0	29.19	40.68	30.25
75.	0.105	0.266	0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.57	54.75	0.74	22.95	47.57	30.35
85.	0.086	0.274	-0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.53	52.52	2.20	21.29	52.92	30.42
95.	0.056	0.269	-0.0001	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.48	49.39	5.05	17.92	24.06	30.43
105.	0.047	0.248	-0.0002	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.41	44.38	5.60	17.10	53.70	30.45
115.	0.022	0.213	-0.0004	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.29	35.22	7.44	14.65	52.91	30.46
125.	-0.011	0.172	<u>-0.0004</u>	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.17	26.47	10.43	10.82	49.27	30.44
135.	-0.052	0.127	<u>-0.0004</u>	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	30.05	18.10	14.40	5.83	43.90	30.40
145.	-0.073	0.080	<u>-0.0004</u>	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.95	9.99	16.19	3.37	31.97	30.34
155.	-0.151	0.033	<u>-0.0002</u>	C.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00*	29.86	5.47	24.65	0.0	28.82	28.82
TOTAL NO. OF ROPES	12.														

TOTAL NO. OF ROPES			12.			INITIAL ROPE TENSION(TON)			FINAL ROPE TENSION(TON)		
NO. OF ROPES	HORIZONTAL ROPE ANGLE(DEG)	WIND ANG	DX(M)	DY(M)	AMP(RAD)	BL	SL	BL	SL	BL	SL
25.	0.415	0.034	-0.0001	0.0001	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.43	23.93
35.	0.411	0.018	-0.0000	0.0000	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.56	28.03
45.	0.369	0.154	0.0001	0.0001	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00	24.23
55.	0.287	0.195	0.0002	0.0002	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.66	44.24
65.	0.212	0.223	0.0002	0.0002	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00	50.17
75.	0.121	0.240	0.0002	0.0002	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.64	52.66
85.	0.083	0.247	0.0001	0.0001	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.57	52.39
95.	0.041	0.242	-0.0000	0.0000	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.45	50.21
105.	0.024	0.223	-0.0001	0.0001	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.38	47.21
115.	-0.019	0.192	-0.0002	0.0002	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.24	42.39
125.	-0.063	0.154	-0.0003	0.0003	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00	30.98
135.	-0.123	0.113	0.0003	0.0003	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00	29.98
145.	-0.173	0.070	-0.0003	0.0003	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00	26.90
155.	-0.273	0.026	-0.0002	0.0002	c.0	30.00	10.00	10.00	10.00	30.00	29.73

THE JOURNAL OF CLIMATE

卷之三

**SUMMARY**.....**MINIMUM NO. OF ROPES WITH RESTRICTED ROPE ANGLE**

12. 16

## 1.2 係船適応制御プログラムのシミュレーションによる検討

### 1.2.1 概 要

44年度までに開発した係船適応制御プログラムは、船の岸壁係船中に外力の変化および吃水の変化にかかわらず、船位を一定に保持するシステムである。

本年度はこの適応制御プログラムが、実際に船位保持の目的を満足するものであることを立証するためにシミュレーションプログラムを作成し、両方のプログラムを連結させ、船位保持の実際状況を把握する作業を行なった。

44年度報告書と重複するかもしだれぬが、係船適応制御システムについて簡単に述べる。

#### (1) システムの開発方針

- (a) 係船要員3名程度の超自動化船において船位保持可能であること。したがって、索の張力調整はすべて計算機により制御される。船員による見廻りは必要としない。
- (b) 対象船は載荷重量200,000トン程度のタンカーとし、船位保持範囲はタンカーシーバースのチクサンジョイントの作動範囲を考え、船の前後方向30cm程度とする。
- (c) 風、潮流などの外力が大きくなり、係船索による保持が困難な場合には、自動的に警報が出て離岸させる（離岸作業は人力による）。
- (d) 船位保持の制御は船位および索張力を検出、計算機内で巻込み、繰出し索を判断命令し、一定量だけ索張力を変化させる方式の繰返しにより行なう。いわゆる、フィードバックシステムとする。ただし、風、潮流などの外力は判断参考値として入力させる。
- (e) 係船索は次の6つのグループに分けられるものとする。

ヘッドライン	1組
スタンライン	1組
プレストライン	2組
スプリングライン	2組

- (f) 係船索の各グループには、何本の索があつてもかまわぬが、グループ内ではイコライジングされているものとする。

(g) 係船索は鋼索でも繊維索でもかまわぬが、同一グループ内の鋼索と繊維索との併用はないものとする。

#### (2) 係船適応制御システムに必要な機器

##### (a) 係船ウインチ

型式は、電動、油圧、蒸気のいずれでもよいが、次の条件を満すものとする。

- 1) 索の巻込み、巻出しが一定量ずつ行なえること。
- 2) 遠隔操作が可能であり、かつ、結果の確認ができること。

44年度には、電動油圧ウインチの場合の油圧制御による索張力をコントロールする方式について検討した（44年度報告書参照）。蒸気ウインチについてはその特性上油圧ウインチと同じ精度での制御は期待できぬので、機械的に一定巻込み、巻出しへ行ない得る機構とすることが望ましい。

##### (b) 索張力検出装置

本年度種々検討の結果、甲板上ガイドローラにストレンジージを貼り、索張力を検出する方法とした。（詳細は1.3.6項参照）

##### (c) 索張力イコライジング装置

グループごとの索張力イコライジングの方法としては、

- 1) 適応制御システムのプログラムの中に組込み、中央計算機内で行ない、各ウインチに巻込、繰出の指令を与えてイコライジングを行なう。

2) 適応制御システムのプログラムとは別個に各グループごとに独立のイコライジング装置を設ける。  
この2通りの方法があるが、44年度には電動油圧ワインチの場合の油圧制御によるイコライジング方式（索張力ミントロールと同一装置になる）について検討した。（44年度報告書参照）

現在の係船適応制御システムプログラムには、イコライジングのプロセスは含めていないが、現在のプログラムを変えないでイコライジングのプロセスを追加することは可能である。

#### (a) 船位センサー

トートライン方式による船位センサーを採用する。

トートライン方式は、船体上に取りつけられたダビットよりトートライン（細いワイヤーの先端に重りをつけ、一定の張力を与えたもの）を岸壁上におろしダビットと岸壁間のワイヤーの長さ、および傾斜角度を正確に検出することにより船舶の変位を検出するものである。

44年度に本委員会にて要求仕様および概略設計を行ない、（44年度報告書参照）45年度には山武ハネウェルが日本船用機器開発協会の補助金により試作、46年度には本委員会にて試作機器を実船に搭載し、実船テストを行なう予定である。

#### (3) シミュレーションプログラム

シミュレーションプログラムは、係船適応制御を実際に行なった場合、外力または吃水の変化により、索張力、船位がどのように変化するか、さらに船位を所定範囲内に収斂させるために何回位索の巻込み、繰出し操作を必要とするか、また、どのような外力に対して船位の調整が可能であるかをチェックするために作成したプログラムで概略フローチャートは図1.2.1に示す。

### 1.2.2 係船適応制御システムプログラム

本プログラムは、44年度に開発したものであり、概要是44年度報告書に述べてあるが、シミュレーションプログラムによるチェックの結果、プログラムを一部変更しているので、本年度報告書に再び述べることとする。

#### (1) システムの概要

本システムは、係船索の張力および船体変位を計測

し、それらのデータを情報として計算機にインプットする。計算機内部では、船体変位量および方向、索の張力および方向により巻込むべき索、繰出すべき索を求め、必要な指令を各ワインチに与える。指令をうけたワインチは一定量の巻込み、または繰出しを行ない、索の張力を調整する。ここで再び元へ戻り、前と同じように船体変位、索の張力を再計測し、両者が許容値内になるまで繰返し、収斂させる。

この場合、外力の小さいときと大きいときに同一のプロセスを行なうことはプログラム自体は簡単になるが、実際的でないので入力の情報としては、風速、潮流を加え、必要に応じて一定巻込量を変え、きめの細いコントロールができるようになっている。

外力が特に大きく、係船機および係船索の能力以上の場合には、船を所定位臵に保持することができなくなる。このような場合には、計算機警報を出し、緊急離岸をするか増索を行なう。

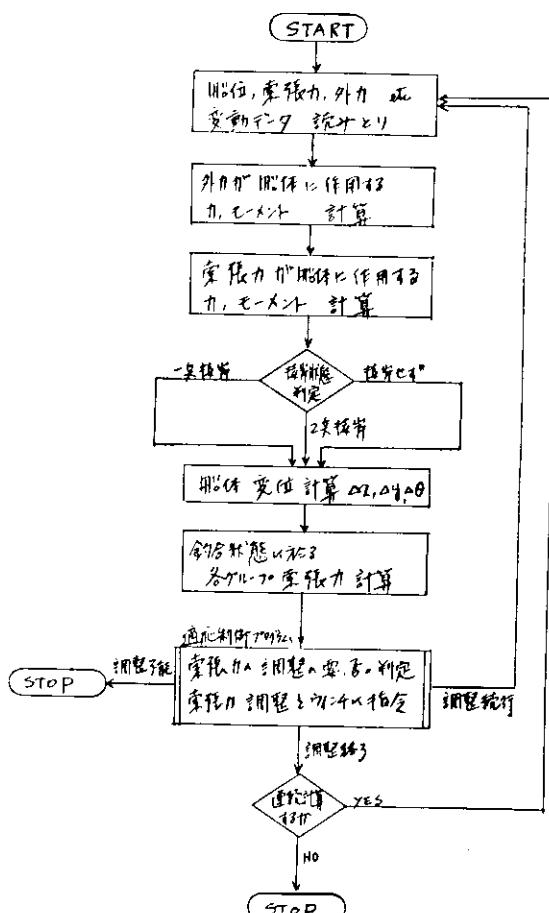


図1.2.1 シミュレーションプログラム概略フローチャート

各係船索は、その張られている方向および長さが異り、したがって、張力も一定でない。これらを全部ばらばらにコントロールしたのでは制御が繁雑になるので、同一方向に張られている索を一つのグループとし、そのグループ内には索が何本あってもすべて同一の索となるようイコライジングされていると考える。したがって、船位保持システムの入出力としてはあたかも一本の索であるかのように取扱う。

## (2) 係船適応制御システムの入出力

### (a) 入 力

#### (i) 各グループの索張力（グループの平均張力）

ヘッドラインの張力

スタンラインの張力

プレストライン（前）の張力

プレストライン（後）の張力

スプリングライン（前）の張力

スプリングライン（後）の張力

#### (ii) 船体変位

船の長さ 方向 変位（船体変位算出点において）

横方向 変位 （前部垂線にて）

横方向 変位 （後部垂線にて）

#### (iii) 外 力

風速および風向

潮流速度および方向

### (b) 出 力

#### (i) 係船機への指示

各係船索グループへの巻込み、繰出しの指示は、各係船機の制御方式によって異なるが、油圧イコライジングシステム採用の場合は減圧弁の開度の指令という形となり、また、一定量巻込、繰出し機構を有するワインチの場合には、単に巻込み、繰出しの指示のみとなる。(b)項で書いているフローチャートは、張力変化は各グループごとに  $\frac{100}{\text{ワイヤ長さ (m)}}$  で与えているが、ワイヤの伸び率と張力変化は比例すると考えてよいので、実質的には一定量繰出し、巻込みと同じことになる。油圧減圧弁制御の場合にはワイヤ長さにより、弁開度の調整量を加減すればよい。

#### (ii) 警 報

フローチャートでも示しているが、外力が非常に大きい場合、船体変位および索張力はいずれも制限値以上になり、制御不能になる。このような場合には、すみやかに警報を発し、緊急脱出するか増索をとらねばならない。また、索張力と変位の関係が理論上あり得ぬことが起った場合にも異常警報を発するようにしている。

## (3) その他本システムに必要な値

### (a) 各グループ平均索長さ

一定量巻込、繰出しワインチの場合は必要ないが、減圧弁制御方式の場合は必要になる。

### (b) 索張力および船体変位制限値

索張力、船体変位共に最高値であり、これ以上になることは許されない。両者同時に制限値を越えたならば警報が鳴る。

### (c) 索張力および船体変位許容値

索張力、船体変位共に通常の状態における許容範囲であり、計算機は両者とも許容値内になるよう制御するのを

原則とする。

(d) 索張力基準値

索張力の標準値といるべき値で、外力が小さいときの係船状態に最も適切な張力の値であり、各船ごとに索の強度、本数により異なる値となるが、一度決定すればあと変わらぬ一定値である。

(e) 索張力設定値

外力が小さいときは、設定値は基準値と同一の値となるが、外力が大きくなつたときはそれに見合つたように索張力も大きくしなければならない。基準値が一定なのに対し、設定値は可変であり、いわば計算機内での制御のために設けられた仮の基準値である。

したがつて、設定値と他の値との関係は、

$$\begin{array}{ccccccc} \text{基 準 値} & \leq & \text{設 定 値} & \leq & \text{許 容 値} & < & \text{制 限 値} \\ (\text{一 定}) & & (\text{可 变}) & & (\text{一 定}) & & (\text{一 定}) \end{array}$$

となる。

(f) 外力の計算

索張力と船体変位より判断して制御する場合、外力の大小により同一の制御にすると具合が悪いので、外力の大きさを計算し、外力が大、中および小の場合で制御の方法を別にした。

外力の計算式は 1.1 合理的な係船機器の配置の研究 の 1.1.2 項で述べられているものと同一である。

外力の大、中、小の判定は、

P<sub>2</sub> : 風速 15 m/sec、風向 90°(船首より)のときに船体に働く外力

P<sub>3</sub> : 風速 5 m/sec、風向 90°(船首より)のときに船体に働く外力

P : 風により船体に働く力

D : 潮流により船体に働く力

とすると、

外力大 P + D > P<sub>2</sub>

外力中 P<sub>2</sub> ≥ P + D > P<sub>3</sub>

外力小 P<sub>3</sub> ≥ P + D

に区分した。

これらの区分は船の大きさ、種類、仕様により最も適当な値を選定しなければならない。

(4) 船体変位と索張力の関係

船体の変位を表すパラメータとしては、

船体中心の前後方向の変位 (z)

船首垂線における左右方向の変位 (y<sub>f</sub>)

船尾垂線における左右方向の変位 (y<sub>a</sub>)

の3つがあるが、これらの正負の組合せにより、図 1.2.2 に示すように a ~ g の 11 ケースがあり、それにより各グループの索張力の増減が表のようになる。

例えば、f のケースでは、z と y<sub>f</sub> が大きくなる。すなわち、船は船首方向に移動し、かつ、時計と反対方向に旋回したことになる。したがつて、T(2)、T(3)、T(5)の索は当然張力が大きくなり、逆に T(6)の索は張力が小さくなり、T(4)は変わらない。ただし、T(1)の索については z と y<sub>f</sub> の変位の大小関係により張力が増加するか、減少するか、または変わらぬか、いずれにもなり得ることを示す。

(5) 中央計算機内での計算順序レベル

係船中の船体の変位は比較的ゆっくりした運動であり、現在、船員が監視している場合でも、せいぜい 30 分または

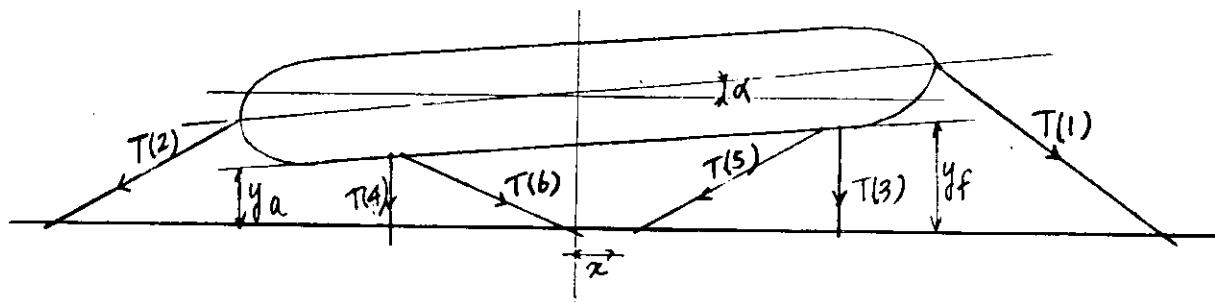
1時間に1回程度見廻り、索の張り具合を見ながら調整しているとの報告がある。

したがって、計算機内部での計算頻度もそれほど多くは必要としない。ただし、緊急の場合には最優先に繰返し制御を行なう必要があるので、次のようなレベルに分ける。

レベル1：船位、索張力いずれかが制限値を越えた場合

レベル2：船位、索張力いずれかまたは両方が許容値を越えた場合、または両方許容値以下であるが、索の巻込み、繰出しを行なった場合（計測制御間隔 1～2分程度）

レベル3：船位、索張力両方とも許容値以下でかつ、索の巻込み、繰出しを行なわなかった場合（計測制御間隔 10分以上）



変位	索張力	T(1)	T(2)	T(3)	T(4)	T(5)	T(6)
a	+x → 大	×	○	—	—	○	×
b	-x → 小	○	×	—	—	×	○
c	y_f → 大	○	—	○	—	—	—
d	y_a → 大	—	○	—	○	—	—
e	y_f, y_a → 大	○	○	○	○	—	—
f	x, y_f → 大	△	○	○	—	○	×
g	x, y_a → 大	×	○	—	○	○	×
h	-x → 小	○	×	○	—	×	○
i	-x → 大	○	△	—	○	×	○
j	x, y_f, y_a → 大	△	○	○	○	○	×
k	-x, y_a → 小	○	△	○	○	×	○

○ 張力増加  
— ほとんど変わらず  
△ 張力増加または減少  
× 張力減少

図 1.2.2

#### (6) 係船適応制御システムフローチャート

フローチャートを図 1.2.3 に示す。

(a) フローチャートに使われている記号

項目	記号	正負	単位	説明	I/O
風向	PHW	+	DEG	船首方向よりの風が 0°	I
風速	VW	+	M/sec		I
潮流方向	DTT	+	DEG	船首方向よりの潮流が 0°	I
潮流速度	VT	+	M/sec		I
風による船体に働く力	P	+	T	プログラム内にて計算する	
潮流による船体に働く力	D	+	T	プログラム内にて計算する	

項目	記号	正負	単位	説明	I/O
索張力	T(I)	+	T		I
索張力制限値	T L(I)	+	T		I_F
索張力許容値	T A(I)	+	T		I_F
索張力設定値	T S(I)	+	T		I_F
索張力基準値	T I S(I)	+	T		I_F
索張力設定値誤差	D T S(I)	+	T		I_F
索張力変動値	D T(I)	+	T	索長さ 100 m当りの変動値	I_F
船位	S(I)	±	M	S(1) 船首垂線左右方向 S(2) 船尾垂線左右方向 S(3) 長さ方向	I
船位 制限値	S L(I)	+	M	S L(1) 船首垂線左右方向 S L(2) 船尾垂線左右方向 S L(3) 長さ方向 ( 船首側 ) S L(4) 長さ方向 ( 船尾側 )	I_F
船位 許容値	S A(I)	+	M	( )内数字は制限値と同じ	I_F
索長さ ( グループ平均 )	W L(I)	+	M	船上フェアリーダーからビットまで	I_M

(注)

- 1) 船の長さ、巾、満載吃水、軽荷吃水、推進器径、水線上の正面投影面積および側面投影面積などプログラム内で使用しているが、船が決まれば不変のデータなので、実船ではプログラム中に数値を入れて使用することになる。
- 2) I/O の項で I は 検出装置よりオンラインで入るデータ  
 I\_F は 船が決まれば大体決まる値であるが、データの入れ替えが可能なもの  
 I\_M は 港に着き索が張られた状態でインプットするデータ

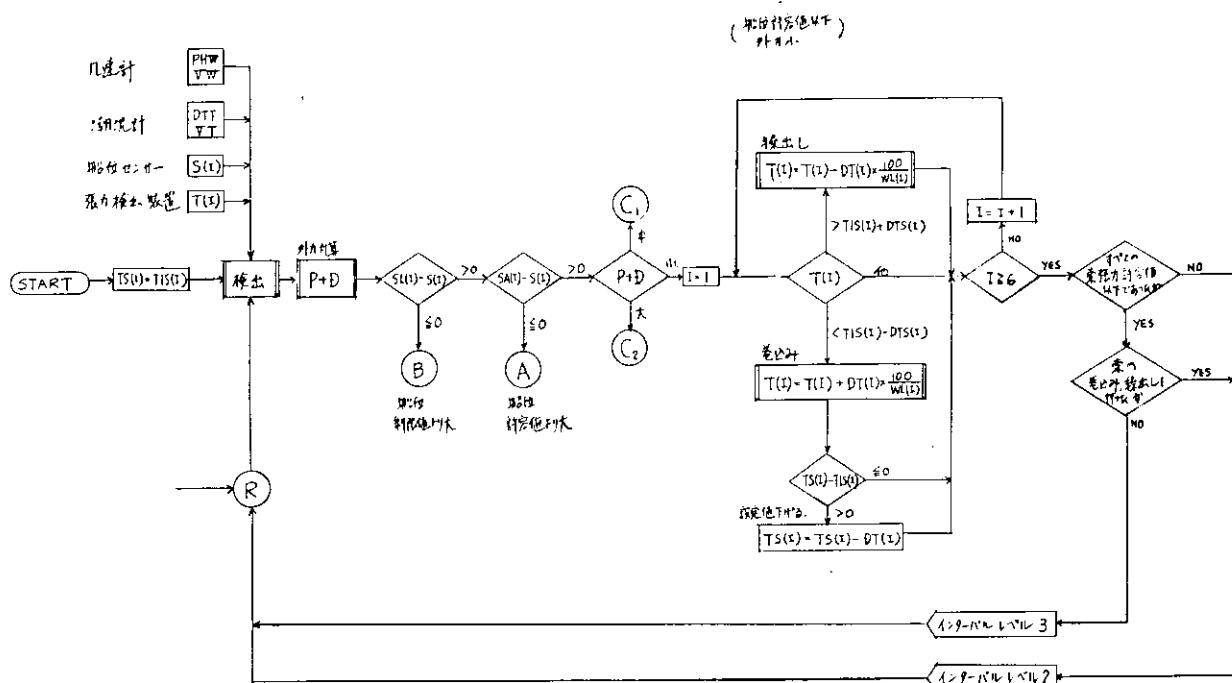


図 1.2.3(1) 係船適応制御システムフローチャート

( 航行計畫他件下 )

( 三 )

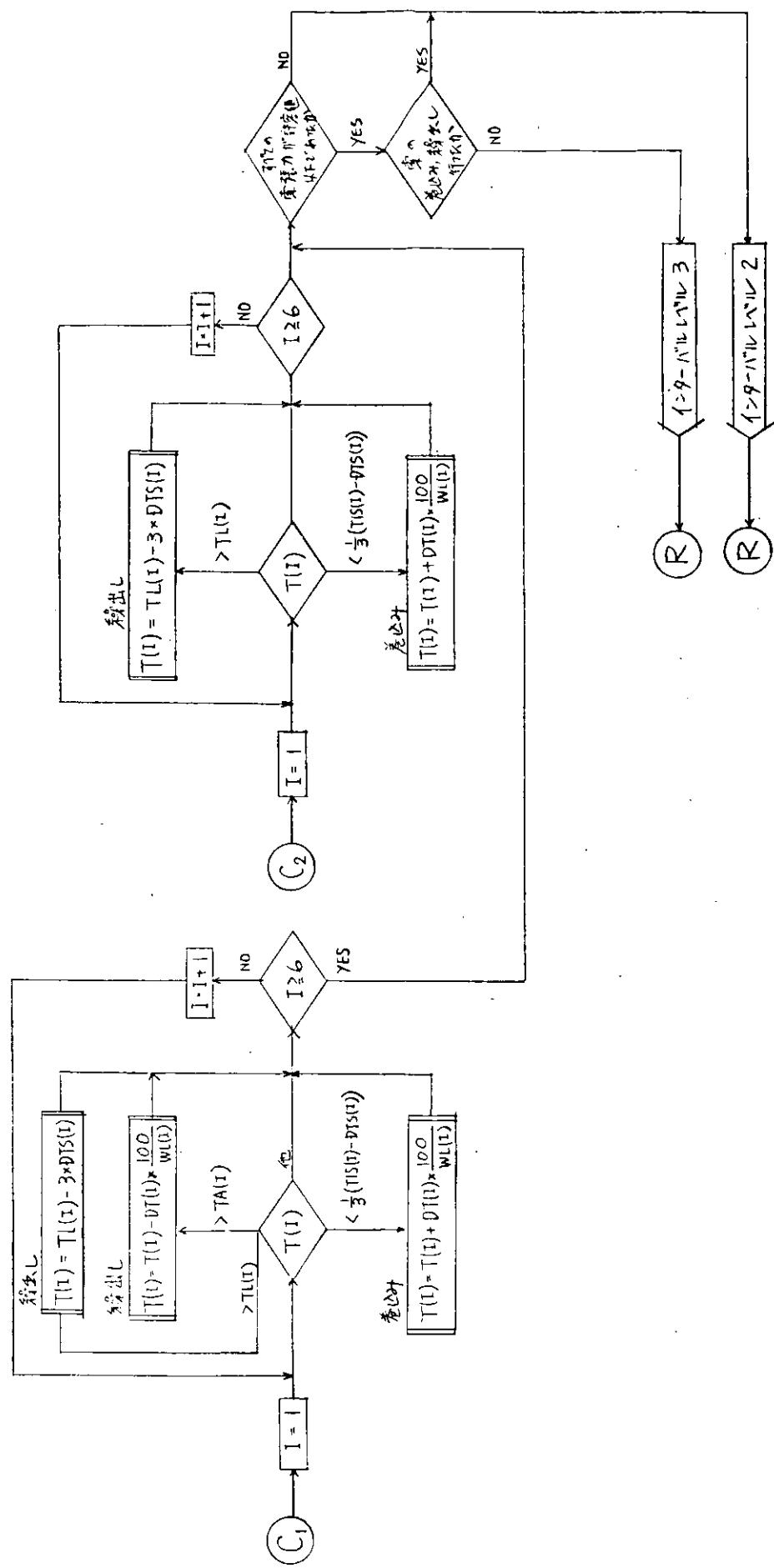


图 1.2.3(2)

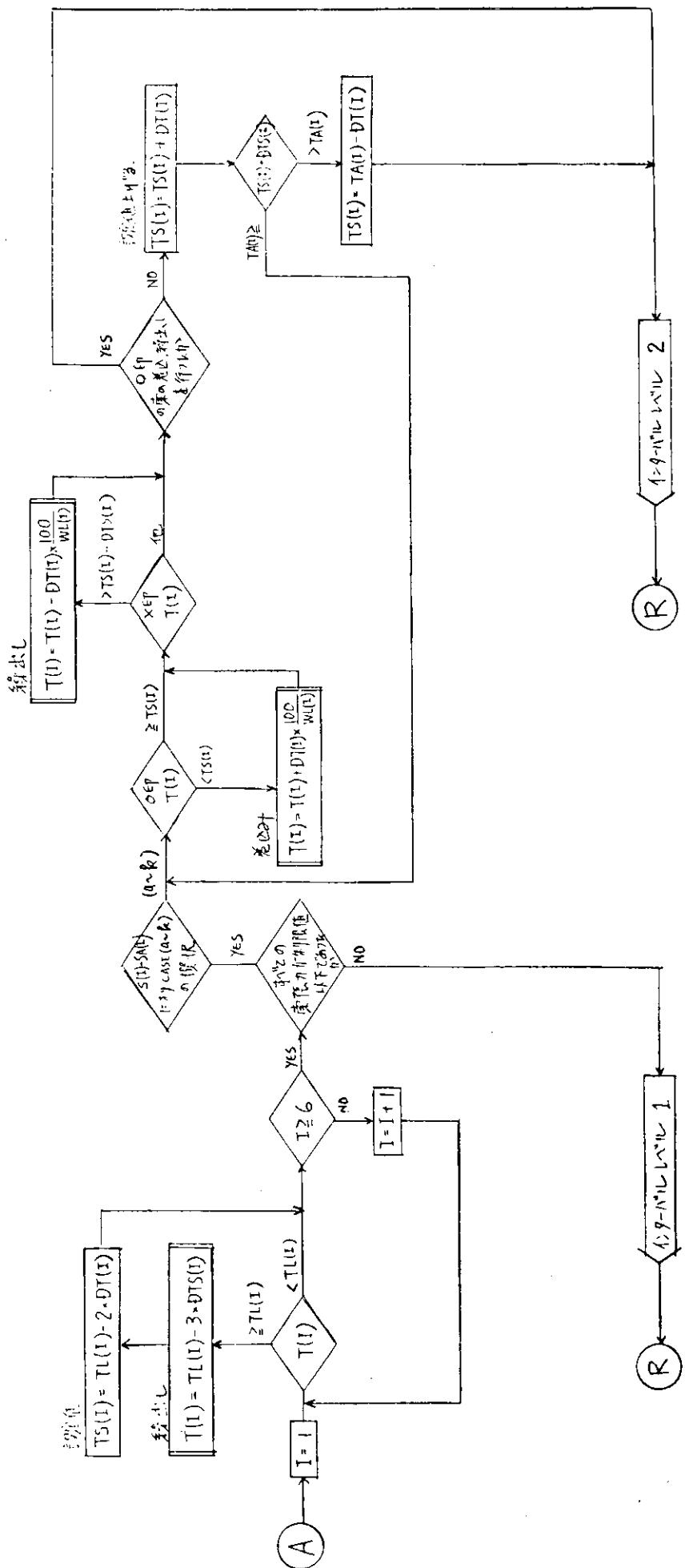
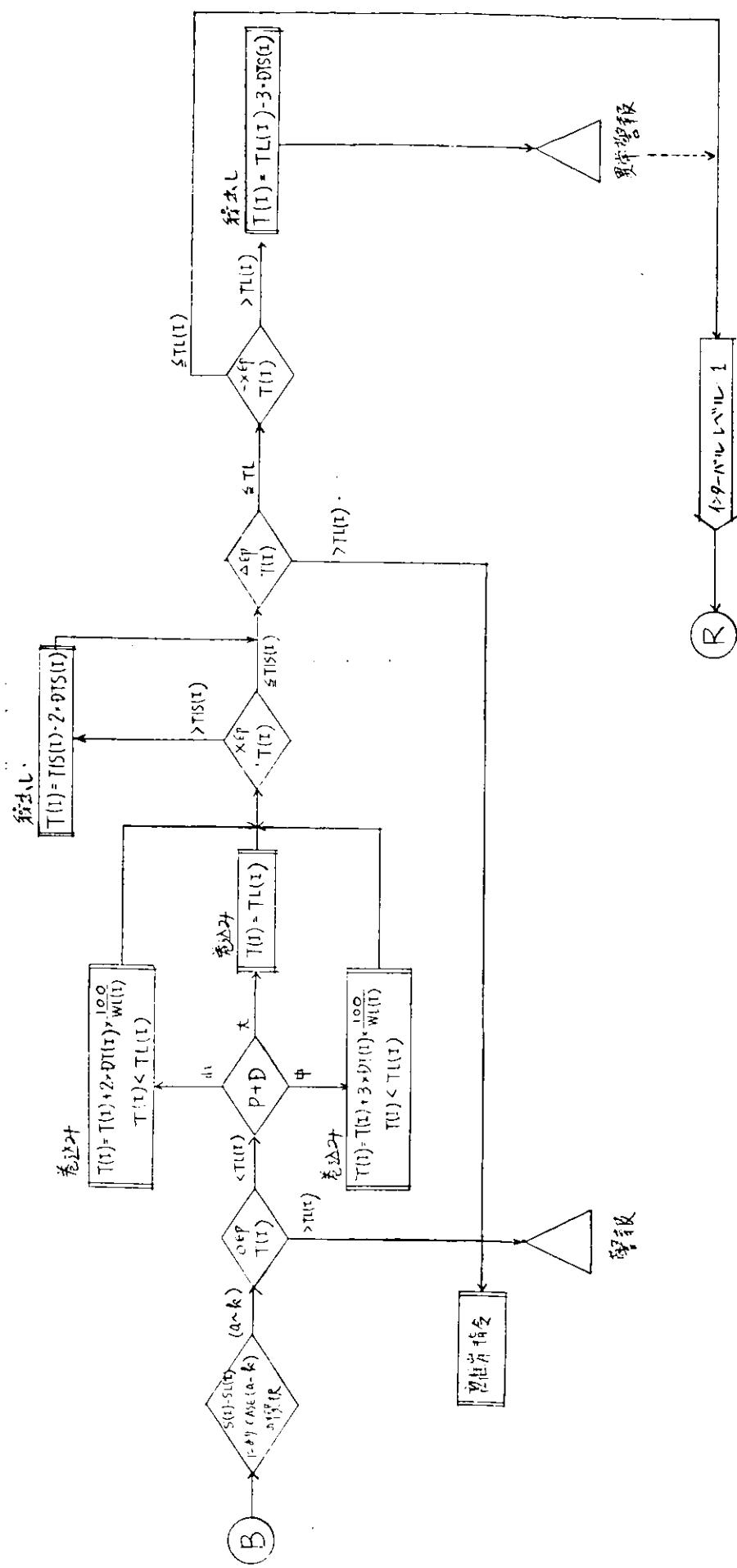


図 1.2.3(3)

( 増加制御部(4) )



### 1.2.3 シミュレーションプログラム

#### (1) シミュレーションプログラムの方法および計算式

釣合状態で係船中の船舶に対して風、潮流などの外力が変化した場合、荷物の揚げ下しにより吃水が変化した場合、あるいは、ウインチ操作が行なわれた場合、索張力が変化し、釣合状態がくずれる。これを釣合状態にもどすためには、船体が移動せねばならぬが、シミュレーションプログラムはこの船体の移動量を求めるとき同時に移動後の釣合状態の各グループの索張力を求めるプログラムである。

風、潮流などにより船体に働く力、モーメントを求める経験式、実験式は種々あるが1.1合理的な係船機器の配置の研究の項で使用しているのと同一の式を使用したので、詳細は1.1.2項を参照されたい。

船体変位計算は、繰返し、収斂方法によった。すなわち、

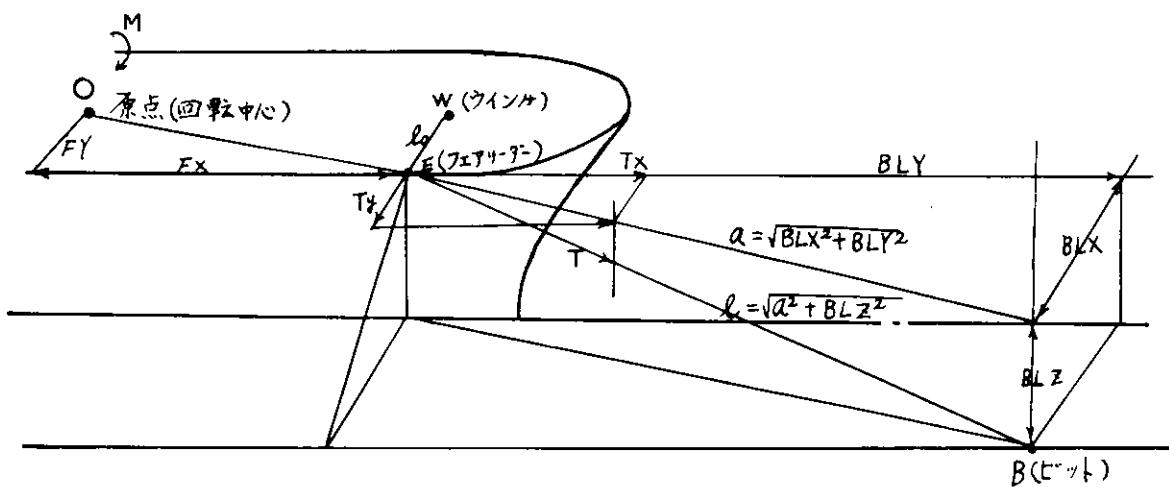


図1.2.4

あるグループの索について、それぞれの距離を図1.2.4のようにとり、係船索の張力をTとすると、

$$x\text{方向(前後方向)成分} \quad T_x = T \times BLX / l$$

$$y\text{方向(左右方向)成分} \quad T_y = T \times BLY / l$$

$$\text{原点廻りのモーメント} \quad M = T_y \times Fx - T_x \times Fy \quad \text{となる。}$$

したがって、

$$TTX : \text{全索張力の} x\text{方向の成分} \quad \Sigma T_x \quad (\text{船首方向の力が正})$$

$$TTY : \text{全索張力の} y\text{方向の成分} \quad \Sigma T_y \quad (\text{岸壁に引き寄せる方向が正})$$

$$TM : \text{全索張力の原点廻りのモーメント} \quad \Sigma M \quad (\text{前方を岸壁側に廻すほうが正})$$

$$PDX : \text{風圧および潮流の} x\text{方向の合力} \quad (\text{船尾方向の力が正})$$

$$PDY : \text{風圧および潮流の} y\text{方向の合力} \quad (\text{岸壁から離す方向が正})$$

$$PDM : \text{風圧および潮流の原点廻りのモーメント} \quad (\text{後方を岸壁側に廻すほうが正})$$

とすると、船体に働く合力およびモーメントは

$$x\text{方向合力} \quad AX = TTX - PDX$$

$$y\text{方向合力} \quad AY = TTY - PDY$$

$$\text{原点廻りのモーメント} \quad AM = TM - XYM \quad \text{で表わされる。}$$

ある状態において、AX、AY、AMが存在するということは、釣合の状態にないことを意味するので、船が風圧力、潮流圧を受け、索張力と釣合の状態になるためには船が変位しなければならぬことになる。

計算機の中ではAX、AY、AMがある範囲以下になるまで、順次船体を移動させ収斂させる。

すなわち、 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta \theta$ だけ船の位置が変わり、係船索の長さが $\Delta l$ だけ変化し、 $l' (= l + \Delta l)$ になったとす

ると移動後の索張力  $T'$  は

$$T' = T + E \times A \times \frac{4\ell}{l_0 + \ell'} \quad \text{となる。}$$

ただし、

$E$  : 係船索のヤング率

$A$  : 係船索の断面積

したがって、前と同様の計算を行ない、 $AX$ 、 $AY$ 、 $AM$ を求め、それらの値がある範囲内に入るまで繰返す。計算の途中で索張力が負になることがあるが、負の索張力はあり得ぬのでその場合は索張力 = 0 として計算する。

以上の計算は船が岸壁から離れている状態であるが実際には外力の方向および大きさと各係船索群にかけているはじめの張力の大きさとその割り振りの具合によって次のような係船状態となる。

- 1) 船が完全に岸壁から離れて風圧力と潮流圧と係船索のみで釣合い状態を保つような係船状態
- 2) 船が後方の個所で岸壁に接し、前方は岸壁から離れたままの係船状態。このときは風圧力と潮圧力と係船索の他に岸壁からの反力が加って釣合状態となる。
- 3) 2)と逆に船が前方の個所で岸壁に接し、後方は岸壁から離れたままの係船状態。
- 4) 船が側面の平行部分で岸壁に接する場合。このときは前後方向のみ船は移動する。

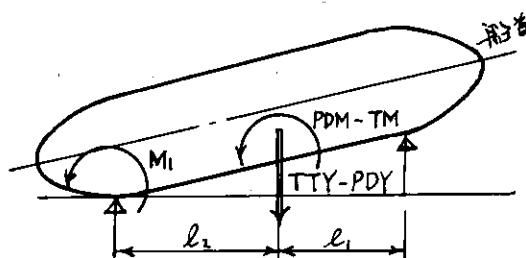
これをシミュレーションのほうから考えると 2) 3) の内には船が一度岸壁から離れるが、回頭して一端が岸壁に接する場合があり、また 4) の内には船が一端のみを岸壁と接する状態から回頭して全体で岸壁と接してしまって前後に移動する場合と最初から全体が接していく前後のみに移動する場合がある。

これらの各状態の判別は次によるものとする。すなわち、

- 1)  $TTY < PDY$

このときは、船は岸壁から離れるかまたは回頭して接するので、接する場合は 2) または 3) で計算する。

- 2)  $TTY \geq PDY$ 、  $PDM > TM$



$$M_1 = (PDM - TM) - (TTY - PDY) \times l_2$$

a)  $M_1 > 0$  後部のみ接する

b)  $M_1 \leq 0$  全体が接する

図 1.2.5

- 3)  $TTY \geq PDY$ 、  $PDM < TM$

$$M_2 = (PDM - TM) + (TTY - PDY) \times l_1$$

a)  $M_2 \geq 0$  全体が接する

b)  $M_2 < 0$  前部のみが接する

- 4)  $TTY \leq PDY$ 、  $PDM = XYM$  全体が接する。

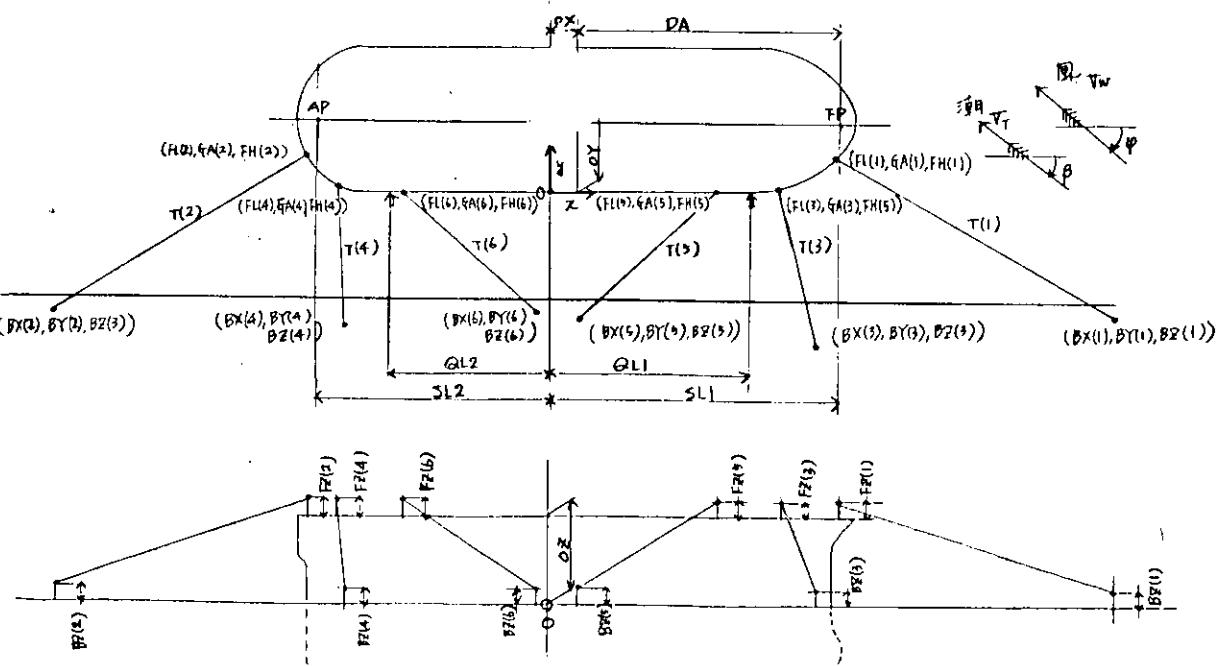
## (2) シミュレーションプログラム入力データ

項目	記号	正負	単位	説明
* 索張力 (グループ合計)	T(I)	+	T	Iは係船索のグループを示す。以下( )内のIは同様。図参照
* 索張力制限値	T L(I)	+	T	索が1本の場合には1本の制限値 船首、船尾ライン(I=1,2)のようにn本索があるときはn倍になる。
* 船位の制限値	S L(J)	+	M	S(1): y方向(船首) S(2): y方向(船尾) S(3): z方向(前方) S(4): z方向(後方)
* 索張力許容値	T A(I)	+	T	制限値の場合と同様1グループの索がn本のときはn倍になる。
* 船位の許容値	S A(J)	+	M	( )内符号はS L(I)の場合と同じ 1グループの索がn本のときはn倍になる。
* 索張力の基準値	T I S(I)	+	T	基準値であると同時に索の初期値となる。 1グループの索がn本のときはn倍になる。
* 索張力設定値誤差	D T S(I)	+	T	適応制御プログラム内のみで使用されるもので、 設定索張力に巾をもたせるもの。 1グループの索がn本のときはn倍になる。
* 索張力変動値	D T(I)	+	T	適応制御プログラム内での張力の変化の一定量 1グループの索がn本のときはn倍になる。
ピットの座標	B X(I) B Y(I) B Z(I)	±	M	図参照 座標原点よりの値
フェアリーダの位置	F L(I) G A(I) F H(I)	+	M	図参照 船体の中心を原点とし船首尾線をX軸としたときの座標
フェアリーダ原点の座標 (回転中心位置)	$\bar{O} X$ $\bar{O} Y$ $\bar{O} Z$	±	M	図参照 フェアリーダ原点が船首側にずれているとき $\bar{O} X$ は正となる。 $\bar{O} Y$ 、 $\bar{O} Z$ は図のような位置関係のときは必ず正
船位測定点の位置	S L 1 S L 2	+	M	船位のY方向の測定をする位置 普通F.P. A.P. の位置をINPUTする。原点よりの方向にかかわらず必ず正の値とする。
岸壁と船体の接する両端の位置	Q L 1 Q L 2	+	M	船が岸壁に接している場合、多数のフェンダーで当っているが、そのうちの前端と後端のフェンダーの位置。船体はこの2つのいずれかのフェンダーを中心として回転すると考える。 原点よりの方向にかかわらず必ず正の値とする。
フェアリーダからウインチまでのワイヤーの長さ	R L(I)	+	M	
索断面積	A A(I)	+	cm	索の本数がn本あるグループはn倍となる。

項目	記号	正負	単位	説明
索のヤング率	E(I)	+	T/cm <sup>2</sup>	同一グループ内でのヤング率は1種のみ。したがって、鋼索と繊維索との同一グループ内の混用はできない。
吃水	D N	+	M	
吃水の変化	D D	±	M	揚荷、積荷の場合の吃水変化量
※ 風向	P H W	+	D E G	船首方向よりの風が0° 船尾方向よりの風が180°となる
※ 風速	V W	+	m/sec	
※ 水線上の正面投影面積	S B	+	M <sup>2</sup>	水線はINPUTした吃水のこと
※ 水線上の側面投影面積	S P	+	M <sup>2</sup>	同上
※ 満載吃水	F C	+	M	
※ バラスト吃水	B C	+	M	
※ 垂線間長	P L	+	M	
※ 型巾	B M	+	M	
※ 船首からフェアリータ中心まで(回転中心)	D A	+	M	船首はF.P.とする
※ 潮流の方向	D T T	+	D E G	潮流の方向は0°(船首より)または90°のみ計算可能
※ 潮流速度	V T	+	m/sec	
※ 水深	D W	+	M	
※ 推進器径	P D	+	M	
※ 船体変位	S(I)	±	M	最初のINPUTは初期変位を示す。
繰返し収斂させるための船体の微少移動量	D X D Y D M	+	M M D E G	
収斂した状態で船体に働く合力およびモーメントの許容量	R X R Y R M	+	M M T - M	理想的にはすべてZ0 理想的にはすべてZ0 理想的にはすべてZ0

\*印データは、適応制御システムに必要なもの。

\*印以外のデータはシミュレーションプログラムのためにのみ必要なデータ。



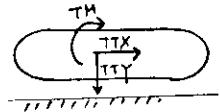
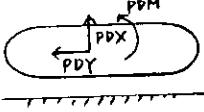
基準点  $\left\{ \begin{array}{l} X\text{方向: } \text{測定点の位置} \\ Y\text{方向: } \text{センサの先端} \\ Z\text{方向: } \text{船体上面} \end{array} \right.$

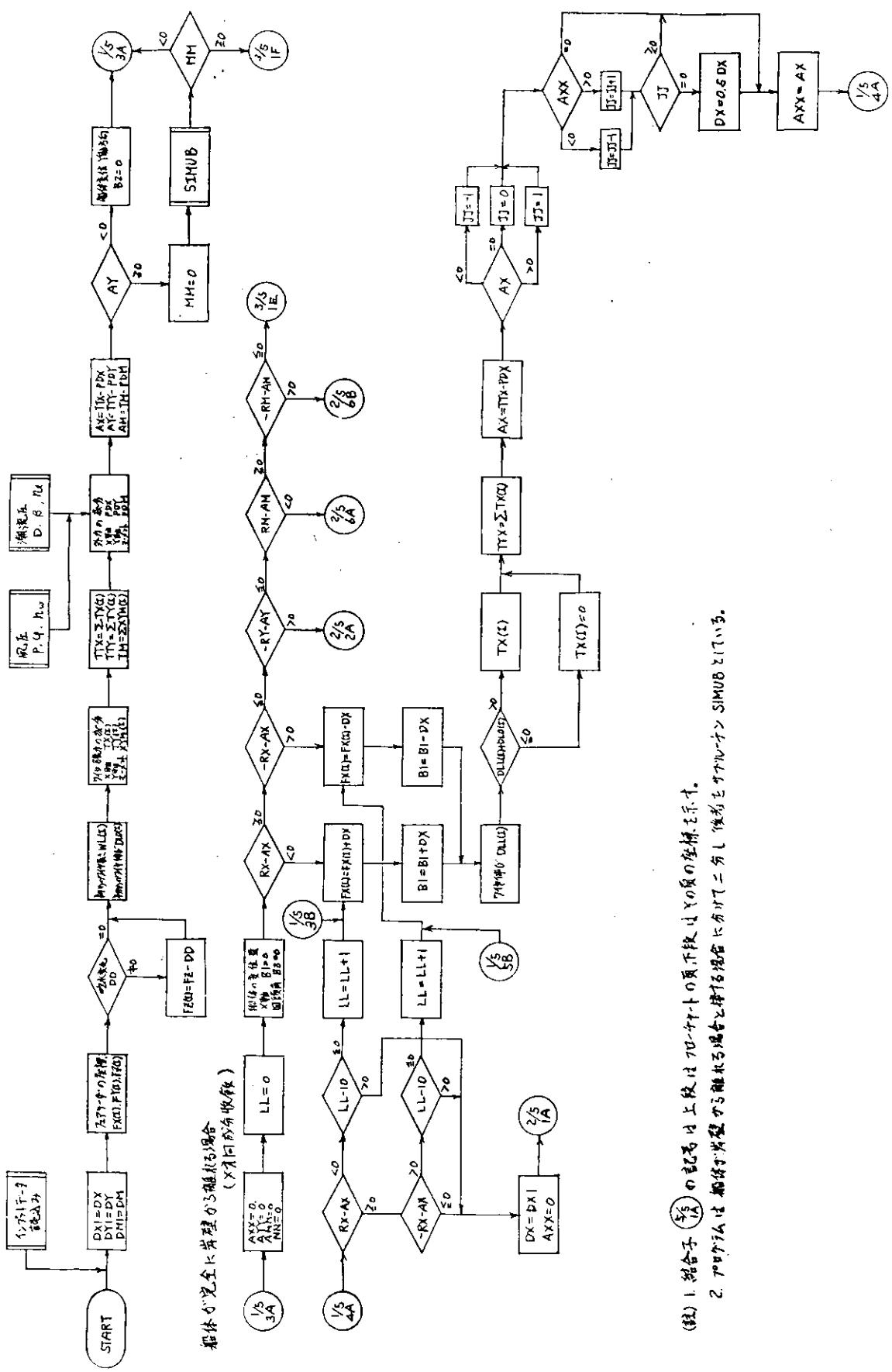
図1.2.6 シミュレーションプログラム入力データ記号

(3) シミュレーションプログラムフローチャート

シミュレーションプログラムフローチャートを図1.2.7に示す。

フローチャートの中で使用されているもののうち入力データの記号は1.2.3(2)に示してあるが、それ以外の計算機内部で使用されているおもな記号は次の通りである。

項目	記号	正負	単位	説明	
各グループ 索張力成分 モーメント	X 方向 Y 方向 X Y M(I)	± ± ±	T T T-M		
索張力合計 成分 モーメント	X 方向 Y 方向 モーメント	TTX TTY TM	± ± ±	T T T-M	
外力の成分 モーメント	X 方向 Y 方向 モーメント	PDX PDY PDM	± ± ±	T T T-M	
索張力および 外力の合計成分 モーメント	X 方向 Y 方向 モーメント	AX AY AM	± ± ±	T T T-M	$AX = TTX - PDX$ $AY = TTY - PDY$ $AM = TM - PDM$
索の初期伸び 索の伸び	DLO(I) DL(I) WL(I) WLL(I) WLO(I)	+	M		
			M		
		+	M	フェアリーダから岸壁ピットまでの初期索長さ	
		+	M	フェアリーダから計算後の索長さ	
		+	M	ワインチから岸壁ピットまでの索長さ	
				$WLO(I) = WL(I) + RL(I)$	
フェアリーダ の位置 Z 方向	X 方向 Y 方向 Z 方向	F X(I) F Y(I) F Z(I)	± + +	M M M	陸上の基準点よりのフェアリーダの位置、したがって、船の移動により値は変化する。



(註) 1. 結合子 55 の記者会見は7月4日-10月下段までのものである。

2. 70%の船員が船室で睡眠不能と感じた場合、航行二分。  
後者をシルバーブレードSIMUBとします。

図1.2.7(1) 係船適応制御システム・シミュレーションプログラムフローチャート

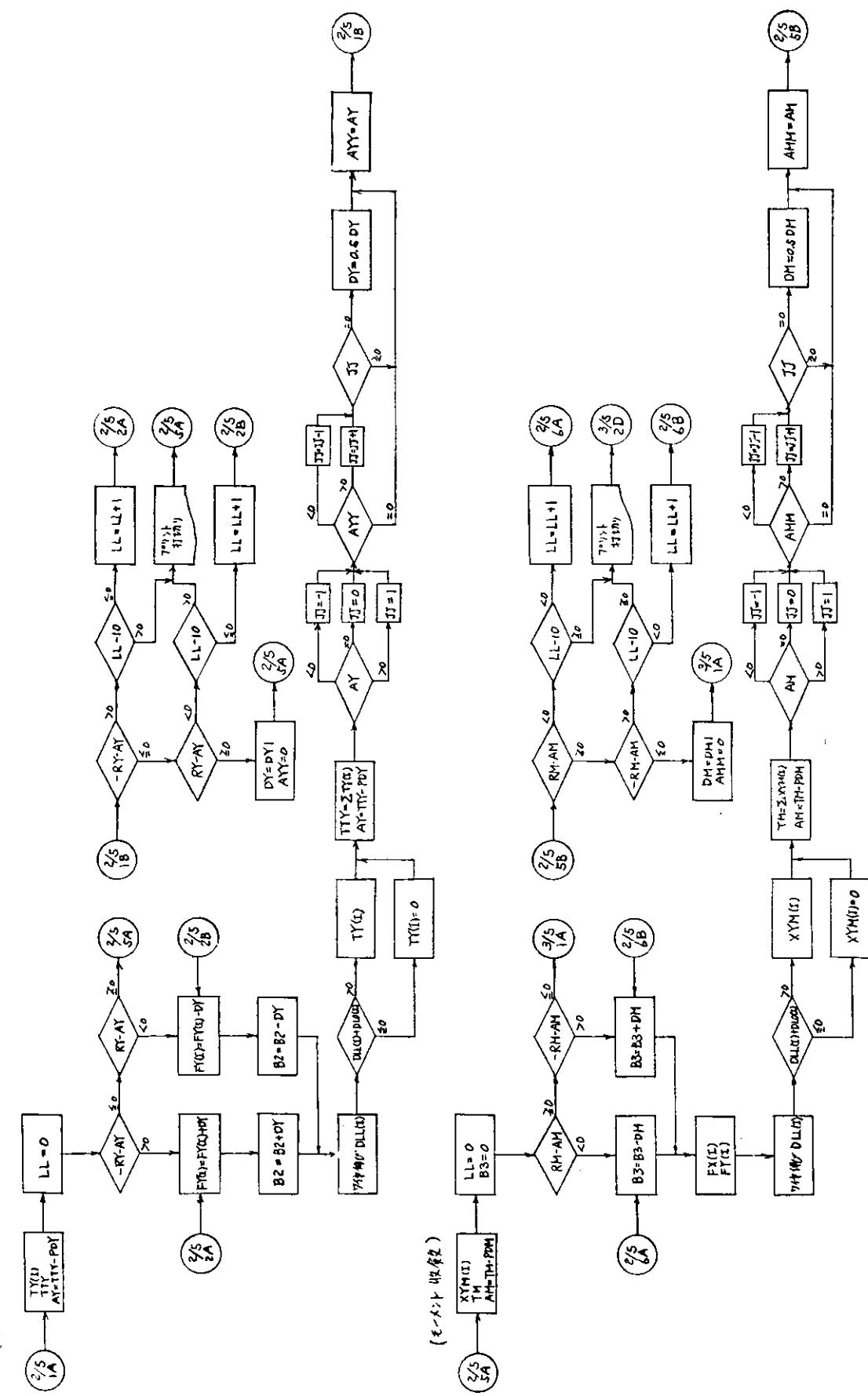


图 1.2.7(2)

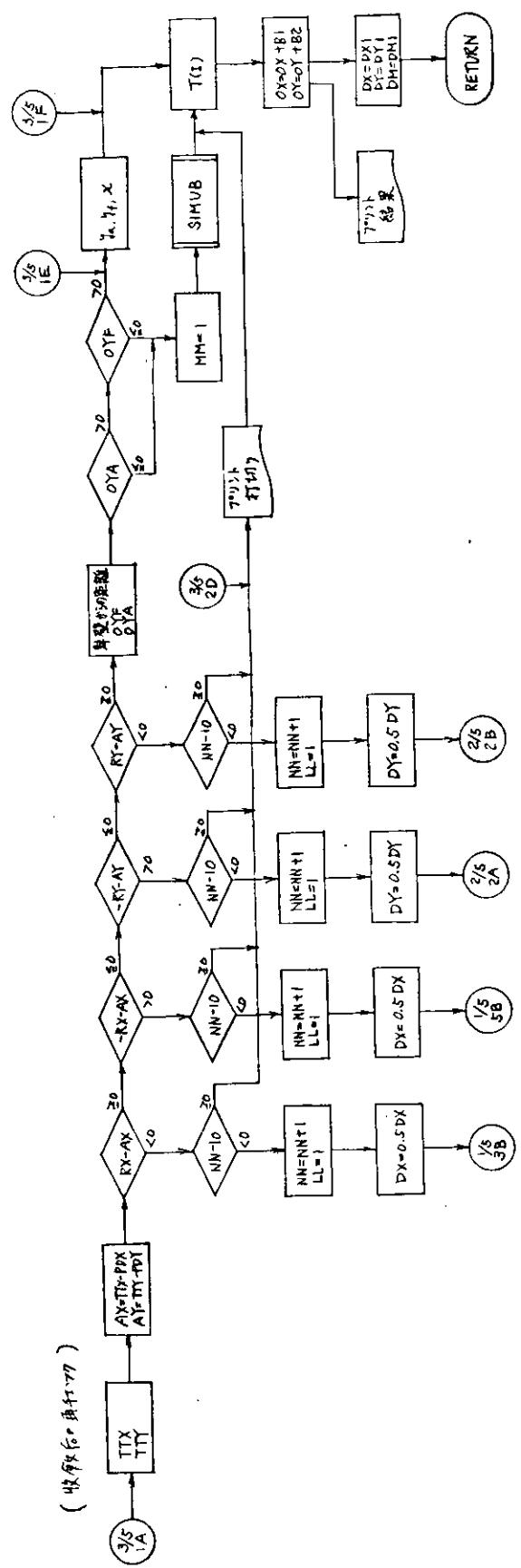


图 1.2.7(3)

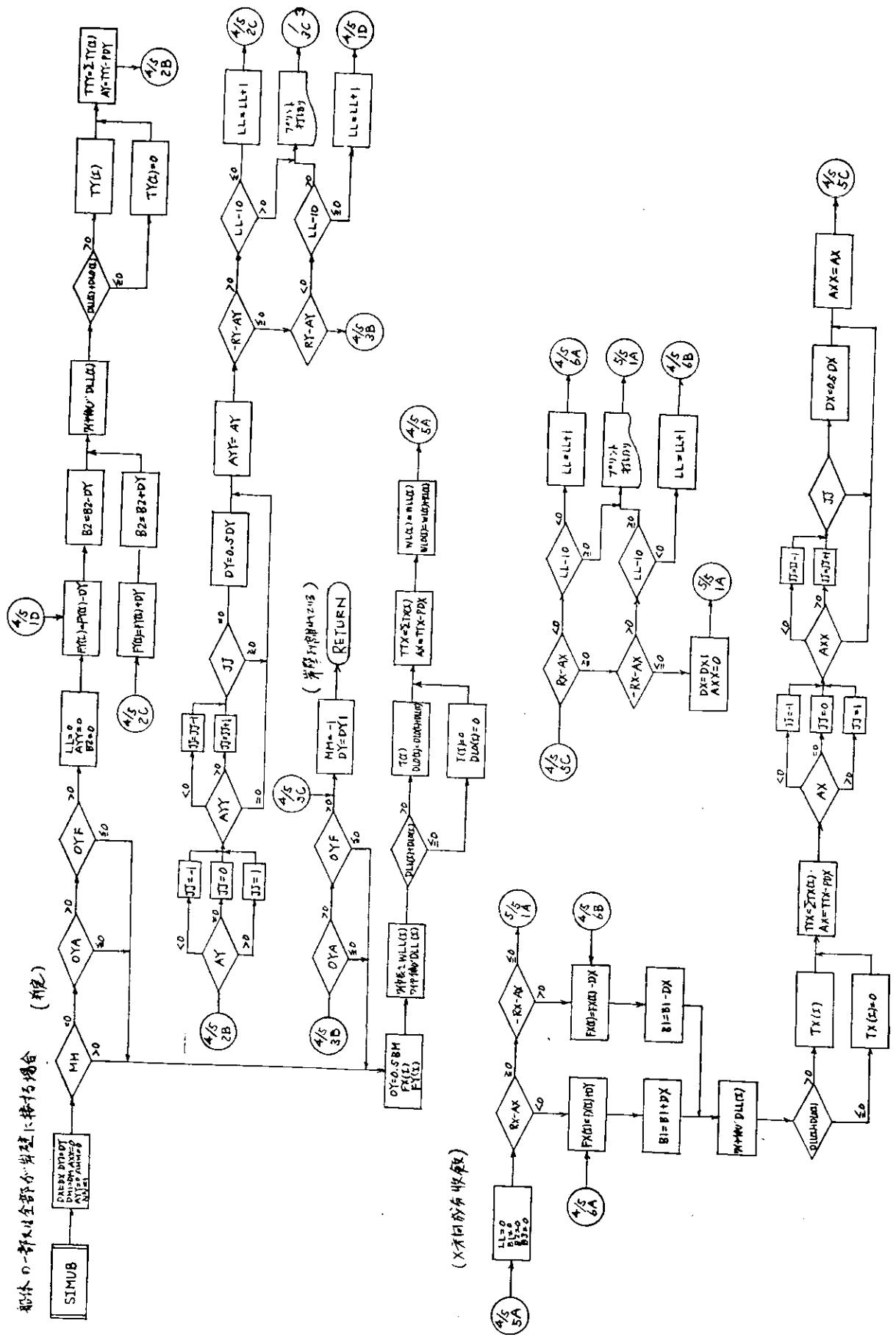
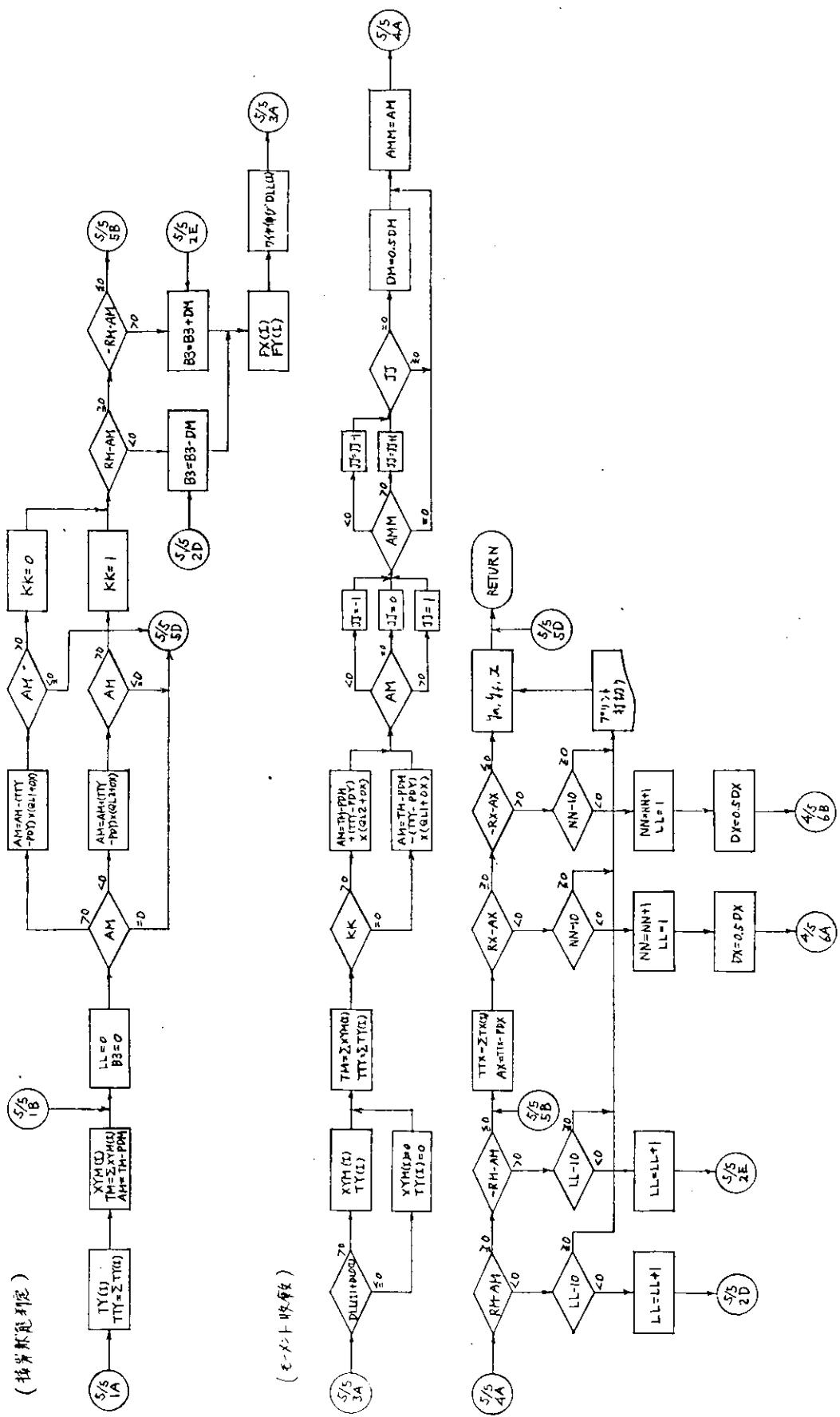


図 1.2.7(4)



凶 1. 2. 7 (5)

## 1.2.4 シミュレーションプログラムによる検討結果

### (1) テストデータ

テストデータはできるだけ実際の状態に近いことが望ましいので船の要目は三井造船建造の23万重量トンの超自動化船「三笠山丸」岸壁は落入を想定してデータを作成した。

テストデータを図1.2.8に示す。

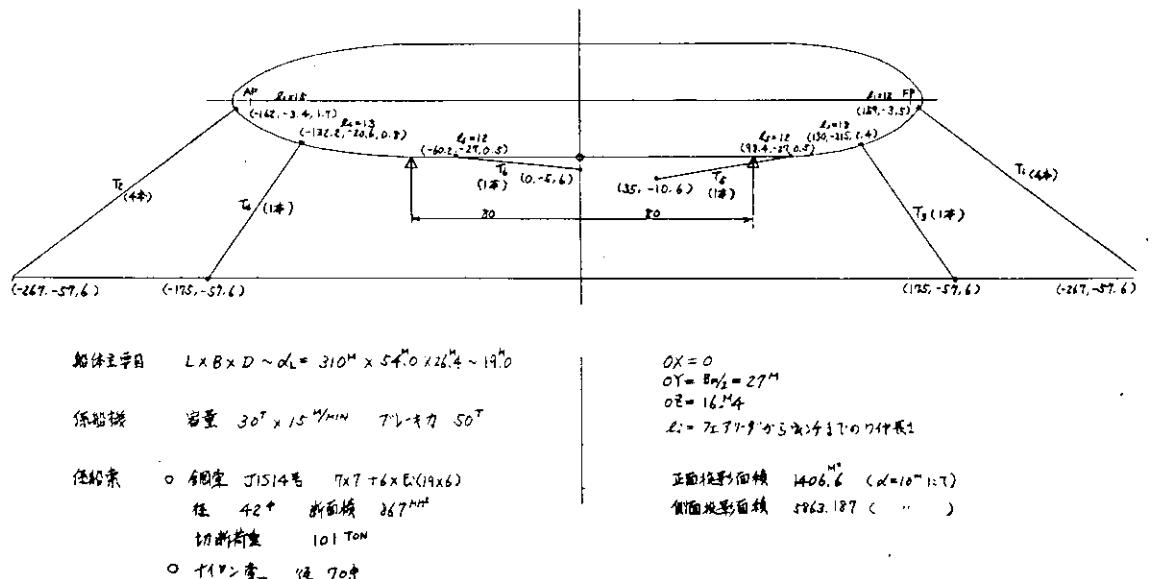


図1.2.8 テストデータ(固定値)

テストデータ(変動値)

図面番号	計算内容	索 張 力			船体の初期変位	一定のもの	変化させたもの
		制限値	許容値	変動値			
1.2.9(A)	風向の連続変化	50 T	30 T	3 T	$\gamma f=0, \gamma a=0$ $z=0$	風速 $10\text{m/sec}$	風向 $0^\circ \rightarrow 30 \rightarrow 60 \rightarrow 90 \rightarrow 60 \rightarrow 30 \rightarrow 0$
" (B)	"	"	"	"	"	" $20\text{m/sec}$	" "
" (C)	"	"	"	"	" "	"	$0^\circ \rightarrow 30 \rightarrow 60 \rightarrow 90 \rightarrow 120 \rightarrow 150 \rightarrow 180$
" (D)	風速の連続変化	"	"	"	"	風向 $0^\circ$	風速 $m/\text{sec}$ $0 \rightarrow 10 \rightarrow 20 \rightarrow 30 \rightarrow 20 \rightarrow 10 \rightarrow 0$
" (E)	"	"	"	"	"	$60^\circ$	" $m/\text{sec}$ $0 \rightarrow 10 \rightarrow 20 \rightarrow 25 \rightarrow 20 \rightarrow 10 \rightarrow 0$
" (F)	"	"	"	"	"	$90^\circ$	" "
" (G)	風向の連続変化	30 T	20 T	"	"	風速 $20\text{m/sec}$	風向 $0^\circ \rightarrow 30 \rightarrow 60 \rightarrow 90 \rightarrow 60 \rightarrow 30 \rightarrow 0$
" (H)	風速の連続変化	"	"	"	"	風向 $60^\circ$	風速 $m/\text{sec}$ $0 \rightarrow 10 \rightarrow 20 \rightarrow 25 \rightarrow 20 \rightarrow 10 \rightarrow 0$
" (I)	"	"	"	"	"	$90^\circ$	" "
" (J)	船体に初期変位のあるとき	50 T	30 T	"	$\gamma f=0, \gamma a=0$ $z=0.7\text{M}$	風向 $0^\circ$ 風速 $20\text{m/sec}$	
" (K)	"	"	"	6 T	"	" "	
" (L)	ホーザー使用	30 T	20 T	3 T	"	風向 $0^\circ$	風速 $m/\text{sec}$ $0 \rightarrow 10 \rightarrow 20 \rightarrow 10 \rightarrow 0$
" (M)	"	"	"	6 T	"	$90^\circ$	" "
" (N)	吃水が変化するとき	50 T	20 T	3 T	"	風向 $0^\circ$ 風速 $0\text{m/sec}$	吃水 $10\text{m} \rightarrow 10.3 \rightarrow 10.6 \rightarrow 10.9 \rightarrow 11.2 \rightarrow 10.9 \rightarrow 10.6 \rightarrow 10.3 \rightarrow 10$

(2) 計算結果

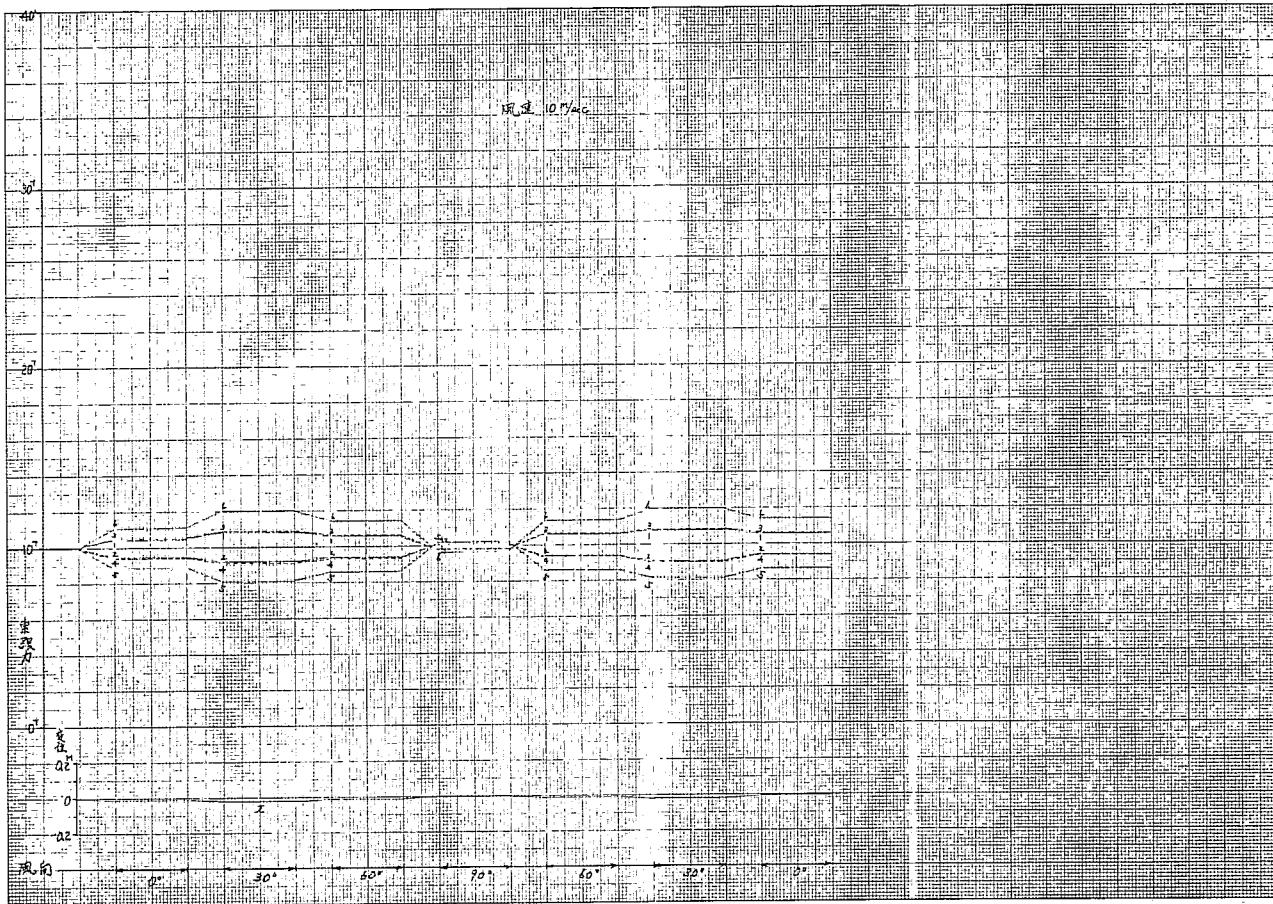


図 1.2.9(a)

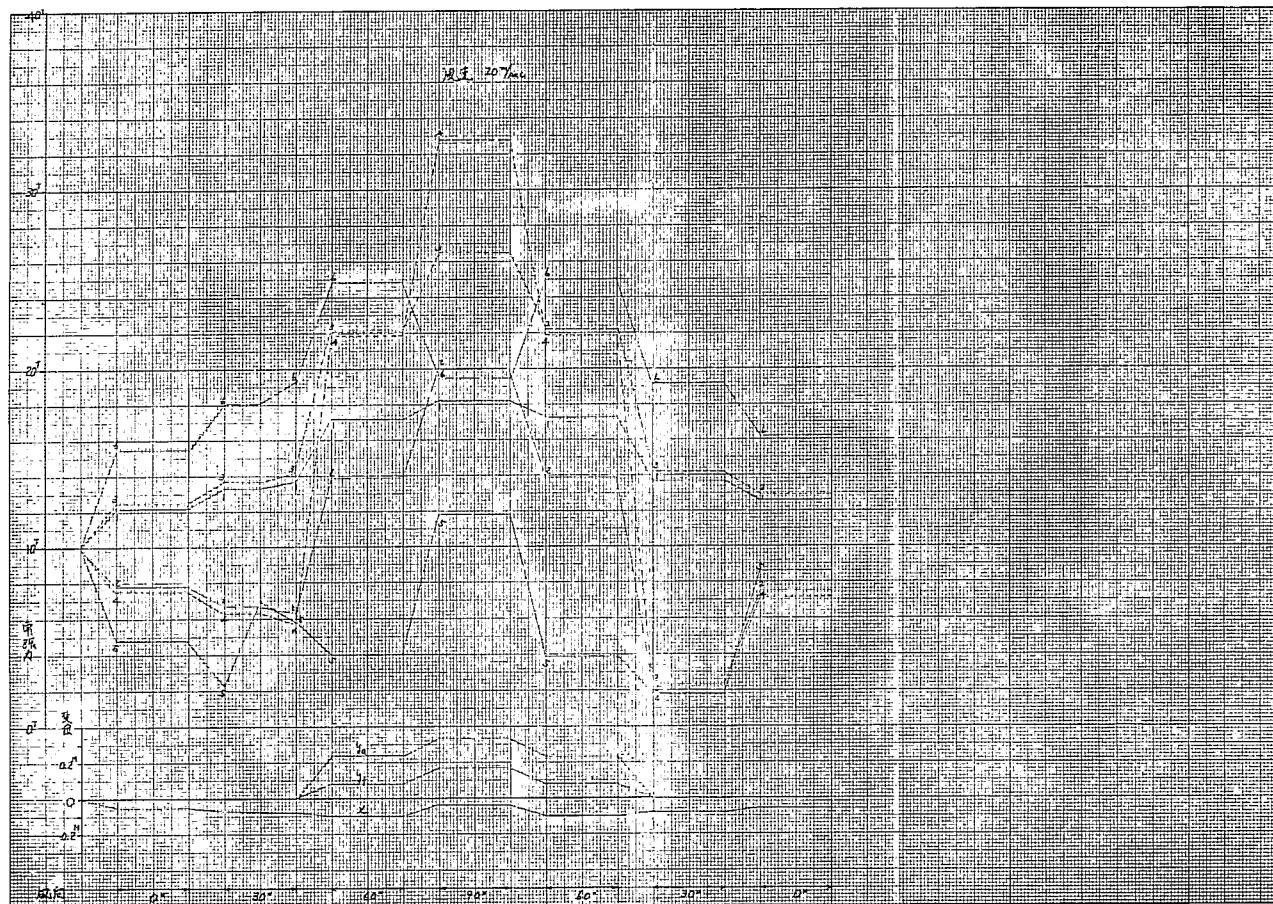


図 1.2.9(b)

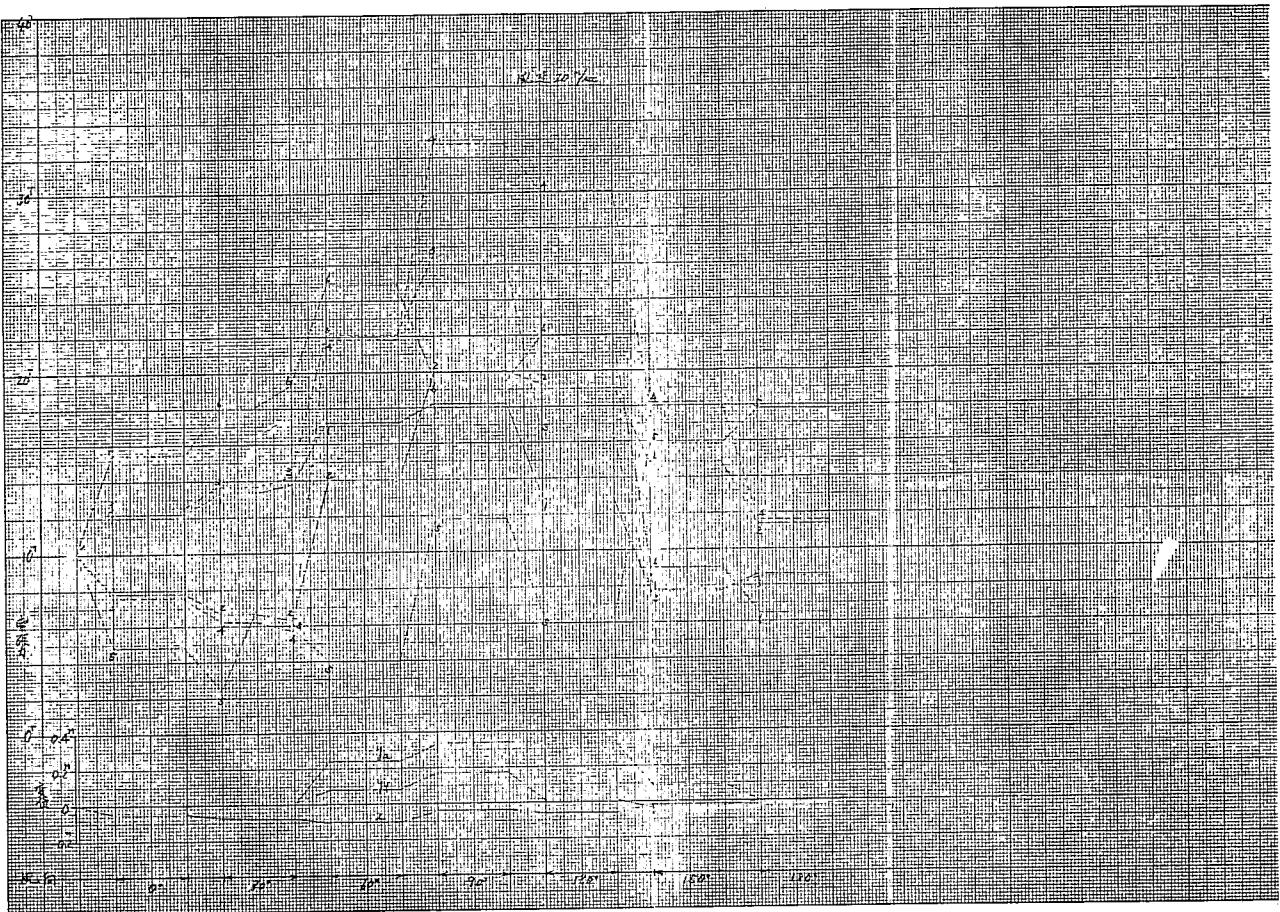


図 1.2.9(c)

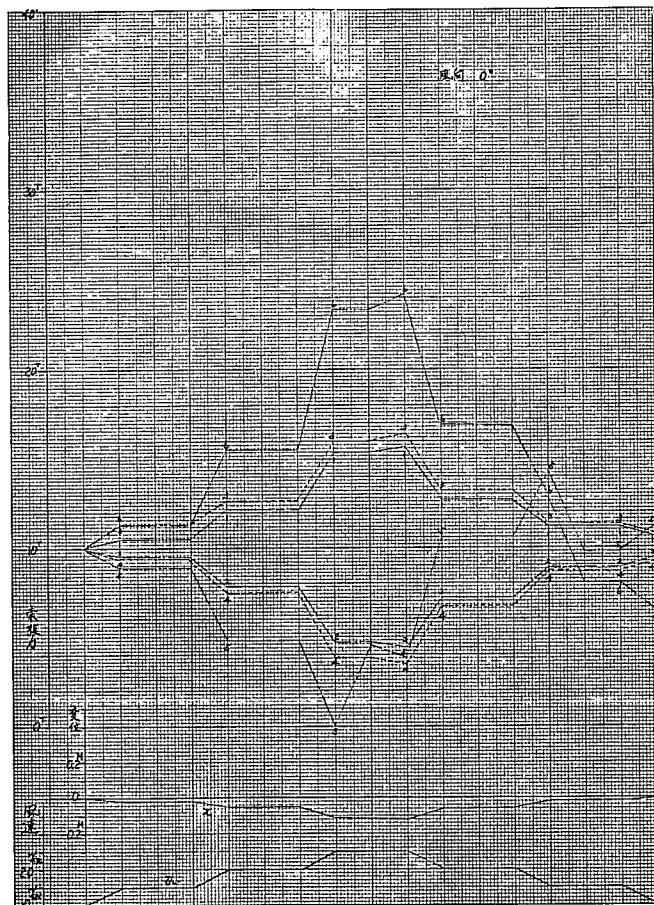


図 1.2.9(d)

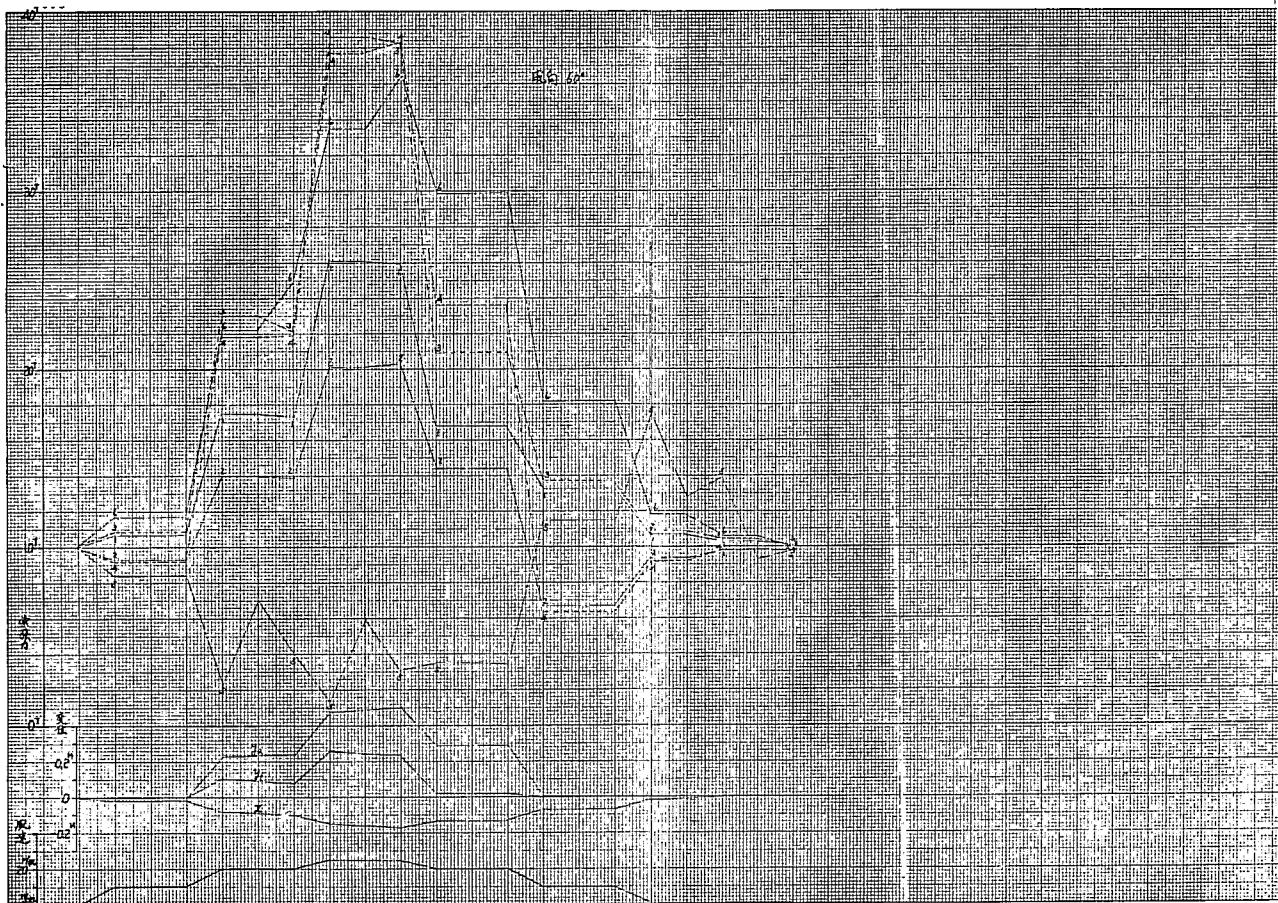


図 1.2.9(e)

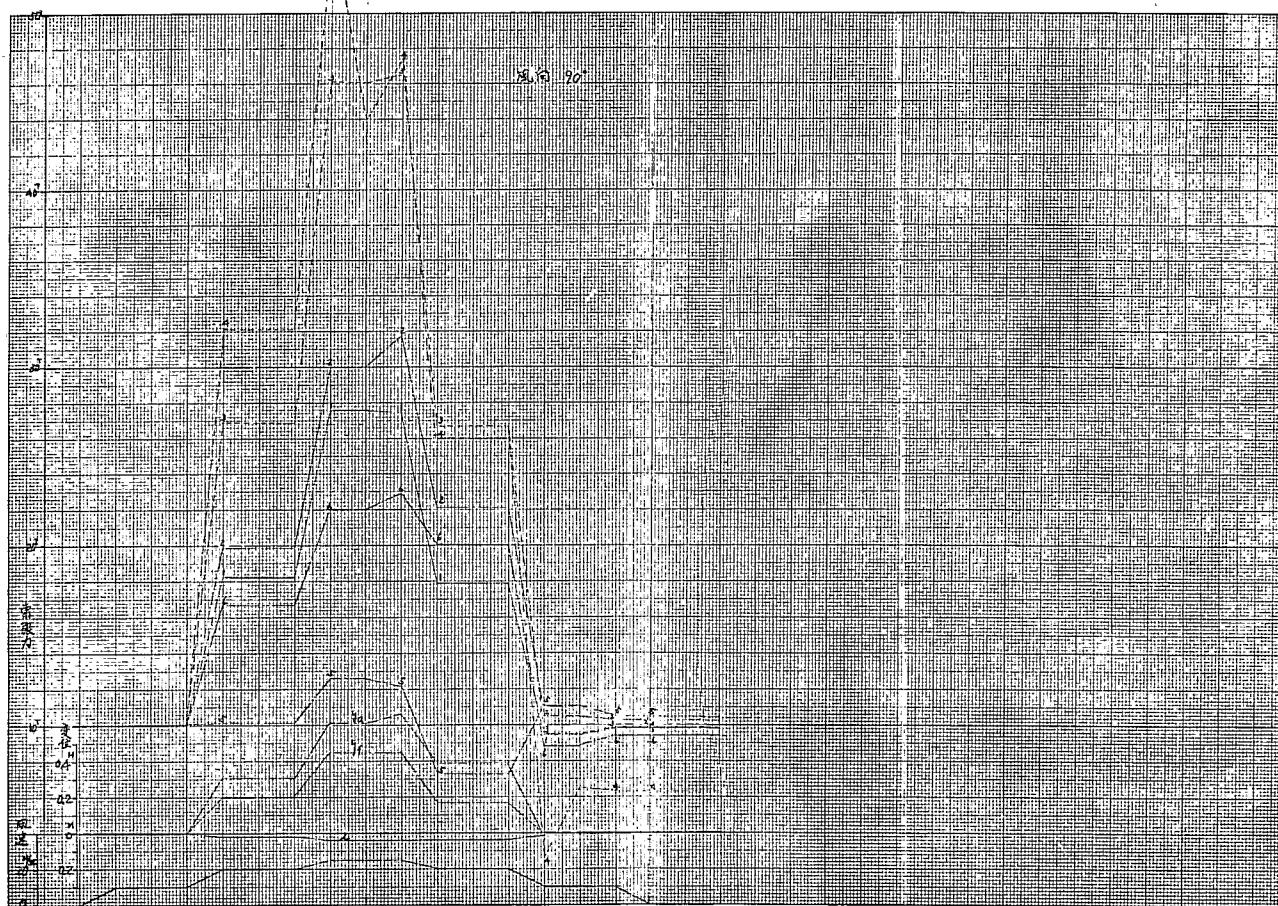


図 1.2.9(f)

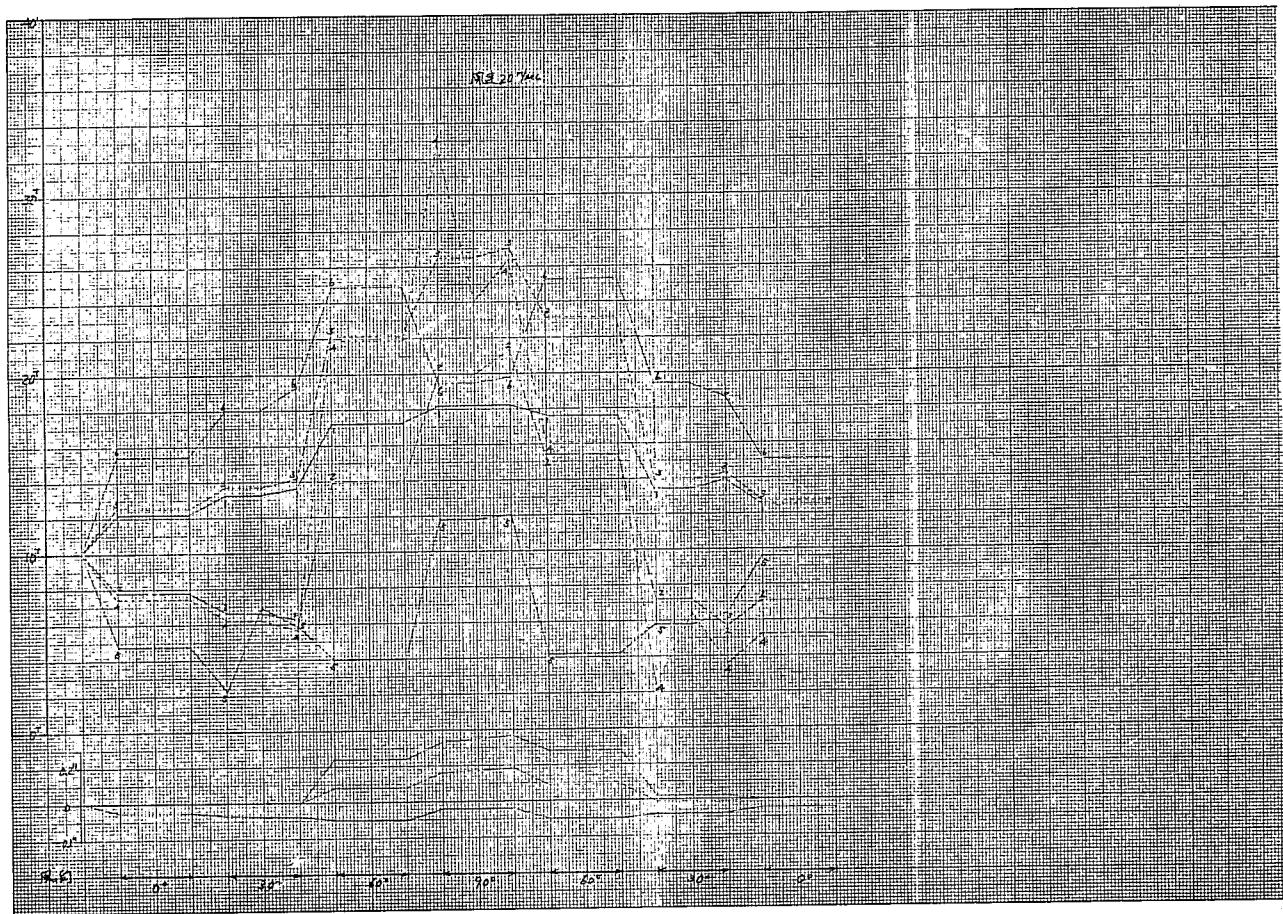
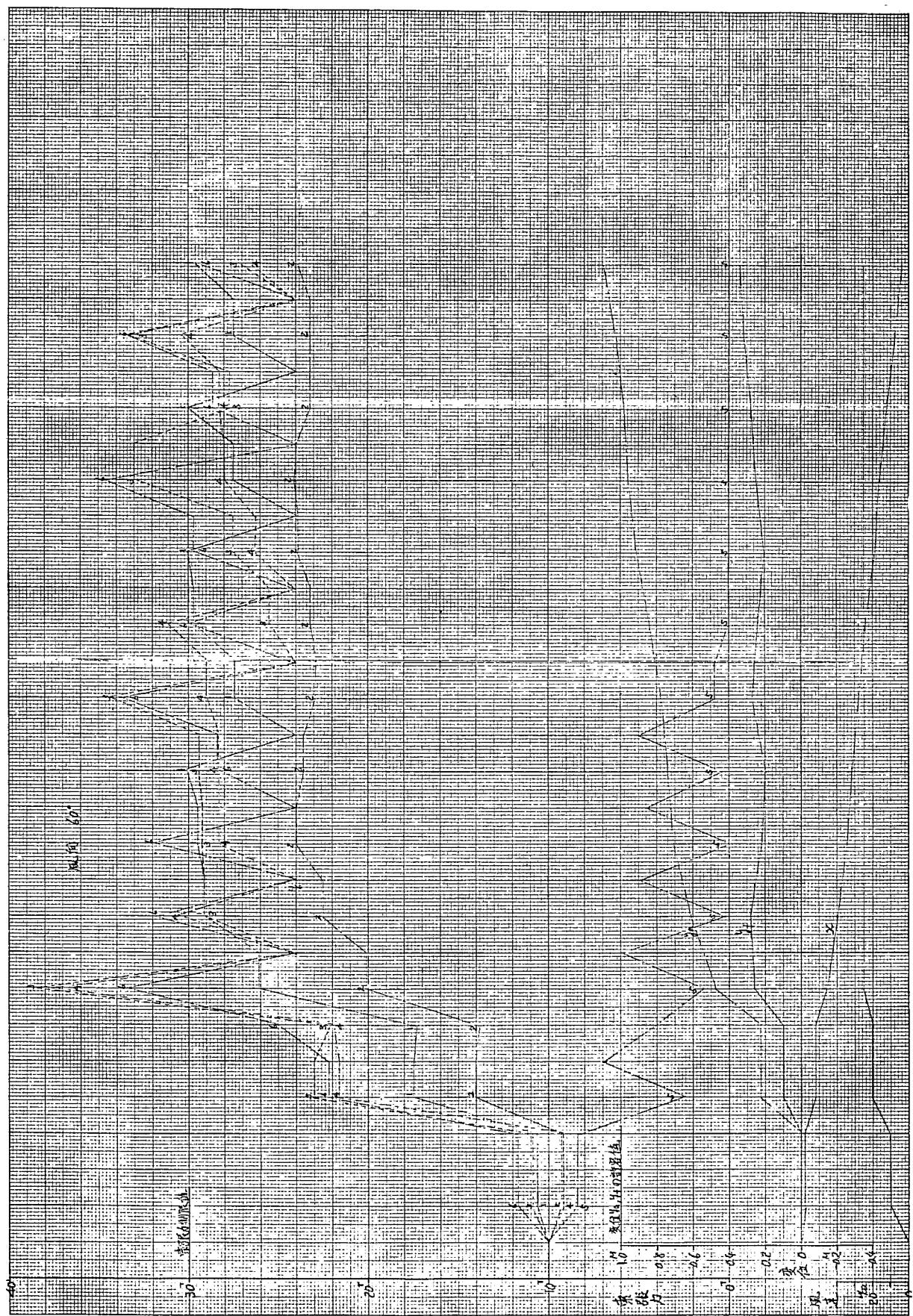


図 1.2.9(g)

图 1.2.9(h)



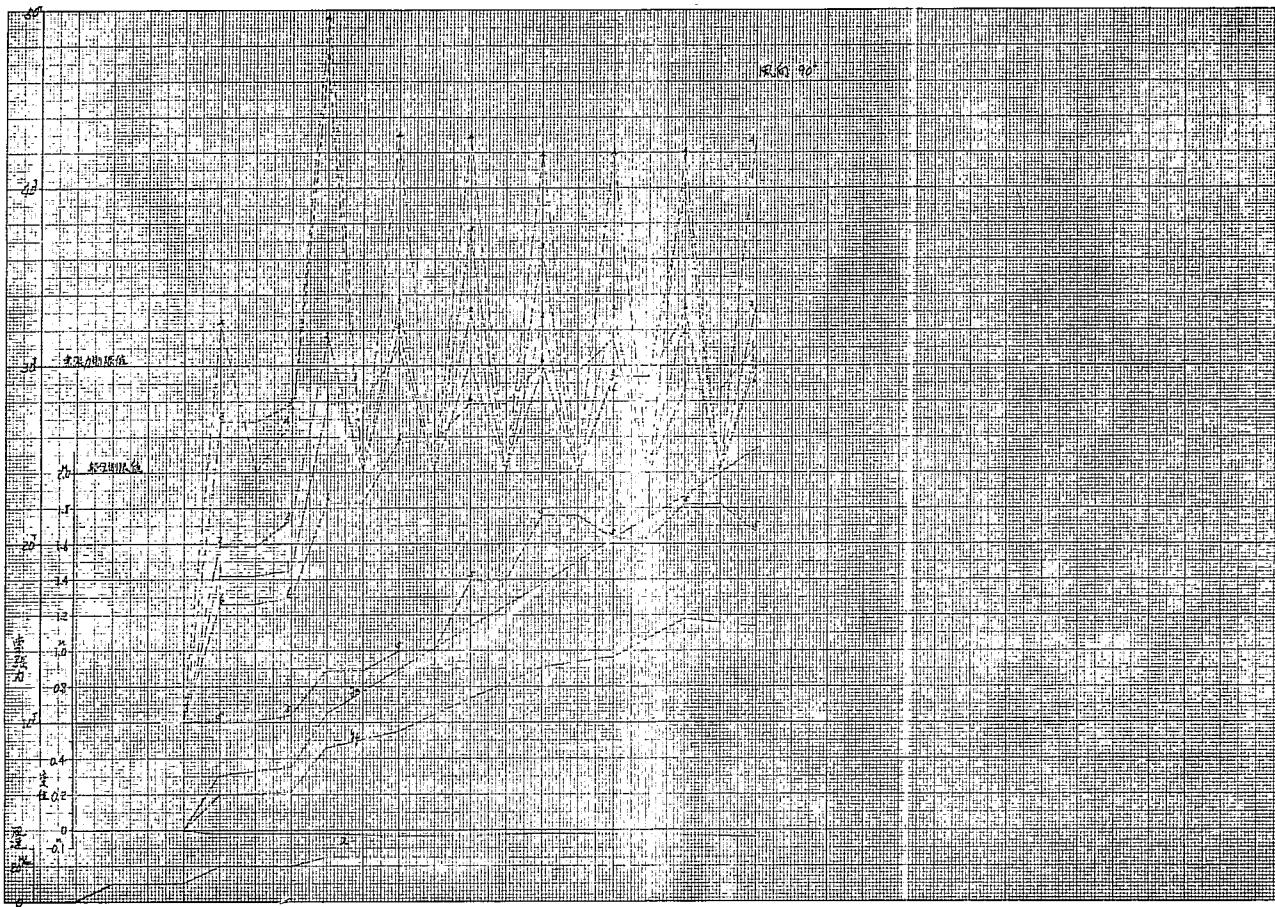


図 1.2.9(i)

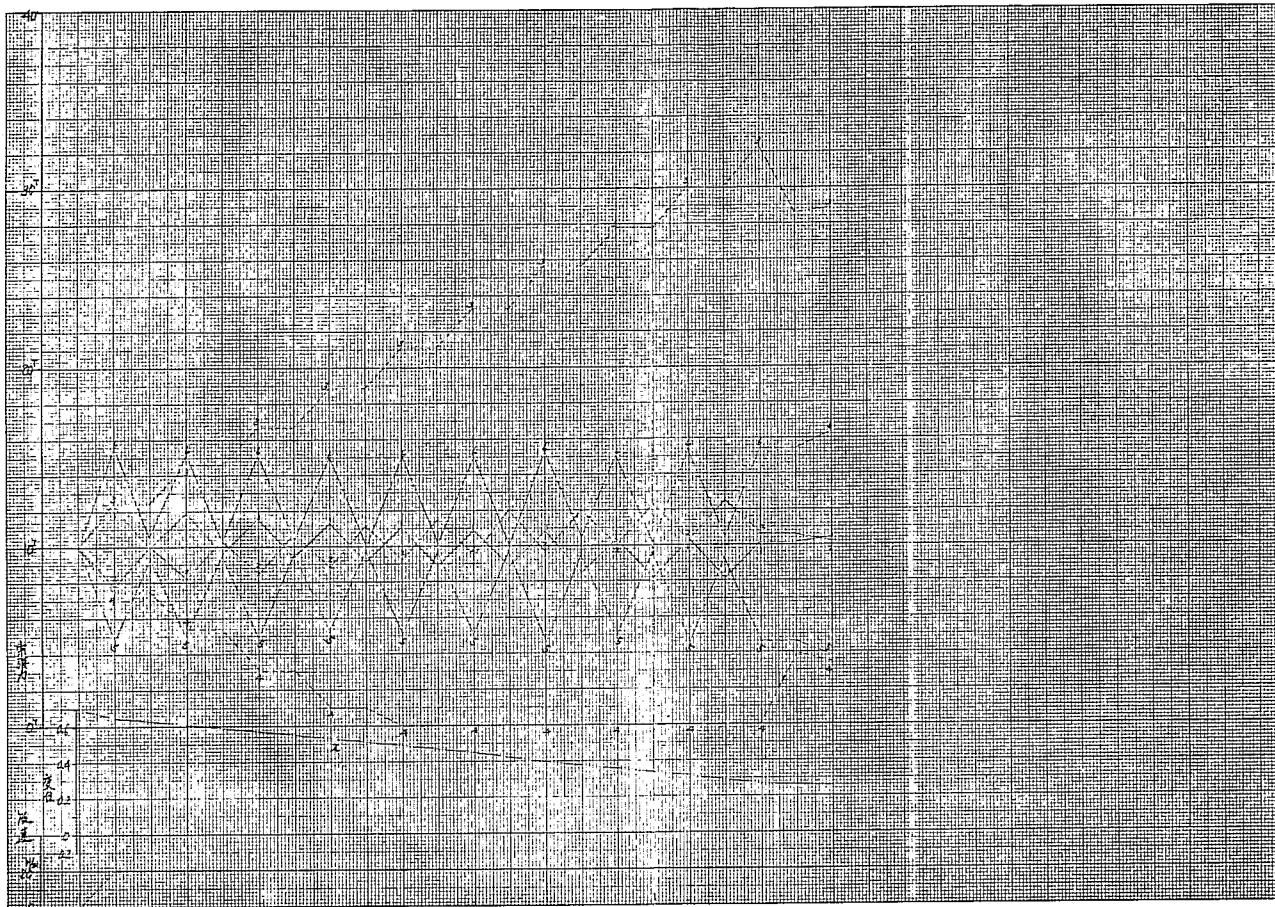


図 1.2.9(j)

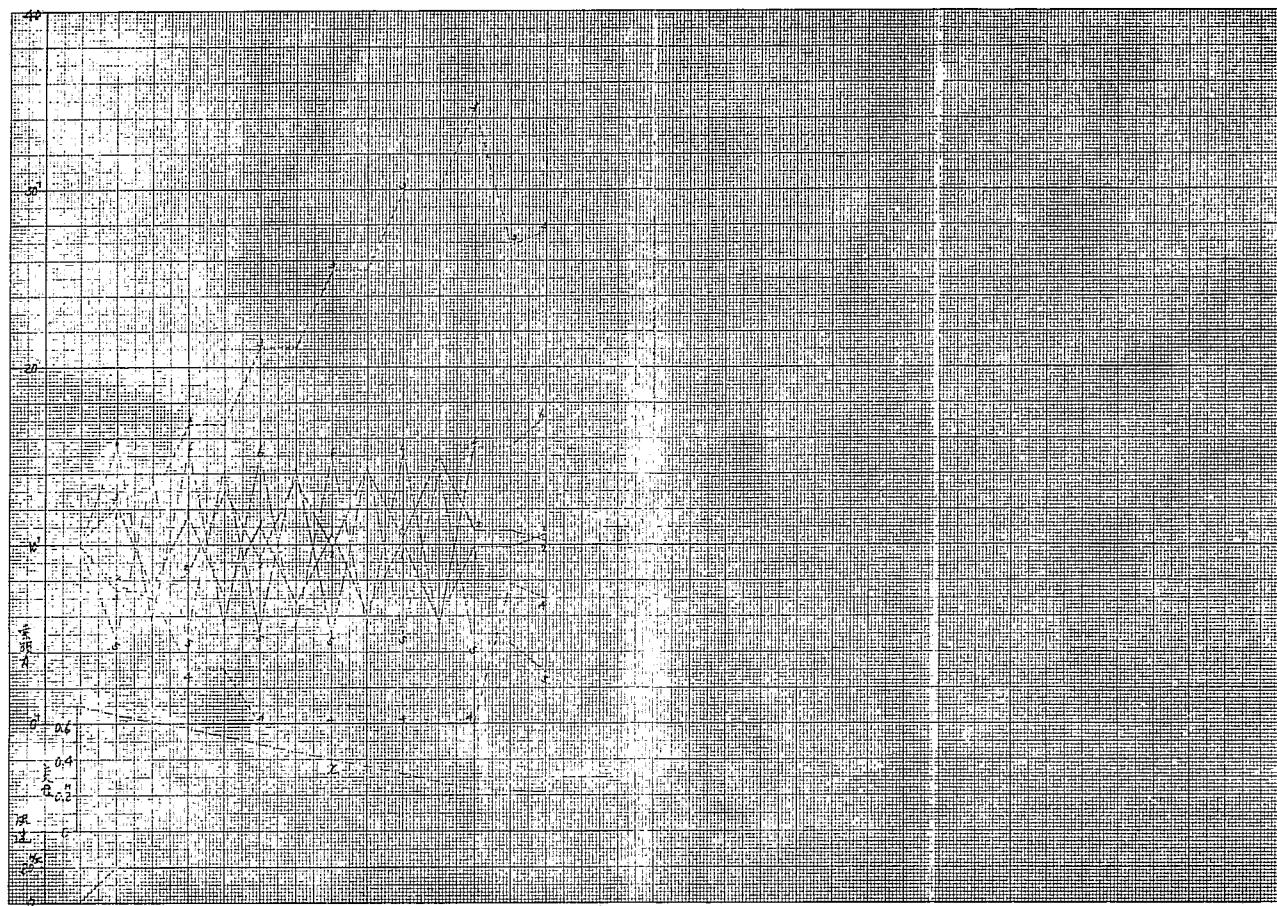


図 1.2.9(k)

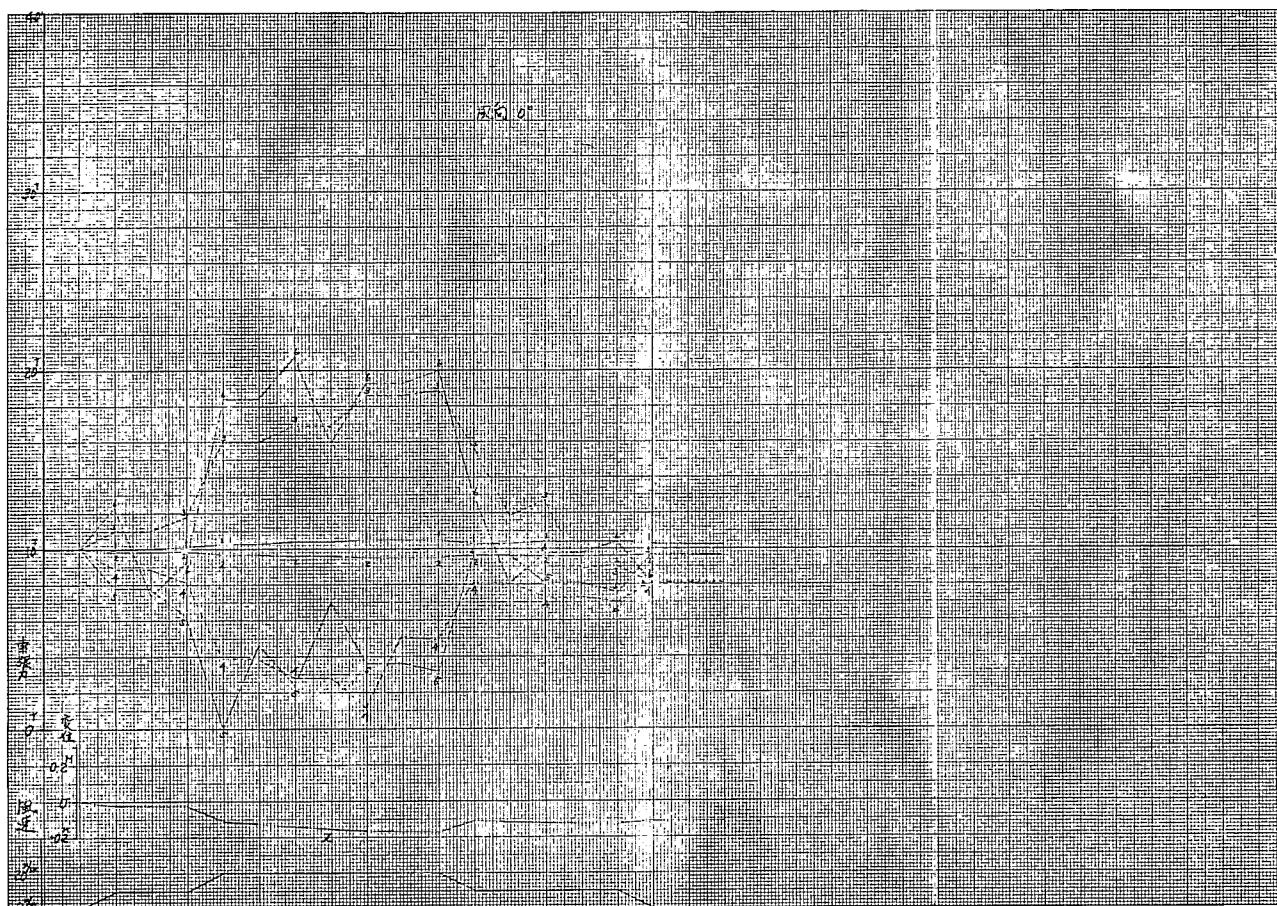


図 1.2.9(1)

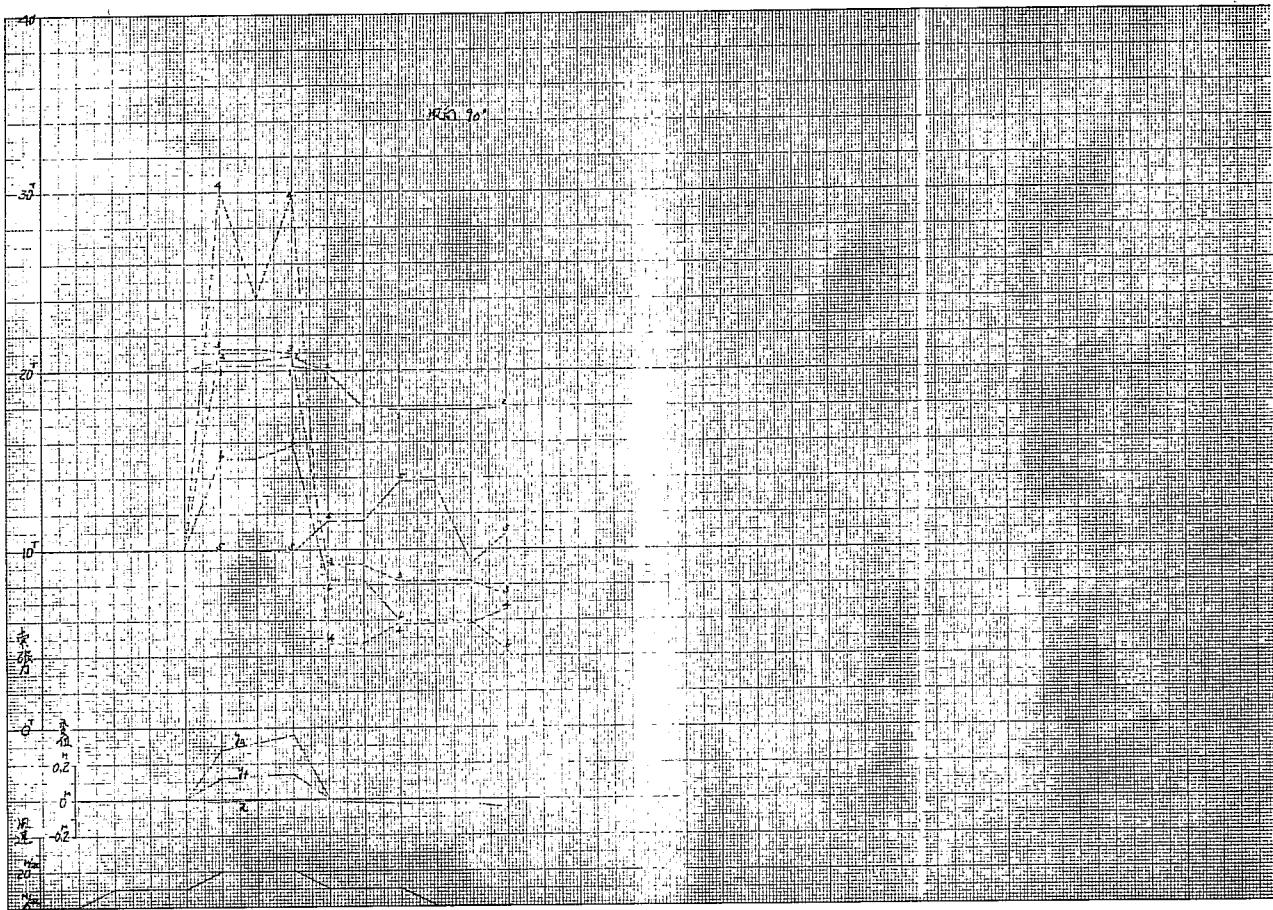
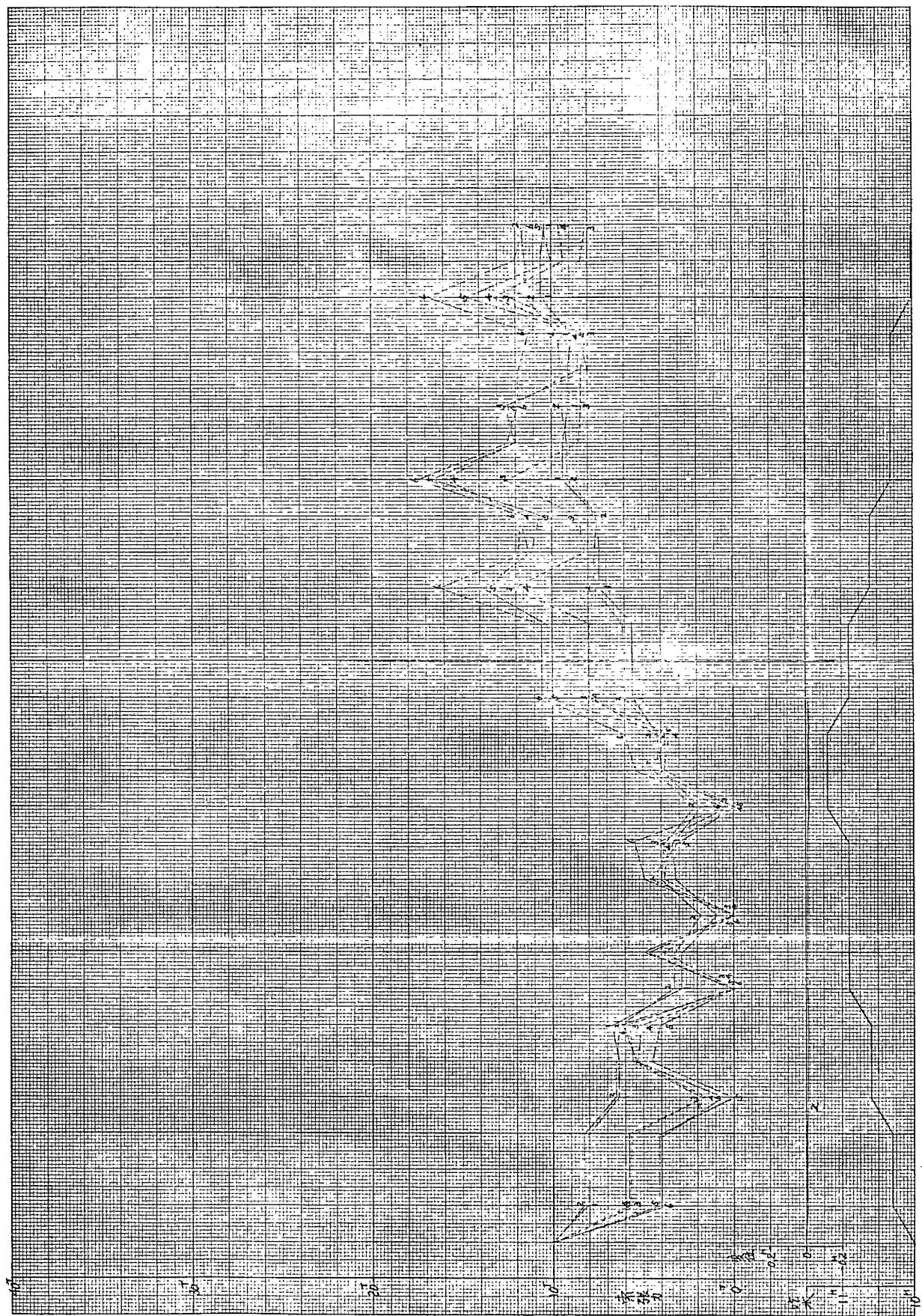


図 1.2.9(m)

图 1.2.9(n)



(3) 計算機アシスト例

\*\*TEST DATA KIRE

S. 0. 0. 0.

\* MAIN PROGRAM INPUT DATA \*

	T(1)	T(2)	WIRE TENSION (T)	SHIP POSITION (M)
SEIGEN CHI	120.000	120.000	30.000	X(A) YF Z(F)
KYOYO CHI	80.000	80.000	20.000	1.000 -1.000
KIJUN CHI	80.000	80.000	10.000	20.000 10.000 10.000
RANGE DTS DT	8.000	8.000	2.000	2.000 2.000 2.000
	12.000	12.000	3.000	3.000 3.000 3.000

\* SIMULATION PROGRAM INPUT DATA \*

LOCATION OF BITT	BITT 1	BITT 2	BITT 3	BITT 4	BITT 5	BITT 6
X	267.000	-267.000	175.000	-175.000	35.000	0.0
Y	-57.000	-57.000	-57.000	-57.000	-10.000	-5.000
Z	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
LOCATION OF FAIRLEADER	FL.1	FL.2	FL.3	FL.4	FL.5	FL.6
X	159.000	-162.000	130.000	-132.200	98.400	-60.200
Y	-3.000	-3.000	-21.000	-20.600	-27.000	-27.000
Z	5.000	1.100	2.400	0.800	0.500	0.500
MOORING ROPE	ROPE 1	ROPE 2	ROPE 3	ROPE 4	ROPE 5	ROPE 6
LENGTH LEAD	12.000	15.000	16.000	13.000	12.000	12.000
SECT. AREA	75.200	95.200	8.670	8.670	8.670	8.670
YOUNG MDD.	22.000	22.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000
COORD. OF SHIP CENTER	CX=	CY=	CY=	CY=	CY=	CY=
DISTANCE TO DATUM POINT	SL1= 155.000	SL2= 155.000				
DISTANCE TO FENDER	QL1= 80.000	QL2= 80.000				
DRAFT	10.000	0.0				
CHANGE OF DRAFT	0.0					
CONVERGENCE ALLOWANCE	DX=	0.005	DY=	0.005	DM=	C.CS
	RX=	1.000	RY=	1.000	RM=	100.000
* WIND PRESSURE *						
(INPUT DATA)						
WIND DIRECTION	0.0					
WIND VELOCITY	20.0					
PROJ. AREA ABY. H.L.						
FRONT	1406.600				PROFILE	5863.187
DRAFT	FULL LOAD	19.000			BALLAST	10.000
CHANGE IF DRAFT	-0.0					
LENGTH PEAK.	310.500					
BREATH HOLD	154.000					
DIST. FP TO CENT.	155.000					
* TIDE PRESSURE *						
(INPUT DATA)						
TIDE DIRECTION	0.0					
TIDE VELOCITY	0.0					
DEPTH OF WATER	40.000					
DRAFT DF SHIP	10.000					

DIA. OF PROP. 0.0

\* INITIAL VALUE FOR SIMULATION \*  
YF= 0.0 YA= 0.0 X= 0.0

\* WIND PRESSURE \*

(OUTPUT DATA)  
PROJ. AREA AVE. W.L. FRONT 1406.600  
PRESSURE COEFF. 0.976

WIND PRESSURE 143.132  
DEVI. ANGLE 90.000  
LEVER OF M. MT -14.136

\* TIDE PRESSURE \*

(OUTPUT DATA)  
PRESS. COEFF. CD= 0.035  
WATER SURFACE SHAL. W. COEFF. CS= 1.178

TIDE PRESSURE 0.0  
DEVI. ANGLE 0.0

LEVER OF T. MT 0.0

\* CALCULATION IN SIMULATOR \*

(INPUT DATA)  
INITIAL TENS. T1= 80.000  
INITIAL POSI. YF= 0.0 YA= 0.0

T2= 80.000  
YA= 0.0

T3= 10.000  
X= 0.0

T4= 10.000  
YA= 0.0

T5= 10.000  
YA= 0.0

T6= 10.000  
YA= 0.0

\* CALCULATION IN SIMULATOR \*

(INPUT DATA)  
INITIAL TENS. T1= 81.116  
INITIAL POSI. YF= 0.119 YA= 0.281

T2= 82.317  
YA= 0.281

T3= 20.638  
X= -0.010

T4= 30.116  
YA= 0.0

T5= 9.937  
YA= 0.0

T6= 15.071  
YA= 0.0

\* CALCULATION IN SIMULATOR \*

(INPUT DATA)  
INITIAL TENS. T1= 81.116  
INITIAL POSI. YF= 0.119 YA= 0.281

T2= 82.317  
YA= 0.281

T3= 20.638  
X= -0.010

T4= 30.116  
YA= 0.0

T5= 9.937  
YA= 0.0

T6= 15.071  
YA= 0.0

\*\*\*\*\* RENZOU HENKA \*\*\*\*\*

WIND DIREC. 90.000 VELOC. 10.000  
TIDE DIREC. 0.0 VELOC. 0.0  
CHANGE OF DRAFT 0.0 12.000  
RANGE DRAFT 12.000 12.000

-46-  
3.000 3.000 3.000

#### (4) 考察

##### (a) 最大索張力 50 ton 許容張力 30 ton の場合

###### (i) 風向連続変化 (10 m/sec) 図 1.2.9 (A)

索の基準値10tonに±2tonの余裕があるので、このケースでは風向の変化にもかかわらず、索の巻込み繰出しあつても行なわれていない。外力の小さい場合はほとんどこのケースと同様になる。余裕はできる範囲で大きいほうがウインチの作動回数は減少する。

###### (ii) & (iii) 風向連続変化 (20 m/sec) 図 1.2.9 (b), (c)

索の巻込みは風向 30°において 1 回あるだけである。

風向が 90°のときは外力が大と判定されるので繰出しあつても行なわない。

外力の大きさにより制御方法を変えているのでうまくいっている。

船体は風向 60°以上では岸壁より離れている。

###### (iv) 風速連続変化 (0°) 図 1.2.9 (d)

風速30m/secではT(5)がゆるみ、T(6)は23ton以上になっている。

索の巻込み、繰出し回数も少なく、最後には索張力は元に戻る。

###### (v) 風速連続変化 (60°) 図 1.2.9 (e)

風向 0° のときに比べて索張力、特に T(3)、T(4)、T(6)が大きくなっているが、風速25m/secでは制限張力以内におさまっている。風速30m/secでは制御不能になるので連続変化から除いた。

###### (vi) 風速連続変化 (90°) 図 1.2.9 (f)

風速25m/secのときはT(4)が制限値を越えているので、繰出しあつても行なっている。その場合、単に制限値までだと他の索との釣合でまたすぐ制限値を越えるのでフローチャートに示すように  $T(4) = T_L(4) - 3 \times DTS(4) = 50 - 3 \times 2 = 44\text{ton}$  まで下げている。制限値が50tonと大きいので、索の操作は極めて少ない。

##### (b) 最大索張力30ton許容張力20tonの場合

(a)～(f)に対して制限および許容索張力を小さくした。基準値は変えていない。

風向の連続変化 (10 m/sec) の場合は全く(a)と同じ、また、風速の連続変化 (0°) の場合も 30 ton を越えないので、ほとんど変わらないので除いた。

###### (i) 風向連続変化 (20 m/sec) 図 1.2.9 (g)

(4)～(a)～(ii)項の場合とほとんど変わらぬが 90°において T(4)が制限値を越えるのでウインチ操作が増加している。本計算例では風速が20m/secなら索の制限値30tonで十分制御可能である。

###### (ii) 風速連続変化 (60°) 図 1.2.9 (h)

この場合には風速が25m/secのときは、索張力はT(5)を除き制限値に近くなり、船位保持の限界になっており、(4)～(a)～(v)項とは全く異なったカーブとなる。すなわち、T(1)、T(3)、T(4)、T(6)が全部または一部制限値30tonを越えそのたびに繰出しあつても行ない、それにしたがい、船体は移動し、ついでには許容値を越えてしまい一応全部の索が制限値内におさまったところで終了している。このケースは制御が最もむずかしい場合の一つと考えられる。

###### (iii) 風速連続変化 (90°) 図 1.2.9 (i)

上記(ii)項の場合をさらに極端にしたケースで、制限値を越えた索をゆるめるにしたがい船体は急速に移動し、変位の制限値を越え、最後に警報が出るケースである。この計算例では、制限索張力30tonの場合、風速20m/secが制御可能限度と考えられる。

##### (c) 初期変位のある場合

###### (i) 初期変位 (0.7 m)、風 (0°, 20 m/sec) 図 1.2.9 (j)

風下側へ船体を移動させる場合で、T(1)、T(6)を繰出し、T(2)、T(5)を巻込んで行き最終的には、船体は許容

値内（前後方向±0.3m）になっている。変位が前後方向だけなので、プレストラインとしてのT(3)、T(4)は巻込みも繰出しも行なわないためにT(3)は大きくT(4)は小さくなる。

本船の場合には、プレストラインがかなり前後方向（約55°）に張られているので(3)が制限値まで上っている。この場合でも風がなければT(3)の張力も順次減少し、基準値10mm近くに減少するので問題はない。

(iii) 初期変位(0.7m) 風(0°, 20m/sec) 図1.2.9(k)

(i)との相違は(i)が張力変動値が100m当り3mmであるのに対し、6mmとしたことである。そのため、(i)の場合は10回の操作で船位が許容値まで移動したが本項では6回の操作でよくなっている。このことは当然のことながら船位を大きく移動させるとときは張力変動値が大きいほうが有利であることになる。しかし、あまり大きくすると他のケースのとき必要以上に張力を変えすぎかえってよくないことも起り得るので、どの程度にするかは十分検討の上決定せねばならない。

(d) 繊維索使用の場合

ベッドライン、スタンラインに繊維索を使用した場合について検討した。

使用索はナイロン70%とし、ヤング率は張力により変化するが、一応220kg/cm<sup>2</sup>として計算した。

(i) 風速連続変化(0°) 図1.2.9(l)

繊維索は伸びによる荷重の変動が少ないので、その分だけ鋼索が負担することになるので、T(3)およびT(6)の張力は増加し、制御可能な風速は小さくなる。それ以外は繊維索のために不具合になることもない。

(ii) 風速連続変化(90°) 図1.2.9(m)

より大きな風速でも制御可能にするためには、繊維索の初期張力をあげればよいので、繊維索のみ初期張力を20mmとした。繊維索の張力が10mmのままでは風速20m/secの場合でもT(3)、T(4)が制限値を越えてしまう。一応、繊維索と鋼索混用（ただし、同一グループは同一索）の場合でも制御可能であるが、船体移動の影響を鋼索がほとんど受け持つので外力の小さいときは鋼索の張力を極端に小さくしておくプロセスを入れればよりよい制御が可能である。また、索の基準値、変動値も鋼索と繊維索の値を変えるなどの考慮は当然払われなければならない。

以上、代表的な例についての計算結果を示したが、本システムでは索張力の制限値、許容値、基準値、変動値、誤差範囲の設定船位の制限値、許容値、外力の大、中、小の判定の決め方などがシステムの良否を決定するので、これらの数値の決定にあたっては考えられる限り、多くのケースについてシミュレーションプログラムを使用して計算させ、最大公約数的な値を選定する必要がある。

## 1.2.5 係船適応制御システムの問題点および今後の検討事項

(1) 本システムは1.2.4(4)で述べたように、船位保持の機能を十分に満足するものであるが、検出機器（船位センサー、索張力検出装置）、操作機器（係船機）、制御系統などまだ一部のものを除いて実現していないので、本研究は、これらハード部分とのデータの受け渡しについてはふれていない。

したがって、今後機器の開発が進み、具体化すればデータ受け渡しの部分を追加しなければならない。

(2) 本システムは各グループごとにイコライジングされているとしているが、イコライジング機能のない場合には本システムの中にイコライジング機能を持つ必要がある。その場合にも厳密な意味のイコライジングでなくとも5~6mm以上張力の差がでたら修正する程度で十分である。蒸気係船機採用の場合には、蒸気の特性上、弁開度または蒸気圧力調整によるイコライジングが実質的にできないので本システムにイコライジング機能を追加しなければならない。

(3) 本システムはできるだけ船員の手によるインプットデータを少なくするよう考慮されている。

すなわち、船員の手によるインプットデータは

- 1) どの係船機がどのグループに属するか
- 2) 各グループ索の本数
- 3) 各グループの平均索長さ（圧力制御方式の場合のみ）

4) 各グループ索の一本あたりの張力の制限値、許容値、基準値、変動値、設定値誤差

5) 船位の制限値、許容値

だけでよく、4)5)は港が異なっても同一の値を使用できるので、実質的には1)、2)、3)だけで非常に簡単である。

もちろんシステムとして制御精度を上げるためににはフェアリーダおよびビットの位置(X、Y、Z方向)をインプットすればよいが、現在以上精度を必要としないので、それらのインプットは省略した。

(4) 図1.2.2において索張力の変化の中で△印のものがあるが、これは長さおよび巾方向の変化量によっては張力が増加するし、また逆に減少することもあることを示している。しかし、これがいずれになるかの判定には索の方向が分らねばならぬので、本システムでは△印のものは原則として巻出し、繰り出しへ行なわぬこととしている。

現在までのシミュレーションによる検討では問題はない。

(5) 索の調整の緊急度に応じて本システムでは、船位と索張力の値により3段階のレベルを設けている。実船に本システムを適用する場合には、この3段階のレベルに加え、外力が急激に変化した場合、したがって、索張力が大きく変化した場合にただちに演算を行ない、指令を与えるプロセスを変化の度合に応じ、レベル1または2に加える必要がある。

(6) 釣合状態から索を巻出し、または繰出した場合は、または外力が変化した場合は、船は往復運動を繰返しながら減衰して次の釣合状態で静止する。係船ワインチに索保持能力があれば、いわゆるハンチング現象は起きぬが、船が岸壁より離れた状態にあるときは、運動速度が極めて小のため海水による摩擦抵抗が小さく減衰するのにかなり時間がかかり、また船が接岸しているときにはフェンダーと船体の摩擦抵抗のため減衰率は大きく短時間で静止状態になると考えられる。

これら係船状態の船体の運動特性については、46年度に船位センサーの実船テストを行なうときに確認を行ない、計測間隔を決める資料としたい。

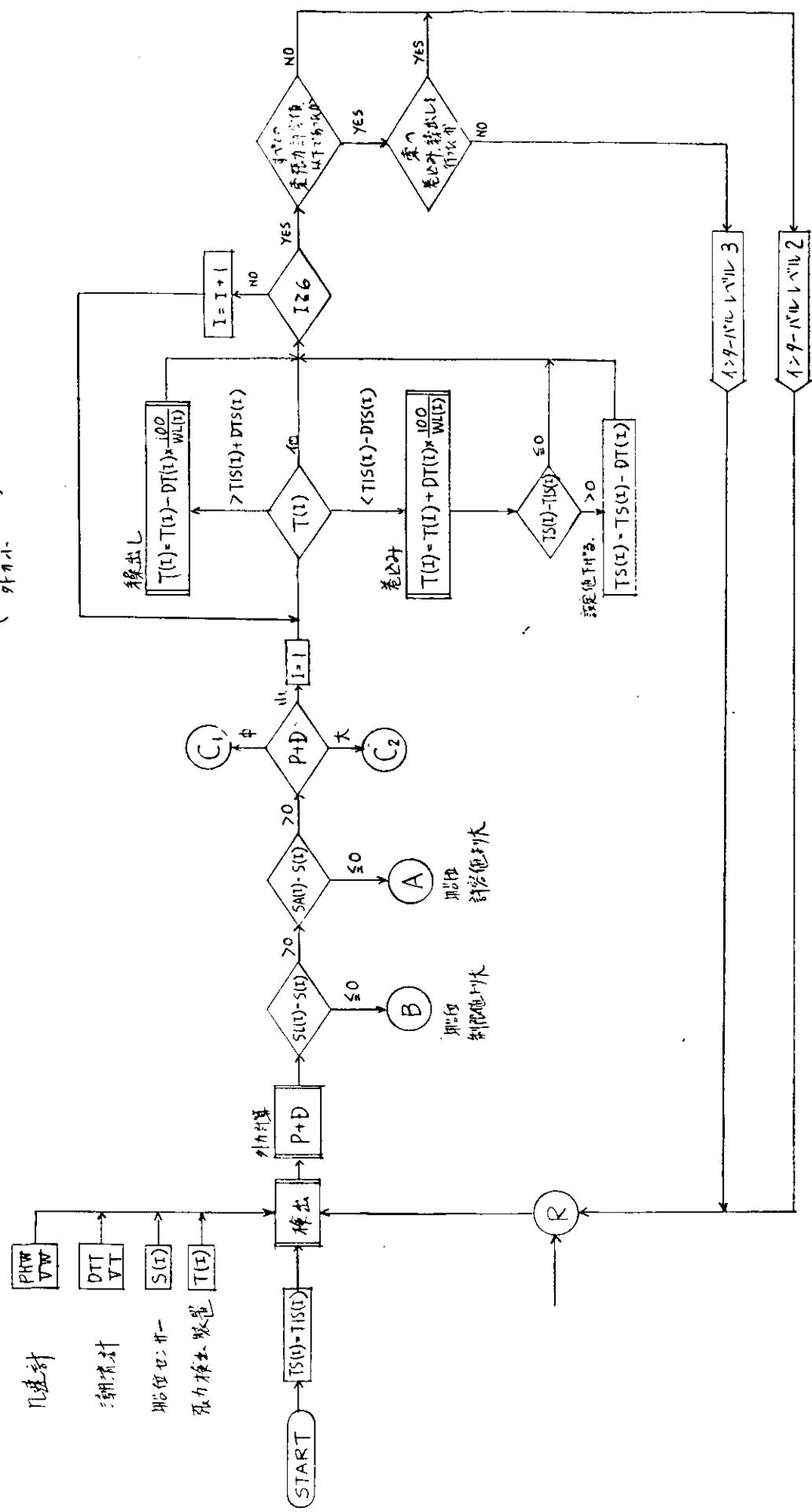
(7) 本システムプログラムは、係船ワインチに索保持能力があることが前提として書かれている。保持はブレーキでも、または機械的ロックでもよい。一方、単に油圧または蒸気圧とバランスさせる一定張力保持機械でも船位保持は可能と思うが、ハンチング現象を起こす可能性があるので、船の動特性とも合せ、十分検討の必要がある。

(8) 本システムのソフト関係は本研究をもって一応の見通しはついたが、本システム採用の場合には、係船機の制御は船橋または中央制御室より目で直接見ることなしに行なわれる所以

- 1) 確実に指令通りの操作が行なわれること。
- 2) 操作が安全に行なわれること。
- 3) 操作の結果が確実にフィードバックされること。
- 4) 機器に異常がある場合には、ただちに警報され必要な処置がとれること。

の条件を満足することが必要である。そして本システムをそれらの機器との組合せにより採用すれば係船中の省力化に貢献するであろう。

( 船舶制御システム )  
外力小



### 1.3 係船機器の集中制御方式の検討

44年度では、電動油圧駆動係船機を主体とした係船機器の高度集中制御方式の研究を行ない、機構上の問題点に対する具体的な検討と実験による確認を行なった。

45年度では特にタンカーで最も多く使用されている蒸気駆動方式の係船機について集中制御方式の問題点とその可能性を検討した。

#### 1.3.1 概要

蒸気駆動係船機は、従来から最も多く使用され船舶の大型化、自動化が進んでいる現在でもほとんどのタンカーではその安全性と経済性の見地からいまだにこれが使用されている。

反面蒸気駆動係船機が高度集中制御に適さないため、係船作業の自動化を遅らせている要因ともなっている。

従来、係船中のロープ保護および作業の省力化を目的として、開発された自動係船機は、係船中の船位保持を正確に要求されるタンカー等では適切なものではない。

すなわち

- 1) 係船中の索張力調整が困難である。
- 2) 自動係船機は自動捲込張力と自動繰出し張力の差が大き過ぎて船位の保持が困難である。
- 3) 使用前に蒸気係船機では各機ごとにドレン抜きを行ない、暖気運転を行なわねばならぬ。
- 4) 使用前に機械の各部に給油作業を行なう必要がある。

などの欠点がある。

これらの欠点の解消および集中制御に対する適応性を検討するために次のような項目について現状を分析し、利用できる技術の調査を行ない、改善の方法を検討した。

さらに適応制御システムとの結合についてその問題点および技術的 possibility の限界を考察した。

##### (1) クラッチブレーキの遠隔操作

船舶諸装置の自動化、省力化の進展に伴い、係船機械の遠隔操縦も最近は次第にその範囲と規模を拡大してクラッチブレーキへの適用もすでに実船で実現されつつあるので、今までに実施または計画されているものを調査し、集中制御方式への適応の可能性を検討した。

##### (2) ドレン抜きの遠隔操作

蒸気係船機の遠隔操作による暖機運転およびドレンの自動排出装置について検討した。

##### (3) 給油方式の改善

係船機場錨機の給油を集中化または無給油化することによる省力化について検討した。

##### (4) 蒸気方式のイコライジング

蒸気式係船機によるイコライジングの技術的 possibility について検討した。

##### (5) 張力検出

ストレンゲージ方式およびホリゾンタルローラー方式の試作実験を行ない、実用性を検討した。

##### (6) ハイスラックウィンチ

接岸時索取艇の船速に合わせて索を繰り出すためのハイスラックウィンチを検討し、概略仕様の設計を行なった。

#### 1.3.2 クラッチおよびブレーキの遠隔操作

昨44年度までは、取扱い上の容易さの点から、単胴の電動油圧式係船機を使用する場合を前提にして、係船作業の合理化に関する各種の研究が進められてきた。

しかしながら、船の巨大化が進んで係船機の必要装備台数が増し、また、それらのほとんどがタンカーであるため、蒸気を使うところから、係船機は蒸気式で2個または3個の巻胴を持つものが要求されるようになってきた。

このことは、経済性の面からは当然であり、係船作業の性質からみても差支えないので、現在建造中の巨大船の実情

もこの通りである。

したがって、このような傾向は、まだしばらく続くものと思われる所以、本年度は蒸気式多胴型係船機の遠隔制御、特に巻胴の切換へ作業、すなわち、クラッチとブレーキの遠隔操作について検討した。

調査によると、従来は、蒸気係船機は遠隔操作に適さないし、また、その必要もないと考えられてきたが、最近ではそれが改められ、合理化上の要求もあって遠隔操作付の蒸気係船機の需要が次第に活発になってきている状況にある。

蒸気式係船機械の遠隔操作技術の現状は、試行錯誤の状態から脱し、やっと実用段階に入り始めたところであるように思われる。速度、ブレーキの遠隔操作については実績がかなりある。クラッチ操作に関しても、まだ不十分であるが、これも一応問題ないと考えられる。今後は経験と実績によって信頼性の高いものにすることである。

なお、上記の実績のほとんどは、機械を肉眼で直接監視できる場合のものであって、たとへば、船橋操作等のごとく、機械が直接に見えない場合の遠隔操作または制御については、機械の性能、信頼性、安全性等も含めてメーカーの今後の努力に期待したい。

#### (1) 係船機械の遠隔操作について

係船作業合理化の一環として、係船機のセントラルコントロールまたは、その前段階としての船首部または船尾部等におけるローカルコントロールが考えられている。

機械を遠隔操作する目的は、

1) 危険な範囲外の安全なところから操作する。

2) 情況判断のしやすい場所で操作する。

3) 一人で数台の機械を同時または交互に扱う。

4) 命令伝達経路を縮め、急速正確な操作を可能とする。

5) 適当な監視装置と組合せて、総合的な操作または自動制御を行なう。

などであるが、遠隔操作を行なうためには、機側における手動操作を動力化してやる必要がある。

最近は機械の大型化、強力化に伴ない、人力では敏速な操作が困難になつたので、操作の動力化が行なわれ、そのため遠隔操作が行なわれ易い傾向になってきている。

係船機械の遠隔操作の従来の目的は、上記1)、2)または3)であったが、今後は係船作業の合理化が集中制御を目指しているので4)、5)が遠隔操作の主目的に変つてゆくものと考えられる。

係船機械の集中制御の段階として、まづ、ローカルコントロールが取上げられる理由としては、遠隔操作スタンドから操作する機械群を直接に監視できるからである。

このことは、監視機構を大幅に削減できる点で経済的効果が非常に大きく、また、取扱操作の点でも極めて便利である。一例をあげれば、制御系統の故障の場合でもすぐに機側操作に切換えて作業を続けられるから、非常事態を回避することができる。

セントラルコントロールを行なう場合は、操作部分の動作検知機構のほかに、一般的な機械の異常を検知するものが必要となる。また、周囲状況の監視や警報装置も必要である。

この場合に重要なことは、機械自体および制御、監視系に信頼性と安全性の高いものを選んで事故の発生を防ぎ、必要とする監視機器類を極力少なくすることである。

#### (2) 遠隔操作の種類と現状

係船機の遠隔操作をする個所は、一般的には表1.3.1に示す程度である。

速度と力量の遠隔操作は、互いの動作に関連があるので、両者は通常同時に操作される。そしてこれは早くから実用化されているものである。

しかし従来は、安全で見易い場所で運転操作することだけが目標であったが、最近は人手を減ずるための集中化と、さらに進んで人手を要しない自動化にと目的が変つてきている。

表 1.3.1 係船機の遠隔操作個所

項目 機種別	操作個所または制御内容		
	蒸気式	電動油圧式	電動式
1 速 度 (ロープ速度) (正逆回転)	逆転弁開度 多位置制御	ポンプ吐出量または 流量制御弁による	電圧、電流、周波数 極数などの変更 回路切換
2 力 量 (ロープ張力)	逆転弁開度 多位置制御	作動油圧 圧力調整弁の制御	同 上
3 ブレーキ (荷重保持力)	ブレーキバンド張力 荷重制御	同 左 または油圧モータによる制動	同 左 または電動機付電磁 解放ブレーキ
4 クラッチ (巻胴切換)	爪式移動 摩擦式締付け 2位置制御	同 左	同 左

このためには、制御の内容も、適切な計測、検知装置と組合わされた精度の高い定量的な制御技術が要求されるようになってきている。

遠隔操作における高度な制御技術の難易さを機種別にいえば、比較的に容易なのは電動式と電動油圧式であって蒸気式は現在の機構のままでは非常に困難である。

蒸気式の制御式の制御上の欠点は、蒸気は圧縮性があり、さらに温度変化に敏感であることと、機構的な欠点として回転トルクが速度の影響を受け、かつ回転中に変動することである。また、往復動機関であるために作動圧力が一定でなく、蒸気流量も脈動するため正確な制御は期待できない。

したがって、機構的な改善によって以上の欠点を除いてゆかなくては蒸気式係船機の将来性は限られたものとなるよう思われる。これについてはすでに各メーカーにおいて種々の改善が試みられているようであるが、さらに今後の一層の努力を期待したい。（図1.3.1-1に蒸気弁開度制御例を示す）

ブレーキの遠隔操作は、省力化の面から一部の機械に使用されていたが、特殊用途のものが多く、まだ一般的ではない。ただし、揚錨機用については、すでに操作力が人力の限界にきてるので、動力化と安全操作のための遠隔操作が急速に普及し始めている。（図1.3.5～1.3.7参照）

また、このブレーキの制御方法は、単純なON、OFF 2位置切換だけでなく、制動力任意選定へと進んでおり、一部に投錨時の速度制御を兼ねた動力吸収用水ブレーキを備えるものまで計画されている。

クラッチの遠隔操作については、特殊船（作業船など）に従来から使用されていることを除いては、一般貨物船、タンカーなどではほとんどその例を見ない。

これは、他の操作にくらべて使用頻度が少なく、あまり必要性がなかったことによるものと思われる。

今後の傾向として多ドラムウインチを遠隔制御することが予想されるので、この実施に際しては、過去の実績や経験を十分に活用して、無駄な失敗を避け、経済的にも優れたものを開発されることをメーカーに期待する。

蒸気式係船機の集中制御における、クラッチ、ブレーキの遠隔操作は、実施例が乏しいが技術的に困難な点はない。（図1.3.9および1.3.10参照）

#### (a) 遠隔操作機器について

遠隔操作方式を操作機器の面から見ると、現在一般に使用されているもので、係船機械に用いられるものは、表1.3.2に示すようなものである。これをさらに図式化して、機械間の関連を理解し易く示したものが表1.3.3である。

表1.3.2 遠隔操作用機器（係船機械用）

操作動力	使用器具			制御動作その他
	遠隔操作器	→伝達部	→操作機器	
手動直接式	操作用弁を遠隔設置	パイプ	なし	直接流量(弁開度)制御
手動機械式	ハンドル レバー ペタル	スピンドル ロッド チェーン	ハンドル レバー	2位置(ON OFF) 制御 比例位置制御
手動油圧式 (動力源を要しない)	ハンドポンプ(図1.3.3) 足踏ボンブ(参照)	パイプ	油圧シリンダー 油圧比例動作シリンダー	2位置制御、力量伝達 多位置制御
	ピストン弁(図1.3.4) 参照	パイプ	油量比例動作シリンダー	比例位置制御
油圧式 (大出力が得られる)	切換弁 圧力制御弁 (図1.3.5参照)	パイプ パイロット弁を使 用する時には細い 管径にできる。	油圧シリンダー 圧力サーボシリンダー 油圧モーター トルクアクチュエータ	2位置制御、力量伝達 比例位置制御
空気圧式 (漏洩があつても安全で 汚損しない)	切換弁 圧力制御弁 (図1.3.8および 1.3.10参照)	パイプ	空気シリンダー 空圧サーボシリンダー ダイヤフラム弁 エヤーモーター	(上記油圧式と同じ)
電気式 (長距離用に適す)	スイッチ ポテンショメーター	電線	電動機電動弁 電磁弁(油圧、空気圧) 電磁クラッチ ブレーキ	2位置制御 比例位置制御

以下それぞれについて、若干の補足的説明をする。

手動の直接操作や機械式延長は、機械配置の点で非常に制約を受ける。これは1台または2台までの制御用で、制御箇所も1~2箇所の場合までに限られる。

操作動力の種類別の比較においては、

安全性 空気が良く漏れても危険でない、電気は防爆型が必要である。

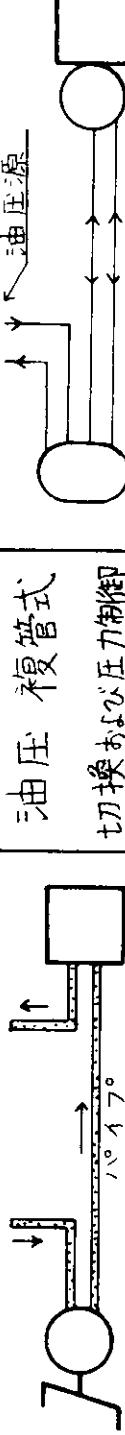
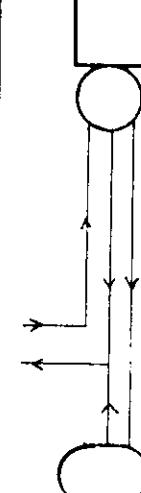
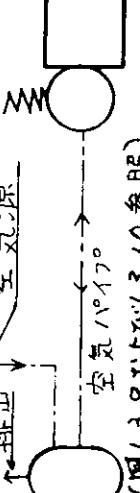
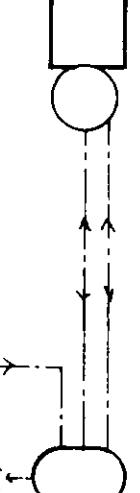
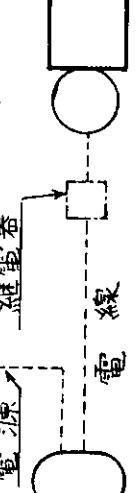
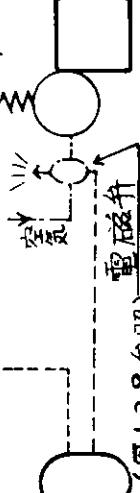
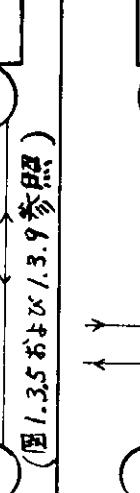
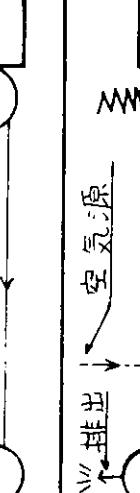
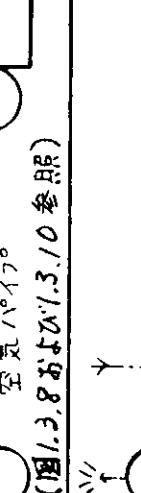
長距離間 空気は遅れができる、油圧は抵抗損失が大きく不適当、電気がよい。

操作器の重量 空気式が最も軽い、電気式は減速装置があるので重くなる。

伝達応答速度 油圧が速い、空気は距離により異なる。

最も配管を短くする方法は、電磁弁と空気圧式の組合せであって、これは出力が大きく、電気的にシーケンス制御やインターロックが容易にできるので複雑な制御も可能であり、距離的な制約はまったくない。空気式の油圧式にくらべての特徴は、各操作器または電磁弁において不要の排気をその場で放出できるために戻り管が不要となる

表1.3.3 遠隔操作機器動力別接続図

種類	接続図	重量 kg	類別	接続図
遠隔配置 手動直接操作		油圧複管式 切換および圧力制御		(図1.3.5および1.3.9参照)
機械式延長 手動操作		油圧多管式 切換および背圧制御		(図1.3.5および1.3.9参照)
手動油圧式 單管式自動復帰		空気單管式 自動復帰		(図1.3.8および1.3.10参照)
手動油圧式 複管式		空気複管式 切換および背圧制御		(図1.3.4参照)
油圧單管式 自動復帰		電気直接 (電動または電磁操作)		(図1.3.7参照)
油圧複管式		電気間接 電磁弁操作		(図1.3.8参照)

ことであって、配管が単純化する。配管の複雑化を防ぐために制御個所の多い場合には、空気式が使われることが多い。手動油圧式の比例シリンダーは、油量型から圧力型に変ってゆく傾向にあるが、これは容量型が内外部の漏れ、空気混入、温度変化に対し誤差を生じやすいからである。遠隔操作を含めた自動化全体に対する制御方式の比較表を表 1.3.4 に参考用として引用した。

### (3) 係船機械のクラッチおよびブレーキ

係船機械のクラッチとブレーキは、ともに巻胴と他の部分とを連結するためのもので、交互に使用される。したがって、両者には共通点も多いので以下これらの種類、特徴、遠隔操作上の注意事項等について同時に検討結果を記してゆく。

表 1.3.1 「係船機の遠隔操作個所」に示されているようにブレーキもクラッチも機種別で制御内容が異なることはない。これは動力部分に関係のない巻胴用のものであるから当然である。しかしながら実状は、蒸気式係船機でクラッチまたはブレーキの遠隔操作を行なっていた例はほとんどなく、電動または電動油圧式のものにしか採用されていなかった。最近は蒸気式の多胴型係船機の使用が盛んになってきているので、遠隔操作のクラッチやブレーキの装備された係船機が普及することは間近く、すでに計画中または製造されつつあることが知られている。

從来なぜ同じ構造でよいはずのクラッチやブレーキの遠隔操作が、蒸気式の場合に普及しなかったか、理由をあげて今後の資料としておきたい。

- 1 ) 蒸気式係船機は、ドレン抜、注油、暖機運転等の機側作業が必要で、完全な遠隔操縦化できない。
- 2 ) 蒸気式係船機は、他機種にくらべて速度力量の制御が難しく、機側監視の必要度が高い。(技術的理由)
- 3 ) 蒸気だけで運転できるために遠隔操作用の動力となる別の動力源を新に準備する必要がある。
- 4 ) 蒸気式は、他機種にくらべて比較的に低価格であることが大きな利点であった、そのため、遠隔操作装置をつけて価格が割高になることが敬遠された(経済的理由)

### (a) クラッチおよびブレーキの構造

表 1.3.5 にクラッチ、ブレーキの結合状態による分類を示したが、係船機用としては曝露部に置かれて、保守も十分にゆきとどかないでの、構造が簡単で故障の生じないものでなくてはならない。

係船機用のクラッチとしては、小型で伝達トルクの大きい爪クラッチ(クローラー型)が一番多く使用されている。次に任意の位置で結合できる利点を持つ、バンド式クラッチと内歯式クラッチに使用実績がある。特別な場合を除きこれら3種類のものが係船機用に適当である。

図 1.3.1 に上記3種類のクラッチ構造を示す。

#### 爪クラッチの特徴と使用上の注意

- 1 ) 構造が簡単で、伝達トルクが大きく、割合に小型。
- 2 ) かみ合い型なのでスリップなく、確実な伝動可能。
- 3 ) 嵌脱のための操作力は少なく、位置保持力も僅少。
- 4 ) 嵌脱は軸方向に摺動し、無負荷時のみ嵌脱可能。
- 5 ) 不十分な嵌合は破損を招く、位置保持は正確にする。
- 6 ) 嵌合可能個所は、1回転中数個所しかない。

以上の特徴があるため、爪クラッチの遠隔操作のときには、摺動側の爪を固定側の爪に押付けながら微速で回転させて位相が合った位置で急速に移動させ完全に嵌合させる。外す場合も、停止後に伝達トルクを消すためにわずかに逆転させながら急速に離してやる必要がある。このためには、爪の摺動速度と爪の隙間が微速回転速度に見あったものでなくてはならない。「摺動に要する時間」<「爪の隙間分を回転する所要時間」

爪の隙間は強度上から大きくできる限界があるので、できるだけ微速回転できる必要があり、その際に可能

表1.3.4 自動化の諸方式の比較検討(東京工大の辻教授による)

	機械方式	電気方式	電子方式	油圧方式	空気圧方式
操作力	あまり大きくない	あまり大きくなない	小ささい	大きい(数10ton以上まで可)	やや大きさ(約1ton程度まで)
操作速度	小ささい	大きい	大きい	やや大きい(1%程度まで可)	大きい(10%まで可)
速応性	中	大	大	大	小
負荷に対する特性の変化	ほとんどない	ほとんどない	ほとんどない	少しはある	特に大きい
確動性(位置決め)	良	好	好	やや良好	不
構	普通	普通	やや複雑	やや複雑	簡単
配線	特にない	比較的大	複雑	複雑	やや複雑
環境	温湿度	普通	注意	70°C程度まで普通	100°C程度まで普通
	腐食性	普通	注意	普通	ドレンに注意
	振動	普通	注意	普通	普通・酸化に注意
保	守動	普通	注意	心配少ない	心配少ない
	危険性	特に問題ない	漏電による問題ない	引火に注意	ほとんどの問題ない
信号	変換	困難	容易	困	比較的困難
遠隔操作	作業	困難	特に良好	良好	良好
動力源故障時	作動しなくなる	作動しなくなる	作動しなくなる	アキュムレータを付ければ若干作動する	若干の余裕がある
据付位置の自由度	少ない	あり	あり	あり	あり
無段変速	やや困難	やや困難	やや困難	良好	良好
速度調整	やや困難	容易	容易	容易	やや困難
価値	普通	普通	やや高い	やや高い	普通

な限り低トルクであることが好ましい。これは低トルクであると、嵌合時にブレーキに与える影響が少なくて済むからである。また、爪クラッチの操作用機器は、速度を早くするために空気シリンダ式がよいか油圧式のときは、中間にはねを入れて爪速度を増す。（図1.3.9 参照）

表 1.3.5 クラッチ、ブレーキの結合状態による分類

結合状態	クラッチ	ブレーキ	特徴
凹凸(爪)を嵌めあわせる (かみ合型)	※爪クラッチ クロークラッチ	(使用できない)	伝達トルクが大きい 操作力が僅少 スリップがない
円板の両面をはさむ、	単板クラッチ 多板クラッチ	ディスクブレーキ 多板ブレーキ	回転速度の大きい所 に使用可能
円錐を嵌めあわせる	円錐クラッチ	円錐ブレーキ	
円筒を帶で締める	※バンド式クラッチ	※バンドブレーキ	操作力が割合に少 伝達(制動)トルク大
円筒内面にブレーキシュー を圧着する	※内拵式クラッチ 遠心クラッチ	内拵式ブレーキ ホイルブレーキ	配置的に有効な場合が ある
円筒外面をブレーキシュー で締めつける	※エヤーフレックス型	ブロックブレーキ	緩制動
流体の抵抗で結合	トルクコンバータ	水ブレーキ	低トルク起動、可変トルク減速、動力吸収用
無接触電磁結合		発電ブレーキ 渦流ブレーキ	減速用
逆相ブレーキ	(使用できない)	逆転ブレーキ	急制動

※印は係船機械用として一般的に使用されている。

機械的摩擦力で結合するものは、クラッチ・ブレーキの両方に使用できる。

#### (b) バンド式クラッチの特徴

- 1) 摩擦クラッチであるので任意の位置で嵌脱ができる。
- 2) 回転中でも、負荷があっても嵌脱が自在である。
- 3) 過大な負荷に対しては、スリップを生じて機体および動力伝達部分を破損させない。
- 4) 卷綱の延長部またはフランジ部をクラッチ構造に利用できるので有利である。
- 5) 締付装置自体が回転しているため、操作動力は回転軸を通して供給する必要があり、通常は軸端の回転接手(ローターシール)から供給される。

以上のような特徴があるために操作機器としては、普通エヤーシリンダが使用される。これは回転部に重量変化を与える、また、万一漏洩があった場合にもブレーキ面を油で汚損するなどの被害のないように考慮したためである。

使用実績の一例として、図 1.3.10 に 40 ton ウインチ用のものを示す、操作動力は 7 kg/cm<sup>2</sup> の圧縮空気である。

#### (c) 内拡式クラッチの特徴

バンド式クラッチに比べて伝達トルクが少ないが、その他は全てバンド式クラッチと同じであり、負荷が過大になった場合にスリップしてもよいものには適当である。

構造的に円筒の内部に納まるので、ブレーキドラムや大歯車や巻胴等の内部を利用して装備することができ、機械の配置上のクラッチスペースを節約するなどの使用法も可能である。

また、操作機器の点では、操作力を軸方向から半径方向に変換する機構を組めば、外部固定シリンダーで操作することもできるから、この場合は回転軸中に空気を通す必要はない。

ブレーキシューの加圧にゴム袋を使用するものでは、ブレーキシューが円周上全面に配置され、平均に摩擦力を発生するため大きな伝達トルクが得られ使用空気圧に比例トルク容量が正比例的に変化するのでトルクの制御が容易に行なえる特徴がある。（図 1.3.1 の D・E 参照）

係船機用のブレーキは、特殊なものを除いて全てバンドブレーキである。これは構造が簡単で、操作力の割合に非常に大きい制動力を出せることと、巻胴のフランジ外面をブレーキドラムに使用できて経済的に有利なためである。バンドブレーキを遠隔操作にする場合に注意することは、クラッチとの関係で、通常は両者が誤操作によってともに解放されることのないようにインターロックしておく。

また、用途に応じて操作機器と復帰装置の組合せに各種の方法があるのでこれを図 1.3.2 に示す。いづれの場合もあまり急速にブレーキが掛らぬようにして衝撃荷重の増大を防ぐ考慮が必要である。同図中に示す 2 巻バンドブレーキは、正確には 1 3/4 巻であり、通常の 3/4 巻のバンドブレーキにくらべて制動トルクが極めて大きい。この種の実績としては、巨大船等用大型ウインチ用として、計画ブレーキ力 100 ton のものが試作されている。

係船機のクラッチ、ブレーキの遠隔操作に関する以上の説明の参考用として、図 1.3.3～1.3.12 の 10 枚を添えたので説明の不十分なところは、これを参照して理解の補助として欲しい。

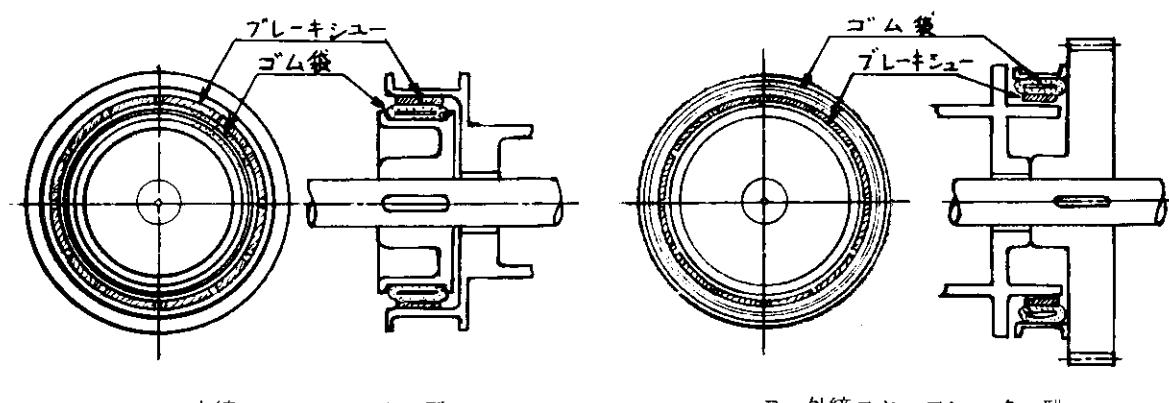
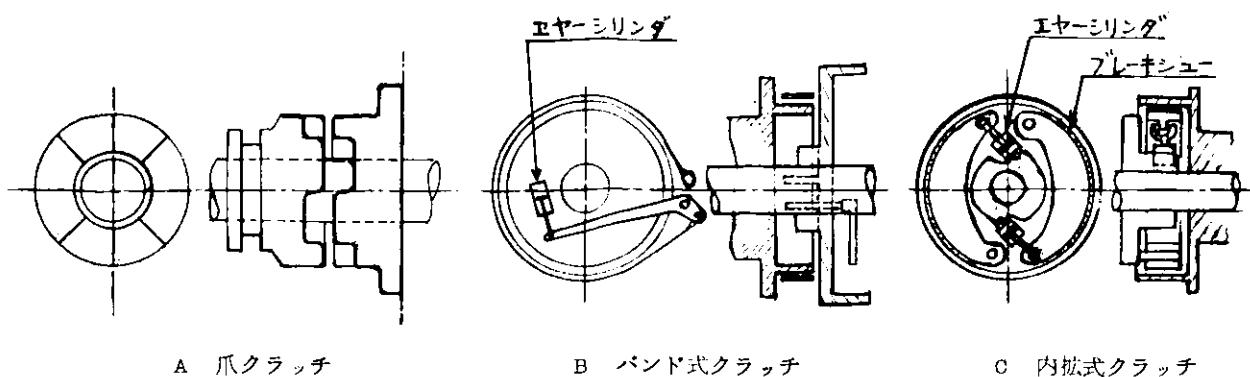


図 1.3.1 クラッチ構造

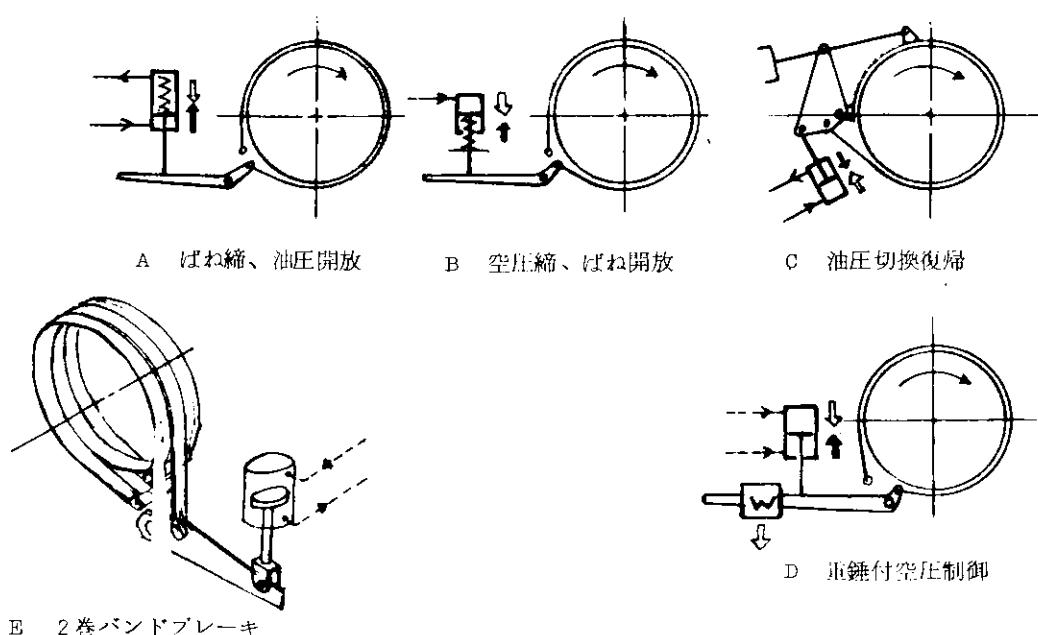


図 1.3.2 バンドブレーキの操作機器の組合せ

ブレーキ 油圧式遠隔操作装置

仕 様		
要 目	起 動 部	受 動 部
最 大 推 力	200kg	185kg
最 大 ストローク	65mm	75mm
有効シリンダー容積	35cc	34.6cc
有 効 作 用 面 積	5.38cm <sup>2</sup>	4.62cm <sup>2</sup>
最 大 離 力 時 油 圧	37.2kg/cm <sup>2</sup>	40kg/cm <sup>2</sup>

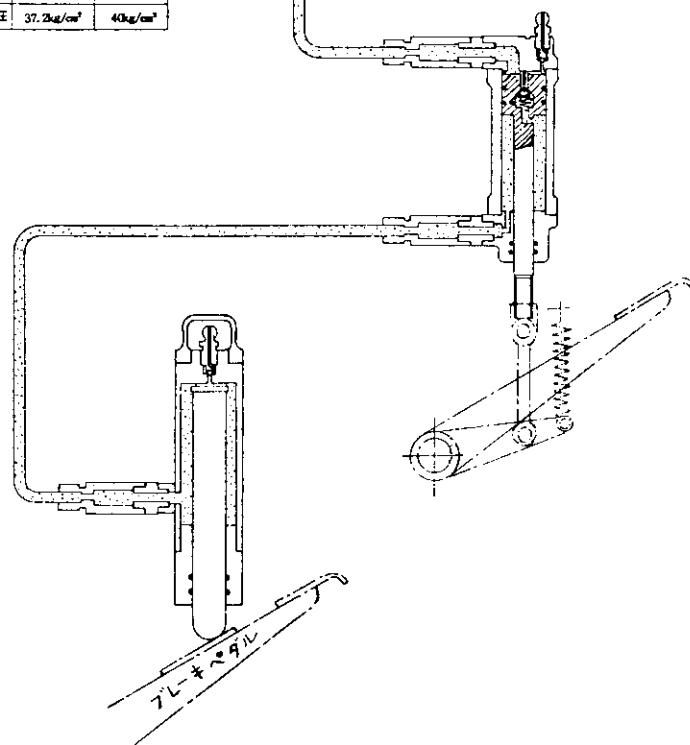


図 1.3.3 手動油圧式 遠隔操作装置

#### 手動油圧式 遠隔操作装置

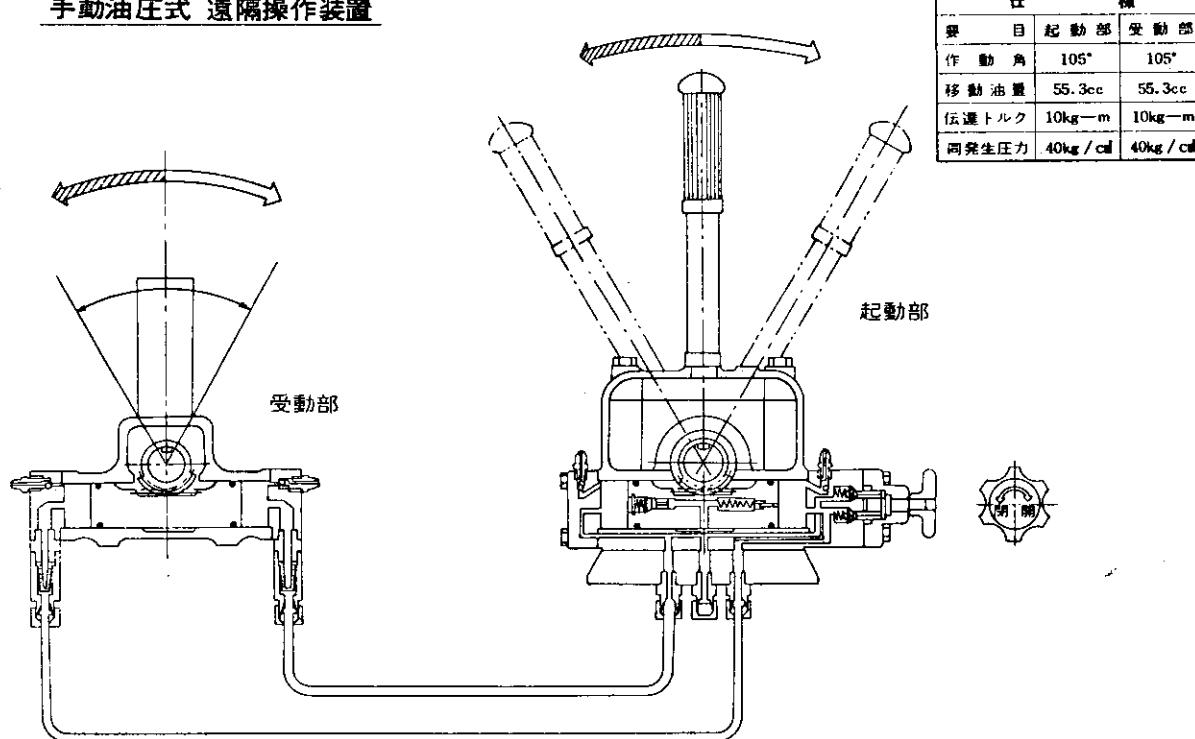


図 1.3.4 手動油圧式 遠隔操作装置

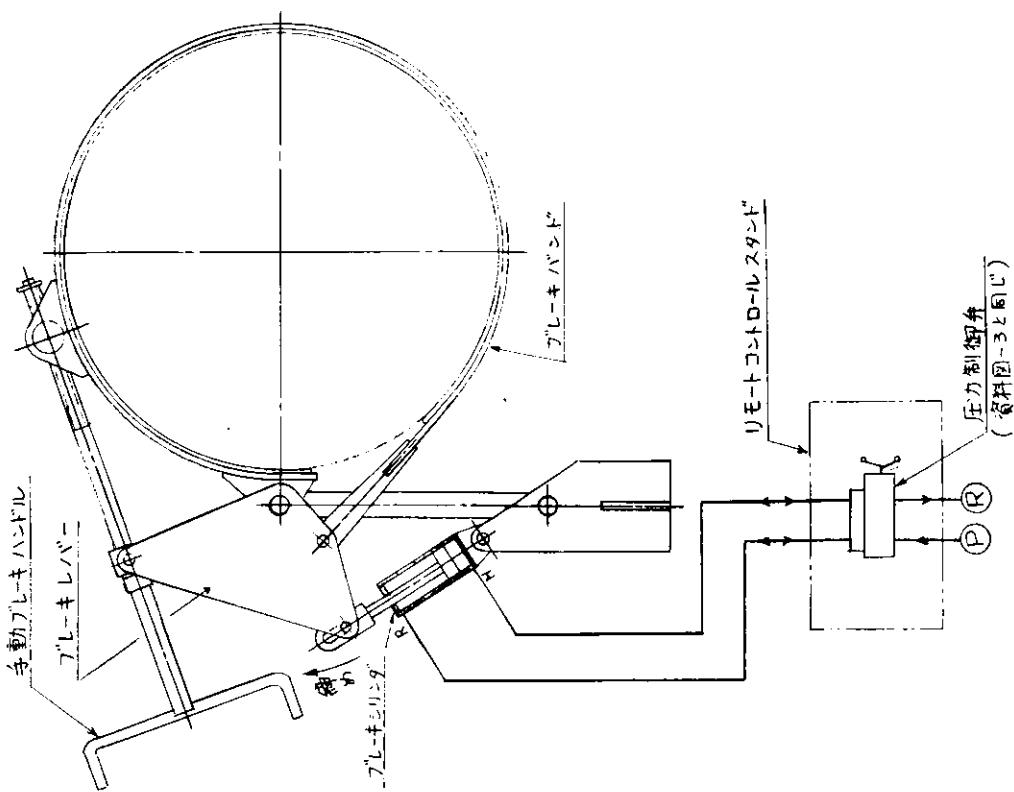


図 1.3.6 油圧式バンドブレーキ  
(資料図-3と同じ)

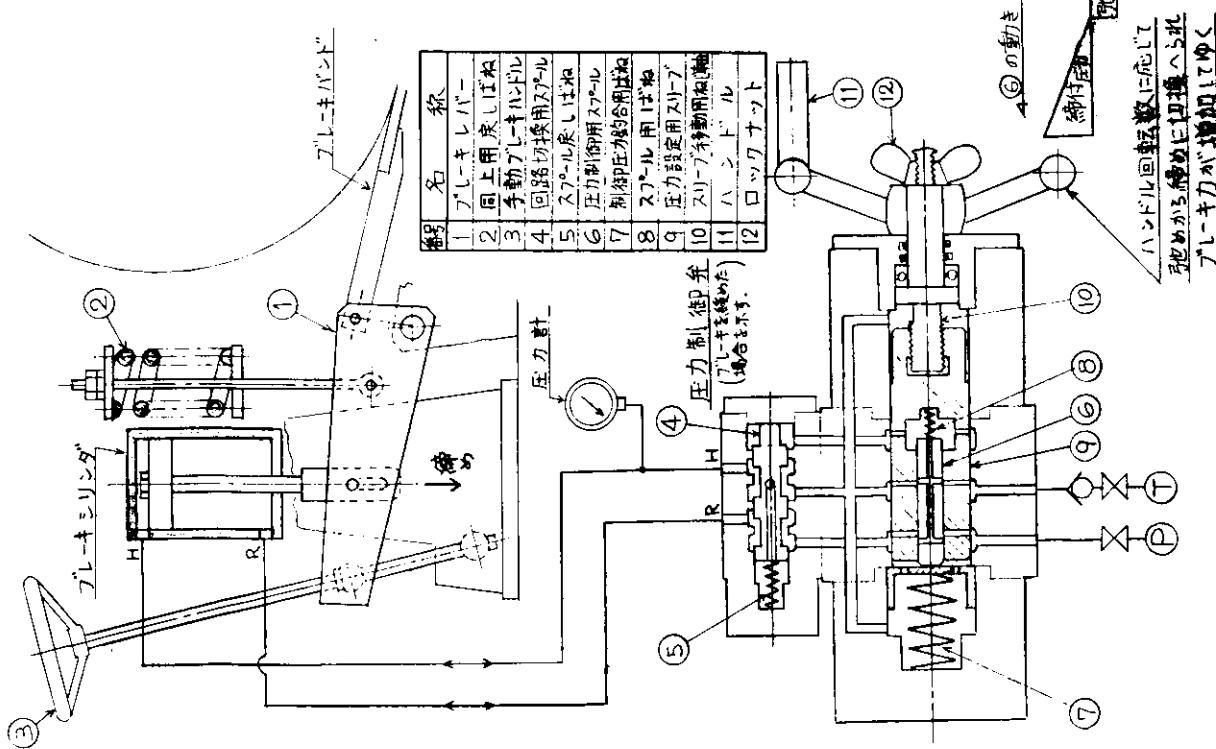


図 1.3.5 油圧式バンドブレーキと圧力制御弁

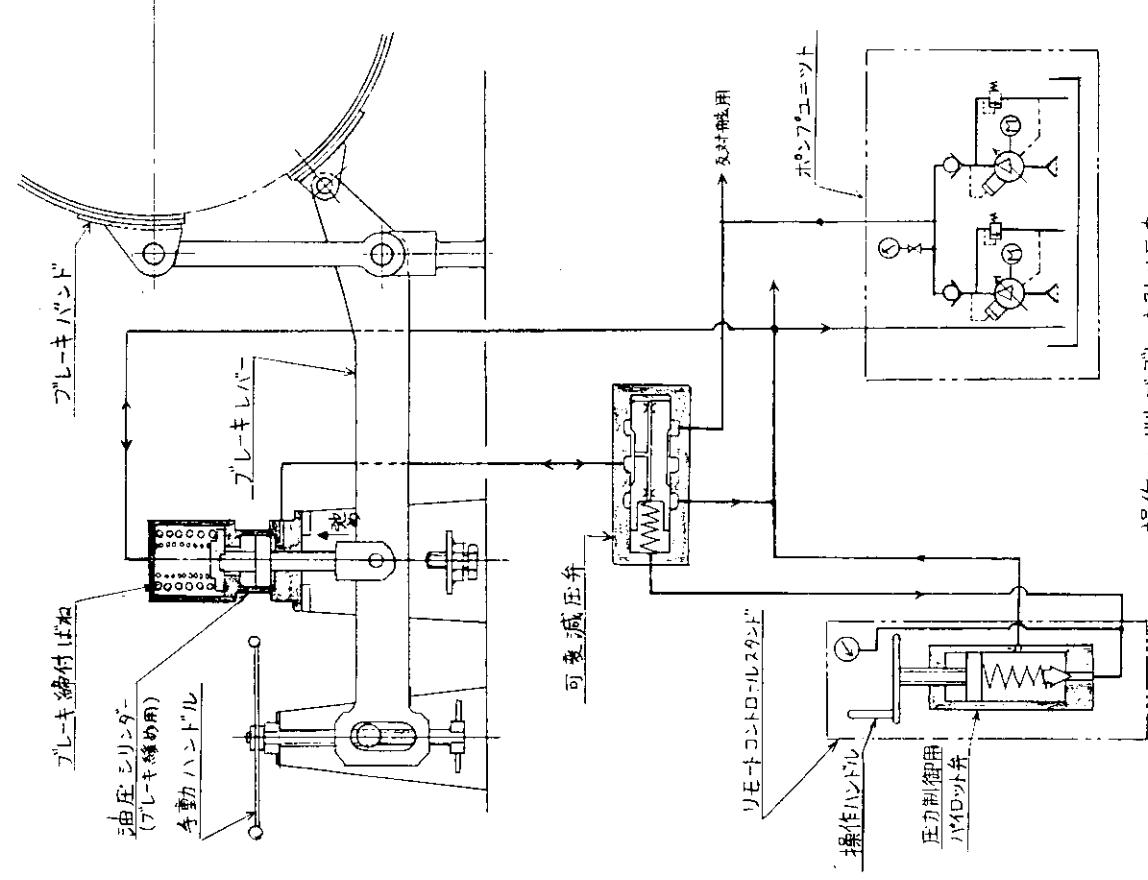


図 1.3.7 ばね締付、油圧端放式遠隔操作ブレーキ

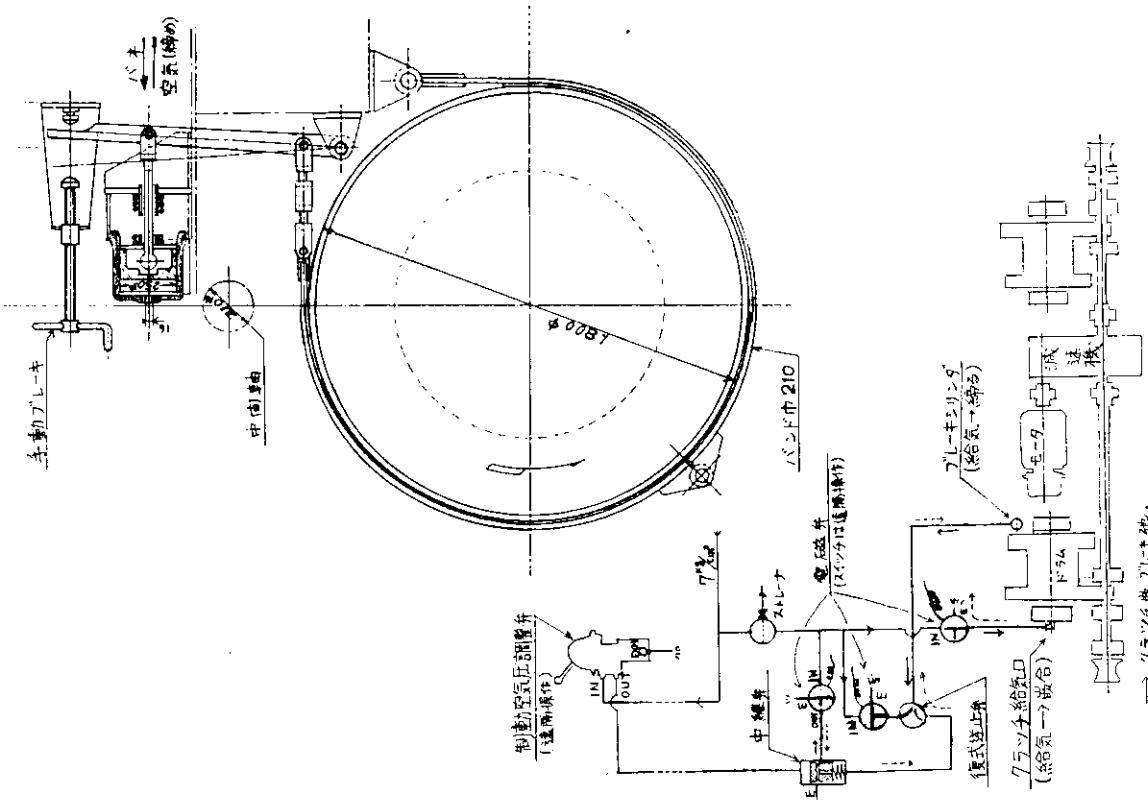


図 1.3.8 空気圧制御可変制動力バンドブレーキ

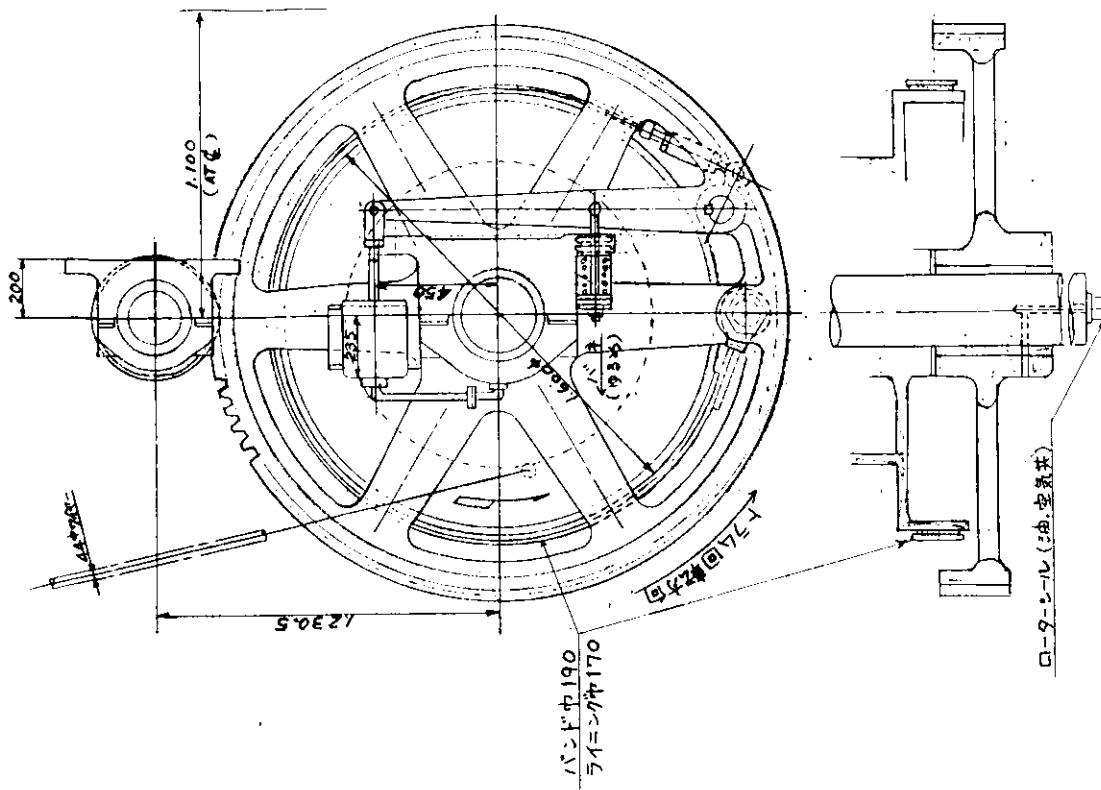


図 1.3.10 空気圧作動バンド式クラッチ  
40 T ウインチ用伝達トルク 23 T-M

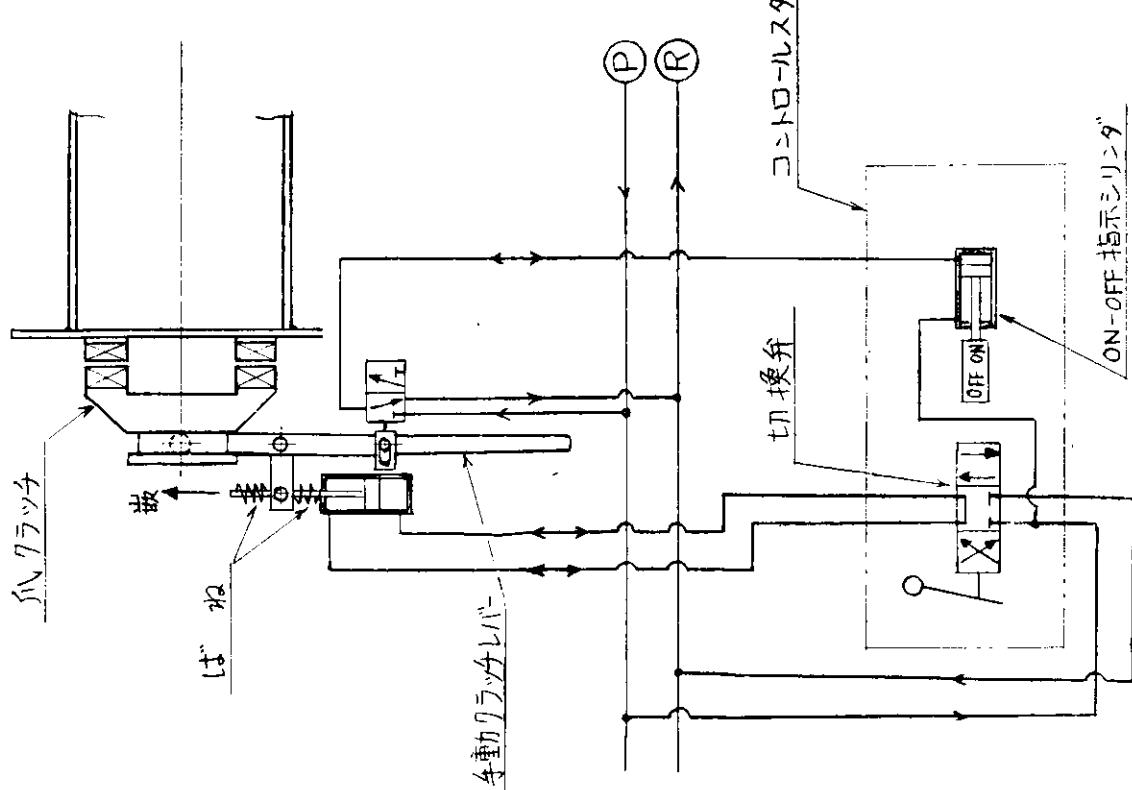


図 1.3.9 油圧式クラッチ切換装置

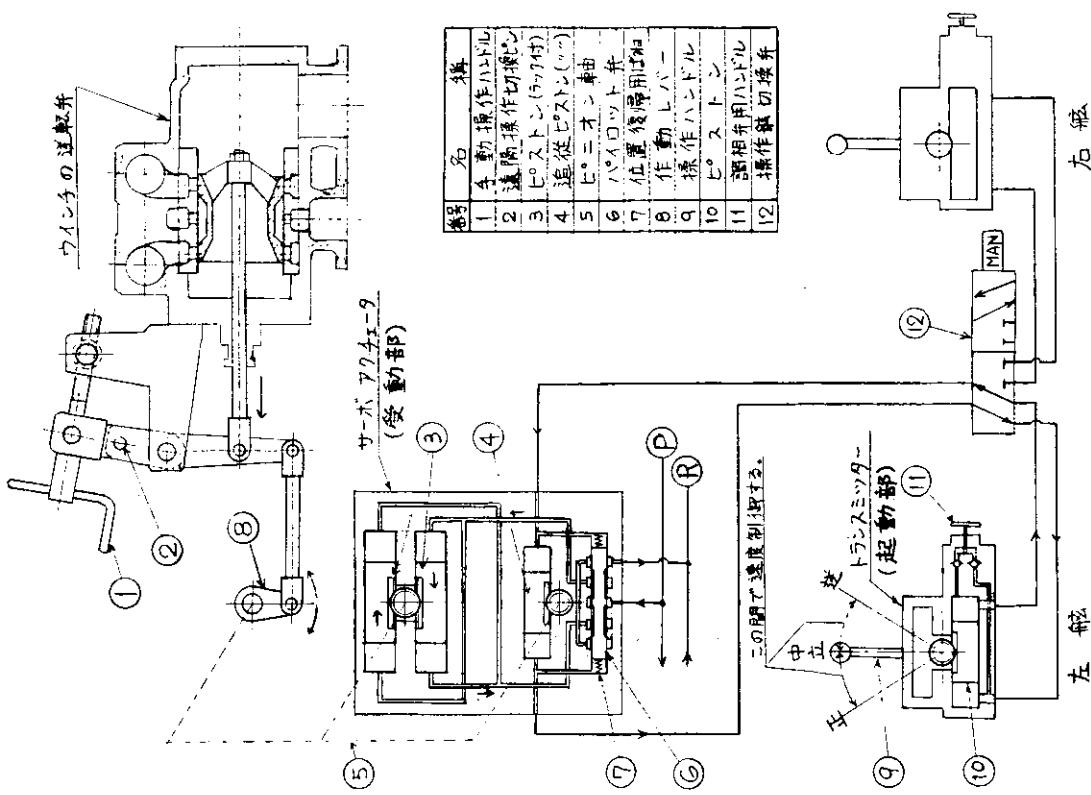
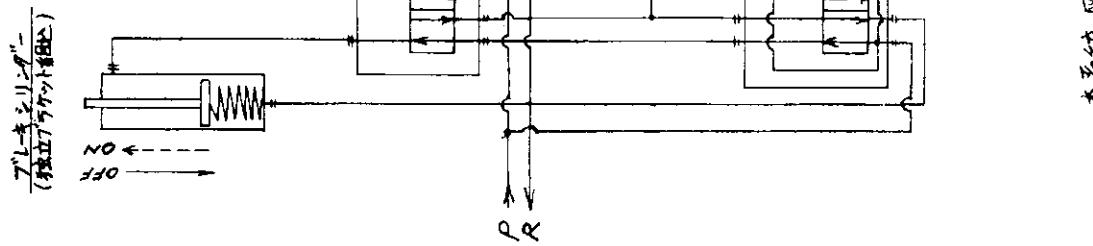


図 1.3.11 油圧式サード御装置（蒸気弁開度）



本系統図はランチ "ON" プル-オフ "OFF" を示す

### 1.3.3. ドレン抜きの遠隔操作

現在、一般に採用されている蒸気係船機の蒸排気管系統図を図1.3.13に示す。

この場合、入港前には

- 1) 蒸排気管およびシリンダー内のドレン排出
- 2) 暖機運転

の準備作業が行なわれる。

また、岸壁接岸時にも係船機の定常運転に入る前にドレン抜きが確実に行なわれているか検するため排気弁を一時開放して確認運転が行なわれる。これらの諸作業は配管系統および係船機保護のためにかかせない。

これらの諸作業を遠隔操作に置き換えた例を図1.3.14「蒸気係船機の遠隔操作暖機運転系統図」に示す。(この装置は蒸気駆動ストリッパーポンプの遠隔操作に採用されているものを応用したものである。)

#### (1) 遠隔操作装置の作動説明

1) この例では操作場所は非防爆区画においている。

2) 操作は

- イ) 各蒸気シリンダーおよび、蒸気バイパスラインおよび排気管に設けられたドレン排出用空動ピストンバルブ開。
- ロ) 通気後、タイマー設定時間経過後ドレン弁は閉(タイマーは任意に時間設定可能)  
以上でドレン排出。
- ハ) 暖機はダイヤフラムコントロールバルブを開として通気運転により行なう。タイマー設定時間の経過により、暖機完了を確認する。

暖機運転完了後、岸壁接岸時の係船機定常運転間は、ダイヤフラムコントロールバルブの開度を調整し、一部通気運転を行ない、暖機完了状態を常に継続する。

なお、図1.3.15オートドレンを各シリンダーに装備することによって、ドレンは自動的に排出され、蒸気シリンダー保護の役割を果す。この装置は、試用の段階で製品としての信頼性と一機当たりのコストが高い点である。

### 1.3.4. 給油方式の改善

揚錨機、係船機の給油は、毎航入港前にスタンバイ作業としてグリース・ガンをグリース・ニップルへ嵌合させ手動給油を行なったり、揚錨機のオープンギヤーへは布片等でオイルを塗布している。大型船になると係船機台数も十数台となり、給油個所も一台当たり数個所となり、その作業は容易でない。

これらの作業を減少させ、省力化を計って今後の自動化船に適用できるような給油方式の検討を行なった。前提として現在市販されている密閉型揚錨機、係船機を対象とし、給油作業の簡易化のためにそれらの形状を変更しないこととした。

#### (1) 給油個所の検討

揚錨機、係船機の給油個所を図1.3.16および図1.3.17に示す。各部に対する油の種類(グリース、オイル)、

現在の給油方法、各部材にかかる荷重の大小、給油目的などを表1.3.6および表1.3.7に示す。

ただし、M:汎用グリース

O:オイルバス用ギヤオイル

ロ:開放歯車用オイル

S:滑り

W:摩耗防止

T:温度上昇防止

この表から油の種類、給油方法は、ケーシング内はオイルバス用ギヤオイルを密封し、クラシクベッドの回転によるスラッシュにより給油、揚錨機の⑩、⑪歯車は開放歯車用オイルを塗布、その他はすべてグリースをクリースガンにより給油している。荷重は軸受のように非常に大きいものから、クラッチレバーのように小さいものまである。給油の目的は滑りがほとんどで、温度の上昇防止は軸受ブッシュ等である。

## (2) 給油ポンプ、配管等の検討

### (a) 給油ポンプ

集中給油方式のグリースポンプとしては手動、機械駆動、エア駆動、カム駆動、電動がある。入港前一回給油する程度で、まず十分であることから考えて鎖車、ドラム回転時に強制給油するほどのこともないと思われる所以手動でよからう。

### (b) 分配弁

図1.3.18のように親分配弁と子分配弁を設けたのは、給油ポンプ付近に分配弁を設けると機器の給油口までの配管が長くなり、給油の確実性が損なわれる恐れがあり、また、全体の管長が大きくなり、不経済となることを考慮したためである。

子分配弁の数は揚錨機や係船機との組合せ、係船機のドラムの数と原動機の位置によって最も合理的な配置とすべきであろう。分配弁にサイクリングインジケータを取り付け、分配弁内のピストンの作動を確認したり、また、分配弁の各予備吐出口にブロックインジケータを設けて吐出側にブロック状態が発生したら内部圧の上昇によりピンが飛び出したり、また一定圧で分配弁のストローク分の油が分配弁外部に流れ出てブロック個所を検出することもできる。

### (c) 油溜め

揚錨機の開放歯車のギヤオイルを布片で塗布する代りに油溜めを使用する場合、オイルの粘度が低いので内部に海綿体を封入し、徐々に滴下させる。また、波浪により外れないよう強固にギヤカバに取付けなければならぬ。その他の集中給油用固定配管が不可能な個所、すなわち、軸の回転につれて回転する歯車、ドラムの軸受、ブッシュ等は給油回数を減少させるために容量の大きい油溜めを設けることにならうが、ドラムブッシュはドラム内部に大きなものを作れるが、その他は外部から取付けるものとなる。しかし、揚錨機の歯車ブッシュ③は取付スペースが狭いので何らかの改造を行なう必要があらう。

### (d) 無給油軸受ブッシュ

揚錨機の歯車軸受①、鎖車用ブッシュ②、歯車ブッシュ③、係船機のサイドドラム用ドラム軸受①、ドラムブッシュ②などは荷重が大きく、高温になる個所には特殊銅合金ベースに黒鉛を主体とした固体潤滑剤を併合したものを、その他の軽荷重で温度上昇のほとんどないような個所には綿布、石綿をベースとしたフェノール樹脂に含油処理をしたものや、アセタール樹脂を製造する途中に特殊加工を行ない、潤滑剤を樹脂内に均一に含有させた製品が適合する。

以上の無給油材は初期摩耗が発生するすり合わせ時に給油するのみで、その後は無給油で使用可能であるが、定期給油を行なえば許容最高荷重、最高周速度、最高PV(P:平均圧力、V:すべり速度)、使用限界温度を上昇させ得る。また、陸上と異なり、使用条件の厳しい船用の場合は数航海に一回の給油を行なって無給油材の性能の保持を計るべきであらう。

## (3) 給油方式の検討

給油方式は大別すると集中給油、個別給油および両者の折衷である半集中給油がある。また、集中給油方式では前述のようにグリースポンプの作動を人力によるか機力による自動給油方式にわけられる。

### (a) 集中給油方式

軸受ブッシュなどは現在のメーカ標準とする。

#### (i) グリース給油(図1.3.18参照)

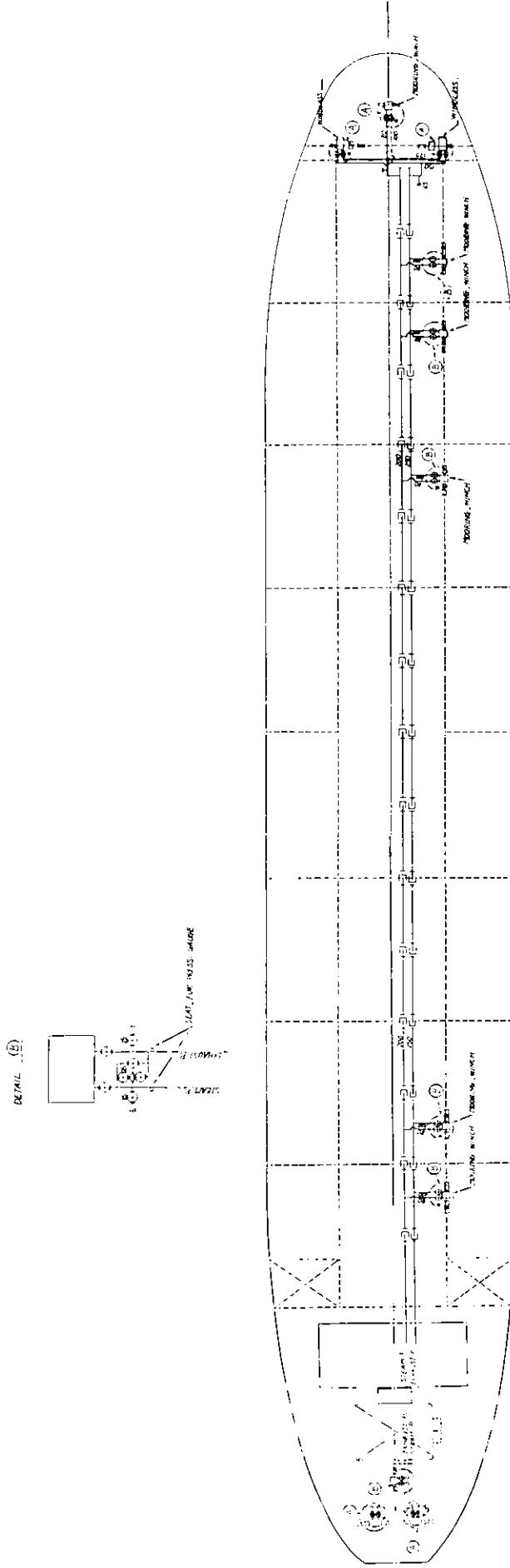


圖 1.3.1.3 甲板蒸氣管系

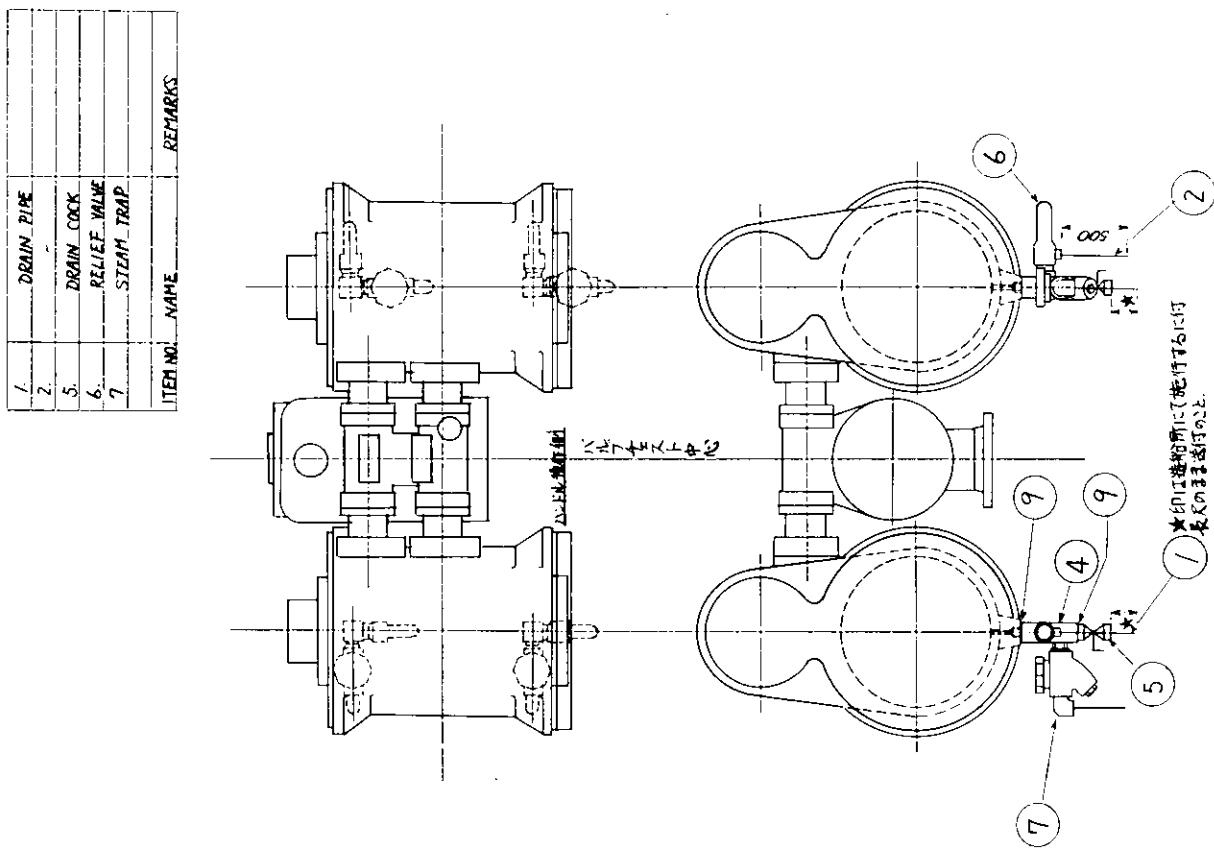


圖 1.3.15 AUTO-DRAIN 取付要領

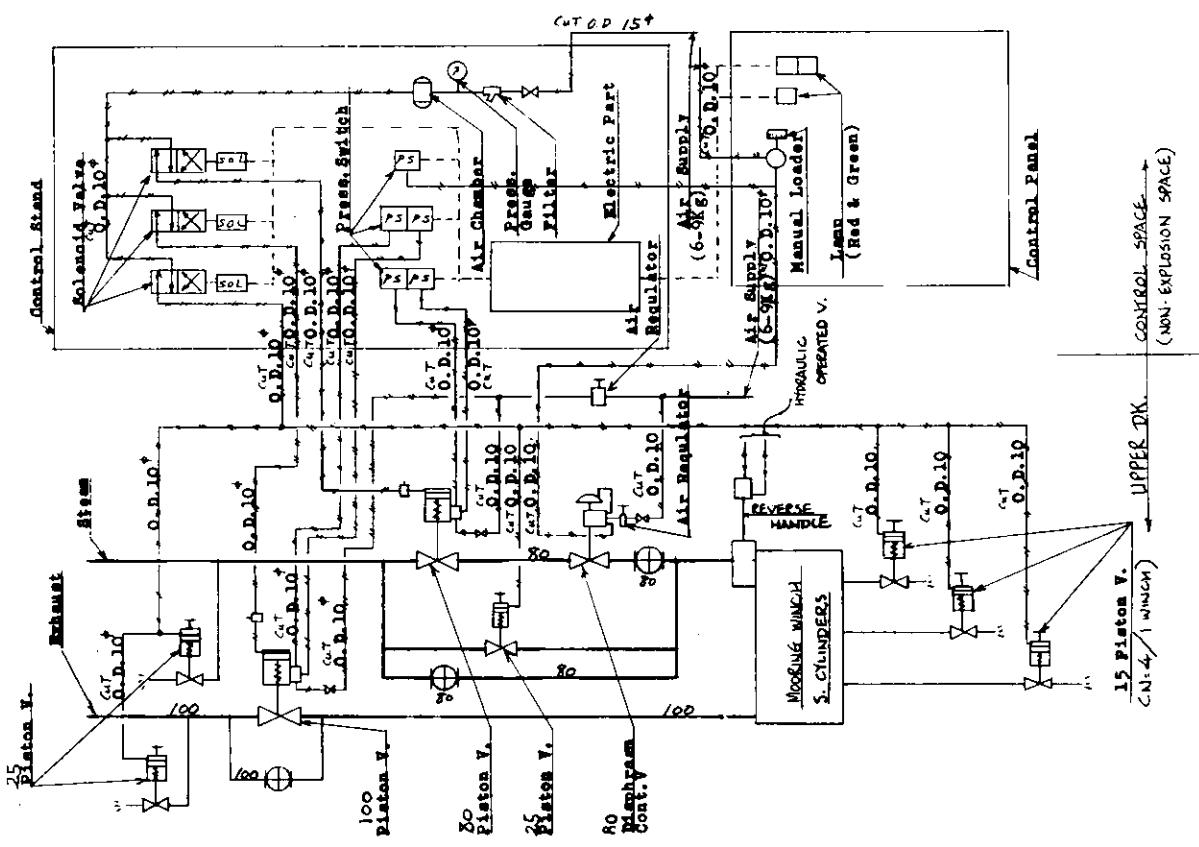


図1.3.1.4 蒸気保給機の遠隔操作暖機運転系統図

係船機一台に一台のグリースポンプ、ただし、揚錨機と係船機が結合している場合も一台のポンプで十分であろう。グリースポンプと親分配弁間に銅管 10mm の給油管および戻り管を設ける。親分配弁から子分配弁へも 10mm の給油管を導設し、子分配弁から各給油口へ 8mm の給油管により給油する。

導設は、ベッド、フレームに沿って行ない、適宜止め金で固定する。クラッチレバー等の移動個所には、近傍の固定部まで銅管を導設し、その先端よりフレキシブルチューブを連結し、レバーの移動に支障をきたさないようにする。

ただし、揚錨機では歯車ブッシュ③、クラッチ④、係船機ではドラムブッシュ②、クラッチ③が軸の回転につれ回転するので、固定配管は不可能である。これを集中給油するには、ドレッジャー等で採用されているように軸を中空にし、これを給油管として前記個所へ給油する方式もある。なお、揚錨機の鎖車軸が固定であり、鎖車のみが回転する方式で、鎖車用ブッシュへの給油が難かしいため鎖車軸を中空にして給油するのを標準としているメーカーがある。

また、それらの給油口付近へフレキシブルチューブを導設しておき、ポンプの作動前に結合し、給油終了後に取外すことも考えられる。しかし、給油のたびに取付、取外しが面倒であるので、この部分は、無給油軸受ブッシュにしておく方法もある。

#### (ii) ギヤオイル給油

揚錨機⑤、⑥歯車へ銅管 6mm を導設し、オイルポンプで給油する。ただし、歯車回転時に給油すれば給油口を多数設ける必要はない。または、ギヤカバーに油溜めを設けて滴下給油する。

#### (b) 個別給油

給油必要個所の材質を現在のメーカ標準から表 1.3.8 および 1.3.9 のように無給油材質に変更し、給油を定期的にグリースガンや油溜めにより行なう。

#### (c) 半集中給油

銅管による固定配管が可能な個所、すなわち、揚錨機では歯車軸受①、鎖車用ブッシュ②の計 4 個所、係船機ではサイドドラム用ドラム軸受①等はグリースポンプによる集中給油とし、材質は現在のままにし、その他の回転部分は無給油材質に変更し、給油回数を減じる。

#### (4) 検討結果

固定配管による給油方式は大型船で 2 ~ 3 の実績があるが、ある船では就航後 3 年で開放型揚錨機のクランクピンメタルの焼損があった。定期的に分配弁、配管内の点検が必要であろう。無給油材を使用して、定期的に給油する方式はドレンジャー、漁船のウインチのメタルに使用されたり、連絡船のウインチのメタルやフェアリーダのブッシュに使用されており成績は良好のようである。

最近は、無給油材の良質のものが開発されつつあり、また規格品は多量生産されて価格も従来の軸受ブッシュ材に近付きつつあるので、今後はこの製品の有効利用を計るべきであろう。

表 1.3.6 係 船 機

符号	給油個所	油の種類	給油方法	荷重の大小	給油目的
1	サイドドラム用ドラム軸受	M	グリースポンプ	大	T
2	ドラムブッシュ	M	"	大	T
3	クラッチ	M	"	大	S
4	クラッチギア用ピン	M	"	小	S
5	ブレーキギア用ピン	M	"	大	S
6	"	M	"	小	S
7	ブレーキギア用トライオン	M	"	小	S
8	ブレーキギア用ブッシュ	M	"	大	S
9	ブレーキギア用ピン	M	"	大	S
10	レバースギア用ブッシュ	M	"	小	S
11	レバースギア用ピン	M	"	小	S
12	"	M	"	小	S
13	"	M	"	小	S
14	"	M	"	小	S
15	ケーシング内 a) クランク軸受 b) 主軸受 c) 齒車 d) 機器部品	O	スプラッシュ	大	S, T, W.

表 1.3.7 揚錨機(原動機を除く)

符号	給油個所	油の種類	給油方法	荷重の大小	給油目的
1	④歯車軸受	M	グリースポンプ	大	T
2	鎖車ブッシュ	M	"	大	T
3	⑤歯車ブッシュ	M	"	大	T
4	クラッチ	M	"	大	S
5	クラッチギアピン用ブッシュ	M	"	小	S
6	ブレーキギア用ブッシュ	M	"	大	S
7	ブレーキギア用ピン	M	"	大	S
8	"	M	"	小	S
9	"	M	"	大	S
10	④、⑤歯車	G	塗 布	大	W

表 1.3.8 係 船 機

符号	給油個所	個数	現状の材質 (例)	給油方式および材質		
				個別給油	個別給油	半集中給油
1	サイドドラム用ドラム軸受	1	LBC 3	無給油材	LBC 3	LBC 3 固定集中給油
2	ドラムブッシュ	2	LBC 3	同上	油溜めによる給油	無給油材
3	クラッチ	1	-	油溜めによる給油	同左	同左
4	クラッチギア用ピン	1	BC 3	無給油材	無給油材	無給油材
5	ブレーキギア用ピン	1	BC 3	同上	同上	現状の材質 固定集中給油
6	"	2	BC 3	同上	同上	
7	ブレーキギア用トラニオン	1	SS 41	同上	同上	
8	ブレーキギア用ブッシュ	1	BC 3	同上	同上	
9	ブレーキギア用ピン	1	SUS 52B	同上	同上	
10	レバースギア用ブッシュ	1	BC 3	同上	同上	無給油材
11	レバースギア用ピン	2	SUS 27B	SUS 27B 硬質クローム メッキ	同左	同左
12	"	1	SUS 27B		同左	同左
13	"	2	BC 3	無給油材	同左	同左
14	"	1	BC 3	同上	同左	同左

注：給油方法の組合せの一例を示す。

表 1.3.9 揚錨機（原動機を除く）

符号	給油個所	個数	現状の材質 (例)	給油方式および材質		
				個別給油	個別給油	半集中給油
1	⑪歯車軸軸受	2	LBC 3	無給油材	LBC 3 油溜めによる 給油	LBC 3
2	鎖車用ブッシュ	2	LBC 3	同上		固定集中配管
3	⑫歯車ブッシュ	1	PBC 2	同上	無給油材	無給油材
4	クラッチ	1	-	油溜めによる給油	同左	同左
5	クラッチギアピン用ブッシュ	1	BC 3	無給油材	無給油材	無給油材
6	ブレーキギア用ブッシュ	1	BC 3	同上	同上	同上
7	ブレーキギア用ピン	1	BC 3	同上	同上	同上
8	"	1	SUS 52B	SUS 52B 硬質クローム メッキ	同左	同左
9	"	2	SUS 52B		同左	同左
10	⑬、⑭歯車	1	-	油溜めによる給油	同左	同左

注：給油方法の組合せの一例を示す。

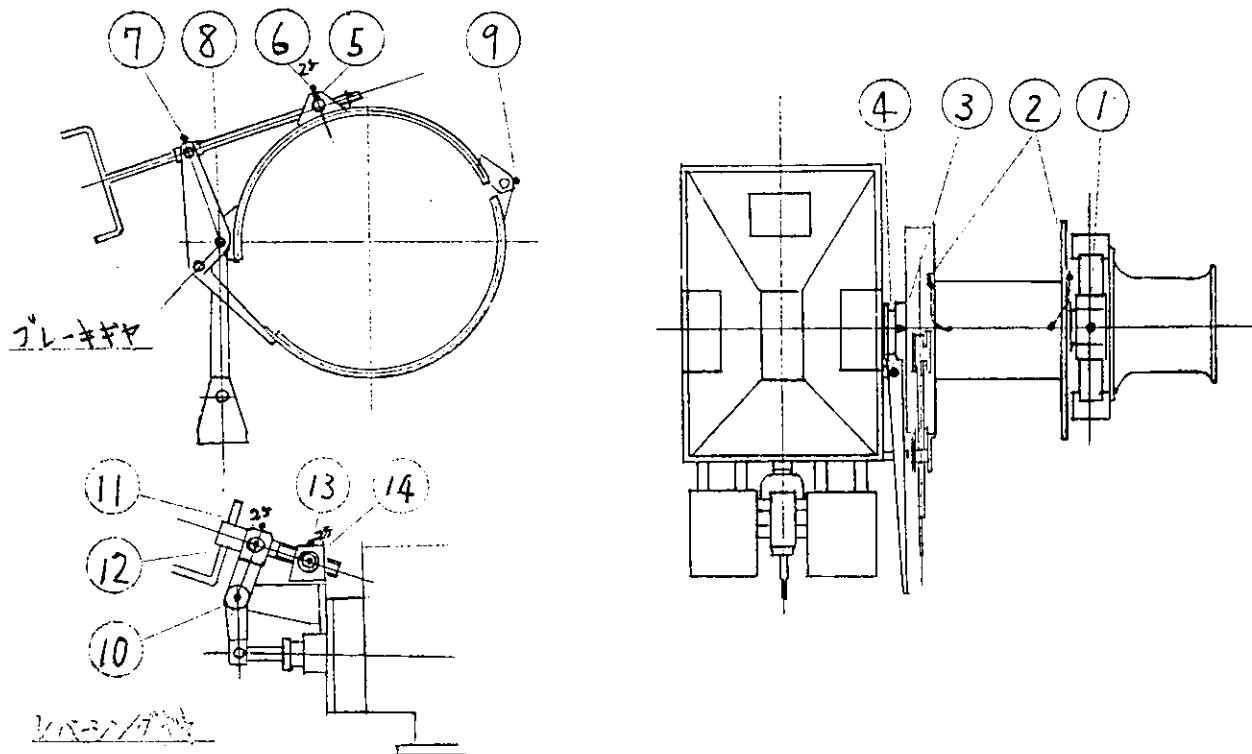


図 1.3.16 蒸気ムアリングウインチ潤滑給油装置(クリース)

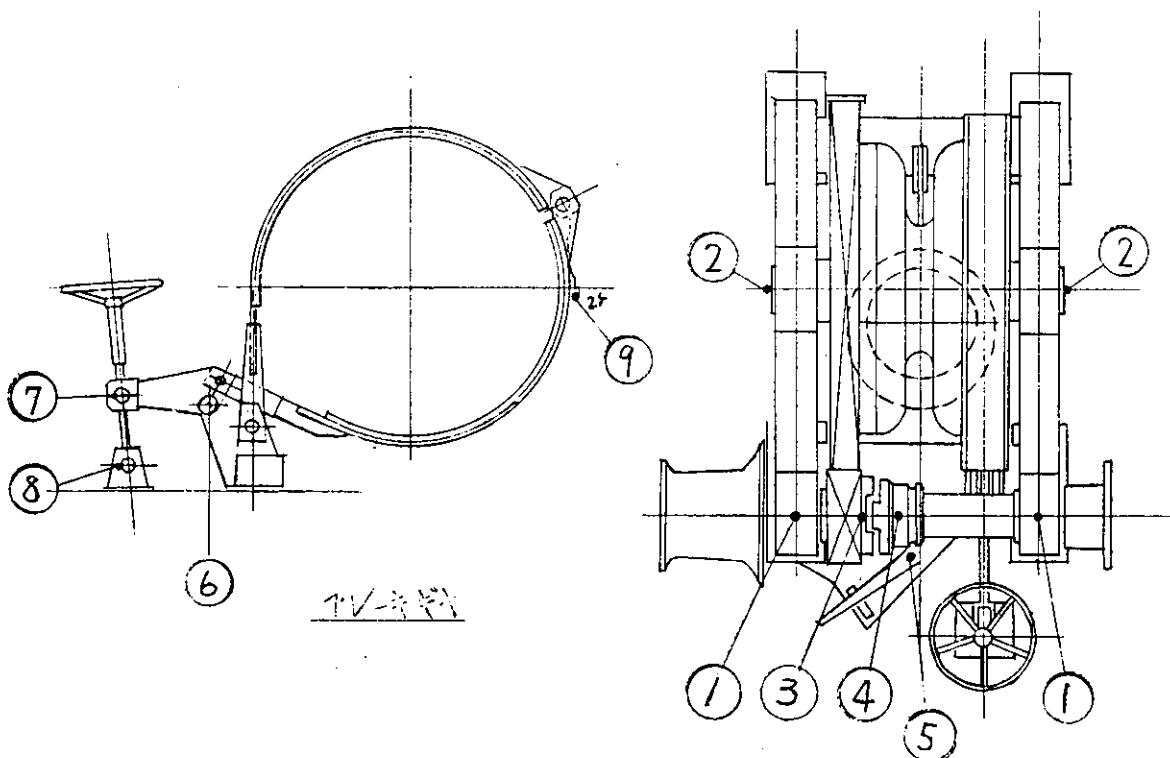


図 1.3.17 蒸気ウインドラス(ウインドラス部)潤滑給油装置(クリース)

### 1.3.5 蒸気方式のイコライジング

大型船の係船索は取扱いの点から索種に限界があり、索本数を増しても各索の張力がアンバランスな場合には各個繋破で索が切断する危険が大きくなっている。そこで、索張力を均等にする係船機のイコライジングシステムを開発することとした。

44年度は、まず、油圧駆動係船機について検討し、各グループ（本船の係船機を配置および索取方向からいくつかのグループにわける）において複数係船機の駆動油圧力を閉回路の中でバランスさせる方法によりイコライジングシステム実用化の見通しを得た。

引き続き本年度は、蒸気駆動係船機について検討を行った。

蒸気の場合は、流体が圧縮性に富むため、前述した油圧駆動における方法は適用できない。

この代案として遠隔制御を前

提に索張力の上限、下限を設定し、中間に不感帯を有する蒸気駆動係船機のON-OFF制御方式を検討した。しかしながら、この方法も実質的には従来のオートテンションワインチとなんら変わることなく、また、蒸気利用の宿命として設定張力の誤差が大きいため、十分なイコライジングができず、索の切断も完全には防止できないことが判明した。

このように種々検討したが、結局蒸気方式の場合は、油圧方式におけるようなグループ内でのイコライジングについて現時点では実用化の見通しが得られなかった。しかしながら、後途1.3.6項において検討されている張力センサーおよび1.3.2項における遠隔操作を組合せ、各係船機の索張力を個別に調整することにより、ある程度のイコライジングは可能である。

なお、参考としてイコライジングを目的として検討した蒸気駆動係船機のON-OFF制御方式について以下に記す。

#### (1) 概略仕様

蒸気エンジンによる係船中、遠隔制御によりグループごとに係船索の張力を一定範囲内に抑え、特定ロープへの張力の偏りをなくし、ロープの切断を防止するシステムで

##### 1) 方式

ON-OFF制御方式（調圧弁／減圧弁方式あり）

##### 2) 対象係船機（一例）

$2.0 \text{ km} \times 1.5 \text{ m/min}$  蒸気駆動係船機（1ドラム付）

#### (2) 制御方式と作動

##### 1) ON-OFF制御方式としては下記2方式がある。

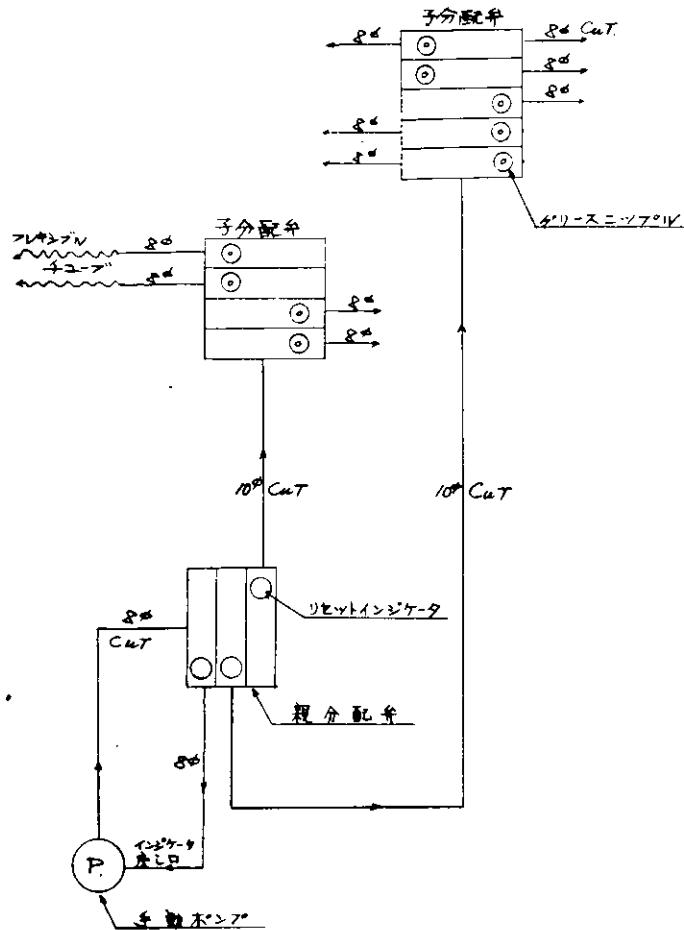


図 1.3.18 集中給油分配弁配置図

- a ) 調圧弁を使用してコントロールバルブのバルブ開度による制御。
- b ) 減圧弁を使用した蒸気圧制御。

## 2 ) 作動説明

1) - a ) の場合、バルブ開度を小、中、大の3点制御とし、図1.3.1.9に示すようなサイクルを形成させるものとする。

a ) まず、バルブ中間開度(8mm)でセットしておく。

その開度では、張力が20t～9tの間では、エンジン力とバランスして、ワインチは動かない。

b ) 張力が増大して20tをこえると、バルブ開度小(5mm)とする。

この場合、エンジンの状態等によっては、ロープは繰り出されることがある。

c ) 張力が減少して15t以下になると、バルブ開度を中間位置へもどす。

d ) 張力がさらに減少して9t以下になると、バルブ開度大(11mm)とする。この場合、エンジンの状態等によってはロープが巻込まれることがある。

このバルブ開度では、張力が20tになるまではエンジン力とバランスしてワインチは動かない。

e ) 張力が20tをこえると、前記b)のバルブ開度小となり、以下張力の大きさによって①)～⑨)のサイクルを繰返す。

1) - b ) の場合、圧力制御における張力一蒸気圧線図が、図1.3.1.9の張力一バルブ開度線図とはほぼ同様であるので、バルブ開度小、中間、大の3点に相当する圧力を設定した3点制御とし図1.3.2.0のようなサイクルを形成させるものとする。

サイクルの説明は1) - a ) の場合のバルブ開度を圧力におき換えるだけで、全く同様であるので省略する。

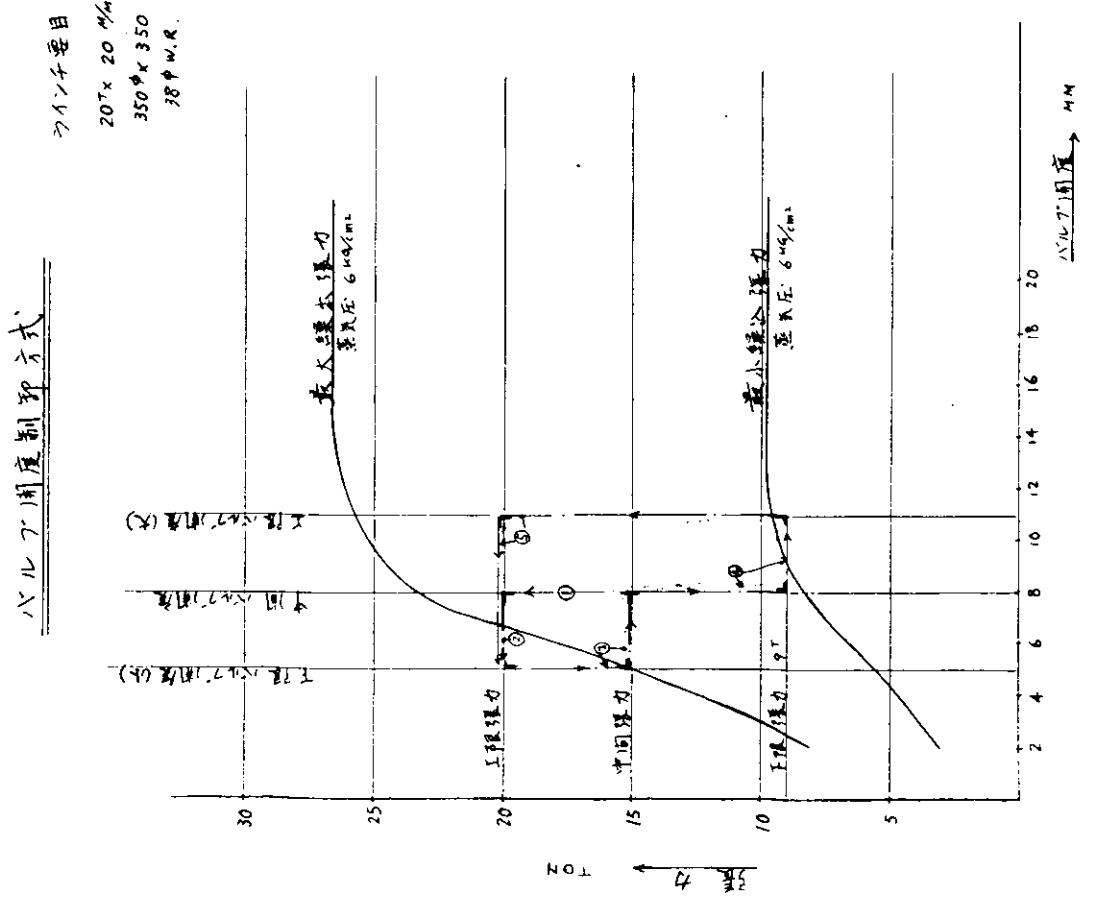


図 1.3.19 スチームワインチの強力コロライジングの検討

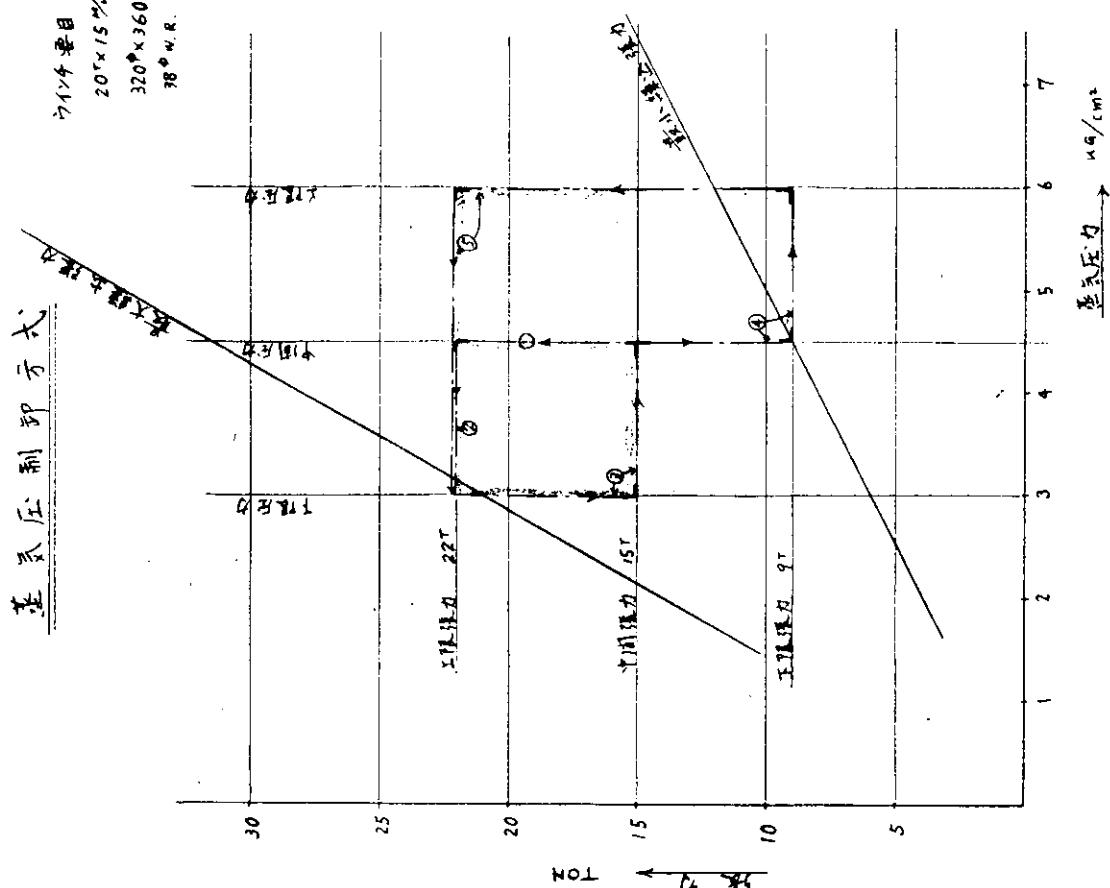


図 1.3.20 スチームワインチの強力コロライジングの検討

### 1.3.6 索張力の検出

従来、係船索の張力は索の伸び具合などから乗組員が判断し、適宜調整を行なっている実状である。これの省力化と過大張力による索の破断を防止するため、索張力の検出方式について、44年度から引続き検討を行なった。

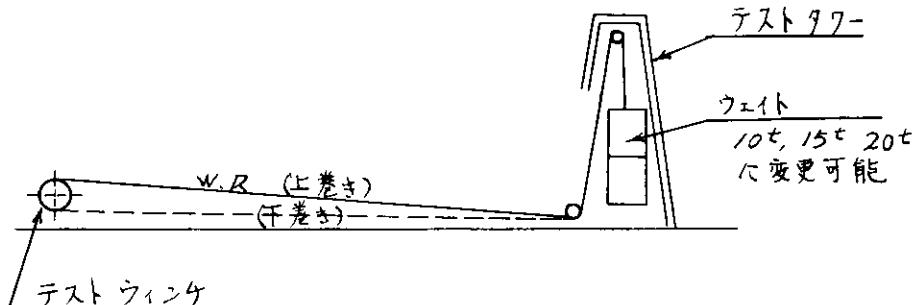
44年度では、係船機のフレームにストレインゲージを取り付け、索張力によるフレームの歪み量から張力を検知する方式（以下“ストレインゲージ方式”と称する）をとりあげ、これの基本計画を終了した。

本年度はこのストレインゲージ方式による実機試験からとりかかった。

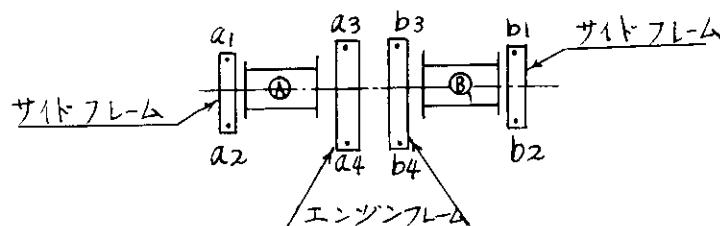
#### (1) 張力センサー実機試験（ストレインゲージ方式）

ストレインゲージ方式が有効な張力検出装置となり得るかチェックし、また、実機により張力センサー計画上の問題点抽出のため、45年5月三菱重工下関造船所において試験を行なった。

##### (a) 試験方法



三菱重工下関造船所製汽動開放型 20 t × 15 m/min、2ドラム式ワインチの構造略図



a<sub>1</sub>～a<sub>4</sub> ④部に取付けたストレインゲージ — 4個をブリッヂに組み、総歪量を計測。

b<sub>1</sub>～b<sub>4</sub> ⑤部に取付けたストレインゲージ — 4個をブリッヂに組み、総歪量を計測。

ストレインゲージの型式、新興 P108 ポリエステルゲージ 長さ 8 mm × 4 φ、3 V （温度補償なし）

前記の試験装置により、荷重を巻き上げ後、エンジンまたはバンドブレーキにより荷重を保持し、静荷重の状態としてからフレームのひずみを計測した。試験は、荷重3種類（10、15、20t）、荷重位置3個所（サイドフレーム側、センター、エンジンフレーム側）、保持方法2種類（エンジン&ブレーキ）および巻込方向2種類の計36を④部について施行した。⑤部については、④部と構造的には同一であり、支点間距離も大差ないので、補促的にチェックするに止めた。

##### (b) 試験結果

- (i) a<sub>1</sub>～a<sub>4</sub> (b<sub>1</sub>～b<sub>4</sub>) 4点の総歪量は、10～20tの荷重で 100～300 μ あるので適當な増巾装置を使用すれば、張力センサーの検出端となり得る。
- (ii) 荷重変化に対する総歪量の変化は、ほぼ直線状であった。
- (iii) 荷重位置変動（ドラム上のワイヤーロープの位置変動）による総歪量の変動は、当初予想より遙かに大きく、荷重点がサイドフレーム側の場合の約2倍の値を示した。これは試験機のサイドフレームとエンジンフレームの剛柱が大きく相異しているためと考えられる。一般に汽動ワインチの場合、ドラム両支点は、このような剛性のアンバランスがあるので、エンジンフレームの歪をサイドフレームとほぼ同程度の大きさに拡大する適當

を増巾装置を設けるか、その他特別の方法を考慮する必要がある。

$$\text{試験機の場合の増巾率} = \frac{\text{エンジンフレームの基部断面係数}}{\text{サイドフレームの基部断面係数}} \approx 6.5 \text{程度であると思われる。}$$

- (iv) ドラムに対するワイヤーロープの巻込み方向を上巻きまたは下巻きとした場合は図1.3.2.1に示すごとくギヤー反力が逆に作用するため、総重量に大きな差が生じた。試験機の場合、上巻きと下巻きの歪の比は数値計算では1.4であったが、これは計測結果とほぼ一致した。これは張力検出回路中に使用機に必要な増巾率（試験機では1.4）を有する増巾器を取り付け、上巻きと下巻きによって切換えて計測することで解決できると考える。

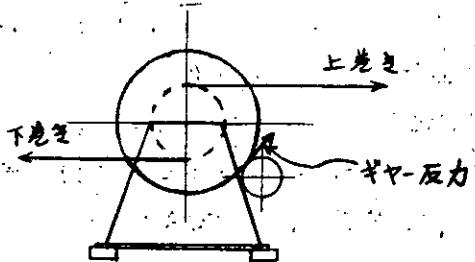
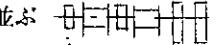


図1.3.2.1

- (v) 試験機のような構造の2ドラムウインチであれば、一方のドラムの荷重が他のフレームへは影響しないことが判明した。（歪量の最大は2.0 tで3.0 t以下）

しかしながら、ドラムが連続して並ぶ  のとき構造の2ドラムウインチでは、荷重が相互のフレームに干渉して張力センサーを取付けるには向きであると思われる。

(c) ストレインゲージ方式実用化の検討

実機試験の結果、前記(i), (iv), (v)のような問題点がわかった。

この対策としては、例えば歪増巾装置を付けることなどにより理論的には解決可能であるが、係船機の型式、性能がまちまちであることなどを考えると実用化にはかなりの困難が予想される。

以上述べたようにストレインゲージ方式では、

- 1) ドラム上の荷重点移動による歪量の変動
- 2) 上巻きおよび下巻きによる歪量の変動
- 3) 2ドラムの場合、荷重の相互干渉があり得る。

等の不具合点があり、実用化の見通しが立て難い。

そこでこれに代る方式としてロープ張力を直接検出する方法について45年度後半に検討を行なった。

その結果、ストレインゲージ方式での不具合点を解消可能と考えられる方法として、ドラムとフェアリーダの中間にロープガイド用のホリゾンタルローラをおいて、このローラに加わる荷重を計測する方式（以下「ホリゾンタルローラ方式」と称する）を取り上げ、その計画と実機テストを行ない実用化の見通しを得た。

本方式の計画にあたり

- 1) 索取り作業に支障を生じないこと。（装置の取付け等にも人手を要しないこと。）
  - 2) 将来、係船機の電算機制御用インプットとして利用できること。（適応制御システムとの関連）
- に留意した。

(2) 張力センサーの計画（ホリゾンタルローラ方式）

(a) 概略仕様

- (i) 方式：ホリゾンタル方式
- (ii) 検出箇所：ホリゾンタルローラの両端
- (iii) 計測範囲：(計画) 0 ~ 60 t (38φワイヤーロープを対象として)

(IV) 誤 差: ± 5 %以下

(V) 指 示 計: 集中表示方式(コントロール室に遠隔表示)

(b) プロツクダイヤグラムおよび係船機と張力センサーの配線

図 1.3.2.2 および図 1.3.2.3 に示す。

(c) 各部仕様

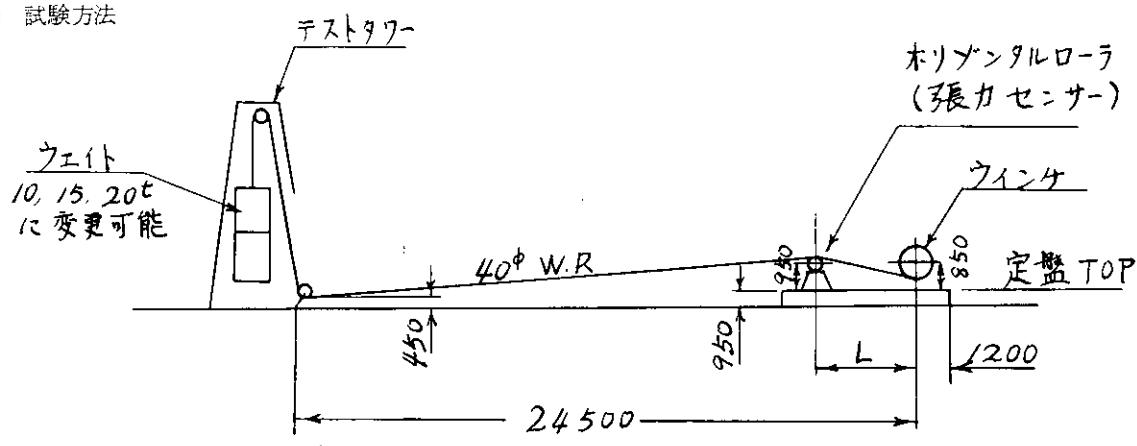
- (i) 検出部 ① 張力センサーには防水または圧縮型ロードセルを使用し、ホリゾンタルローラシートにボルトで取付ける。  
② ドラム 1 個につき検出機として 1 台のホリゾンタルローラと 2 組のロードセルを装備  
③ 検出部の温度補償範囲は 0° ~ 60°C  
④ 検出部取付状態 . . . . . 図 1.3.2.4 に示す。
- (ii) 加算箱 ① ホリゾンタルローラ両端よりロードセルにて検出した重量を加算する装置。  
② 防水、デツキ置き型とし、電線貫通金物をつけてケーブルを接続する。
- (iii) 接続箱 ① 係船機をいくつかのグループにわけて、それぞれの近傍に接続箱を設置する。  
防水デツキ置き型とし、電線貫通金物をつけてケーブルを接続する。
- (iv) 指示計 ① ロードセルによって検出された重量をロープ張力に変換する。  
② ロープ張力を表示する。  
③ ロープ張力が許容値を越えた場合アラームを表示する。  
④ 記録は行なわない。

### (3) 張力センサー実機試験(ホリゾンタルローラ方式)

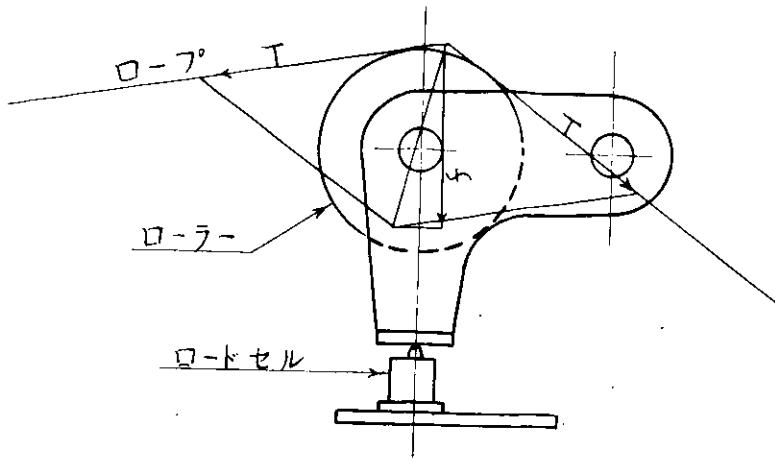
ホリゾンタルローラ方式が張力検出機として予期の性能を發揮するかをチェックするため、45年9月三菱重工下関造船所において試験を行なった。

- 1) 係船機は三菱重工下関造船所製汽動開放型 20 t × 15 m/min を使用。
- 2) ホリゾンタルローラは図 1.3.2.6 に示すものを製作した。
- 3) 検出部は新興通信工業(株)製圧縮型ロードセル LC/5 A 型を使用。図 1.3.2.5 に示す。

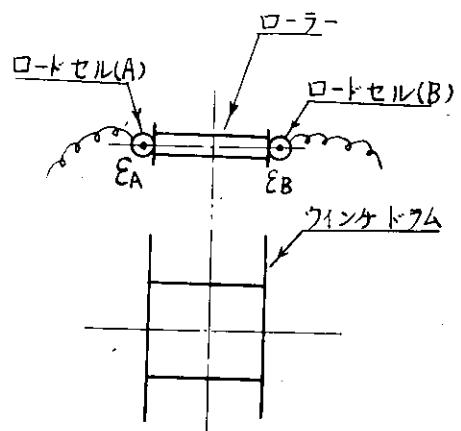
(a) 試験方法



上記の試験装置によりホリゾンタルローラ上のロープ張力の垂直方向合力(次図 f )によりロードセルに生じるひずみを計測した。



ロードセルは、ローラ支持部両端にそれぞれ組込み(右図参照)それぞれのロードセルに生じるひずみ( $\varepsilon_A + \varepsilon_B$ )、および両方のロードセルのひずみの和( $\varepsilon_A + \varepsilon_B$ )を計測した。



発生ひずみの変化を、荷重(張力)の変動、ローラ上のロープ通過点の変動およびドラムからローラ間の距離の変動に対応させて調べるために次の三つの条件を組合させて試験を行なった。

- I ) 試験荷重 10t, 15t, 20t
- II ) ロープ通過点 前頁試験装置図に示す、A、B、C点
- III ) ドラムからローラ距離 3.0m, 4.0m

#### (b) 試験結果

- (i) 計測結果を表1.3.10にまとめて示す。

ロードセルに加わる荷重とひずみの関係は、次式により換算した。

$$f = \frac{1}{600} \times 10^6 \times \varepsilon_0 \quad (T)$$

なお、この表にある「ロープ張力の垂直合力」の「計算値」は2組のロードセルに加わる圧縮力の和を下式により求めたものである。(図1.3.27)参照

$$f = T \left[ \sin \left( \tan^{-1} \frac{h+r}{1-L} \right) + \frac{L(R+r) + S \sqrt{S^2 + L^2 - (R+r)^2}}{L^2 + S^2} \right]$$

- (ii) 図1.3.26はロープ張力とセンサー出力の関係を示すもので横軸に荷重、縦軸にひずみの和( $\varepsilon_A + \varepsilon_B$ )をとりローラ上のロープ通過位置(A、B、C)およびドラムローラ間距離(L)の別にプロットしたものである。

以上の結果からホリゾンタルローラ方式では、ロープ張力とセンサー出力の関係は誤差±5%以内の範囲で直線に近似でき、そのまま張力検出装置として利用できることがわかつた。

#### (4) ホリゾンタルローラ方式実用化の検討

実機試験の結果からホリゾンタルローラ方式の張力検出装置は十分実用化可能の見通しが得られた。

ただし、現状ではコスト面で多少問題があり、今後計測機器メーカーと提携したコストダウンに対する努力が必要といえる。

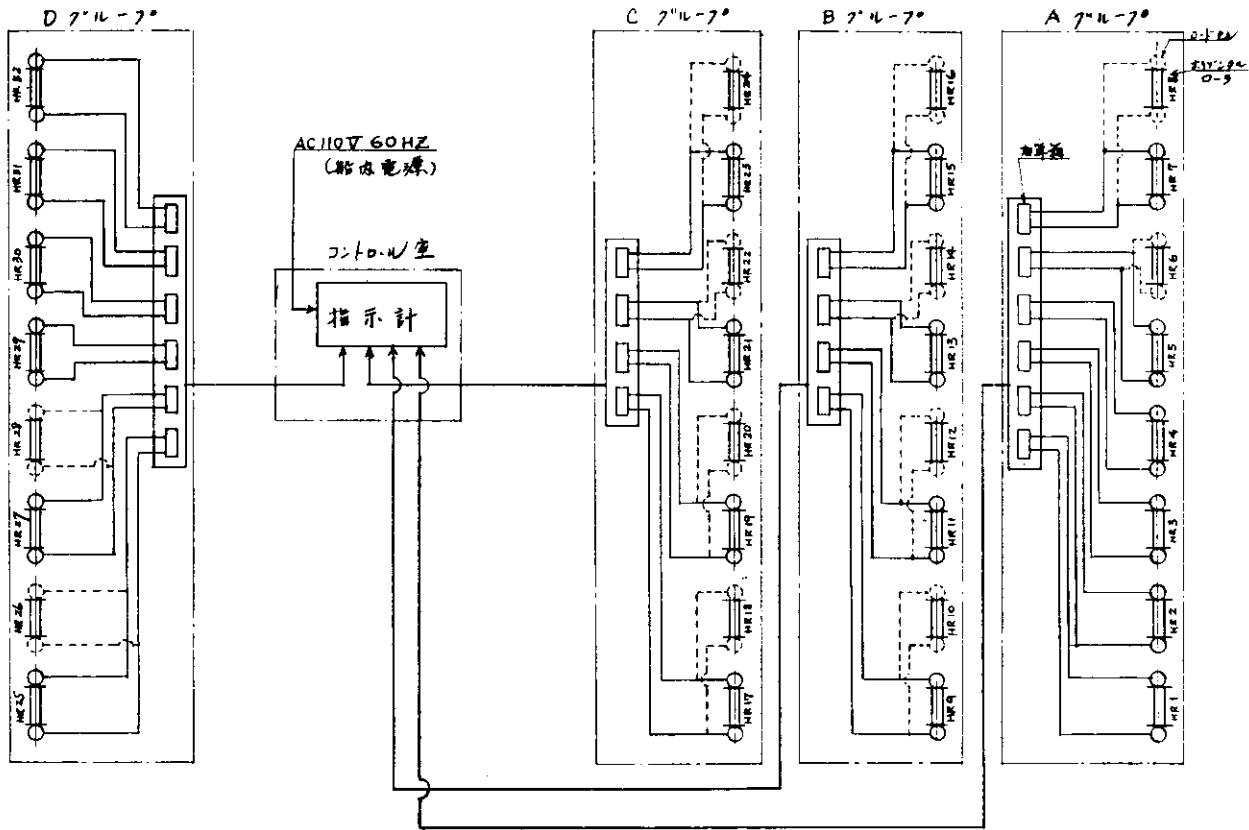


図 1.3.2.2 張力センサー ブロック図

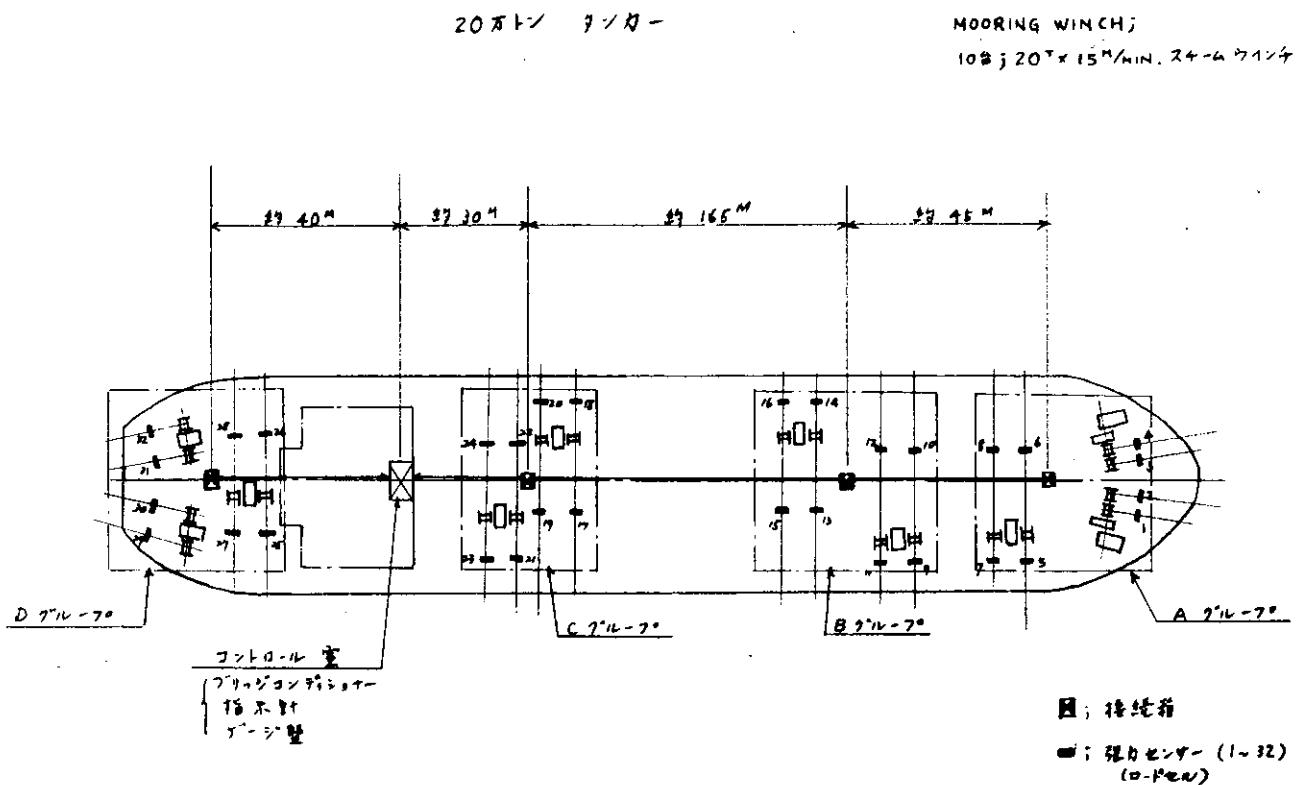


図 1.3.2.3 MOORING WINCH & 張力センサー配置図

表1.3.10 計測結果

No.	ウェイト	ロープ位置	L寸法	ひずみ実測値			$(\epsilon_A + \epsilon_B) \times \frac{10^6}{600}$	計算値
				$\epsilon_A$	$\epsilon_B$	$\epsilon_A + \epsilon_B$		
1	10T	A	4.000	$\times 10^{-6}$ 1164	$\times 10^{-6}$ 250	$\times 10^{-6}$ 1484	(f <sub>0</sub> ) 2.47T	(f)
2	10	B	"	155	1360	1480	2.47	
3	10	C	"	660	757	1350	2.25	2.22
4	10	C	3.000	-	-	1590	2.65	2.66
5	15	A	4.000	1385	505	1920	3.20	
6	15	B	"	155	1685	1810	3.02	
7	15	C	"	965	1180	1960	3.27	3.33
8	15	C	3.000	990	1200	2150	3.58	3.99
9	20	A	4.000	2160	410	2550	4.25	
10	20	B	"	235	2315	2510	4.18	
11	20	C	"	1105	1475	2550	4.25	4.44
12	20	C	3.000	1360	1510	2844	4.74	5.32

## 注

- (1) L=3.000の試験は、ロープがローラの中央(C)を通る場合についてのみ行なった。
- (2) ひずみの和( $\epsilon_A + \epsilon_B$ )はブリッジ回路から電気的に得られたものなので、個々のひずみ  $\epsilon_A$ ,  $\epsilon_B$  の算術和とは必ずしも一致しない。
- 個々のひずみ  $\epsilon_A$ ,  $\epsilon_B$  は参考として計測したもので、出力として用いるのは( $\epsilon_A + \epsilon_B$ )である。

図1.3.24(1) ホリゾンタルローラ部品説明

MARKS	PARTICULARS	MATERIALS	WORKING	SPARE	TOTAL	1-CFF	TOTAL	REMARKS
			QUANTITY PER SET		WEIGHT(KG)			
3 2	BOLT & NUT	SS41B			2 sets			M 24L= 130 ( LOAD CELL 保護用)
3 1	LUG PIECE	SS41P			2			
3 0	SPRING LOCK WASHER	STEEL			8			JISD1251 3号 M10S(②) BOLT 用)
2 9	BOLT	BRASS			8			M10 L=30(②) LOAD CELL用)
2 8	LOAD CELL				2			LC/5A型 別途配
2 7	GREASE NIPPLE	BRASS			4			PF 1/8 PIN TYPE
2 6	BOLT	BRASS			4			M 10 L= 21 (⑧STOPPER用)
2 5	BOLT & NUT	SS41B			4 sets			M 24 L= 56 (⑯ BEARING SEAT用)
2 4	BRACKET	" P			2			
2 3	BRACKET	" P			2			
2 2	SUPPORT	" P			2			
2 1	"	" A			1			
2 0	"	" A			2			
1 9	"	" A			2			
1 8	SUPPORT	" A			4			
1 7	SEAT	SS41P			2			
1 6	SUPPORT	SGP			1			
1 5	BEARING SEAT	SS41P			2			
1 4	" "	" "			2			
1 3	BEARING SEAT	SS41P			2			
1 2	WASHER	BRASS PL			4			
1 1	SET SCREW	BRASS			8			
1 0	BUSH	BC 6			4			
9	BEARING	SS41B			4			
8	STOPPER	STEEL PL			2			
7	HINGE SUPPORT	SS41P			1			
6	HINGE SUPPORT	" P			1			
5	HINGE	" P			2			
4	HINGE PIN	" B			2			
3	ROLLER PIN	" B			1			
2	FLANGE	SS41P			2			
1	ROLLER	STPG 38			1			外径 267.4 厚 9.3

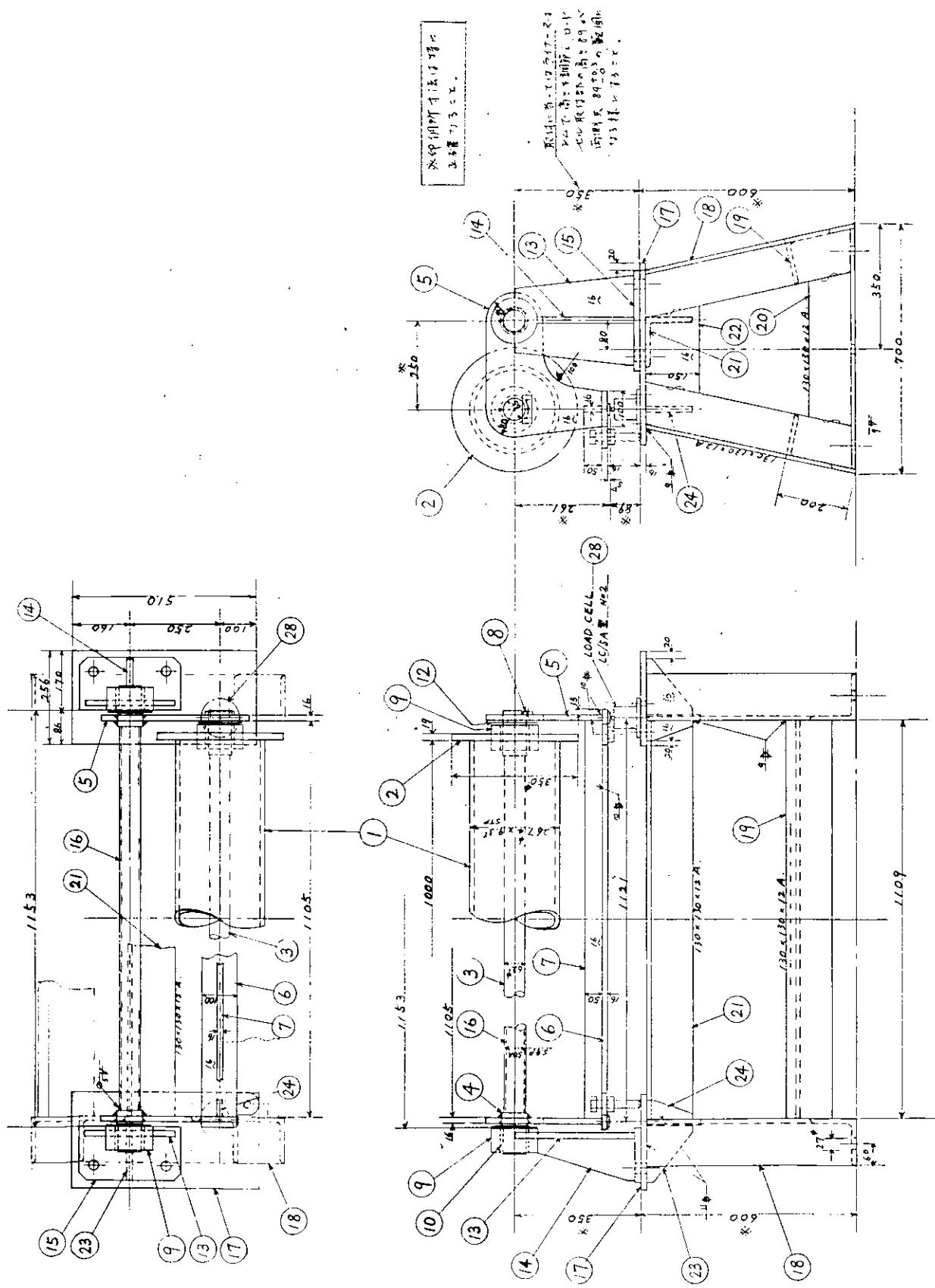
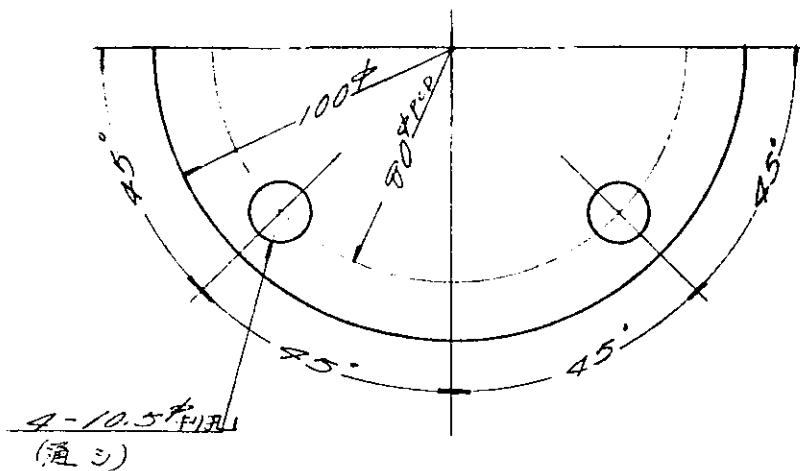
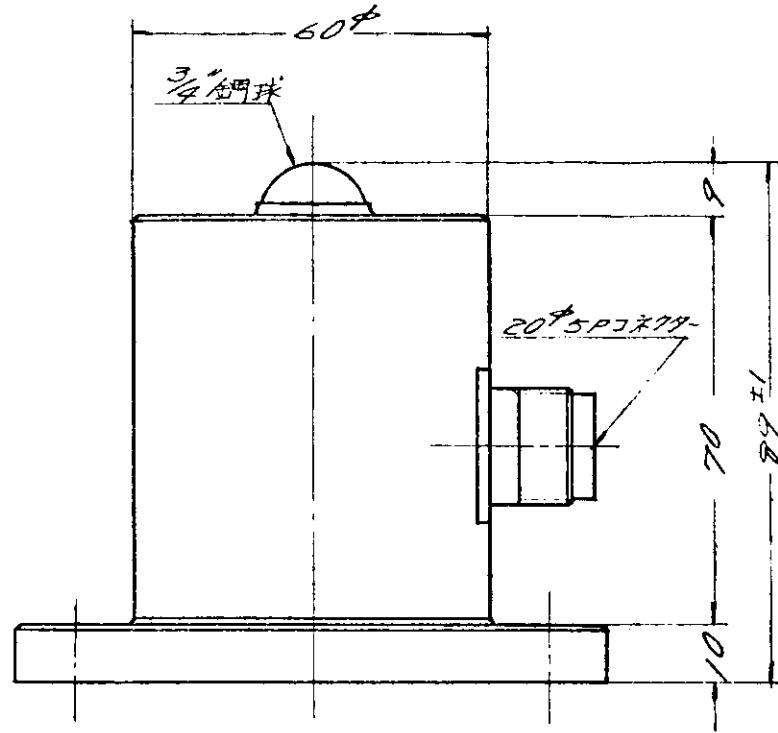


図 1.3.2.4(2) ホリゾンタル・ロー ラ構造



測定範囲	: 3 Ton, 5 Ton
出力歪量	: $8.000 \times 10^{-6} \pm 1\%$
定格出力電圧	: 1.5 mV/V $\pm 1\%$
許容過負荷	: 定格値の120%
破壊過負荷	: 定格値の300%
直線性	: $\pm 0.3\%$ フルスケール
ヒステリシス	: $\pm 0.2\%$ フルスケール
温度による零点移動	: $\pm 0.01\%$ フルスケール / °C
温度による出力変動	: $\pm 0.01\%$ フルスケール / °C
許容温度範囲	: -15°C ~ +75°C
温度補償範囲	: -10°C ~ +30°C
抵抗値入力	: 120 Ω $\pm 1\%$
抵抗値出力	: 120 Ω $\pm 1\%$
初期バランス	: $\pm 100 \times 10^{-6}$
標準印加電圧	: A-C, D-C 3 V
許容印加電圧	: A-C, D-C 6 V
絶縁抵抗	: 300 MΩ 以上
再現性	: $\pm 0.3\%$ フルスケール

図 1.3.25 ロードセル

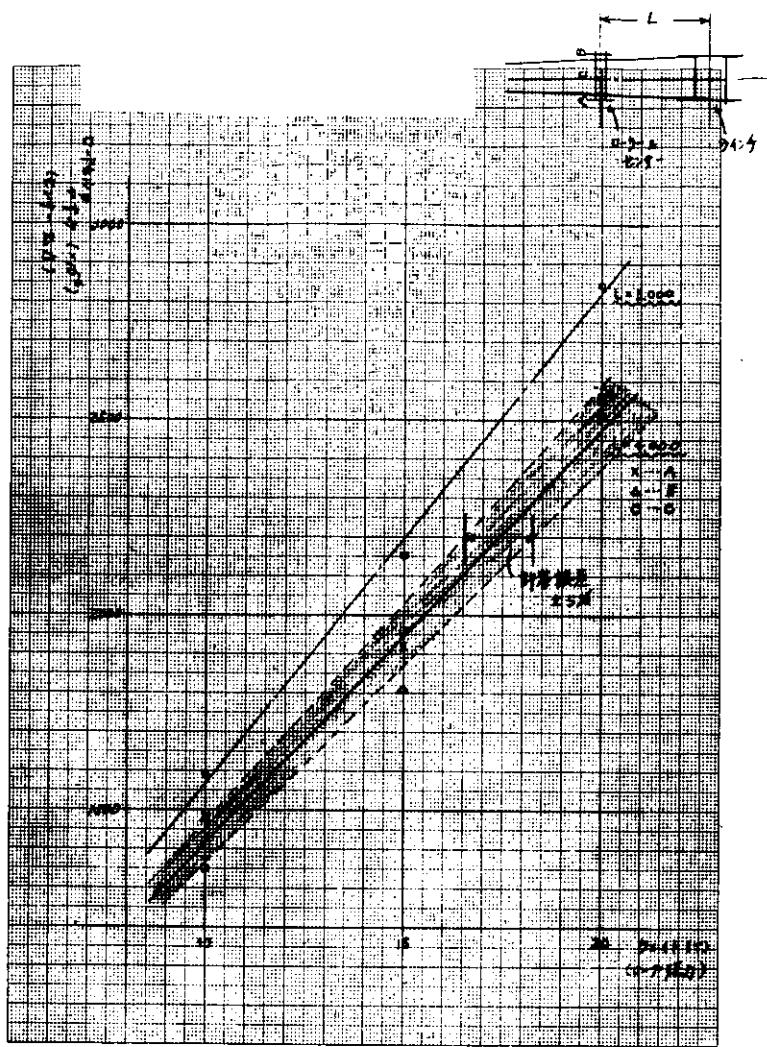
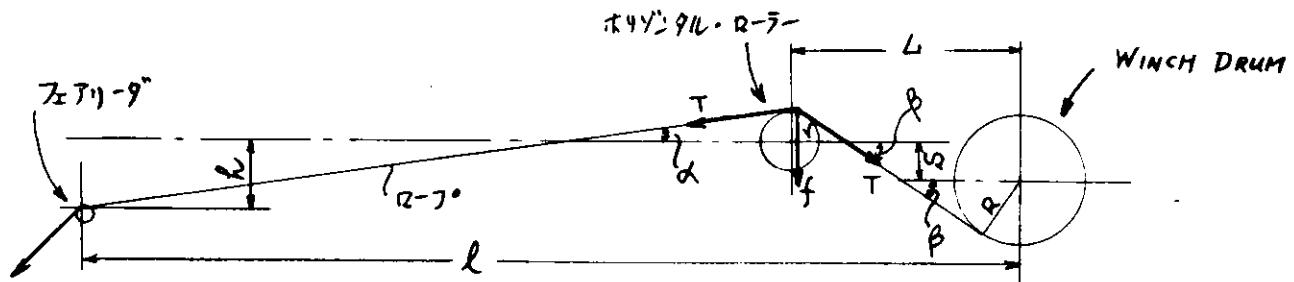


図 1.3.26 ロープ張力とセンサー出力の関係



$f$  : 索の垂直方向合力

$T$  : 索の張力

$L$  : WINCH DRUM と ホリゾンタル・ローラ 間距離

$l$  : フェアリーダーと WINCH DRUM 間距離

$h$  : フェアリーダー上面と ホリゾンタル・ローラ 中心との高さの差

$s$  : WINCH DRUM と ホリゾンタル・ローラ の高さの差

$R$  : WINCH DRUM の半径

$r$  : ホリゾンタル・ローラ の半径

図 1.3.27 ローラー上のロープ張力垂直方向合力の計算(ロードセルに加わる圧縮力)

### 1.3.7 ハイスラックススピードワインチ

接岸係船時、係船機に巻取って収納してある索を繰り出力場合、索取船の曳航速度に見合った繰出しスピード（4～6ノット→120～140m/min）が要求されるが、これまでの係船機ではせいぜい80m/min前後であるため、係船作業に先立ち100～200mの大径ロープをデッキ上にコイルダウンしておく必要があり、それが係船作業の一つのピークにもなっている。このため、ハイスラックススピードワインチの開発について検討を行なった。

44年度は油圧駆動係船機について検討し、その結果、2組の油圧モータの切換によりハイスラックススピード（120m/min）が可能であるとの見通しを得た。

引き続き本年度は、蒸気駆動係船機を取りあげ、まず索繰り出し時ドラムを動力で駆動する方法を考えた。これは、従来の係船機（一段減速）に高速ギヤーを取付けるものであるが、ある程度のハイスラックススピードは得られても、技術的に（特に減速機構について）かなり問題があり、また、相当のコストアップが予想されるので取止めとした。

ついで、繰り出しを動力によらずフリードラムとして索取船の曳航力により行なわせる方法を検討した。この結果、索取船のスピードに見合った自由なスラックススピードをもつ係船機の実用化の見通しを得た。

（この方式は蒸気駆動に限らず油圧駆動等の場合にも適用可能である。）

以下にフリードラム方式によるハイスラックススピードワインチの概要を記す。

#### (1) 概略仕様

- (a) 方式：フリードラム方式（ドラムをクラッチアウトする方式）
- (b) 対象係船機：任意の駆動源を有する係船機
- (c) 索繰り出し速度：索取船のスピードに見合った任意の速度
- (d) クラッチ：主クラッチ、副クラッチを有する
- (e) 安全操作機構：主クラッチ／副クラッチ／ブレーキ操作をリモートコントロールにて行なう場合、各駆動源間にインターロック機構を有する
- (f) クラッチ、ブレーキ駆動源：油圧式、空気式、電気式等任意

#### (2) フリードラムワインチとその機能

- (a) 構造：図1.3.28に示す。
- (b) 機能
  - (i) 主クラッチ：従来のかみ合い式嵌脱クラッチで、通常のワインチとして、索を巻き込むときに使用する。
  - (ii) 副クラッチ：摩擦ライニングを装備したフリクションクラッチである。主クラッチ、ブレーキをフリーにした状態で繰り出しを行なう場合、ドラムの回転に要する力は100kg程度なので、索取船が急角度でロープを曳かない限り問題ないが、ロープ繰出し当初の加速度や繰出し中の加速度その他繰出し中にドラムを駆動する必要が生じた場合に使用する。
- (iii) 主クラッチ、副クラッチおよびブレーキをフリーにすることによりドラムは自由回転が可能となり、係船作業の問題点である索のコイルダウンの必要が解消され、かつ、副クラッチを装備することにより繰出し中の索の操作がかみ合い式主クラッチのみの場合に比べて円滑かつ自在である。

#### (3) インターロック回路とその機能

- (a) インターロック回路  
図1.3.29参照
- (b) 機能
  - (i) 主、副クラッチおよびブレーキの作動シリンダ  
各クラッチ、ブレーキを動かすモータ

(ii) 操作弁

手動の切換弁で、バイロット弁と連動となっている。

(iii) 操作弁付属バイロット弁

操作弁の操作に追随して、バイロット回路圧を制御し、インターロック弁を動かす。

(iv) インターロック弁

図1.3.29のインターロック回路によってなされる。インターロックの組合せは下表の通り。

イ ン タ ー ロ っ ク 組 合 セ 表				
状 態	第 1	第 2	第 3	第 4
主 ク ラ ッ チ	○	×	×	×
副 ク ラ ッ チ	×	○	×	×
ブ レ ー キ	×	×	○	×
○ …… オ ン		× …… オ フ		

(4) フリードラム方式実用化の検討

本方式によれば

- 1 ) 所要の繰り出し速度が簡単に得られる。
- 2 ) インターロック機構により誤操作が防げる。
- 3 ) コストアップも小さい。

の特徴があり、また、技術的にも十分実用化可能との結論に達した。

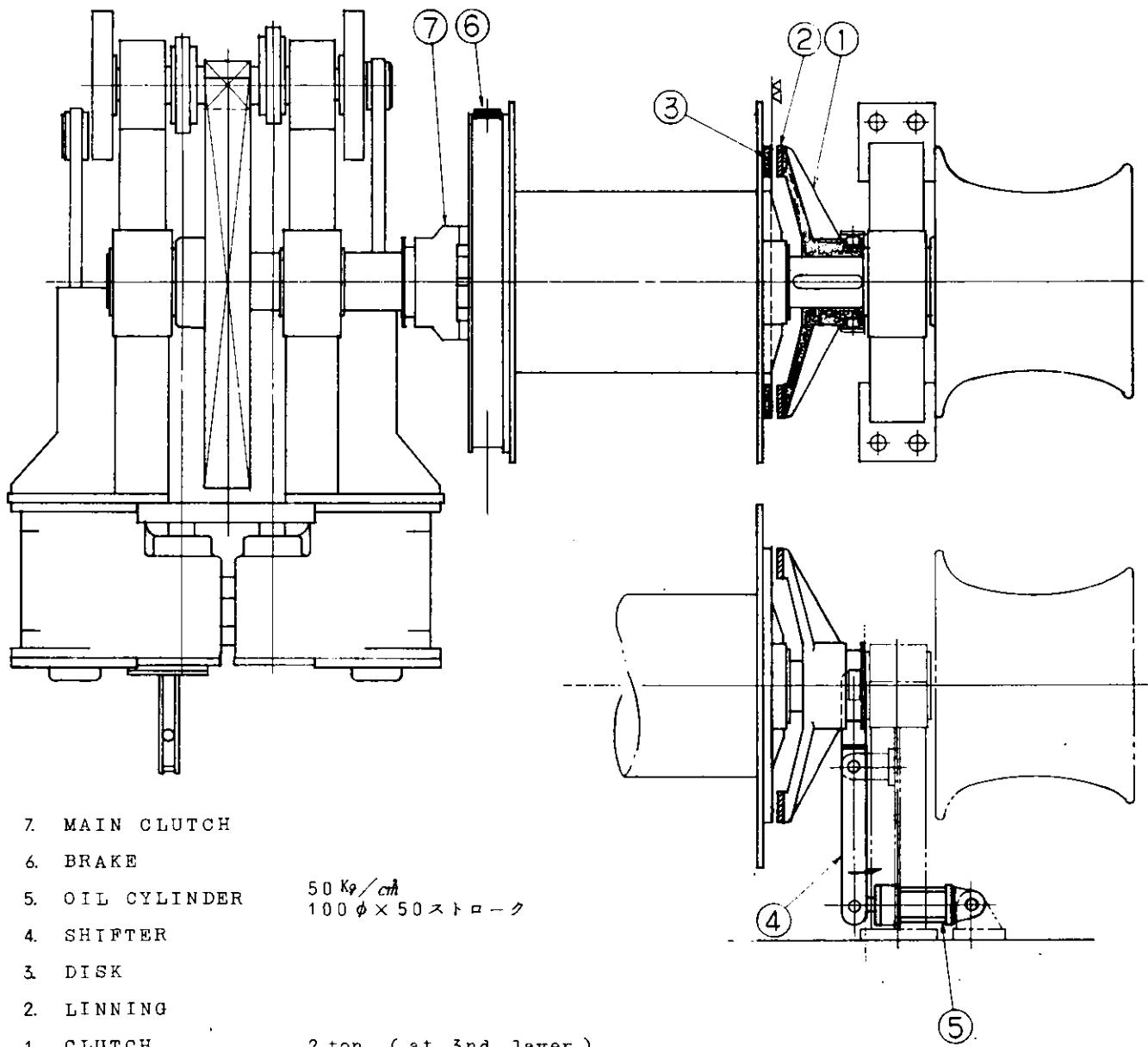


図 1.3.28 FRICTION CLUTCH FOR HIGH-SLACK-SPEED

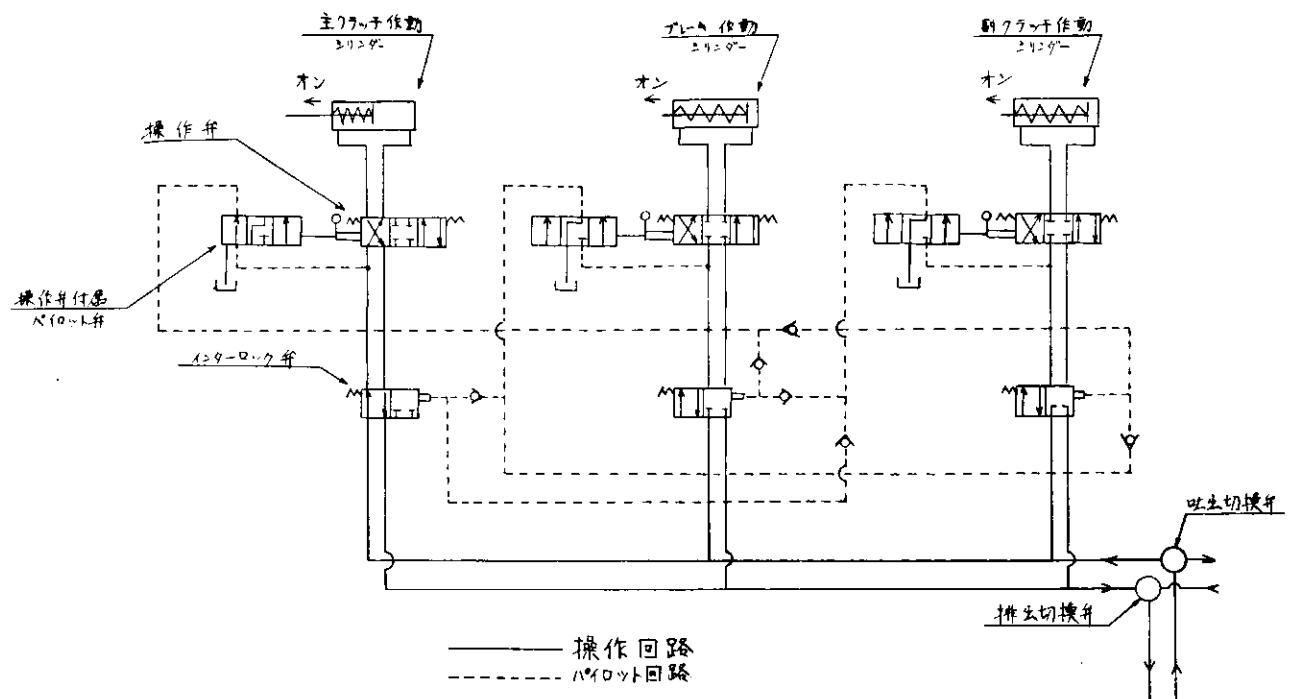


図 1.3.2.9

### 1.3.8 検討結果

係船機器のコントロール方式としては、数箇所の甲板上で係船機を制御するローカル・コントロール方式、船橋で索張力を視認して乗員により係船機を制御するセントラル・コントロール方式、さらに乗員に代ってコンピュータで船位保持を自動的に行なわせるコンピュータ・コントロール方式が考えられる。

離接岸、係船時に各方式に必要な項目は下表のようになる。

コントロール方式	ローカル・コントロール方式		セントラル・コントロール方式		コンピュータ・コントロール方式	
	離接岸	係船中	離接岸	係船中	離接岸	係船中
船位センサー	—	視認	—	○	—	○
張力センサー	—	"	—	○	—	○
イコライジング	—	"	—	○※1	—	○※2
ハイスラック	○	—	○	—	○	—
クラッチリモコン	○	○	○	○	○	○
ブレーキリモコン	○	○	○	○	○	○
オート・ドレン		△		○		○
給油		△		○		○

注： — ナシ ○ 必要 △ あれば便利

※ 2 ドラム・1 ウインチの場合必要、1 ドラム・1 ウインチでは不要

※ 1 演算器によるコントロール（電動油圧では不要）

※ 2 コンピュータによるコントロール（電動油圧では不要）

電動油圧方式では、ローカルコントロールからコンピュータ・コントロールまで可能である。ただし、2ードラム・1ーウィンチの場合は演算器またはコンピュータによるイコライジングとなる。

蒸気係船機は経済性、防爆に対する安全性からいまだに広範囲に使用されているが、電動油圧駆動係船機に比べて次のような欠点がある。

(1) 制御性

蒸気が圧縮体で温度変化に敏感であり、また、回転トルクが不均一のため、索張力の微調整が難しい。

(2) イコライジング

前項の欠点のため、電動油圧駆動方式のようにグループ内での蒸気圧のバランス方式による簡単なイコライジングは現時点では不可能であり、各係船機の索張力を個別に検出し、演算器またはコンピュータで制御する複雑な方式となる。

(3) ドレン抜き

ドレン抜きから暖機完了までをシーケンシャルコントロールすると、相当なコストアップとなる。

蒸気駆動係船機によるローカル・コントロールはすでに実用化の段階であり、ブレーキとクラッチのインターロック機構を設ける場合、配管上の繁雑さはあるが、まず問題はない。プリッジからの遠隔操作によるセントラル・コントロールは前述の蒸気特有の欠点はあるが、可能である。

高自動化船の係船装置を電動油圧方式、蒸気方式のいずれとするかについて予測することは非常に難かしい。現在、蒸気機関に関しても制御素子が開発されているからである。ローカルやプリッジよりの遠隔制御では人間の監視判断による人為的な操作によって制御性の悪さを補正できるが、コンピュータ・コントロールとなれば人為操作を介さない機械的な操作だけになる。それだけ高度な追従性を要求される。係船装置では係船索の伸びが緩衝的な役割を果すので他の装置に見られるような精度を必要としない。したがって、蒸気方式でも技術的には可能ということになるが、コンピュータ・コントロールのように極度の人員削減を考えると建造時の費用は高くなるが、油圧方式の採用が望ましいと思われる。

## 2. 荷役システムの自動制御方式の研究

### 2.1 自動制御に必要な諸数値決定のための実験研究

#### 2.1.1 バタフライ弁流挙特性の実験研究

タンカーの荷役をコンピュータにより自動的に制御する場合、荷油ポンプの吐出量、ベルマウスからの吸入量およびエダクターを駆動するに必要な油量等の制御を行なうさいに弁の開度と通過流量による流体の圧力損失の関係を知ることにより、コンピュータにより弁の開度を指定し、所要の制御を行なわせることができる。現在使用されているような大口径のバタフライ弁についての弁の開度と通過流量による流体の圧力損失の関係を示す諸数値を得るために、次のような実験を行なった。

##### (1) 実験装置および実験方法

###### (a) 実験 (I) 実験場所：三井造船(株)千葉造船所構内

図2.1.1.(1)にこの実験装置図を示し、図2.1.2に実験装置の写真を示す。

管路は全て鋼管200φ(SGP)にて構成している。150φ、250φの供試弁(各弁とも16k-600φ弁と相似形)の実験のため、供試弁前後の管およびオリフィスをユニットとした換装セットを用意した。この換装セットの両端は減径管(レデューサ)が取付けられており、実験装置にそのまま取付けることができる。

ポンプは電動機駆動型であるので、流量調整は吐出弁⑥によることとした。差圧計測はガラス管長1mのU字管に水銀を封入して行なったが、U字管測定域を超える差圧に対しては、ダイヤル型(ブルドン管式)精密圧力計を準備した。(図2.1.3参照)

タンク①に清水を満たし、渦巻ポンプ⑥を起動し、吐出弁⑥を制御して管路ループに流量を与え、その際のオリフィスおよび供試弁の差圧を記録する。供試弁に対し、開度を設定しておき、吐出弁⑥を制御して流量を0~300m<sup>3</sup>/hの間で8段階程度にそれぞれ設定し、それぞれオリフィスおよび供試弁前後の差圧を計測する。各開度において、この流量変化を2回繰返し計測した。

以上を繰返して3種類の口径の供試弁に対して計測を行なった。

###### (b) 実験 (II) 実験場所：(株)新興金属工業所ポンプ試験場

図2.1.1.(2)にこの実験装置図を示し、図2.1.4に実験装置の写真を示す。

管路は図示のごとく、吸入口③からポンプ⑫に吸入された清水は吐出弁①、減圧板⑭、供試弁⑮(または⑬、⑭)(各弁とも中北製作所製16kダイブ)を通りせきに放出され、整流板⑯にて整流されたのち全幅四角せき⑮にて流量を計測され、再び池を回流して吸入口③に戻る。ポンプは実船(超自動化実験船ではない)に使用される蒸気タービン駆動貨油ポンプ(渦巻型)を使用し、流量制御は、ポンプ回転数制御および吐出弁制御の両者組合せにより行なった。

計測は、供試弁前後の差圧を水銀を封入したU字管⑪にて行なったが、(図2.1.5参照)U字管の測定域を超える差圧に対しては、精密型ダイヤル式(ブルドン管式)圧力計⑩、⑪にて計測した。

流量計測は全幅四角せき⑮により水頭を計測し、流量に換算した。

供試弁は、開度を設定しておき、ポンプ回転数および吐出弁制御により流量を約8段階に変化させ、それぞれせきの水頭および供試弁前後の差圧を計測した。各開度においてこの計測を流量変化往復1回行なった。

以上を繰返して3種類の口径の供試弁に対して計測を行なった。

##### (2) 計測

###### (a) 実験 (I)

250φ供試弁

開度：(82°全閉)75°、60°、45°、30°、25°、20°、15°、10°、5°

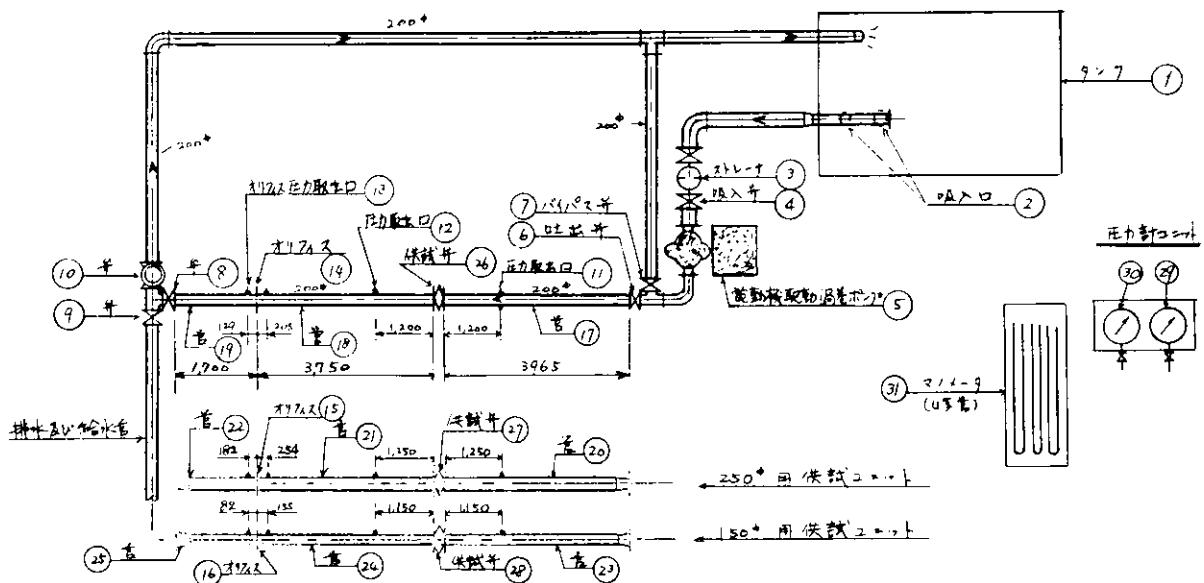


図2.1.1(1) 実験装置 (I)

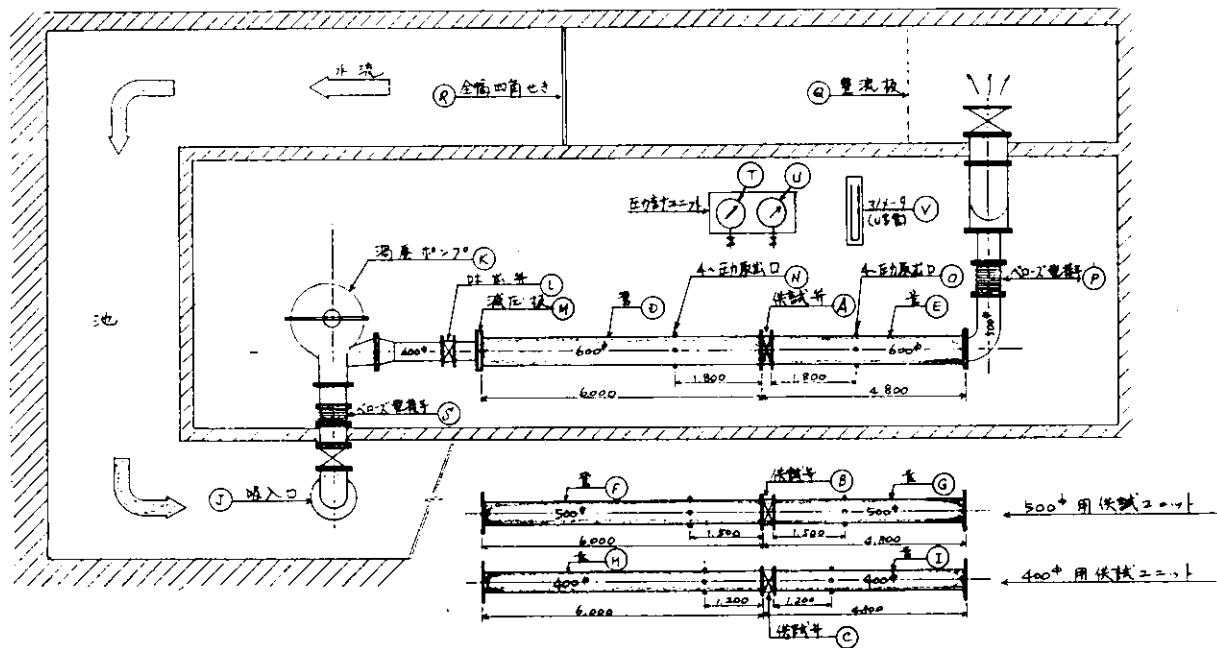


図2.1.1(2) 実験装置 (II)

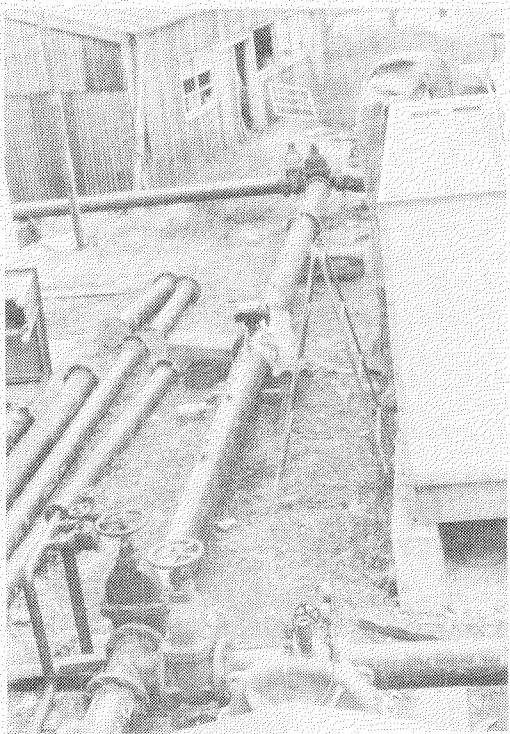


図2.1.2 実験(I) 実験装置

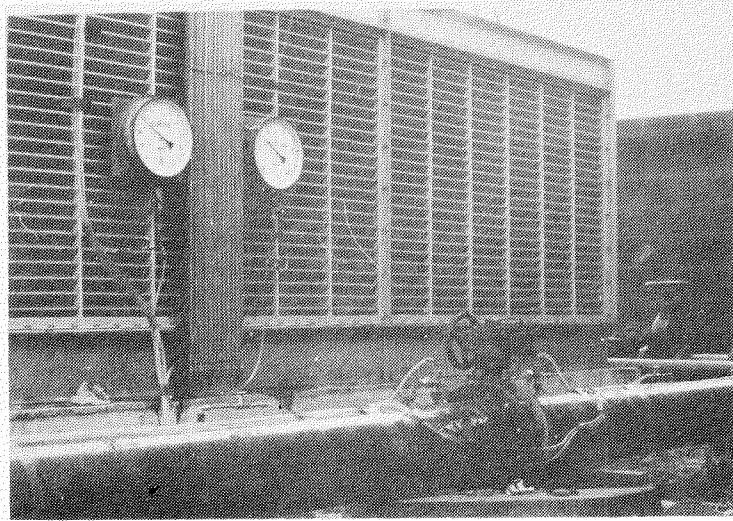


図2.1.3 実験(I) U字管および精密圧力計

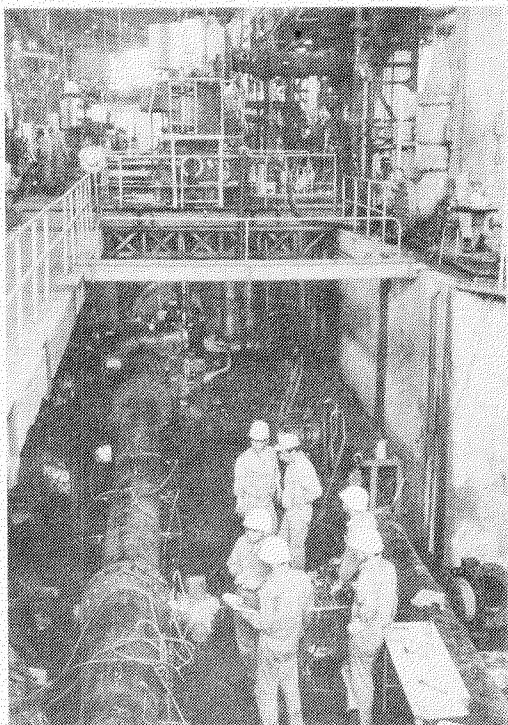


図2.1.4 実験(II) 実験装置

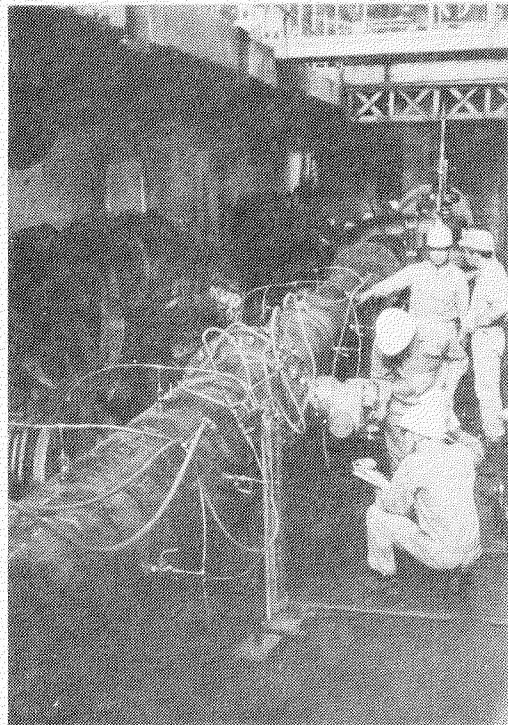


図2.1.5 実験(II) 供試弁およびU字管

表 2.1.1 主要部品一覧表

実験番号	部品名	名称	主要項目	備考
実験(I)	1	タンク	鋼板製 5,138(w)×3,334(d)×2,810(h)	
	5	ポンプ	電動機駆動渦巻ポンプ 300m³/h × 50m	
	14	オリフィス	呼び径 200φ, 外径 320φ, 孔径 102.5φ, 4t ステンレス鋼(sus27)製	
	15	オリフィス	呼び径 250φ, 外径 385φ, 孔径 95φ, 5t ステンレス鋼(sus27)製	
	16	オリフィス	呼び径 150φ, 外径 265φ, 孔径 93φ, 3t ステンレス鋼(sus27)製	
	17, 18, 19	供試管	鋼管, 呼び径 200φ 外径 216.3φ, 5.8t	
	20, 21, 22	供試管	鋼管, 呼び径 250φ, 外径 267.3φ, 6.6t	
	23, 24, 25	供試管	鋼管, 呼び径 150φ, 外径 165.2φ, 5.0t	
	26	供試弁(バタフライ弁)	中北製 16k-600φ バタフライ弁と相似形, 弁座ノムなし	(200φ)
	27	供試弁(バタフライ弁)	同 上	(250φ)
	28	供試弁(バタフライ弁)	同 上	(150φ)
	29	精密圧力計	300φ 0~3kg/cm²	
	30	精密圧力計	300φ 0~10kg/cm²	
	31	U字管	ガラス管長 1,000mm 水銀式, 直読	
実験(II)	A	供試弁(バタフライ弁)	中北製 16k-600φ	
	B	供試弁(バタフライ弁)	中北製 16k-500φ	
	C	供試弁(バタフライ弁)	中北製 16k-400φ	
	D, E	供試管	钢管, 呼び径 600φ, 外径 609.6φ { 9.5t(D) 7.9t(E) }	
	F, G	供試管	钢管, 呼び径 500φ, 外径 508.0φ { 9.5t(F) 7.9t(G) }	
	H, I	供試管	钢管, 呼び径 400φ, 外径 406.4φ { 9.5t(H) 7.9t(I) }	
	K	ポンプ	蒸気タービン駆動渦巻ポンプ 4,000m³/h × 127m	新興金属製
	M	減圧板	鋼板製, 外径 845φ, 8~70φ 孔, 1~115φ 孔, 30t	整流板を兼用
	R	四角全幅せき	幅 3m, 長さ 15m 約 8,000m³/h まで測定可能	
	T	精密圧力計	300φ 0~3kg/cm²	
	U	精密圧力計	300φ 0~10kg/cm²	
	V	U字管	ガラス管長 80mm 水銀式 直読	

各開度に対し、流量は、0~300m³/hを約10点設定した。

#### 200φ供試弁

開度：(85°全開) 75°, 60°, 45°, 30°, 25°, 20°, 15°, 10°, 5°

各開度に対し、流量は0~300m³/hを約10点設定した。

#### 150φ供試弁

開度：(85.5°全開) 75°, 60°, 45°, 30°, 25°, 20°, 15°, 10°, 5°

各開度に対し、流量は0~300m³/hを約10点設定した。

流量と弁前後との差圧の関係をグラフにして図2.1.6, 図2.1.7および図2.1.8に示す。

#### (b) 実験 (II)

### 600φ供試弁

開度 90°, 50°, 30° 回転数 (r. p. m)	900, 800, 720, 720, 720, 720
吐出弁開度	25° 25° 25° 20° 15° 10°
開度 40°	回転数 (r. p. m) 900, 900, 900, 800, 720, 720, 720, 720
吐出弁開度	40° 30° 25° 25° 25° 20° 15° 10°
開度 20°	回転数 (r. p. m) 900, 800, 720, 720, 720, 720
吐出弁開度	30° 30° 25° 25° 15° 10°
開度 15°	回転数 (r. p. m) 全て 720 一定
吐出弁開度	40° 35° 30° 25° 20° 15° 10°
開度 10°	回転数 (r. p. m) 全て 720 一定
吐出弁開度	30° 25° 20° 15° 10°
開度 7°	回転数 (r. p. m) 全て 720 一定
吐出弁開度	15° 12° 10°

### 500φ供試弁

回転数は全て 720 r. p. m 一定とする。

開度 90°	吐出弁開度	40° 30° 25° 20° 15° 10°
開度 50°	吐出弁開度	40° 35° 30° 25° 20° 15° 10°
開度 40°	吐出弁開度	40° 35° 30° 25° 20° 15° 10° 7°
開度 30°	吐出弁開度	50° 40° 35° 30° 25° 20° 15° 10° 7°
開度 20°	吐出弁開度	40° 35° 30° 25° 20° 15° 10° 7°
開度 15°	吐出弁開度	30° 25° 20° 15° 10° 7°
開度 10°	吐出弁開度	18° 15° 12° 10° 7°
開度 7°	吐出弁開度	9° 7°

### 400φ供試弁

回転数は全て 720 r. p. m 一定とする。

開度 90°	吐出弁開度	24° 21° 18° 15° 12° 9° 7°
開度 65°	吐出弁開度	27° 24° 21° 18° 15° 12° 9° 7°
開度 40°	吐出弁開度	25° 20° 15° 12° 9° 7°
開度 35°	吐出弁開度	30° 25° 20° 15° 12° 9° 7°
開度 30°	吐出弁開度	30° 25° 20° 15° 12° 9° 7°
開度 25°	吐出弁開度	30° 25° 20° 15° 12° 9° 7°
開度 20°	吐出弁開度	30° 25° 20° 15° 12° 9° 7°
開度 15°	吐出弁開度	25° 20° 15° 12° 9° 7°
開度 10°	吐出弁開度	15° 12° 9° 7°
開度 7°	吐出弁開度	10° 9° 7°

計測結果をグラフにして図 2.1.9, 図 2.1.10 やおよび図 2.1.11 に示す。

### (3) 解析

計測結果は次のようにグラフにまとめた。

- (a)  $Q - \Delta H$  関係 (供試弁各サイズごと) ……図 2.1.6 ~ 図 2.1.11

計測された流量  $Q$  ( $m^3/h$ ) を横軸にその流量に対する供試弁前後の差圧  $\Delta H$  ( $mmHg$ ) を縦軸にプロットし、平均的な曲線を引いたものである。

精密ディヤル型圧力計にて計測した値は、単位と  $mmHg$  に換算してプロットした。

(b)  $Re - \zeta$  関係(供試弁各サイズごと)………図 2.1.1.2～図 2.1.1.7

(1) にて作成したグラフに引いた平均曲線をもとにし、流量  $Q$  より  $Re$  に換算し、また、差圧  $\Delta H$  より形状抵抗係数  $\zeta$  を算出し、開度をパラメータとしてまとめた。

形状抵抗係数は弁前後の差圧  $\Delta H$  ( $mmHg$ )、弁を通過する流体(清水)の流速  $V$  (流量  $Q$  ( $m^3/h$ ) より算出する)により、下式にて形状抵抗係数  $\zeta$  を計算した。

$$\zeta = \frac{\Delta H}{V^2 / 2 g}$$

$Re$  数計算の際、管内径を Principal Dimension として採用した。

(c)  $Re - \zeta$  関係………図 2.1.1.8

代表的に全開および開度  $30^\circ$  における形状抵抗係数  $\zeta$  を全サイズ供試弁につき 1 枚のグラフにまとめた。このグラフにより口径が異なる弁について相似性を論ずることができる。

(d)  $\theta - \zeta$  関係………図 2.1.1.9

(b), (c) で求めたグラフより  $600 \phi$  について平均的な  $\zeta$  の値を求め、これを弁開度を横軸としてまとめたものである。

(4) 考 察

(a) 図 2.1.6～図 2.1.1.1 について、各計測点はよく曲線に乗っており、また、曲線は 2 次曲線に近い。したがって、計測値はすべて信頼できるものと考えられる。

(b) 図 2.1.1.2～図 2.1.1.7 についてみると、同一口径弁の同一開度においては、実験した  $Re$  数範囲においては、ほぼ一定値を示しており、また、他の口径弁と比較しても  $\zeta$  の値は同じ開度についてはほぼ同一である。すなわち、一般に  $\zeta$  は  $Re$  の高い範囲では、 $Re$  に無関係にはほぼ一定となるが、今回の実験においてもこれが立証されたことになる。また、弁口径が異っても同一開度において  $\zeta$  がほぼ同一の値を示すことは、相似則の表われであり、本実験で使用した供試弁は、厳密には相似形でなかったにもかかわらず、これがなりたっていることがわかる。

(c) (b) に述べた相似則をさらに明確に図示するため図 2.1.1.8 に全開および開度  $30^\circ$  における形状抵抗係数  $\zeta$  を全口径弁につきまとめたが、この傾向がよく観察できる。

(d) 図 2.1.1.9 においては  $600 \phi$  弁開度と  $\zeta$  の関係を示している。このグラフにより所要の  $\zeta$  を与える弁開度を知ることができます。予想されたごとく、微小開度において  $\zeta$  が大きく変化し、流量調整弁としてバタフライ弁(中北製)を使用するのは、かなり困難である。

### 2.1.2 ベルマウスの吸入量と空気吸込発生時の液面高さとの関連特性を求める実験研究

タンカーの揚荷荷役の際、各タンクの液面が漸次低下するが、ベルマウスより荷油の吸引を続行すれば、ついに液面に渦流を生じ、その渦流はやがて発達して渦系の下端がベルマウスに達するようになり、荷油吸入管に空気を吸引する。このまま空気の吸引を続けると、荷油ポンプ内に空気が溜り荷油ポンプが通常のタンカーに使用されるセントリフィューガル型の場合には、ついに荷油ポンプによる荷油の吸引が不能となることが経験されている。コンピュータにより揚荷荷役を自動的に行なう場合、あらかじめこの渦流が発生し、空気を吸込むときの液面高さを求めておけば、荷油ポンプに空気を吸込まないような制御も可能となる。

この種、渦発生に関する資料は極めて少ないが、一般にベルマウスからの吸入強さ、タンク底部構造、液体の粘度等が渦発生に何らかの関係があると考えられている。

ベルマウスからの吸入量とベルマウスからの空気吸込発生時の液面高さとの関連特性を求めるため、次のような実験を行なった。

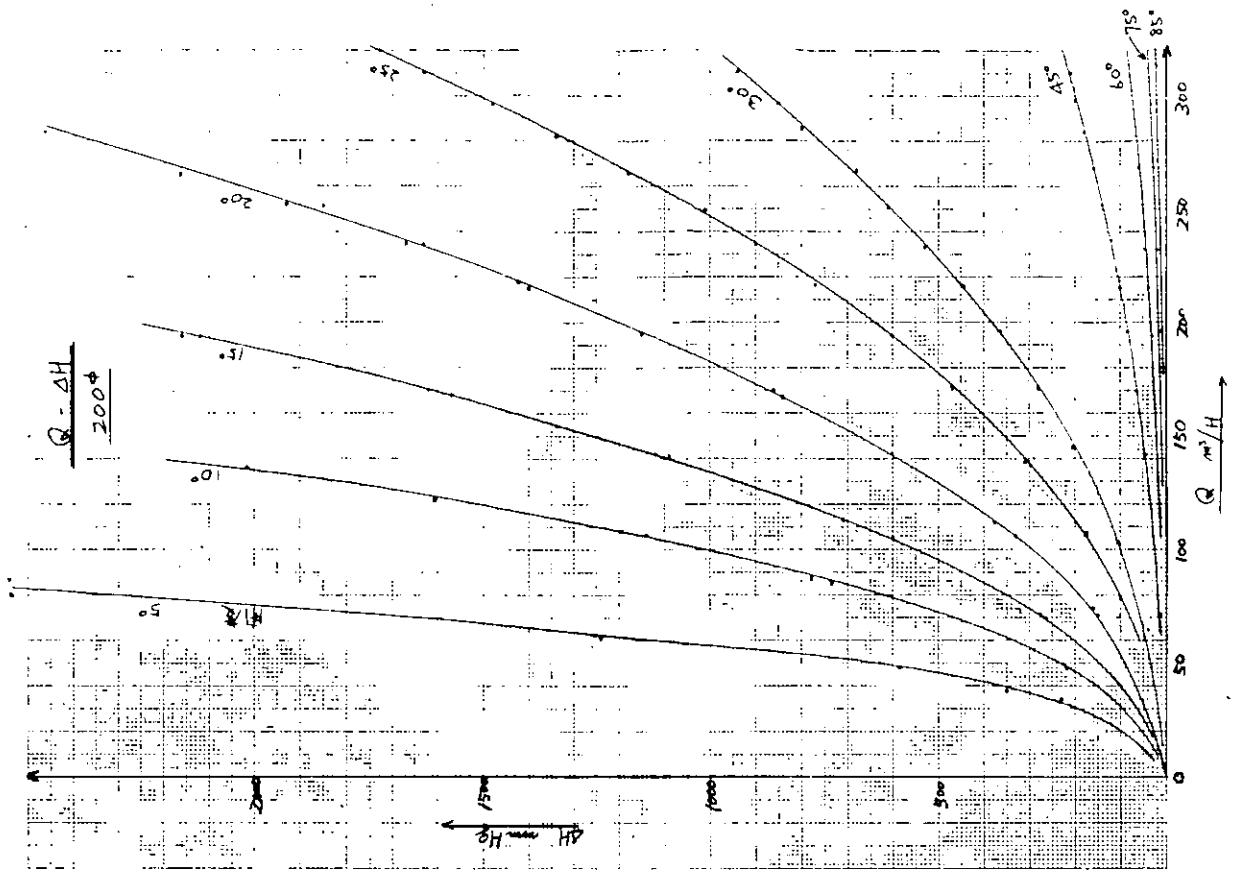


图 2.1.7

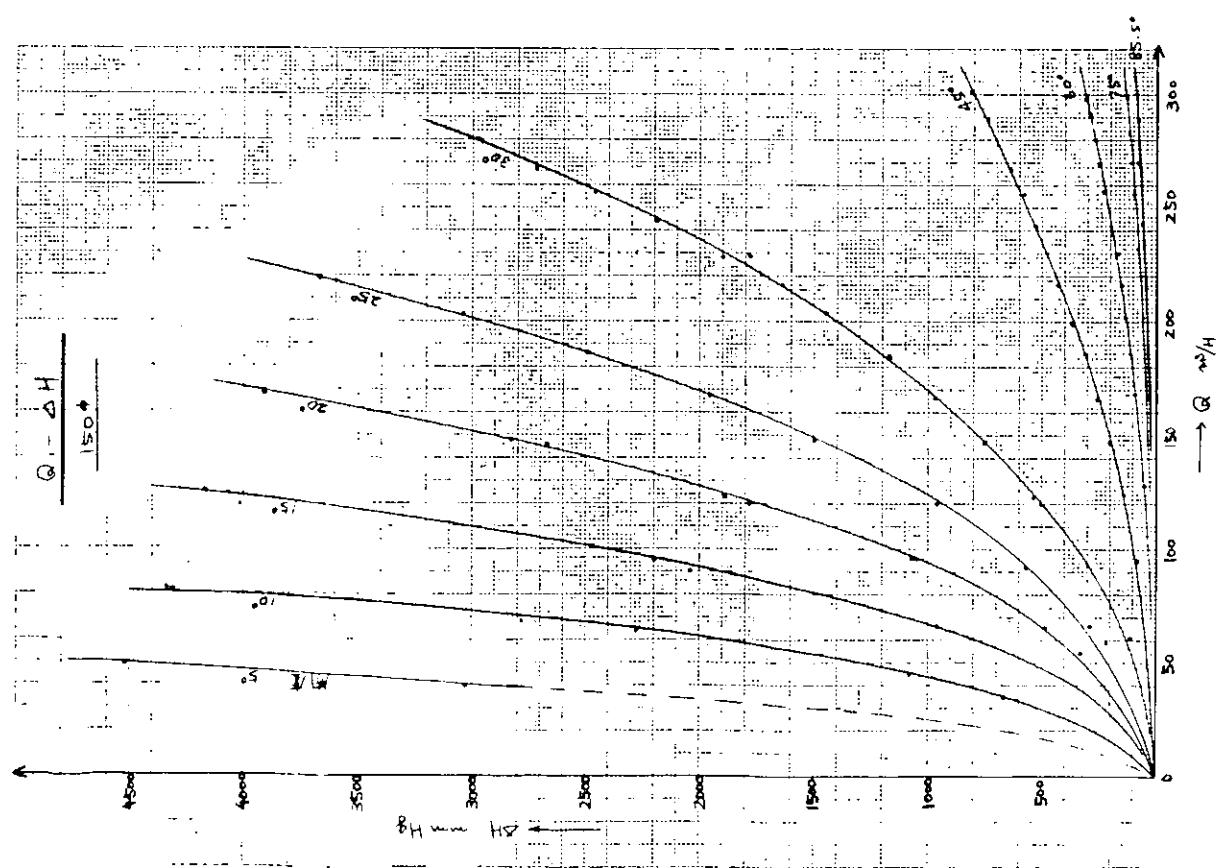


图 2.1.6

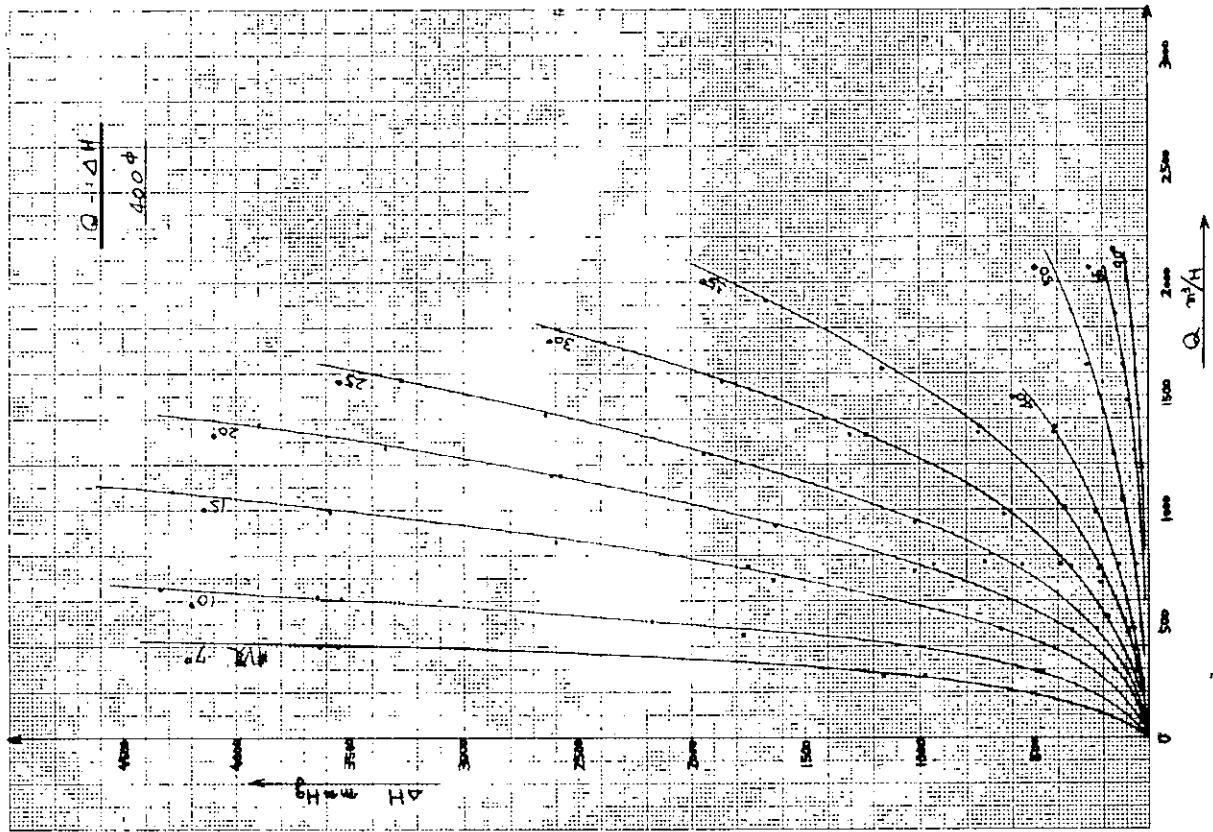


图 2.1.9

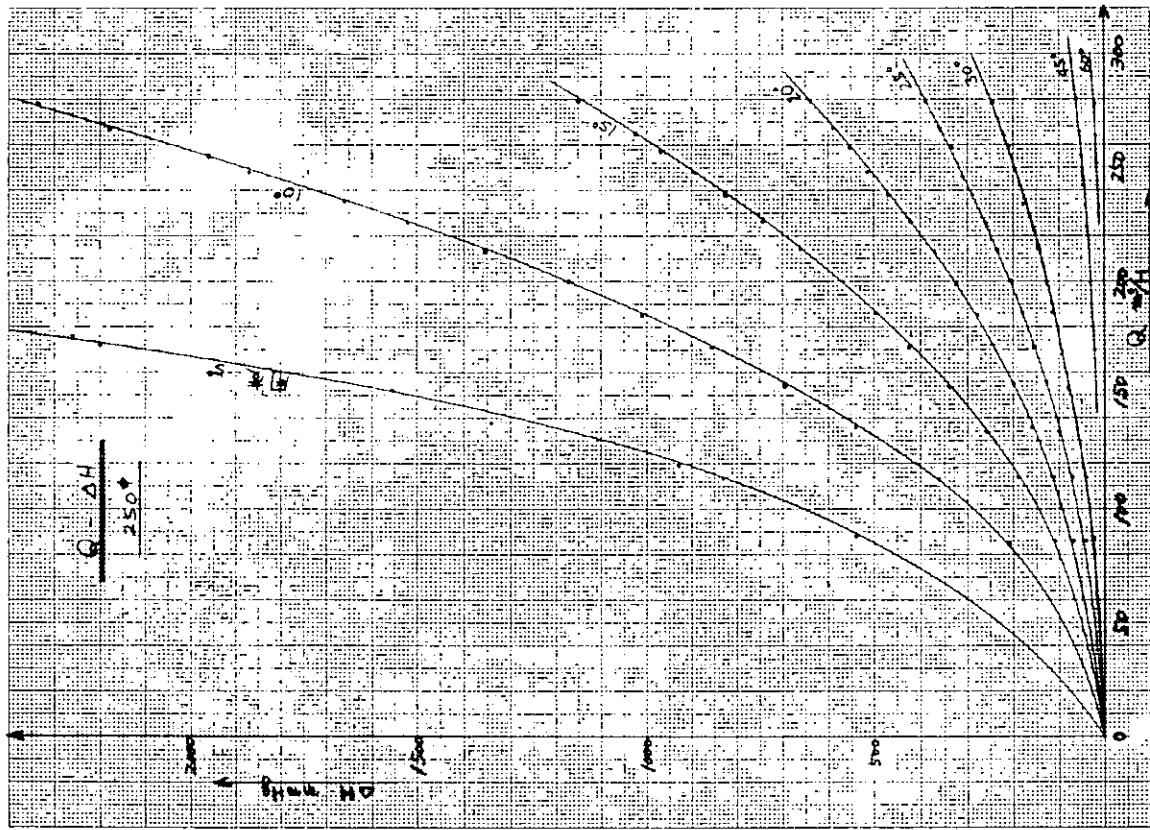


图 2.1.8

图 2.1.11

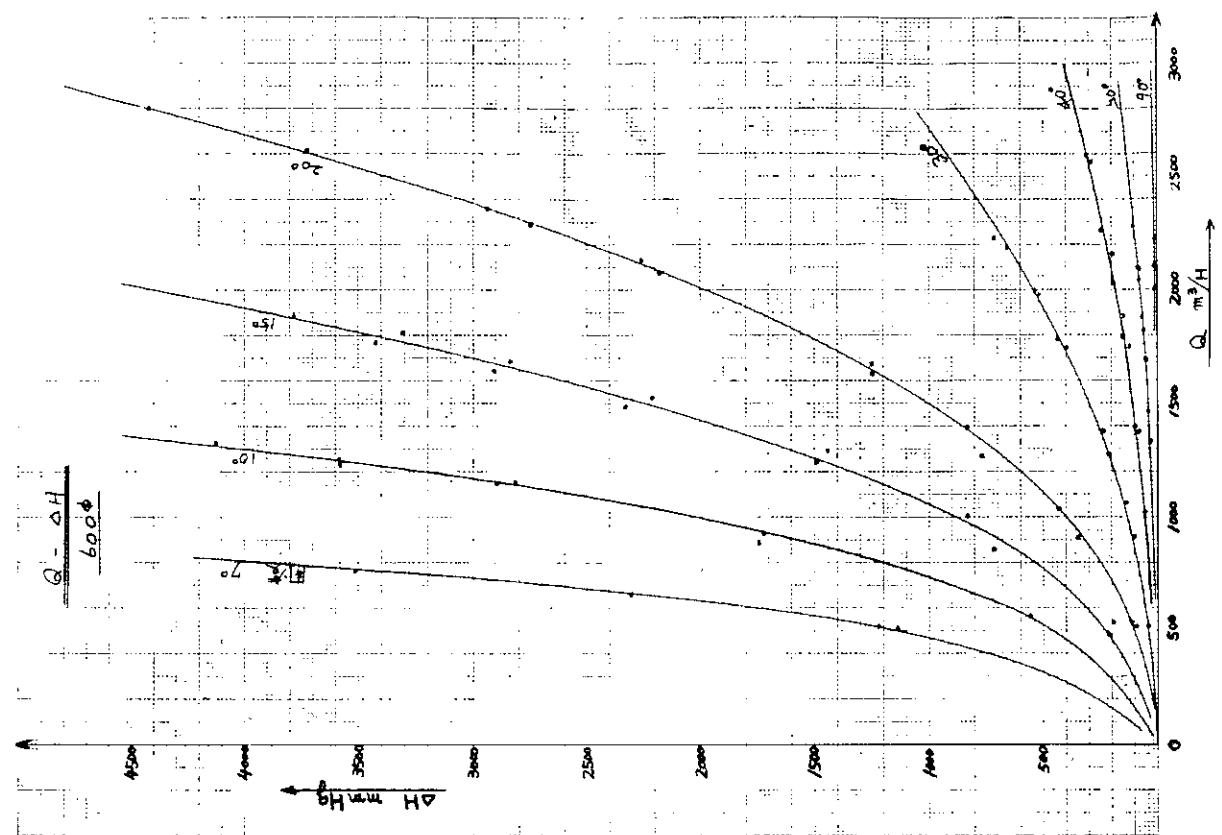
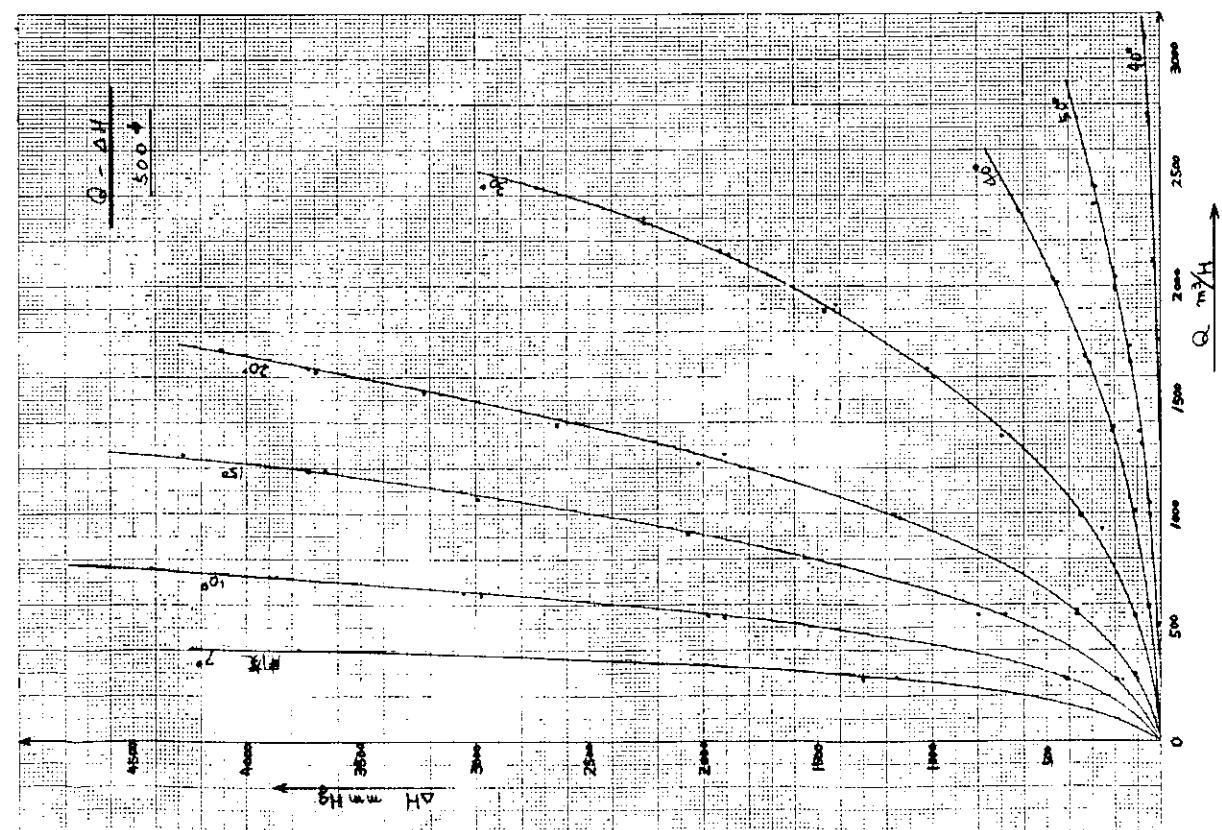


图 2.1.10



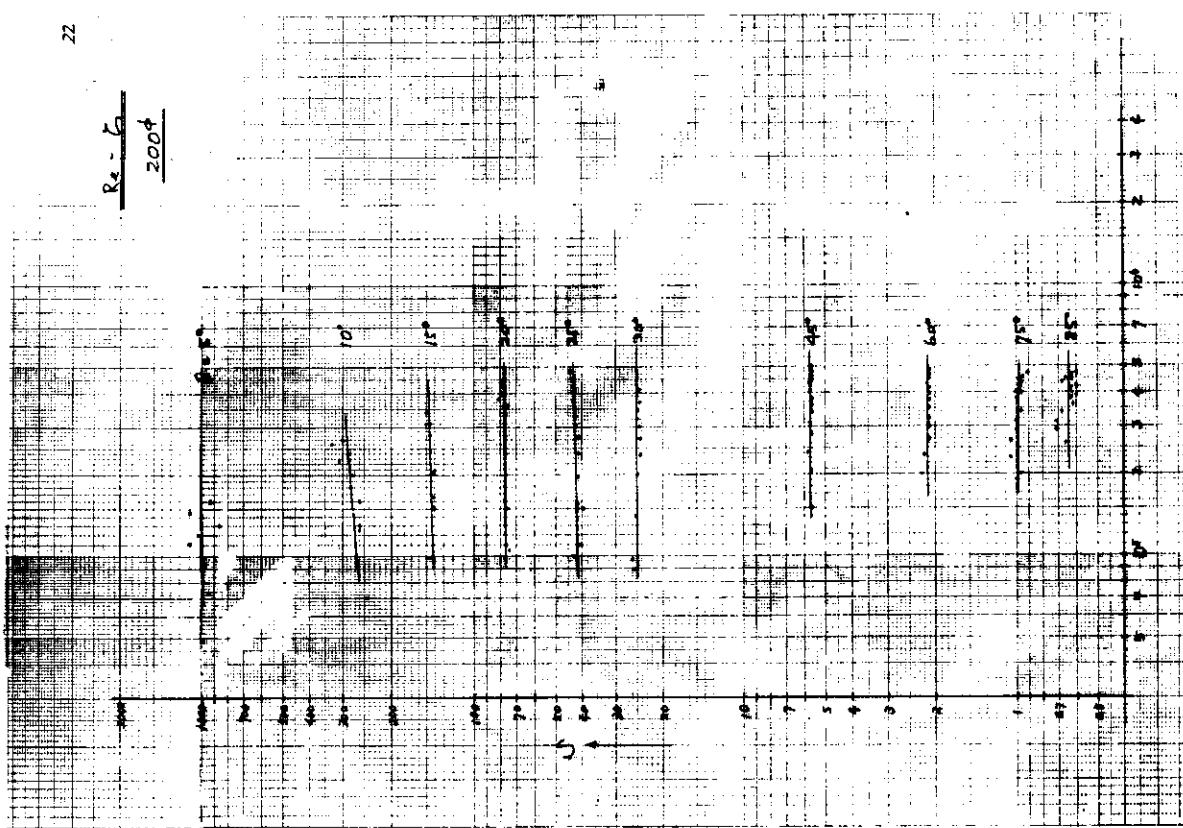


图 2.1.13

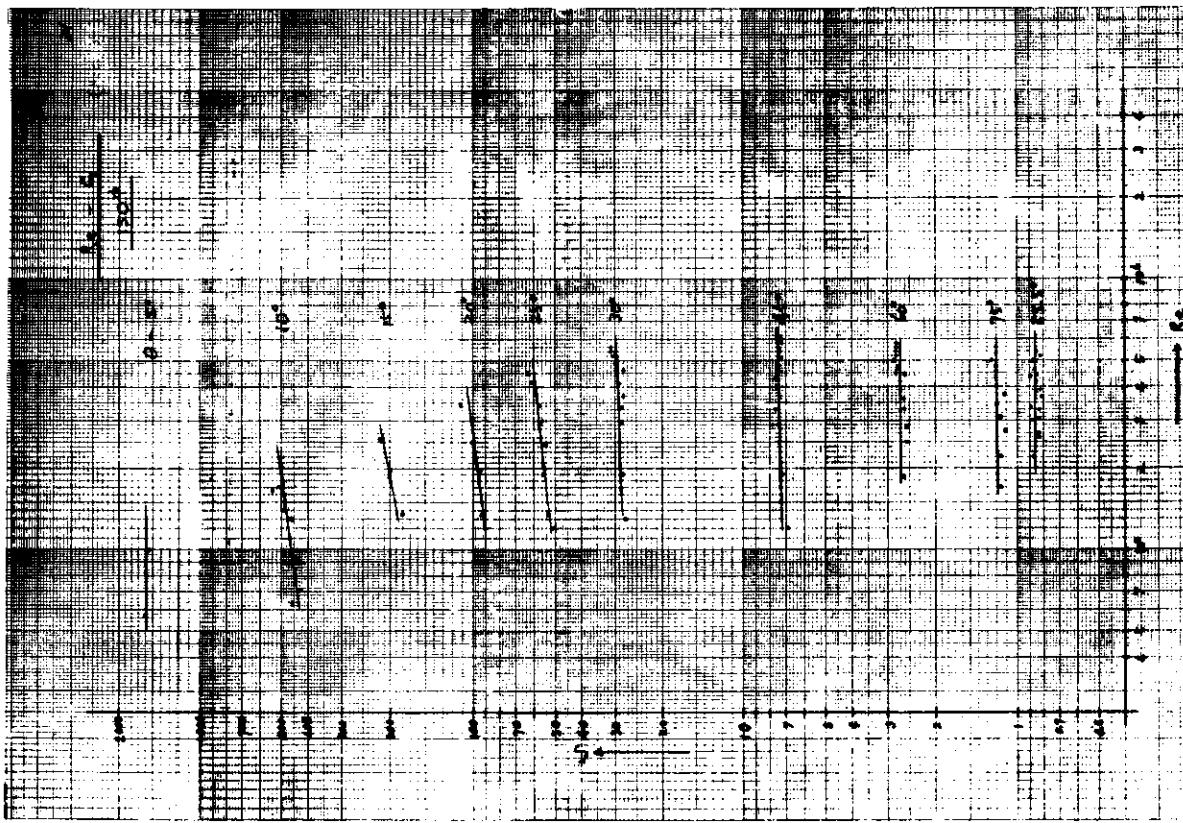


图 2.1.12

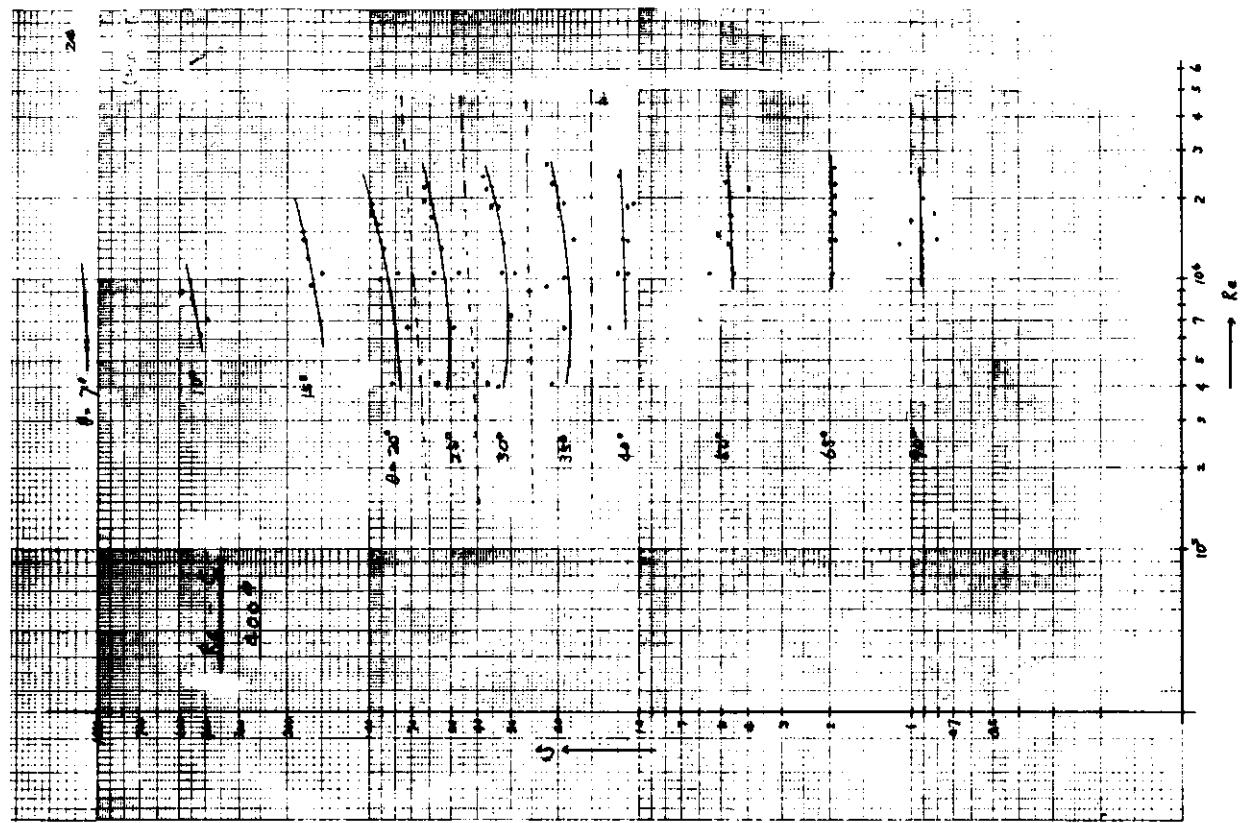


图 2.1.15

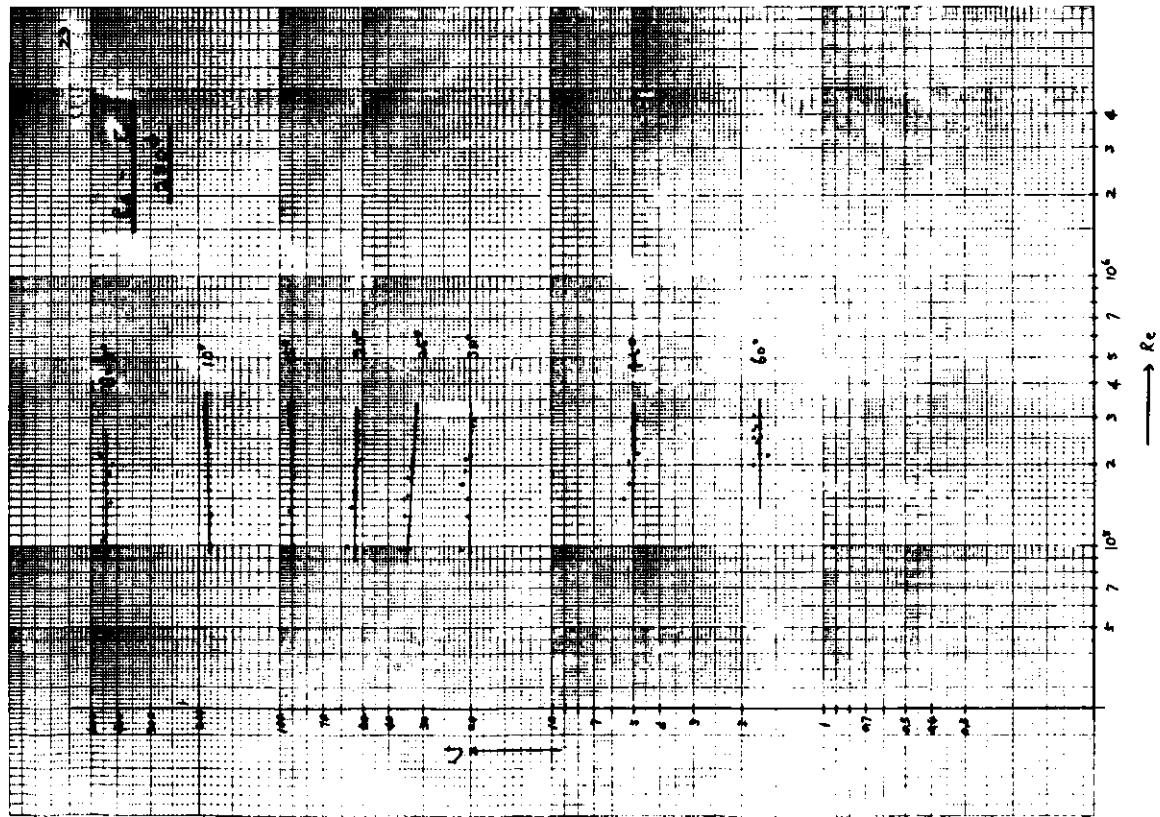


图 2.1.14

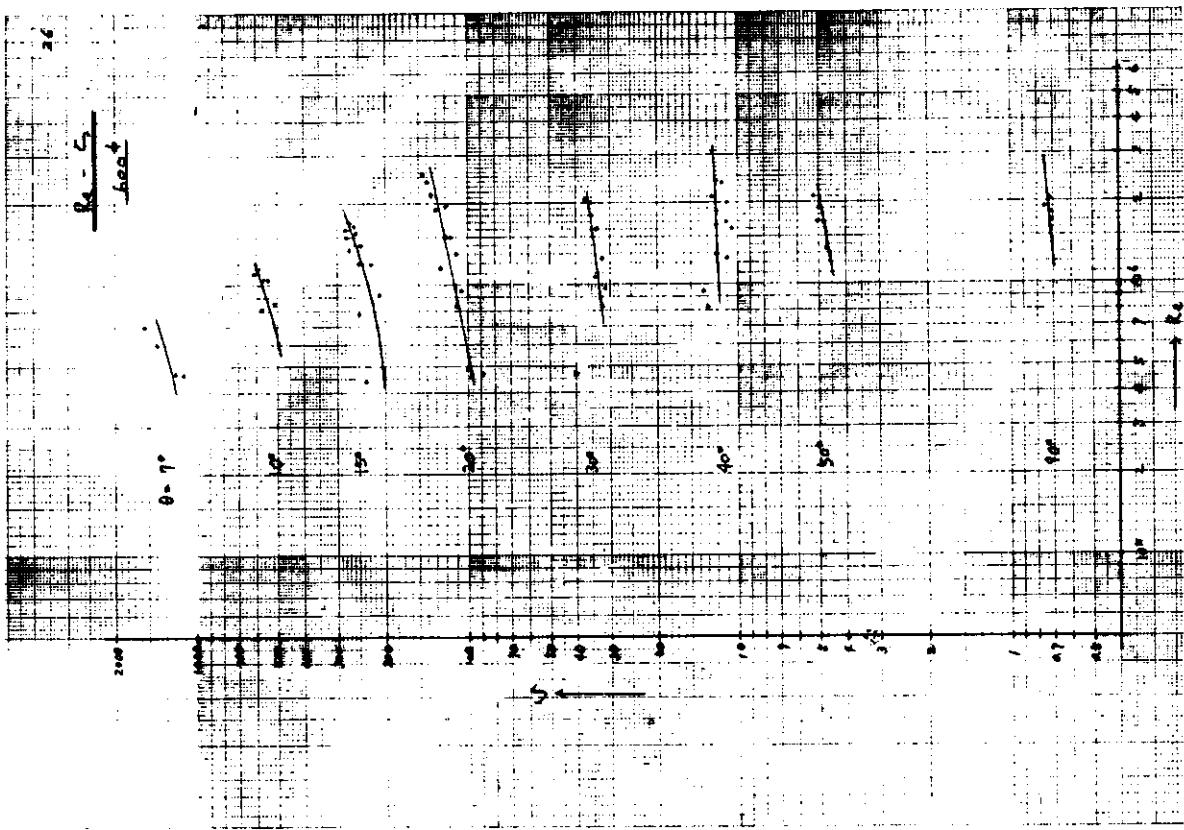


图 2.1.17

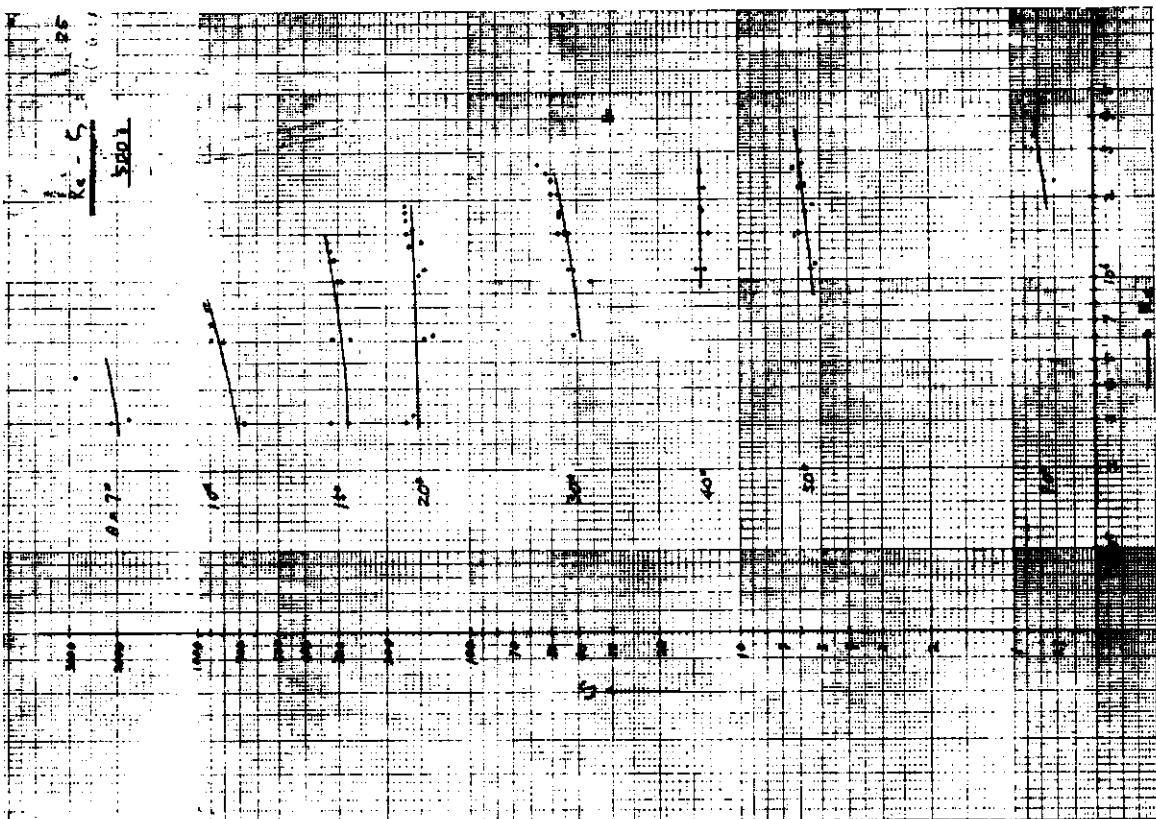


图 2.1.16

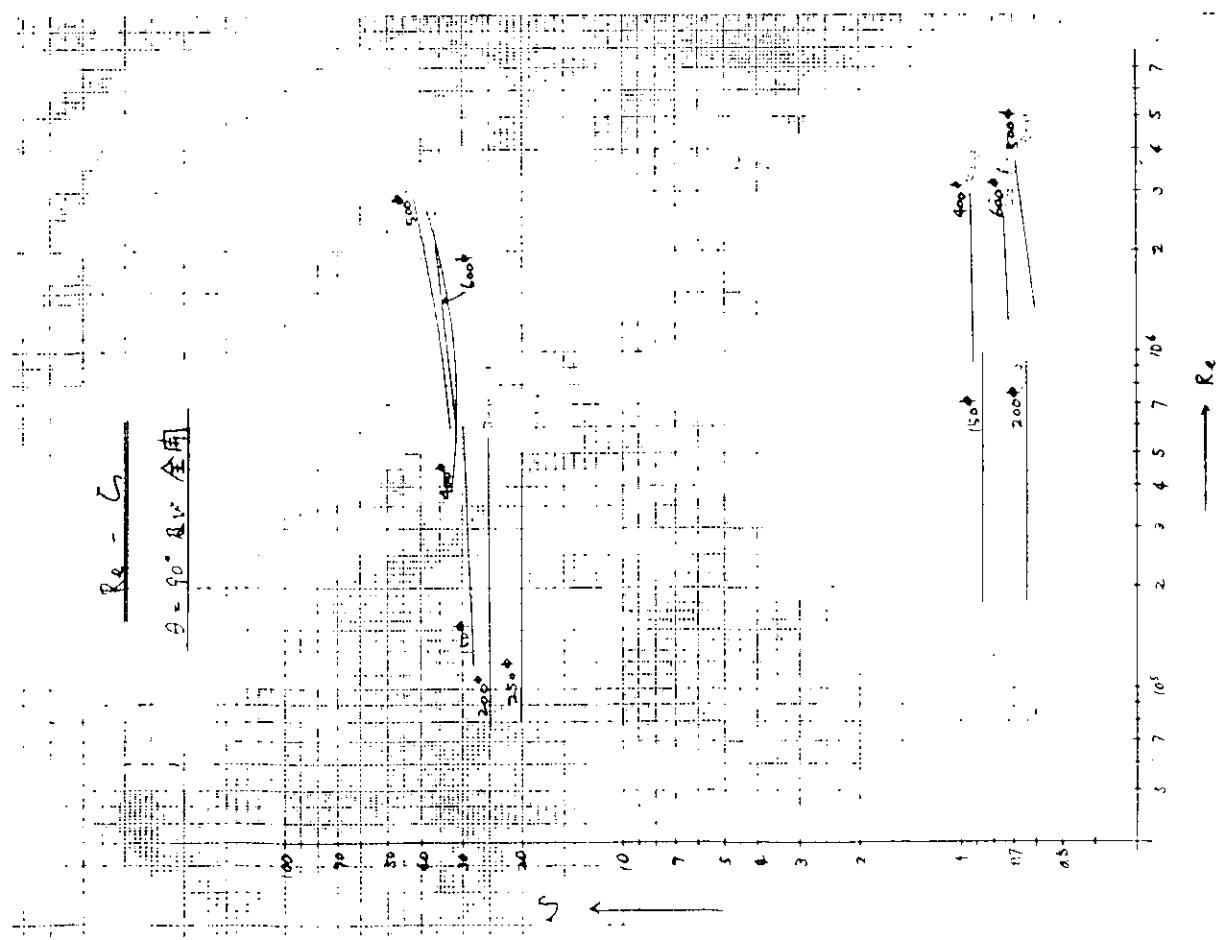


图 2.1.18

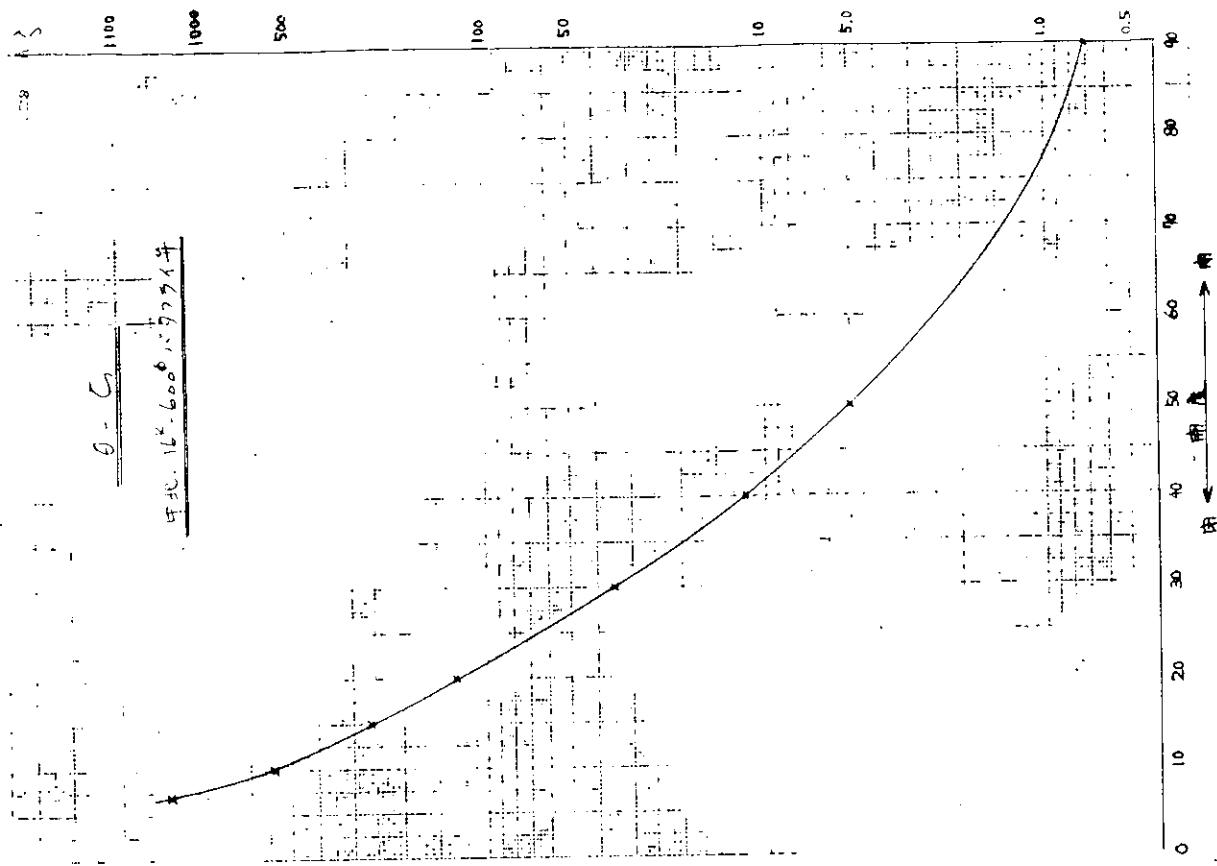


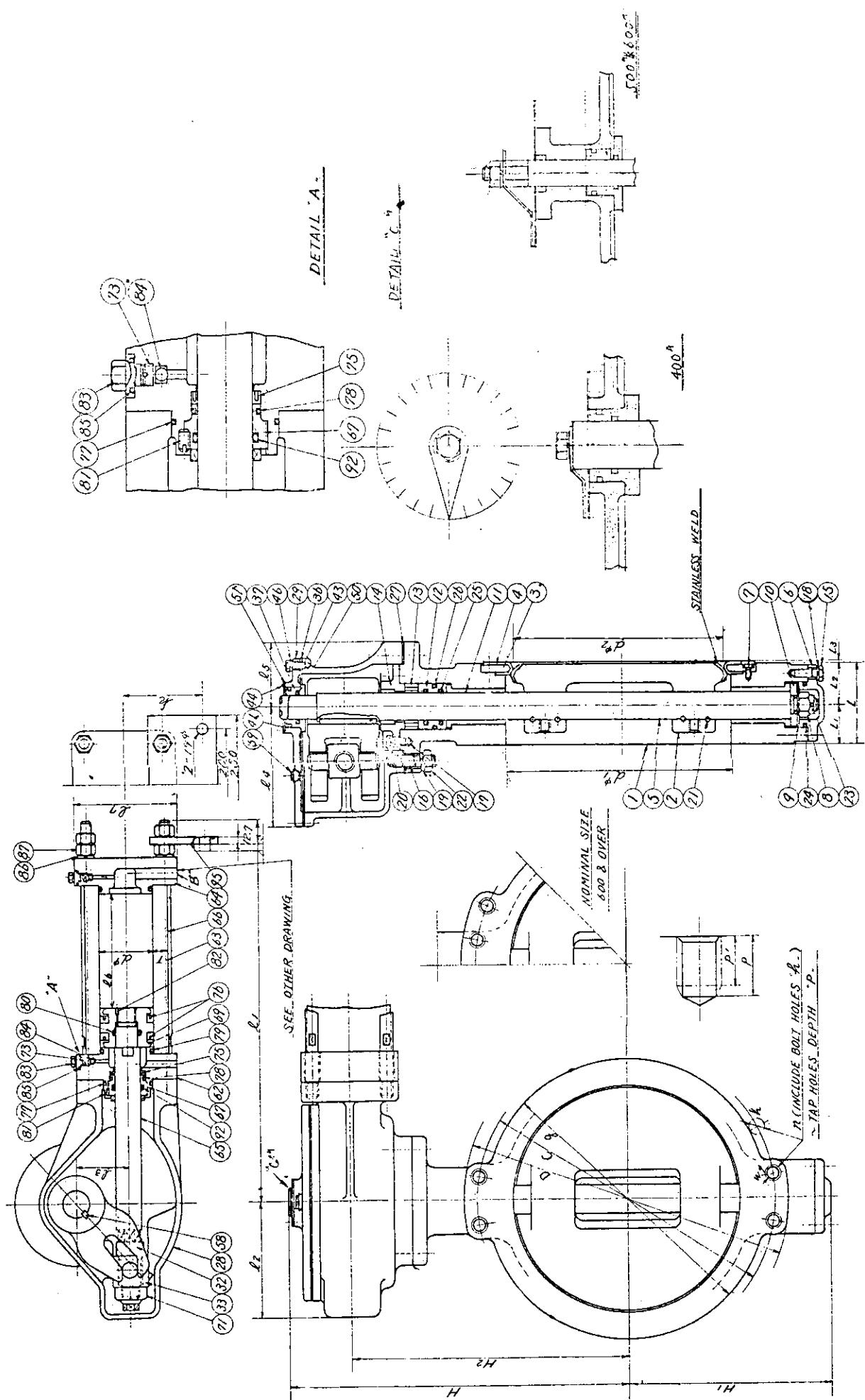
图 2.1.19

表2.1.2 供試弁寸法表

NOMINAL SIZE (mm)	FLANGE RATING	d1	F L A N G E							d2	L	L1	L2	L3
			D	C	(API- BOX) S	n	φ	h	P P1					
150	JIS 5K	145	265	230	210	8	W5/8	19	24		85	41	44	
200	JIS 5K	193	320	280	255	8	W3/4	22	30		90	43	47	
250	JIS 5K	242	385	345	320	12	W3/4	22	30		95	44	51	
350	JIS 5K	335	480	435	405	12	M 22	25	33-30					
	JIS 10K	335	490	445	415	16	M 22	25	33-30					
	JIS 16K	335	540	480	440	16	M 30	33	44-41	314	110	535	565	1
	ASA 150	335	533	476	413	12	M 24	27	36-33					
	BS 150	335	533.4	476.3	425.5	12	M 24	27	36-33					
400	JIS 5K	380	540	495	465	16	M 22	25	33-30					
	JIS 10K	380	560	510	475	16	M 24	27	36-33	359	120	55	65	15
	JIS 16K	380	605	540	495	16	M 30	33	44-41					
	ASA 150	380	597	540	470	16	M 24	27	36-33					
	BS 150	380	596.9	539.8	4826	16	M 24	27	36-33					
450	JIS 5K	430	605	555	525	16	M 22	25	33-30					
	JIS 10K	430	620	565	530	20	M 24	27	36-33	410	130	615	685	15
	JIS 16K	430	675	605	560	20	M 30	33	44-41					
	ASA 150	430	635	578	533	16	M 30	33	44-41					
	BS 150	430	635	577.9	527.1	16	M 30	33	44-41					
500	JIS 5K	480	655	605	575	20	M 22	25	33-30					
	JIS 10K	480	675	620	585	20	M 24	27	36-33	457	140	65	75	15
	JIS 16K	480	730	660	615	20	M 30	33	44-41					
	ASA 150	480	699	635	584	20	M 30	33	44-41					
	BS 150	480	6985	635	5842	20	M 30	33	44-41					
550	JIS 5K	530	720	665	630	20	M 24	27	36-33					
	JIS 10K	530	745	680	640	20	M 30	33	44-41	502	150	705	79.5	15
	JIS 16K	530	795	720	670	20	M 36	39	52-48					
	ASA 150	530	7567	699	650	20	M 30	33	44-41					
	BS 150	530	7557	6985	641.4	20	M 30	33	44-41					
600	JIS 5K	580	770	715	680	20	M 24	27	36-33					
	JIS 10K	580	795	730	690	24	M 30	33	44-41	549	160	75	85	15
	JIS 16K	580	845	770	720	24	M 36	39	52-48					
	ASA 150	580	813	7495	692	20	M 30	33	44-41					
	BS 150	580	8128	749.3	6922	20	M 30	33	44-41					
650	JIS 5K	630	825	770	735	24	M 24	27	36-33					
	JIS 10K	630	845	780	740	24	M 30	33	44-41	599	170	80	90	15
	JIS 16K	630												
	ASA 150	630	870	8065	743	24	M 30	33	44-41					
	BS 150	630	870	806.5	743	24	M 30	33	44-41					
700	JIS 5K	680	875	820	785	24	M 24	27	36-33					
	JIS 10K	680	905	840	800	24	M 30	33	44-41	648	180	85.5	94.5	15
	JIS 16K	680												
	ASA 150	680	927.1	8636	794	28	M 30	33	44-41					
	BS 150	680	927.1	863.6	7938	28	M 30	33	44-41					

H	H1	H2	$\ell_1$	$\ell_2$	$\ell_5$	$\ell_4$	$\ell_3$	$\ell_1$	CYLINDER MATERIAL				d	
									STKM 13C		FC 25			
									$\ell_7$	K	T	$\ell_7$	K	
340	191	257	159	120	57.5	103	40							
365	203	282	159	120	57.5	103	40				手動バタフライ弁			
405	247	322	159	120	57.5	103	40							
520	322	422	595	188	925	180	80	1715	140	125	6.5	140	125	19 80
567	342	463	625	198	975	190	85	1875	155	1325	7.5	155	1325	20 90
630	392	522	666	218	110	210	95	209	165	137.5	7.0	165	137.5	22 100
673	418	561	702	231	115	230	105	230	165	137.5	7.0	165	137.5	22 100
725	445	610	764	251	125	255	120	262	185	1525	7.5	185	1525	24 110
774	489	655	847	290	135	295	145	3155	185	1525	7.5	185	1525	24 110
789	483	670	855	300	140	295	145	3155	210	160	7.5	210	160	26 125
827	523	704	960	345	145	345	175	380	210	160	7.5	210	160	26 125

試供并



を行なった。

### (1) 実験装置および実験方法

#### (a) 実験装置

図 2.1.2-1 に実験装置図を示す。

管路は全て銅管 (200φ SGP) にて構成されている。

タンク①内に満たされた清水は、ポンプ⑪によりベルマウス⑥, ⑦から吸引され、吐出弁(A)⑧, (B)⑨より排出される。オリフィス⑩の前後より静圧を検出し、U字管⑪により差圧を求め、管路の流量を求める。管路流量は1つの実験中一定に保たれる。タンク①内には、測尺⑫をベルマウス⑥, ⑦の近くに備えておき、水面の観察と同時に液面高さをも記録できるようになっている。鉄板⑬はベルマウスを1個(⑦のみ)とし、ベルマウス下端をLONG IのFACE PLATEより高く渦発生を計測するとき FACE PLATE上に収き、LONG Iが流れに影響を与えないようにするための邪魔板である。バタフライ弁⑭は管路流れの安定のため挿入してある。

流量の調整は全て吐出弁(A)⑧の開度を調整して行なった。吸入弁(A)⑤, 吸入弁(B)⑥, 吐出弁(B)⑨, 排水弁⑩は全開、バタフライ弁⑭は60%開度、その他の弁は全て全閉として実験を行なった。タンク①は実船のCR, TK、およびW, TKの縮尺寸とし、プラケット、ドレン孔等も実船と全く相似形に作られている。吸入管径も実船の約1/3とし、ベルマウスその他関係位置等も実船の1/3縮尺としている。

#### (b) 実験方法

ベルマウスの取付位置および個数により次の5つの場合につき実験を行なった。

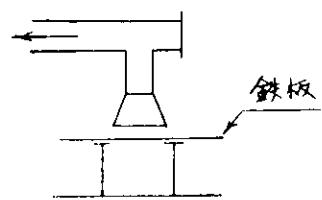
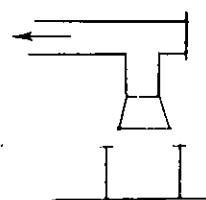
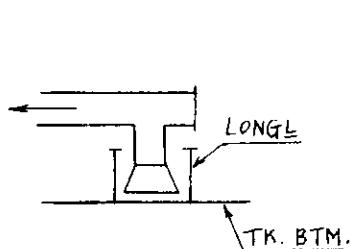
実験 I .....ベルマウス2個をタンク中央部につけたもの(実船CR, TKに相似)。

実験 II .....ベルマウス2個をタンク側部につけたもの(実船W, TKに相似)。

実験 III .....ベルマウス1個をタンク中央部につけたもの。

実験 IV .....ベルマウス1個をタンク中央部につけ、ベルマウス下端をLONG Iより上方に位置したもの。

実験 V .....実験IVと同じとし、LONG I上に鉄板を置き、LONG Iの影響を消去したものの。



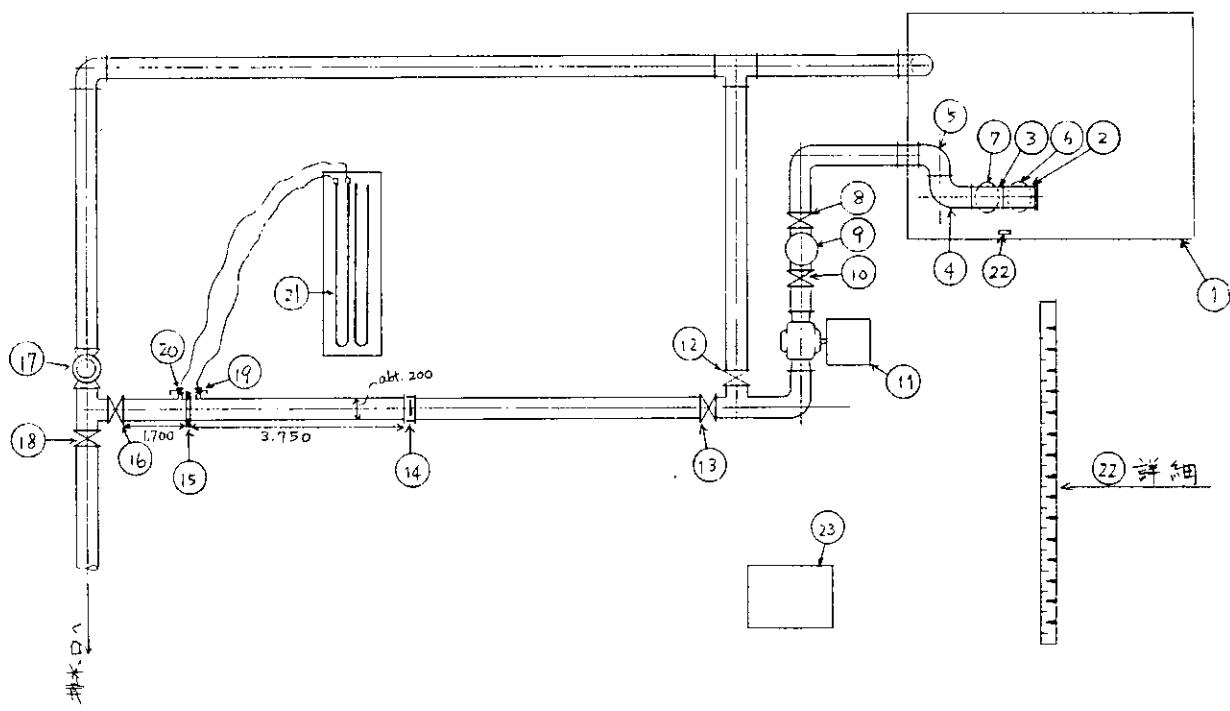


図 2.1.2-1 実験装置

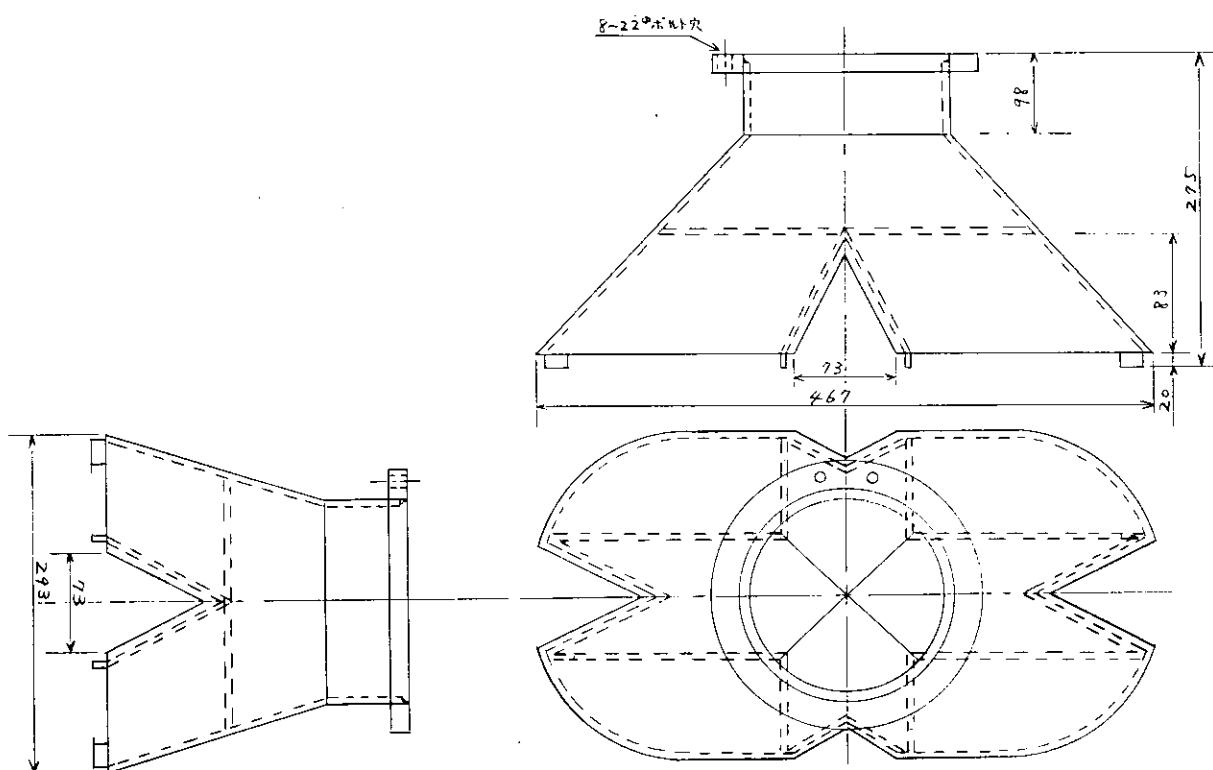


図 2.1.2-2 実験用ベルマウス（鋼板製）

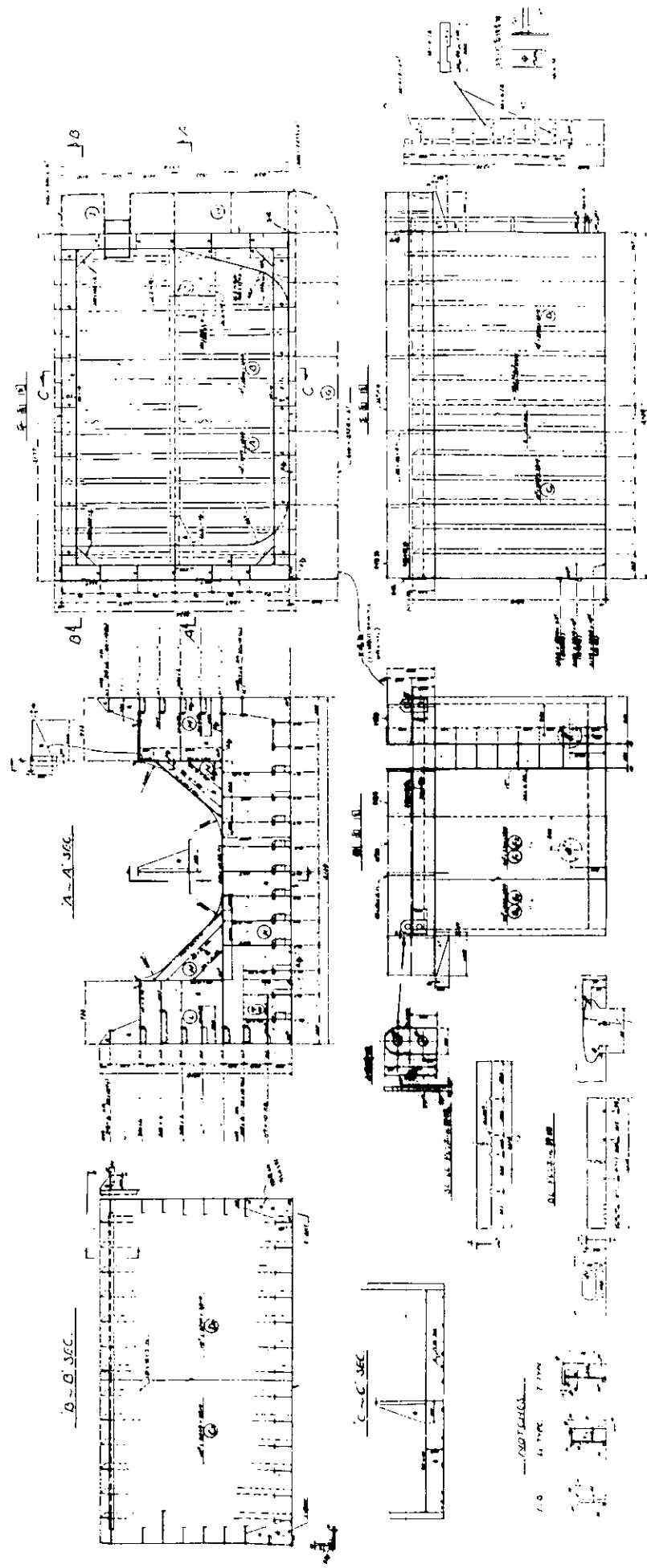


図2.1.2.3 実験用タシク

表2.1.3 主要部品一覧表

部品番号	名称	主要項目	備考
1	タンク	鋼板製 $5.138(W) \times 3.334(D) \times 2.810(H)$	詳細図参照 (図2.1.2.3)
2	Tビース(A)	鋼管製(200φ)	
3	Tビース(B)	鋼管製(200φ)	
4	曲りピース(A)	鋼製(200φ)	
5	曲りピース(B)	鋼製(200φ)	
6	ベルマウス(A)	鋼板製(200φ)	詳細図参照 (図2.1.2.2)
7	ベルマウス(B)	鋼板製(200φ)	詳細図参照 (図2.1.2.2)
8	吸入弁(A)	鋳鉄製仕切弁(200φ)	
9	ストレーナ		
10	吸入弁(B)	鋳鉄製仕切弁(200φ)	
11	電動機駆動渦巻ポンプ	$300\text{m}^3/h \times 50\text{m}$	
12	バイパス弁	鋳鉄製仕切弁	
13	吐出弁(B)	鋳鉄製仕切弁	
14	バタフライ弁		
15	オリフィス	呼び径200φ、外径320φ×孔径10.25φ、4Tステンレス鋼製	
16	吐出弁(B)	鋳鉄製仕切弁	
17	循環弁	鋳鉄製仕切弁	
18	排水弁	鋳鉄製仕切弁	
19	上流側コック	管内径4φ用	
20	下流側コック	管内径4φ用	
21	U字管	水銀式 差圧1,500mmまで読み取り可	
22	測尺	50mm刻み 1,500mmまで測定可	
23	鉄板	$750\text{mm} \times 600\text{mm} \times 4.5\text{T 鋼板}$	

## (2) 計測

## 実験(I)

流量を約100, 160, 200, 240, 300m<sup>3</sup>/hに設定し、それぞれの場合について渦発生および空気吸込み時の液面高さを計測した。

## 実験(II)

流量を約160, 200, 240, 300m<sup>3</sup>/hに設定し、同様の計測を行なった。

## 実験(III)

流量を約100, 160, 200, 240, 300m<sup>3</sup>/hに設定し、同様の計測を行なった。

## 実験(IV)

流量を約200, 290, 330m<sup>3</sup>/hに設定し、同様の計測を行なった。

## 実験(V)

流量を約290m<sup>3</sup>/hに設定し、同様の計測を行なった。

なお、計測は渦の発生した位置およびそのときの液面高さをメモ用紙に記録する方法を主とし、カラーフィルム

および8 mm映写機による記録を従とした。

したがって、解析に際してはメモ用紙の記録と写真、8 mm映画を対応させつつ行なうこととした。

### (3) 解析

写真および8 mm映画を参照にしてメモ用紙の記録を整理したものを図2.1.2.8～図2.1.5.3に示す。

すなわち

図2.1.2.8～図2.1.3.4に示す …… 実験 I

図2.1.3.5～図2.1.4.1 …… 実験 II

図2.1.4.2～図2.1.4.9 …… 実験 III

図2.1.5.0～図2.1.5.2 …… 実験 IV

図2.1.5.3 …… 実験 V

記録の方法は、例えば○<sup>57</sup>または●<sup>46</sup>のようにし、前者は○印位置に液面位57cmのとき渦が発生したことを示す。後者は●印位置において液面位45cmのとき渦糸の先端がベルマウスに達した(すなわち、渦による空気吸込みが発生した)ことを示している。また、渦発生高さを実験ごとにグラフにしたもの図2.1.2.4～図2.1.2.7に示す。このグラフにより流量が変化したとき、渦発生液面高さが変化している様子を知ることができる。

液面高さは全てタンク底面上の液位をcm単位にて計測したものである。測定はできるだけ渦発生個所の近くとし、しかも測定による流線への影響のない場所に取付けられている。

### (4) 考察

図2.1.2.4～図2.1.5.3より次のことが推論される。

- (a) 実験(I)～(V)の全てについて、測定範囲においては、空気吸込液面高さは流量(吸入量)の増加とともに少しずつ高くなっている。
- (b) 流量が少なくなったとき、空気吸込が発生しない限界流量は、実験的に求められなかつたが、少流量においては吸込高さがほとんど変化しない。
- (c) 渦発生高さ(最初に液面に渦が発生する液面高さ)は相当ばらつきがある。これは、渦を発生させる力が非常に弱いためで、例えば、渦が発生しかかった付近に水滴を1滴落しただけで渦が消滅することがある。また、水面に波がある場合でも発生高さが小さくなる。
- (d) 実験(I)においては、ポンプ吸入側に近いほうのベルマウス付近にのみ渦が発生した。ポンプに近いベルマウスのほうが吸引量が多いから当然のことである。
- (e) 実験(II)においては、ポンプに近いほうのベルマウスの直前のTRANS WEBにMANHOLEがありこのMANHOLEより流入する水流の影響で渦が消されているからである。
- (f) 実験(III)においては図2.1.3.5に示すようにベルマウス吸込上流にプラケットがあり、このプラケットにより縮流された後、ベルマウス前部に達した流線は右回転しやすくなり、ここにできる渦は最後まで右回りとなつた。これは渦の回転方向がかわった例である。(参考:北半球では、渦は一般的には左回転である)
- (g) 実験(IV)はベルマウスを1個とし(実験(I)のポンプに近い側のベルマウスを残し、遠い側のベルマウスを取外した)流量を増加させたものであるが、実験(I)に比較し、強力な渦が発生した。

図2.1.2.7は実験(I)の流量を1%とし(実際には1%以上であるが)実験(I), (III)を並べて比較したものである。このグラフで見る限りでは、空気吸込高さはある一定の傾斜で流量とともに高くなっている。

実験(III)はベルマウス2個の場合、流線に対する相互影響があるものと思われるが、実験(I)の延長であると考えてよいかどうか疑問は残るがデータから見る限りでは延長と考えてよいと思われる。

### (h) 実験IV, (V)について

実験(V)において流量約290 m<sup>3</sup>/hのとき空気吸込液面高さは、ベルマウス下縁から7.4cmであるが、同一条件

件でベルマウスを約3.6cm持上げた場合、空気吸込み液面高さはベルマウス下縁から約2.3cmとなった。このとき、ベルマウス下縁とBTM LONG上付FACE PLATE上面との間隔は約10cmである。さらにBTM LONG上付FACE PLATE上に鉄板を置き、LONG上の中を通ってベルマウスに至る流れを遮断したところ（実験V）、空気吸込み高さはベルマウス下縁から約4.5cmとなった。この実験だけでBTM LONG上の影響を考察することは難しいが、次のとき興味ある事実が判明した。

実験(Ⅲ)において流量290 m<sup>3</sup>/hの空気吸込み高さは液面からベルマウス下縁まで7.4cm、実験(V)において同一流量にすると、空気吸込み高さは2.3cm+3.6cm=5.9cmとなり、ベルマウスをBTM LONG上上においてはうが、この場合有利である。（もっとも流量をかえた場合、あるいはタンク底まで水を吸引したい場合等を考慮すると必ずしも有利とは言えない。）

実験(N)と(V)を比較すると、鉄板を置いたはう（実験(V)）が空気吸込み高さが高くなつており(N)はBTM LONG上が整流の働きがあるようと考えられるが、必ずしもこれだけではなく(N)のはうが、流線が滑らかで、また、吸込抵抗も小さいからでもあろう。

- (i) 空気吸込みが発生しても(Ⅲ)の大流量の場合を除きポンプの能力減少はみられなかった。したがつて、今回の実験で求められた空気吸込み高さに達しても同一条件であれば、まだ渦巻ポンプによる吸引が可能である。

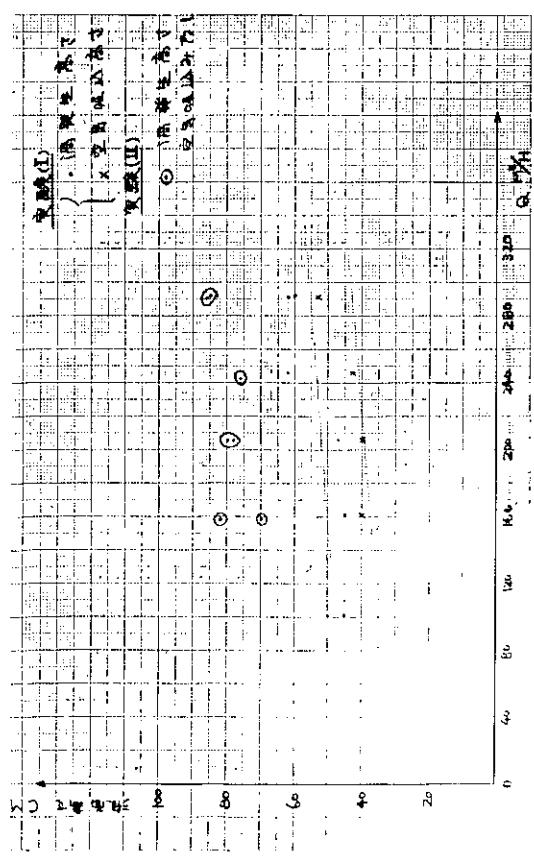


図 2.1.24 実験 (I)、(II) 流量～渦発生高さおよび空気吸込高さ

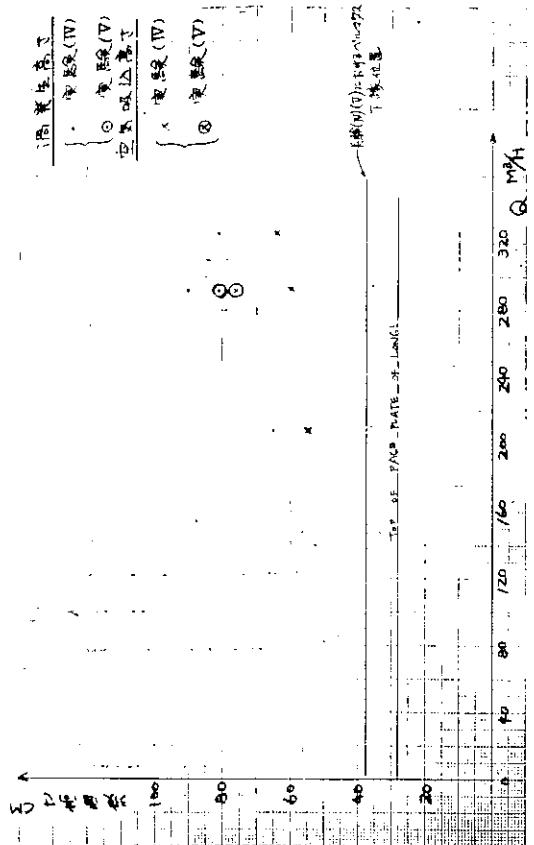


図 2.1.26 実験 (III) 流量～渦発生高さおよび空気吸込高さ

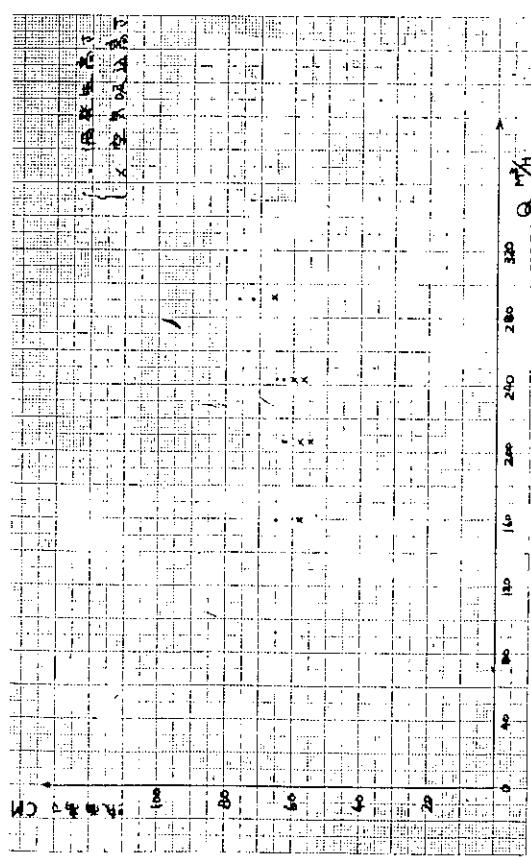


図 2.1.25 実験 (III) 流量～渦発生高さおよび空気吸込高さ

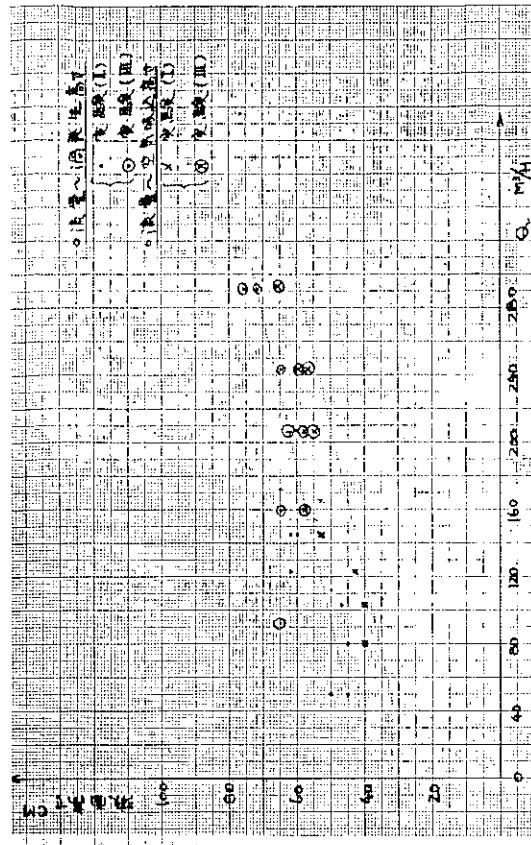


図 2.1.27 流量～渦発生高さおよび空気吸込高さ

"A" SEC.

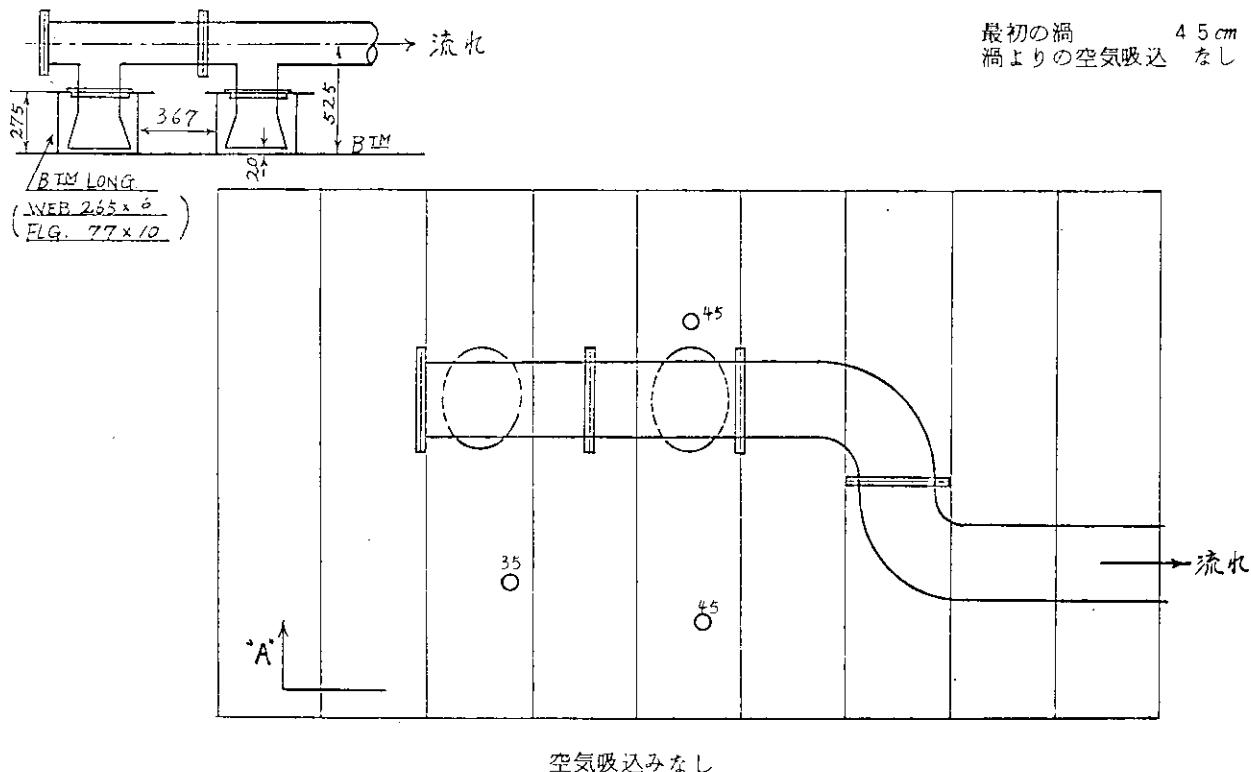


図 2.1.28 実験(I) 流量  $10.1 \text{ m}^3/\text{h}$ (A)

"A" SEC.

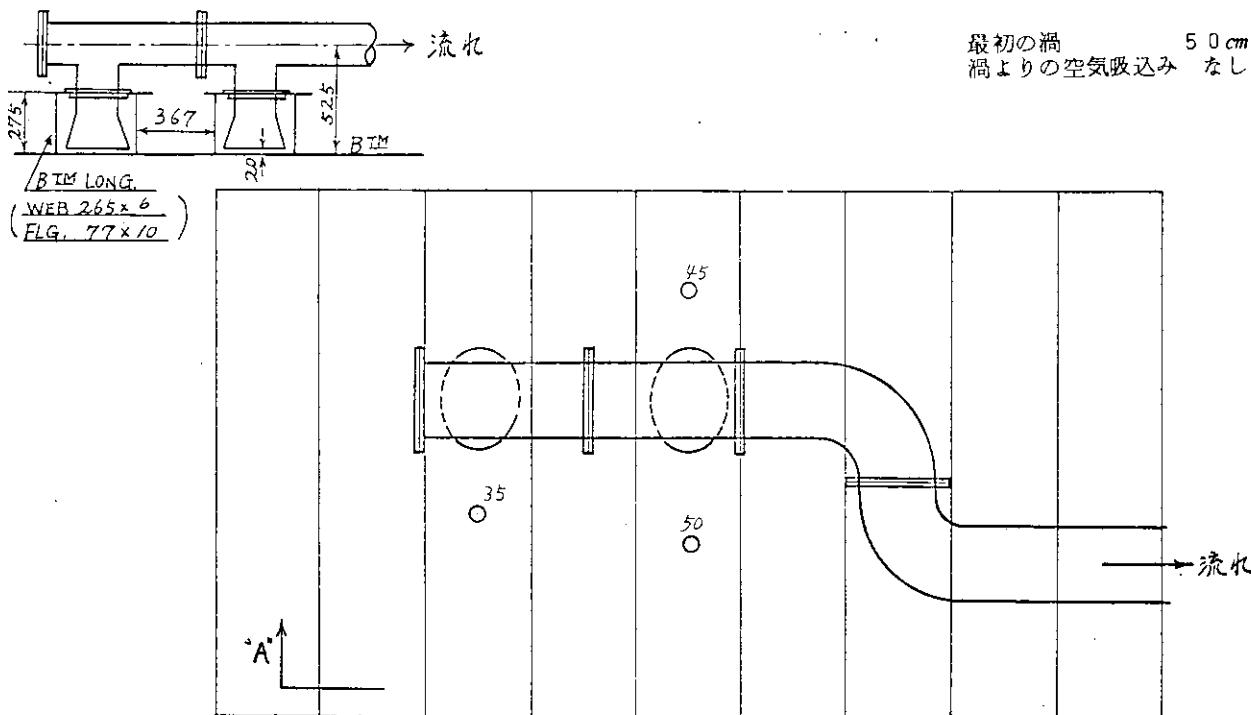


図 2.1.29 実験(I) 流量  $10.1 \text{ m}^3/\text{h}$ (B)

"A" SEC.

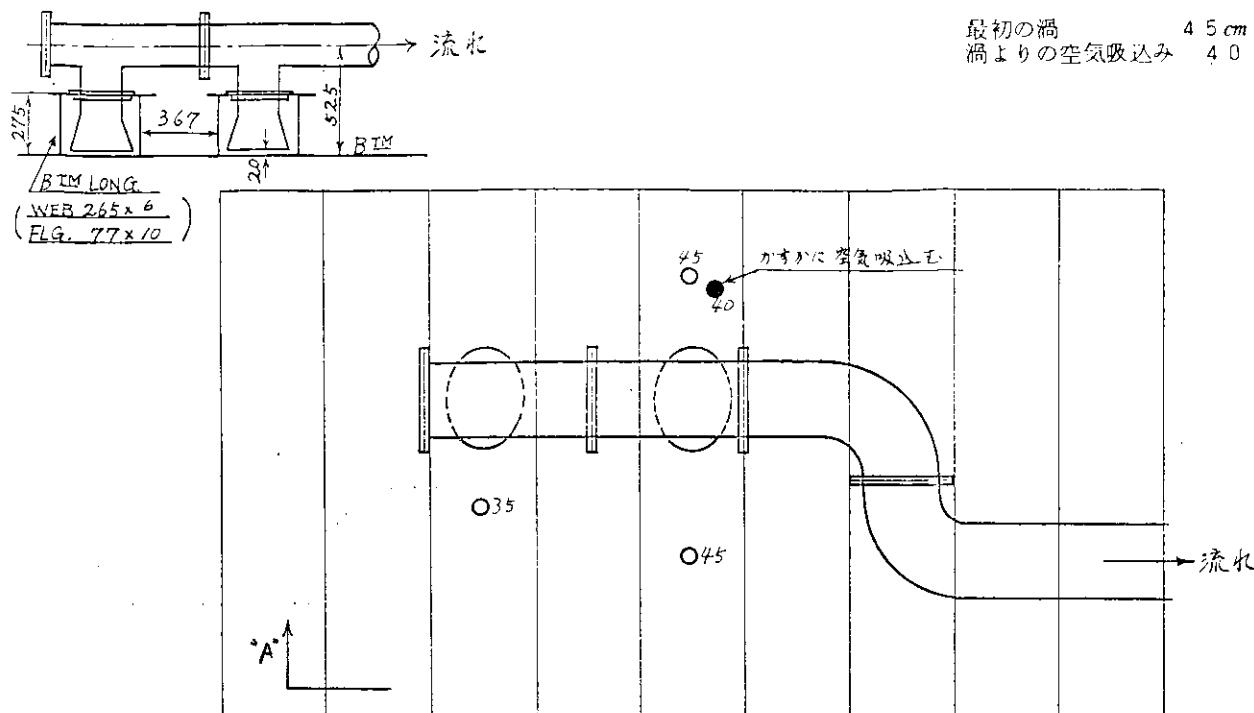


図 2.1.30 実験(I) 流量  $16.1 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.

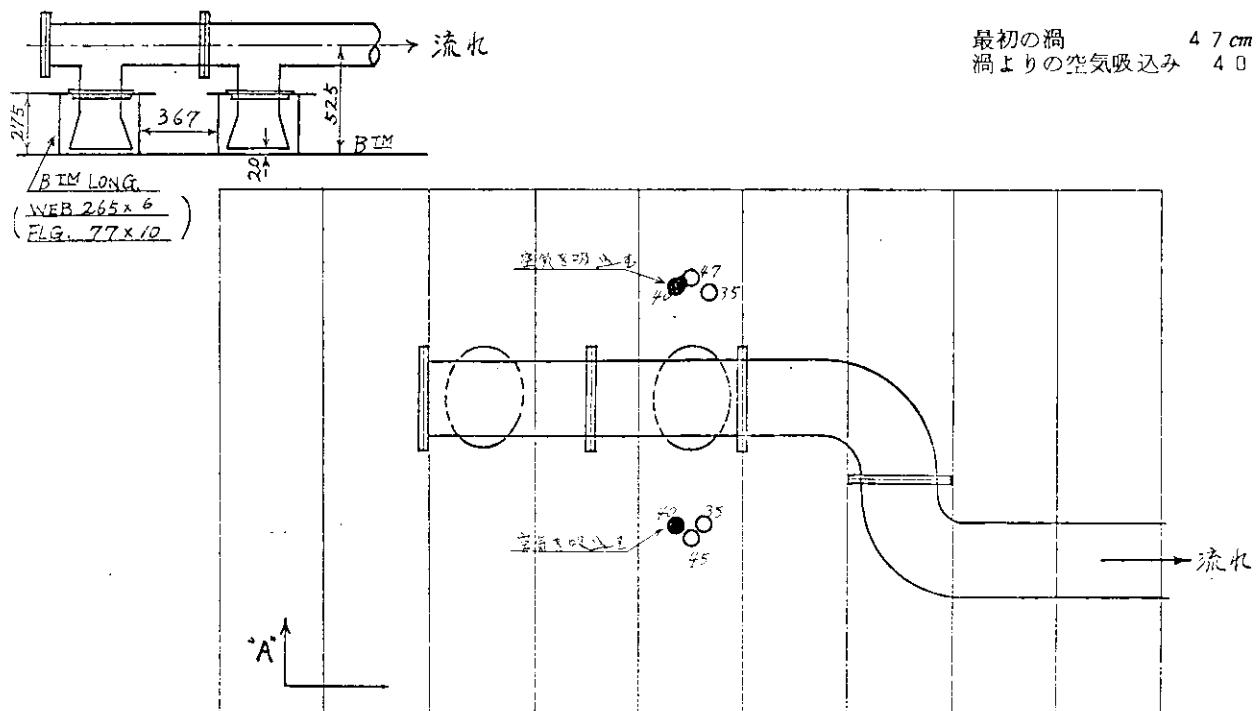


図 2.1.31 実験(I) 流量  $20.6 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.

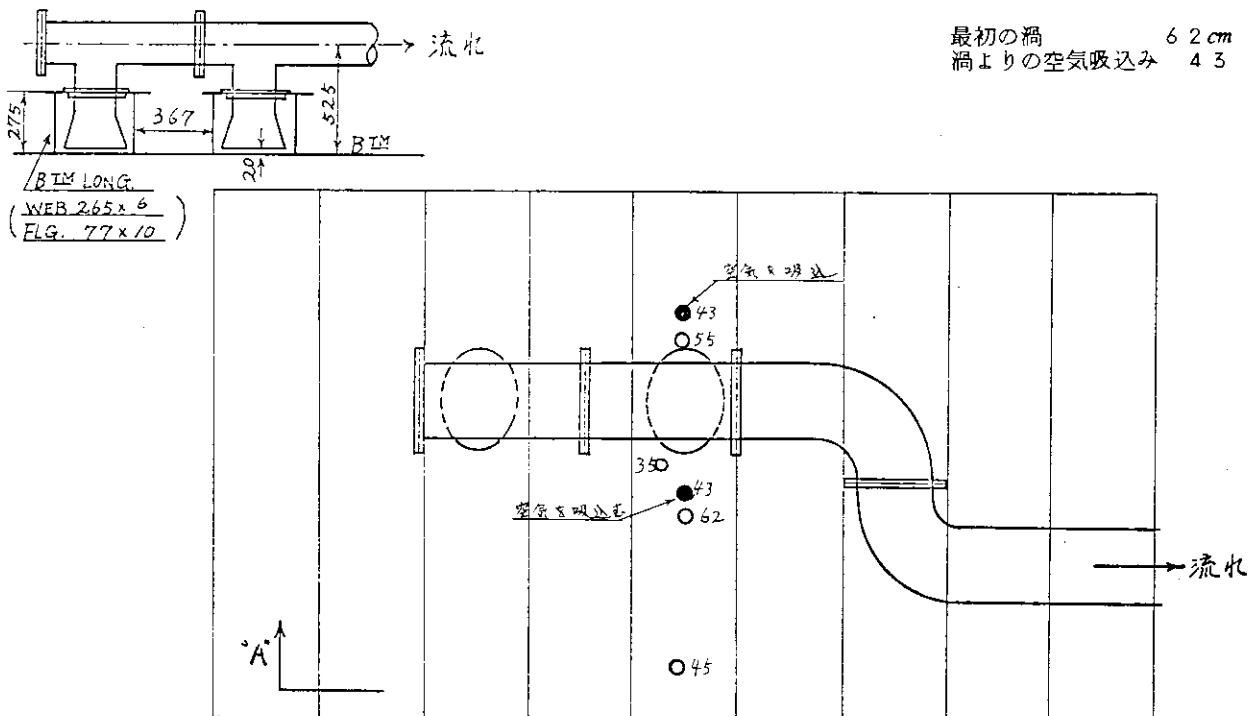


図 2.1.32 実験(I) 流量  $24.6 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.

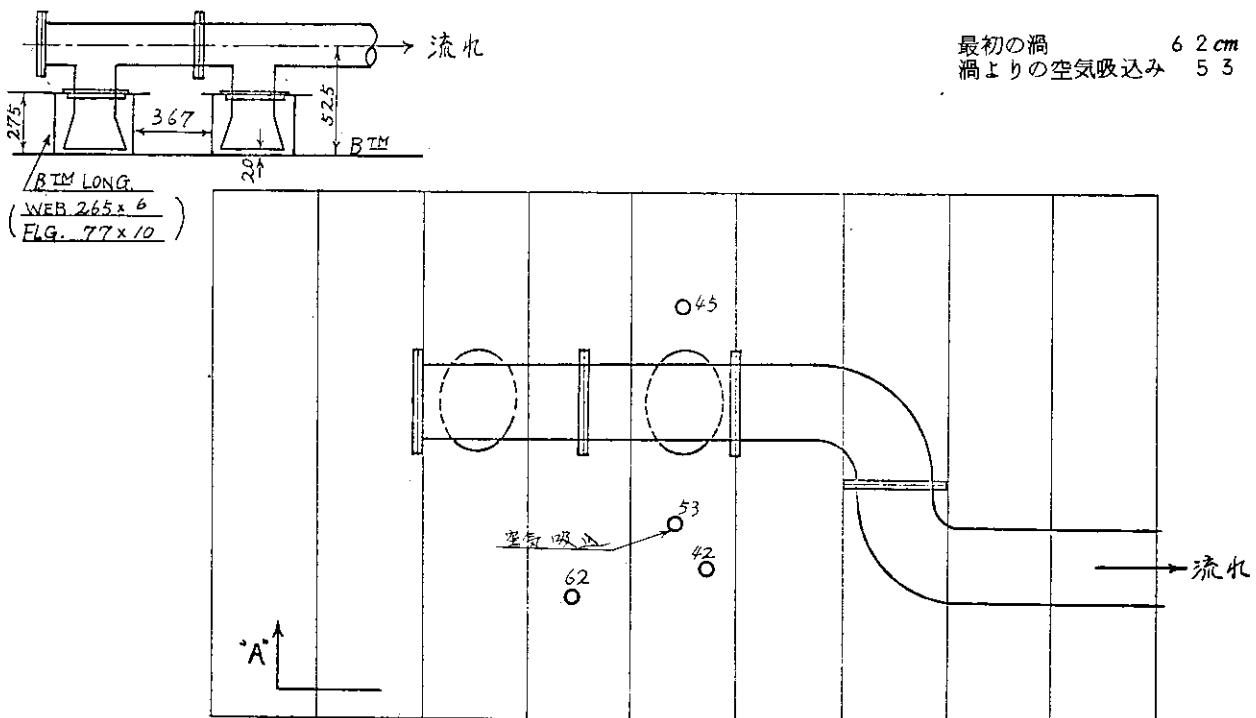
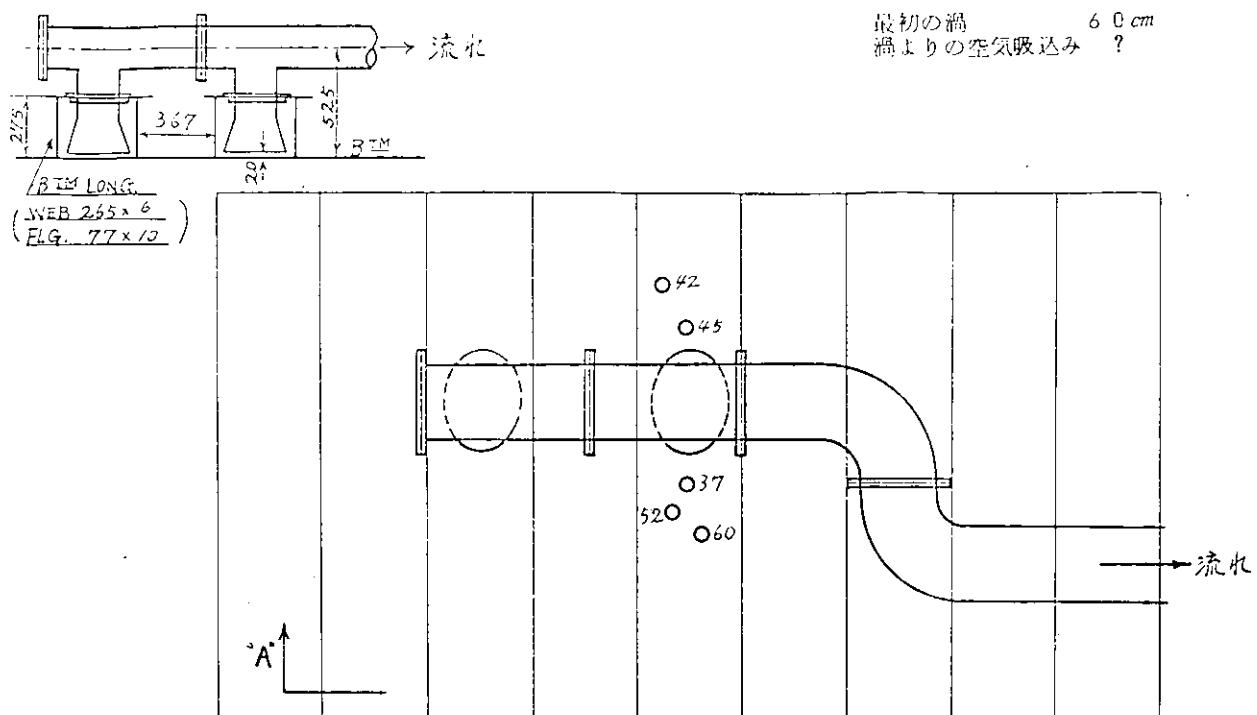


図 2.1.33 実験(I) 流量  $29.1 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.



深さ 10 cm くらいの渦

図 2.1.3.4 実験(I) 流量  $2.92 m^3/h$

"A" SEC.

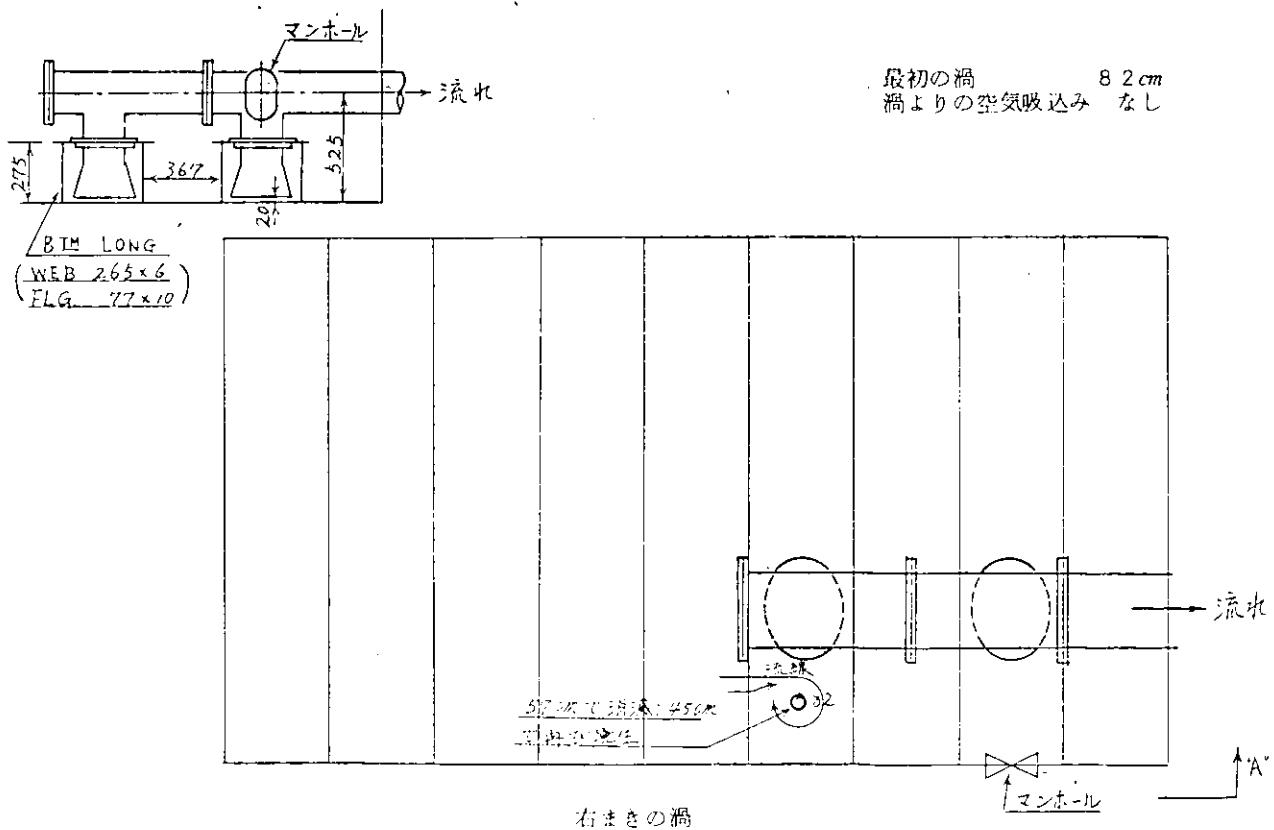


図 2.1.3.5 実験(II) 流量  $1.59 m^3/h$  (A)

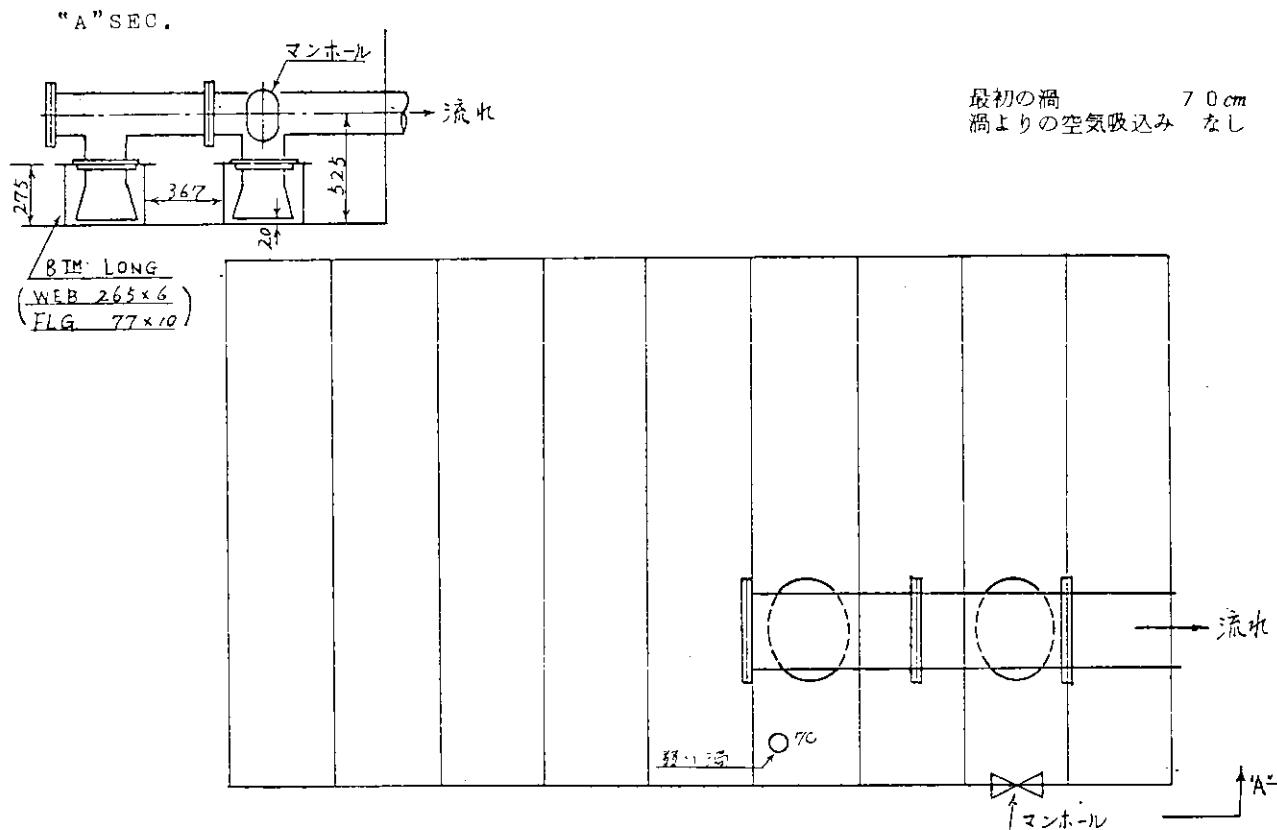
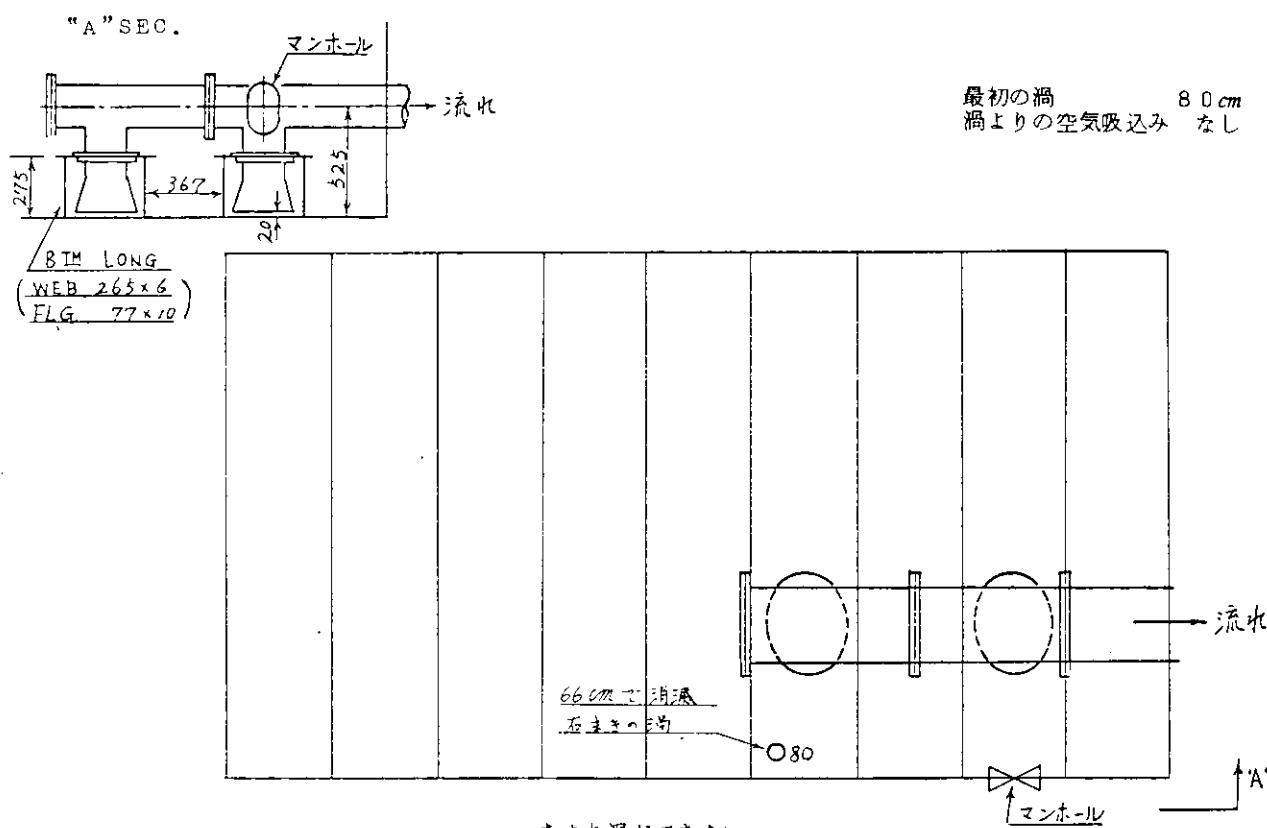


図 2.1.3.6 実験(II) 流量  $15.9 \text{ m}^3/\text{h}$  (B)



あまり渦ができない

図 2.1.3.7 実験(II) 流量  $20.6 \text{ m}^3/\text{h}$  (A)

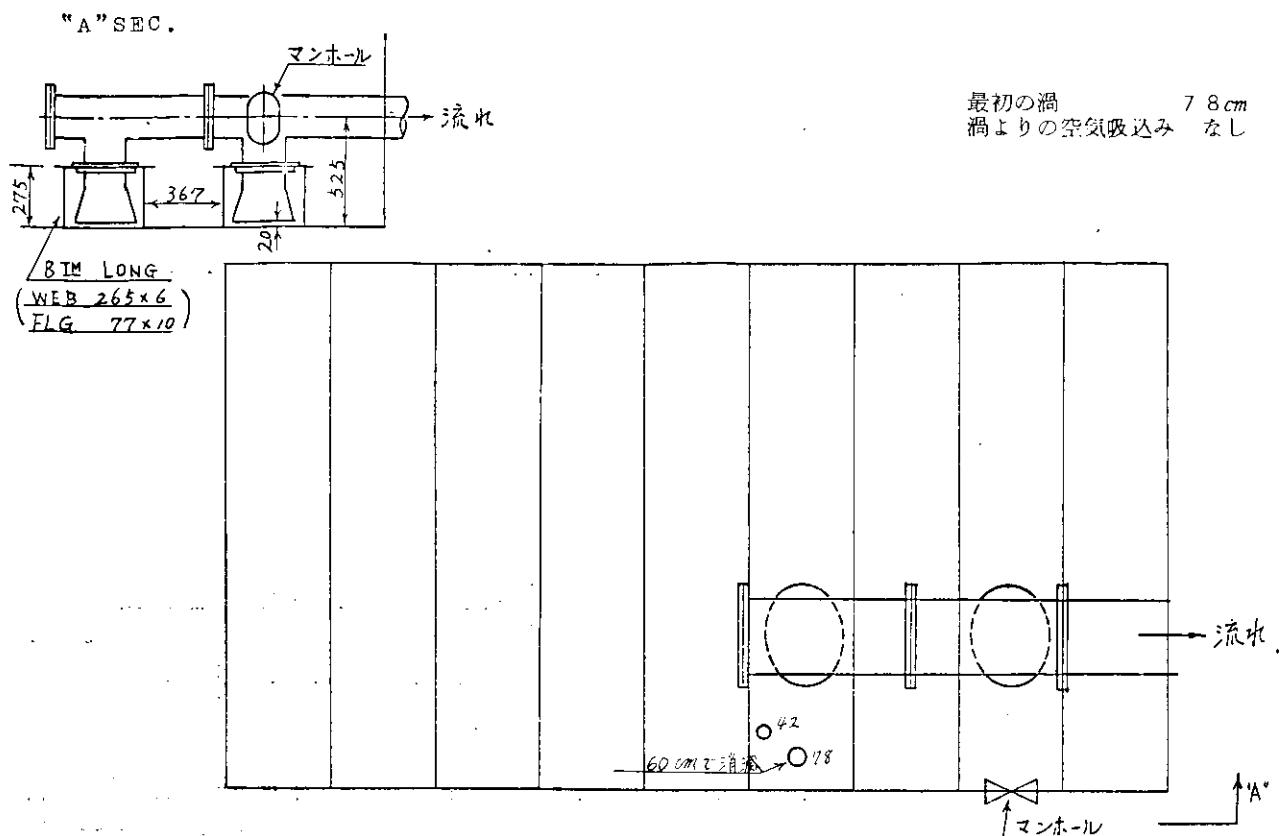


図 2.1.38 実験(II) 流量  $20.6 \text{ m}^3/\text{h}$ (B)

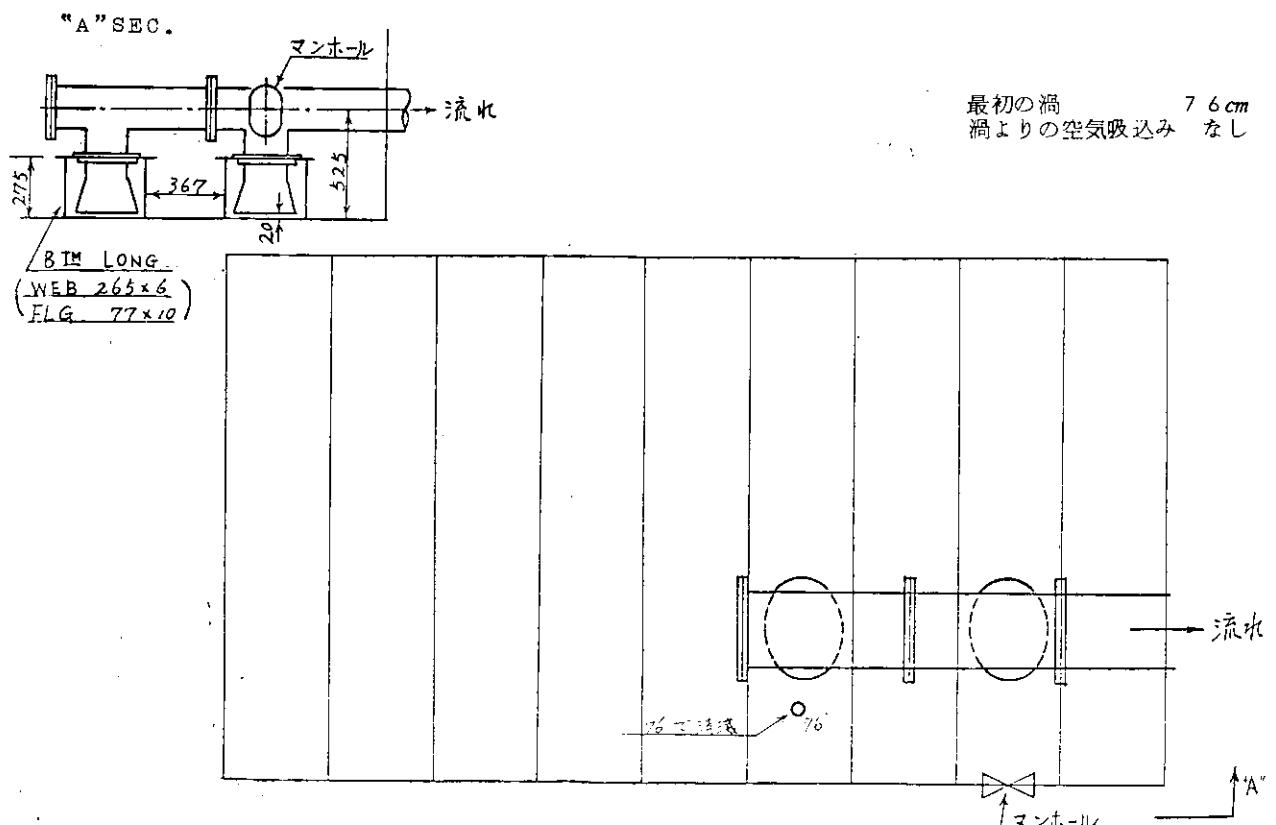


図 2.1.39 実験(II) 流量  $24.3 \text{ m}^3/\text{h}$

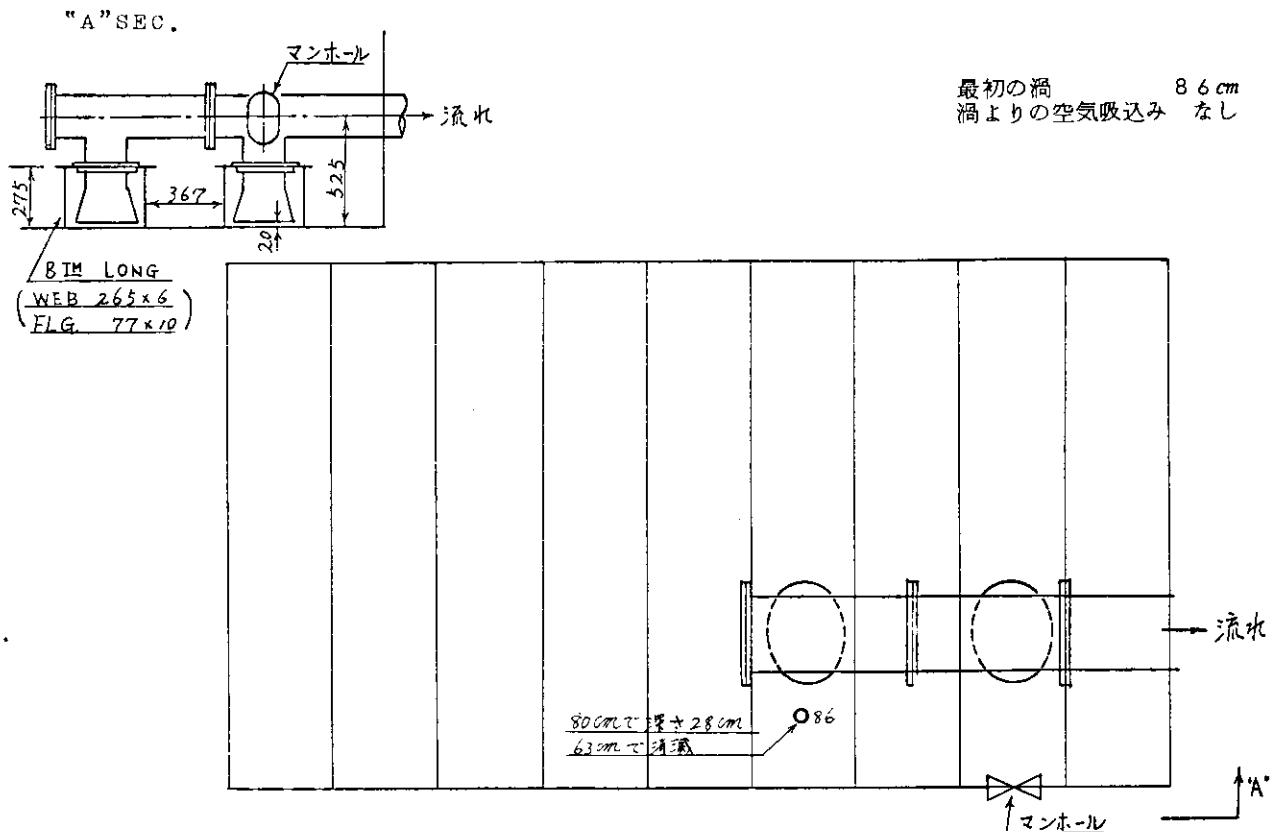


図 2.1.4.0 実験(II) 流量  $29.1 \text{ m}^3/\text{h}$

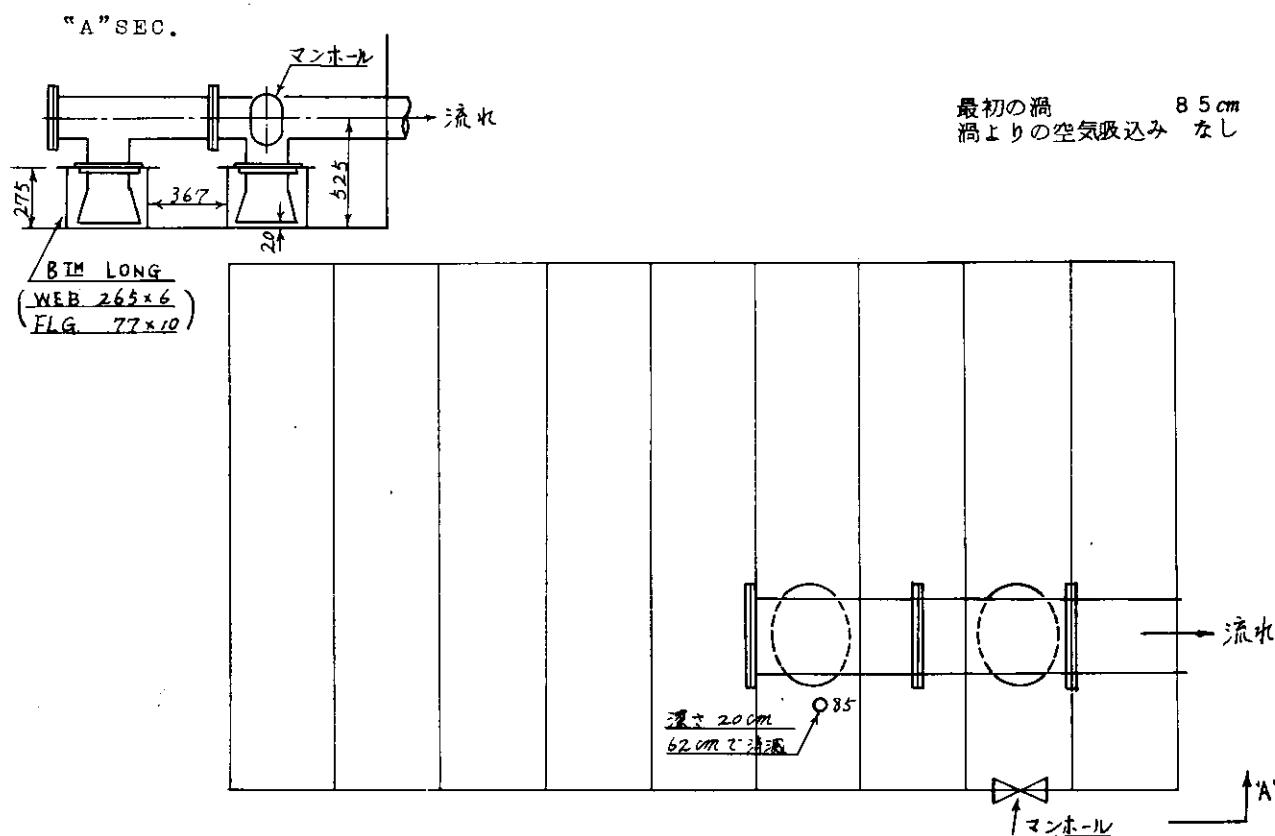
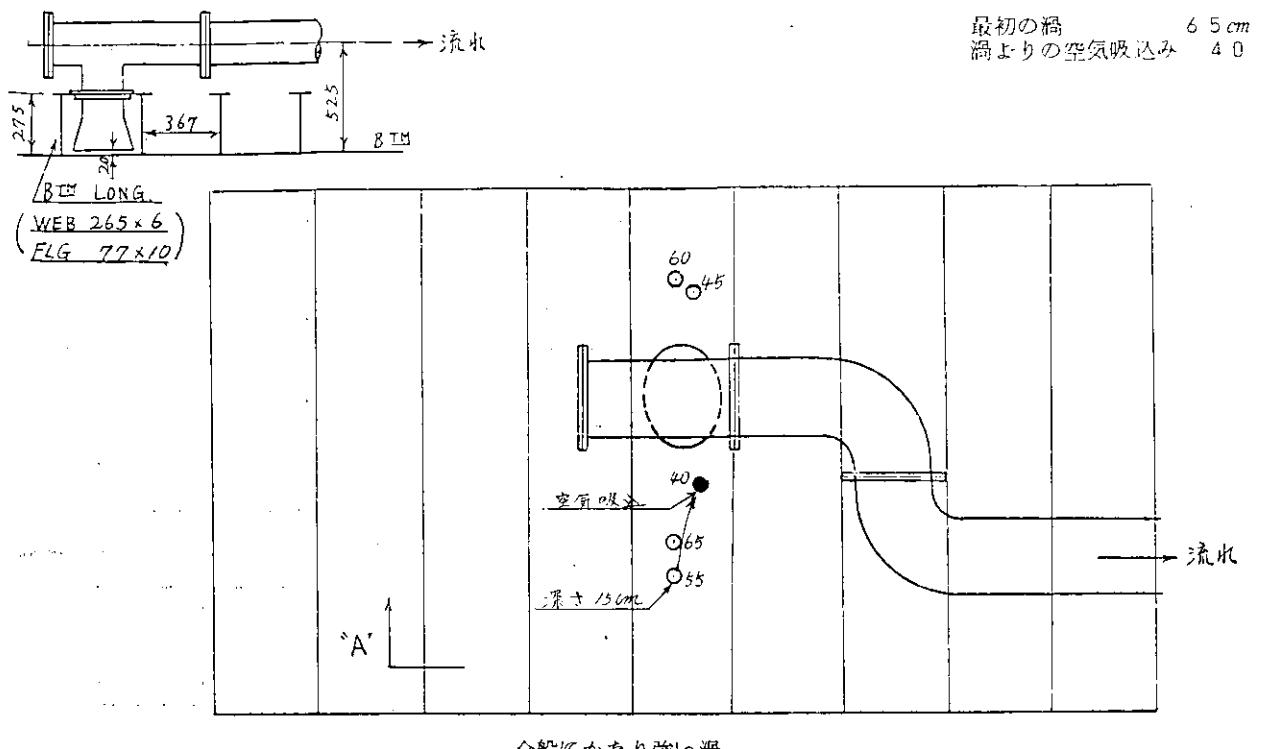


図 2.1.4.1 実験(II) 流量  $29.2 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.



全般にかなり強い渦

図 2.1.4.2 実験(III) 流量  $9.2 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.

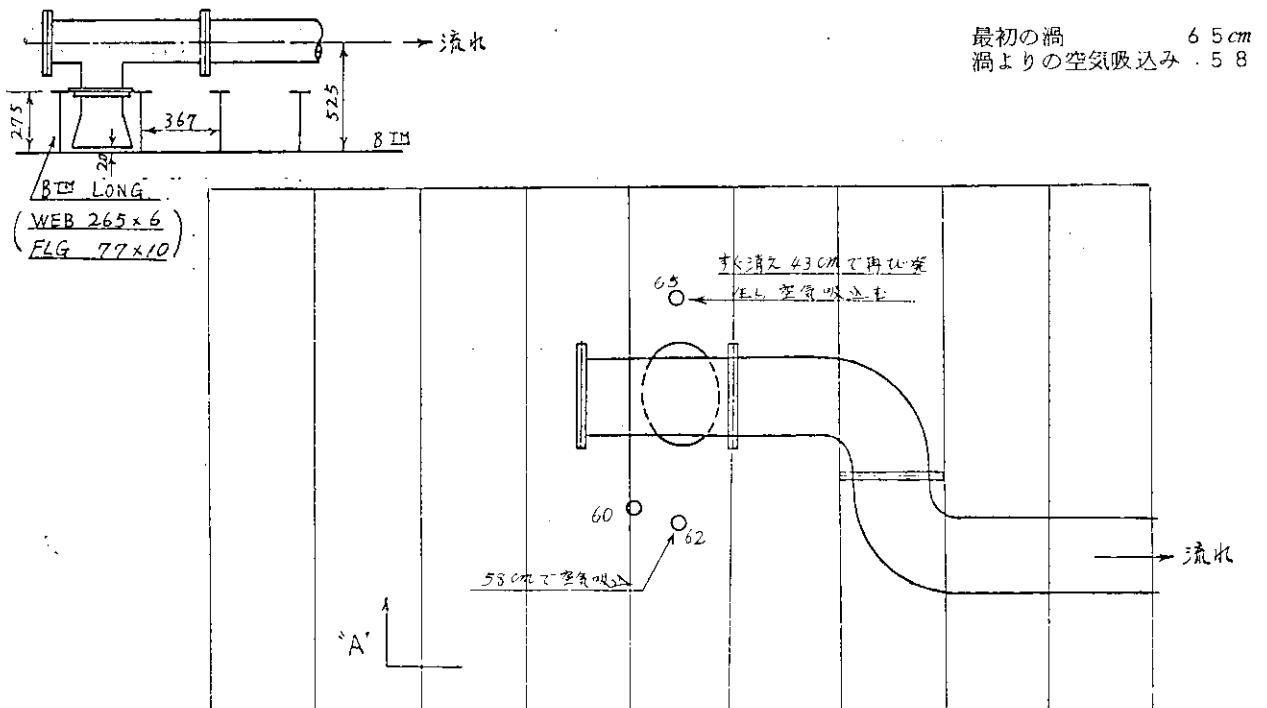
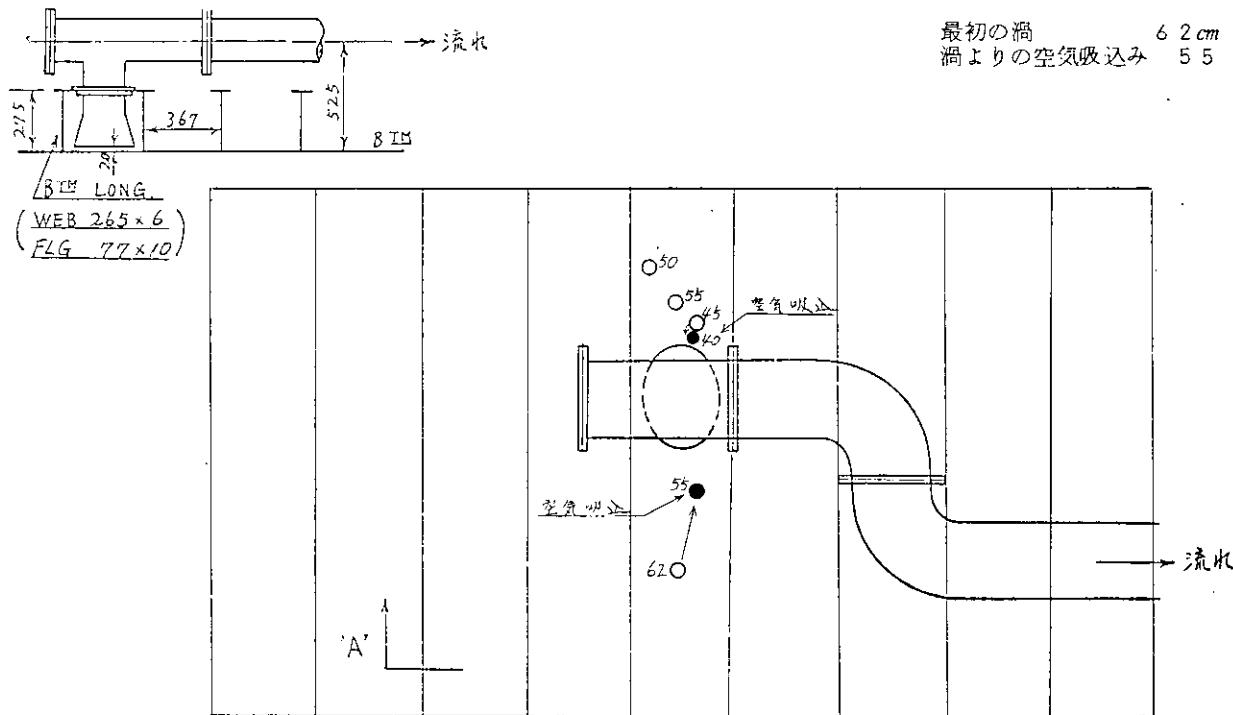


図 2.1.4.3 実験(III) 流量  $15.9 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.



#### 空気吸込み時大きな吸込み音発生

図2.1.4.4 実験(III) 流量  $20.6 \text{ m}^3/\text{h}$ (A)

"A" SEC.

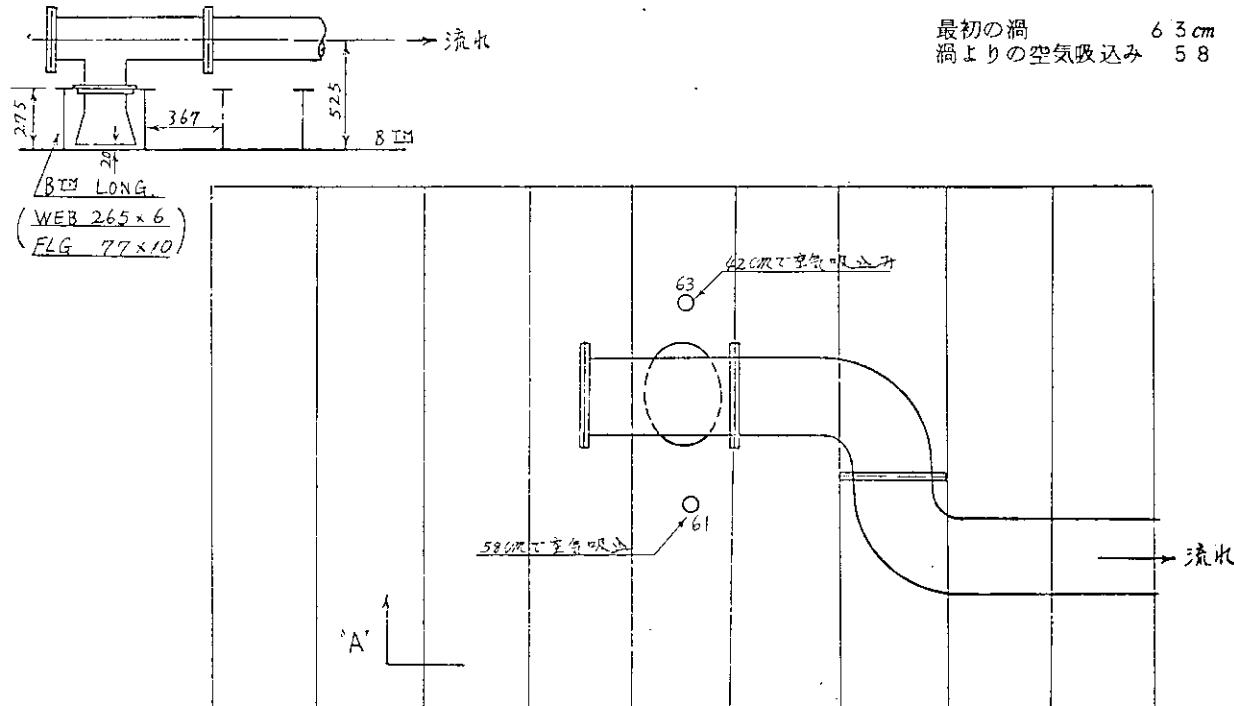


図 2.1.4.5 実験(IV) 流量  $20.6 \text{ m}^3/\text{h}$ (B)

"A" SEC.

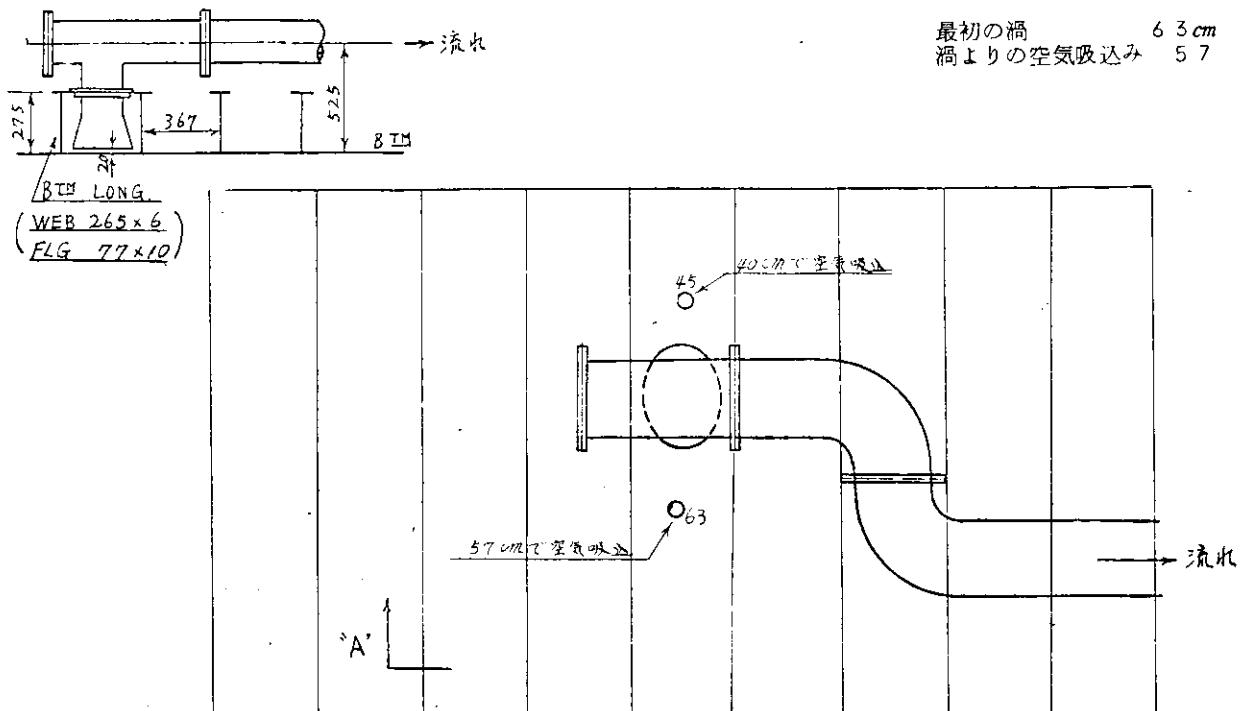


図2.1.4.6 実験III 流量  $24.3 \text{ m}^3/\text{h}$ (A)

"A" SEC.

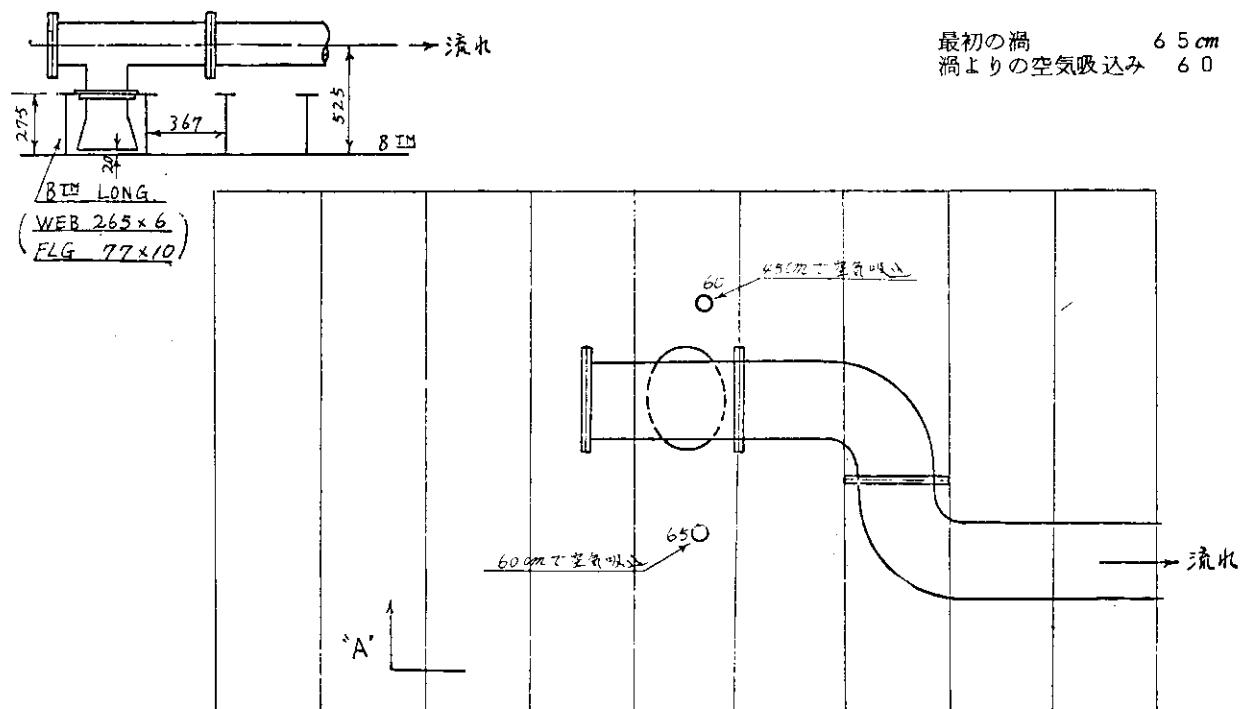


図2.1.4.7 実験III 流量  $24.3 \text{ m}^3/\text{h}$ (B)

"A" SEC.

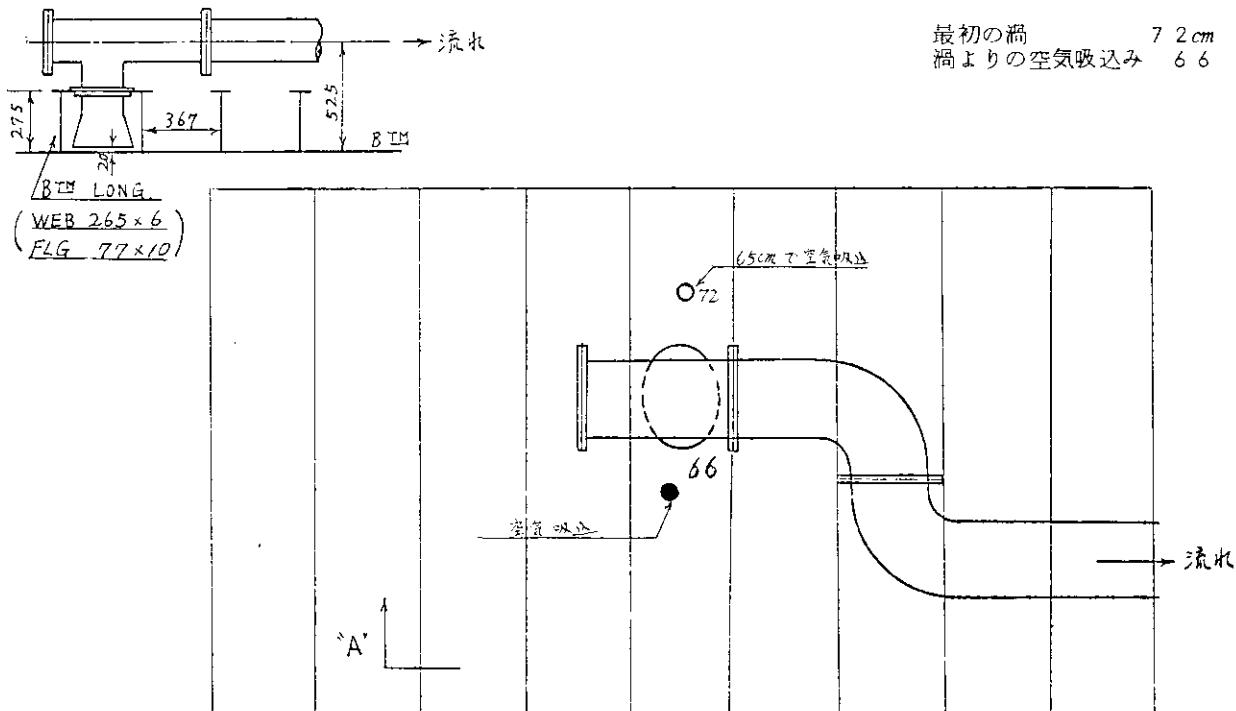
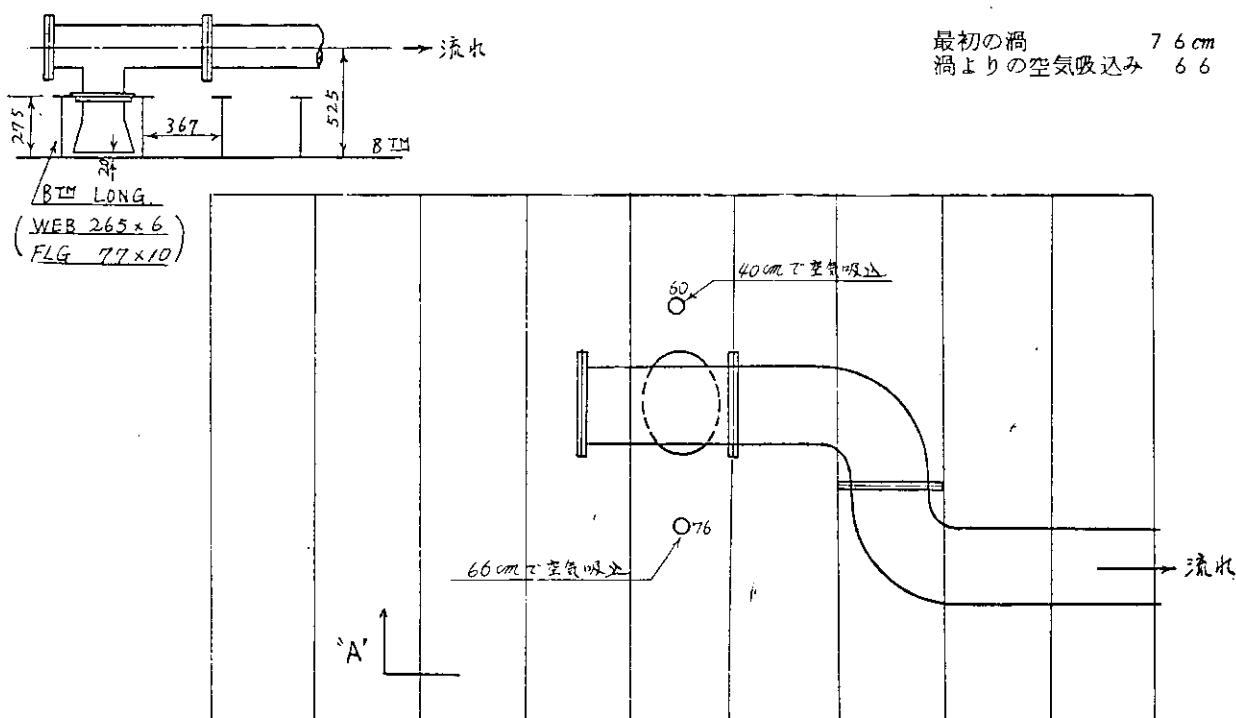


図 2.1.4.8 実験(III) 流量  $29.1 \text{ m}^3/\text{h}$ (A)

"A" SEC.



大きな吸込音発生

図 2.1.4.9 実験(III) 流量  $29.1 \text{ m}^3/\text{h}$ (B)

"A" SEC.

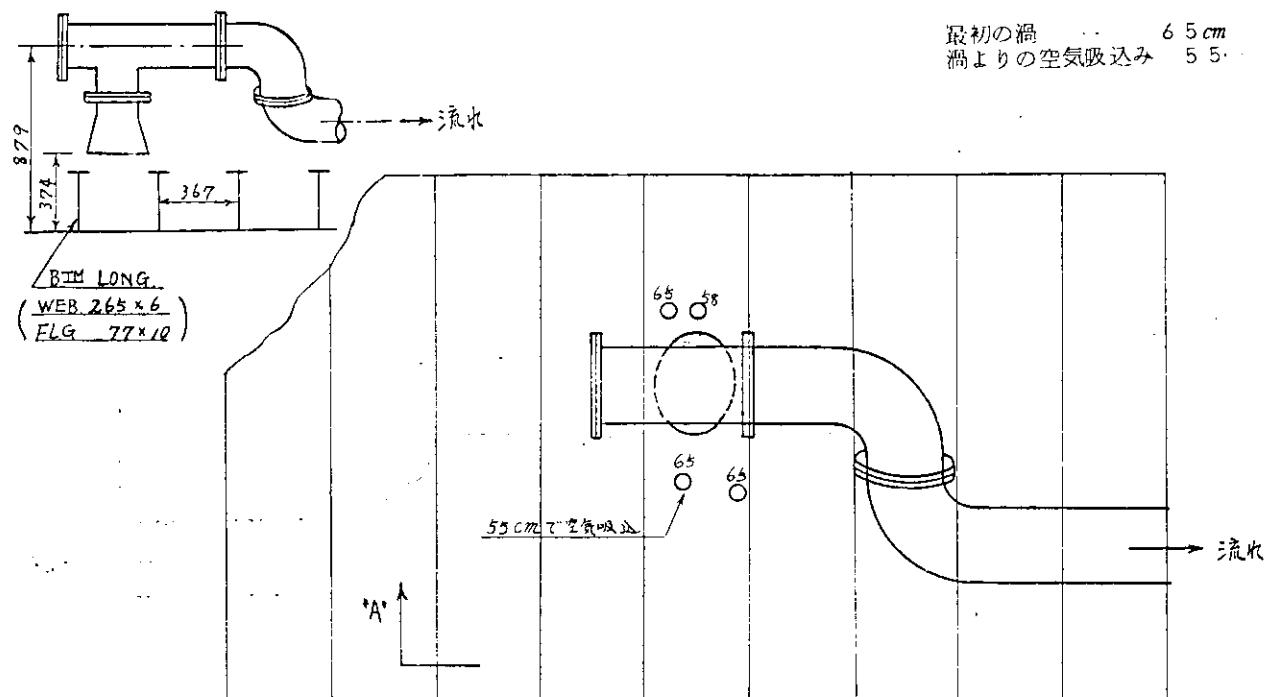
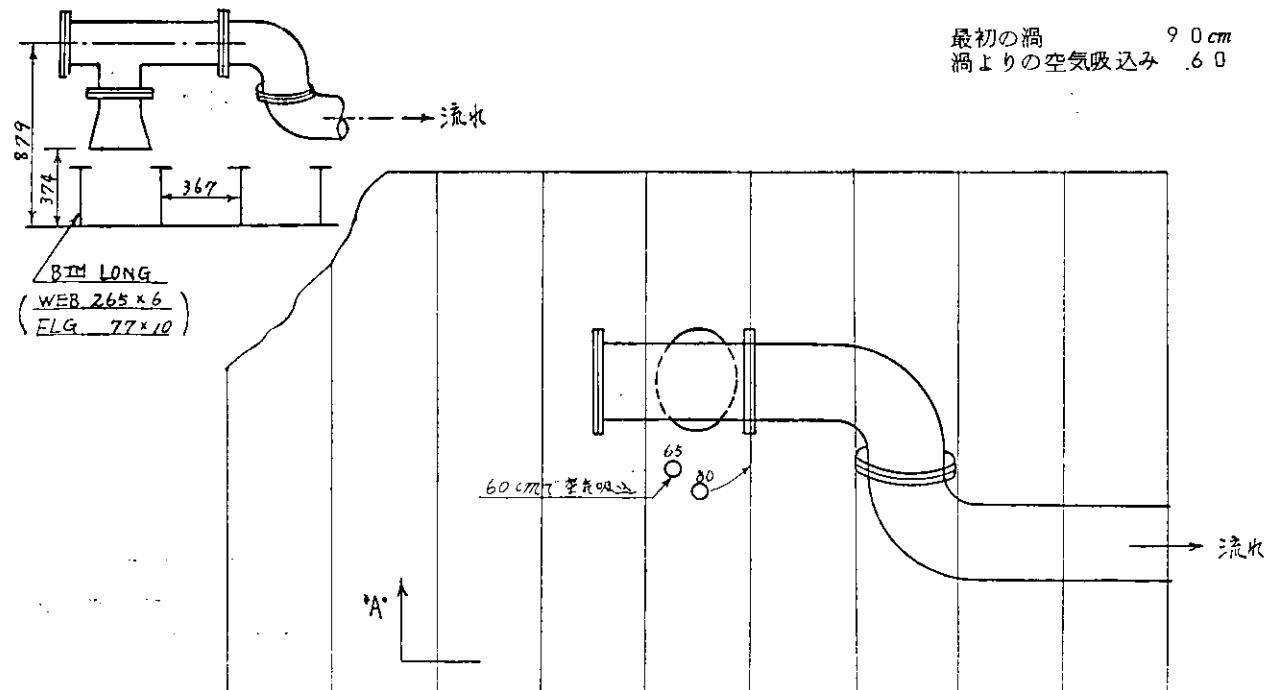


図2.1.50 実験(N) 流量  $20.8 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.



矢印の方向へ移動後消滅

図2.1.51 実験(N) 流量  $29.2 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.

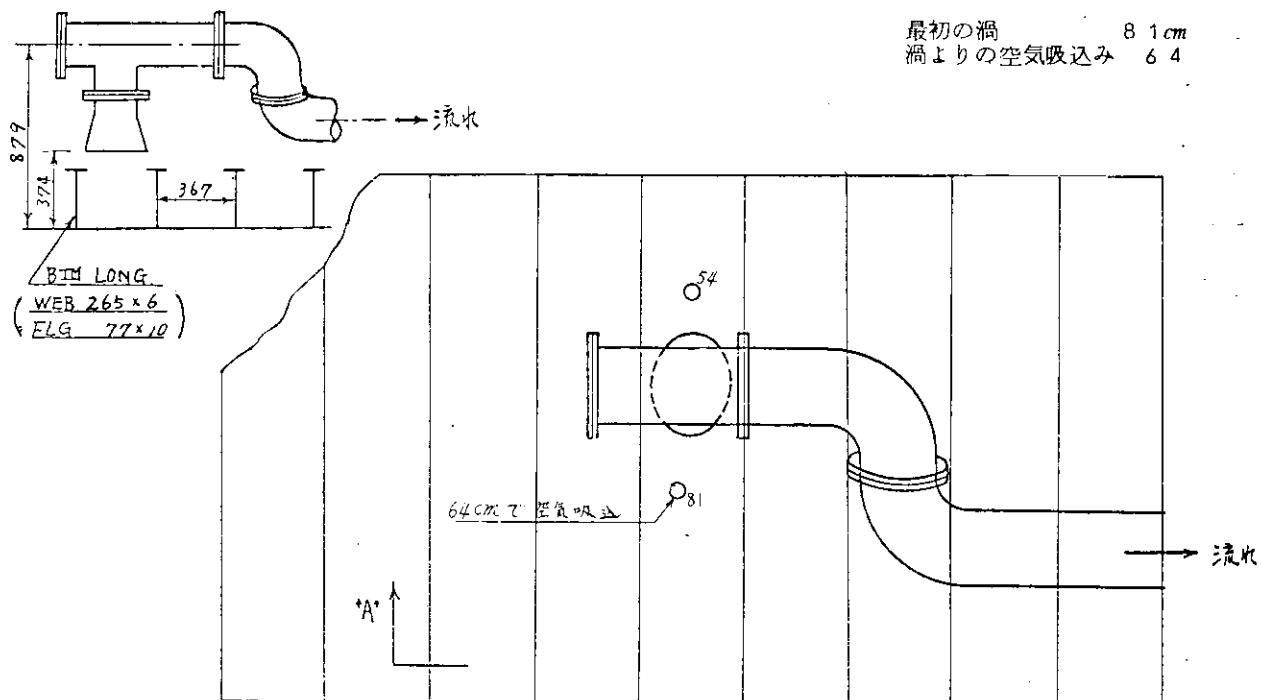


図2.1.5.2 実験(V) 流量  $3.25 \text{ m}^3/\text{h}$

"A" SEC.

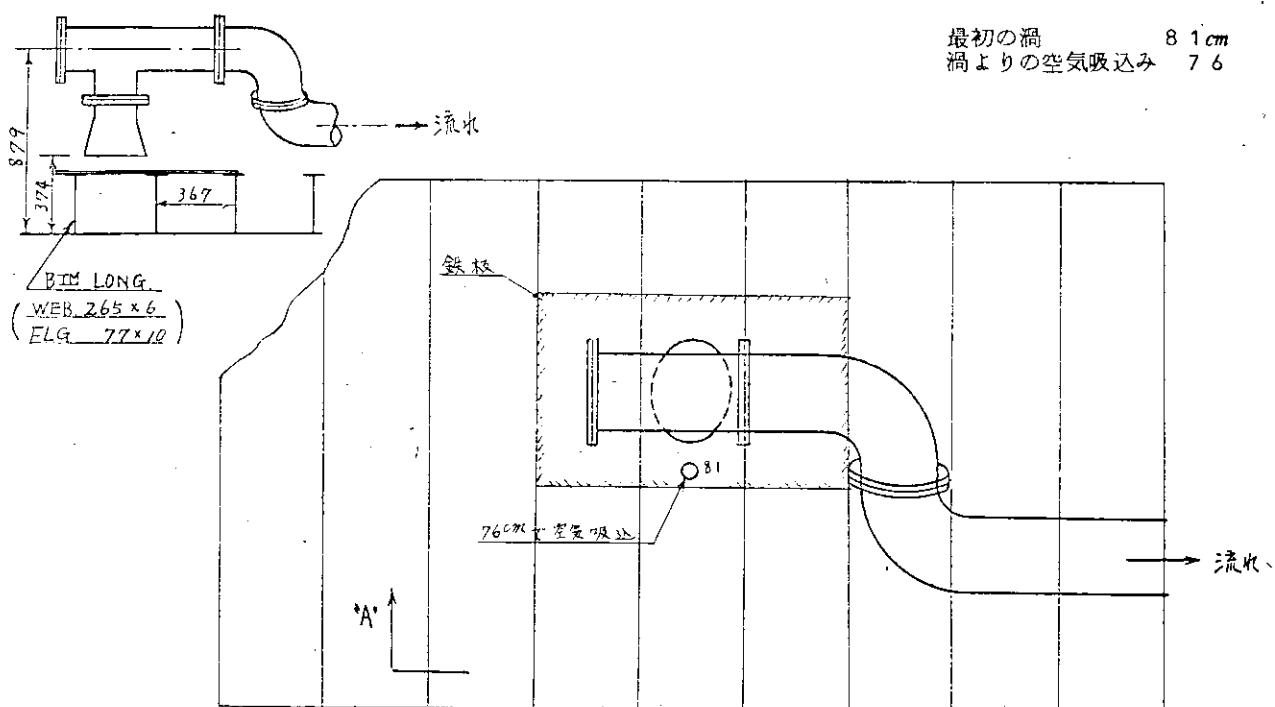


図2.1.5.3 実験(V) 流量  $2.92 \text{ m}^3/\text{h}$

### 2.1.3 荷油ポンプのキャビティーション発生防止制御に関する実験研究

荷油ポンプには通常セントリフューガル型を使用しているが、この種ポンプは吸入圧力の減少にともない、キャビティーションを発生し、ついにはポンプの運転不能あるいは浸食による損傷等を引起す。こうしたキャビティーション発生を防止するには高度の運転技術を要するため、これを自動制御により行なうとした場合、キャビティーション発生の要因と考えられる諸数値の把握はぜひ必要であり、また、必要とする諸数値は、キャビティーション発生防止の制御方法によって異なるため、次のようなキャビティーション発生防止自動制御方式によるものとして実験をする。なお、本実験は実駿船の荷油ポンプを使用して、船内のポンプテスト時に行なうので、実験報告は本年度の報告書には含まれないが、昭和46年度の報告書で実験結果を報告する予定である。

#### (1) キャビティーション発生防止制御の原理

キャビティーションの発生を防止するためには、ポンプ吸込み側における有効NPSH(NPSH<sub>a</sub>)をポンプが必要とするNPSH(NPSH<sub>rq</sub>)よりも大きくとる必要がある。

$$NPSH_a - NPSH_{rq} > \alpha \dots\dots\dots (1)$$

ここに $\alpha$ はキャビティーションを発生させないための余裕であり0より大きい値である。

NPSH<sub>a</sub>は次の式で表わされる。

$$NPSH_a = \frac{(P_a - P_v)}{\gamma} + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

ここに

$\gamma$ : 揚液の比重	$kg/cm^3$
$P_a$ : 大気圧力(絶対圧力)	$kg/cm^3$
$P_v$ : 揚液の飽和蒸気圧力(絶対圧力)	$kg/cm^3$
$P_s$ : 吸込圧力(ゲージ圧力)	$kg/cm^3$
$V$ : 吸込側平均流速	$cm/sec$
$g$ : 重力加速度	$cm/sec^2$

#### (2) 式を(1)式に代入すれば

$$\frac{(P_a - P_v)}{\gamma} + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} - NPSH_{rq} > \alpha \dots\dots\dots (3)$$

$R_a$ を一定とすれば

$$\frac{P_s}{\gamma} + (\frac{V^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma}) - NPSH_{rq} > \beta \text{ (一定値)} \dots\dots\dots (4)$$

(4)式で $\gamma$ と $P_v$ は揚液によって決まる値であり、 $V$ は流量 $NPSH_{rq}$ は流量とポンプの回転数により決まる値である。したがって、(4)式は次のように表わすことができる。

$$\frac{P_s}{\gamma} + [\frac{1}{2g} f_1 (Q)^2 - f_2 (N \cdot Q)] > \beta' \dots\dots\dots (5)$$

$Q$  : 揚液の流量

$N$  : ポンプ回転数

キャビティーションを発生させないためには、(5)式を満足するような流量と回転数が得られる状態でポンプを運転すればよい。

#### (2) キャビティーション発生防止制御の方法

(5)式を満足させる $V$ は $P_s$ 、 $N$ および $Q$ を計測してタービンの蒸気加減弁および出口弁を制御すればよいが、現在大型タンカーに使用されているような大容量の荷油ポンプの流量を正確に計測することは困難である。そのため、流

量  $Q$  を駆動タービンの蒸気室圧力、排気圧力およびポンプの回転数から推定する方法を採れば、(5)式は次のように表わすことができる。

$$\frac{P_S}{r} + \left[ \frac{1}{2g} f_1 (S \cdot E \cdot N)^2 - f_2 (S \cdot E \cdot N) \right] > \rho \dots \dots \dots (6)$$

S : タービンの蒸気室圧力

E : タービン排気圧力

この考え方による側面要領を以下に述べる。

### (a) データの収集

- (i) 蒸気室圧力、排気圧およびポンプ回転数から揚液のポンプ吐出量を推定することができる特性曲線を作成する。
  - (ii) 蒸気圧力、排気圧力およびポンプ回転数とNPSH<sub>req</sub>との関係を示す特性曲線を作成する。
  - (iii) 揚液の特性を調べ $P_v$ および $\alpha$ の値を調査する。これらの値は揚液の温度によって変化するので、温度との関係を明確にする必要がある。

(b) 各計測点および制御装置の配備

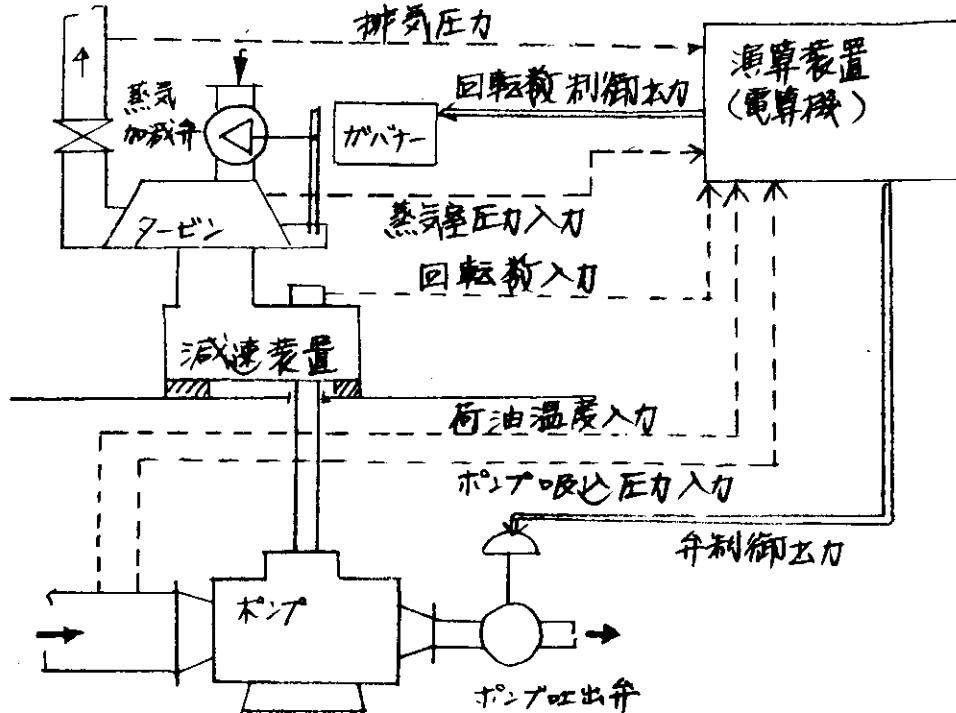


図 2.1.5-4 計測点および制御装置配備図

計測装置および制御装置は図2.1.5-4のように配置し、その型式は次のとおりとする。

入出力装置名	装置型式	信号の種類
回転数(入力)	回転発信器	アナログ
蒸気室圧力(入力)	圧力電気変換器	#
排気圧力(入力)	#	#
荷油温度(入力)	空気電気変換器	#
ポンプ吸込圧力(入力)	#	#
ポンプ出口弁(出力)	電気油圧式	デジタル
回転数(出力)	電気空気式	#

### (c) ポンプ吐出弁および回転数制御の方法

このポンプ吐出弁の制御は油圧装置を用いて行ない、吐出弁全開から全閉までを8区分に分け、段階的に開度設定を行なう。

回転数制御用信号は空気信号を用いて70%, 80%, 90%および100% R/Mの4点で制御される。キャビティーションの発生を防止するとき、同一吐出量に対しては出口弁を絞込んで制御するより回転数をさげて、NPSH<sub>req</sub>を小さくしたほうがキャビティーションは発生しにくい、そのため、効率よくポンプを稼動させるには回転数制御と吐出弁制御を交互に行なうべきである。しかし、このような制御を自動化機器に行なわせるとすれば、機器が複雑になるので、ここでは最初は吐出弁制御によりキャビティーションの発生を防止し、吐出弁が最小絞りになってから回転数制御を行なうような方法を探る。

これを図示すると図2.1.5-5のようになる。

### (d) 計測値および処理制御について

図2.1.5-4に示した計測値にもとづいて図2.1.5-5に示すような制御を行なうが、計測値の演算処理および回転数、吐出弁の制御はコンピュータにより行なう。

- (6)式で  $\beta'$  を算出する各パラメータはあらかじめ電算機に記憶させ揚液の温度計測の上  $\beta'$  を算出する。
- ポンプ吸込側圧力、タービン蒸気室圧力、排気圧力およびポンプ回転数の値を計測して(6)式の左辺を算出する。
- (6)式の左辺と  $\beta'$  を比較して左辺が  $\beta'$  より小さいか、または等しいとき、吐出弁または回転数の制御を行なう。

回転数はあらかじめ設定された4種類の減圧空気(100%, 90%, 80%および70%)を電磁弁により回転数制御のガバナーに回転数制御を行なう。

ポンプの吐出弁制御はコンピュータから指示される弁開度の信号と吐出弁の実際の開度との比較をボテンシオメータによって行ない、両方の開度が一致するまで油圧装置により吐出弁開度を制御する。

このような制御のフローチャートを図2.1.5-6に示す。

### (3) 実験方策

#### (a) 本実験は揚液として海水を使用して行なう。

海水使用のためキャビティーションは発生しにくないので(1)式に示す  $\alpha$  の値を大きくとってテストを行なう。

#### (b) 荷油タンクに海水を張込んで、ここから荷油ポンプにより吸引する。このときの荷油ポンプの運転はコンピュータに委ねる。すなわち、図2.1.5-6に示

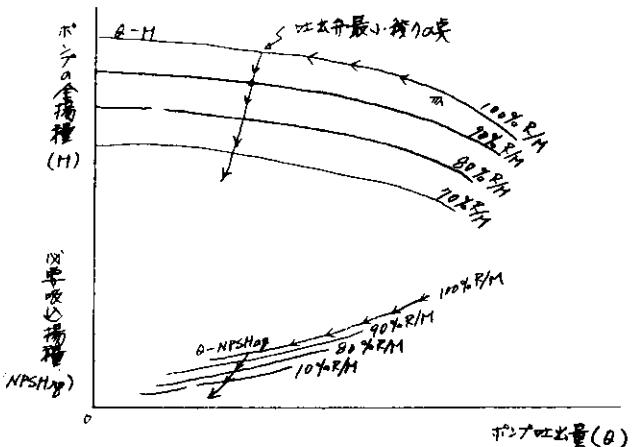


図2.1.5-5 ポンプの制御特性曲線

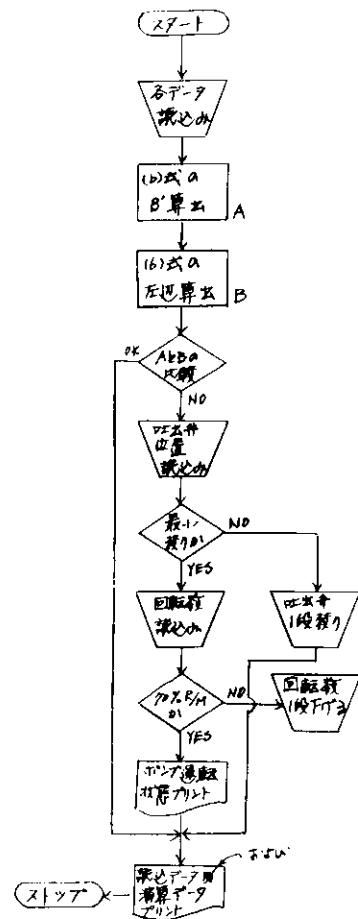


図2.1.5-6 キャビティーション防止制御のフローチャート

すようなキャビティーション発生防止の制御を行なう。

本実験では図 2.1.5.4 に示す各計測点を図 2.1.5.6 に示すプログラムで読み込んで、プリントアウトさせるとともにキャビティーション発生防止制御に必要な演算もプリントアウトさせる。

これらのプリントアウトされたデータが計画されたものと一致していることを確認するとともに所定の制御(吐出弁絞込みおよび恒転数制御)でキャビティーション発生防止を行なっていることを確認する。

プリントアウトの項目は次のとおり

蒸 気 室 圧 力	ポンプ回転数
排 気 圧 力	N P S H <sub>r</sub> q
ポンプ吸込圧力	N P S H <sub>a</sub> v
揚 液 温 度	
揚 液 流 量	

## 2.2 自動制御を行なうために開発を要する機器の研究

従来，乗務員の視覚，聴覚あるいは勘に頼って状態を判断し，制御していた操作は，荷役システムを自動制御するたあたり，何らかの計測装置あるいは自動制御装置により，自動的に計測あるいは制御されねばならない。

荷役システムの自動制御のため，新たに開発を必要とする機器はストリッピング終了検知装置および弁開度自動設定装置である。これら機器の開発の必要性，装置の概要，要求される性能・仕様について研究を行ない，これら機器の実際の開発作業は（財）日本船用機器開発協会が行なった。

### 2.2.1 ストリッピング終了検知装置

#### (1) 開発の必要性

タンカーにおける貨物油揚荷作業およびバラスト排水作業，鉱石船，散積貨物船などにおけるバラスト排水作業において，それらの作業はストリッピング作業の終了をもって完了とされているが，ストリッピング作業が終了したか否かはタンク内の残留液の状態を人間の目で確認するか，あるいは作業完了時に近い時点での吸引音などにより判定されている。

しかし，これらの作業は最近の大型船では船の深さも大きくなっているため極めて困難となっており，また荷役システムに自動制御方式を適用しようとする場合には，これらの従来人間の感覚によって判定されているものは，人間の感覚に代り何らかの計器により計測あるいは検知することが必要となる。

現在一般に使用されている液面計では船底上15～20mm程度の液面計測はできない。またストリッピング終了検知の目的で開発された装置もあるが，単にストリッピング終了を検知するのみではなく，タンカーの積荷作業開始前に行なわれる，いわゆるラインチェック（指定されたタンクに対しのみ貨物油あるいはバラストが流入し，その他のタンクには流入していないことを確認するための試験）にも使用できるよう，タンク内の極めて低い液面高さでも検知できるような装置を開発することが望まれる。すなわち，ストリッピング終了検知とラインチェックとをそれぞれ別の計測装置によらず一つの装置で兼用させ，できる限り計測装置の数を減らし故障の原因を少なくすることを考える。

これは，荷役システムの自動制御方式を完成させるため，またシステムの信頼性を高めるため極めて重要である。

#### (2) 装置の概要

タンク底部の底面より極めて低い一定高さの液面を境に，その液面より実際のタンク内液面が高いか低いかを自動的に検知し，その検知状態を遠隔指示するとともに荷役システムの自動制御装置に信号を入力できるものとする。

タンク内の底面近傍の上記一定高さに開放端が位置するようパイプを設け，このパイプの他端よりパイプ内の気体（空気と貨物油中の揮発成分あるいは空気と水蒸気との混合物）を吸引する。タンク内の実際の液面がパイプの開放端（一定液面高さ）より高い場合にはパイプ内の気体が吸引される結果大気圧より低い負圧となり，タンク内の実際液面がパイプの開放端より低い場合には（ストリッピング終了状態あるいはラインチェックのため少量の貨物油あるいは海水が流入した状態）にはパイプ内は大気圧となって負圧とはならない。この現象を圧力信号としてとらえ遠隔指示するとともに荷役システムの自動制御装置に入力として送信する（必要な空電変換を行なう）装置とする。

#### (3) 主な性能・仕様

本装置は次の性能・仕様を有することが望ましい。

- (a) タンカーに使用可能なよう安全性に留意すること。
- (b) タンカーにおけるドライサーベイに合格するような低液面高さを確実に検知できること。（ベルマウス付近において15～20mm）
- (c) タンク内に液体が流入中であっても，あるいはタンク内の液体が排出中であっても，それらの作業中無関係に検知できること。
- (d) 検知は荷役作業あるいはバラスト張排水作業中は連続的に行なえること。
- (e) タンク内の実際の液面高さが一定液面高さ以下となった場合には即時に検知し，電気信号に変換されて送信され

ること。

- (f) バイブ内気体の吸引は空気ポンプによることとし、そのための供給圧縮空気圧力は  $4 \sim 7 \text{ Kg/cm}^2$  とすること。
- (g) 上記の空気ポンプ、空気変換器などは暴露甲板に取付けられるため十分な耐波浪強度、耐触性などを有すること。
- (h) 本装置は粘度の高い液体（原油）の場合でも、またタンク底部にスラッジが存在する場合でも支障なく使用できるようなものとする。
- (i) タンクの深さに無関係に使用可能なものとすること。

## 2.2.2 弁開度自動設定装置

### (1) 開発の必要性

従来のタンカーにおける貨物油の荷役作業および荷役作業と同時に行なわれるバラスト漲排水作業、鉱石船、散積貨物船などにおけるバラスト漲排水作業では管系に設けられた弁の開閉は油圧遠隔開閉方式の場合でも、手動開閉方式の場合でも、すべて船舶乗組員が豊富な操作上の経験と知識により、船の状態（吃水、トリム、ヒールなど）、ポンプの運転状態などを勘案して弁の開度の判断決定を行なっている。この判断には熟練者を必要とし、また数多くの弁の操作は非常に煩雑な作業となり、誤操作も生じやすい。

荷役システム（特にタンカーの貨物油荷役システム）の自動制御方式を開発しようとする場合、荷役作業中における時々刻々の各弁の開度の決定は乗組員の判断に代りコンピュータによって行なわせることができるが、コンピュータの指示どおりに弁の開度が自動的に設定されるような装置は現在開発されていない。

本装置の開発は荷役システムの自動制御上極めて重要である。

### (2) 装置の概要

コンピュータからの弁開度に対する指示（出力信号）と実際の弁の開度とを自動的に比較し、実際の弁の開度が指示された開度と異なる場合には自動的に弁を駆動して指示どおりの開度に弁を設定する装置とする。

本装置は弁を駆動するための（油圧駆動弁を対象とした）油圧回路とコンピュータよりの弁開度に対する指示（出力信号）と実際の弁開度とを比較し、弁駆動系統を制御する電気回路により構成される。

### (3) 主な性能・仕様

本装置は次の性能・仕様を有することが望ましい。

- (a) タンカーにも使用できるよう安全性に留意すること。
- (b) 自動制御システム（コンピュータ）からの開度指示（デジタル出力信号）を受けて、その指示どおりの開度に弁の状態を調整できること。
- (c) 自動制御から従来どおりの手動遠隔制御に切換えた場合にも使用できるような装置とすること。
- (d) 自動制御中には手動遠隔操作は行なえないようなものとする。
- (e) 自動制御中におけるコンピュータよりの指示により弁の開度が設定された場合には、次に弁開度を変更するような指示が与えられるまでその開度を保持できるようなものであること。
- (f) 弁開度は全開、全閉のなかに中間開度として数段階（3～6段階）の開度をとりうるようなものであること。
- (g) 弁開度は遠隔指示ができ自動車制御中でも必要に応じ乗組員により監視が可能なようにすること。
- (h) 弁開度の精度は指示された開度に対し士 2% 以内とすること。
- (i) 全閉指示に対しては上記精度は適用せず、完全に閉弁できるものとすること。
- (j) 周囲温度が  $0^\circ\text{C}$ ～ $60^\circ\text{C}$  の範囲内では安定して作動するものとする。

## 2.3 タンカー荷役システムの自動制御方式の開発

### 2.3.1 自動制御方式の基本計画

タンカー荷役システムの自動制御方式は

- (1) 昭和43年度運輸省船舶局作成の「船舶の高度集中制御方式の研究開発に関する総合報告書」に述べられているように、船舶の諸性態、タンク配置、荷役装置等、その船舶固有のデータと積荷の種類、積分け、積地または揚地の事情等、船海ごとのデータにもどすき、荷役時間が最少になるような手順を自ら決定する方式。
- (2) ある特定の船舶を設定し、積荷の種類、積分け等に対して、あらかじめ荷役時間が最少になるような手順を陸上大型コンピュータ等を利用して決定しておき、船舶に搭載したコンピュータにより制御をさせるシーケンシャル制御方式。
- (3) 荷役作業の進行状態に応じた目標値をあらかじめ設定し、吃水、ヒール、タンク内液面高さ、ポンプの状態等に応じてその都度目標値に沿うように手順を決定する。現在の乗組員の船内作業に近い手法によるプロセス制御方式等が考えられる。

上記(1)の制御方式は昭和43年度の同報告書にも述べているように、船上に大容量高演算速度を有するコンピュータを搭載せねばならず、経済的見地からも、また最適制御方法決定のための流体力学的面からも問題点がある。

(2)の制御方式は、小容量のコンピュータあるいはリレー回路によることも可能であるが、あらかじめ荷役時間が最少となる手順をいかに求めるか；たとえ陸上の大容量のコンピュータにて制御手順が求められたとしても現在、計算方式が確立されておらず、そのため実際の船では計算どおりにならぬこともあり、手順が求められたとしても船の実際の荷役作業において最適であるとは必ずしも言えない。また、特定の船舶に対し、特定の状態でのみ使用できるものであり、特定の船であっても荷油の種類、陸上設備の条件、任意の量の複数種の積荷および複数港での荷役等を行なう場合には、その都度シーケンスの変更を要し常に荷役時間の最短を狙うことは難しく、また、船上で乗組員で簡単に取扱えないおそれがある。

(3)の制御方式は(1)の制御方式にあらかじめ目標値を定めた方式ともいえ、特定の船舶に対してのみでなく、任意の大きさの船あるいは任意のタンク配置を有する船にも使用でき一般的に使用できる。また、現在の乗組員の手によって行なわれている手順に近いので、自動制御中の故障時に乗組員がバックアップするのに戸惑うことなく対処できるなどの利点がある。

また、荷役時間についても経験的アプローチを経て、制御用目標値を定めることにより最短時間に近い時間とすることも可能となる。

現在、船舶用プロセス・コンピュータは発展途上にあり、またシーケンス制御方式に対する荷役手順を求めるためのシミュレーション手法が確立されていない段階で、最も実用的で早期研究開発の可能なものも考えられるので本研究においては(3)のプロセス制御手法によってタンカーの荷役システムの自動制御方式の研究開発を行なうこととした。

特定の船舶を定める必要はないが、本研究開発の結果を具体的な姿として示すため、運輸省昭和42年度試設計の20万トンタンカーを対象船として選定した。

#### (1) 自動制御の基本の方針

上記のようなプロセス制御方式の手順は、次のような基本の方針のもとに決定される。

- 1) 荷役中の船舶の安全を確保すること。
- 2) 荷役作業の確実さとその安全を確保すること。
- 3) 自動荷役中は荷役作業の熟練者が不要であること。
- 4) 何らかの原因により自動荷役が中断したときにおいても、乗組員が直ちに容易に手動遠隔荷役に切替えて荷役作業を続行しうること。

#### (2) 自動制御の範囲

タンカーの荷役作業は、その性格上陸上設備と連絡され陸上の従業員と一緒に緊密な連絡をとりながら進められる。したがって、荷役システムの最適な自動制御方式を得るためにには、陸上設備を含めた総合的なシステムとする必要がある。しかし、現在陸上設備は世界各国に点在し、各国の港湾事情ごとにそれぞれ異なった慣習のもとに荷役作業が進められているので、こうした陸上設備・慣習を大巾に変更することは、理想論ではあるが実現の可能性と、

ここでは、船の設備についてのみをその対象として、その荷役システムの自動制御方式を研究することとした。

本自動制御方式の研究開発の範囲は荷役作業そのものにその重点を置き、次のような作業の範囲にとどめることになった。

- 1) クリーン・バラスト排水作業
- 2) 積荷作業
- 3) 専用バラスト・タンク内のバラスト排水作業
- 4) 握荷作業
- 5) 専用バラスト・タンク内のバラスト漿水作業
- 6) ダーティ・バラスト漿水作業

すなわち、航海中に船上で行なわれる。ダーティ・バラストとクリーン・バラストとの漿替え作業、タンク・クリーニング作業、油水分離作業、パイプの洗浄作業等は一般的に直接の荷役作業と切離されたものとなっているので、本荷役システムの自動制御方式の開発の対象には含めないものとする。

荷役作業には、単にバルブ・ポンプ・ボイラのコントロールのほかに、係船関係、消火関係、交通関係、諸管関係の広範囲にわたる準備作業や荷役終了後の整理作業を伴なうのであるが、こうした作業は、その作業の性格上、本自動制御より除外されるものとする。また、陸上側作業員が現在行なっている作業である、ドライ・サーベイ、陸上配管との連絡作業等も従来どおり、作業員によって行なわれることとした。

すなわち、

- 1) 荷役作業の前後の係船関係、消火関係、交通関係の荷役作業そのものに直接関係のない作業。
- 2) ベント・ラインおよびブリザー・バルブ操作作業。
- 3) ドライ・サーベイおよびアレッジ計測等陸上側計測員によって行なわれる作業。
- 4) 陸上配管との連絡作業および開放作業とその確認。
- 5) 陸上側責任者・作業員と船上作業員との全ての連絡業務。
- 6) 荷役中操作の必要のない各種手動弁の操作作業。
- 7) 計装機器関係の調整・整備および発停操作。
- 8) ドレン抜き作業。

等の作業を除き、全ての荷役作業を自動制御するものとする。

### (3) 自動制御方式の概要

本自動車制御方式は先にも述べたようにプロセス制御方式により、設定された目標値に沿うような制御方式をとるものであるが、この目標値の設定は荷役作業中の積量あるいは揚量と船の状態とを関連づけた。

積量ートリム曲線、揚量ートリム曲線と名付けられるもので設定される。すなわち、荷役の運行に応じて変化する積量あるいは揚量とそれに応じた船のトリムとの関係を計測し、あらかじめコンピュータに記憶された積量ートリム曲線、あるいは揚量ートリム曲線に沿うように、バラストタンクを含めた各タンクの吸込管付弁を制御することを根幹としたプロセス制御方式である。

このような自動制御方式を有効、かつ機能的に実行するため、この自動制御方式は、次のような装置あるいは制御プログラムにより構成される。

#### (a) 荷油管およびバラスト管装置

荷油管およびバラスト管装置は、特に本自動制御のために一般的な荷油管およびバラスト管系統に対する考え方を変更する必要はない。すなわち、荷油の積分けおよび荷油タンクおよびバラスト・タンクの配置によって任意に決定してよい。

ストリッピング作業は、通常のストリッピングポンプを使用する場合には制御が難かしくなるので、ここでは荷

油ポンプで駆動されるエダクタにより行なうこととしたが、ストリッピングポンプ制御方法が容易化されれば、ストリッピングポンプによることも可能である。本研究では荷油タンク内にはストリッピング用ベルマウスを設け、またストリッピング用主管をタンク内に導設することとしたが、ストリッピング用管を廃止し、荷油管にストリッピング用ベルマウスを設ける方式を採用してもよい。

運輸省昭和42年度試設計の20万トン・タンカーに本荷役システムを適用した場合の荷油管およびバラスト管系統図を図2.3.1に示す。

なお、ストリッピング作業は上記のとおりエダクターによることとするがタンク洗浄時の油水吸引用あるいはポンプ室内ビルジ吸引用として通常のストリッピング・ポンプ1台を設けることとした。

コンピュータにより自動制御する弁類は荷油管およびバラスト管付弁類の内荷役中自動制御する必要のある弁のみとし、経済的負担の軽減をはかった。自動制御される弁類は全てコンピュータからの電気信号を受け、弁開度自動設定装置を介して油圧駆動されると同時にその状態が遠隔表示される。コンピュータの不測の事故あるいは自動制御の範囲に含まれない作業を行なう場合のため、従来の船と同様に遠隔手動操作が可能なように、バックアップ装置としての荷役コンソール（遠隔制御盤）を完備するものとした。

#### (b) セルフ・ストリッピング装置

荷油ポンプのみでストリッピングを行なう各種ストリッピング方式があるが、本研究では図2.3.1に示すようにエダクターによるセルフ・ストリッピング方式とした。

これはカーゴポンプ、ストリッピングエダクター、ドライビング・オイル・タンク（中央のスロップ・タンクを流用）およびこれらを連結するパイプ・ラインと弁類により構成される。

ストリッピング・エダクターの駆動油は荷油ポンプによりドライビング・オイル・タンクから荷油を吸引して供給される。エダクターからにより、カーゴタンク吸引した荷油は駆動油と一緒に再びドライビング・オイル・タンクに吐出される。このドライビング・オイル・タンクの液面高さは、荷油タンクのストリッピング作業が完了するまで荷油ポンプによる吸引に対して十分高い液面高さを保つよう、またストリッピング作業中に液面高さが上昇した場合には、オーバーフローしないよう、必要な諸弁は自動的に制御される。ストリッピング作業完了後、ドライビング・オイル・タンク内の荷油はストリッピングエダクターに駆動油を供給していた荷油ポンプにより荷揚げするよう、自動制御される。2種類以上の荷油の揚荷作業をするタンカーにおいては、ドライビングオイル・タンク内に先に揚げる荷油を、または後に揚げる荷油のための駆動油を揚荷中に積込めるように、独立の積込み用パイプを設ける。

#### (c) 乗組員によるデータのインプット

各荷役作業ごとに荷役自動制御に入る前に、荷役作業とは別途に荷役終了時における各タンクに対する船体強度上およびトリム上最適な積付状態あるいは揚荷状態を得ておくための積荷計画、あるいは揚荷計画をコンピュータにより演算させる。このため、積（揚）荷量、荷油A・P・Iおよび油温海水の比重等の積（揚）荷役の条件に対して乗組員が希望する積（揚）するタンク名および荷役終了時の吃水、トリム等最少限必要なデータは乗組員によって入力するものとする。

また、積（揚）荷港における制限吃水、陸上配管の最大許容圧力チクサン・ショントの場合には、その制限高さ等の港湾設備の各種制限値のほか、積地においては積込みレートの陸上側と乗組員との間の取決め値等各荷役作業ごとに変化する荷役作業における制限条件データも乗組員によってコンピュータにインプットするものとする。

さらに荷役の自動制御中、荷油のA・P・Iあるいは油温等の修正値（通常積荷港での最初の値は、入港前に連絡を受けるが実際の値と異なる場合があるため）、制限条件の修正等が自動制御中であっても、割込みにより行なうことができるものとする。これは船舶の安全確保、操作の確実さ等の立場からも必要である。

これらデータのインプットには、オペレーター・コンソールあるいは入出力タイプライタを設けるものとする。

#### (d) 計画および制御装置

SYMBOL TABLE

SYMBOL	DESCRIPTION
—	CARGO OIL LINE
—	STRIPPING LINE
—	BALLAST LINE
◎	BUTTERFLY VALVE (HYD. OPERATED) BY ELECTRIC MANUAL
◎	Do (HYD. OPERATED) BY ELECTRIC MANUAL
□	SUJICE VALVE (HYD. OPERATED) BY ELECTRIC MANUAL
□	SUJICE VALVE (HYD. OPERATED) BY ELECTRIC MANUAL
◎	ANGLE VALVE (HYD. OPERATED) BY ELECTRIC MANUAL
◎	GLOBE VALVE (HYD. OPERATED) BY ELECTRIC MANUAL
◎	ANGLE VALVE (HYD. OPERATED) BY ELECTRIC MANUAL
N	NON-RETURN VALVE
○	BELL MOUTH
□	ROSE BOX
—	ANGLE VALVE (MANUAL WITH STROKE)
—	SEA CHEST
—	EDUCTOR
STRAINER	

PUMP TABLE

NAME	CAPACITY m <sup>3</sup> /min	NO
CARGO OIL PUMP	3,500 x 150	4
BALLAST PUMP	3,500 x 150	—
STRIPPING PUMP	350 x 150	—
STRIPPING EDUCTOR	450 x 25	2
BALLAST STRIP EDUCTOR	200 x 25	—

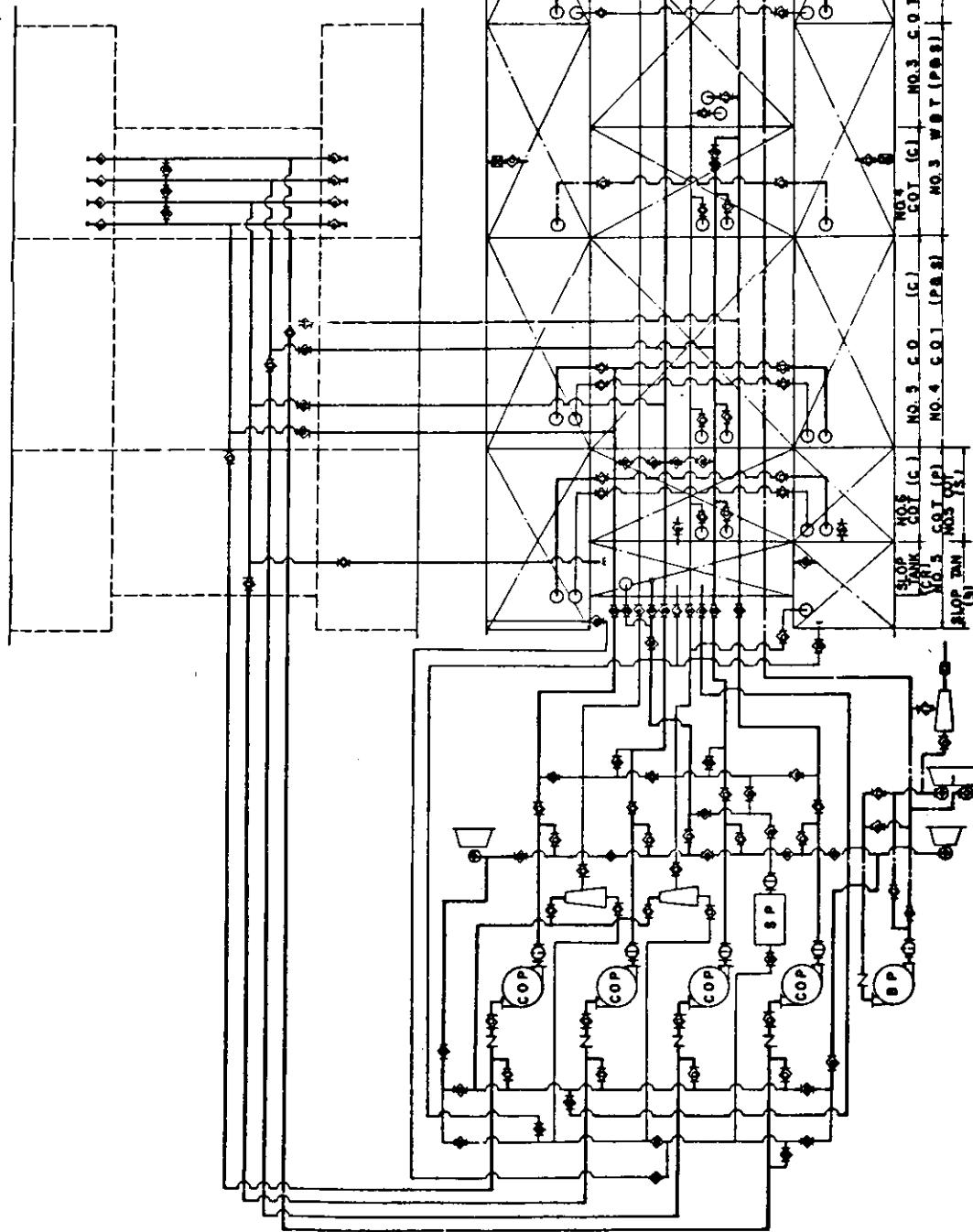


図 2.3.1 荷油系統ダイヤグラム

機器の精度および信頼性は荷役システムの自動制御の精度および信頼性に影響するばかりでなく、船舶の安全性にも影響することは言うまでもない。本研究においては機器の精度は現在実用上支障の生じていない程度は認めるものとするが、別途各計測機器の安全性、信頼性等については1.6「自動制御システムの異状監視機構、信頼性および安全性の検討」の項にて詳細に報告する。

タンカー荷役システムの自動制御に最少限必要な計測機器は次のようなものである。

吃水計 船首尾端および中央部

ヒール計

液面計 各荷油タンクおよびバラスト・タンク

ストリッピング終了検知器 各荷油タンクおよびバラストタンク

圧力計 各荷油ポンプの吸入、吐出側、ショアコネクション部、タービン蒸気溜圧力

回転計 各荷油ポンプおよびバラストポンプ

弁の開度、開閉指示計 各自動制御弁

最少限必要な制御装置は

弁開度自動設定装置、各自動制御弁、弁開閉用アクチュエータおよびその油圧機器、各自動制御弁、ガバナ装置、各荷油ポンプ

このほか追加装備することにより、よりきめこまかなる安全性の高い制御を可能とするものとして

高液面計 液面計故障時のバックアップ、主としてオーバーフロー防止用

温度計 荷油温度、大気温度、ポンプのケーシングおよびペアリング温度等の諸温度計測用

比重計 荷油および海水の比重計測用

等があるがこれらはタンカー荷役システムの自動制御方式のプログラミングに直接影響は与えない。

これら計測機器および制御機器は全て電気的にプロセス、入出力制御装置に連結され、コンピュータにスキャニングサイクルごとにデータを送り込むが、同時に荷役コンソール上にも連結し、遠隔制御時の乗組員へのデータ提供ができるようとする。

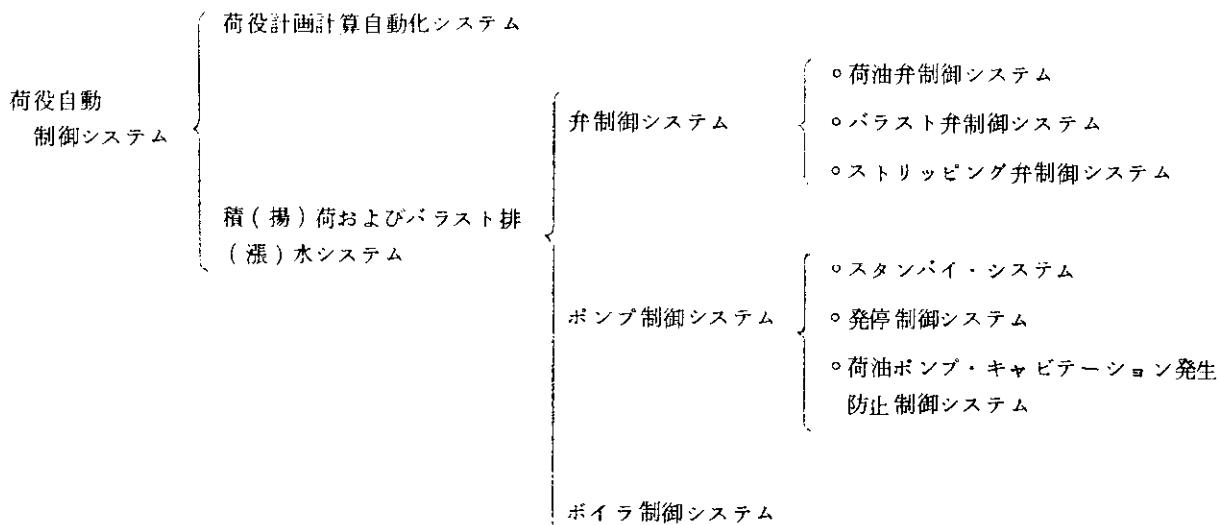
#### (e) 記録装置

荷役作業中、従事乗組員が作成していた荷役ログブックを荷役の自動制御の経過に応じて一定時間ごと、あるいは乗組員が必要とする任務の時刻に自動的にタイプ・ライタで印字して作成する。さらに、先に述べた乗組員が入力するデータの確認、積(揚)荷計画の結果の報告、異常時の項目とその内容の警告、さらには自動制御内容の報告、陸上側作業員あるいは乗組員へのメッセージ等を必要に応じてタイプライタで別途自動的に印字されるようにする。

#### (4) 自動制御システム

本自動車制御方式の制御システムは、通常接岸前に行なわれる荷役計画の諸計算をコンピュータによって行なわせる荷役計画計算の自動化システムと実際の積荷および場所の荷役作業（荷役中に行なわれるバラスト注排水作業およびストリッピング作業を含む）がコンピュータによって自動制御される積(揚)荷およびバラスト排(張)水システムとにより構成される。

さらに積(揚)荷およびバラスト排(張)水システムは、弁制御システム、ポンプ制御システムおよびボイラ制御システムより構成され、これらのシステムはさらに数種のサブプログラムに分割されるが、これらをまとめて示せば次のとおりである。



これら各システムの概要を次に示す。

#### (a) 荷役計画計算自動化システム

これは上記(2)(c)乗組員によるデータによるインプットの項に記述の各種データのもとに与えられた諸条件を満足し，かつ，船舶の強度上，トリム上最適な荷油の積荷計算および揚荷計算を行なうプログラムである。さらに，これら積荷計算および揚荷計算プログラムは自動制御によらないで乗組員が手動遠隔操作を行なう場合でも容易に使用しうるものとする。

荷役計画計算と同時に乗組員によりインプットされたデータ類より，今回の荷役で使用する積量ートリム曲線あるいは揚量ートリム曲線の決定，グラビティでバラスト・漲排水を行なうタンク名の決定，各積荷レートに対する積込可能なタンク数の決定等を行なう。

積荷計算あるいは揚荷計算の結果は前述のようにタイプライタにより印字されると同時にコンピュータ内部に記憶される。

#### (b) 弁制御システム

本自動制御システムはプロセス・コントロール方式であるので，弁制御システムと後記ポンプ制御システム・ボイラー制御システムのそれぞれ独立したシステムより構成され，これらシステムはさらにコンピュータ内にて優先順位に応じて制御が実行される。

弁制御システムはさらに

- 1) 荷油制御システム—タンク内主サクション弁，荷油ポンプ吐出弁，ポンプ室内および上甲板上の荷油管付弁等荷油管関係の弁類に対する指令を荷役状況に応じて出し，各弁制御指令に対する優先順位をあらかじめ設定しておき，各弁の開度（全開および全閉を含む）は，この優先順位にしたがってコンピュータで決定され，その制御命令にしたがって，自動的に制御が実行される。
- 2) バラスト弁制御システム—タンク内サクション弁，ポンプ室内および機関室内バラスト・ポンプ用各種弁，重力による注排水用船外弁等バラスト関係の弁類に対する指令を荷役状況に応じて出し，1)の荷油弁制御方式と同様に各弁の開度を決定して自動的に制御する。
- 3) ストリッピング弁制御システム—荷油ストリッピング用タンク内サクション弁，ストリッピング・エダクター用弁，ドライビング・オイル・タンク用弁等ストリッピング関係の弁類に対する指令を荷役状況に応じて出し，直ちに自動的に制御する。

#### (c) ポンプ制御システム

このシステムはスタンバイ・システム，発停制御システムおよび荷油ポンプ・キャビテーション発生防止制御システムより構成される。

#### (i) スタンバイ・システム

荷油ポンプおよびポンプ室内のバラスト・ポンプは暖機指示が与えられた場合、シーケンス制御により暖機が行なわれ、スタンバイの状態を保持するものである。このシステムでは荷役終了時にポンプを停止させた場合を除き、荷役中に一時ポンプが停止された場合には、再起動されるまで暖機状態を保持するように制御される。

#### (ii) 発停制御システム

荷油ポンプおよびポンプ室内のバラスト・ポンプの発停は乗組員または積(揚)荷およびバラスト排(注)水システムから自動制御プログラムにより指令された場合に行なわれ、起動時には暖機弁、ドレン弁、蒸気弁、排気弁、蒸気加減弁、ポンプ吐出弁等をシーケンシャルに制御して、ポンプが予定回転数に達した場合起動完了とする。停止時には起動時に操作された諸弁をシーケンシャルに制御し、ポンプおよび駆動用タービンを完全停止の状態に導く。また、一時的な停止指令に対しては、本制御は途中からスタンバイ・システムに移行する。

#### (iii) 荷油ポンプ・キャビテーション発生防止制御システム

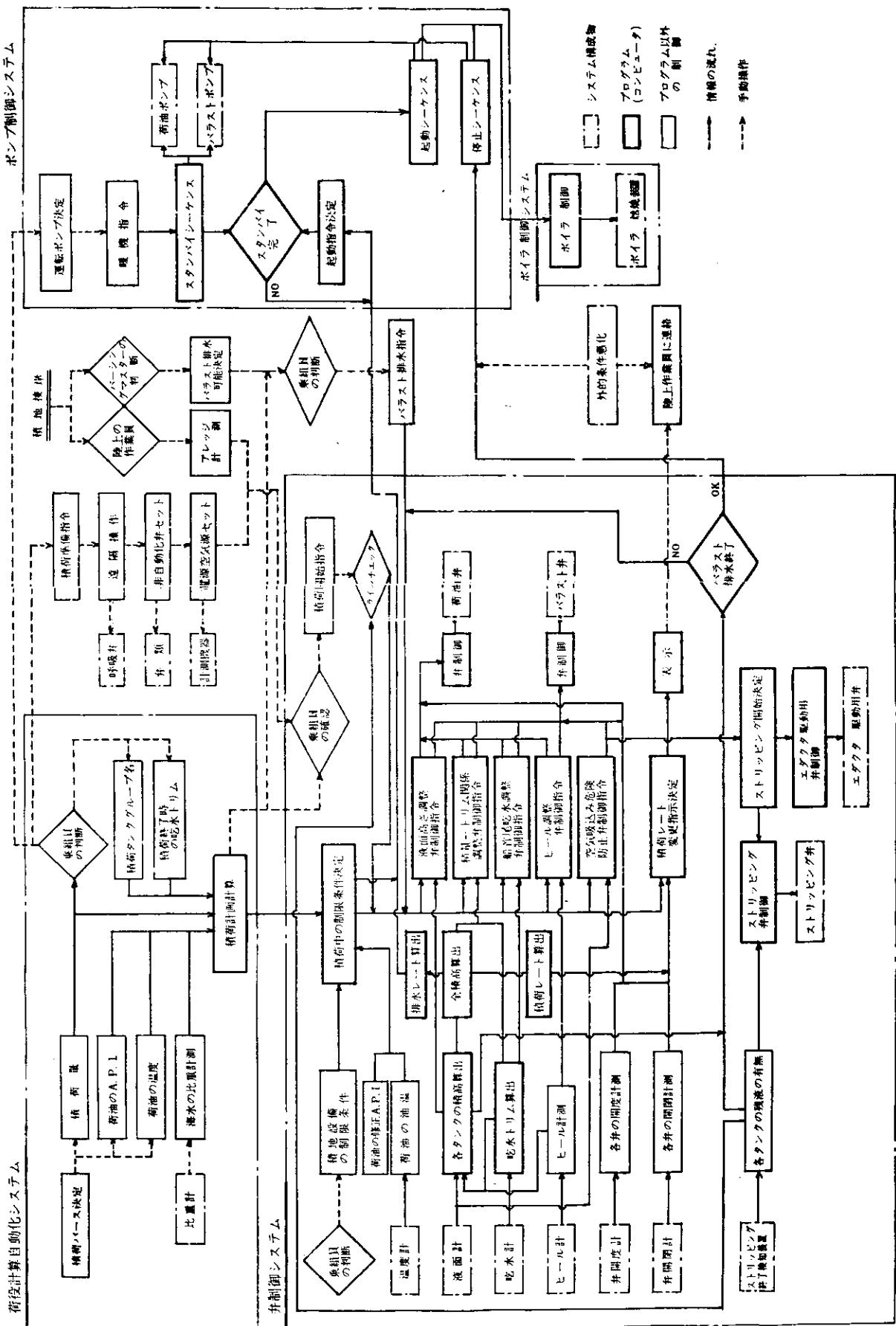
前述のように荷油ポンプ定常運転中は荷油タンク内の液面低下に伴う吸入圧の減少によるキャビテーション発生を防止するため、吸入圧を計測して、これから計算される有効N・P・S・Hとコンピュータに記憶されている必要N・P・S・Hとをコンピュータ内で比較させ、常にキャビテーションの発生を防止できるような有効N・P・S・Hを確保することができるよう荷油ポンプの吐出弁開度を制御する。吐出弁開度がポンプに許容される最小流量に相当する開度に達した場合、またはポンプのケーシング温度が一定以上の上昇を示した場合には吐出弁開度の制御から回転数制御に切換える。回転数制御が限界に達した場合には自動的に停止指令が発せられる。

#### (iv) ボイラ制御システム

荷油ポンプおよびポンプ室内バラスト・ポンプの運転状態の変動に伴う蒸気消費量に追従するようボイラ蒸発量の制御をボイラ燃焼装置を自動的に制御して行なわせる。

以上のシステムの全体のシステムの構成は図2.3.2.荷役システム・ブロック・ダイヤグラム( $\frac{1}{2}$ ) (積荷・バラスト排水) および図2.3.3.荷役システム・ブロック・ダイヤグラム( $\frac{2}{2}$ ) (揚荷・バラスト注水) に示す。

図2.3.2 荷役システム・ロック・ダイヤグラム(1/2)



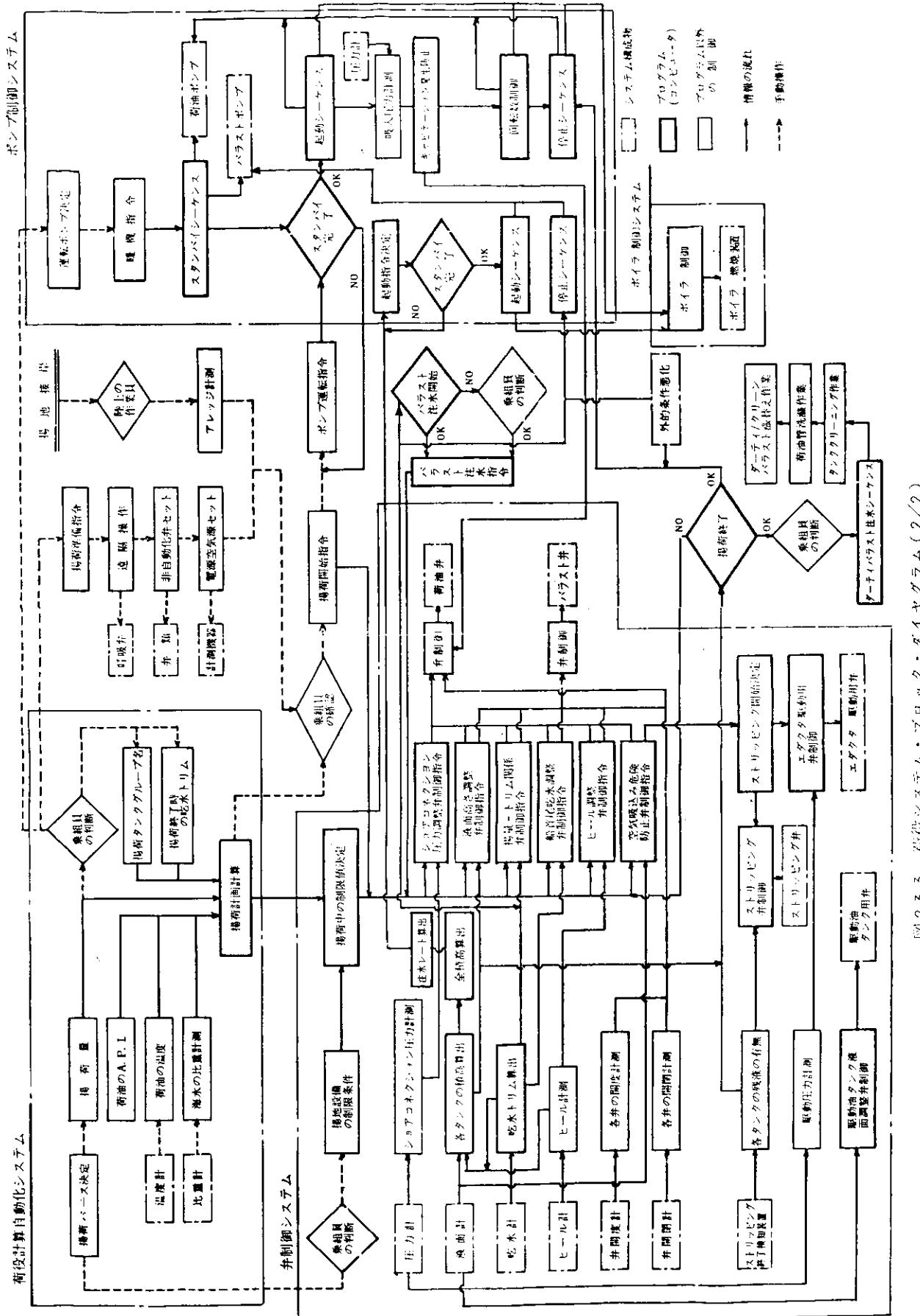


図 2.3.3 管路システム・ロック・ダイヤグラム(2/2)  
(積荷・バシスト排水)

### 2.3.2 クリーン・バラスト排水自動制御方式

クリーン・バラスト排水は、通常荷油積込前に行なわれるため、独立のプログラムとなっている。

クリーン・バラスト排水自動制御プログラムのフローチャートを図2.3.4および図2.3.5に示す。

以下に本フローチャートの概略を説明する。

クリーン・バラストは言うまでもなく、荷油タンクに搭載されているので積荷前には、完全に排水を行ない、本作業を完了しておかなければならぬ。したがって、プログラムでは、作業員による作業開始指示により実行を開始し、船体を適正な姿勢に保ちつつ、ストリッピング終了まで連続的にクリーンバラスト排水作業を行なうものとする。

ここでは、クリーン・バラストを淡水されているタンクは、センタータンクとし、したがって、船体のヒール制御は行なわないものとする。

このプログラムは、一定時間間隔ごとに作業進行状態に合った制御を行ないつつ実行されるものである。

次にフローチャートについて各段階ごとに説明する。

#### (1) データ読み込みおよび異常検知

「クリーンバラスト排水開始」指示が行なわれると、スキャニングサイクルごとに各種データを読み込み、データの異常検知を行ない、もし異常データがあれば警報を発し、制御プログラムを実行しない。この場合は作業員が計装機器の点検を行ないこのまま自動制御が続行できるかどうかを判定し、もし自動制御をそのまま続行できる程度の異常ならば、そのまま制御プログラムを実行させ、あるいは計装機器の代りに作業員が模擬データのインプットすることにより自動制御続行できるならば、模擬データをインプットしながら制御プログラムを実行させる。もし、模擬データのインプットも不可能な場合には、自動制御部をあきらめ、手動遠隔操作に切替える。

全機器が正常である場合は各種計算を行ない、以下の制御のためのデータを作成する。

#### (2) 初期弁操作

1回目のスキャニング時は、フローチャートの「1回目のスキャニングか」の判定から右方向に進み、本作業に必要な初期弁設走の指令をコンピュータに記憶する。このときクリーン・バラストタンクのメインサクション弁を全開にするような指令を行なう。

#### (3) 重水排水——ポンプ排水切換制御

2回目以降のスキャニング時は、この判定からフローチャートの左方向に進み、現在のバラスト動排水レートを算出する。

初期段階で、まだポンプが運転されていない場合はフローチャート中の「カーゴポンプ運転中か」の判定がNoとなり、もし、暖機完了のポンプがあればその合計台数による定格容量を算出し、先ほど計算した重力排水レートと比較する。

もし、ポンプ合計容量のほうが大きければ、暖機完了ポンプに起動指令を記憶し、必要な弁制御の指令を記憶する。もし、重力排水レートのほうが大きい場合は、そのまま重力排水を継続する。この比較により、すでにポンプが運転中の場合は、次のH-Q制御に進む。この間に暖機完了のポンプで起動していないものがあればストリッピング中かどうかを判定し、ストリッピングに入っていないければそのポンプを起動する。

#### (4) H-Q制御

H-Q制御の詳細は別途プログラム説明の後に述べる。

まず、各タンクの吸入量( $Q$ )および、液面( $H$ )降下と吸入量との微分変化率( $DH/DQ$ )を計算する。

この $Q$ 、 $H$ および $DH/DQ$ をもとにH-Q制御によるメインサクション弁の制御指令を決定し、コンピュータ内部に記憶する。

このようにして、カーゴポンプの能力を最小にしても、なお、メインサクション弁が全閉となるタンクに対してはストリッピングサクション弁を開く指令を行ないストリッピング作業に移行する準備を行なう。また、ストリッピング

グエダクター運転のための弁制御およびポンプ再起動（ストリッピングエダクター駆動用として）の指令を記憶する。

#### (5) ストリッピング制御

前記H-Q制御により、ストリッピングエダクターが駆動されるようになると、まず、エダクター駆動圧力を必要圧力以上で保つよう制御指令を記憶する。

ストリッピング終了検知器により、ストリッピングが終了したことを検知するまで、ストリッピングを継続し、検知されるとそのタンクのストリッピングサクション弁を全閉とする指令を記憶する。

ストリッピングサクション弁が全閉になったときから時間をカウントし、一定時間経過すると再びストリッピングサクション弁を開き、同様にストリッピングを再開するような指令を記憶する。

このようにして、3回ストリッピングを繰返し、3回目のストリッピング終了が検知されると、このタンクのクリンパラスト排水作業を終了とする。同様に他のタンクについても行われ、全タンクが終了するとクリンパラスト排水作業は完了となる。

#### (6) 船体姿勢制御

最初に述べたごとく、クリーンパラスト排水作業中はトリム制御のみを行なう。

前回のスキャニング・サイクル時と今回のスキャニングサイクル時の間に船のトリムが制御曲線を通過したときは、すでにトリム制御のため操作されていた弁があった場合にはこの弁を全開にする指令を記憶する。また、船のトリムがトリム許容範囲内にないときトリムの変化方向が制御曲線に向っていれば何らの制御指令も行なわない。トリム変化方向が制御曲線に向っていない場合は、メインサクション弁に対してトリム修正のための弁制御指令を記憶する。

#### (7) 弁制御実行

上記(1)～(6)により出された各種弁制御指令を総合して、制御指令内容に応じてあらかじめ設定された優先順位と照合し、もし、1つの弁に対して相反する2つ以上の指令が出されているときは、この優先順位の高い制御要求に対して弁が制御されるようその弁の開度（開閉）を決定し、もし、1つの弁に対する指令が1つの場合には、その制御実行するプログラムである。

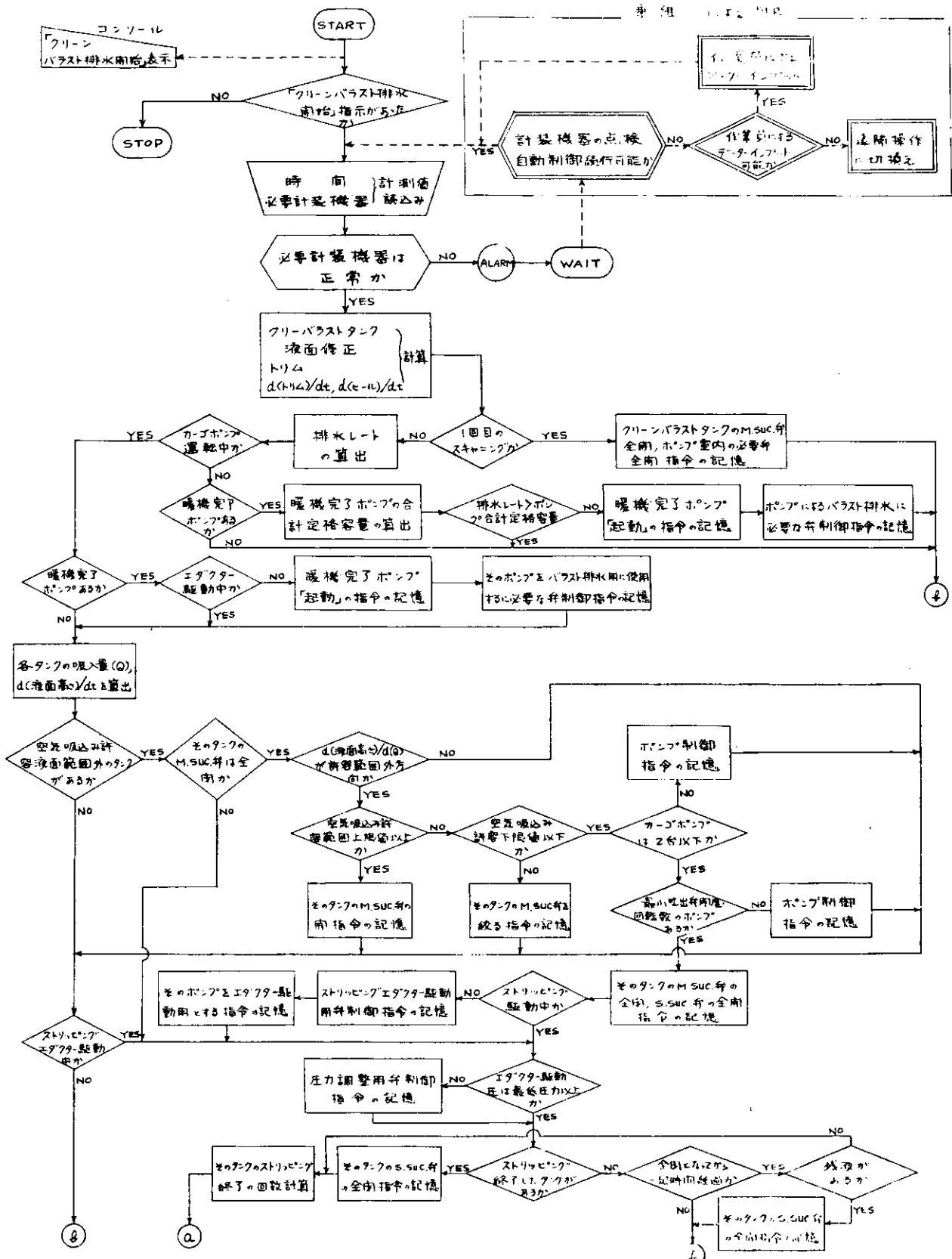


図2.3.4 クリーンバラスト排水自動制御フローチャート(その1)

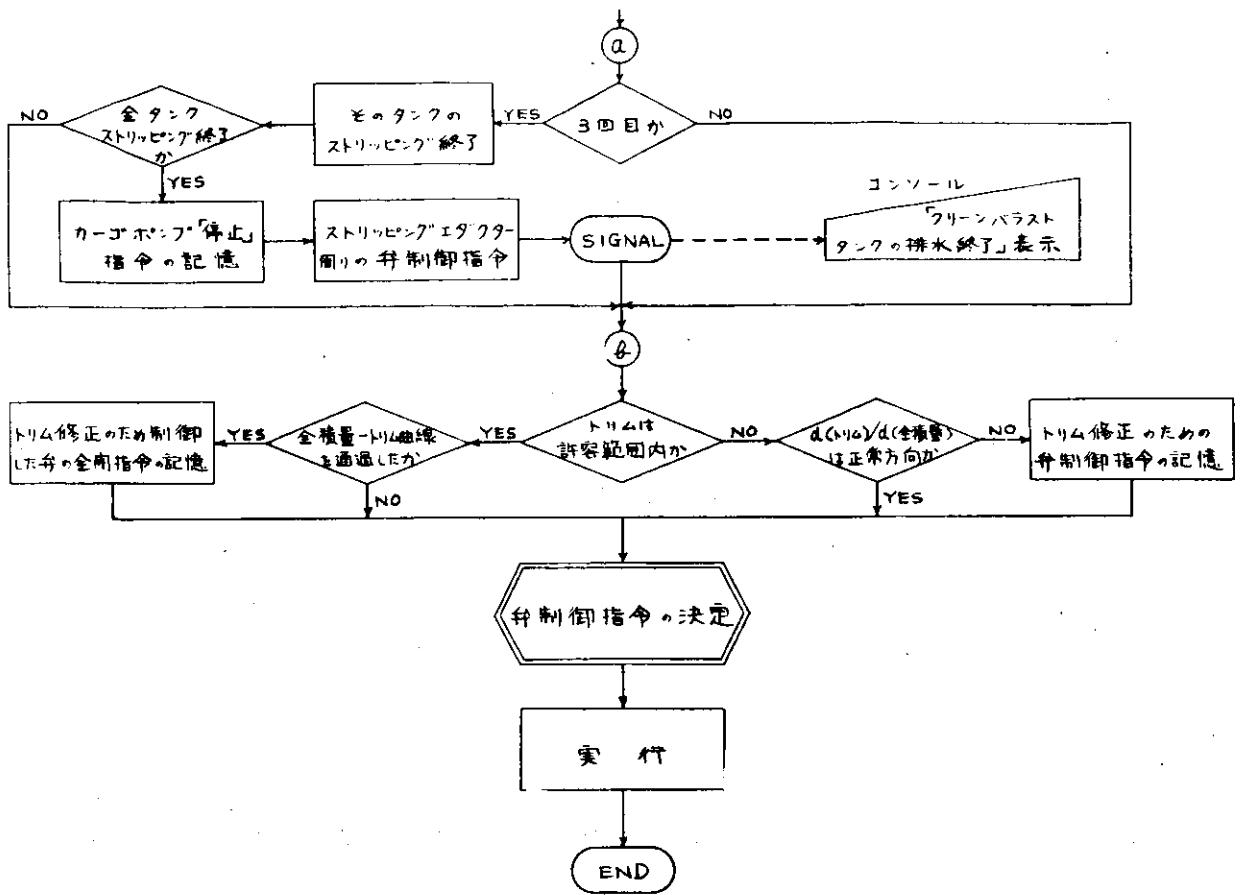


図2.3.5 クリーンバラスト排水自動制御フローチャート(その2)

### 2.3.3 構造およびバラスト排水自動制御方式

一般的には、積荷の際には並行して専用バラストタンクの排水が行なわれるが、本プログラムでは、図2.3.6 積荷自動制御およびバラスト排水自動制御に示すように両者並行でも、それぞれ単独にも、または積荷作業がある程度進捗した後にバラスト排水を開始することも可能なものとする。

作業開始前には、作業員により、これから行なう荷役の諸データがコンピュータに入力され、荷役計画計算を行なって各タンクの積付量を決定する。

以下、フローチャートにしたがい、積荷自動制御およびバラスト排水自動制御について説明する。

(i) 積荷自動制御方式

積荷作業は言うまでもなく、陸上施設から送油してくる荷油をタンカーの荷油タンクに積付けるわけであるが、この際注意する点を次に示す。

- 1) 送油量変更は前もって陸側担当者を通して陸上操作員に伝えられ陸上操作員によって陸上側で変更するため実際に変更されるまでに相当の時間を必要とする。
  - 2) 送油量は船側で制御できないので、量を細かく制御することはできない。本研究では、FULL HALF SLOW の3段階とし、各段階の流量は、陸側と取決めの上、前もってコンピュータに入力しておくものとした。
  - 3) 各タンクが積切り設定液面に達したとき、弁を開止すると閉止に必要な時間だけ余分に積まれるので、そのための考慮を払った。
  - 4) 船体姿勢制御および過吃水防止制御

以下に図2.3.6および2.3.7 積荷自動制御フローチャートにしたがい説明する。なお、本プログラムは一定時間ごとに繰返し実行され、積荷の進行状況により、それぞれ制御を行なうものとした。

(a) データ読み込みおよび異常検知

2.3.2 クリーン・バラスト排水自動制御の項参照のこと

(b) ラインチェック

ラインチェックは弁の設定が予定通り行なわれず、予定外のタンクに積荷されたり、すでに積付け終了のタンク（先積）からの荷油がこれから積こもうとするタンクに流入したりするものをチェックするもので、初期弁設定後、まず、液面降下チェックを行ない、次にSLOWレートによる積荷を行ないながら、予定外のタンクに流入していないかをチェックする。

まず、最初はフローチャート中の「ラインチェックは終了か」の判定および「積荷タンクのメインサクション弁は全開か」の判定がいずれもNoとなり、弁の初期設定に対する制御指令が記憶される。

次にフローチャート中の「積荷タンクのメインサクション弁は全開か」の判定がYesになると一定時間の間、積荷込みタンク（先積みタンク）の液面降下を監視し、降下があれば直ちに警報を発する。

一定時間経過するとコンソールにSLOWレートによる積荷指示の表示を行ない、作業員によって実際にSLOWレートで積荷を開始し予定外のタンクに流入していないか一定時間監視する。もし、予定外のタンクに流入していれば直ちに警報を発する。流入していなければ一定時間経過後、積荷レートをFULLに変更するような指示の表示をコンソールに行なう。

(c) 船尾吃水制御

ラインチェックが終了し、FULLレートによる積荷が開始されると次に船尾吃水を監視し、船尾吃水が許容範囲を超えると船尾吃水の時間変化率を計算し、もし、船尾吃水が増しつつあるときは、警報を発して船尾吃水を修正する弁制御指令の記憶を行なう。

(d) 姿勢制御

まず、全積量、トリム、全積量とトリムの微分の割合、ヒールの時間的変化率等制御に必要な数値を計算する。前回のスキャニング・サイクル時と今回のスキャニング・サイクル時の間に船のヒールが0を通過したとき、すでにヒール制御のため操作されていた弁があった場合にはこの弁を全開にする指令を記憶する。また、船のヒールが範囲内に入っていないければヒールの時間的変化率がヒールを0にもどす方向かどうかを判定して、もしヒールを0にもどす方向であればそのまま放置し、もしヒールがさらにつく方向に向っている場合、ヒール修正のための弁制御指令の記憶を行なう。

次に、前回のスキャニング・サイクル時と今回のスキャニング・サイクル時の間に船のトリムが全積量-トリム曲線を通過したとき、すでにトリム修正のために制御されていた弁があった場合にはこの弁を全開にする指令を記憶する。もし、船のトリムが許容範囲内にない場合は、トリム変化方向を調べ、それが目標曲線の方向に向っていれば放置し、向っていなければ、トリム修正のための弁制御指令の記憶を行なう。

なお、全積量、トリム曲線の考え方については後述する。

(e) 積切りタンク積切1時間前制御

積切精度の向上、安全性の向上のためにあらかじめ積切りタンクを指定し、このタンクの積荷に際してはSLOWレートによる積荷1時間分と差引いたアレージで一度メインサクション弁を閉止するような弁制御指令を記憶する。

(f) 積切りタンク以外のタンクの積切り制御

フローチャート中の「積荷中のタンクは積切りタンクのみか」の判定がNoの間は、各タンクの液面が荷役計画計算で求められた液面に到達するX時間前になると、メインサクション弁を閉止する制御指令の記憶を行なう。

X時間とは弁を全開から全閉にするに必要な時間である。

(g) 最小タンク数によるレート切換制御

FULLレート、HALFレートで積荷することができる最小タンク数を液面の上昇速度をもとにそれぞれ算出し

この最小タンクが開いたとき、もし、トリム・ヒール制御により制御されているメイン・サクション弁があり、しかもトリム・ヒールが許容範囲ならば、その弁を全開する制御指令の記憶を行なう。

トリム・ヒール制御している弁がない場合は、H時間またはS時間以内に( HALFレートで積んでいるときはH時間、HALFレートで積んでいるときはS時間)最終設定液面高さに達するタンクがあれば、積荷レートをHALFからHALFまたはHALFからSLOWに切替えるようコンソールに表示し、これにより乗組員によりレート切換えを陸上側に連絡する。レート切換え発令前のH時間またはS時間以内に最終設定液面に達するタンクがない間は、(E+15分)時間または(S+15分)時間以内に最終設定液面に達するタンクがあるかどうかを判定し、もし、そのようなタンクがある場合はコンソールに積荷レートHALFまたはSLOW切換15分前を表示し、レート切換えの準備作業が行なえるようにした。

また、積荷レートをHALFまたはSLOWに切替えるようコンソール表示したあと、H時間あるいはS時間経過後X時間(X時間とは、メインサクション弁を全開から全閉にするに要する時間)以内に最終設定液面に達するタンクを捜し、そのタンクのメインサクション弁を閉止する指令の記憶を行なう。この際、積荷レートが予定時間(H時間あるいはS時間)がたってもなおHALFまたはSLOWに切替えられていない場合は警報を発する。

#### (b) 積切りタンクの積切り制御

積切りタンク以外のタンクが全て最終設定液面に達し、積荷が終了すると(5)で述べたようにSLOWレート1時間分だけ残して中断していた積切りタンクに対し、再びSLOWレートにより積荷を開始する。

先積みの場合は最終設定液面に達する時間がSLOWレートから停止に要する時間(フローチャートのE時間)以内になると「積荷停止」要求をコーソールに表示する。「積荷停止」発令以前のE時間以内に最終設定液面に達しない間は「積荷停止」発令15分前よりある時間間隔ごとに積荷停止までの所要時間をコンソールに表示することとする。

後積みの場合は、E時間以内に最終吃水になるかどうかを判定し、ならない間は先積みの場合と同様にある時間間隔ごとに積荷停止までの所要時間をコンソールに表示することとする。E時間以内に最終吃水になる場合は、コーソールに「積荷停止」を表示し、これより乗組員が陸側に連絡し、積荷レートが0になるまで待つ。0になるとバラスト排水の終了を確認し、終了の場合は最終吃水を確認し、積荷量を計算し、積切りタンクのメインサクション弁を全閉とし、「積荷終了」をコルソールに表示して積荷作業を終了する。

レートが0になってもバラスト排水が終了していない場合はバラスト排水終了まで待つ。バラスト排水終了の後最終吃水に達したかどうかを判定し、達していない場合は再びSLOWレートによる積荷をコンソールに表示し、再びSLOWレートで最終吃水に達するまで積切りタンクに対し、積荷を行なうよう指令する。最終吃水に達したとき積荷終了となる。

#### (2) バラスト排水自動制御

ここでは専用バラストタンクの排水について図2.3.9および図2.3.10バラスト排水自動制御フローチャートにしたがい説明する。

##### (a) データ読み込み、異状検知および初期弁設定

2.3.2クリーンバラスト排水自動制御の項を参照のこと。

##### (b) 船首グループタンク重力排水ポンプ排水切換制御

ポンプ室内バラストポンプに接続されているバラストタンクを船首グループタンクとして説明する。

フローチャート中の船首部グループ内に各種判定が並んでいるが、排水開始の初期は一般にこの判定がすべてNOになり「バラスト排水レートとバラストポンプ定格容量」の判定で重力排水レートとポンプ容量を比較してもし、重力排水レートが大きければフローチャートの右に進み、このまま重力による排水を続行する。

タンク液面が下り、一方、積荷により吃水も増加して重力排水レートがついにポンプ容量以下になると、バラ

ストポンプが暖機完了していることを確認した上、バラストポンプの起動の指令を記憶する。

また、バラストポンプ運転に伴う弁の切換制御指令の記憶も同時に行なう。

(c) H-Q 制御(船首グループ)

(b)によりポンプが起動されるとフローチャートの「ポンプ室内バラストポンプは運転中か」の判定がYesとなり、そのあとはH-Q 制御に入る。

H-Q 制御により、最終的にはストリッピングエダクターが起動されストリッピング制御に入る。

H-Q 制御の詳細については後述する。

(d) ストリッピング制御(船首グループ)

ストリッピング制御に入った後はフローチャートの「ストリッピング・エダクターが駆動中か」の判定がYesとなり、ストリッピング終了検知器により専用バラストタンク内の残水の検知を行ない、ストリッピング終了を検知するとそのタンクのメイン・サクション弁を閉止する指令を記憶し、フローチャートのバラスト弁制御指令を実行する。

一定時間経過後再びストリッピング終了検知器によりこのタンクの残水の検知を行なう。ふたたび残水があればメイン・サクション弁を開にする指令を行ない、ふたたびストリッピングを続行する。もし残水がなければ、「船首部バラスト排水終了」をコンソールに表示して船首部グループバラストタンクのバラスト排水を終了とする。

(e) 船尾グループタンク重力排力ポンプ排水切換制御

機関室内のバラストポンプに接続されているバラストタンクを船尾グループタンクとして説明する。

バラスト排水開始直後は、フローチャート中の「重力にて排水中か」の判定がYesとなり、重力による排水レートと機関室内バラストポンプ容量とを比較し、重力による排水レートが大きいときはそのまま重力排水を継続する。ポンプ容量のほうが大きくなるとバラストポンプを起動し、また、それに必要な弁操作指令を行なう。

排水最終設定液面に達するとポンプを停止し船尾部バラストタンク排水終了を表示する。

(f) 排水終了制御

これは、バラストタンクを完全に排水する場合でなく中途まで排水するよう荷役計画計算で最終液面が決定された場合で最終設定液面に達する時間が、タンクのメインサクション弁を閉止するに要する時間以内になると弁を閉止する指令を行なう。

(g) 船体姿勢制御

積荷制御(4)姿勢制御の項参照のこと。

以上の各種指令内容は荷油弁とバラスト弁のそれぞれ別途に総合し、2.3.2 クリーン・バラスト排水自動制御の(7)弁制御実行の説明と同様に各指令内容に応じて設定された優先順位にしたがって各弁の開度を決定する。

## メイン・フロー・チャート

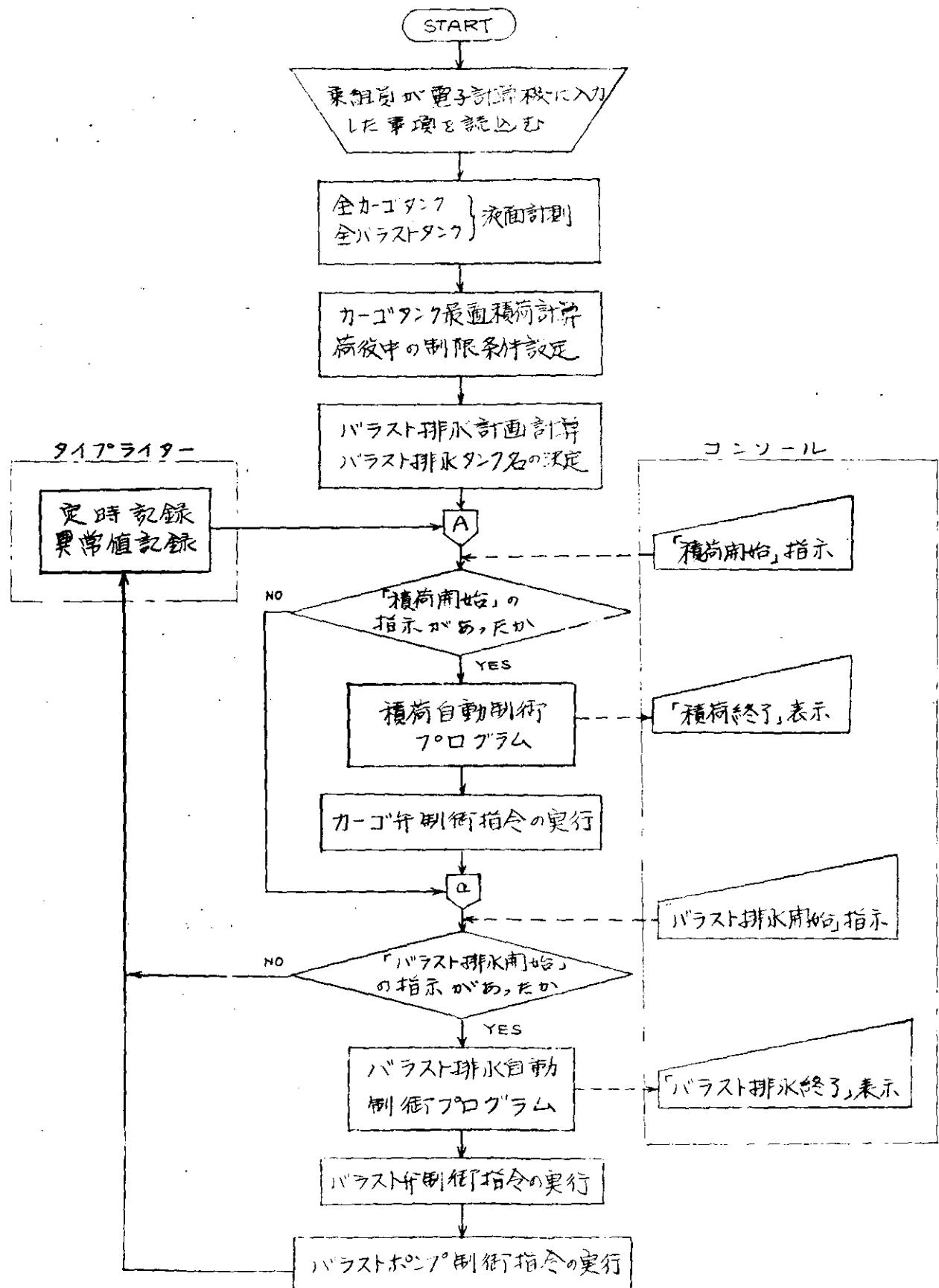


図2.3.6 積荷およびバラスト排水自動制御

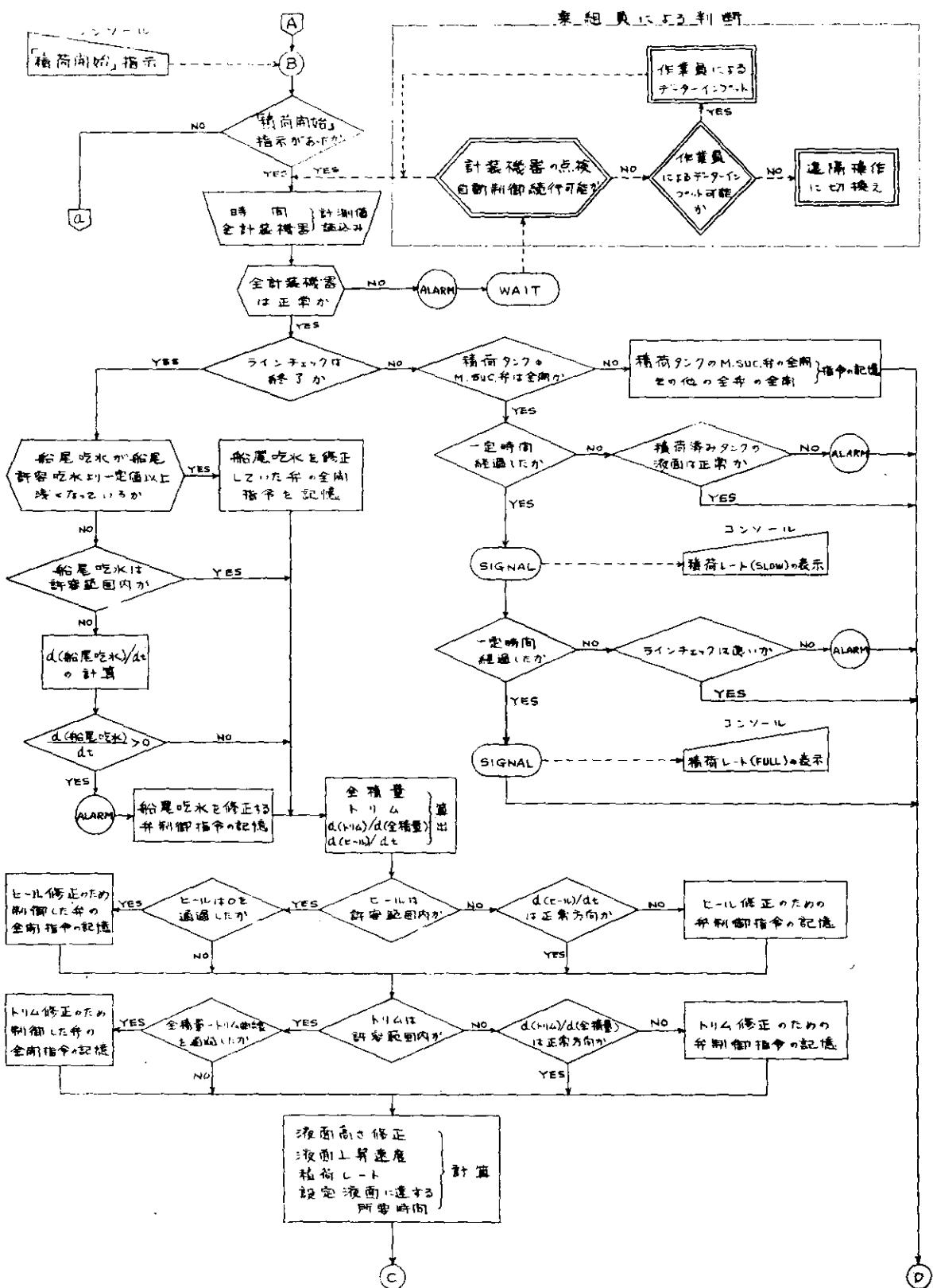


図2.3.7 積荷自動制御フローチャート（その1）

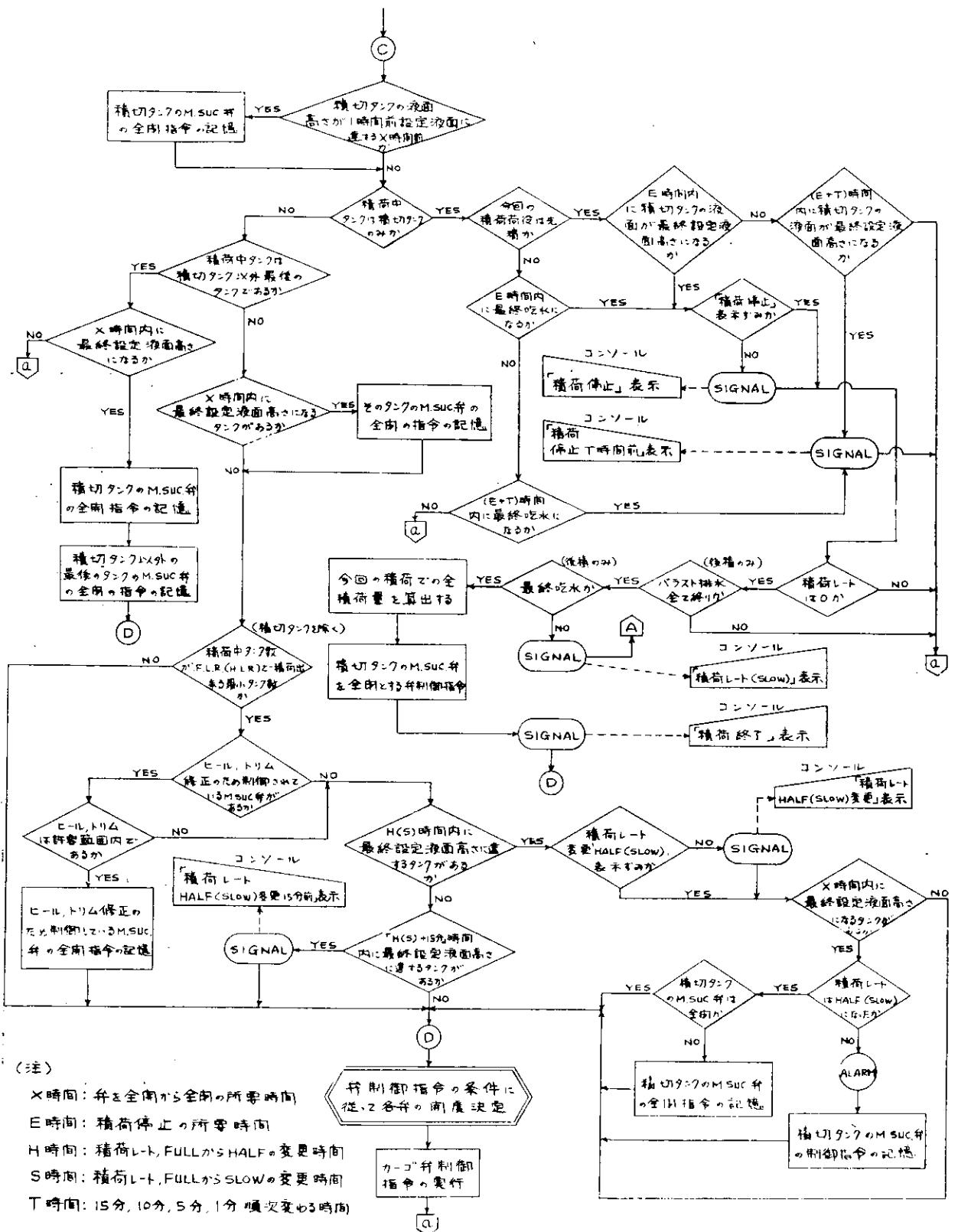


図 2.3.8 積荷自動制御フローチャート(その 2)

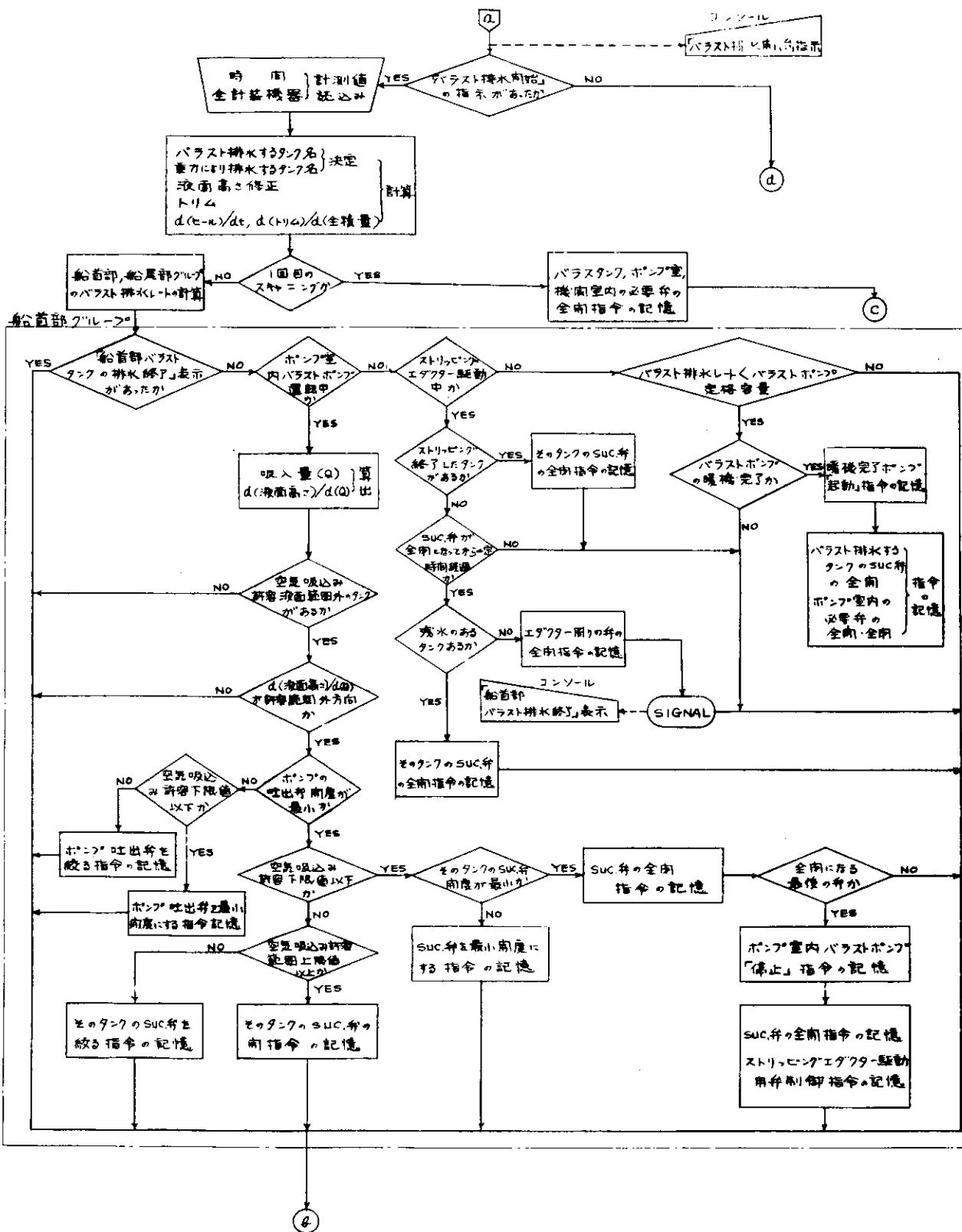


図2.3.9 バラスト排水自動制御フローチャート（その1）

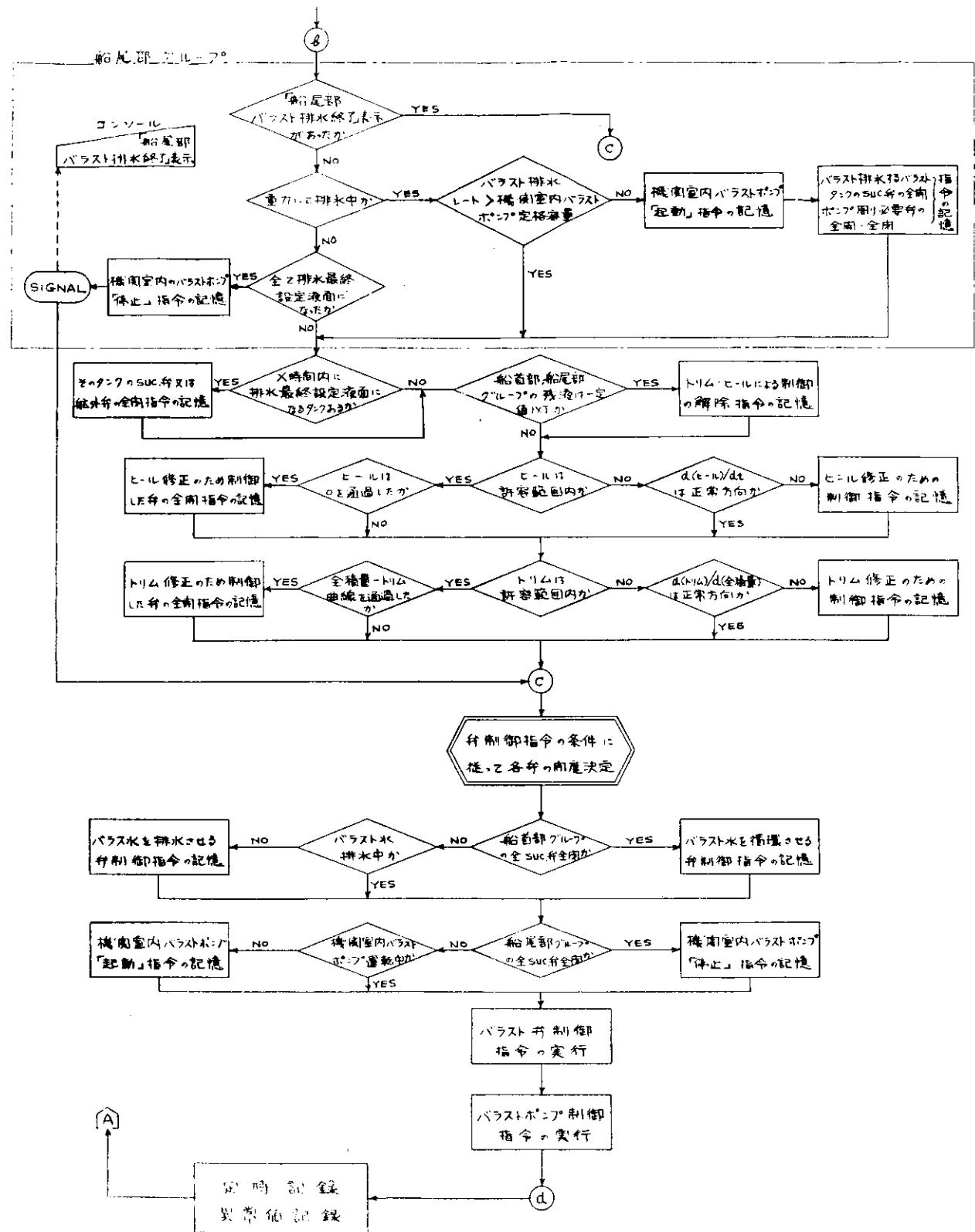


図 2.3.10 バラスト排水自動制御フローチャート（その 2）

### 2.3.4 揚荷およびバラスト張水自動制御方式

一般的には揚荷作業に並行して専用バラストタンク張水が行われるので、本プログラムでは図2.3.1.4 揚荷およびバラスト張水自動制御に示すように揚荷自動制御と同時にバラスト張水自動制御を行なうことができるようとした。また、揚荷、バラスト張水をそれぞれ単独に行なうこと、あるいはいずれかを先に開始し、途中から他のほうを開始することもできることとした。

これまでに述べたプログラムと同様、これも一定時間ごとにこのプログラムがコールされ、繰返し、作業の進行状態に合った制御を行ないつつ作業完了まで実行されるものとする。

作業開始前にはこれから行なう作業を自動制御させるために必要なデータが作業員によりコンピュータにインプットされ、荷役計画計算を行ない、揚荷またはバラスト張水をする専用バラストタンクが決定され、タンクの最終設定液面等が決められていなければならない。

#### (1) 揚荷自動制御方式

図2.3.1.5および2.3.1.6 揚荷自動制御フローチャートにしたがって概略説明をする。

##### (a) データ読み込みおよび異常検知

2.3.2 クリーンバラスト排水自動制御の項参照

##### (b) 初期弁設定およびドライビング・オイル・タンク液面制御

揚荷開始後初めの状態ではフローチャート中の「ストリッピング・エダクター駆動中か」の判定がNoとなり、「全揚荷タンクのメイン・サクション弁は全閉か」の判定がYesとなって荷役計画計算で決定された揚荷するタンクのメイン・サクション弁および揚荷に必要な弁に対して初期設定する制御指令が行なわれる。

次の判定でドライビング・オイル・タンクの液面をみて、液面が低設定基準液面以下の場合はドライビング・オイル・タンクにこれから始まる揚荷中に荷油の一部を積込まれるように弁の初期設定をする制御指令が行なわれる。

##### (c) 荷油ポンプ起動制御

弁初期設定が終了するとフローチャート中の「全揚荷タンクのメイン・サクション弁は全閉か」の判定がNoとなり、荷油ポンプがまだ起動されていない状態ではポンプ(タービン)の暖機完了を判定して暖機完了ポンプに起動を指令する。

##### (d) ショア・コネクション圧力制御

荷油ポンプが運転を開始後はショア・コネクション圧力計により、ショア・コネクションの圧力を監視する。もし、あらかじめコンピュータにインプットしたショア・コネクション最高許容圧力以上に達すると、荷油ポンプ吐出弁を絞りショア・コネクションの圧力を下げるような制御指令を記憶する。

##### (e) 船首尾吃水制御

2.3.3 積荷自動制御方式の項参照のこと

##### (f) 船体姿勢制御

2.3.3 積荷自動制御方式の項参照のこと。揚量一トリム曲線の考え方については後述する。

##### (g) H-Q 制御

揚荷が進行し、タンクの液面が低下してくるとH-Q制御が行われ、タンクのメイン・サクション弁が順次絞る制御指令を行ない、渦発生による空気吸込みを防止する。

空気吸込み許容下限値以下またはストリッピング設定液面以下に達した場合、順次メイン・サクション弁は閉止しストリッピング・サクション弁が開き、ストリッピング・エダクター駆動用の弁を設定する指令を行ない、荷油ポンプをエダクター駆動用とするような指令を行なう。

H-Q制御の詳細については後に述べる。

##### (h) ストリッピング制御

ストリッピング・エダクターの駆動が開始されると、まず、ドライビング・オイル・タンクの液面制御指令が出され、液面を設定基準範囲内に保つよう制御が行なわれる。

さらにエダクター駆動油圧弁を検知し、必要最低圧力以上になるよう圧力制御を行なうように弁を制御する指令を出す。

一方、ストリッピング終了検知器により荷油タンクの残油を監視し、ストリッピング終了を検知した荷油タンクのストリッピング・サクション弁を閉止の指令の記憶をする。同時にストリッピング終了を検知するごとに各タンクにつき、その回数を記憶する。

ストリッピング・サクション弁を閉止した後、一定時間経過し、再び残油がある荷油タンクに対してストリッピングサクション弁を開くような制御指令し、再びストリッピング終了検知器がストリッピング終了を検知するまでストリッピングを続行する。

1つのタンクに対し、3回目のストリッピング終了が検知されると、そのタンクのストリッピング作業完了とする。

このようにして揚荷する全タンクについてストリッピングが終了するとストリッピング作業を完了とし、フローチャートにしたがって次の制御に入る。

#### (1) ドライビング・オイル・タンクの揚荷制御

揚荷する全タンクのストリッピングが終了すると最後にドライビング・オイルタンクの揚荷を行なう。

この制御はH-Q制御を行ないながらタンク液面高さが空気吸込危険液面高さの下限値以下になると順次ポンプ吐出量を減少する指令を行ない、最小吐出量においても、まだタンクの液面高さが下限値以下になるとポンプ停止を指令し、コンソールに「揚荷終了」を表示して揚荷作業が完了したものとする。

#### (2) バラスト張水制御方式

ここでは専用バラストタンクの張水について図2.3.17および図2.3.18バラスト張水自動制御フローチャートにしたがい説明する。

##### (a) バラスト張水開始制御

バラスト張水は、コンソールよりバラスト張水開始指示があったとき、またはこれまでにすでに揚荷した量が、今回の張水するバラスト量より大きくなったとき自動的に開始される。

##### (b) データ読み込みおよび異常検知

2.3.2クリーンバラスト排水自動制御の(1)項参照

##### (c) 初期弁設定

1回目のスキャニング時は重力による張水ができるかどうかを判定し、それに適する弁の初期設定をする指令の記憶を行なう。同時に重力で張水できないタンクがある場合、ポンプ室バラストポンプの暖機完了を確認し、ポンプを起動するに必要な弁の設定を行ない、バラストポンプを起動させる指令を記憶する。

バラストポンプの暖機が完了していないときは、完了するまで待って起動させる。

##### (d) 重力張水ポンプ張水切換制御

(e)により重力によるバラスト張水できるタンクがあり、重力張水のための弁操作がされると、重力によるバラスト張水が始まられる。この重力による張水が続けられている間、重力張水レートと各ポンプ容量とを比較し、重力張水レートが大きい間は重力による張水を続行するが、ポンプ容量が大きくなると船首グループの場合はポンプ室バラストポンプを、船尾グループの場合は機関室内バラストポンプを起動する指令を記憶する。

##### (e) 船首・尾吃水制御

船首・尾吃水があらかじめインプットされた許容吃水を越えないように制御する。詳細は2.3.3積荷自動制御方式の項参照のこと。

(f) 船体姿勢制御

船体のトリム・ヒールをあらかじめ与えられた範囲内に保つよう制御する。

揚量ートリム曲線の考え方については後述する。

2.3.3 積荷自動制御方式の項参照のこと。

(g) 漂水完了制御

バラスト漂水作業の行われているタンクのうち弁を全開から全閉するに必要な時間(フローチャートではX時間)以内に荷役計画計算により決められた最終設定面に達するタンクがあれば、そのタンクのサクション弁または船外弁に対し、全閉の制御を行なう指令を記憶する。全タンクが最終設定液面に到達するとコンソールに「バラスト漂水終了」を表示して本作業を完了したものとする。

(3)  $H - Q$  制御(空気吸込液面高さー流量制御)

一般にタンク液面が低下していくとベルマウスからの吸入による渦が発生し、やがて渦は発達して、ついには渦系の下端がベルマウスに達して管内に空気を吸入するようになる。ポンプ吸入側にこのようにして空気が混入すると、通常用いるセントリノフェーガル型の荷油ポンプの吸入能力が著しく低下するので、このような現象は避けるようとする必要がある。

このため、液面高さに応じて流量を制御する  $H - Q$  制御が考慮されている。ここには  $H - Q$  制御について簡単に述べておく。

a ~ b :  $H - Q$  許容範囲

c :  $H - Q$  下限値曲線

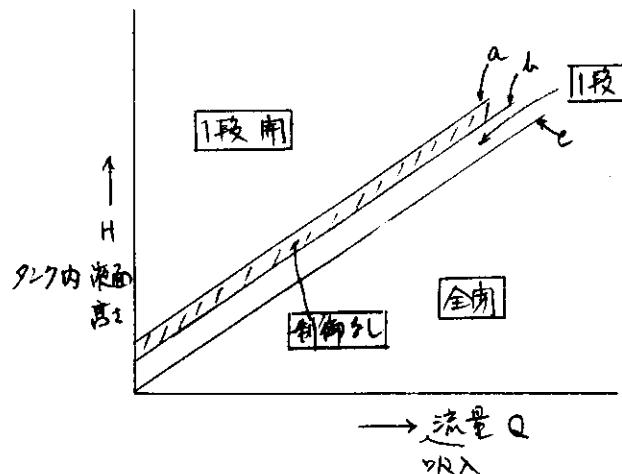


図 2.3.11

図 2.3.11 中流量と液面の関係が斜線を施した許容範囲内にないとき弁を開く制御する。許容範囲より上方にあって、しかも許容範囲の方向に  $DH/DQ$  が向いていないときメインサクション弁を1段開く制御指令を行なう。

許容範囲より下方で、下限値より上の場合で  $DH/DQ$  が許容範囲の方向に向いていないときは、メインサクション弁を1段閉める制御指令を行なう。

$H - Q$  下限値曲線以下では全閉とし、ポンプ吸入量が減少した場合、または吸引タンク数が増加し、当該タンクの

吸引量が減少することが予想される場合に再び弁を開く制御指令を行なう。

(4) 揚量(積量)ートリム曲線について

本研究は2.3.1自動制御方式の基本計画の記載のとおり自動制御荷役を行うために制御目標値をあらかじめ設定しておく方法をとっているが、この制御目標値が揚量(積量)トリム曲線である。

これは、荷役の進行に応じて変化する積量あるいは揚量に対し、船のとるべきトリムの値を曲線の形で表わしたものである。

積量(揚量)ートリム曲線決定に際しては「2.3.1 自動制御方式の基本計画」(1)自動制御の基本の方針に述べた方針を含み、より短時間の荷役ができるように考慮されなければならない。

次に揚量(積量)ートリム曲線にしたがう制御方法について簡単に説明する。

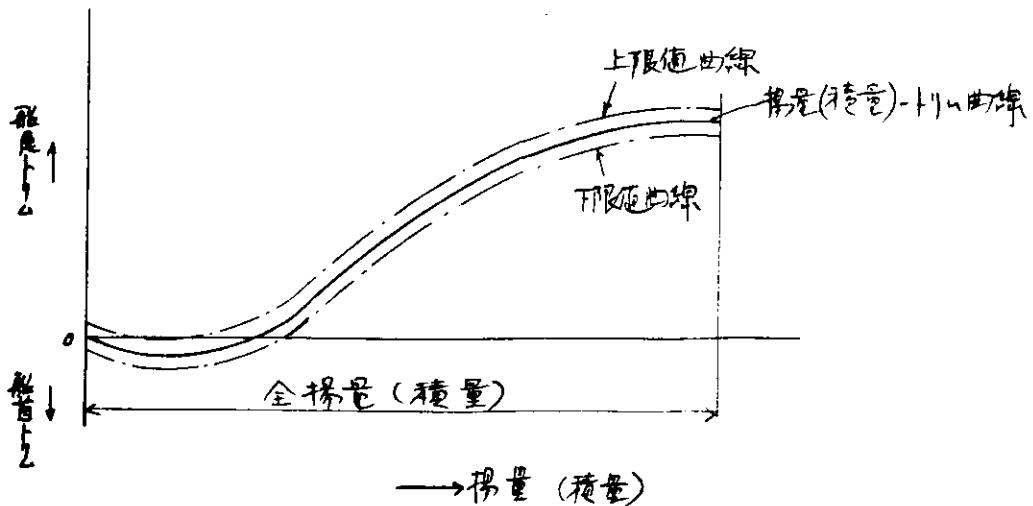


図 2.3.12

図 2.3.2 は揚量（積量）トリム曲線の一例である。この例では原点を通る曲線となっているが、一般的にはどのような曲線（直線を含む）であっても差支えないが、船の追従できるようなものでなければならない。

横軸には揚量（積量）を、縦軸にはトリムを船尾トリムを正としている。

このような曲線を全荷油タンク 1 種類の場合、2 種類または 3 種類の場合等について揚荷（積荷）作業ごとに作成し、電子計算機記憶装置内に記憶させておく。

図 2.3.13 は前ページ揚量（積量）ートリム曲線の一部を説明のため拡大したものである。

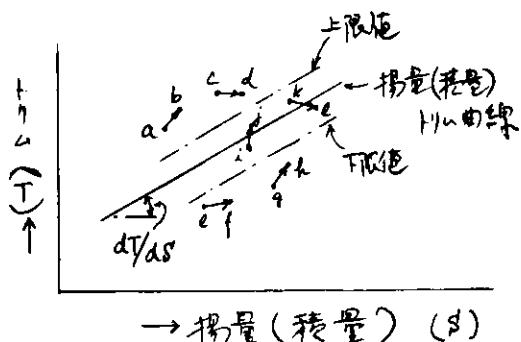


図 2.3.13

説明のためトリムを  $T$  とし、揚量または積量を  $S$  で表わす。

また、図中の  $a, b, c, \dots$  は、相隣する 2 回のデータ収集時ににおける座標 ( $S, T$ ) とする。

(a) 上限値を越えている場合

( $a \rightarrow b$ ) 目標曲線 ( $S - T$ ) の方向に向っていない場合で、この場合は目標曲線に向うよう弁制御指令を行なう。すなわち、船尾トリムを小さくするよう弁制御指令を行なう。

( $c \rightarrow d$ ) 目標曲線 ( $S - T$ ) の方向に向いている場合で、この場合は何らの弁制御指令も行なわない。

(b) 下限値を越えている場合

( $e \rightarrow f$ ) 目標曲線 ( $S - T$ ) の方向に向っていない場合で、この場合は目標曲線に向かうよう弁制御指令を行なう。すなわち、船尾方向にトリムをつけるよう制御指令を行なう。

( $g \rightarrow h$ ) 目標曲線 ( $S - T$ ) の方向に向いている場合で、この場合は何らの弁制御指令も行なわない。

(c) 許容範囲内にある場合

許容範囲内にある場合は制御を行なわない。ただし、次の 2 つの場合のように目標曲線を 2 回のデータ間に横断した場合弁制御指令を行なう。

( $i \rightarrow j$ ) 目標曲線 ( $S - T$ ) の下側から上側に横断した場合で、これは(2)による弁制御の結果などで起こるものである。この場合(2)によって出されていた制御命令を解除し、制御されていた弁があればこれを全開にする指令を行なう。

( $k \rightarrow l$ ) 目標曲線 ( $S - T$ ) の上側から下側に横断した場合で、これは(1)による弁制御の結果などで起こるものである。この場合(1)によって出されていた制御命令を解除し、制御されていた弁があれば、これを全開にする指令を行なう。

## メイン フロー チャート

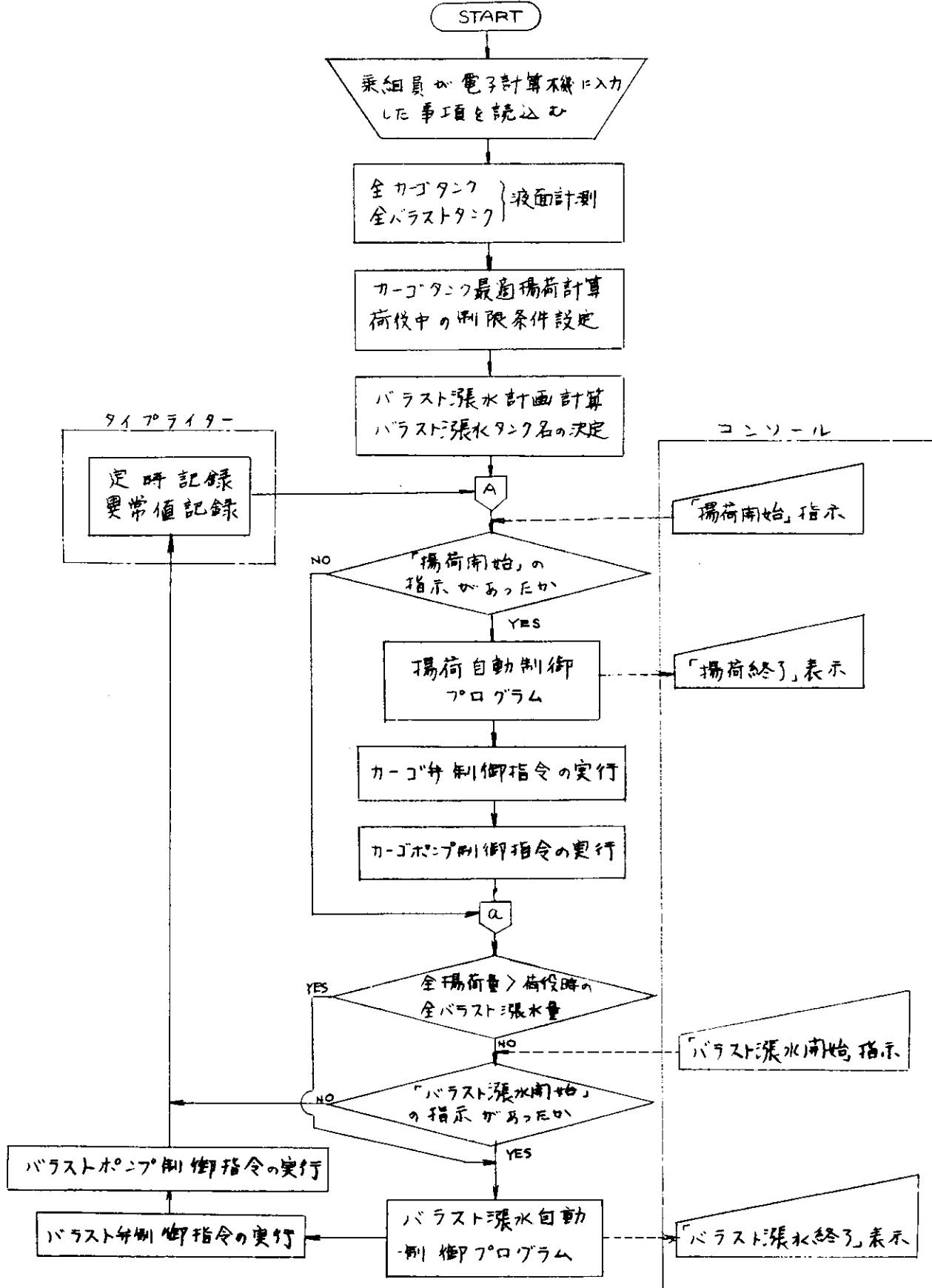


図 2.3.14 揚荷およびバラスト漲水自動制御

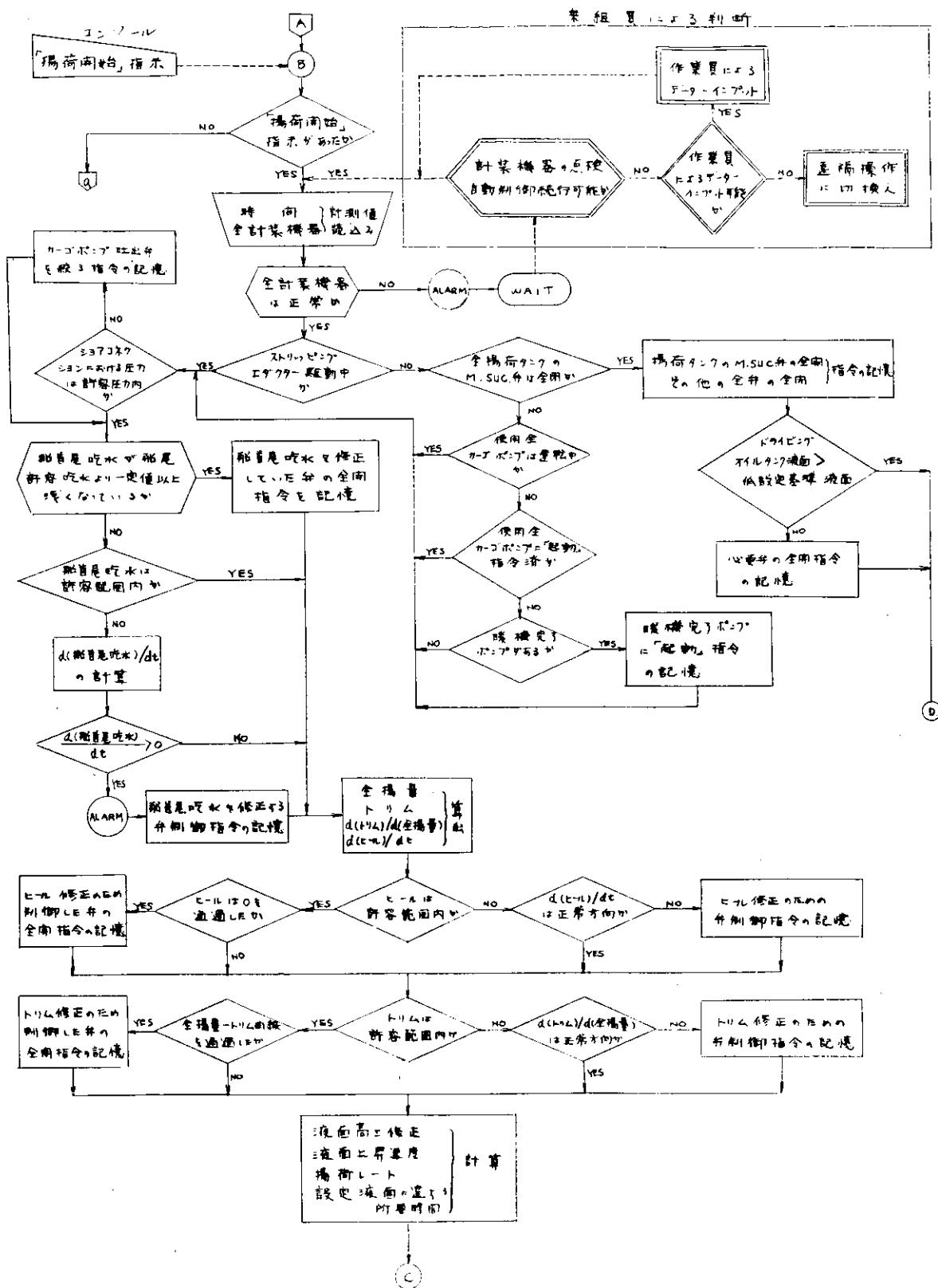


図 2.3.15 揚荷自動制御フローチャート（その 1）

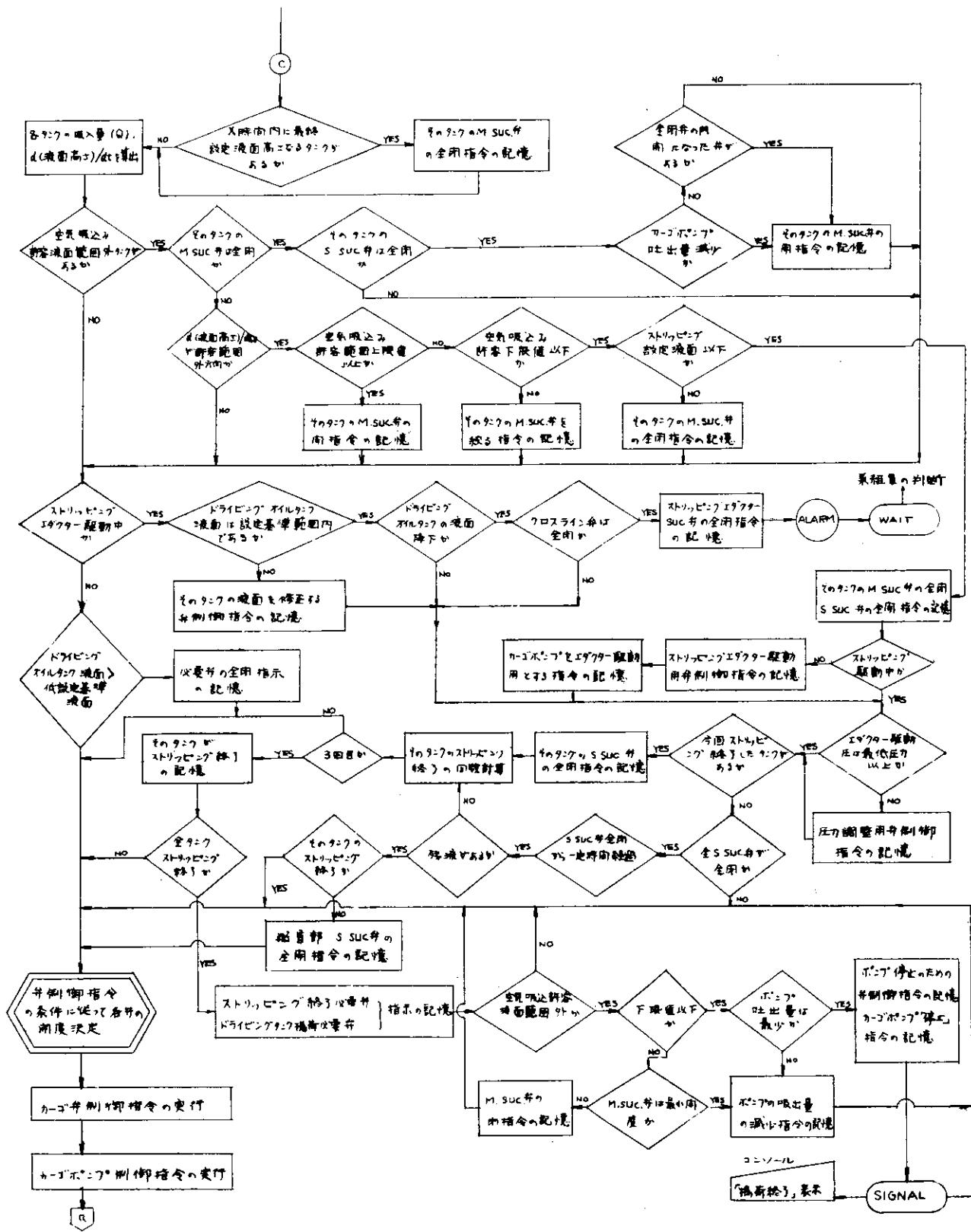


図 2.3.16 揚荷自動制御フローチャート（その 2）

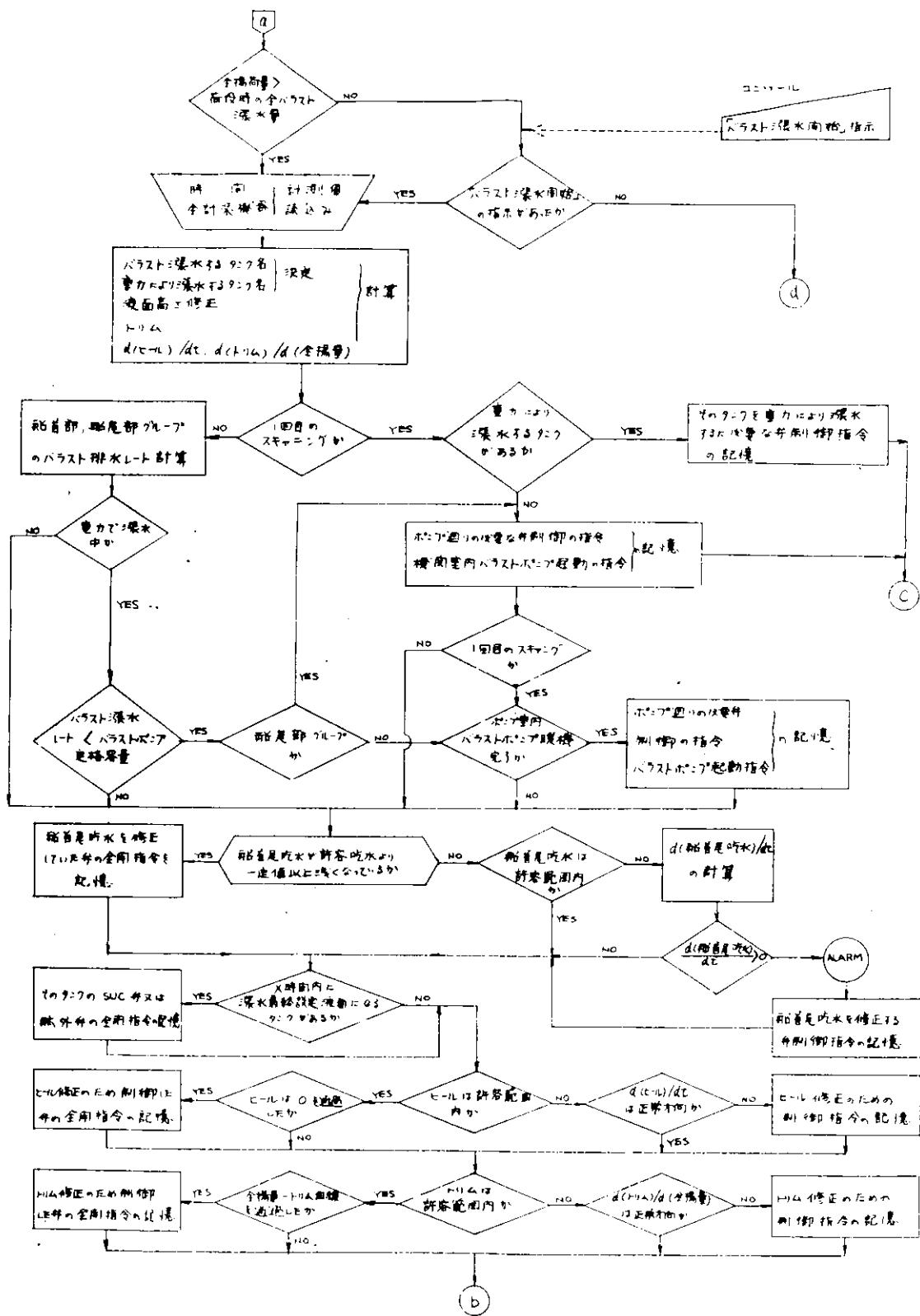


図 2.5.17 バラスト漲水自動制御フロー・チャート(その1)

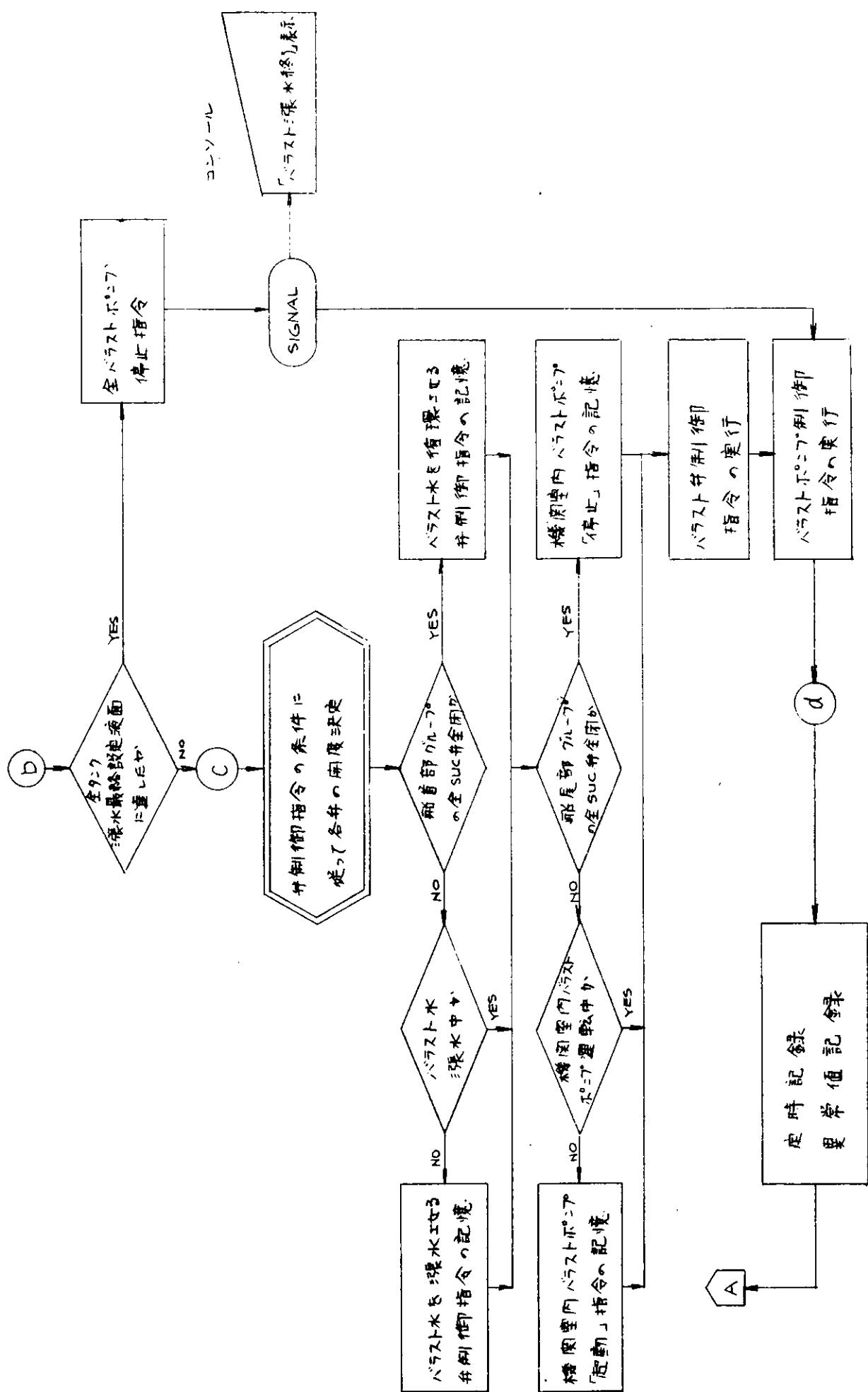


図2.3.18 バースト張水自動制御フローチャート(その2)

### 2.3.5 ダーティ・バラスト張水自動制御方式

ダーティ・バラスト張水は荷油揚荷作業（専用バラスト張水作業を含む）完了後行なわれるように計画した。そのため本プログラムは、他の荷役自動制御プログラムとは別個に独立して実行させるようになっている。

ダーティ・バラスト張水自動制御プログラムのフローチャートを図2.3.19に示す。

以下にこのフローチャートの概略を説明する。

#### (1) データ読み込みおよび異常検知

2.3.2クリーン・バラスト排水自動制御方式(1)項参照のこと。

#### (2) 初期弁設定

1回目のスキャニング時はフローチャート中の「1回目のスキャニング」の判定から左に進み重力でダーティ・バラストを張水するための弁初期設定の制御指令を行なう。

#### (3) ポンプ起動指令

2回目以降のスキャニングではポンプを起動するために必要な種々の確認を行なう。

ダーティ・バラスト張水作業においてはタンク内の残油を海中に流出させないため、ポンプによる張水が望ましい。したがって、ポンプを運転するに必要な準備完了が確認され次第、ポンプを起動させるように計画した。

本研究では、使用される荷油ポンプのプライミング完了、ポンプ（タービン）の暖機完了を確認した上ポンプに対し、起動の指令を出す。

#### (4) 船体姿勢制御

船体のトリム・ヒールを許容範囲内に保つよう制御指令を行なう。

2.3.3積荷およびバラスト排水自動制御方式の項参照のこと。

#### (5) 張水完了制御

ダーティ・バラストを張水中のタンク液面が、タンクのメイン・サクション弁を全開から全閉するに必要な時間（フローチャートではX時間）以内にあらかじめ設定された最終設定液面に到達する場合、そのタンクのメイン・サクション弁を全閉するよう指令を行なう。

このようにしてダーティ・バラスト張水を行なっているタンク全てのタンクのメイン・サクション弁に対し、閉止指令が出されるとポンプを停止されるよう指令を出し、コンソールに「ダーティ・バラスト張水終了」を表示してダーティ・バラスト張水作業を完全に終了する。

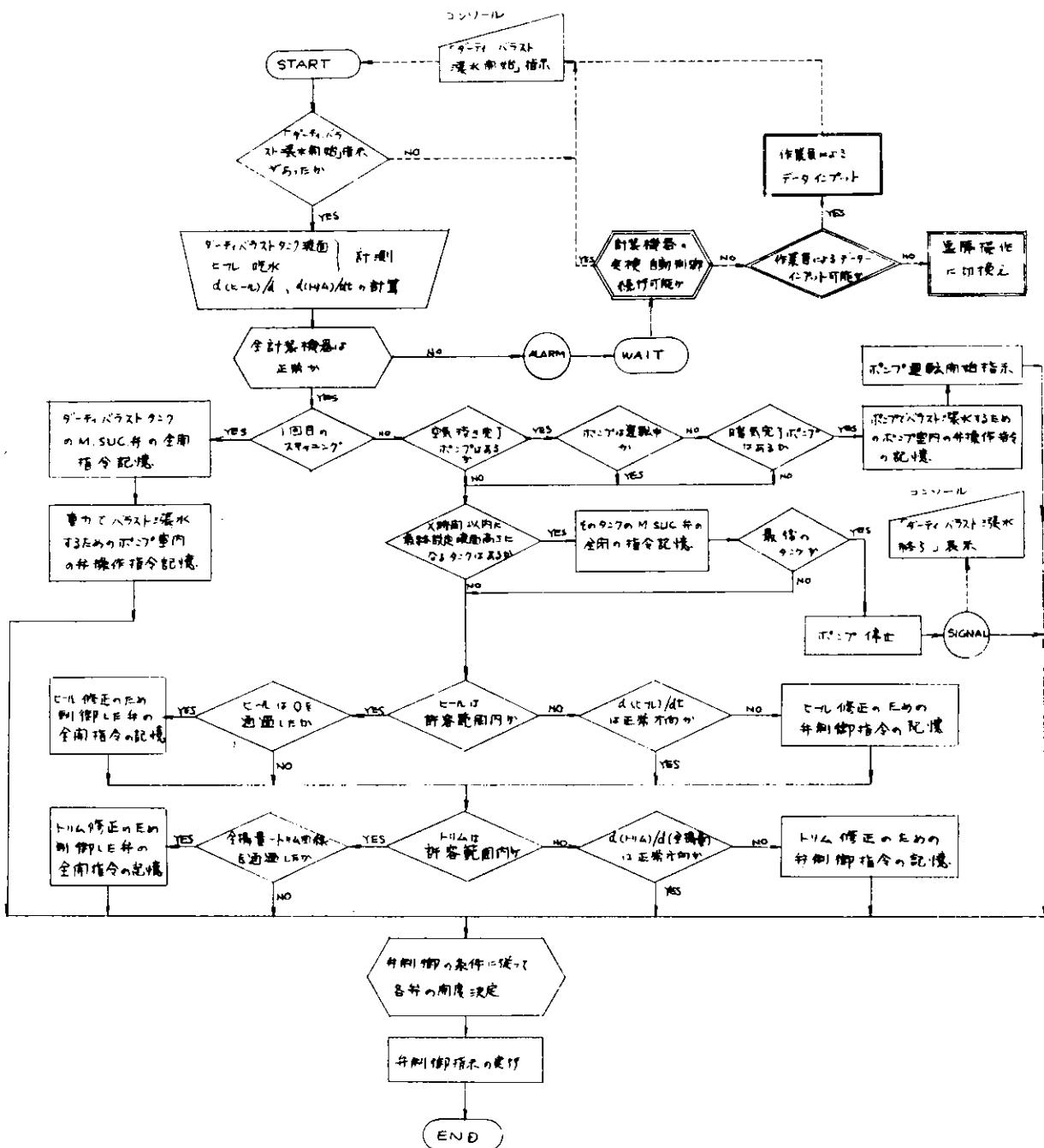


図2.3.19 ダーティ・バラスト漲水自動制御フローチャート

## 2.4 タンカー荷役システム自動制御方式の実船による実験

### 2.4.1 実用プログラムの作成

2.3 「タンカー荷役システム自動制御方式の開発」の項で述べた荷役自動方式を実船に適用する場合、その船特有の条件に合わせて若干変更しなければならない。

ここでは三峰山丸（船主：大阪商船三井船舶株式会社）用として作成した荷役自動制御プログラムと前記2.3項に述べたプログラム間の相違点について述べる。

#### (1) スキャニング・プログラム

2.3項では、各制御プログラムの冒頭で計測値の読み込み、異常処理を行なっているが、三峰山丸（以下実船と称す）の場合は、これらの操作をスキャニング・プログラムにより制御プログラムと並行して行なった。これは後者のほうがプログラム全体の大きさが小さくなり、電子計算機をより有效地に使用できるからである。

#### (2) クリーンバласт排水自動制御プログラム

H-Q制御は  $d_1$  (液面高さ) /  $d_2$  (流量) の方向に関係なく制御を行なう。これは  $d_1$  (液面高さ) /  $d_2$  (流量) が許容範囲に向がっていようとも許容範囲外であれば制御を行なうほうが望ましいと考えたからである。

初期弁操作指令直後および排水する全タンクがH-Q制御に入った場合は姿勢制御を行なわずに直接弁制御指令の決定へととぶ。

これは前者の場合は排水開始していないため、後者の場合はタンク内の残量が少ないために弁操作を行なっても船体の姿勢に影響しないと考えられるからである。

#### (3) 積荷自動制御プログラム

後積の場合の積荷終了は、最終吃水に達したとき、または積切タンクの液面が許容最小アレジに達したときとしている。これは油温変化による積切りタンクに対する積付修正を行なった結果、積切タンクの液面が許容最小アレジに達しても最終吃水に満たない場合が考えられるからである。

#### (4) バラスト排水自動制御プログラム

クリーンバласт排水（(2)項）で述べたと同じく、H-Q制御は  $d_1$  (液面高さ) /  $d_2$  (流量) に関係なく行なう。図2.3.10のフローチャートの最後部に記載してある「定時記録および異常値記録」は制御プログラムとは並行に行なう。実船の場合、作業員はオペレータ・コントロールによって任意の時点に電子計算機に記憶されている任意のデータを表示させることができるため、定時記録は制御プログラムの走る周期よりもはるかに大きい周期で行なえば十分と考えるからである。

また、異常値記録は(1)で述べたスキャニング・プログラムで行なっている。

#### (5) 揚荷自動制御プログラム

クリーンバласт排水（(2)項）およびバラスト排水（(4)項）と同じくH-Q制御は  $d_1$  (液面高さ) /  $d_2$  (流量) に関係なく行なう。

#### (6) バラスト張水自動制御プログラム

(4)で述べたと同じく図2.3.18のフローチャート中の「定時記録および異常値記録」は制御プログラムと並行して行なう。

#### (7) ダーティ・バラスト張水自動制御プログラム

一定量（油が海中に逆流することは絶対にないと考えられるタンク状態）までは重力による張水を行なう。言うまでもなく、このほうが張水所要時間の短縮になる上にポンプ運転時間も短くなり経済的であるからである。

以上のごとき変更を行ない、各プログラムは実用化されている。実船に搭載されている電子計算機は日本北辰電機製Hoc-Foomであるので、各プログラムは Hoc-Foom アセンブリック言語で書かれている。これまでに述べたプログラムは造研、商船三井、三井造船三者共有のノウハウとしてアセンブルリストを造研に保管されるものとする。

## 2.4.2 作動確認試験

### (1) 諸 言

ここではコンピュータ制御による荷役装置を実船に搭載し、その作動確認試験について方法、成績、考察と記述する。この実船「三峰山丸」に適用された荷役装置は荷役作業全体を網羅するもので次のようになっている。

- 1) 積荷自動制御および専用バラスト排水自動制御
- 2) 揚荷自動制御および専用バラスト張水自動制御
- 3) クリーン・バラスト排水自動制御
- 4) ダーティ・バラスト張水自動制御

特にこのうち1), 2)に関しては、3種類までの荷油を積分けられるよう考慮されているが、その全ての組合せについてテストを行なうのは不可能であり、また、制御プログラムは全ての組合せに対し同一のものる使用しているので、ここでは2種類のケースと全積(Homogeneous Cargo)のケースに対して施行した試験について記述する。

また、これらの自動制御プログラムを初期の目標通り実行させるために各種センサー、アクチュエーターの選定、調整、入出力プログラムとの結合および精度について十分な検討および試験が施行されたが、ここではふれることとする。

当然のことながらプログラム自体は船内に搭載される前に十分テストされ、不具合箇所はないことが原則である。

### (2) 試験装置

試験装置として特別な装置は一切使用しなかった。

三峰山丸の荷油管ダイヤグラムは図2.3.1を参照されたい。

#### (a) 積荷および専用バラスト排水

実際の積荷作業においては原油が陸上よりショア・コネクションを通じて船内のタンクに送り込まれるが、今回のテストでは止むなく船内の荷油ポンプにより海水を吸いし、上甲板からドロップラインを通じて各タンクに積むことにした。専用バラスト排水は実際の作業と同じ方法で施行した。

#### (b) 揚荷および専用バラスト張水

実際の作業と同じ方法で行なった。すなわち、荷油タンクから荷油ポンプにて吸引した海水を上甲板ショアコネクションより海水に投棄した。この際実際には、ショア・コネクションに陸上設備に連絡するパイプ・ラインが接続されるが、このテストではショア・コネクションの弁を絞り込む(ショア・コネクションの圧力を約5kg/cm<sup>2</sup>)することとした。

専用バラスト張水については実際と全く同一であるので問題ではない。

#### (c) クリーン・バラスト排水

#### (d) ダーティ・バラスト排水

これらはいずれも実際の作業と全く同一の方法にて実施した。

### (3) 試験方案

下記各テストごとに特記のほか次の項目の準備を行なった。

- 1) 手動遠隔操作弁のセット、積荷テストの際は本船のポンプを使用してタンク内へ積みこむため、自動操作弁のうち一部を手動操作モードに切替えておく。
- 2) 自動荷役作業開始前に必要な作業は完了しておく。  
例えば、油圧ポンプユニット起動、カーゴコンソールに電源投入等
- 3) 自動荷役作業開始前に必要なデータインプットを行ない、荷役計画計算を実行しておくこと。
  - (a) TEST-1 (2種積25:75の先積) 図2.4.1参照

#### (i) 準 備

(イ) タンク状態：積地到着時クリーン・バラスト状態からクリーン・バラストを排水した状態

(ロ) 使用するポンプ	荷油ポンプ	3台
	バラストポンプ	1台
	消火兼バラストポンプ	1台

(ii) 試験

積荷および専用バラスト排水を同時に実行した。*M2 WT (P&S)* および *M5 C·T, SLOP·T, K(C)* に荷油ポンプ3台によりポンプ室海水チェストから海水を吸引し、上甲板を経由し、ドロップ・ラインを通して海水を漲水した。専用バラストはポンプ室のバラストポンプにより EPT, *M3 WT (P&S)*, *M1 ABT (P&S)* の海水を機関室消火兼バラストポンプにより *M2 ABT* および APT の海水を荷役計画計算により定められた液面まで排水した。ただし、専用バラスト排水は初期は重力による排水とした。

(b) TEST-2 (2種類25:75の後積) 図2.4.2参照

(i) 準備

(イ) タンク状態：TEST-1終了状態

(ロ) 使用するポンプ	荷油ポンプ	4台(途中から3台とした)
	バラストポンプ	1台
	消火兼バラストポンプ	1台

(ii) 試験

積荷および専用バラスト排水を同時に実行した。積荷タンクは *M1 C·T, M2 C·T, M3 C·T, M4 C·T, M1 W·T (P&S), M4 W·T (P&S), M5 W·T (P&S), SLOP·T(S)* である。

(c) TEST-3 (2種揚50:50の先揚) 図2.4.3参照

(i) 準備

(イ) タンク状態：TEST-2 終了状態、すなわち、貨油タンク満載状態

(ロ) 使用するポンプ	荷油ポンプ	3台
	バラストポンプ	1台
	消火兼バラストポンプ	1台

(ii) 試験

揚荷タンクは *M2 C·T, M1 W·T (P&S), M4 W·T (P&S), M5 W·T (P&S), SLOP·T(S)* および *SLOP·T(C)* である。

揚荷開始後、適当時間にバラスト漲水を開始した。

(d) TEST-4 (2種揚50:50の後揚) 図2.4.4参照

(i) 準備

(イ) タンク状態：TEST-3 終了状態

(ロ) 使用するポンプ：TEST-3 と同じ

(ii) 試験

揚荷するタンクは *M1 C·T, M3~5 C·T, M2 W·T (P&S)* および *SLOP·T(C)* である。

揚荷開始後、適当時間にバラスト漲水を開始した。

(e) TEST-5 (クリーン・バラスト排水) 図2.4.5参照

(i) 準備

(イ) タンク状態：*M2 C·T* および *M4 C·T* に定められた量の海水を積み込んでおく。(専用バラストタンクは満載) この海水の量は本船の航海に必要なクリーン・バラスト量とする。

(ロ) 使用するポンプ：荷油ポンプ2台

## (ii) 試験

M20-T および M40-T のクリーン・バラストを荷油ポンプ 2 台にて吸引し、ポンプ室海水チェストより海中に投棄した。

(f) TEST-6 (1種積) 図 2.4.6 参照

### (i) 準備

(イ) タンク状態: TEST-5 終了状態 (専用バラスト満載状態)

(ロ) 使用するポンプ: 荷油ポンプ 3台  
バラストポンプ 1台  
消火兼バラストポンプ 1台

## (ii) 試験

全荷油タンクに荷油ポンプにより海水を注水した。積荷開始後、適当時間に専用バラスト排水を開始した。本テストにより実船は積荷満載状態となる。

(g) TEST-7 (1種揚) 図 2.4.7 参照

### (i) 準備

(イ) タンク状態: TEST-6 終了状態 (カーゴ満載状態)

(ロ) 使用するポンプ: 荷油ポンプ 4台  
バラストポンプ 1台  
消火兼バラストポンプ 1台

## (ii) 試験

全荷油タンクに満載された海水を荷油ポンプにより上甲板ショア・コネクションより海中に投棄した。揚荷開始後、適当時間に専用バラスト漲水を開始した。本テストにより実船は専用バラスト満載状態となる。

(h) TEST-8 (ダーティ・バラスト漲水) 図 2.4.8 参照

### (i) 準備

(イ) タンク状態: TEST-7 終了状態 (専用バラスト満載状態)

(ロ) 使用するポンプ: 荷油ポンプ 3台

## (ii) 試験

M20, 40W-T (P&S) に重力および荷油ポンプにより海水を注水した。注水量は実船の航行に必要なダーティ・バラスト量とした。

## (4) 計測結果

定時記録タイプライターによる定時記録と異常記録タイプライターによる記録のうち主要なものを各 TEST-*M* ごとにグラフにしてまとめた。(図 2.4.1 ~ 図 2.4.8) 左端の英文は異常記録タイプライターのメッセージで制御の内容を主として記録している。中央のグラフは積量または揚量をベースとして各タンク液面の変化、トリム、ヒールの変化の様子を記入している。

左端の数字は定時記録の行なわれた時刻である。

また、グラフ紙上にテストに使用された荷油タンクの配列とテストに要した時間、積荷テストの場合は荷油タンクの積切り精度も記入した。

データは主として定時記録で記録されたものを使用しているため、異常記録と前後することがある。(異常記録が印字されたときのデータをとっていないため)

## (5) 考察

各 TEST-*M* ごとにグラフより次のようなことが考察される。

(a) TEST-1 (図 2.4.1 参照)

1) 途中約1.5時間都合によりコンピュータ制御を中断したが、これによりコンピュータ制御モードから手動制御モードへの切換および手動操作モードからコンピュータ制御モードへの復旧（リスタート）が問題なく行ないうることが確認できた。

2) トリム制御、ヒール制御とも良好である。

3) 積切制御も良好である。

4) タンク積切精度が少々悪い。

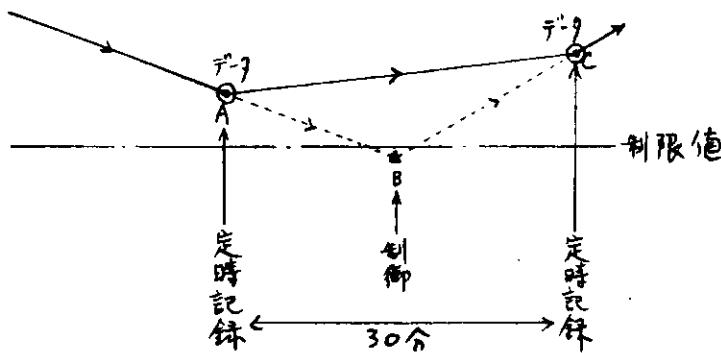
(b) TEST-2 (図2.4.2参照)

1) 全般的に良好である。

トリム制御、吃水制御、ヒール制御も計画通り行なわれている。この図では制限値に達しないうちに制御された印象を受けるが、実際には制限値に達した後、制御されている。

これはデータ（トリム、ヒール、吃水等）が30分ごとの定時記録で印字されるものであるからである。

（下図参照）



2) タンク積切精度が少し悪い。

3) バラスト・ストリッピング制御は良好である。

(c) TEST-3 (図2.4.3参照)

1) 全般的に良好である。

2) 荷油タンクのストリッピングも良好である。

ストリッピング終了時ベルマウス前端で約40%程度の残水があった。

3) 揚量ートリム制御については資料不足で解析できなかった。

(d) TEST-4 (図2.4.4参照)

1) 後揚げのcaseであるので揚荷開始時SLOP(c)(ドライビング・オイル・タンク)が空艤である。したがって、開始と同時に液面制御が行なわれている。

2) 揚量ートリム制御は概して良好である。

途中強風のため、トリムと小さく抑えるよう揚量ートリム曲線を変更したが、その変更にもよく追従している。

3) H-Q制御およびストリッピング制御共良好であった。

(e) TEST-5 (図2.4.5参照)

クリーン・バラスト排水は非常に良好に行なわれている。

(f) TEST-6 (図2.4.6参照)

1) TEST-1, 2でもすでに積荷作業は良好であったが、今回は積切精度が上がるよう再調整を行なったのち、テストを施行した。その結果、積切精度は非常に良好となった。

SLOP(S)が悪いのは、SLOP(S)への積込みがM5W-Tから隔壁が充満して行なわれるため、液面差が生じ、一方、M5W-T(S)が横切られるとそれ以上SLOP(S)に積込まれないためである。

SLOP(S)は平面積が小さいため、積量の上からは影響は少ない。

2) 全般的に制御は非常に良好である。

(g) TEST-7 (図2.4.7参照)

全般的に制御は良好に行なわれている。

(h) TEST-8 (図2.4.8参照)

ダーティ・バラストを規定量添水した。全般的に制御は良好である。

#### (6) 結語

実船は3種類の荷油の積荷および揚荷が可能となっており、その全ての組合せについてテストを行なうことは不可能である。しかし、本荷役自動制御の制御プログラムは全ての組合せに対して同一のものを使用しているので、数種類の組合せに対するテストを行なうことで十分本荷役自動制御方式の作動確認ができる。以上8種類のテスト結果を考察したが、全般的に良好な結果が得られ、本荷役自動制御方式が十分実船の荷役作業に使用できる確信をえた次第である。なお、実船の荷油を使用しての実荷役の実験報告は昭和46年度の本報告書にて行なうものとする。

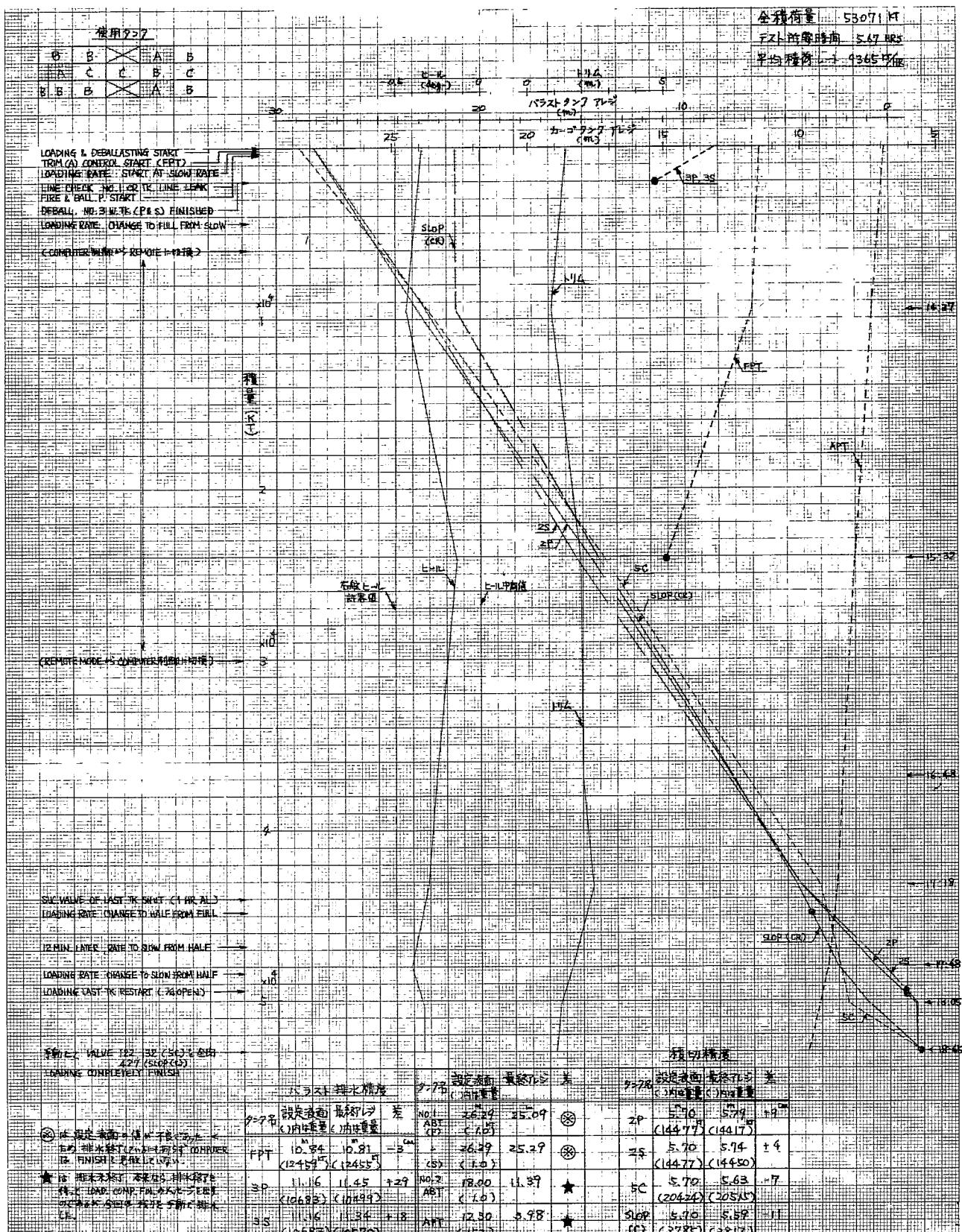


図 2.4.1 海水テスト №1 (S.45.12.25 施行)

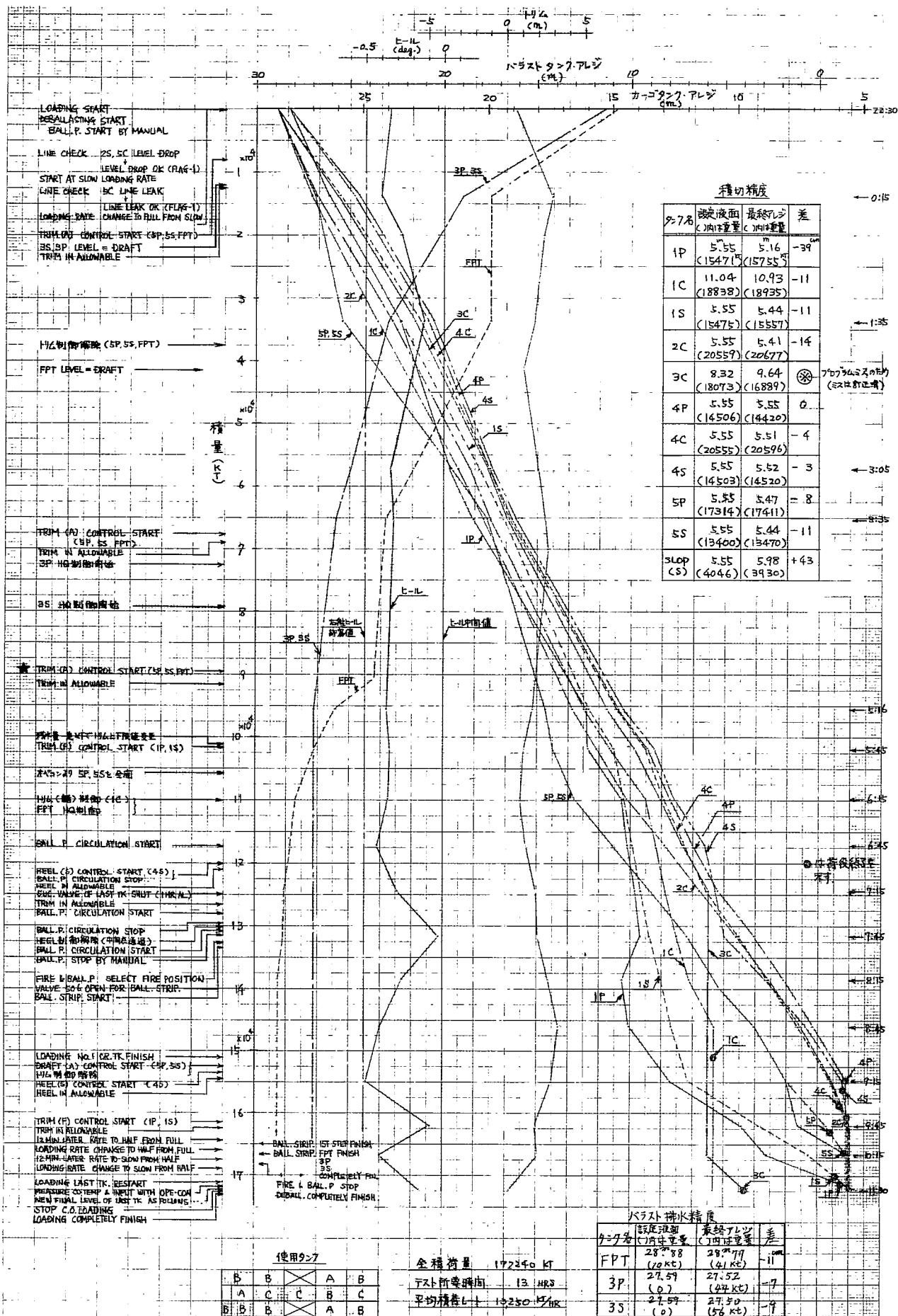


図 2.4.2 海水テスト N.2 ( S.45.12.25~26 施行 )

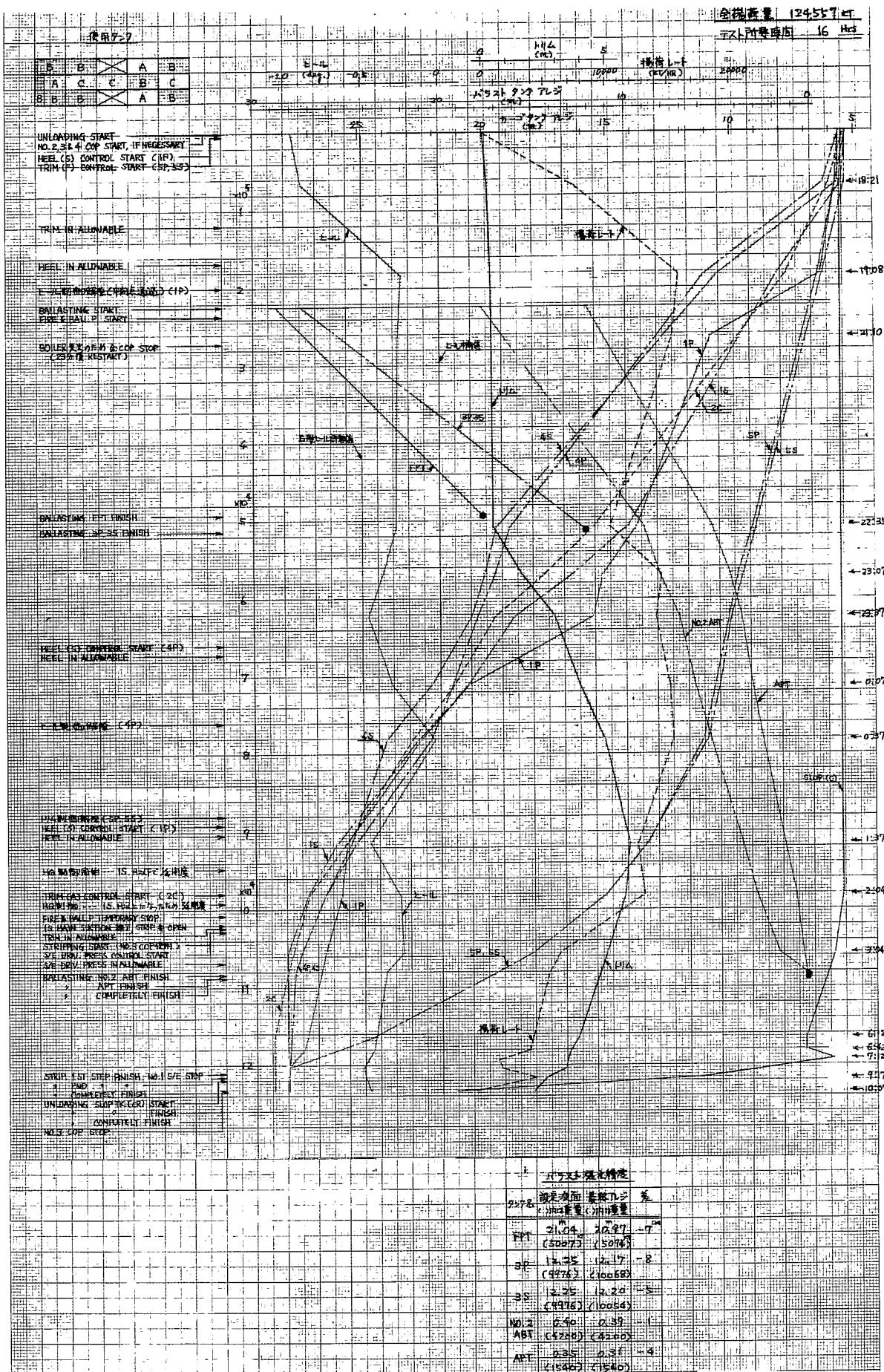


図 2.4.3 海水テスト No.3 (S.45.12.26~27 施行)

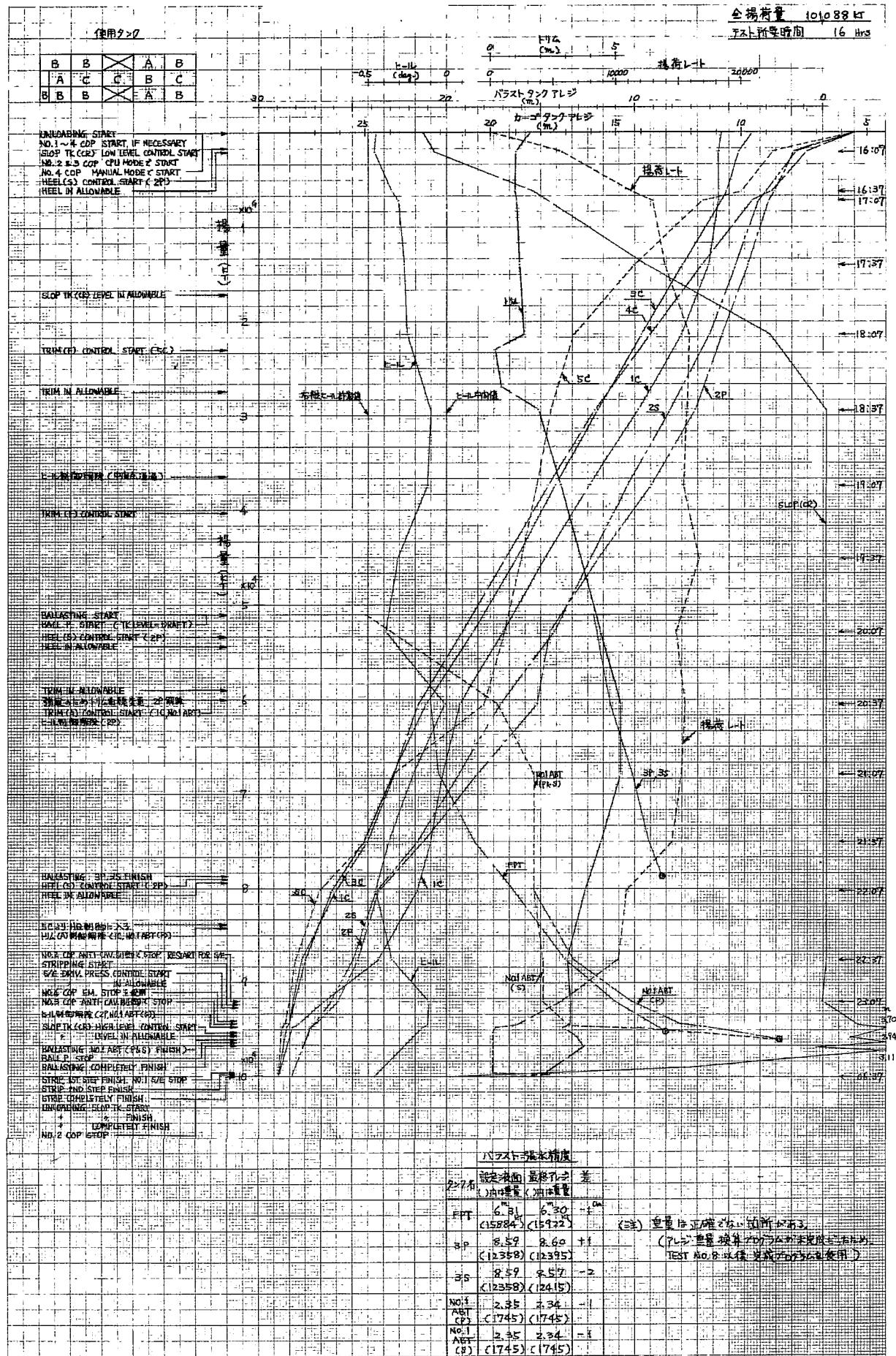


図 2.4.4 海水テスト №4 (S.45.12.27～28 施行)

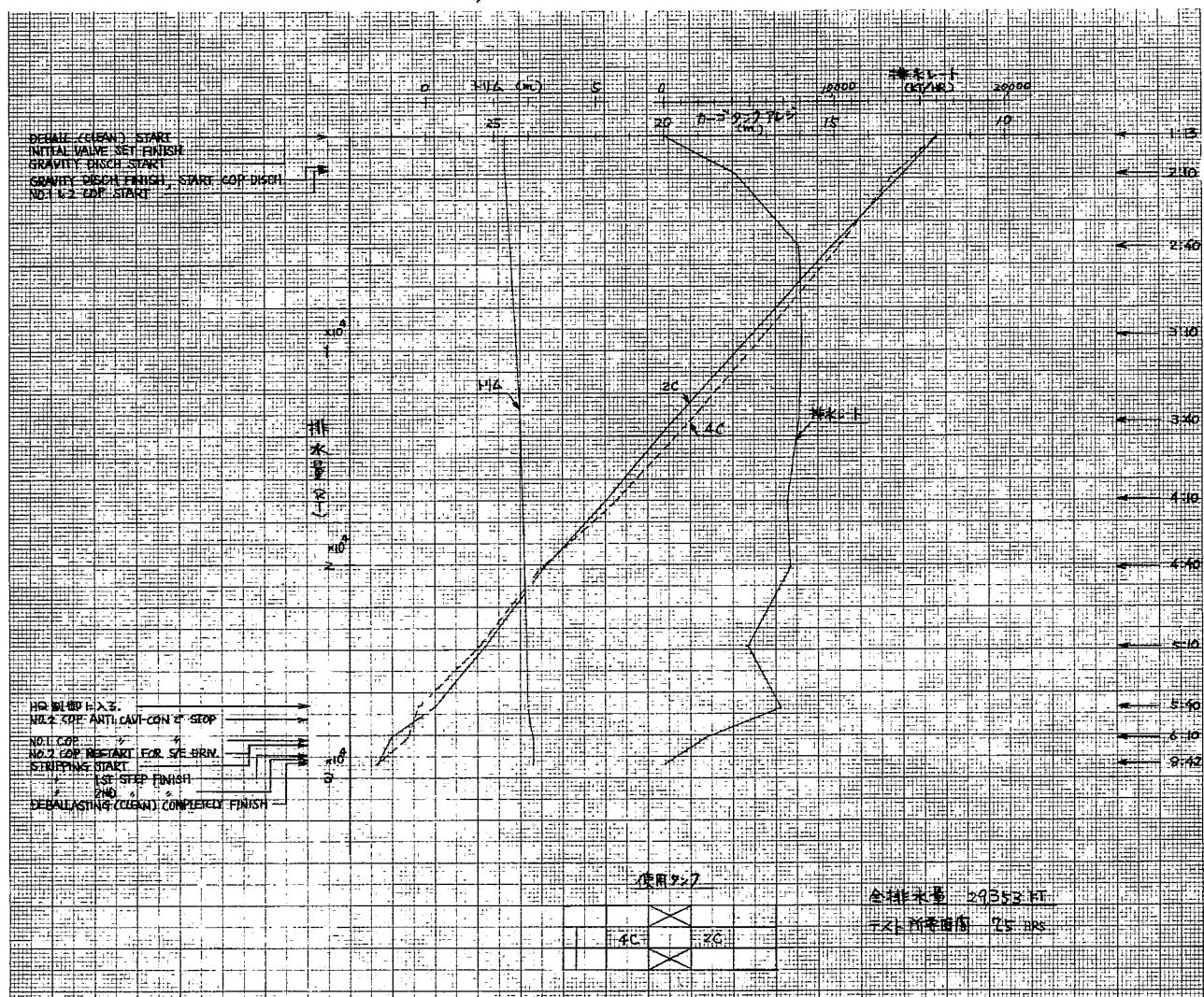


図 2.4.5 海水テスト No.5 (クリーン・バラスト排水)(S.46.1.16 施行)

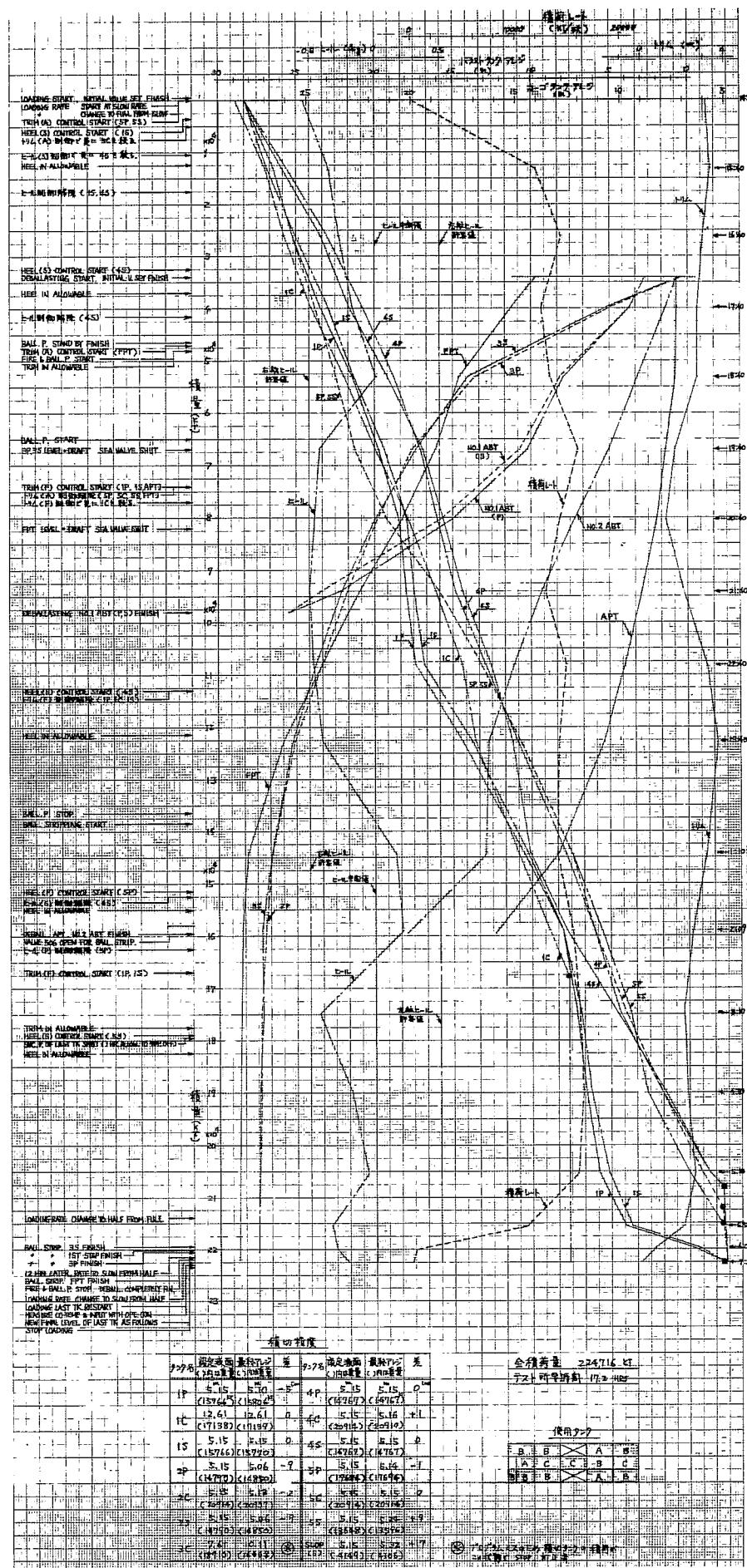


図 2.4.6 海水テスト №6 (S.46.1.16~17 施行)

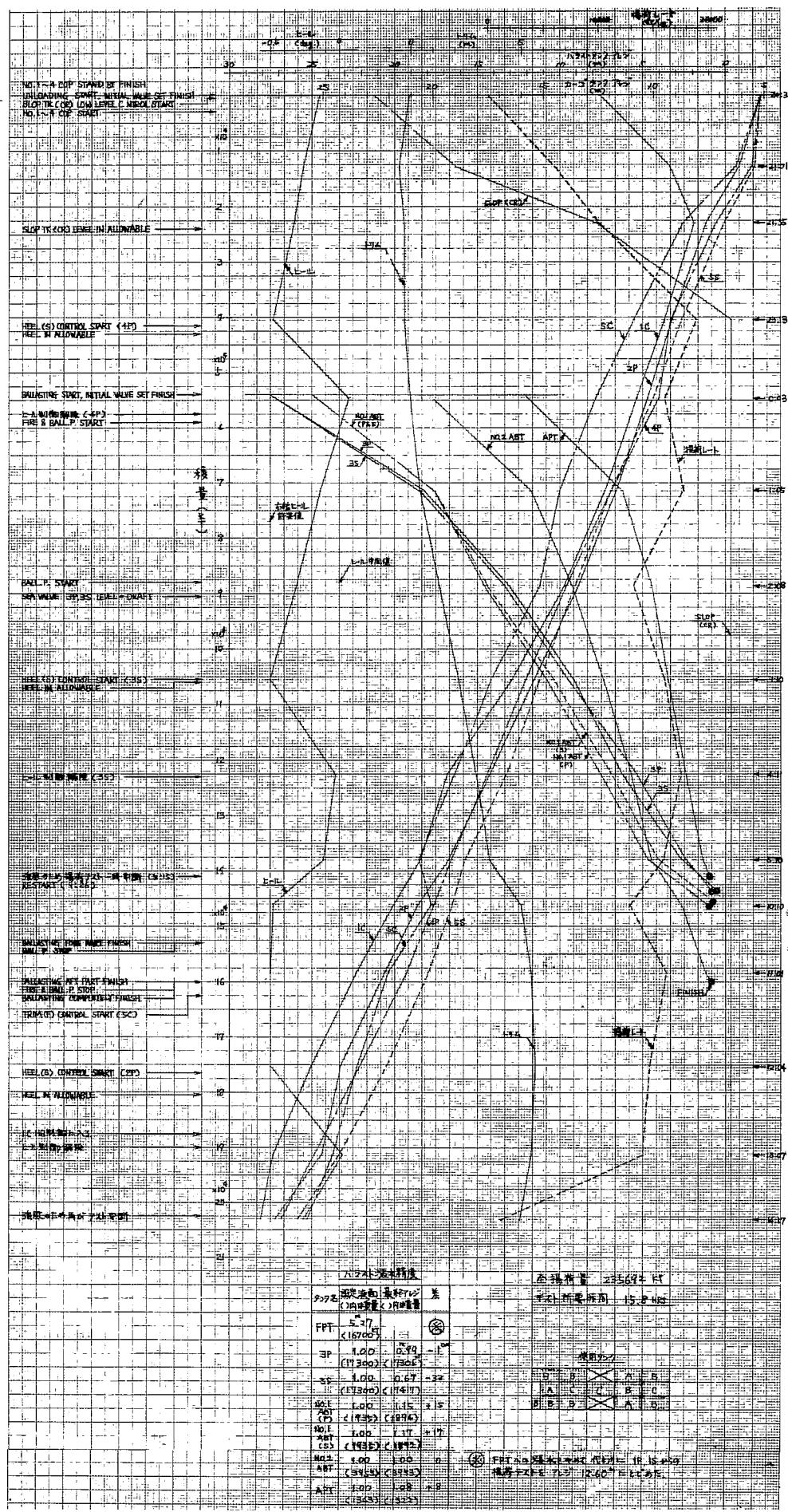


図 2.4.7 海水テスト No.7 (S.46.1.17～18 施行)

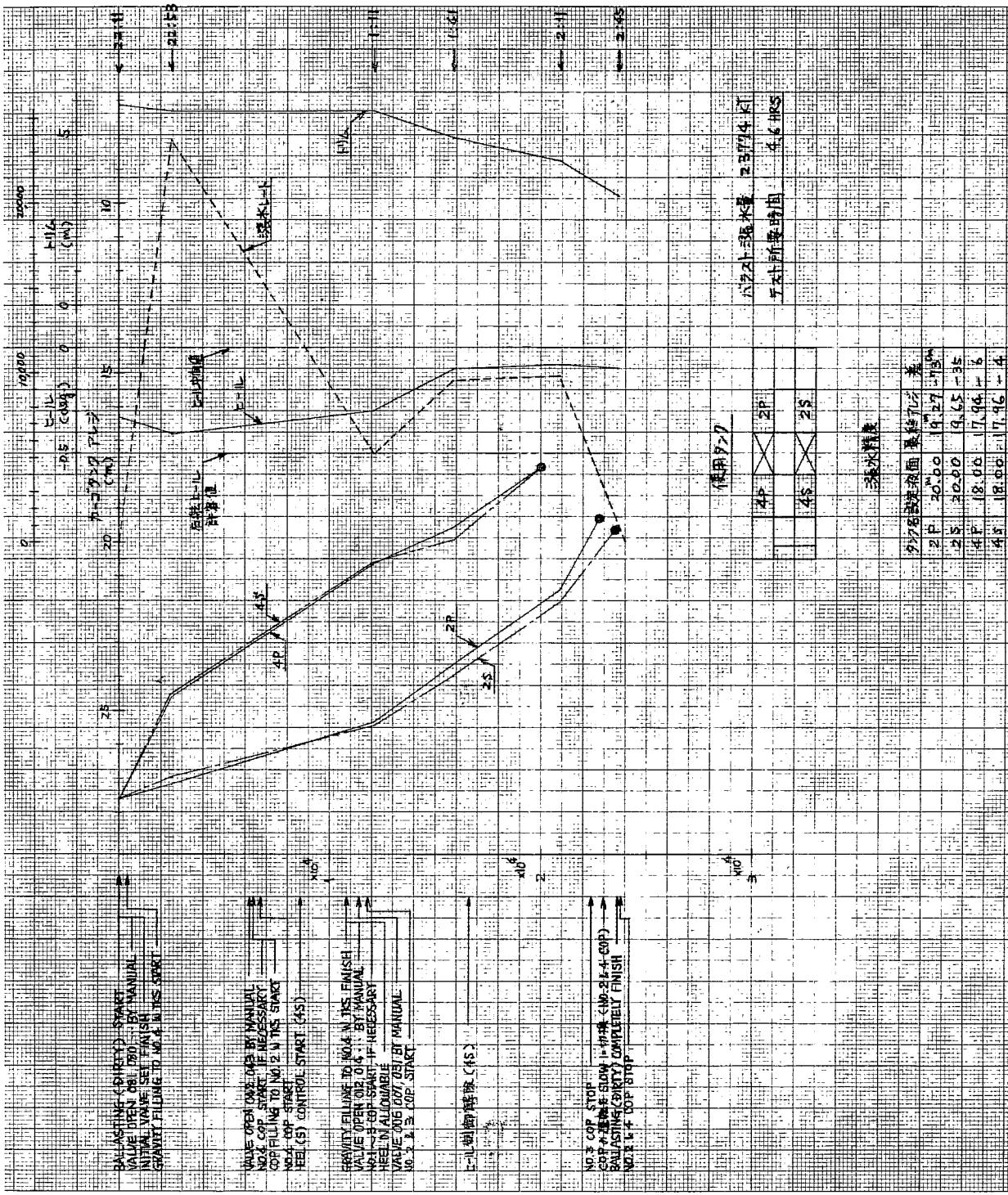


図 2.4.8 海水テスト #6.8 (ダーティ・バラスト漬水) (S.46.1.18~19 施行)

## 2.5 鉱石船および撤積船のバラスト注排水自動制御方式の開発

鉱石船および撤積船のバラスト注排水は普通ローダーあるいはアンローダーの能力がポンプ能力に較べて大であるということから、例えばローディングの場合、できるだけ早くバラストを排出する必要があるため、ローディング開始前からバラスト排出を開始し、できるところまでバラスト排出を行ない、ローディング途中でバラスト排出が遅れて、ローディングを一時ストップしなければならないということのないようバラスト排出を行なっていた。アンローディングの場合も排水が注水に変るだけで、方式は排水の場合と同様であると考えられる。

しかし、最近は船の大型化により、吃水およびair draftの制約条件一杯に船体を入れて荷役を行なう場合（主として鉱石船）があり、バラスト注排水制御士、高度の技術が必要になってきている。

したがって、制約条件が厳しい場合は吃水、air draftとも荷役中を通じて船体は制約条件一杯の状態にあり、また、タンカーと違って積荷量あるいは揚荷量を船側で制御できないため、積荷量あるいは揚荷量に等しいバラスト量を注排水する必要がある。

ここまで主として上記のような制約条件の厳しい大型鉱石船のクローディング状態を想定してバラスト注排水自動制御方式を考えたものとする。

### 2.5.1 バラスト注排水自動制御方式

#### (1) 本制御方式を行なうに際しての条件

本制御方式は次の条件の下に行なうものとする。

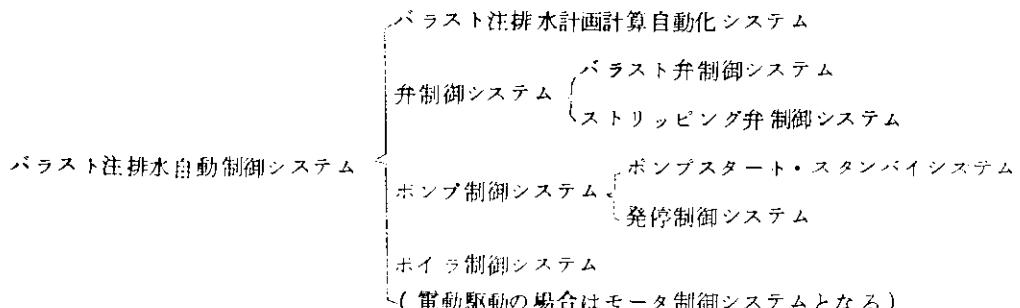
- 1) 各バラストタンクとそのそれに対する排水ライン・ポンプは固有のものが決定されている。
- 2) ポンプの排水能力は積荷レートに十分追従できる。
- 3) 各ホールド積載に対応するデバラストすべきバラストタンクの水量は与えられた制限内にある。
- 4) 積込ローダー数は1または2基とする。
- 5) 吃水、トリム、ヒール、ボットムクリヤランス、エアードラフト等の厳しい制約がある。
- 6) 船体強度は、本船計画時にあらかじめ考慮されている。
- 7) バラスト注排水中は監視、処置要員1名、ローダーとの連絡要員1名計2名必要とする。

#### (2) バラスト注排水自動制御方式の概要

コンピュータで算出された積荷計画にしたがって、吃水、トリム、ボットムクリヤランス等の制約条件内に船体が保持できるよう、一連のバラスト排水計画をコンピュータで算出し、そのバラスト排水計画にしたがって排水切換操作、ポンプスタート、排水流量調整等が自動的に行なわれる。

本自動制御システムは、バラスト注排水計画計算自動化システム、弁制御システム、ポンプ制御システムおよびボイラ制御システムより構成され、さらに、これらは数種のサブプログラムより構成される。

システム構成をまとめて示せば次のとくである。



#### (3) バラスト注排水自動制御システム内容

積荷(揚荷)開始前に船舶員の判断により排水(注水)スタート準備指令が压されるとあらかじめコンピュータで計算されているバラスト排水(注水)計画にしたがって自動的に該当弁の開度保持、揚荷が行なわれる。一方、ポンプを使用

する場合は該当ポンプのスタートが自動的に行なわれ、バイパスラインを通してポンプが作動している状態、すなわち、バラストタンクからの排水（注水）スタート・スタンバイ完了の状態で積荷（揚荷）開始を待つ。

ローターからの積荷（揚荷）開始が確認されると乗組員により排水（注水）スタート指令が出され、自動的にバイパスラインからバラストタンク排水（注水）ラインへの弁切換が行なわれ、排水（注水）が開始される。グラビティーの場合は排水弁の開閉が行なわれる。

排水（注水）が開始されると一定時間ごとに、吃水、ボットムクリアランス、ヒール、バラストタンク・レベルが自動的に計測され、トリムは吃水からコンピュータで計算される。一定時間ごとに計測される吃水、ボットムクリアランス、ヒール、トリム（吃水から算出）は計画通りの状態に沿っているかどうか、あるいは制約範囲内に沿っているかどうかコンピュータで自動的にチェックされ、必要ならば自動的に該当弁制御（排水あるいは注水流量制御）が行なわれ、制御不能の場合はアラームが出される。一定時間ごとに計測されるバラストタンク・レベルからは、コンピュータによってグラビティーポンプ切換準備時、同切換時、ストリッピングへ切換準備時（積荷の場合のみ）、同切換時（積荷の場合のみ）、バラスト排水（注水）終了時が自動的に判断され、それぞれ必要な時に該当バルブの開度保持、開閉、あるいはポンプストップが自動的に行なわれバラスト排水（注水）が自動的に進行される。

また、バラストタンク・レベルと吃水、トリムからコンピュータによって一定時間ごとにホールド積載（揚荷）量が計算され、積込（揚荷）ホールド切換準備時、同切換時が自動的に判断され、必要なときに該当バルブ開度保持、開閉、該当ポンプスタートが自動的に行なわれる。

積込（揚荷）ホールド切換はコンピュータからの表示を乗組員が確認し、ローダーへ連絡して切換ることになる。

積込（揚荷）ホールド切換に伴うバラスト排水（注水）ラインの切換は乗組員のローダー積荷（揚荷）停止、開始確認により出される指令によって自動的に行なわれる。また、ホールド積載（揚荷）量からは一定時間ごとにコンピュータによって自動的に積荷（揚荷）レート、全積高（全揚高）が計算される。

積荷（揚荷）レートは、計画レートに沿って積載（揚荷）されているかどうかコンピュータによって自動的にチェックされ、レート変更の必要が生じれば表示され、これを乗組員が確認してローダーへ連絡する。

全積高（全揚高）からは積荷（揚荷）終了時がコンピュータによって自動的にチェックされ、終了の場合は表示される。これを乗組員が確認しローダーへ連絡して積荷（揚荷）終了となる。

積荷（揚荷）終了に伴うバラスト排水（注水）停止、ポンプ停止はローダーから積荷（揚荷）停止確認の上、乗組員の指令により自動的に行なわれた。

#### (4) バラスト注排水計画計算自動化システム

積荷（揚荷）ベースが決定し、積込（揚荷）ローダー数、積荷（揚荷）レート、積荷比重がローダーから連絡されると乗組員の判断により、積地（揚地）の制約条件、積荷（揚荷）終了時の吃水、ボットムクリアランス、トリム、海水の比重等を船側で決定あるいは計測し、これらのデータをコンピュータにインプットする。

コンピュータは要求される制約条件を満足する積荷（揚荷）計画を計算し、これに追従した一連のバラスト排水（注水）計画（排水順序、排水流量、排水切換タンクレベル）が計算される。

積荷（揚荷）計画計算では、積荷（揚荷）順序各ホールド積載量（揚荷量）、全積高（全揚高）が計算される。このほか一連の積荷量（揚荷量）～吃水、トリムも計算される。

#### (5) 弁制御システム

##### (a) バラスト弁制御システム

メイン・バラスト・ライン（ストリッピング・ライン以外のバラスト・ライン）上の各弁の開閉開度保持をバラスト注排水計画にしたがって、コンピュータまたは乗組員の指令によって自動的に行なうシステムである。

バラスト注排水中の吃水、ボットムクリアランス、トリム、ヒール調整用の開度はコンピュータから指令が出るとそのつどコンピュータによって計算され、自動的に弁開度制御が行なわれる。

弁制御には下記のものがある。

- 1) 乗組員から出される排水(注水)スタート準備指令、コンピュータによって出される積込(揚荷)ホールド切換準備指令、グラビティ→ポンプ切換準備指令が出されると排水(注水)計画にしたがってそれぞれの該当排水(注水)ラインから計画流量が排水(注水)できるよう該当弁の開閉、開度保持を行なう制御。
- 2) 乗組員から出される排水(注水)スタート指令、排水(注水)終了指令、積込(揚荷)ホールド切換指令、コンピュータから出されるグラビティ→ポンプ切換指令によって排水(注水)計画にしたがい、それぞれの該当排水(注水)ラインから排水(注水)スタートまたはストップする弁の開閉制御(切換)。
- 3) 積荷中(揚荷中)計画時の吃水、ホットムクリアランス、トリム、ヒールと異った場合、コンピュータから出される吃水調整指令、ホットムクリアランス調整指令、トリム調整指令、ヒール調整指令によってそれぞれの該当バラストタンクからの排水(注水)流量制御を行なうための弁開度制御。

(b) ストリッピング弁制御システム

ストリッピング上の各弁の開閉、開度保持をバラスト排水計画にしたがってコンピュータから出される指令によって自動的に行なうシステムである。

弁制御には下記のものがある。

- 1) コンピュータから出されるストリッピングへ切換準備指令によって排水計画にしたがい、それぞれの該当ストリッピングラインから排水できるよう該当弁の開閉、開度保持を行なう制御。
- 2) コンピュータから出されるストリッピングへ切換指令、ストリッピングスタートまたはストップする弁の開閉制御。

(6) ポンプ制御システム

(a) ポンプスタート・スタンバイシステム

乗組員から出される排水(注水)スタート準備指令、コンピュータから出される積込(揚荷)ホールド切換準備指令、グラビティ→ポンプ切換準備指令、ストリッピングへ切換準備指令(積荷の場合のみ)によってそれぞれポンプ起動が必要な場合はシークエンス制御が自動的に働き、ポンプスタートに十分な暖機が行なわれる。ポンプ周りのバルブの開閉は弁制御システムで行なわれる。

積荷(揚荷)中に一時ポンプを停止する場合は再起動に備え、暖機状態が保持されるものとする。

(b) 発停制御システム

ポンプスタート・スタンバイが完了すると自動的に起動シーケンスが働き、暖機弁、トレーン弁、蒸気弁、排気弁、蒸気加減弁、ポンプ吐出弁等が制御されてポンプが起動し海水はバイパスラインを循環している状態で排水(注水)スタート・スタンバイ完了となる。

ポンプ停止は乗組員から出される停止指令によって停止シーケンスが自動的に働き、起動時に操作された諸弁が制限されポンプが停止する。駆動用タービンも自動的に停止される。

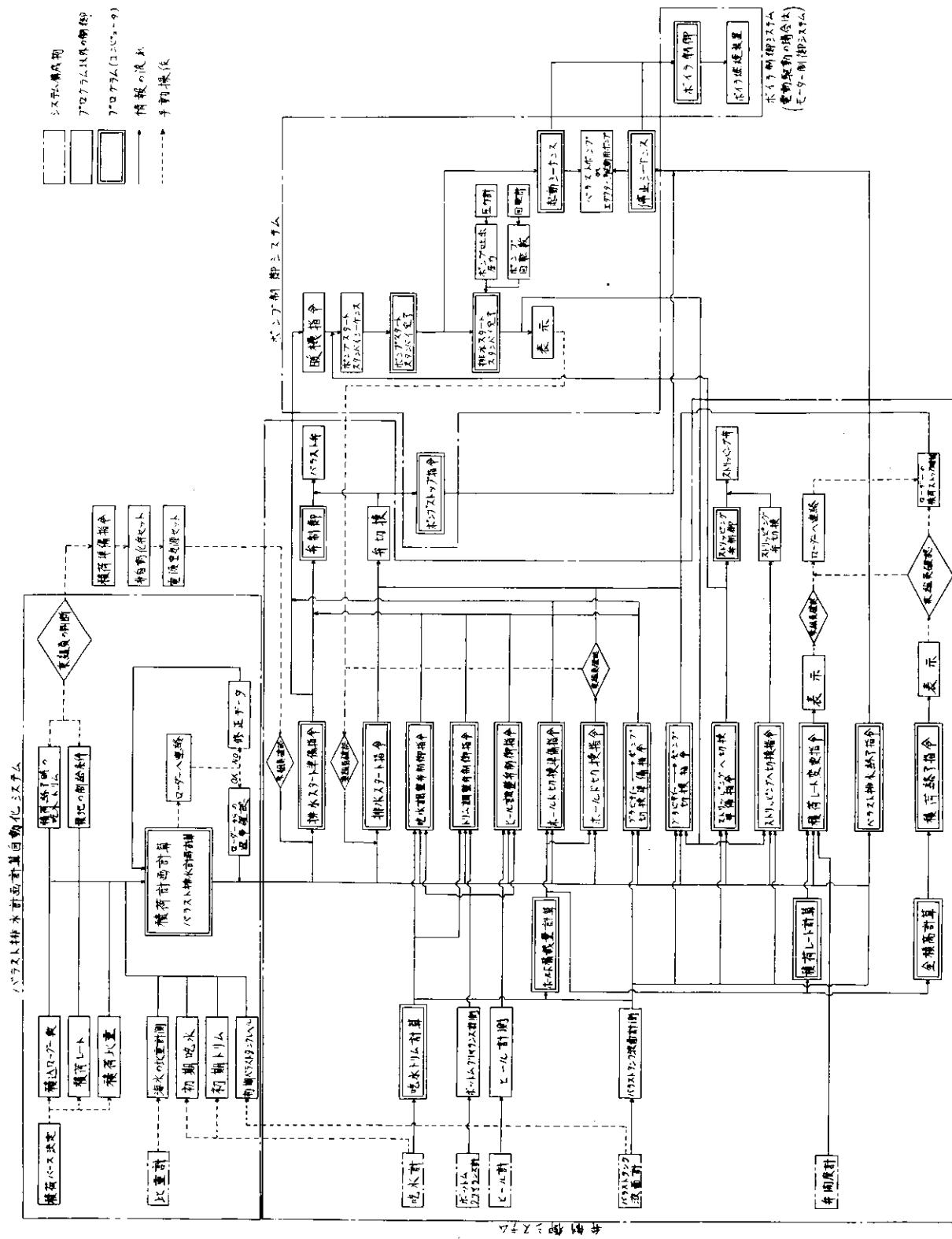
(7) ボイラ制御システム

ポンプ駆動中、必要な蒸気量を常に保持するようボイラ燃焼装置を自動的に制御する。

※-1:バイパスライン

船外から吸引し船外へ吐出するラインで、バラストタンクからの排水スタンバイ用として使用する。

(8) プロックダイヤグラム(積荷の場合)



## 2.5.2 バイピング・ダイヤグラム

### (1) バラスト注排水設備

本船のバラスト注排水設備は自動制御が行ないやすいように考慮され、また何らかの原因によって自動制御が行なえなくなった場合には、バラスト制御室からの遠隔手動操作に切換えてバラスト注排水作業を遂行できるようなバックアップ設備を考慮する。

バラストポンプ、バラスト管、バラストストリッピング用エダクターおよびその駆動用ポンプ、バラストストリッピング管等は積荷レートに十分追従できるものになっている。

バラスト管系統に関しては、バラスト管系統ダイヤグラムを参照のこと。

### (2) バラスト管系統

貨物倉区画に配置されるバラストタンクおよびフォアピークタンクに積載されるバラスト水は機関室内2台のバラストポンプにより2本の主管を通して注排水される。バラストタンクは前後のグループにわかれ、各1本の主管は機関室のそれぞれのバラストポンプに接続される。バラスト主管の連絡管は機関室および二重底に設ける。フォアピークタンクは前部のグループに含む。

なお、バラスト注排水は重力によっても可能なように機関室内に船外弁を設ける。また、ポンプを停止することなく(バラスト注排水を中断できるようにシーチェストからシーチェストへのバラスト水の循環を可能とする配管、すなわち、バイパスラインを設けている。このバイパスラインは重力によるバラスト注排水用ラインと一部兼用である。アフトピークタンクのバラスト注排水は機関室のバラストポンプにより行なわれる。

### (3) バラストストリッピング管系統

バラストストリッピングは1本の独立したストリッピング管を通して機関室の1台のエダクターによって行なわれる。エダクターはエダクター駆動用ポンプ(雑用ポンプあるいは消防ポンプ等との兼用)によって駆動される。バラストストリッピング管はフォアピークタンクおよびアフトピークタンクを除く貨物倉区画のバラストタンクに枝配管する。

### (4) 弁駆動装置

通常バラスト注排水中に開閉操作が行なわれる弁類、すなわち、タンクサクション弁(ストリッピング弁含む)、ポンプ回りの弁、バイパス配管用弁等は全てコンピュータによる自動制御が行なわれ、全開および全閉の他に数段階の中間開度をとる必要のある弁に対しては弁開度自動設定装置が設けられる。自動制御が行なわれる弁はすべての弁の開度、開閉がバラスト制御室に遠隔指示される。

また、自動制御装置故障時にはこれらの弁は全てバラスト制御室からの遠隔手動制御に切換えられる。バラスト注排水中に開閉操作を必要としない弁は全てバラスト制御室からの遠隔手動操作により開閉を行なう。

なお、船首隔壁弁は上甲板においてスピンドル操作により開閉を行なう。自動制御を行なわれない弁に対しても開閉はバラスト制御室内に遠隔指示できるようとする。なお、全ての自動制御弁および遠隔手動操作弁は油圧駆動とする。

#### 計測装置

計測装置として次の機器を設ける。

##### ・吃水計

・トリム計およびヒール計(トリムおよびヒールは吃水計により算出されるが、その精度を考慮し、また、吃水計故障時の補助設備として設ける。)

##### ・液面計およびストリッピング終了検知装置

##### ・弁開度計および弁開閉計

##### ・ボトムクリアランス計(音波式)

##### ・比重計(海水の比重計測用)

- ・圧力計（ポンプの吸引および吐出圧力）
- ・回転計（ポンプの回転数計測用）
- ・時計

これらの計測値は全てコンピュータにインプットされ（必要なものは空電変換、A/D変換等を行なう）、また、バラスト制御室内に表示する。

#### (5) 記録装置

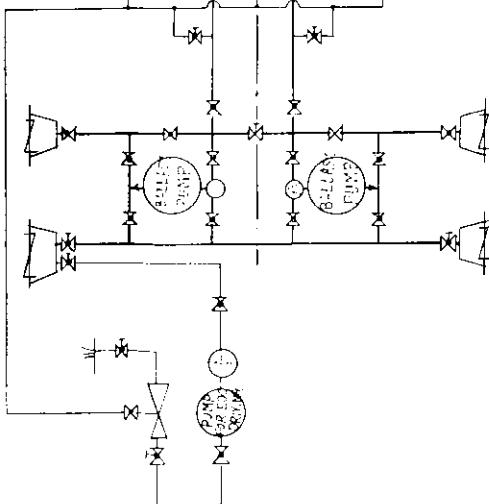
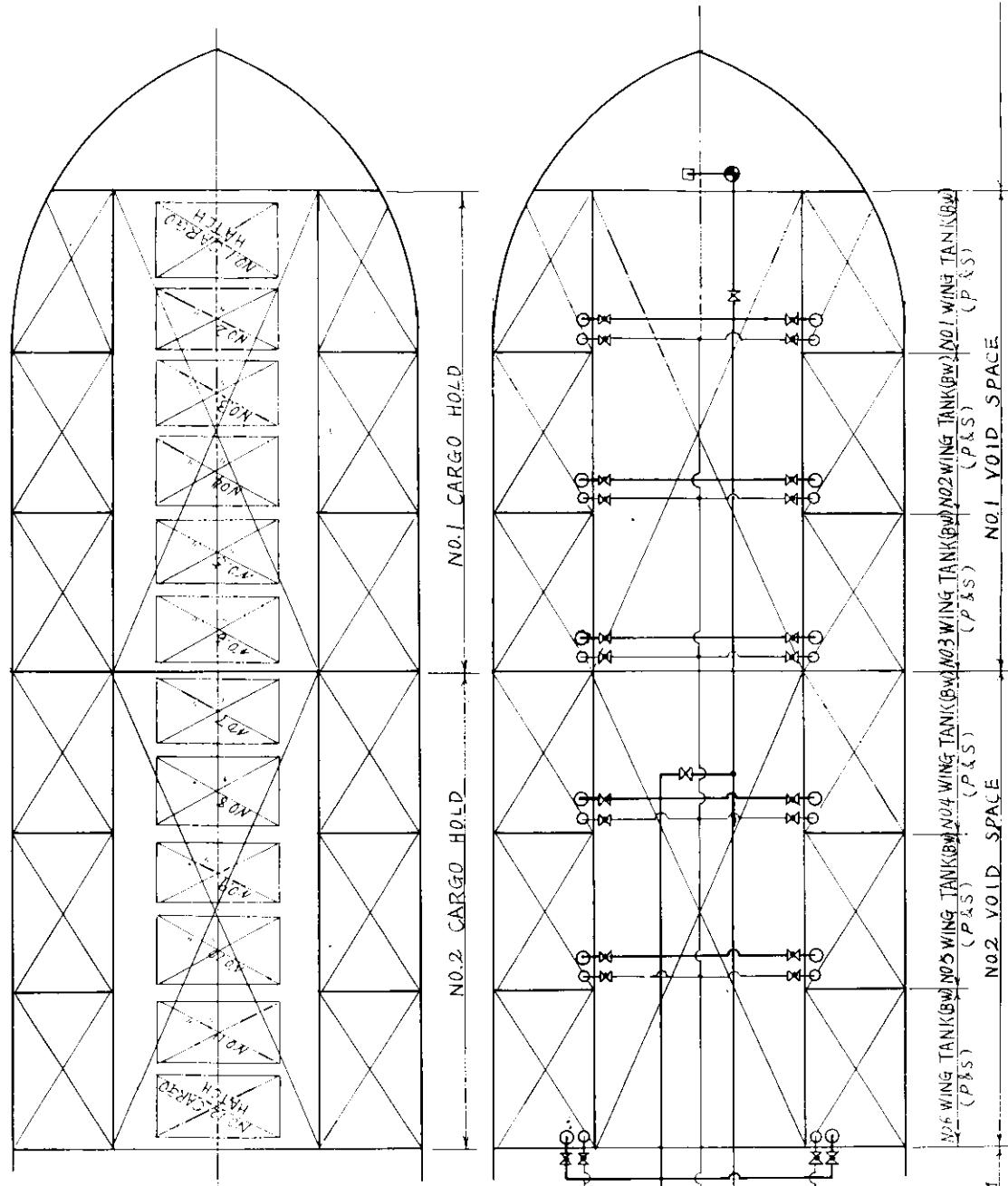
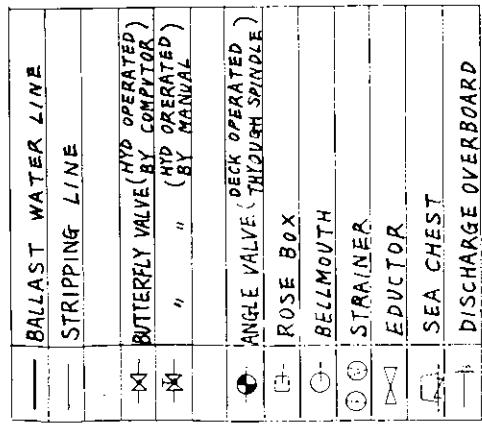
バラスト注排水中はバラスト制御室での当直を1名のみで行なうことができるよう、従来乗組員がバラスト注排水中に作成していたログ・ブックを自動的に作成できるようにする。これは一定時間ごとのロギングによって行なわせ、また、異常発生時には異常項目を自動的に記録させる。

ロギングは、コンピュータに連結されたタイプライタ装置により行ない、そのままファイルしてログ・ブックとなるようとする。

#### (6) バックアップ装置

自動制御装置に故障が発生した場合にはバラスト制御室からの集中遠隔手動制御によってバラスト注排水作業が行なえるように、弁、ポンプ等の遠隔操作盤、各種計器の遠隔指示盤等必要な制御、監視用の設備一式をバックアップ設備として設ける。

(7) バラスト系統パイピング・ダイヤグラム



## 2.6 自動制御システムの異常監視機構、信頼性および安全性の検討

在來の手動による遠隔集中監視制御方式の場合には監視・制御のループの中に熟練した操作員が介在しているため、容易に異常の発生を把握し、対策をたてることが不可能であった。

自動制御システムにおいては、人間の介在がないため、人間の判断に代るものとして異常発生を感知し、さらには、それに対する処置を行なうためのセンサーおよび論理が必要となる。また、自動制御システムの場合には、たとえシステムを運用するプログラムに相当の柔軟性があったとしてもセンサーおよび機器の故障は致命的なものになりやすいため、より信頼性の高いセンサーおよび機器の採用や定期的な点検保守が一層重要となる。

このような観点から荷役の自動制御システムに一般的に採用されると考えられる在来機器について、性能、事故例とその対策異常監視の方法を、また、システム全体としての信頼性向上の方法について調査し、検討を行った。

なお、荷役自動制御システムを構成する重要な機器として弁開度自動設定装置、ストリッピング終了検知装置などがあるが、これらは開発中のものであるので、今回の検討対象からは除外した。

### 2.6.1 センサー

#### (1) 性能

自動制御システムに使用されるセンサーは自動制御のために特に新しく開発する必要のあるものを除けば、従来の遠隔制御方式に用いられていた製品の使用が可能であり、また、製品としての性能も安定していると考えられるのでより安全であろう。

ただし、自動制御システムにおけるセンサーの重要性を考慮してセンサーの選択、製作および取付における検査などには十分注意する必要がある。

現在使用されているセンサーについて測定範囲、精度を表2.6.1に示す。

なお、これらのデータは「日本造船学会 造船設計委員会第2分科会」の審議資料と機器メーカーからの資料にもとづいて作成したものである。

#### (2) 事故例および対策

自動制御システムを安全に運転させるためには、システムに使用されているセンサーの予測される事故、不備を考慮し、その未然防止を行なうとともに発生した事故の原因を確かめて、これに対する処置を行なわねばならない。

本小委員会参加の船主および機器メーカーからの資料にとづき、各センサーについて予測される事故および対策を検討した結果を表2.6.2に示す。

表のうち、事故発生の頻度の欄が信頼性の程度を表わすものであり、本来これはM.T.B.F(Mean Time Between Failures), M.T.T.F(Mean Time To Failure)あるいは故障率といった数字で示すことが自動制御システムを考える場合には重要であるが、このような定量的な指標を得るために資料が現時点ではほとんど得られなかつたため、やむなく空欄あるいは定性的な記述を行なうこととした。

從来からも信頼性の定量的把握の重要性は理解されてはいたが、自動システムにおけるほどの積極的な必要性に迫られていなかつたために、この種データの詳細な蒐集が行なわれていないが、今後、資料の整備をはかり、合理的なシステムを組立てて行く必要がある。

また、事故対策の検討に関しては、事故が発見されたときのシステムとしての対策あるいは処置の問題にまでは言及せず、一般的なトラブルシューティング・ノートの型式とした。

#### (3) 異常監視

センサーを使用する場合、そのセンサーにより指示される内容が正常か否かをチェックすることは、自動制御システムの運転を円滑に行なうために重要なことである。チェックの方法としては、運転前の初期チェックのほかにシステム中の他のセンサーによる指示との比較によって異常の有無をチェックする方法がある。このセンサーの組合せによるチェックを表2.6.3に示す。

表にはセンサーの異常監視が理論上可能であると考えられる方法および組合せを列挙したものであり、このような異常監視を必要とする場合は、当然システムの方式、プログラムの方式によって異なるものである。

表のうち2個以上のセンサーの比較によって異常を検知する方法は、たとえ比較によってどこかに異常があると判断されても最終的にどのセンサーに異常があるかを決定するのは非常に困難であるが、このための方法あるいは基準として

- 1) 統計的に故障率の小さいセンサーを優先する。
- 2) 機構的に単純なセンサーを優先する。
- 3) 数値的な比較が可能な場合には、ある設定値以上の差が発生した場合に手動による診断命令を出す。  
などが考えられる。

また、システムの方式により制御のよりどころと考えられるような重要なデータを得るセンサーであれば特に二重計装を施工したり、あるいはそれに代る適当なバックアップを備えるなどの考慮が必要であろう。

## 2.6.2 機 器

自動制御システムに使用される機器の型式、性能については、従来使用されてきた機器をそのまま使用しても何ら問題はない。したがって、機器の性能については特に調査は行なわなかった。

### (1) 事故例およびその対策

機器類の事故は制御システムの如何を問わず荷役能率におよぼす影響が大きいが、自動制御システムの場合には、特にその影響度が大である。

機器の信頼性に関するセンサーの場合と同様、機器の各構成要素について長期的な調査を行ない、定量的に信頼性を求める方法をとるべきであるが、今回の調査では、本小委員会参加の機器メーカーの最近の事故実績および各機器について予測され得る事故を想定して、その対策を検討するにとどまった。

調査の結果を表2.6.4に示す。

### (2) 異常監視

荷役システム中の主要な機器である荷油、バラストポンプおよび弁開閉装置の油圧パワーユニットについて、それら機器の作動中に発生が予測される異常現象をとりあげ、監視すべき項目、監視の方法、必要な計器、異常の診断、処置などを検討した。その結果を表2.6.5に示す。

これらの異常監視の項目の中からどの項目を選び、また、どのような方法によるかは、適用されるシステムの内容を考慮して決定すべきである。

また、異常監視が自動的に行なえがたいような項目については上記事故例にも述べたように、統計的な調査を行なって、異常の原因となる部品の信頼性、寿命を数量的に把握して部品の定期的交換等を決定すべきであろう。

## 2.6.3 事故の予防

### (1) センサーまたは機器が故障した場合の処置

#### (a) センサーが故障した場合

センサーに異常が生じたと判断された場合に引き続き自動制御を行なうためには、そのセンサーにより入力される情報のシステムに対する重要度に応じ、以下の処置をとることが考えられる。

- 1) 極めて重要なセンサーに対しては、あらかじめ二重計装を行なっておき、使用中のセンサーに異常が生じた場合には、他のセンサーに切換えて自動制御を続行する。
- 2) 手動により逐次データをインプットする。
- 3) 手動により一定値をインプットする。
- 4) インプットを行なわない。

上記処置によっても自動制御が行なえない場合には手動遠隔制御に切換える。

(b) 機器が故障した場合

機器の故障の程度に応じて以下の方法が考えられる。

- 1 ) 機器の制御を自動制御から遠隔制御に切換える。
- 2 ) 異常を生じた機器の使用を停止して、その他は自動制御を続行する。
- 3 ) システム全般の制御を自動制御から遠隔制御に切換える。
- 4 ) 荷役を一時停止する。

(2) センサー、機器の点検、保守

(a) 荷役作業開始前の点検

センサー、機器に生ずる事故を防ぐためには、その製品の選択、製作、取付に際しての入念な検査等が重要であることは勿論であるが、作業開始前にその異常の有無を確認する必要がある。この点検の方法はセンサー、機器の種類、型式、あるいはシステムの構成、プログラミングにより、また、船のその時点での状態等によって異なるが次のようなものが考えられる。

- 1 ) 外観チェック
- 2 ) 作動チェック
- 3 ) 0点または規準点チェック
- 4 ) 模擬入力による指度チェック
- 5 ) センサー相互の指度チェック

また、これらのチェックを手動で行なうか、プログラミングで行なうかもそのシステムの構成、センサー、機器の重要度に応じて決定すべきであろう。

(b) 保 守

事故の中には、初期に発生する事故と長期間の使用により発生する事故がある。前者については前述した方法での発見、予防が可能であるが、後者の中には、実際に使用中に発生するものが多い、また、前述の方法ではチェックの困難なもの、あるいは不可能なものもある。（例えば、温度計、ポンプのメカニカルシール等）これらのものについては、その重要度に応じて

- 1 ) 一定の使用期限を定め、その期限がくれば異常の有無に拘らず新品との交換を行なう。
- 2 ) 一定の期間ごとに定期的点検、検定を実施する。  
等の処置を考慮する必要がある。この対象品目の決定あるいはその方法、寿命の決定等は今後の調査と研究によらねばならない。

表 2.6.1 センサー一覧表

センサーの種類	方 式	型 式	測 定 範 囲	精 度	備 考
液面計	電 送 式	セ ル シ ン 式		± 2.0 mm	
	フロートゲージ	ボテンショメータ式		± 3.0 mm	
	気 泡 式	遠 閛 指 示		フルスパンに対し ± 2 %	
傾 斜 計	振 子 式	電 気 変 換	± 1.0 %以内	フルスパンに対し ± 2 %	トリム計、ヒール計と して使用
弁開度計	容 積 式	遠 開 指 示	任 意	フルストロークに対し ± 2 %	
圧 力 計	ブルドン管	直 読 式	0 ~ 0.5 kg/cm <sup>2</sup> ( 0 ~ 2000 kg/cm <sup>2</sup> )	± 0.5 ~ 3.0 %	普通型の場合 他に精密圧力計あり
	空 気 伝 送 式	遠 開 指 示	0 ~ 1 kg/cm <sup>2</sup> ( 0 ~ 1000 kg/cm <sup>2</sup> ) ( 発信器 1 % 以内 ) ( 受信器 0.75 % 以内 ) 組合せ 1.5 % 以内		
回 転 計	電子式(パルス)	遠 開 指 示	※ 0 ~ 1500 rpm	± 0.5 % △	※ 荷油、パラストポン ジの回転範囲は cover 可能 △ コンピュータ・コントロ ールの場合はパルスを直 接入力するので更によ くなる。
温 度 計	バイメタル	直 読 式	-20 ~ 300 °C	± 1 相当以内	
	電 気	遠 開 指 示		± 2.5 %以内	

表2.6.2 事故分類表(その1)

装置名	電気伝送 フロート式液面計	部品名	原因番号	原因	計器への表われ	類度	本船での復旧の可否	対策	原因番号	安全運転のために必要なセンサー	
										センサーの設備 および方法	
異常レベル指示	⑥	船内電源の故障	⑥	0点を指示	可	可	可	点検修理			
(0点から変化せず)	①⑤⑥	電源スイッチの故障	"	"	可	可	修理 交換				
	⑥	ヒューズの容断	"	"	可	可	交換				
作動不能	④	ローハンドルの外し忘れ	指示が変化せず	可	可	可	ハンドルを外す				
	③⑥	フロートのひっかかり	"	"	可	可	捲き上げ下げを行なう				
	⑤	軸受のさびつき	"	"	難	難	"				
	①⑤⑥	捲上げ用コイル又は スイッチ不良	"	"	難	難	交換				
精度不良	⑥	船内電源の異常	"	"	可	可					
	①②⑤⑥	捲取車の異常作動	"	"	難	難	手直しまたは交換				
	①⑤⑥	捲上げ用コイル又は スイッチ不良	"	"	難	難	交換				
	①④	電気部品の劣化	"	"	難	難	交換				
	①②③⑤⑥	回転不順	"	"	多	可	捲き上げ下げを繰返す	プログラムで捲き上げ下げを行なわせる			
	①⑥	テープの切斷	0点に戻る	多	否	修理					
	①⑥	ガイドワイヤー切斷	"	"	否	修理					
	⑤	調整不良	"	"	初期	否	調整				
	⑥	ノイズを拾う	"	"	-	-	-	-			

表2.6.2 事故分類表(その2)

装置名	気泡式液面計	部品名	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での復旧の可否	対策	箇	原因番号	①部品(材料)不良 ⑤保守点検不備	②工作不良 ⑥偶発(不明を含む)	③設計不備	④操作ミス	安全運転のために必要なセンサーの設置および方法
<b>予想される事故</b>															
発信せず	(4)	空気供給弁閉		指示が変化せず	"	可	可	供給弁開							
	(5)	空気管の附そく		"	可	修理									
	(5)	空気管の洩れ		"	可	洩れ修理									
	(5)	フィルターの詰り		"	可	清掃									
	(5)	オリフィスの詰り		"	難	清掃									
<b>精度不良</b>															
	(5)	空気管の洩れ		—	可	洩れ修理									
	(4) (5)	減圧弁設定圧力不良		—	可	減圧弁調整									
	(5)	零点調整不良		—	否	調整									
	(5)	空気管中に結露		—	多	脱湿空氣使用, 定期的 水抜き									

表2.6.2 事故分類表(その3)

装置名	傾斜計	部品名	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での復旧の可否	対策	箇	原因番号	①部品(材料)不良 ⑤保守点検不備	②工作不良 ⑥偶発(不明を含む)	③設計不備	④操作ミス	安全運転のために必要なセンサーの設置および方法
<b>予想される事故</b>															
精度不良	(6)	船内水流の故障	0	点を指示	可	点検修理									
	(1) (5) (6)	電動スイッチの故障	"		可	修理 交換									

予想される事故	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での復旧の可否	対策	策	安全運転のために必要なセンサー	センサーの設備
精度不良	⑥	ヒューズの溶断	0点を指示	可	可	交換			
	③ ⑥	ノイズを拾う	—	—	—				
	① ⑤ ⑥	発信コイルの不良	—	難	交換				
	① ② ⑤	機械可動部のガタ・マサツ	—	難	修理				

表 2.6.2 事故分類表(その4)

装置名	弁開度計(容積式)	部品名	原因番号	①部品(材料)不良 ②工作不良 ③設計不備 ④保守点検不備 ⑤保守点検不周 ⑥保守(不明を含む)					
予想される事故	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での復旧の可否	対策	策	安全運転のために必要なセンサー	センサーの設備
弁開閉に追従しない	⑤	指示管中に空気混入	—	多	難	指示管のフランジング			
	⑤	調整不良	—	"	"	調整			
	⑥	油温の変化による	—	"	"				
	① ② ⑥	油モレ	—	"	"	修理			
		不可避な応答時間のズレ	—	常時	—	ある経過時間を決めておく	プログラムで処理		

表 2.6.2 事故分類表(その5)

卷2.6.2 事故分類表(その6)

装置名	圧力計	部品名	原因番号	①部品(材料)不良 ②工作不明 ③設計不備 ④操作ミス ⑤保守点検不備 ⑥偶発(不明を含む)
予想される事故	原因番号	原因	計器への表われ	本船での復旧の可否
作動しない	③	極度の脈動・振動によるブルドン管破損	指度が出ない	対策 偶発 否 適当な綴り、緩衝装置の取付
	③	レンジ不足	指針振り切り	" " 適正なレンジのものと取替
指度不良	⑤	内部機構の変形、摩耗	指度不良	定期的検査を行なう
	⑤	ゴミその他異物の混入	指度不良、不安定	管内フラッシュング
	②	管の漏洩	指度不良	初期のcheckを十分に行なう。

表2.6.3 センサーの異常監視

チ エ ク の 方 法						
タ ン ク 液 面 計	弁 開 度 計	傾 斜 計	ポンプ 吐 出 壓 力 計	ポンプ 吸 収 壓 力 計	油 壓 パ ワ リ 壓 ユ ニ ッ タ 計	温 度 計
1 ○→○	○→○					タンク液面計データから荷重分布および排水量が分るのでトリム計算により前後部吃水をヒール計算により左右舷吃水を求め、吃水計の指示値と比較する。
2 ○	○→○					吃水計からのトリム量およびヒール量と傾斜計の指示値とを比較する。
3 ○						吃水計からのトリム量およびヒール量と傾斜計の指示値とを比較する。
4 ○←	→○	○	○			急速な液面の変化が認められた場合、その液面計に異常ありと判断
5 ○←	→○					ポンプが止っており、タンクの吸込技管が1個だけ開いているとき圧力計には液面深さに相当した数値が示される(ただし、トリム修正が必要)
6 ○←	○→○	○	○	○	○	弁が閉じているのに液面が変化した場合、どちらかに異常ありと判断
7 ○←		→○				場所計算により流量が求まる場合、ポンプ吐出圧力とマニホールド圧力の間に関係づけができる(ただし、トリム修正必要)
備 考						
適 当 方 法 が な い						

表2.6.4 生活分類表(その1)

装置名	荷油 バラスト・ポンプ	部品名			原因番号	原因番号	対策		安全運転のために必要なセンサーの設置および方法
			①部品(材料)不良	②工作不良			③保守点検不備	④操作ミス	
ポンプ軸受過熱また は焼損	② ②	据付不良 締付不良	温度計指度大 〃	偶発 〃	頻度 本船での可否	復旧の可否	芯出し調整 締付直し	軸受 取替	遠隔指示温度計・オーバーヒートトリップの製備
	⑤	潤滑不良	〃	〃			潤滑を適正にする		
ポンプ軸封装置から の漏洩	① ⑥	メカニカルシールの材料不良 異物吸込みによる異常摩耗	— —	偶発 〃	頻度 本船での可否	復旧の可否	メカニカルシール取替	(メカニカルシールの寿命の決定 と定期交換)	
	②	取付不良	—	〃			同上	同上	
タービン軸受過熱 または焼損	④ ④ ⑥	始動時の操作ミス ドレン切り不十分 不明	温度計指度大 〃 〃	偶発 〃 〃	可または否	軸受手直しほとばは取替	遠隔指示温度計		
タービン送オシン軸 損傷	④	暖機不十分、軸受焼損 に伴う損傷	— —	偶発 否			ビニオン軸手直しほとばは取替	暖機の時間の自動設定	
タービン軸脂損	② ④	脂内脂管不良、暖機不 十分	—	偶発 否			ターピン軸取替	同上	

予想される事故	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での可否	対策	策	安全運転のために必要なセンサー	センサーの設備 および方法
タービンピニオン折損	⑤?	潤滑不良?	—	偶発	否	ダニオン取替			
タービンギヤホイール ピッキング発生	②	歯当り不良	—	〃	否	ギャ一歯当たり修正			
タービン ブレード	④	開放復旧時異物混入	—	〃	否	ブレード取替			
損傷									

表2.6.4 事故分類表(その2)

予想される事故	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での可否	対策	策	安全運転のために必要なセンサー	センサーの設備 および方法
タービン ガバナー 作動不良	⑥	不明	回転計測度不安定	偶発	否	ガバナ一調整			
タービン ガバナー 駆動機車 切換	⑥	異物噛込み	—	〃	否	歯車取替			
タービン速度不安定	③	ガバナー弁の設置不良	回転計測度不安定	〃	否	弁取替			

表2.6.4 事故分類表(その3)

装置名	弁油圧駆動装置(その1)	部品名		原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での復旧の可否	対策	安全運転のために必要なセンサーの設置および方法	①部品(材料)不良 ②工作不良 ③設計不備 ④操作ミス ⑤保守点検不備 ⑥偶発(不明を含む)
<b>干想される事故</b>											
ポンプの振動騒音大	①②⑤	ポンプのシャフト摩耗	—	経年	可	パッキン交換					
	⑤	吸込管からのエヤ吸込	吸込圧力の変動大		"	結合部を増し歯め				吸込圧力計	
	⑤	ストレーナー付まり	—		"	ストレーナー洗浄				"	
	⑥	タンクが低液面になつた	低液位指示	(事故欄「タンク油面異常低下」を参照)							
	③④	作動油粘度大	—		否	作動油入れかえまたはヒーター設置					
	①②⑤	ポンプシャフトの摩耗	—	経年	否	交換					
	③	作動油粘度 小	—		否	作動油入れかえ					
	④	キャビテーションによる	吸込圧力の変動大		可	ストレーナー、油温、液面調査				吸込圧力計	
<b>油温の上昇</b>											
	③	冷却能力不足	温 度 上 昇		否	油タンクにクーラー設置				温 度 計	
	③	計画以上の周囲温度	"	季節による	否	ポンプとストップターリング				"	
	③	作動油粘度大	"		否	作動油入れかえ				"	
	③	アキュムレーター容量不足	"		否					"	
	①⑤⑥	アンロードしない	"	(事故欄「アンロードしない」を参照)						"	
	③	作動油粘度小、ポンプ内リーケ	"		否	作動油入れかえ				"	
	①②⑥	ポンプの故障	"		否	修理				"	

予想される事故	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での可否	対策	安全運転のために必要なセンサーおよび方法	センサーの設備
タンク油面異常上昇	③	タンク容量不足			否	タンク容量増大		
タンク油面異常低下	③	タンク容量不足	低液位指示		否	タンク容量増大		
	④	作動油不足	"		可	作動油補給		"
	② ④	油モレ	"		否	修理		"

表2.6.4 事故分類表(その4)

予想される事故	原因番号	原因	因	計器への表われ	頻度	本船での可否	対策	安全運転のために必要なセンター	センサーの設置方法
アンロードしない	① ⑥	アンロードソレノイド弁 ソレノイド焼損	—	—	可	可	交換		
	① ⑥	ブレーサースイッチ不良	—	—	可	可	〃		
	⑤ ⑥	油モレ	—	—	否	否	修理		
自動発停がひんぱん	④	アクチュエータ容量不足	、	—	否	否	容量増加		
	① ⑥	アクチュエータ内 ゴム袋破損	圧力異常低下	—	〃	〃	修理		
	① ⑥	N <sub>2</sub> チャージ元栓の故障	〃	—	〃	〃	〃		
	④ ⑥	同時に開閉する弁の 質が多い	—	—	可	可	プログラムで処理		
	② ⑤ ⑥	油モレ	—	—	否	否	修理		

表2.6.4 事故分類表(その5)

装置名	油圧駆動装置(その3) 部品名			原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での可否	対策	安全運転のために必要なセンター	センサーの設置方法
予想される事故	機油弁作動せず			④	吐出弁堵になっている	弁開度変化せず	—	可	時計が開		
				⑤	ゴミ等による箇割りそく	〃	—	否	修理		
				⑤	油モレ	〃	—	〃	〃		
				⑤	切換弁不良	ゴミでスティック	—	〃	〃		
				①②⑥	〃	ソレノイド焼損	—	〃	〃		
				①②⑥	スプリング切換	〃	—	〃	〃		
				①②⑥	電気端子不良 ヒューズ溶断	〃	—	可	交換		

予想される事故	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での復旧の可否	対策	安全運転のために必要なセンサー	センサーの設備
荷油弁作動せず	①②⑥	電気部品不良 接触不良	弁開度変化せず	可	交換		および方法	
	①②⑥	" コイル不良	"	"	"			
荷油弁								
応答、追従性不良	②	配管中に空気混入	—	否	フラッキング			
	⑤	油モレ	—	"	修理			
	④ ⑥	同時開閉する弁の数が多い 多すぎろ	—	可	同時使用を少なくする	プログラムで処理		
	③ ⑤	作動油粘度が不適	—	否	作動油入れかえ			
		圧力不足	吐出圧低い		(事故欄「所定圧力に達しない」を参照)			

表 2.6.4 事故分類表(その6)

装置名	弁油圧駆動装置(その4)	部品名	原因番号	①部品(材料)不良 ⑤保守点検不備	②工作不良 ⑥偶発(不明を含む)	③設計不備 ④操作ミス		
予想される事故	原因番号	原因	計器への表われ	頻度	本船での復旧の可否	対策	安全運転のために必要なセンサー	センサーの設備
荷油弁の異常作動	⑥	油モレ	弁開度が変化	否	修理		および方法	
	②	切換弁のリーケ	"	"	"			
	③	油温の変化による	"	"	温度補償回路組込			
	②	配管中に空気混入	"	"	フラッキング			
ポンプが作動せず	⑥	ヒューズ溶断	電源標示灯消	可	取替		標示灯	
	⑥	スイッチ接觸不良	"	"	修理		"	

予想される事故	原因解説	原因	計器への表われ	頻度	本船での可否	対策	安全運転のために必要なセンサーの設備
ランプ、ブザー作動せず	(6) ヒューズ溶断			可	取替		および方法
	(6) スイッチ接触不良			"	"		
	(6) コイル不良			"	"		
	(6) ランプ不良			"	"		

表2.6.5 荷油・バラストボンプの異常監視(その1)

項目	異常判断の基準	異常監視の方法	必要計器	異常の診断	対策
ポンプケーシング温度	許容値との比較	1) スキヤニング 2) 異常時に制御盤に警報	遠隔指示温度計	1) Computerによる診断 ( Pump吐出側諸弁の開度並列運転時の各 pumpの吐出量 Pump回転数等) 2) 人間による調査、判断	1) Pump回転数の自動減少 2) Over heat tripによる自動停止 3) 異常に手動による減速または停止 4) 集管 Pumpを自動制御から除く
ポンプ軸受温度	許容値との比較	同	同	1) Computerによる診断 ( Pump回転数、ケーンケ温度) 2) 人間による調査、判断	同 上
ポンプ(タービン)回転数	1) 許容値との比較	同	上	1) 液体がの開度を自動的に調整 ( 削弱空気圧力、蒸気・压力吐出、吸入口力 ) 2) 人間による調査、判断	1) Over speedによる自動停止 2) Over speed tripによる停止 3) 異常にちぎり手動による停止
2) 制御部との比較	制御部定值(指令値)と実際値との比較を行いつつ、さらに差がある場合は警報	同	上	1) Computerによる診断 ( 制御部定値と実際値の比較 ) 2) 人間による調査、判断	1) 自動制御から手動へ切り換えて手動により回転数調節 2) Pumpの一時停止
ポンプ駆動馬力	許容値との比較	1) スキヤニング 2) 異常時に制御盤に警報	遠隔指示圧力計	1) Computerによる診断 ( Pump回転数、弁開度 ) 2) 人間による調査、判断	1) Pump回転数の自動低下 2) Over power tripによる停止

表 2.6.5 荷油・バラストポンプの異常監視(その2)

項目	異常判断の基準	異常監視の方法	必要計器	異常の診断	対策
ポンプ吸入口圧力	許容値との比較	1) スキャニング 2) 異常測定、制御盤に警報	遠隔指示圧力計	1) Computerによる診断 (液位、弁開度、Pump回転数) 2) 人間による調査、判断	1) Pump回転数の自動減少 2) Pumpの一時停止 * Cavitation防止プログラムと関係あり
タービン軸受温度	許容値との比較	同上	遠隔指示温度計	1) Computerによる診断 (L, O, press, L, O温度) 2) 人間による調査、判断	1) 回転数の自動減少 2) Over heat tripによる自動停止 3) 手動停止
タービン L, O, 壓力	許容値との比較	同上	遠隔指示圧力計	人間による調査、判断	1) 離心L, O Pumpの自動start 2) L, O press tripによる自動停止
タービン排気圧力	許容値との比較	同上	同上	同上	1) Back press tripによる pumpの停止
制御用空気圧力	常用範囲との比較	同上	同上	同上	1) 非常用として備用Air lineの使用 2) 機制御
ポンプの漏油	漏洩の有無	—	—	—	1) 吐出圧をできるだけ低くする 2) Pump停止
ポンプキャビテーション	—	—	—	—	1) キャビテーション防止プログラムを作る。

表2.6.5 油圧ハミックトの異常監視(その3)

項目	異常判断の基準	異常監視の方法	必要計器	異常の診断	対策
タシクの油温 (上限)	許容値との比較(上限)	1) スキヤニング 2) 异常時に制御盤に警報	遠隔指示温度計	人間による調査、判断	警報にもとづき手動によりポンプ運転停止 Computerによる制御命令の中活指示事概分類表示により原因調査および処置
タシクの油面 (低液面)	許容値との比較 (下限)	同 上	遠隔指示油面計	同 上	同 上
ライシン圧力	許容値との比較 (上限、下限)	同 上	遠隔指示圧力計	1) Computerによる診断 上限値、下限値を越えた圧力とポンプの発作が対応しているかのチェック 2) 人間による調査、判断	同 上
ポンプ駆込圧力	指示値の変動量による	スキヤニングにより指示量の異常な変動を調べる	同 上	1) Computerによる診断 (油面、油温) 2) 人間による調査、判断	同 上

### 3. 火災検知と消火の自動化システムの研究

#### 3.1 自動火災検知システム実船確認実験

##### 3.1.1 概 要

昭和43年度以来、自動火災検知システムに関する諸問題の調査、検討ならびに船舶の高度集中制御方式との関連において高度自動化船の機関室の火災検知装置の、あり方について検討を行ない、モデル船（ディーゼル・タンカー）を対象として自動火災検知システムの詳細基本設計を行なつてきたが、本昭和45年度において、その研究結果にもとづくシステムを実船に装備し、確認実験を行ない、その成果を確認することとなつた。実船装備の対象船として、三井造船（株）千葉造船所で建造された大阪商船三井船舶（株）向けディーゼルタンカー三峰山丸を選び、次節以下に述べる自動火災検知システムを装備し、確認実験を行なつた。

##### 3.1.2 「三峰山丸」機関室自動火災検知システム

三峰山丸に採用された機関室火災検知システムはすでにこれまでの本研究により確立された二重方式システムであり、イオン式検知器を使用して、その煙感知機能により、火災予知および検知を行なう一次システムと補償率方式熱検知器を使用して、その熱感知機能により火災を検知する二次システムからなり立つてゐる。一次システムは、火災の兆候または火災の初期警報を主眼にしており、機関室全体に対して検知器43個が配置され9つのゾーンに分割されている。二次システムは、火災の熱気流による温度上昇を検知し、確実なる火災警報を発することを主眼にしており、本船では機関室のフロア（2ゾーン）、油清浄機区画、ボイラースペースの4ゾーンに19個の検知器が配置されている。

###### (1) "三峰山丸" 二重方式火災検知システム仕様書

###### (a) 概 要

本システムは一次火災検知システム、二次火災検知システムの二重方式によつて、ディーゼルタンカーの機関室の火災予知ならびに検知、警報を行なうシステムでNK・M0規定ならびにJGの適用規則に適合するものである。

###### (b) 一次システム（イオン式検知器使用）

一次システムはイオン式検知器を使用して、煙感知の機能により、本船の無人機関室の火災予知ならびに検知を行なうものである。

###### (i) 適用法規

JG暫定基準、NK-M0

###### (ii) 構 成

(1) イオン式検知器 43個

(2) 警報表示盤 1面

(3) 内外音響警報器 適当数

###### (iii) イオン式検知器の仕様

(1) 型 名： フアイヤーラート FT-100型

(2) 供給電圧： DC24V

(3) 火災表示および信号： 検知器付属のランプ点灯および火災時“ON”の接点信号

(4) 消費電流： 警戒時 約10mA

火災時 約25mA

(5) 設定感度： 煙濃度10で動作

煙濃度5で不動作（工場設定）

(6) その 他： 感度調整つまみ付

DC24V供給断監視回路付

## IV 警報表示盤

### (1) 仕様

- 1) ゾーン表示数（ランプ表示） 9ゾーン
- 2) 供給電源： AC 100V、60サイクル、1相、およびDC 24Vバッテリー電源（予備電源、自動切替）
- 3) 検知器の感知後、自動リセットされるまでの時間： 0～60秒（ゾーン別に調整可能）
- 4) 火災警報を発するに至る検知器からの繰返し信号回数： 1～9回（ゾーン別に調整可能）
- 5) 火災警報を発するに至る他ゾーンにまたがる信号数： 1～9ゾーン（調整可能）
- 6) カウンターの自動ゼロ復帰の周期： 0～24時間（調整可能）
- 7) 外部への信号：  
火災警報用電気信号（監視回路付） 1組  
火災警報用接点信号（火災時OFF） 1組  
故障警報用接点信号（故障時OFF） 1組

### (2) 作動

- 1) 局部的火災または火災の兆候のあるとき

該ゾーン検知器からの信号によつてゾーン火災表示灯（ゾーン別を表示）および注意灯（全ゾーン共通）が点灯し、タイマーの設定時間経過後（最大60秒）、検知器および上記点灯は自動的にリセットされ表示灯は消灯する。リセット後反復して検知器から信号が入る場合、警戒～自動リセット～警戒の反復回数をカウントし、設定した反復数（最大9回）に達したとき火災警報（音響警報器断続鳴動、ゾーン火災灯および共通の火災灯断続点灯）を発する。

- 2) 他ゾーンにまたがつて火災または火災の兆候のあるとき

任意の複数ゾーンからの相前後した信号によつて設定したゾーン数に達したとき、火災警報（音響警報断続鳴動、共通の火災警報灯の断続点灯）を発する。

- 3) 自動回路チェック機能

回路のチェックは主として下記外線を対象として行なわれ、これらに異常のある場合、健全指示灯が消灯し、代りに故障警報（ブザー断続鳴動、故障表示灯断続点灯）を発する。

- a) 検知器への4本の外線（内2本、電源線、2本感知線）の内何れか1本以上の断線
- b) 外部音響警報器回路の断
- c) ベル停止スイッチの切り忘れ
- d) 主電源断（ただし、故障表示灯の代りに電源断表示灯点灯）
- e) ブザー停止スイッチの切り忘れ（ただし、ブザー鳴のみ）

- 4) カウンターの自動零復帰

カウンターに蓄積されたカウントが設定した周期（最大24時間、調整可能）で自動的に零復帰する。

作動は時間に達したタイマーの信号により約2秒間1.5cpsのパルス信号を全カウンターに送り行なう。

### (c) 二次システム（補償率方式熱式検知器使用）

二次システムは補償率方式熱式検知器を使用して熱検知の機能により火災を検知するもので、一次システムの火災の兆候または火災の初期警報の主眼に対し、火災の熱気流による温度上昇を検知し、確実なる火災警報を発することを主眼とする。一次システムとは全く独立しており火災検知のみならず、警報も両者の間に連携を持たない。

### (1) 適用法規

JIS準用

## (II) 構成

- (1) 補償率方式熱式検知器 19個
- (2) 警報表示盤 1面
- (3) 内外部音響警報器 適当数

## (III) 補償率方式熱式検知器の仕様

- (1) 型名: フエンオール型
- (2) 火災信号: 火災時 “ON” の接点信号
- (3) 設定温度: 70°C (ただし、ボイラースペースは 80°C)

## (IV) 警報表示盤

### (1) 仕様

- 1) ゾーン表示数 (ランプ表示): 4ゾーン
- 2) 供給電源: AC 100V、60サイクル 1相および DC 24V バッテリー電源 (予備電源、自動切替)
- 3) 火災警報方式: 検知器からの信号により直接火災警報を発する
- 4) 広域火災警報を発するためのゾーン数: 1 ~ 4ゾーン (調整可能)
- 5) 外部への信号:
  - 火災警報用電気信号 (断線監視回路付) 1組
  - 火災警報用接点信号 (火災時 “OFF”) 1組
  - 消火装置連動用接点信号 (火災時 “ON”) 1組 (油清浄機区画のみ)
  - 故障警報用接点信号 (故障時 “OFF”) 1組

### (2) 作動

#### 1) 局部的火災のとき

該ゾーン検知器からの信号によつて直ちにゾーン火災表示灯および火災警報灯 (全ゾーン共通) が点灯し (断続)、音響警報器が鳴動し (断続) 火災を報ずる。

#### 2) 他ゾーンにまたがつて火災発生の場合 (大火災の場合)

任意の複数ゾーンからの相前後した信号によつて、火災発生した全区画のゾーン火災表示灯が点灯するとともに、カウンターで設定した区画数に達すると “火災警報灯” は “広範囲火災警報灯” に切替り点灯 (断続) する。

#### 3) 自動回路チェック機能およびカウンターの自動零復帰

一次システムと全く同一方式の自動回路チェック機能を有するとともに、カウンターの自動零復帰も同一方式で可能である。

注) 1. 上記仕様による自動火災検知システムのブロック・ダイヤグラムを図 3.1.1(1)に示す。

2. 同じく、自動火災検知一次システムの警報盤外形図、警報盤制御回路図、外部結線図、イオン式検知器、イオン式検知器回路図をそれぞれ図 3.1.2 ~ 図 3.1.6 に示す。
3. 同じく自動火災検知二次システムの警報盤外形図、警報盤制御回路図、外部結線図、補償率方式熱式検知器をそれぞれ図 3.1.7 ~ 図 3.1.10 に示す。
4. 本船の火災警報装置の結線図を図 3.1.12 に示す。

## (2) 三峰山丸機関室火災検知器の配置

### (a) 一次システム検知器配置

機関室全体に対して、JG暫定基準をカバーできるように適當数の検知器を配置した。三峰山丸の場合、その検知器数ならびに分割ゾーンの数は次表の通りに決定された。

一次システム検知器配置表

番号	ゾーン符号	機関室区画	天井面積	検知器装備数
1	A	床面左舷	527 (m <sup>2</sup> )	4
2	B	床面右舷		4
3	C	第4デッキ左舷	720 (m <sup>2</sup> )	5
4	D	第4デッキ右舷		6
5	E	第3デッキ左舷	493 (m <sup>2</sup> )	4
6	F	第3デッキ右舷		6
7	G	第2デッキ左舷	760 (m <sup>2</sup> )	6
8	H	第2デッキ右舷		5
9	I	上甲板	190 (m <sup>2</sup> )	3
合計	9ゾーン			43

## (b) 二次システム検知器配置

機関室の特定ゾーンを重点的に選定し、これを十分カバーできるように適当数の検知器を配置した。三峰山丸の場合、その検知器数ならびに分割ゾーンの数は次表の通りに決定された。

二次システム検知器配置表

番号	ゾーン符号	機関室区画	検知器装備数	備考
10	J	床面左舷	6	一次システムⒶゾーンカバー範囲と一致
11	K	床面右舷	5	一次システムⒷゾーンカバー範囲と一致
12	L	第4デッキ、燃料清浄機区画	3	本区画に装備される消火装置に連動させる
13	M	第3デッキ、ボイラ室	5	
合計	4ゾーン		19	

一次システムにくらべてゾーン数が少ないが、これは実験的装備であるため重点ゾーンにしぼつたからである。二次システムの各ゾーンのカバーする範囲は一次システムの対応ゾーンのそれと一致することが原則的には望ましい。少なくとも、二次システムの各ゾーンのカバーする範囲が、一次システムの2個以上のゾーンにまたがることは不具合である。本船の場合、二次システム⑦、⑩ゾーンは、それぞれ一次システムのⒶ、Ⓑゾーンのカバーする範囲と一致し、①、⑫ゾーンはそれぞれ一次システムの⑨、⑪ゾーンに対応している。（完全一致していないが、他ゾーンにはまたがらない。）

三峰山丸機関室内一次システム、二次システム火災検知器配置図を図3.1.1-1(1)～(4)に示す。

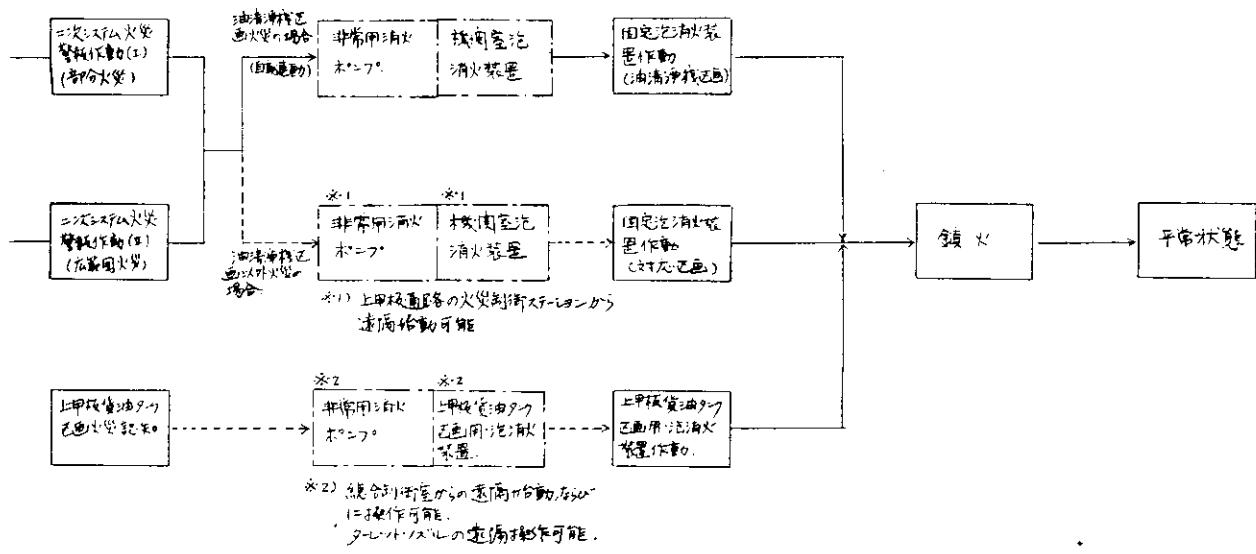
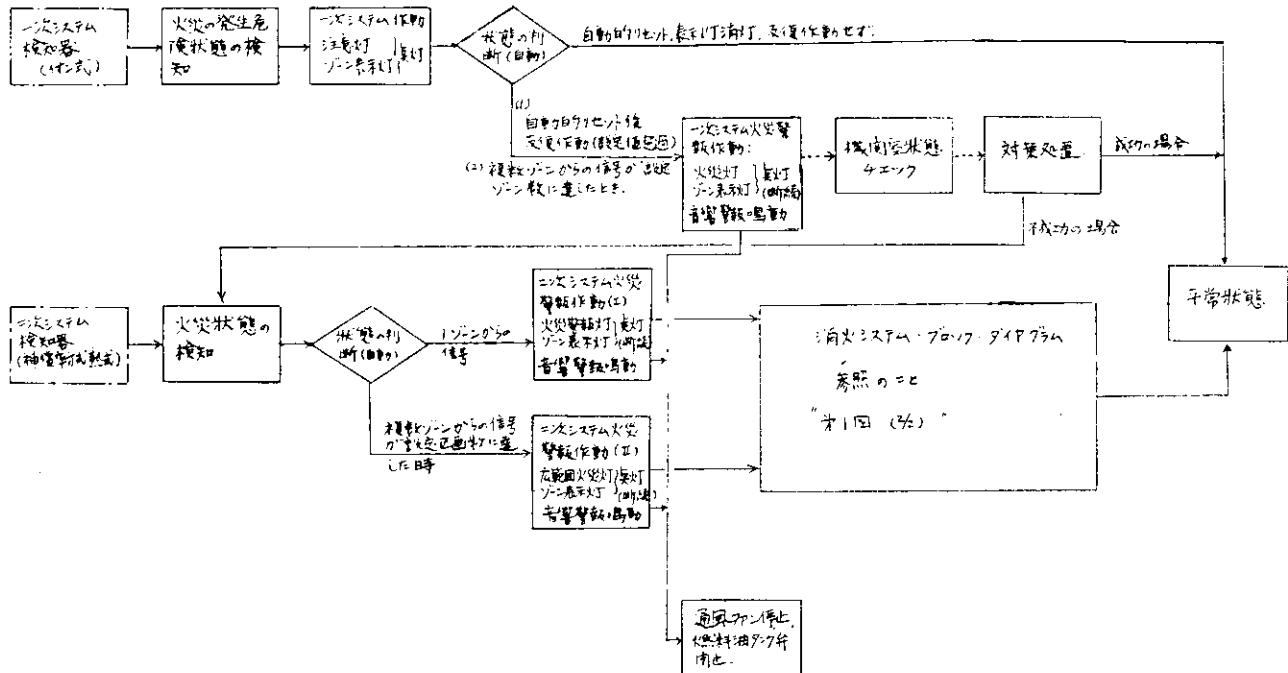


図3.1.1(2) 三峰山丸自動消火システム・プロツク・ダイヤグラム

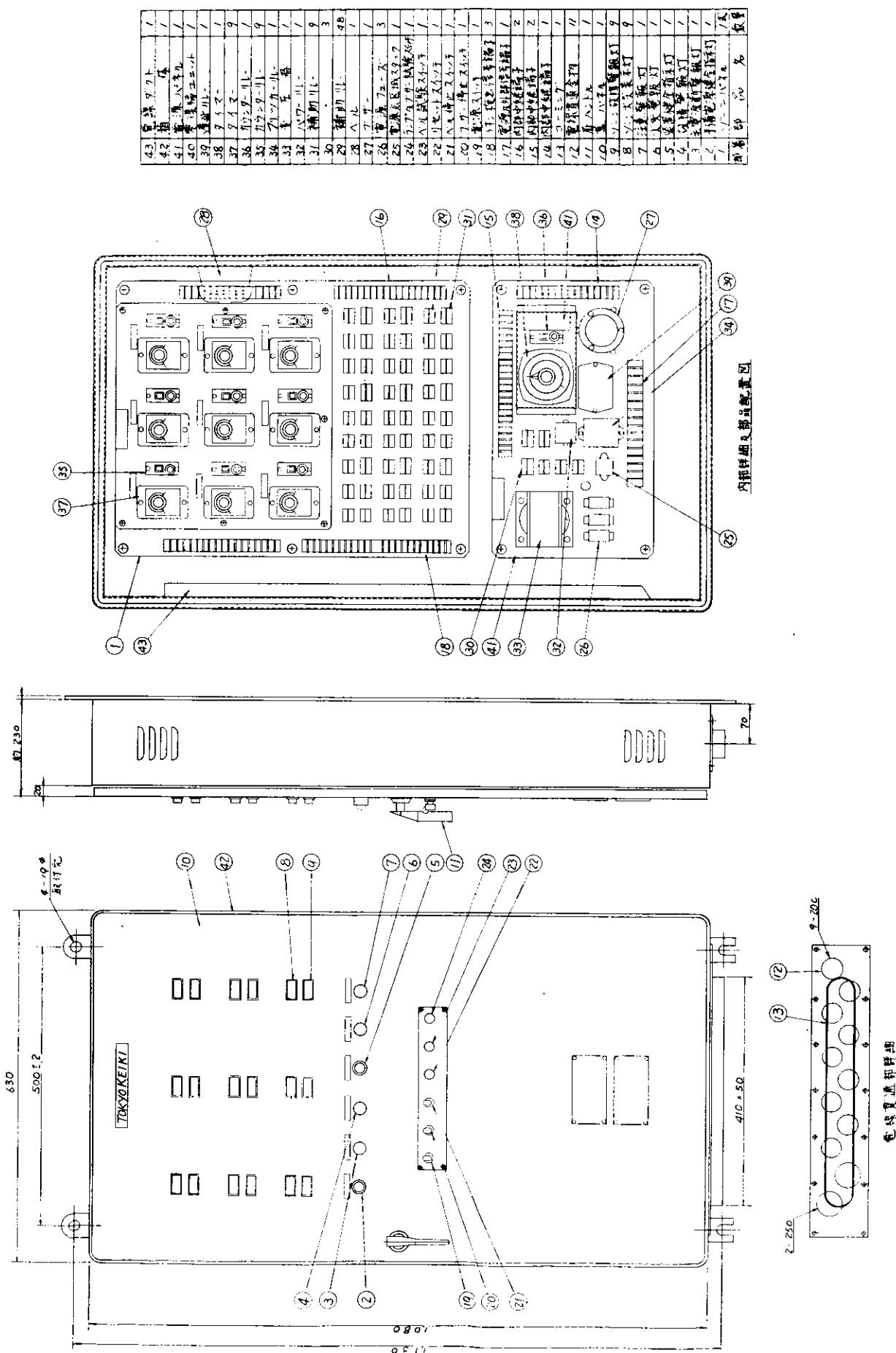


図 3.1.2 イオン式火災検知装置警報盤（一次システム）

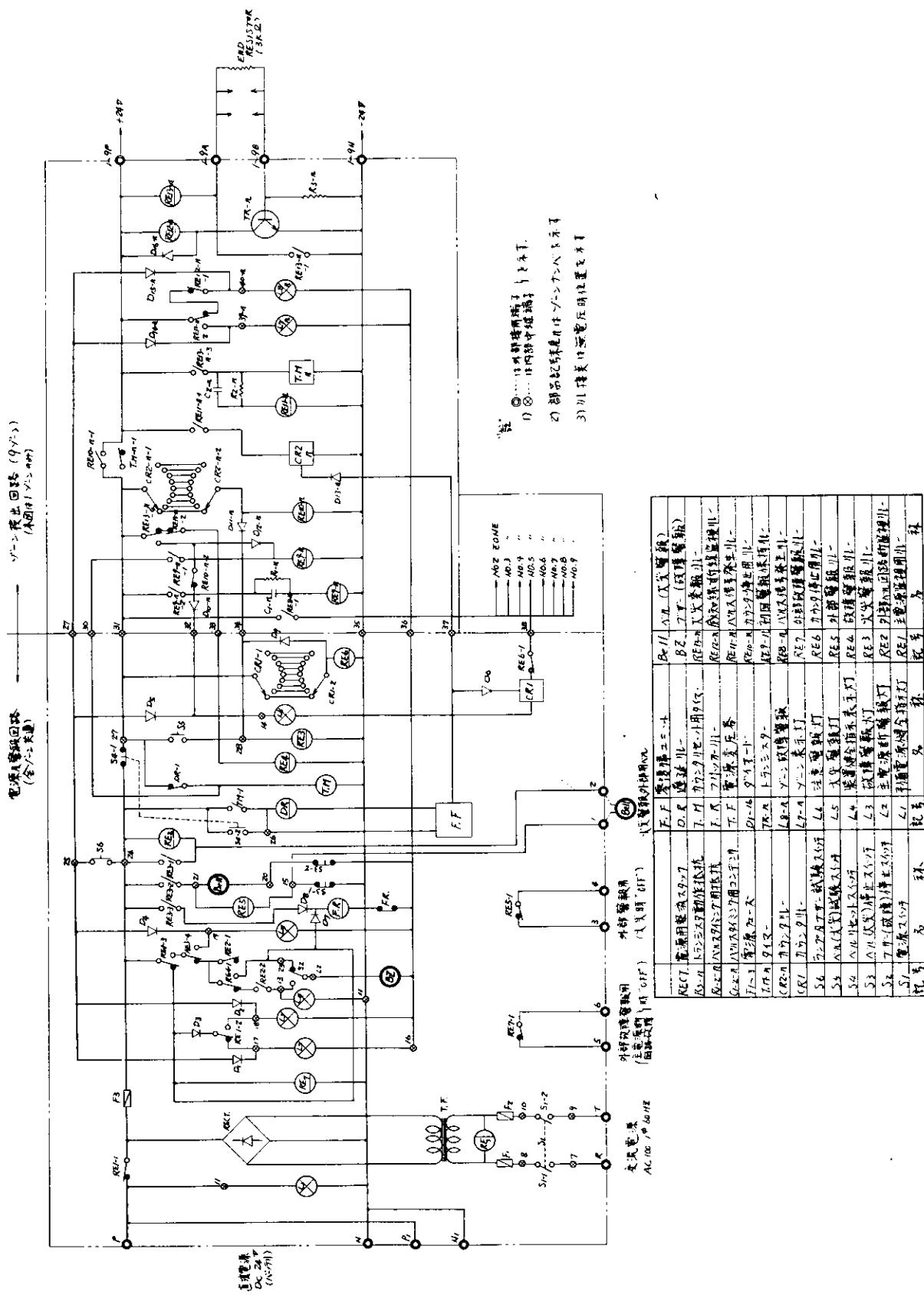


図 3.1.3 イオン式火災検知装置警報盤制御回路（一次システム）

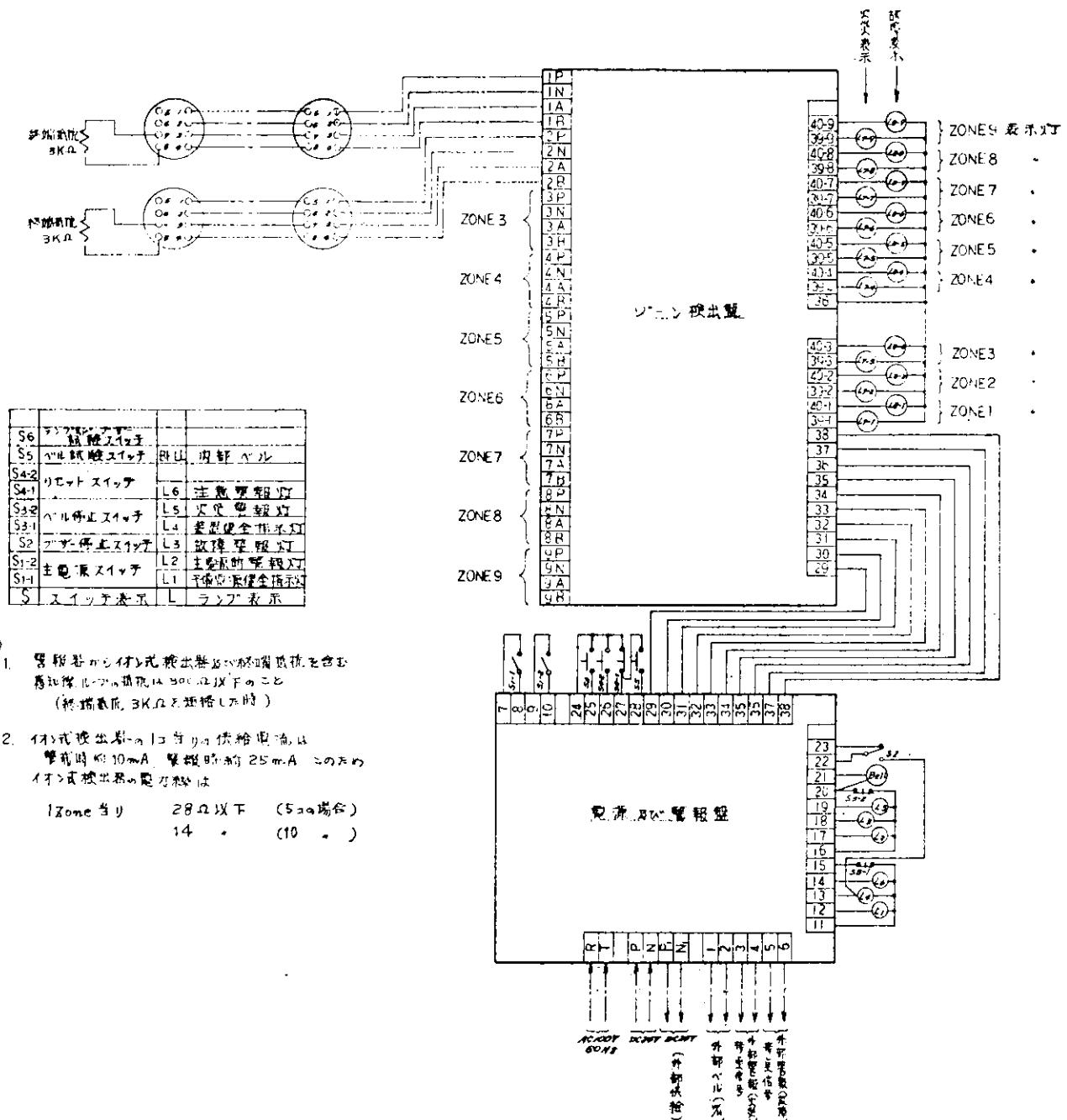


図 3.1.4 外 部 結 線 図 (一次システム)

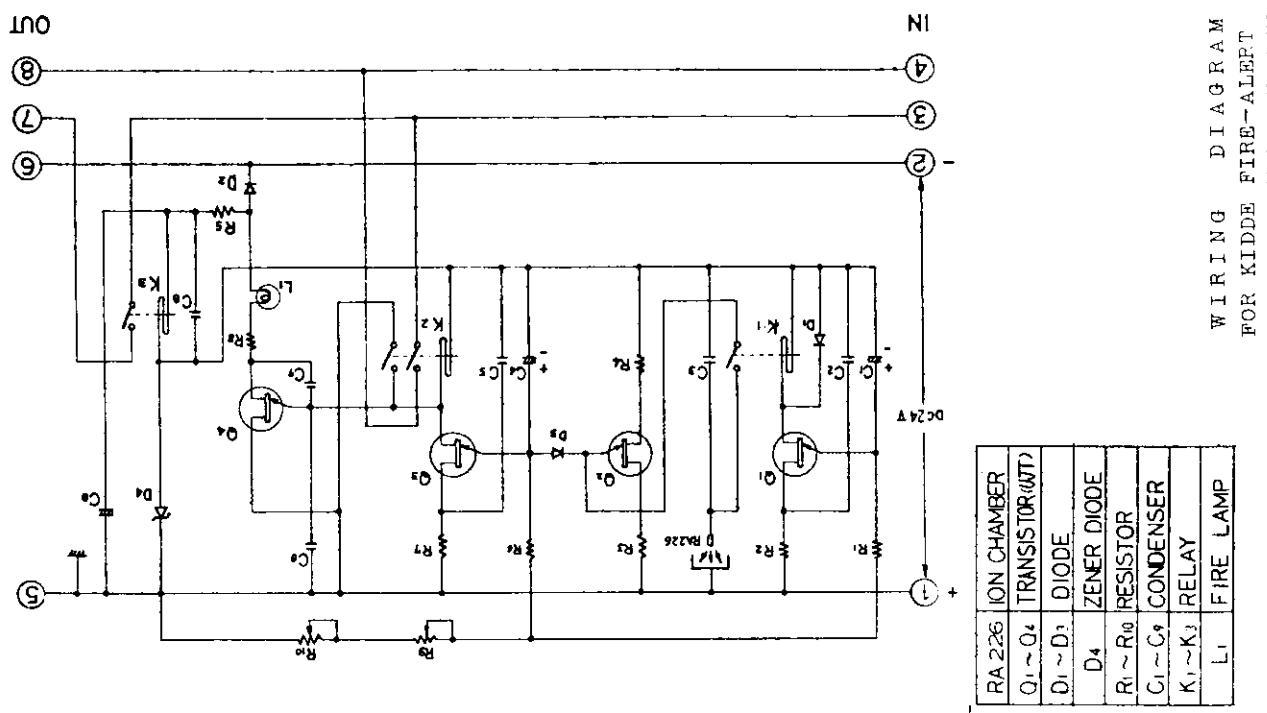


図 3.1.6 1 オン式煙検知器回路図

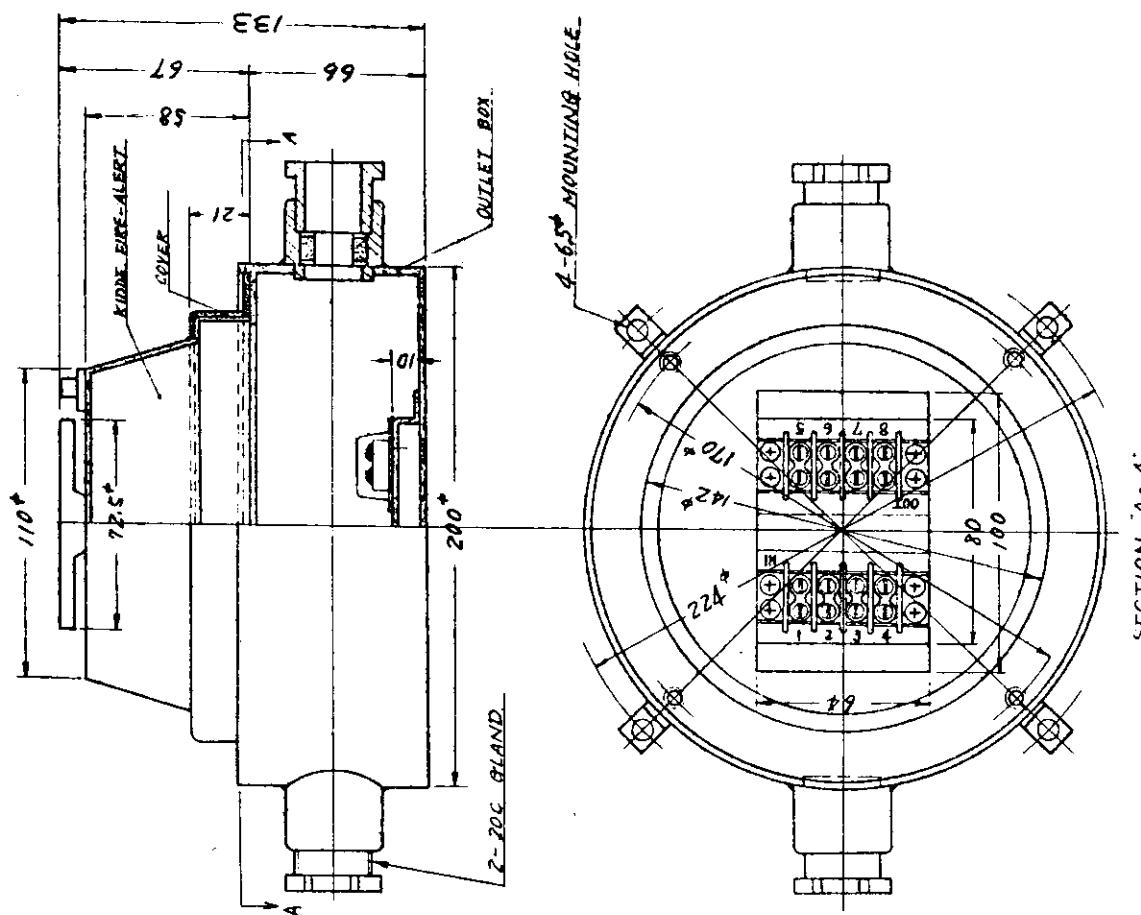


図 3.1.5 IONIZATION TYPE FIRE DETECTING SYSTEM  
KIDDE FIRE-ALERT  
WITH MOUNTING BOX  
取付台付 1 オン式検知器

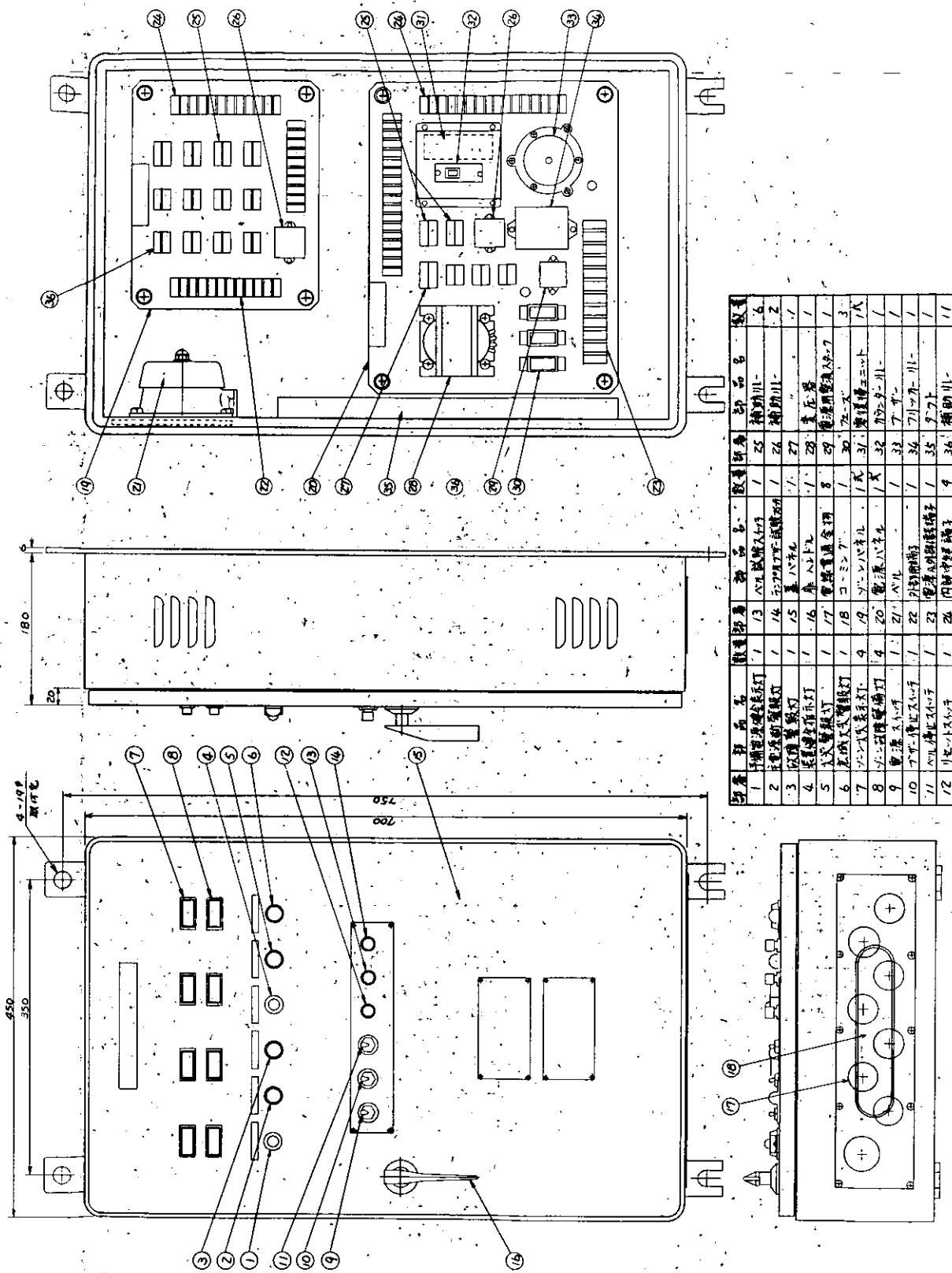
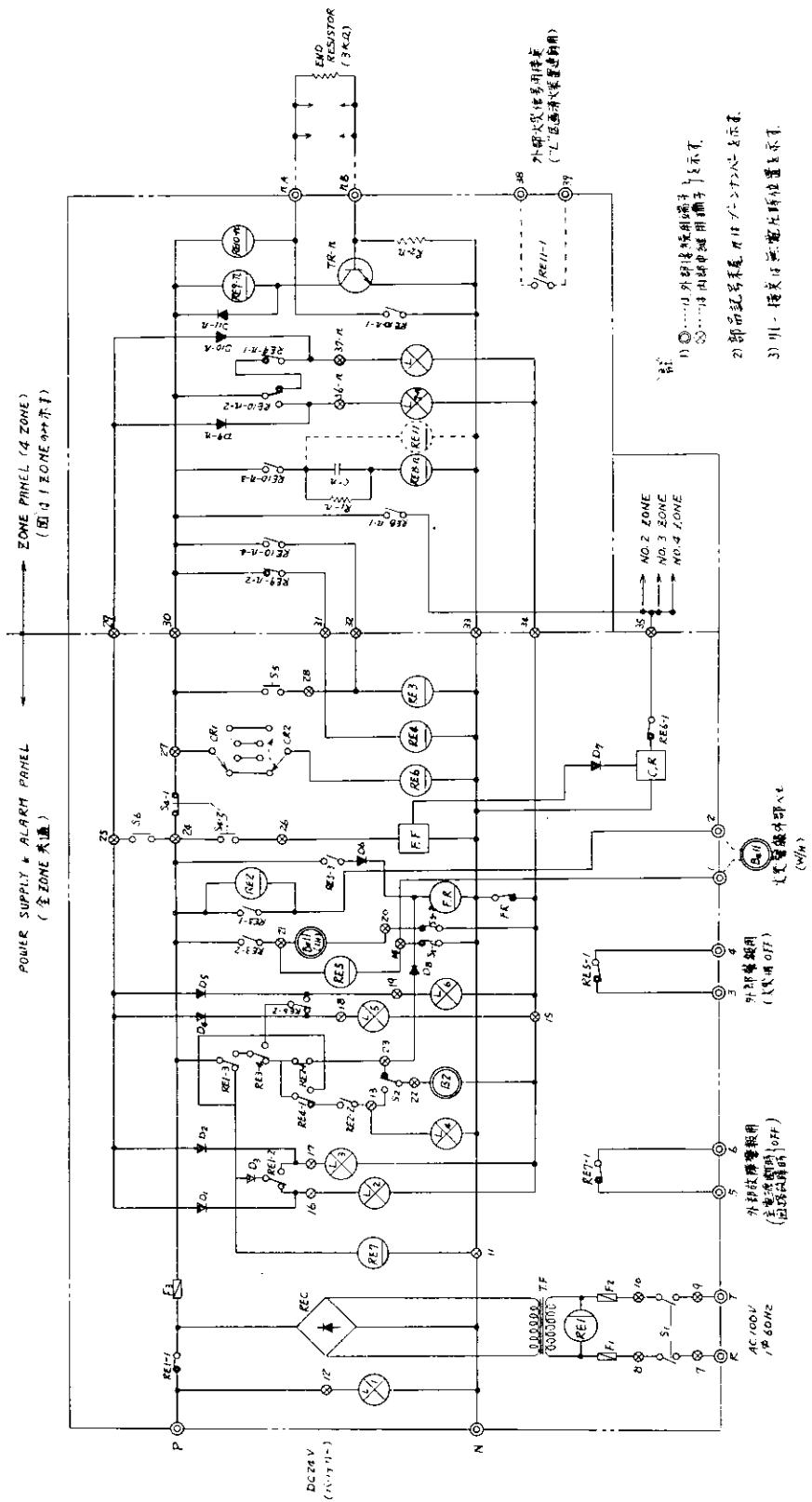
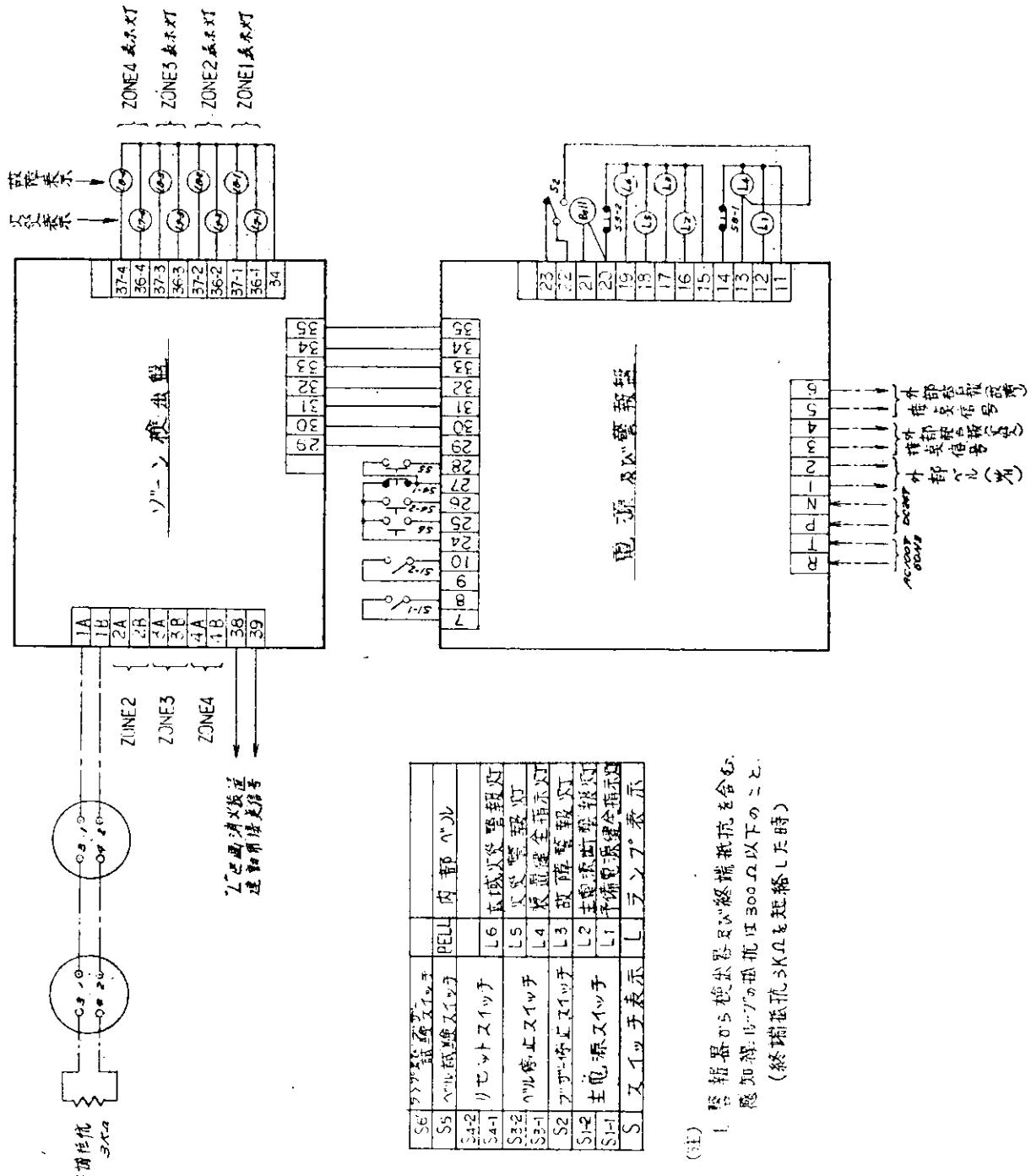


図 3.1.7 熱式火災検知装置警報盤（二次システム）



號	名	類	規 格	記 號	備 註
R-1	電動斷路器用閘刀	刀	手動電源總開全金屬刀	S-1	電源刀
R-E2	外殼斷路器監視刀	刀	主電源斷路器刀	S-2	主刀 (主刀) 電源刀
R-E3	送電盤刀	刀	送電盤刀	S-3	送電刀 (送電刀)
R-E4	送電盤刀	刀	送電盤刀	S-4	送電刀 (送電刀)
R-E5	母線盤刀	刀	大母線盤刀	S-5	大刀 (大刀) 試驗刀
R-E6	母線盤刀	刀	大母線盤刀	S-6	大刀 (大刀) 試驗刀
R-E7	外殼斷路器刀	刀	外殼斷路器刀	S-7	外殼刀 (外殼刀)
R-E8	八吋送電盤刀	刀	八吋送電盤刀	S-8	八吋送電刀
R-E9	感應錄影器刀	刀	感應錄影器刀	S-9	感應刀
R-E10	火警警報刀	(ZINE)	火警警報刀	S-10	火警刀
R-E11	外殼斷路器刀	(LCB)	外殼斷路器刀	S-12	外殼刀 (外殼刀)
C-K				R-E2	八吋送電刀 (八吋送電刀)
C-R				R-E3	送電刀 (送電刀)

図 3.1.8 熱式火災検知装置警報盤制御回路（二次システム）



(注)  
1 警報器から短巻線及び終端抵抗を含む。  
感知域: 1.5~2.5V 以下のこと。  
(終端抵抗3KΩを短絡した時)

図 3.1.9 外部結線図(二次システム)

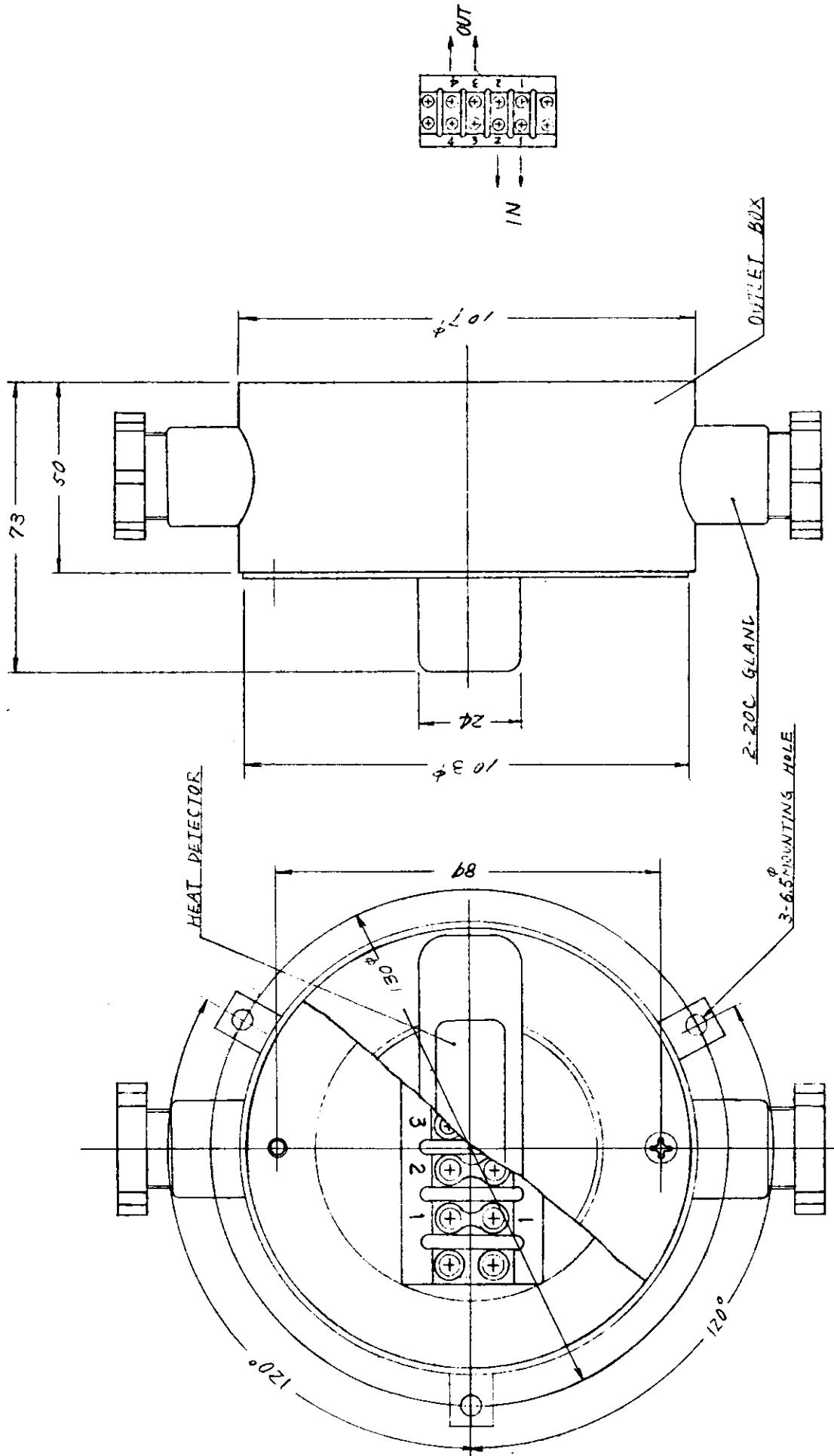
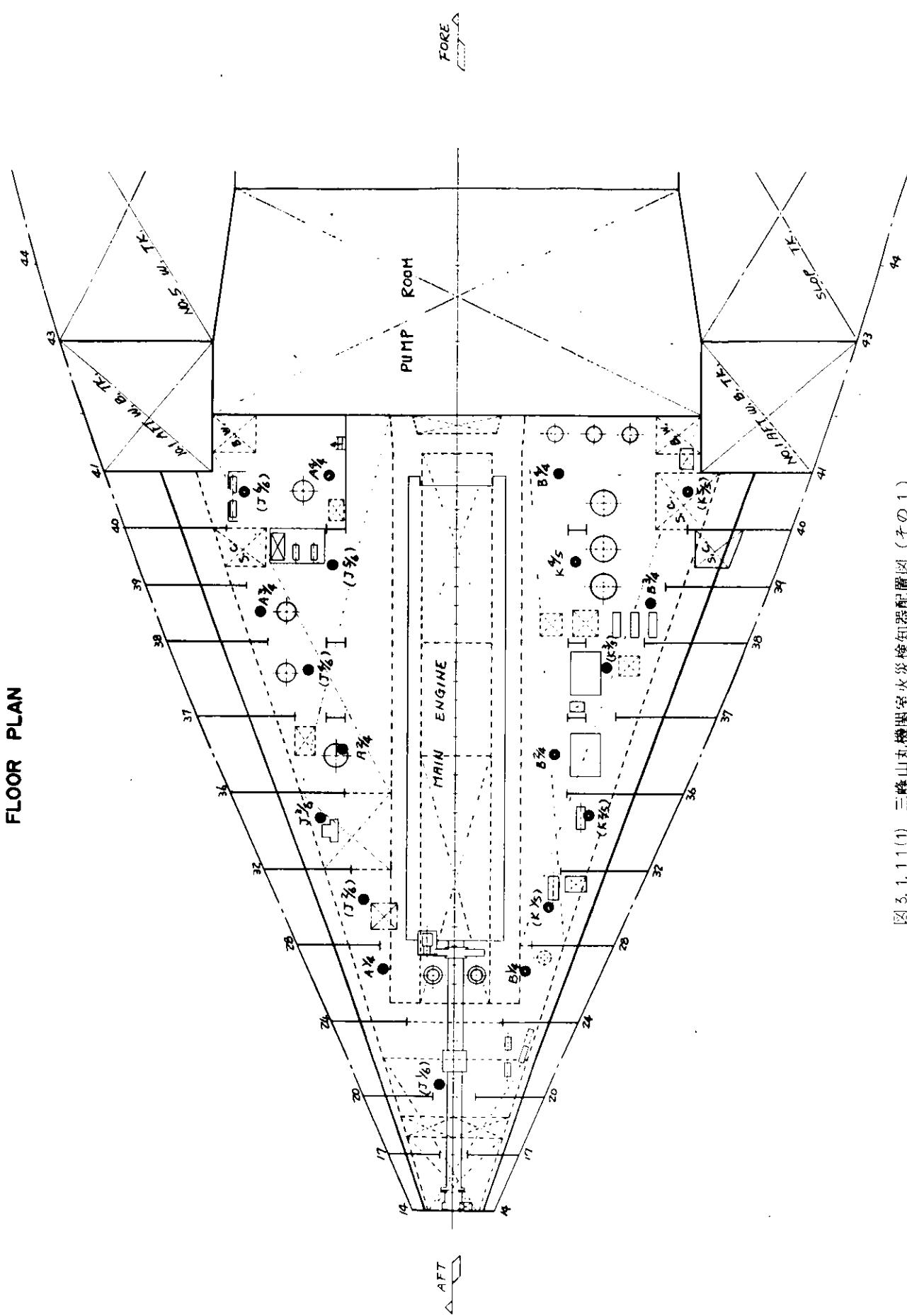


図 3.1.10 RATE COMPENSATION TYPE  
HEAT DETECTOR  
補償率方式熱式検知器(取付台付)

FLOOR PLAN



[図 3.1.11(1) 三峰山丸機関室火災検知器配置図 (その 1)]

## 4TH DECK PLAN

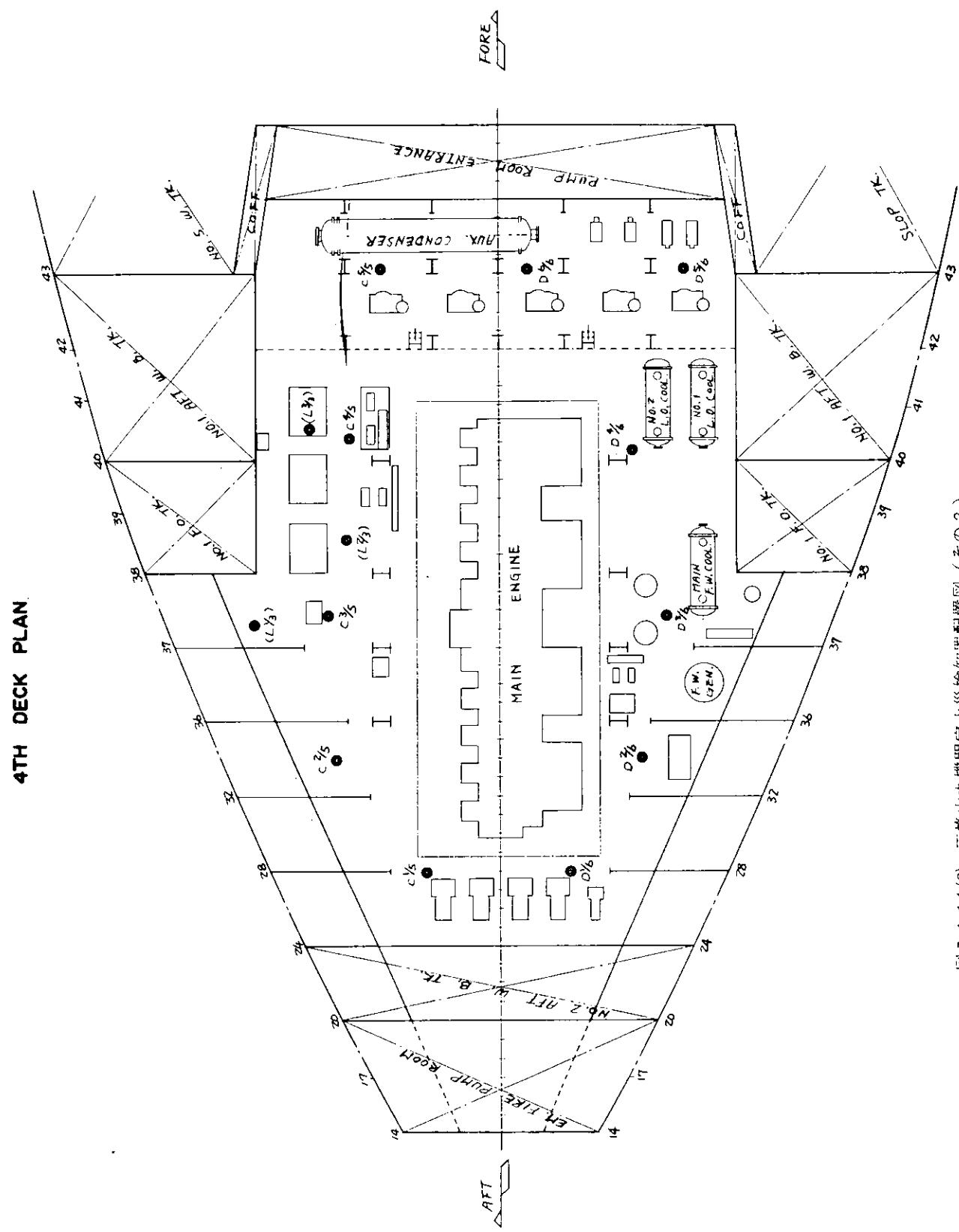


図 3.1.1(2) 三峰山丸機関室火災検知器配管図（その 2）

3RD DECK PLAN

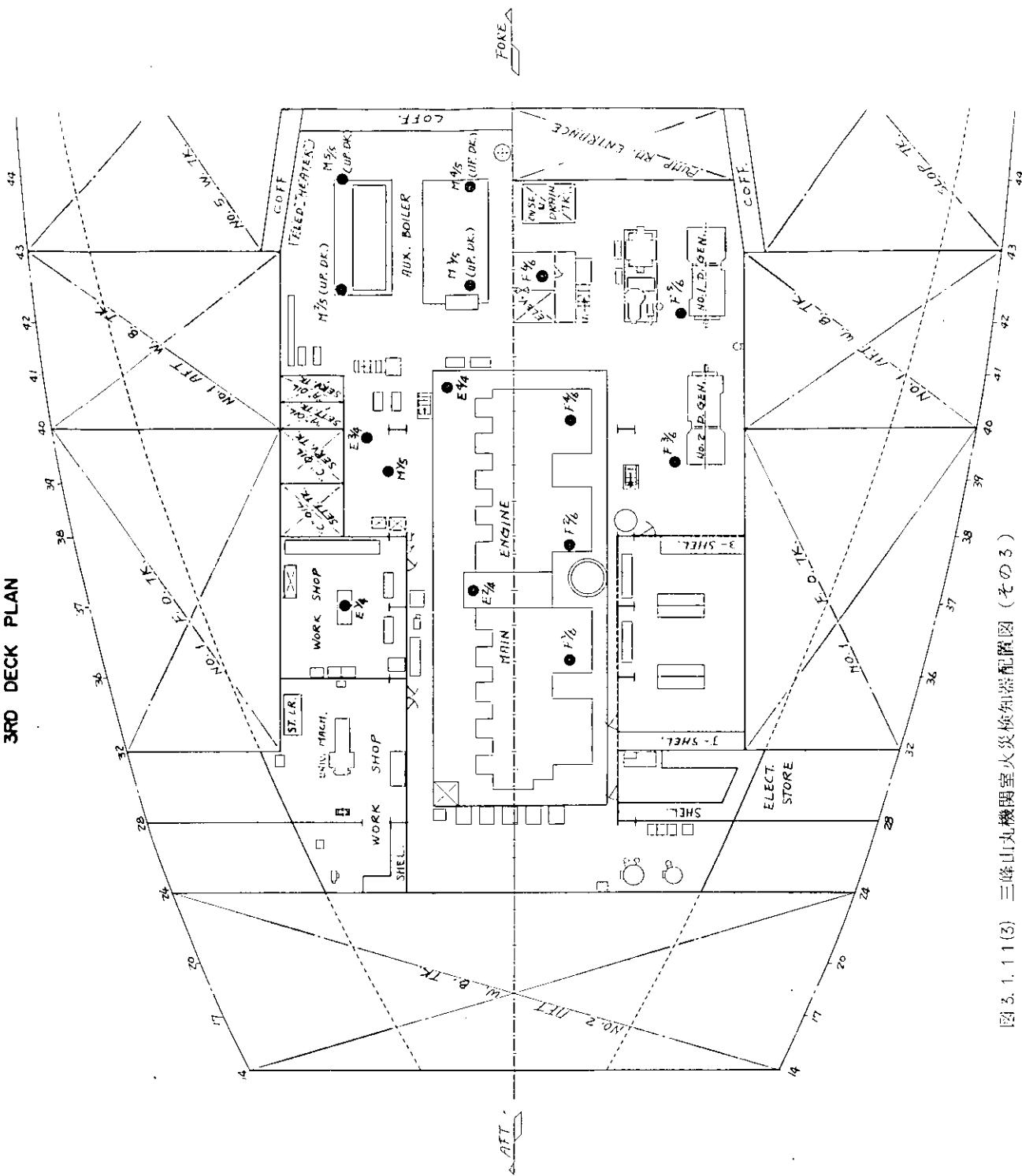


図3.1.1(3) 三峰山丸機関室火災検知器配置図（その3）

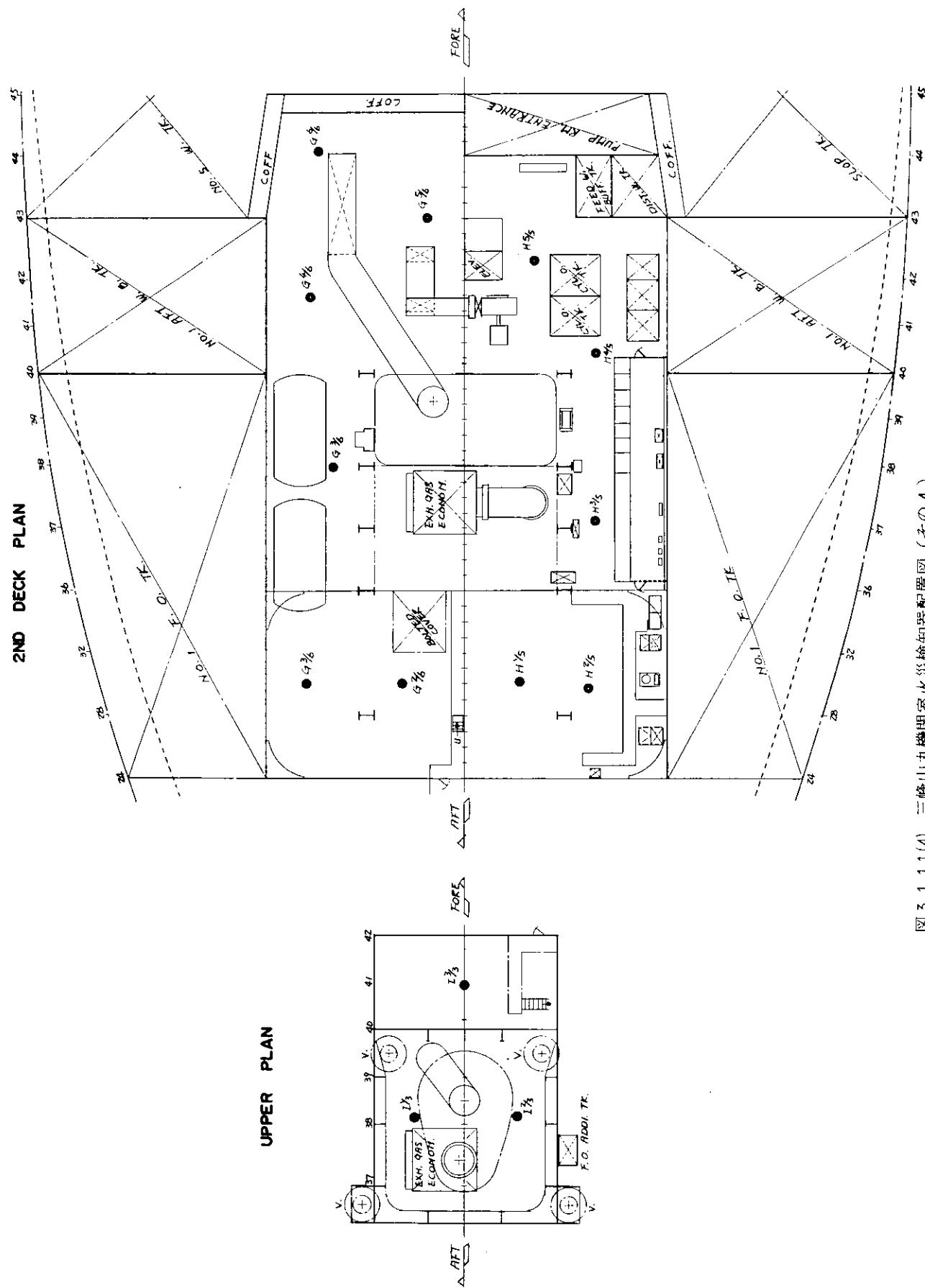
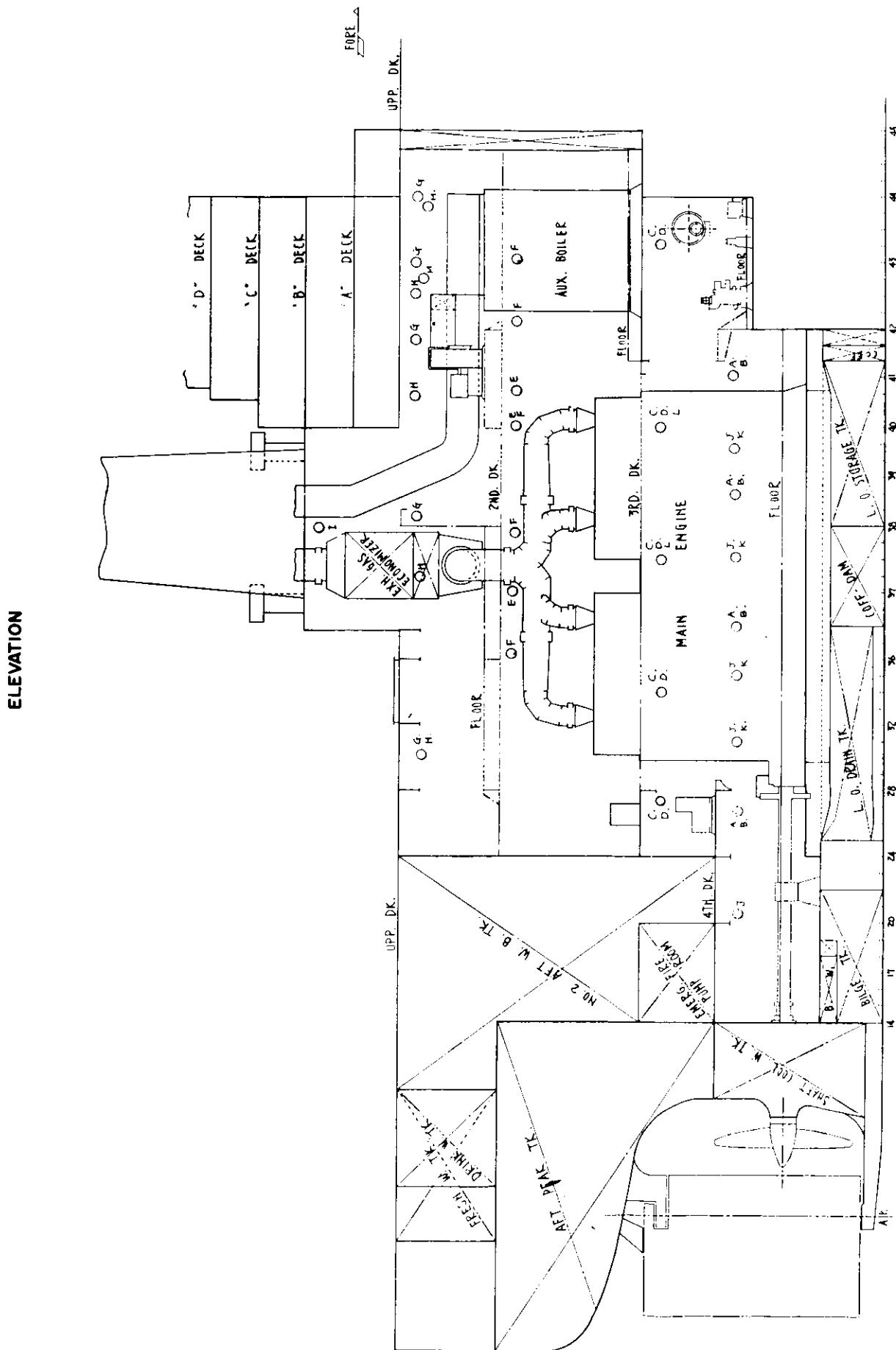
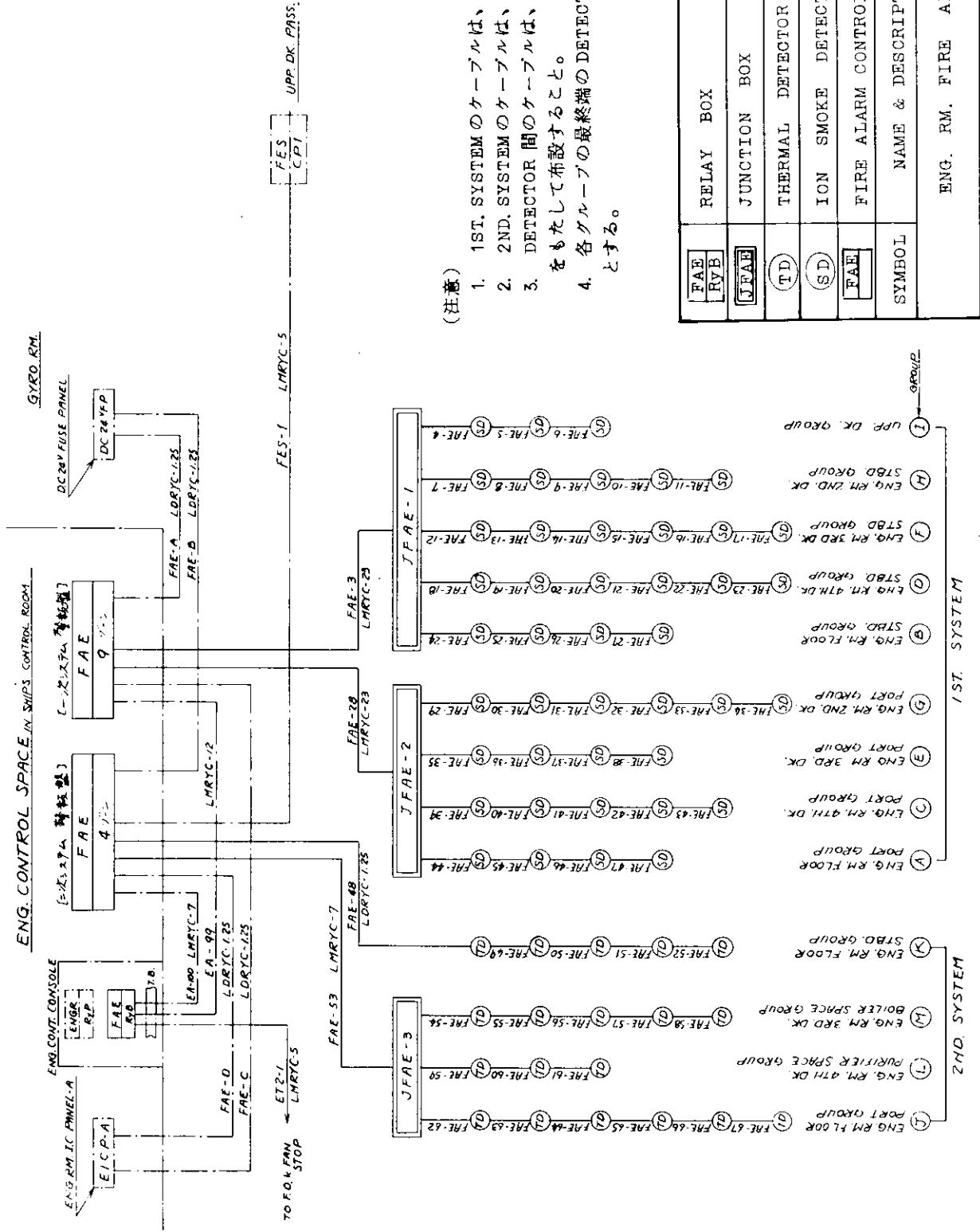


図 3.1.1(4) 三峰山丸機関室火災検知器配置図（その 4）

図 3.1.11(5) 三峰山丸機関室火災検知器配置図（その 5）





(注意)

- 1ST. SYSTEM のケーブルは、LMRYC-5 とする。
- 2ND. SYSTEM のケーブルは、LMRYC-1.25 とする。
- DETECTOR 間のケーブルは、両端を 3m ずつ余裕をもたして布設すること。
4. 各グループの最終端の DETECTOR は固定抵抗付きとする。

SYMBOL	NAME & DESCRIPTION	Q'TY	REMARKS
FAE	RELAY BOX	1	
JFAE	JUNCTION BOX	W.T.	3
TD	THERMAL DETECTOR	19	
SD	ION SMOKE DETECTOR	43	
PAA	FIRE ALARM CONTROL PANEL	2	

図 3.1.12 三峰山丸機関室火災警報システム結線図

### 3.1.3 「三峰山丸」機関室自動火災検知システム実船実験

前節において三峰山丸に装備された自動消火システムの概要を紹介したが、これの実船試験は、本船の完成引渡し前に造船所岸壁において行なわれ、上々の結果を得、本船乗組員からも高い評価をうけている。

以下にその試験要領について紹介する。

#### (1) 一次火災検知システム試験

##### (a) 設定および調整

- 1) 検知器の感知後自動リセットされるまでの時間：20秒 [30秒] (0～60秒各ゾーン別に調整可能)
- 2) 火災警報を発するに至る検知器からの繰返し信号回数：3回 [9回] (1～9回各ゾーン別に調整可能)
- 3) 火災警報を発するに至る他ゾーンにまたがる信号数：3ゾーン [5ゾーン] (1～9ゾーン調整可能)
- 4) カウンターの自動ゼロ復帰：12時間 [12時間] (0～24時間調整可能)

調整可能な設定値を以上の値に設定して試験を行なう。なお、この設定値については、本船就航後の状況をも併せ考慮して最適の値にもつて行く予定である。(本船、第一次航には[ ]内値に設定して出港した。)

##### (b) 試験要領

###### (i) 電源自動切替試験

AC 100V電源スイッチをカットして、次の事項を確認する。

- 1) DC 24Vバッテリ電源が自動的に入る。

###### (ii) 警報表示盤の ①予備電源灯点灯

- ①主電源断警報灯の点滅及びブザー鳴動
- ②機関制御盤の「FIRE TROUBLE」警報表示灯の点滅およびブザー鳴動
- ③装置健全表示灯消灯

###### (iii) 自動回路チェック機能試験

次の1)～4)の各操作を順次行ない、各操作ごとに下記事項(5)～7))を確認する。

- 1) 外部音警報器(火災警報用ベル)の回路を断とする。
- 2) ベル停止スイッチをカットしたままにする。
- 3) ブザー停止スイッチをカットしたままにする。
- 4) 検知器への4本の外線(2本電源線、2本感知線)の内、何れか一本を断とする。

###### 確認事項

- 5) 健全表示灯消灯(火災警報盤)
- 6) 故障表示灯点滅およびブザー断続鳴動(火災警報盤)
- 7) 「FIRE TROUBLE」表示灯の点滅およびブザー鳴動(機関制御盤)

###### (iv) イオン式検知器の作動試験

###### (1) 自動回路チェック機能試験

検知器への4本の外線のうち、何れか一本を断として次の事項を確認する。

- 1) 故障表示灯点滅およびブザー鳴動(火災警報盤)
- 2) ゾーン故障表示灯点滅 (同上)
- 3) 装置健全表示灯消灯 (同上)
- 4) 「FIRE TROUBLE」表示灯の点滅およびブザー鳴動(機関制御盤)

###### (2) 局部的火災または火災の兆候のある場合に対応する試験

線香束により実際に煙を作り、検知器を作動させるとともに次の手順により各項目を順次確認する。

- 1) 検知器作動と同時に「注意警報灯」および「ゾーン表示灯」点灯、20秒後(タイマー設定)に「注意警

報」「ゾーン表示」とともに消灯すると同時に注意警報一回とカウントする。

- 2) 煙の発生を続行する。
  - 3) 1) の動作をくり返しカウント2回となる。
  - 4) 煙の発生を続行させる。
  - 5) 「ゾーン表示灯」および「火災警報灯」の点滅と同時に音響警報断続鳴動
  - 6) 機関制御盤の「FIRE」警報、各機関士居室警報盤の「FIRE」警報、以上各イオン検知器について試験する。
- (iv) 複数ゾーンにまたがつて火災または火災の兆候ある場合に対応する試験  
3ゾーンで同時に煙を発生させ、各ゾーンの検知器のうち少なくとも1個以上のものを作動させ、次の項目を確認する。
- 1) 各ゾーンの「火災注意灯」「ゾーン表示灯」が点灯する。
  - 2) カウンターリレーが3ゾーンを検出すると同時に「火災注意灯」消灯「火災警報灯」点滅および音響警報断続鳴動する。
  - 3) 機関制御盤上の「FIRE」警報、各機関士居室警報盤の「FIRE」警報

(2) 2次火災検知システム試験

(a) 設定および調整

広域火災警報を発するためのゾーン数：2ゾーン〔3ゾーン〕（1～4ゾーン調整可能）  
〔〕内値は本船一次航出港時の設定値を示す。)

(b) 試験要領

(1) 電源自動切替試験

AC 100V電源スイッチをカットして、次の事項を確認する。

- 1) DC 24Vバッテリ電源が自動的にに入る。
- 2) 警報表示盤の○予備電源灯点灯
  - 主電源断警報灯の点滅およびブザー鳴動
  - 機関制御盤の「FIRE TROUBLE」警報表示灯の点滅およびブザー鳴動
  - 装置健全表示灯消灯

(2) 自動回路チェック機能試験

次の1)～4)の各操作を順次行ない、各操作ごとに下記事項(5)～7))を確認する。

- 1) 外部音響警報器(火災警報用ベル)の回路を断とする。
- 2) ベル停止スイッチをカットしたままにする。
- 3) ブザー停止スイッチをカットしたままにする。
- 4) 検知器への4本の外線のうち何れか一本を断とする。

確認事項

- 5) 健全表示灯消灯(火災警報盤)
- 6) 故障表示灯点滅およびブザー断続鳴動(同上)
- 7) 「FIRE TROUBLE」表示灯の点滅およびブザー鳴動(機関制御盤)

(iv) 熱式検知器の作動試験

1) 自動回路チェック機能試験

検知器への4本の外線のうち何れか一本を断として次の事項を確認する。

- 1) 故障表示灯点滅およびブザー鳴動(火災警報盤)

- II) ゾーン故障表示灯点滅（火災警報盤）
- III) 装置健全表示灯消灯（同上）
- IV) 「FIRE TROUBLE」表示灯の点滅およびブザー鳴動（機関制御盤）

### 2) 局部的火災に対応する試験

検知器をヘヤ・ドライヤーで70°C以上に熱し作動させ次の事項を確認する。（ただし、ボイラースペースのものは80°Cに設定）

- I) 「ゾーン火災表示灯」および「火災警報灯」が点滅レベルが鳴動する。
- II) 機関制御盤の「FIRE」警報表示および外部に火災警報ベルの鳴動
- III) 機関士居室、船橋監視盤に「FIRE」表示灯の点灯

### 3) 大火災に対応する試験

2ゾーンに属する検知器を同時に加熱して作動させ次の事項を確認する。

- I) 火災警報灯が点滅レベルが鳴動する。
- II) 2ゾーンの火災を検知すると同時に「火災警報灯」から「広範囲火災警報灯」に切り替り点滅する。
- III) 機関制御盤の「FIRE」表示灯の点灯

### 4) 油清浄機区画の検知器の作動試験

上記2)にしたがつて、試験を行ない、火災警報作動と同時に消火コントロールパネルへ信号を発し、非常用消火ポンプを始動し、同区画への泡消火装置の始動を確認する。

〔追記〕 本船は前記設定値に調整の上出港した。比較的各設定値を大きくとつて出港したのは処女航海における警報のひん発などを考慮した結果である。第一次航においては、注意警報（一次システム）もほとんど出ていない状況であるので、一次システムの火災警報を発するに至る検知器からのくり返し信号回数の9回という設定値は大きすぎると考えられ、実際の運航状態にて、さらに実績をみながら、この設定値を下げるべく計画している。なにぶんまだ航海日数の少ない現在、確定的な設定値を決定することは難しいが、最適設定値へ近づけるよう、計画している。

## 3.2 自動火災検知システムとの連動による自動消火システム実船実験

### 3.2.1 概要

昭和43年度以来、自動消火システムについても、関連する諸問題、特にルールとの関連における問題点、機能上、機構上の問題点の調査検討、火災検知システムとの連動の問題についての検討を行なつたが、本昭和45年度においてその研究結果にもとづくシステムを実船に装備し、確認実験を行ない、その成果を確認することとなつた。実船装備の対象船として三井造船（株）千葉造船所で建造された大阪商船三井船舶（株）向けディーゼルタンカー三峰山丸をえらび次節以下にのべる自動消火システムを装備し、確認実験を行なつた。

### 3.2.2 「三峰山丸」の自動消火システムの概要

三井造船（株）建造、大阪商船三井船舶（株）向け超自動化タンカー三峰山丸に採用されている自動消火システムの概要を以下に報告する。

本船の自動消火システムの計画に当つては、適用される法規を満足しつつ、昭和43年度以来の本研究結果の試験的採用、超自動化タンカーにふさわしい自動遠隔集中制御方式の消火システムの採用という基本線に沿つて計画が進められた。いま本システムの主要ポイントを記せば以下の3点となる。

- 1) 機関室泡消火装置の火災制御ステーション（Fire Control Station）よりの遠隔操作。これには非常用消火ポンプの遠隔始動を含んでいる。
- 2) 機関室泡消火装置のうち、油清浄機区画に対しては、該区画に対する二次火災検知システムの火災警報との連動作動。

CONNECTION DIAGRAM

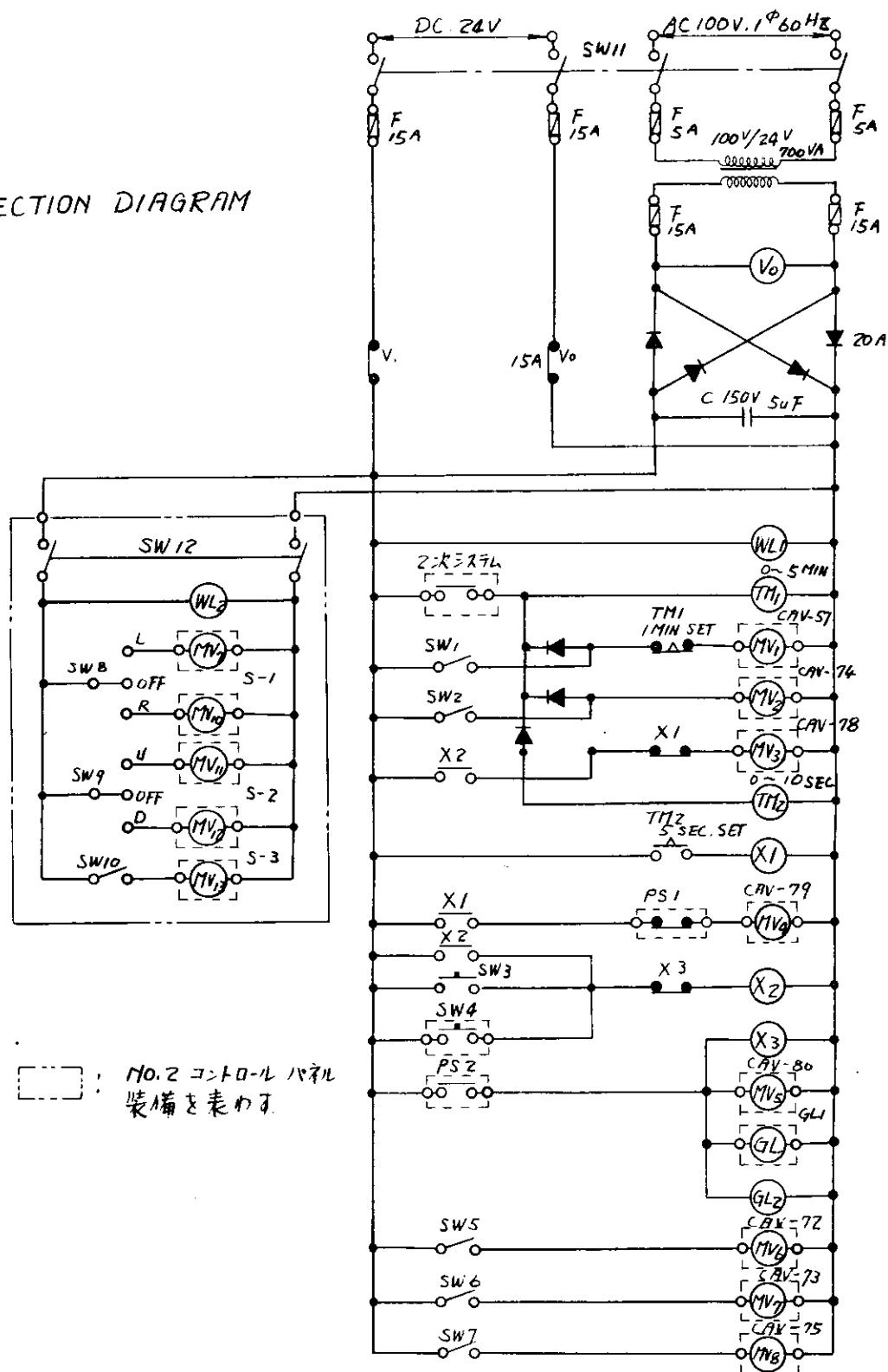


図 3.2.1(1) 火災検知装置と連動した泡消防装置結線図 (Lグループと連動)

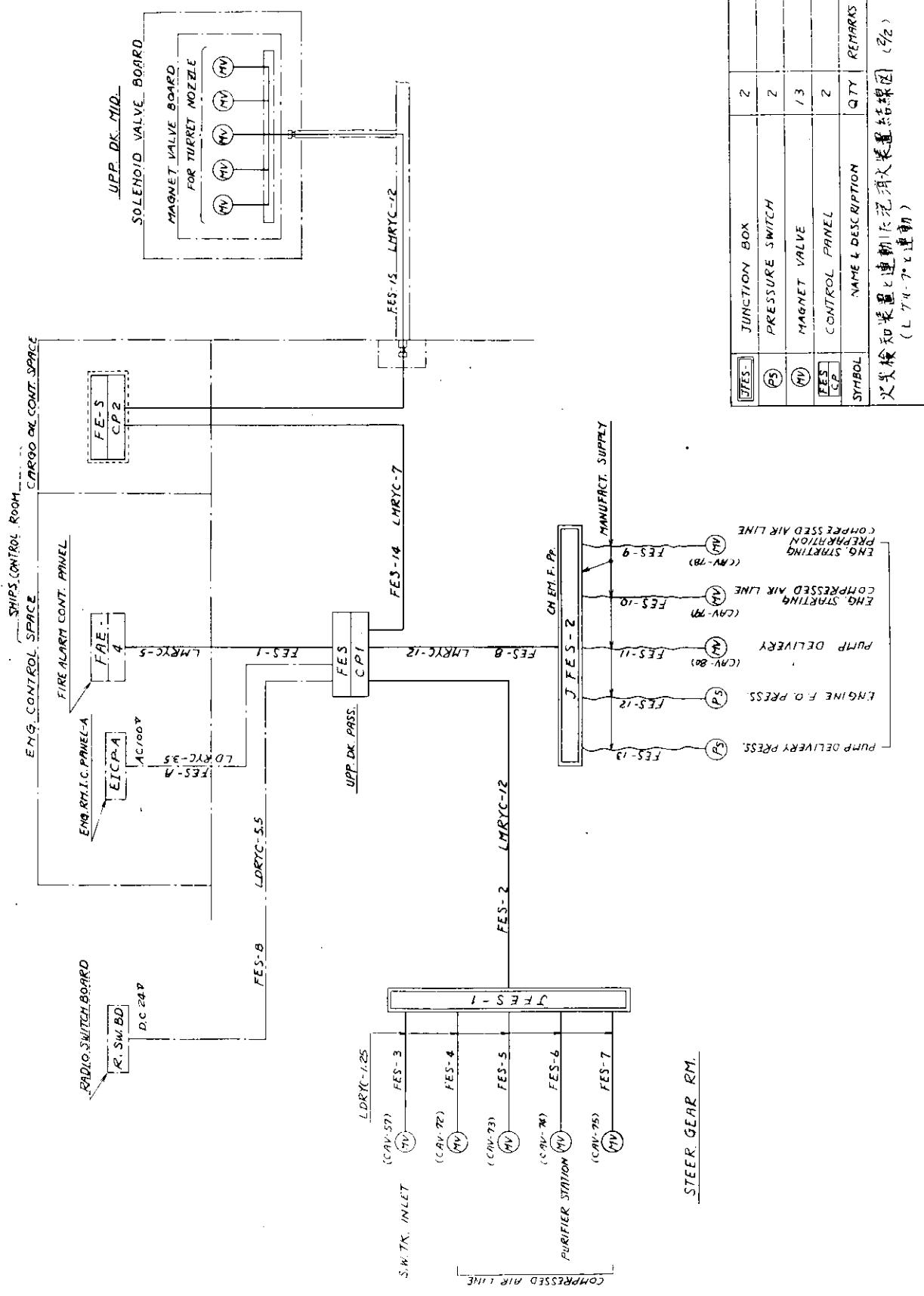


DIAGRAM OF AUTOMATIC FIRE CONTROL SYSTEM

<& NORMALLY OPEN >

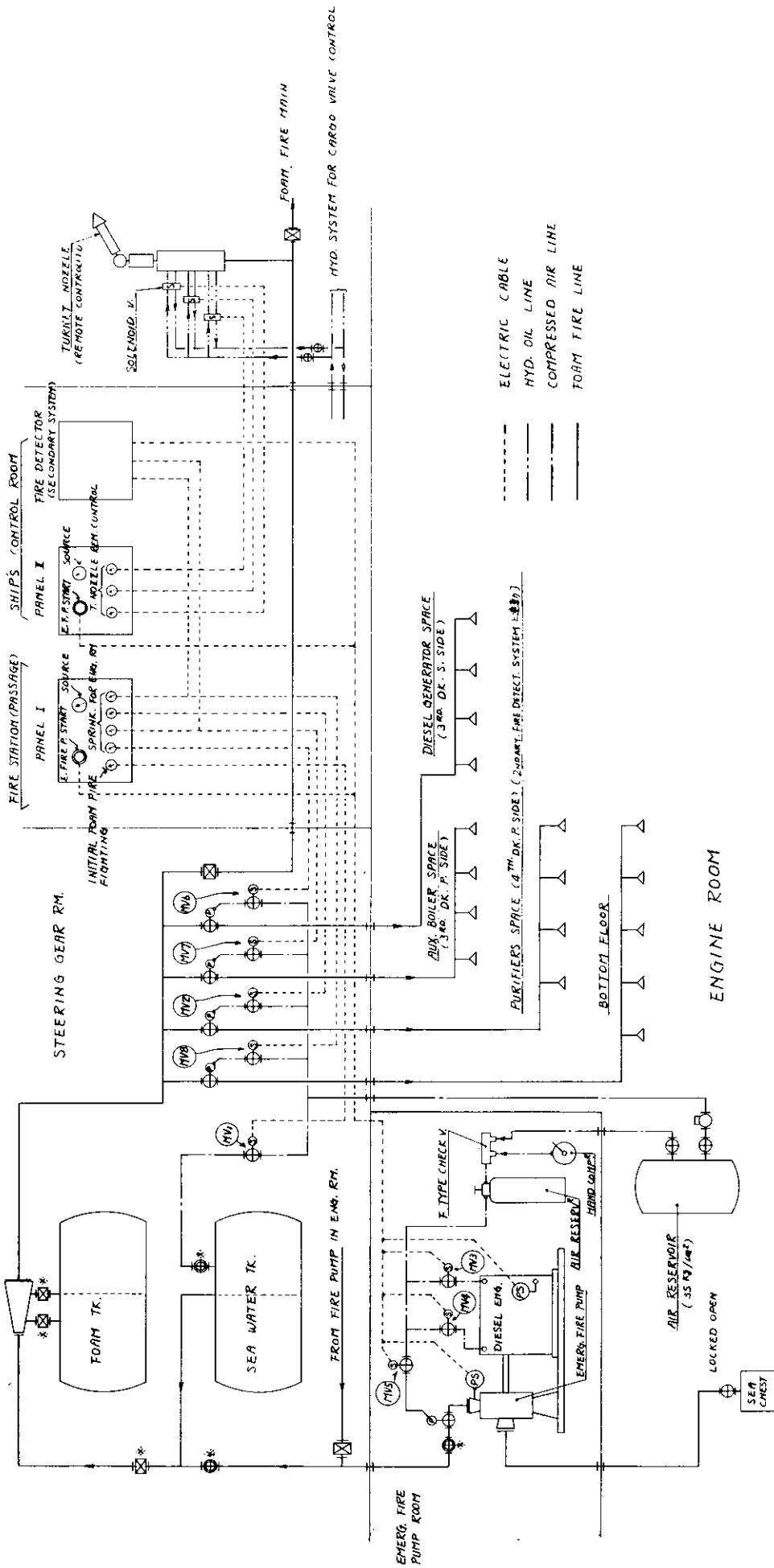


図 3.2.2 三峰丸自動消火システム系統図

3) 上甲板貨物油タンク区画火災に対しては、総合制御室 (Ship's Control Room)よりの泡消火装置の遠隔操作。これには非常用消火ポンプの遠隔始動を含んでいる。

(図3.2.2 三峰山丸自動消火システム系統図、および図3.2.1 火災検知装置と連動した泡消火装置結線図を参照のこと。)

#### (1) 機関室泡消火装置

機関室の消火に対しては、機関室泡消火装置を上甲板上の通路に設けられた火災制御ステーション(FIRE CONTROL STATION)から遠隔操作することが可能である。すなわち、機関室の火災警報(一次システムまたは二次システム)により、当直員は火災制御ステーションに急行する。機関室の状態を一応視認の上、次にとるべき動作を判断する。(通路に火災制御ステーションが設けられたのも、この動作を考慮した船主の要望によるものである。)なお、泡消火装置始動のためには次のステップを踏む。

まず、火災区画への泡分岐管の弁を開くため、系統図に示す電磁弁 MV<sub>2</sub> または MV<sub>6</sub>、ないし MV<sub>7</sub>、MV<sub>8</sub> に通電させるべく、パネルⅠのスイッチを押すとともに、初期泡消火スイッチを押し、弁 MV<sub>1</sub> を開放することにより、圧縮空気を海水タンクにおくりこみ、この圧力によつて、あらかじめ貯えられた海水を駆動用液として、プロポーショナーへ送りこみ、泡タンク内の泡原液を吸引、所定混合比の稀釀原液として、フォーム・スプリンクラーへ送り出す。これによつて非常用消火ポンプ始動までの空白時間を埋め、有効なる初期消火を期待することができる。次いで、非常用消火ポンプ・スタートのボタンを押すことによつて、非常用消火ポンプが始動し、泡消火装置へ所要の海水を送り込む。ポンプ始動のボタンを押すと、

1) 始動位置検出用電磁弁 MV<sub>3</sub> が開く。

2) 1.5秒後(タイマー設定による)に MV<sub>3</sub> が閉じると同時に始動用電磁弁 MV<sub>4</sub> が開き、エンジン始動し、ポンプ始動する。

3) ポンプ吐出圧上昇したところで、電磁弁 MV<sub>5</sub> 開く。

4) 泡消火装置への送水が開始される。

の順序でポンプ始動する。

以上の通り、上甲板上の通路に設けられた火災制御ステーションにおいて、初期泡消火装置の始動、非常用消火ポンプの始動、火災区画への分岐弁の遠隔操作が可能であり、在来の船舶における消火装置にくらべ、火災発見から消火装置始動までの時間、労力が大巾に削減された。

#### (2) 二次火災検知システムとの連動

機関室泡消火装置のうち、油清浄機区画に対しては、該区画に対する二次火災検知システム火災警報と連動して、泡消火装置が作動するよう計画されている。この機構について以下に説明する。

1) 二次火災検知システム油清浄機区画の火災警報が作動

2) 二次火災検知システム火災警報に連動して、電磁弁 MV<sub>1</sub>、MV<sub>2</sub> が開き、該区画への初期泡消火を行なうと同時に、非常用消火ポンプ始動位置検出用弁 MV<sub>3</sub> が開く。

3) タイマー設定により、設定時間(1分間)経過後 MV<sub>1</sub> は閉止、圧縮空気による液送入は終了する。また、別に設定されたタイマーによつて(1.5秒)始動用弁 MV<sub>4</sub> が開き、エンジン始動ポンプ始動する。

4) ポンプ吐出圧上昇したところで、電磁弁 MV<sub>5</sub> 開く。

5) 泡消火装置への送水開始

の順序によつて、二次火災検知システムの火災警報と連動して泡消火装置が始動する。

#### (3) 上甲板貨物油タンク区画泡消火装置

上甲板貨物油タンク区画火災に対しては、総合制御室 (SHIP'S CONTROL ROOM) よりの泡消火装置の遠隔操作が可能である。

貨物油タンク区画の火災認知後、総合制御室に設けられたパネルⅡの非常用消火ポンプの始動ボタンを押すと、先述のパネルⅠの始動ボタンを押す場合（機関室泡消火装置始動の場合）と全く同一の動作手順で非常用消火ポンプが始動し、泡消火装置へ海水が送入される。一方、上甲板に設けられたターレット・ノズルは油圧による元弁開放、左右旋回、上下俯仰角の調整の総合制御室からの遠隔操作が可能であり、上甲板貨物油タンク区画に対する泡消火装置のワンマン操作を実現させた。

### 3.2.3 「三峰山丸」自動消火システム実船試験

前節において、三峰山丸に装備された自動消火システムの概要を紹介したが、これの実船試験は本船の完成引渡し前に造船所岸壁において行なわれ、上々の結果を得、本船就航後も、一朝、事ある場合必らず有効に作動するものと確信されている。何分実際の火災状態を現出して試験を行なう訳には行かず、消火機能の試験でなく、連動、遠隔操作機構の試験に終始したが、大略の試験要領について紹介する。

#### (1) 機関室泡消火装置通水試験

上甲板の火災制御ステーションのパネルⅠを操作し、

- 1) MV<sub>1</sub> の開弁の確認を行なう。
- 2) MV<sub>6</sub> の開弁ならびにそれにともなう泡消火管枝管弁の開弁の確認を行なう。
- 3) MV<sub>7</sub> ( MV<sub>2</sub> , MV<sub>8</sub> ) の開弁ならびにそれにともなう泡消火管枝管弁の開弁の確認を行なう。
- 4) 枝管弁の開弁確認後、該枝管系のつまりのないことを確認する。

#### (2) 機関室油清浄機区画火災検知(熱式検知器)に連動する非常用消火ポンプの始動、泡消火装置始動の確認試験

- 1) 油清浄機区画の二次システム検知器をヘヤ・ドライヤーで70°C以上に熱し、作動させると同時にゾーン火災表示灯および火災警報灯(共通)が点滅レベルが鳴動することを確認。
- 2) 同時に機関制御室の「FIRE」警報表示および外部には、火災警報ベルが鳴動することを確認。また、同時に機関士居室、船橋監視盤に「FIRE」表示灯点灯することを確認する。
- 3) 火災警報と同時に、消火コントロールパネルⅠへ信号を発し、非常用消火ポンプを作動し、同区画への泡消火装置を始動させる。

#### (3) 非常用消火ポンプによる射水試験

通常の船舶における射水試験と同一の方法で射水試験が行なわれた。

#### (4) 上甲板貨物油タンク区画消火用遠隔操作ターレット・ノズル作動試験

総合制御室の消火コントロールパネルⅡよりターレット・ノズルを遠隔操作する。

#### (5) 非常用消火ポンプ始動試験

機側始動および消火コントロールパネルⅠ、およびⅡより始動して運転確認を行なう。

### 3.2.4 後記

昭和43年度以来、3年にわたる「火災検知と消火の自動化システムの研究」が、一応、本年度三峰山丸への実船装備という形で、一応の終止符が打たれることとなつたが、この時点において研究開始当時などをふり返りつつ、本研究のもたらす成果、意義について考えてみたい。

研究開始当初は「船舶の高度集中制御方式の研究」の一環として火災検知、消火の自動化システムも何らかの格好でコンピュータと結びつけねばならないという暗黙の解釈のもとに進められたきらいがなきにしもあらずであつたが、研究の進展にともない、火災という現象が如何に複雑多岐であり、かつ、これが一旦発生してしまうと、いかに高度のコントロール(たとえばコンピュータによる)装置あるいはシステムによつても簡単に御し難いものであり、どちらかといふとコントロールの対象となる火災が一様に律しがたいものであるため、むしろそれぞれに応じた消火は人間の判断によるコントロールのほうが有効であるとの考え方方が大勢を占め、以後、コンピュータ・コントロールからは一応離れて研究を進めてきた。そしてわれわれは高度集中制御方式採用の超自動化船にあつては、必然的に派生する現象として、

乗組員の削減化、機関室の無人化が確実であり、その場合、コンピュータ・コントロールとは別個に、火災検知、消火の自動化システムが問題となるとの前提で、この点に価値を見出し研究を進めてきたものである。

火災検知システムについていえば、従来のともすれば、火災になつてしまつた状態をとらえて報知する火災報知システムに対し、より積極的に、火災になつてしまう以前の火災発生危険存在状態をとらえ、事前に火災発生の因を抹消するという考え方につつており、一次システムとしてイオン式検知器を採用しているのもこのためである。一方、将来の火災検知システムに完全運動の自動消火システムを想像するとき、その場合の火災検知システムの信号は確実なる火災の信号であることが要求される。ここにおいて火災予知、検知を主体とする一次システムと、本来の火災報知システムである二次システムとからなる複式システムの考え方方が生れたのである。

元来、この種安全に関するシステムは、規則によつて最低限の要求事項が規定されているため、逆にいふと、経済的見地から見て、規則要求を満足する最低限を装備すれば、事が足りるという考え方も存在し、むしろこれが底流をしめているといつてもよい。今回実験的装備ではあるが、複式火災検知システムを具備し、さらに特定の一区画にその火災検知システムと連動の自動消火システムをもつた船舶が実現し得たことは、将来の火災探知、消火の自動化の一般化への道の一布石として画期的なことと評価してよいと考えるものである。

また、今回本船で採用した消火の自動化システムにおいて、非常用消火ポンプの始動、泡消火装置の始動、ターレット・ノズルの遠隔操作が一個所のコントロール・センターから集中制御できるようになつてゐるが、広大な超大型タンカーにおいて、極く少数の乗組員が火災時に消火のために奔走することを想像すれば、これも必須のものであるといわねばならず、超自動化船の消火システムの将来の姿を具現したものとして評価できる。

しかし、ここで留意すべきは、火災発生を未然に防止するための予防的措置がもつとも肝要であつて、今後一般化するすう勢にあり、貨油タンクに対する不活性ガスシステムの採用はこの表れであり、機関室に対する複式火災検知システムの採用もこの一つの具体化である。

なお、ここで本研究にたづさわるものとして考えねばならないことは、消火装置の自動化によつて操作は非常に簡便なものとなるが、自動消火システムが必ずしも万能でないことである。したがつて、消火の基本原則「早期発見と初期消火」を再認識し、万一火災発生の場合にも、機に応じた手段がたてられるよう平素の訓練がやはり重要な課題となる。

最後に本研究は一応本年度をもつて終了となるが、まだ解明検討を要する問題もまだ多く存在し、これの解決に向つて一層の前進を期しつつ本研究報告の筆をおく。

## 4. 無線通信の自動化システムの研究

### 4.1 定時情報自動受信システムの研究

#### 4.1.1 概 要

船舶の無線通信士の就労内容を分析してみると、遭難電波の聴守、公衆通信（無線電報の送受信）、情報受信および機器の保守作業に大別できる。このうち質的にも量的に最も大きな比重をしめるのは、情報受信作業である。この作業を自動化して省力化を計ることを目的として S R 1 0 6 の要求性能・仕様にしたがつて昭和 4 4 年度に日本船用機器開発協会の場で安立電気株、日本無線株、協立電波株、日本電気株、沖電気株の五社が開発試作した定時情報自動受信装置を試験のため実船に搭載した。

まづ、本装置の性能確認のための予備実船試験として大阪商船三井船舶株の高尾山丸に搭載して日本ースマトラの航路にて、昭和 4 5 年 6 月 2 7 日～ 8 月 6 日の期間実験を行なつた。

次に、本装置のコンピュータ制御による自動受信を目的としての実用化試験のため大阪商船三井船舶株の新造船三峰山丸（三井造船千葉造船所建造）に搭載した。本船は昭和 4 5 年 1 月 2 0 日、日本一ペルシヤ湾の航路に就航して、現在試験を行なつている。日本一ペルシヤ湾航路において東京気象放送、グアム気象放送、ニューデリー気象放送および共同通信ニュースをコンピュータを使用して自動受信するものである。

#### 4.1.2 予備実船試験

##### (1) 試 験

大阪商船三井船舶株の所有船高尾山丸（ディーゼルタンカー）に下記の装置を搭載し、装置の性能確認試験を行なつた。

時計盤	1	1 体箇
プログラミング盤	1	
受信機	2	
自動模写受画装置	2	

上記装置は三等通信室に仮設置され、本船の航路日本ースマトラにおいて次の二航海にわたつて試験を行なつた。

第 1 回 昭和 4 5 年 6 月 2 7 日～ 7 月 1 5 日

千葉 → スマトラ → 境

第 2 回 昭和 4 5 年 7 月 1 9 日～ 8 月 6 日

横浜 → スマトラ → 横浜

##### (2) 試験結果

上記 2 回の試験とも下記事項のような不良により十分な試験が行なえず、不調に終つた。

- 1) 次のチャンネルの感度が悪く受信不能であつた。

C H 8 1 (J M H F 4 1 8 2 2 0 K H z)

C H 3 4 (J J C F 4 8 4 6 7 . 5 K H z)

C H 7 4 (J J C F 4 1 7 0 6 9 . 6 K H z)

C H 9 1 (J J C F 4 2 2 5 4 2 K H z)

C H 6 0 (J M H F 4 1 3 5 9 7 K H z)

- 2) 受画に位相のくずれことが多い。

- 3) 紙巻取りドラムに回転ムラがある。

- 4) 受画装置のブレードの消耗が激しい。

### (3) 修理改造

前記 4.1.2-(2)項の不良個所に対して本船から陸揚後、次の処置を施した。

#### 1) a) クリスタルの一部取替

#### b) 高周波増巾回路

トランジスターを使用した高周波増巾に比較して F E T を使用したものは A G C 特性バイアス電圧変動時の混変調特性がすぐれているので Dual gate F E T による増巾器に変更し、2段増巾とした。この改造により混変調特性で最大約 40 d B 改善された。

#### c) I F 段 A G C 回路

上記 b) 項に関連し、第 3 I F の A G C 特性を変更した。

#### d) 第 2 局部発振回路

第 2 局部発振の自動周波数制御回路は万ースレショルドを越えたとき不安定となり再引込みまで長時間かかり F A X 受信のとき良質な画像を得難いのでこれを廃止し、比較検出用周波数をそのまま増巾して第 2 局部発信信号として使用するよう変更した。

2) 自動位相検定機能を除去して受画位相のくずれを防いだ。すなわち、この機能は、たとえば送信側で誤りに気付いて途中で別の画を送信しなおしたようなときでも自動的に位相を再検定できるもので所定の S / N が取れている入力信号に対しては便利なものであるが、S / N の良くない信号に対しては、すなわち、位相信号が無いときでありながら位相信号と同じ信号がくる状態では回路はこれを位相信号として検定し、再検定を開始してしまうので位相がずれたりとんだりするものである。

3) 記録紙を巻取るための動力を伝達しているブーリー軸の軸受をナイロンおよびボールベアリングに変更した。

4) 記録紙を 18-80 型電解記録紙から 18-79 型電解記録紙に変更してブレードの消耗の度合を軽減した。

以上の修理改造により一応要求性能を満足する状態にした。

### 4.1.3 実用化試験

コンピュータ制御による定時情報自動受信装置の実用化試験のため三峰山丸に搭載した。

#### (1) 三峰山丸の要目

三峰山丸は三井造船株千葉造船所建造の大坂商船三井船舶㈱の新造船で、日本ベルシヤ湾を航海するディーゼルタンカーである。本船の主要は次の通り。

全長	324.00 m
垂線間長	310.00 m
幅	54.00 m
深さ	26.40 m
吃水	19.00 m
重量トン	224,500 K.t
主機	MITSUI B&W ディーゼルエンジン DE10K98FP型 38,000馬力 1基
航海速力	約 15.7 ノット

#### (2) 搭載機器および装備要領

定時情報自動受信装置は D 甲板の無線室内に装備されており、下記機器により構成されている。

時計盤	1面
プログラミング盤	1面
受信機盤 (シンセサイザ盤を含む)	2面

1つの筐体となつていて。

空中線共用装置	1台
天気図模写受画装置（2個）	1面（1つの筐体となつてゐる）
アンテナは専用のものを1条装備している。	

上記の外にコンピュータ制御用のパネルが1面無線室内に装備してある。また、コンピュータ室には本装置用のインターフェイス（信号交換器）を装備してある。

図4.1.1は本装置全体の系統を示し、図4.1.2は無線室内の配置を示し、図4.1.3は装置の写真である。

本装置を装備する上で船体振動による機器の故障が起きぬよう考慮した。

通信士が当直の場合、無線コンソールから装置の動作状態が着席のままみれるような配置にしてある。

本装置、制御パネルおよびインターフェイス相互間の接続電線は公称断面積 $0.5\text{mm}^2$ のコンピュータ用シールド線を使い、外部からの誘導障害に対し考慮がはらわれている。

### (3) 受信放送内容

三峰山丸は日本↔ペルシヤ湾間を航行することから、ニューデリー気象放送（VVD）、グアム気象放送（NPN）、東京気象放送（JMH）、共同通信（JJC）の放送をファクシミルで自動受画する。なお、テープレコーダーによる放送受信は行なわない。

各放送局の放送スケジュール（本船が受画するもののみ）、および放送周波数は下記の通り。

#### ニューデリー気象放送（VVD）

呼出符号	周 波 数	出 力
VVD	3,192.5 KHz	5 KW
	7,580	5
	12,075	5
	19,400	

放 送 時 間	回 転 数	線密度	天気図時刻	放 送 の 種 類
0730～0745GMT	90R/M	4	0000	Surface analysis
1930～1945	90	4	1200	Surface analysis
2145～2215	90	4	1200	Surface analysis-equatorial

#### グアム気象放送（NPN）

呼出符号	周 波 数	出 力
NPN	4,975 KHz	10 KW
	7,645	40
	10,255	40
	13,807.5	40
	18,620	40
	23,880	10

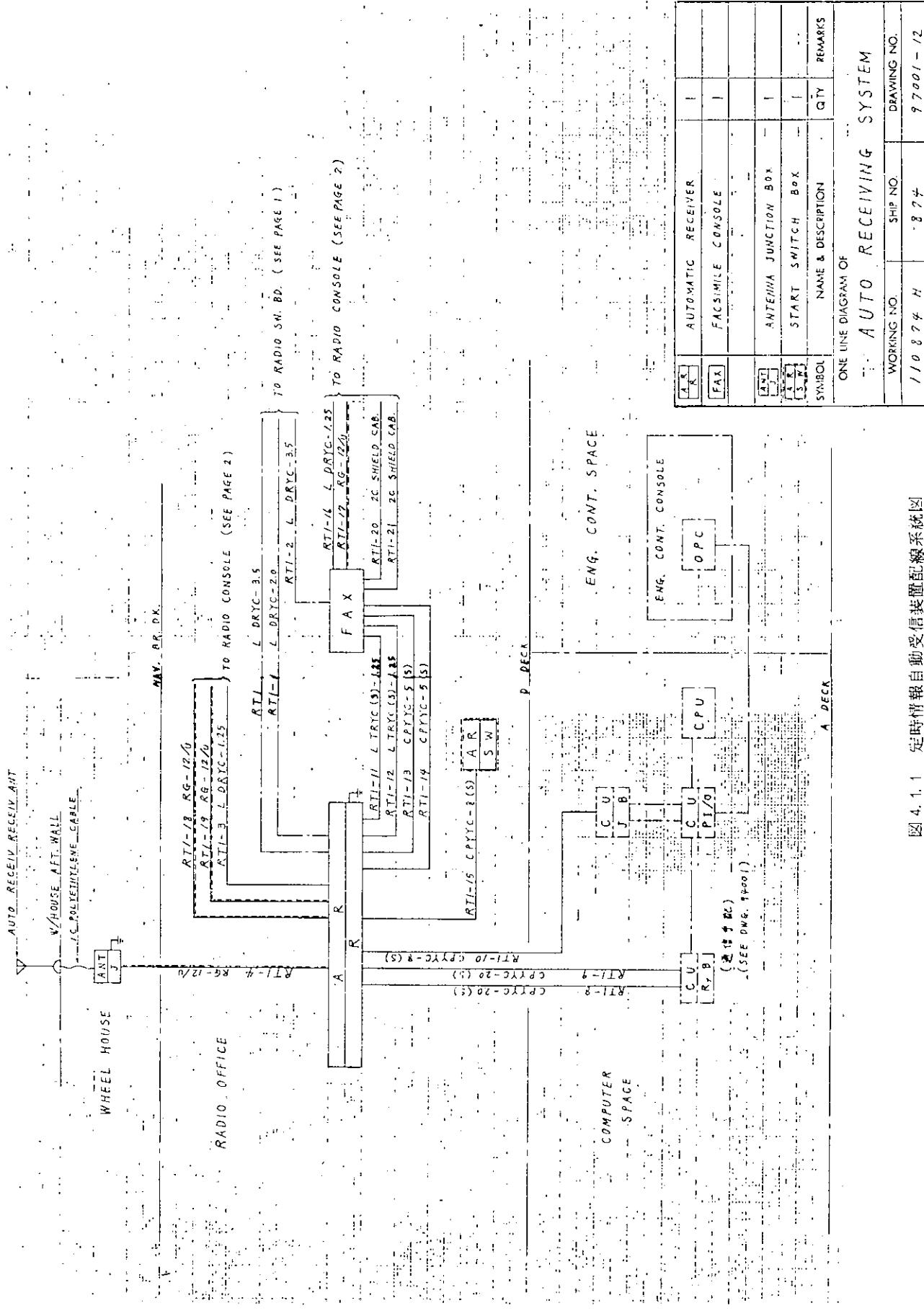
放 送 時 間	回 転 数	線密度	天気図時刻	放 送 の 種 類
0020～0040GMT	120R/M	4	1800	Surface analysis
1220～1240	120	4	0600	Surface mercator analysis
0500～0520	120	4	0000	Surface polar analysis
1100～1120	120	4	0600	Surface polar analysis
2300～2320	120	4	1800	Surface polar analysis
1700～1720	120	4	1200	Surface polar analysis

東京気象放送( JMH )

呼出符号	周 波 数	出 力	
J M H	3, 6 2 2.5 KHz	5 KW	
	7, 3 0 5	5	
	9, 9 7 0	5	
	1 3, 5 9 7	5	
	1 8, 2 2 0	5	
	2 2, 7 7 0		
放 送 時 間	回 転 数	線密度	天 気 圖 時 刻 放 送 の 種 類
0 4 0 0 ~ 0 4 2 0 G M T	1 2 0 R / M	4	0 0 0 0 Surface analysis
1 0 0 0 ~ 1 0 2 0	1 2 0	4	0 6 0 0 Surface analysis
1 6 0 0 ~ 1 6 2 0	1 2 0	4	1 2 0 0 Surface analysis
2 2 0 0 ~ 2 2 2 0	1 2 0	4	1 8 0 0 Surface analysis

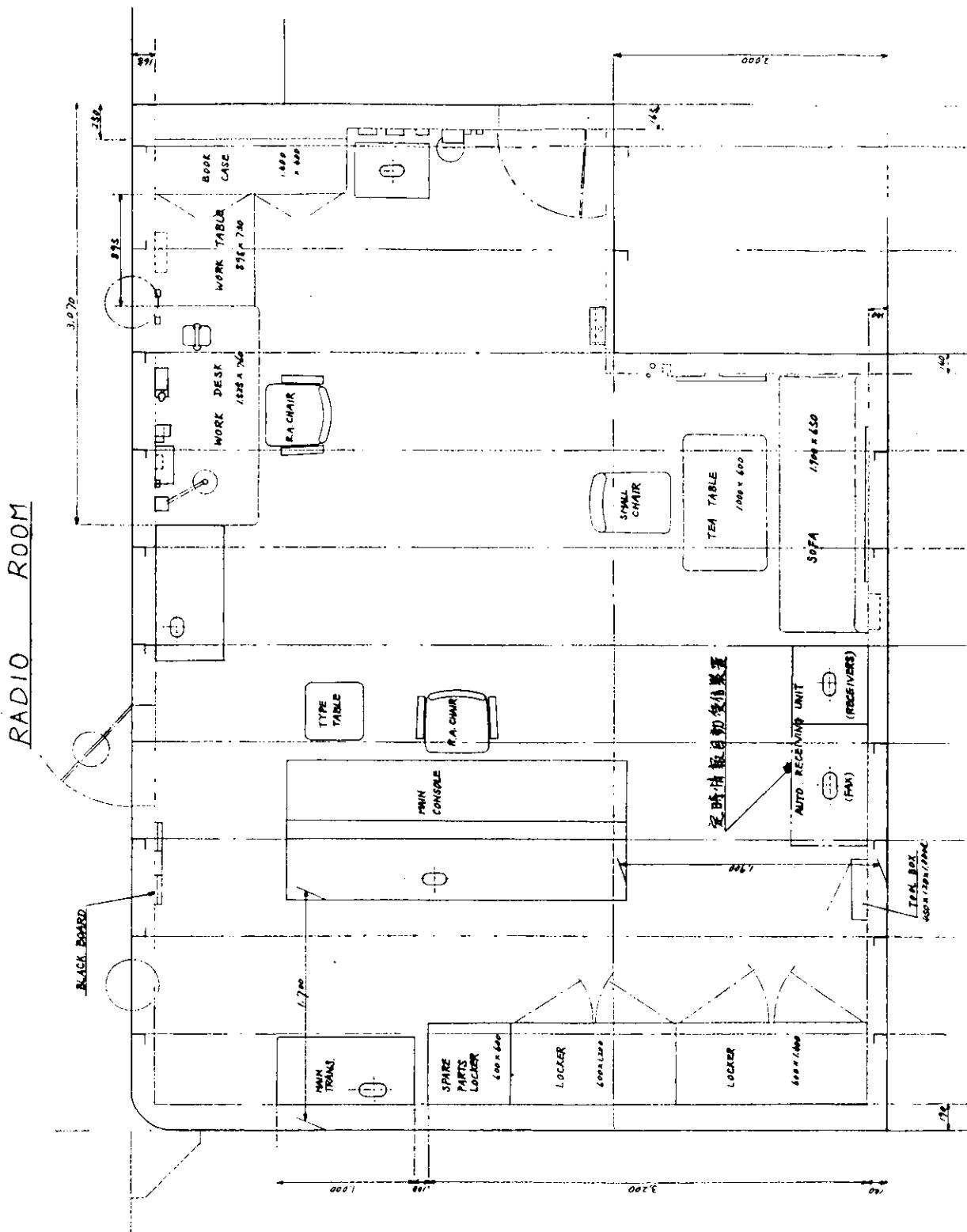
共同通信( JJC )

呼出符号	周 波 数	出 力	
J J C	4, 3 1 6 KHz	5 KW	
	8, 4 6 7.5	1 0	
	1 2, 7 4 5.5	1 5	
	1 7, 0 6 9.6	1 5	
	2 2, 5 4 2	1 5	
	2 2, 9 1 0		( シンガポール中継 )
放 送 時 間	回 転 数	線密度	放 送 内 容
1 4 3 0 ~ 1 6 0 0 G M T	6 0 R / M	4	一般ニュース(朝単版、新)、朝刊再送
1 6 0 0 ~ 1 7 0 0	6 0	4	一般ニュース(夕刊、再)
1 7 0 0 ~ 1 8 0 0	6 0	4	一般ニュース(朝刊単版、再)、水路通報(再)
2 0 0 0 ~ 2 0 3 0	6 0	4	会社だより(再、木、金、土曜日のみ)
2 0 3 0 ~ 2 1 0 0	6 0	4	会社だより(再)
2 1 0 0 ~ 2 2 0 0	6 0	4	一般ニュース(夕刊、再)、水路通報(再)
2 2 3 0 ~ 2 3 0 0	6 0	4	波浪実況図(再)
2 3 0 0 ~ 0 1 0 0	6 0	4	一般ニュース(朝刊連版)、水路通報(再) 海運水産ニュース(再)、伝染病情報(再、日曜日)、海上気象解説、海洋速報(再、第1、第3月曜日)、会社だより(再)、漁業資料(再)
0 2 0 0 ~ 0 2 3 0	6 0	4	波浪実況図(再)
0 2 3 0 ~ 0 3 0 0	6 0	4	海洋速報(新、第1、第3月曜日のみ) 漁業資料
0 3 0 0 ~ 0 4 0 0	6 0	4	一般ニュース(朝刊連版、再)、水路通報(再)
0 4 4 5 ~ 0 5 0 0	6 0	4	夕刊単版
0 5 0 0 ~ 0 6 0 0	6 0	4	一般情報(外務省)
0 7 0 0 ~ 0 8 0 0	6 0	4	海上気象解説、水路通報(再) 冷凍品相場
0 8 0 0 ~ 1 0 0 0	6 0	4	一般ニュース(夕刊、新)、東株週末最終値(土曜日のみ)、海運水産ニュース(再)、 水路通報(再)、伝染病情報(新、土曜日のみ) 会社だより(新)
1 0 3 0 ~ 1 1 0 0	6 0	4	波浪実況図(新)
1 1 0 0 ~ 1 2 0 0	6 0	4	一般ニュース(夕刊、再)、水路通報(再)
1 3 0 0 ~ 1 4 3 0	6 0	4	一般ニュース(夕刊、再)、(休日は朝刊再)



#### 圖 4.1.1 定時情報自動發信裝置配置系統圖

图 4.1.2 無線室配置



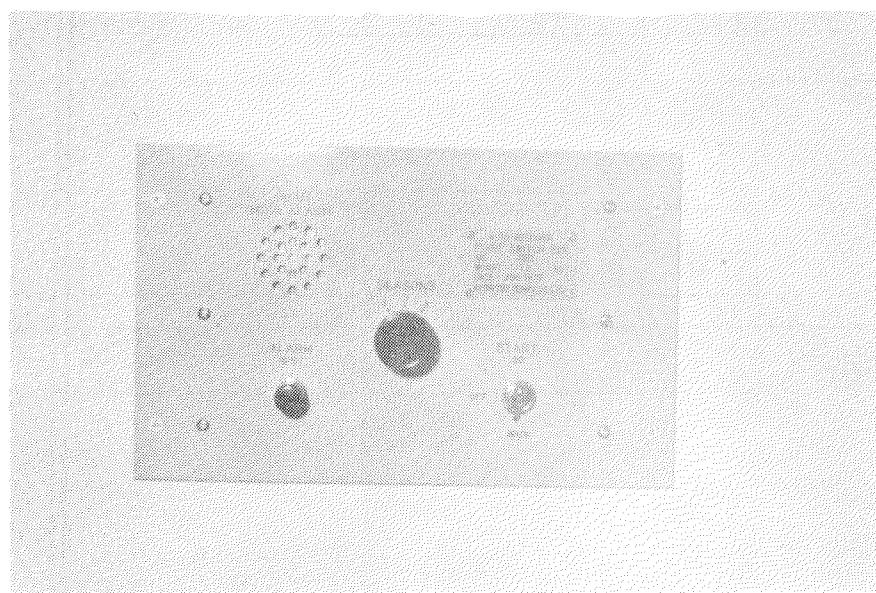
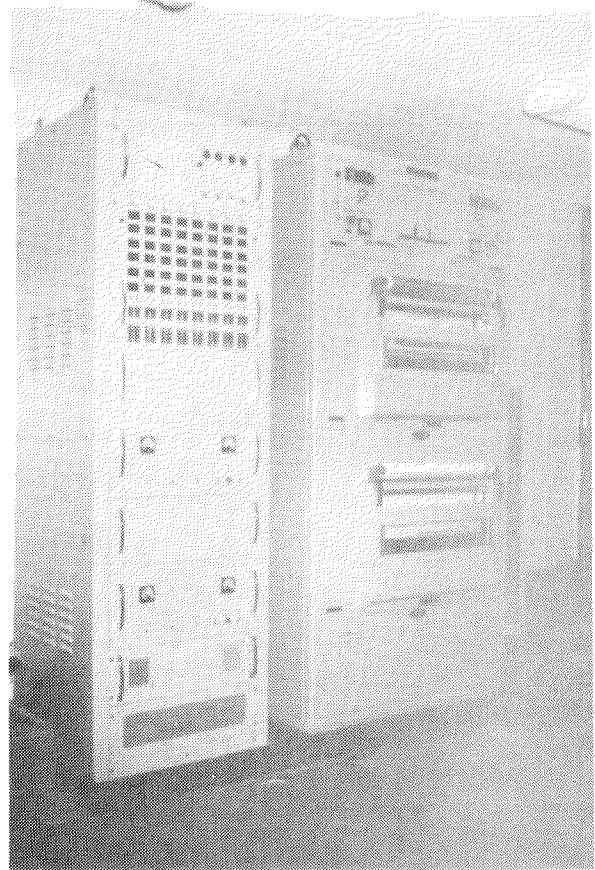


图 4. 1. 5

#### (4) コンピュータによる自動受画のフロチヤートおよびプログラム方法

定時情報自動受信装置のプログラミング盤を使用して毎日一度のプリセットによる自動受画もできるが、コンピュータ制御により日本←→ベルシャヤ萬間の全航行区域で自動的受画することが可能となる。

表 4.1.1 よりわかるように全航行区域を 9 区画にわけて、各区画での最適受信チャンネルを過去 2 年間の他船での受信実績をもとに設定した。なお、最適受信チャンネルは時節により異なるので 1 年を 3 時期にわけて決めた。最適受信チャンネル表は記憶装置に記憶されている。

##### 入力信号

始動開始	3 点切換スイッチ（往、復、OFF）1 個	無線室の制御パネル
時期の選択	3 点切換スイッチ	
航続距離の定期パルス	電磁ログ専用カウンターから	1
航続距離の修正	オペレータ・コンソールから行なう	総合制御室
プログラミング盤とのインターロック	スイッチ	1 無線室の本装置内

##### 出力信号

受信機始動および停止	1	M1、M2 受信機用
受信選択性切替	1	M1、M2 受信機用
FAX 回転数切替	3	120、90、60 rpm
FAX 線密度切替	2	4 or 2
チャンネル選択	20	M1、M2 受信機用
異常警報	1	

##### インターフェース（信号変換器）

入力信号と出力信号の中で変換が必要なもの、または信号を多くする必要があるものをここで調整作成をしている。例えば、チャンネル選択信号は 2 進法でコンピュータから出てくるのを 10 進法に変えたり、M1、M2 受信機に対し共通のコンピュータからの出力信号はこのインターフェイスの中でそれぞれの受信機に信号を出させる出力まで増幅をしている。

##### 制御パネル

3 点切換スイッチ（往、復、OFF）1 個（始動開始）	より構成されている。
3 点切換スイッチ	
警報ブザー	
ブザーキャンセルスイッチ	

図 4.1.4 の Outline Flow Chart からわかるように、當時時間管理プログラムはプログラミング盤のインターロックスイッチが ON の場合、1 分ごとに設定時刻をチェックし、もし、設定時刻であれば次の仕事へと進んでゆく。

航続距離は電磁ログからの 0.1 マイルごとのパルスを積算してゆくことでコンピュータ内に距離を記憶させ、始動開始スイッチ（往または復）の切換えで航続距離はコンピュータ内で零になるようにしてある。

設定時刻の場合、受信開始かまたは受信停止かを判定し、判定後はそれぞの処理プログラムに進んでゆく。定時情報自動受信装置をコンピュータによる制御を行なつている場合、下記のメッセージが総合制御室のプリンターに出るようになつている。

表 4.1.1 受信時刻一受信海域表

受信開始時刻		G.M.T.	海 域 区 分									受信停止時刻		
順位	時 刻 (G.M.T.)		22 00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	順位	時 刻 (G.M.T.)
19	22 55 (日本時間 07 55)		23 00	19									(1)	( )内は 日本時間
→	1 00 15 (09 15)		00 00		1		N						(1)	00 07 (09 07)
2	01 55 (10 55)		01 00		2	C							(2)	00 42 (09 42)
3	02 55 (11 55)		02 00		3	C							(3)	02 32 (11 32)
4	03 55 (12 55)		03 00		4	H							(4)	03 47 (12 47)
5	04 40 (13 40)	C	04 00		5	N							(5)	04 22 (13 22)
→	6 04 55 (13 55)	N	05 00		6	C							(6)	N (14 22) 05 22
7	06 55 (15 55)		06 00		7								(7)	06 02 (15 02)
51	07 55 (16 55)		07 00		8								(51)	07 55 (16 55)
※3			08 00		9								(8)	09 52 (18 52)
→	8 09 55 (18 55)		09 00		10	H							(9)	10 22 (19 22)
9	10 55 (19 55)		10 00		11	N							(10)	N 11 22 (20 22)
→	9 21 15 (21 15)		11 00		12	C							(11)	C 12 02 (21 02)
10	12 15 (21 55)		12 00		13	N							(12)	12 42 (21 42)
11	12 55 (21 55)		13 00		14								(13)	14 02 (23 02)
12	13 25 (23 25)		14 00		15								(14)	15 22 (00 52)
13	14 25 (00 55)		15 00		16	C							(15)	16 22 (01 22)
14	15 55 (01 55)	C	16 00		17	H							(16)	C 18 02 (03 02)
15	16 55 (04 25)	D	17 00		18	C							(17)	D 19 56 (04 56)
16	19 57 (04 57)	H	18 00		19								(18)	20 32 (06 32)
17	21 40 (06 40)	D	19 00		20								(19)	21 32 (D)
18	21 55 (06 55)	H	20 00		21	C							(20)	22 17 (07 17)
19	22 55 (07 55)		21 00		22								(21)	22 22 (07 22)
			22 00		23	D	H						(1)	(09 07) 00 07
			23 00		19	C							(1)	
			00 00											

注 DHN&C は下表による

D	ニューデリ気象放送(VVD)
H	東京気象放送(JMH)
N	グアム気象放送(NPN)
C	共同通信放送(JJC)

\*3、\*4 追加発送時刻順位：51とす。

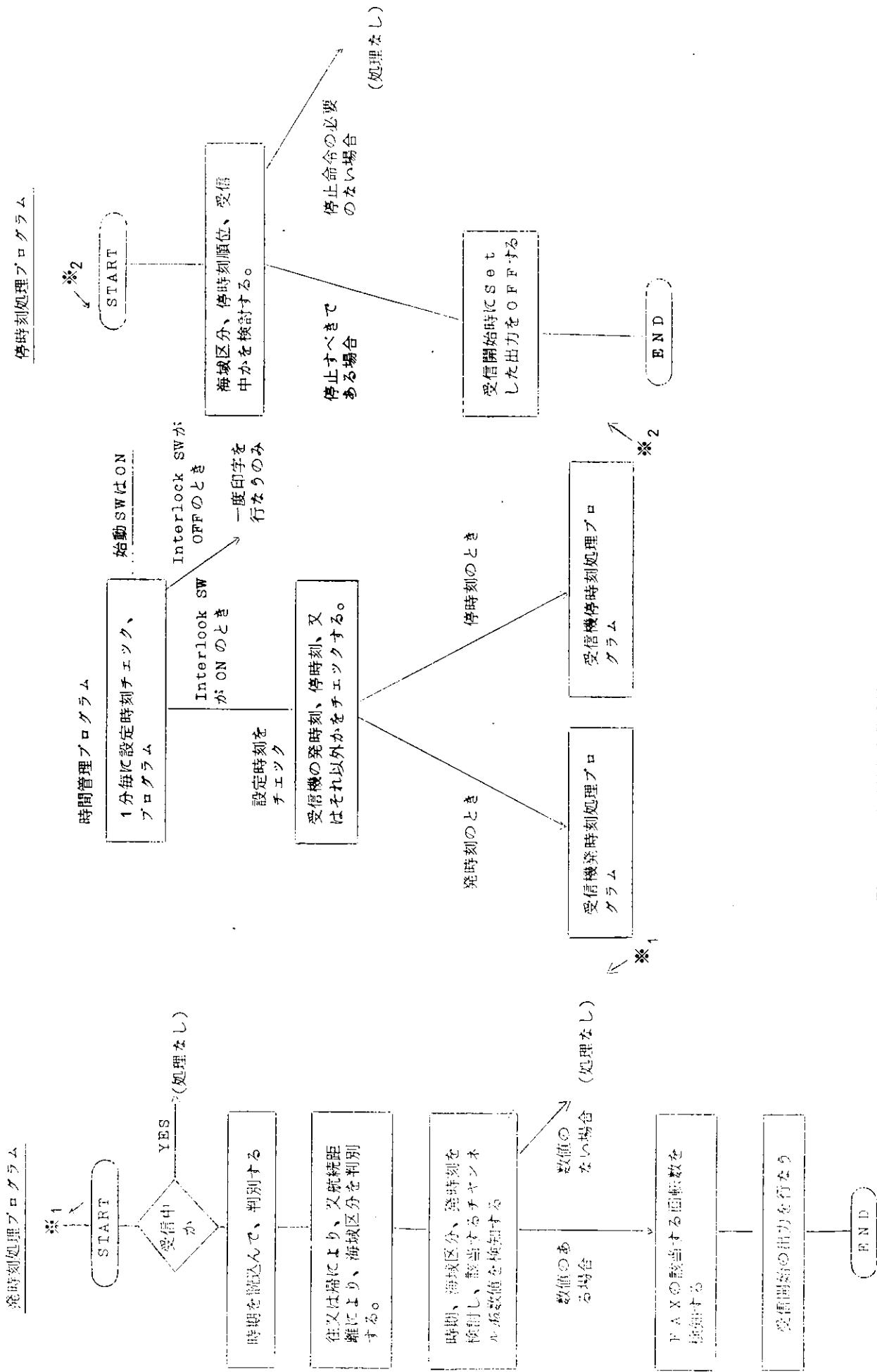


圖 4.1.4 定時情報自動報受信 Out line Flow Chart

異常時

Season select switch fault  
Departure switch fault  
Distance over

赤で印字されるとともに無線室の警報ブザーが鳴る

平常時

Manual control start  
FAX start ( CH.□□, □□ )  
CH. exchange  
FAX stop  
Departure switch off

黒で印字

メッセージは異常状態を確認しやすくするためと平常状態での動作の確認を容易にするようにした。

#### (5) 試験結果

高尾山丸に搭載して行なつた予備実船試験でわかつた装置自体の欠陥を改良して三峰山丸に搭載した。装置を三峰山丸に搭載後の実船実験スケジュールは下記の通りである。

昭和45年11月28日	三峰山丸に装置搭載完了
昭和45年12月 1日～ 昭和46年1月19日	コンピュータと装置を結合して総合的なデイパックを行なつた。
昭和46年 1月20日～ 2月27日	三峰山丸処女航海 実船実験を行なつた。
昭和46年 3月 1日～ 4月 9日	三峰山丸第2次航海 実船実験を行なつた。

プログラムのみのデイパックは船に装置が搭載されるまでに完了し、装置が船に装備されてからはコンピュータと装置を結合して総合的なデイパックを行ない、マルティプレクサー（信号変換装置）、装置本体およびコンピュータ相互間の調整テストは本船就航までに完了した。

三峰山丸の処女航海ではコンピュータによる自動受信テストを主に行なつた。プログラムに関しては1部の修正を行なつたが、全般としては計画通り動作して良好な結果が得られ、プログラミング盤を使用してのマニアルセットによる自動受信をコンピュータ使用による自動受信に置き換えることは実用的に成功であるといえる。

しかしながら、試作された装置のハード面での性能に不十分な点があり、特に受信機の感度、選択度、S/N比が当初の計画仕様を満足する状態でなく、特に遠距離で使用する周波数17MHz～22MHz帯の感度が悪く、シンガポール←→ベルシャ湾間ではほとんど良い画像を受画することができなかつた。検討の結果、感度不良の原因の一つとして受信機のロータリスイッチの接触不良が考えられたので処女航海後1台の受信機のロータリスイッチを取換え、第2次航は1台の受信機のみを使用することとして、他の1台は本船よりおろして検討することにした。

第2次航はプログラミング盤による自動受信テストを行なつた。プログラミング盤の動作状態は1部誤動作があつたが、全般的には良好であつた。受信機は今航は1台であつたが、ロータリスイッチを換えたことでかなり性能は向上しているが、まだ遠距離での受画状態は悪いことがわかつた。

現在は第3次航目に入つてゐるが、第2次航で搭載していた受信機をおろし、代りに他の1台の受信機が第3次航では搭載されている。

模写受画装置は1部不具合なところがあつたが、全般的には良好であつた。

時計盤および空中線共用装置の動作状態は非常によかつた。

受信機に性能上改良すべき問題点が残つてゐるため処女航海および第2次航の結果ではつきりした装置に対する断定をくだすことはむずかしいが、受信機の性能を計画仕様通りにすることで、本実船実験は所期の目的を達成する

ことができるといえる。

図 4.1.5 は本装置で受画した 1 例を示す。



図 4.1.5(1) 共同 ( JJC ) ニュース ( 22.542 kHz ) のものを東シナ海で昭和 46 年 3 月 5 日に受信)

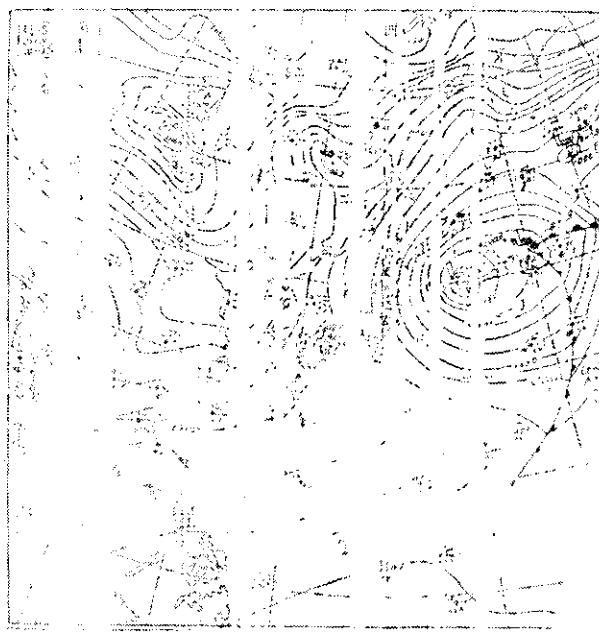


図 4.1.5(2) JJC 気象ニュース ( 22.770 kHz ) のものを東シナ海で昭和 46 年 3 月 4 日に受信)

#### (6) 考察

三峰山丸での 2 航海の実験でわかつたことは定期情報自動受信装置で受信機の性能が一番重要であり、模写受信装置と受信機相互間の信号の受渡しがうまくゆくようにしておけば、S R 106 方式の 2 系列同時受画方式は十分実用しうるということがわかつた。また、コンピュータによる自動受信を行なうことも問題なくできることがわかつ

た。経済上の問題から将来は1系列方式を採用すべきであるが、その場合、現在の自動受信方式では受信周波数の選択が諸条件によつて自動的に行なえないので、どのようにしてよい画像を受信するようにすべきか検討する必要があると考える。

## 4.2 気象情報自動送信システムの研究

### 4.2.1 概 要

電波法による通信士減員が適用される昭和45年12月7日以降に想定される船舶気象観測データの減少を防止するため、船主側は気象情報の自動発信を気象庁側は自動通報システムを検討していたが、関係者協議の結果、昭和43年8月、第106研究部会議装システム分科会通信小委員会に本ワーキンググループ、WG-2が結成され、気象庁を含めて共同研究を行なうこととなつた。

当初は船側資料を1個所の陸上局で受信する気象資料収集方式が気象庁を中心として短波システムで検討され、WG-2にもその内容が紹介され、計画がすすめられたが、船側設備は1000万円／隻となつた。

一方、数年前より検討されてきた米国衛星計画によれば、気象観測衛星の実用化時期も近く、これにともなう船側設備は180万円／隻程度の予想もたてられており、短波方式よりも安定した通信が可能となるとの米国側情況が伝えられてきた。

なお、船主側においては短波方式を採用する場合、途中で衛星方式に切換えることは無理であり、20年は設備の更新はできないとの意向であり、短波、衛星いずれのシステムを採用するか気象庁はその決断を迫られた。

気象庁は昭和44年6月、庁内に気象衛星開発準備委員会を発足させていたが、衛星採用は時代の大勢であり、短波方式を排し衛星によつて船舶資料を収集する衛星方式を推進してゆくことが昭和44年9月、庁内において最終決定され、日本造船研究協会に対してもその意向がつたえられた。(衛星も極軌道衛星より静止衛星(ATIS)に変更された。)

以後、本ワーキンググループは当面、気象庁との情報交換を目的として運営されることとなり、昭和45年度研究報告書も気象庁提出資料をもとに作成されたものである。

### 4.2.2 気象衛星についての問題点

#### (1) 気象衛星発達の歴史(資料2-1)

##### (a) 軌道衛星

- (i) 1945年独国V2号が米国に接収され、科学実験を目的として写真機を搭載し、空から雲の撮影を行なつた。  
1954年10月、再びV2号によつて地上160kmの高さから低気圧等の雲の観測を行なつた。
- (ii) 1957年10月、ソ連はスプートニク1号を使用し、空からカメラによる観測を行なつた。
- (iii) 米国は1960年4月に完成したTIROS1号によつて雲の写真をとつた。軌道傾斜角は45度であり、全世界の雲の観測を行なつた。次でTIROS8～9号では赤道に直角な極軌道を選んだ。

観測機器は、当初は写真機であつたが、赤外放射計、赤外分光計等のすぐれた機器が開発されていつた。

〔※ 赤外放射計とは特殊波長(10～12μ)を選択検出し、衛星に搭載すれば地表面温度、雲の上面温度、海面温度、雲高、雲の分布等を昼夜の別なく測定できる。〕

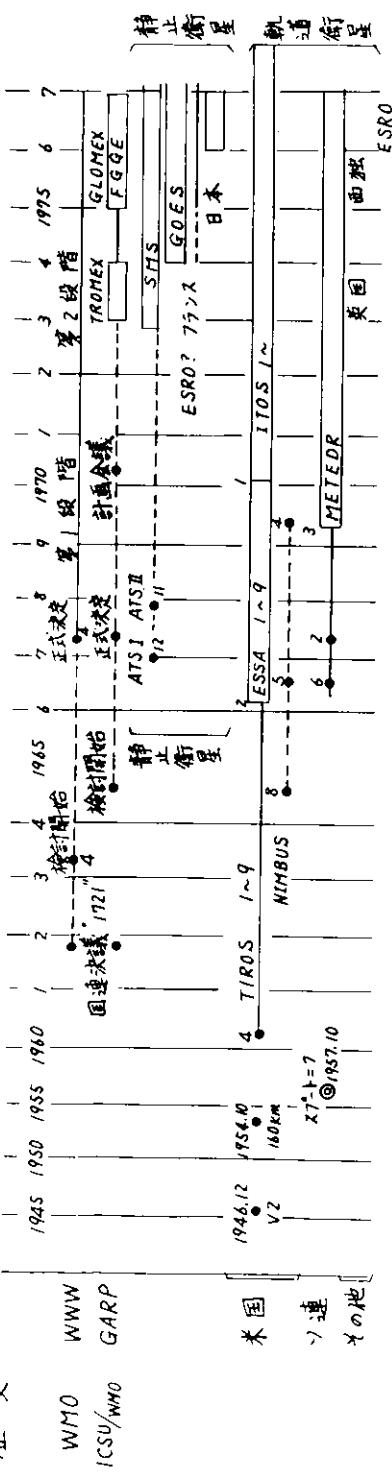
〔※※ 赤外分光計は温度、水蒸気等の鉛直分布の測定に使用されるものである。〕

〔V NIMBUS衛星は1964年8月米国によつて打上げられたものであり、赤外分光計を初めて搭載したものである。〕

〔V ESSA1号は1966年2月に打上げられ、APT(自動送画装置)とカメラを搭載している。ESSA2号は赤外放射計を搭載している。なお、APTに対しては、各国は簡単な受信装置を用意すればよく、極軌道衛星であれば画をモザイク的に接合すれば雲の世界的分布を知ることができる。〕

〔VI ITOS(米国)は、1970年1月より使用されているものであり、衛星重量は150kgで赤外放射計のみ

## ① 歴史



## ② 機能

### 軌道衛星

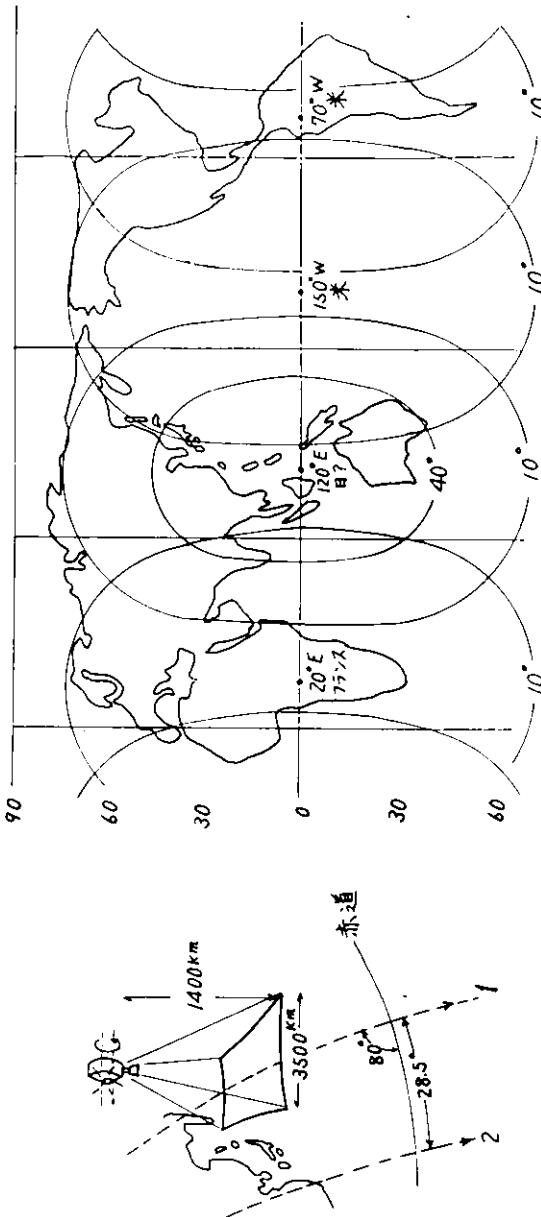
大気の温度、水蒸気の垂直分布  
雲の分布（昼夜）  
地上、海上の表面温度、雲頂の温度  
海水の状況

適当な過圧気球系との組合せにより  
大気各層の風の測定

静止衛星  
雲の分布（昼夜）  
上層風の測定  
地上、海上、雲頂の温度  
船舶および遠隔地における  
気象資料の収集、配布

## ③ 極軌道衛星

### ④ 静止衛星 (GARPの配置)



10°の仰角で見られる範囲

を搭載している。

(b) 静止衛星

(i) ATS 1号

1965年7月、ハワイ上空に打上げられ、雲の写真をとるカメラが搭載され、台風の動き、上層の風の観測に使用されている。

(ii) ATS 3号

カラーカメラを搭載している。

以上、静止衛星が実験的にも実用化の目途がついたので、気象観測のみならず、船の資料を衛星を通して収集することが可能となつた。この結果、1972～1973年にわたる実験衛星SMSの段階を経て、1973～1974年に実用衛星のプロトタイプGOESを完成する予定である。

WMO (World Meteorological Organization, 世界気象機関) では、WWW (World Weather Watch 世界気象監視) 計画を立てている。これによると1968～1971年を第1段階として観測および資料収集を目的とした静止衛星4個、軌道衛星3～4個の打上げを予定している。

なお、大規模なものでは、赤道付近の観測に始まるGARP (地球大気圏開発計画) があり、次で1975年からは、大気圏全域における観測を行なうGLOMEX計画ではFGGEの打上げ予定がある。

GARPでは静止衛星4個が予定されており、経度120度のものを日本に依頼したいとの意向である。

(2) 日本の衛星計画

現在、赤外放射計等の観測器の研究は、昭和42年から開始しており、目途はついている。

宇宙開発委員会の計画にのつとり、東大ミユーロケットによる科学衛星に引続いて、昭48～49にわたつて電離層衛星の予定がある。気象衛星に関しては、世界的要請によつて昭50年頃の打上げを予定しているが、観測、船舶資料収集の外、資料配布の機能を持たせたいとして350kg程度の重量が予定されている。

#### 4.2.3 静止気象衛星システムに関する資料

(1) 米国GOESに関する調査

米国のGOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) では、地上の雨量計、地震計、自動観測ステーション等の資料を収集し、米国気象センターに送信する方式を考えているが、静止衛星による船舶資料収集を行なう気象庁計画との共通点もあり、できるかぎりGOESに近いシステムにまとめたいと気象庁は以下に示すごとく米国との情報交換を行なつた。(資料3-1)

##### 資料3-1 静止気象衛星の資料収集配布サブシステムについて

###### 米国との情報交換経過

A 日→米 GOES計画問合せ 1969.12.26

1. データ伝送と収集はプログラム制御、コールシステム
2. 収集は海上実況、海上高層、海上高層風、雨露ボットデータ、ブイデータ、配布は予警報(digital)、解析データ(digital)、天気図(analogue)
3. 船舶、VHF(130MHz)・・・UHFより自由空間損失少ない。自動追尾不要、設備安価  
雨露ボットUHF/VHF・・・周波数、出力、経済面から検討中  
(GOESの水位ゲージデータの収集システムについて質問)
4. 変調方式、digitalデータ伝送とFAXを組合せる最良方式を検討中
5. 送速度、5単位 200ボルト

## 6. スケジュール

- 0Z 雨ロボット、船舶、船位、高層風
- 1Z 雨ロボット、高層、FAXサービス
- 2Z 雨ロボット、FAX、digitalサービス
- 3Z 雨ロボット、船舶、船位
- 4.5Z 2Zと同じ
- 6Z 0Zと同じ

7. 船位決定、オメガ生データを収集し、中枢で計算し、船にサービスする。

B. 米 → 日 1970.1.20

1. GOESのデータ収集の仕様はU.SのコントラクターがNASAに詳細を提出し、それをNASAが採用後でなければ答えられない。それは8月であろう。
2. 2社に提案を出させているが
  - 1社は全部S-Band (1670~1695↓, 2025~2150↑)
  - 1社はS-BandとUHF (400MHz帯)の組合せ
3. どちらをとるかは技術的な点と船、ブイ、流量計、地震、潮汐などデータ収集プラットフォーム (DCP) の経費による。
4. コールシステムかランダムアクセス方式かあるいはその混合方式かは不明、私の感じでは混合方式
5. VHF使用についての意見
  - ① VHFはノイズを受けやすい欠点がある。船によつて生ずるノイズは呼出式かタイマー式で除去できる。
  - ② 衛星のアンテナシステムはVHFのほうがUHFより複雑
  - ③ コストはUHF (400MHz) もVHFも設備はかわりない。
6. VHFをデータ収集に使わない理由
  - ① 多種の周波数用のアンテナ送受信機を積みたくない。
  - ② 可視、赤外カメラの解像度が1/2涅、4涅なのでダウンリンクの送信IC-25MHzの帯域が必要で、これに電波割当ての関係で1670~1695MHz帯またはS-Bandがよい。
  - ③ 理想的にはすべての帯域を使いたいが、データ収集に低い周波数を使うならUHFを使う。
7. 提案を受領し評価してSかS/UHFかを決めるが、データ収集速度は7.5ボート。  
速度の増加はDCPの通信量の増加にもよるが、チャンネル増でまかう。
8. 未処理のOMEGAデータを利用せず、船位は船で決定する。

C. 気象研究所長とESSA長官 1970.5.12~20

1. UかVの問題
  - ① 米は船のサービスをあまり考えておらず、真剣に煮つめてない。
  - ② UHFなら400~402↑, 460~470↓、多分466と意見一致。
2. 観測のimagingは1670~1695↓, 2025~2150↑
3. W.B.のOperation DivisionのRockneyはオフィサーが資格を打込めるメモリー装置を開発、メモリーネンバは80文字×25フレーム=2000文字。  
間違つているとすぐ直せる。

## (2) 静止気象衛星に対する気象庁原案

世界気象機関 (W.M.O. : World Meteorological Organization) は、世界気象監視 (W.W.W. : World Weather Watch) 計画の中で気象衛星を有効に利用するため、理想的な形として気象監視と資料収集の両機能を備えた静止衛星 4 個と気象観測用極軌道衛星 3 ~ 4 個を用いる世界気象衛星系の展開を計画している。昭和 45 年 3 月のブリュッセルにおける地球大気開発計画 (G.A.R.P.) 計画会議において、昭和 50 年を実施目標とする第 1 回 G.A.R.P. 全球気象実験に際し、全世界をカバーする観測網の根幹として赤道上の静止衛星 4 個の打上げが決定された。その中の各国の分担はアメリカが  $150^{\circ}$  W,  $70^{\circ}$  WIC、フランスが  $20^{\circ}$  E にあげることになつており、 $120^{\circ}$  E には他に受持つ国がないため、日本で静止衛星を打ち上げることを強く要望されている。

日本南方の静止衛星は台風、低気圧、豪雨、豪雪など日本に影響を及ぼす気象じよう乱の常時監視には極めて効果的であり、船舶などを対象とした気象資料収集、配布にも有効な手段であるので、日本の気象業務にとって、ひ(裨)益するところ極めて大きいものである。

気象庁では世界気象衛星系の一端を分担し、日本の気象業務に寄与率の高い上記気象監視と資料収集、配布の任務をもつ静止気象衛星を 1975 年末、 $120^{\circ}$  E に打上げることを目標とした次のような衛星を計画している。

### (a) 主要なミッション

静止気象衛星として  $120^{\circ}$  E の赤道上約 3,600 Km の静止軌道から赤外および可視による観測を主任務とし、あわせて観測データ収集および配布の機能をもつ。

観測は窓領域 ( $1.05 \mu$  ~  $1.25 \mu$ ) 赤外放射計による地面、雲頂温度測定および夜間の雲分布の観測、可視 ( $0.5 \sim 0.7 \mu$ ) カメラによる昼間の雲分布精密観測である。その分解能は衛星直下で約 1.0 Km (赤外) および 2 Km (可視) であり、衛星の spin を利用して東西方向の走査を行なう。南北方向は spin に同期してステップ状に動く鏡で  $60^{\circ}$  N から  $60^{\circ}$  S までを走査し、可視で約 5,000 本、赤外で約 1,000 本の走査線数となる。spin 速度を 60 r.p.m. とすると、無線周波帯域幅として 25 MHz が必要となる。

観測データ収集は洋上ブイ、船舶および陸上の無人観測所などを対象とし、また、気象資料利用者への解析データ伝達の機能も同時にもたせる。配布資料には天気図、雲分布なども含まれるが、これらは中枢で処理して低速度に変換したものをする予定である。

### (b) 主な性能 (暫定案)

#### (i) ミッション

- (イ) 宇宙より雲の分布、地面、海面、雲頂等の温度分布を観測する。(V.I.S.S.R. および S.S.C.C.)
- (ロ) 船、ブイなどを対象として気象資料の収集を行なう。(U.H.F. 送受信機)

#### (ii) 諸元

- (イ) 尺寸、形状 図 4.2.1
- (ロ) 総重量 約 264 kg ( $250 \sim 270$  kg) (配分は表 4.2.1 に示す)
- (ハ) 制御方式 スピン安定  
スピン速度 100 r.p.m. (または 60 r.p.m.)
- (ニ) 軌道  $0^{\circ}$  N,  $120^{\circ}$  E、高度 3,590.0 Km、静止軌道傾斜角  $0^{\circ}$
- (ホ) 寿命 3 年

### (c) 搭載ミッション機器

#### (i) V.I.S.S.R. (Visible Intrared Spin Scan Radio meter)

諸元は表 4.2.2 に示す。

#### (ii) S.S.C.C. (Spin Scan Cloud Camera)

これは V.I.S.S.R. の redundancy として搭載するもので、A.T.S.-III に搭載したものと同型である。完成

品を輸入して使用の予定。(表 4.2.3)

(iii) LS - band 送受信機

出力 10 W、EDA (またはドーナツ型、指向アンテナ) を使用、回線設計は表 4.2.4 に示す。

(iv) UHF 送受信機

出力 10 W、EDA を使用、回線設計は表 4.2.5 に示す。

(iii)、(iv)は図 4.2.3 を参照

(d) 消費電力

VISSR	20 W
SSCC	12 W
LS - band Electronics	50 W
UHF Electronics	30 W
T/C Electronics	18 W
	130 W

(e) テレメータ、コマンド系

テレメータ	137 MHz	出力 5 W
コマンド	148.25 または 152.2 MHz	

(f) 以上はシステム設計前の構想試案であり、今後システム設計等により十分な検討がなされなければならない。

また、それによつてかなりの部分の変更を認めなければならないであろう。

表 4.2.1

重 量 配 分

V I S S R		50 kg
S S C C		11
熱 制 御		2
構 造		27
T/C	*	5
L S - Band 送受信機	*	34
U H F	*	30
Ranging Unit		3
姿勢制御		21
電 源		26
計装・配線		10
質量ダンパー		7
燃料(姿勢制御用)		18
アボジモータケース		20
		264 kg

\* アンテナ重量も含む。

表4.2.2 VITSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) 諸元

	赤外部	可視部
スペクトル	10.5~12.5 μ	0.5~0.7 μ
一次反射鏡		30cmφ
視野角	0.28 mrad	0.055 mrad
衛星直下分解能	約 10 Km	約 2 Km
検出器	1個(HgCd-Te)	5個(PMT)
最高ビデオ周波数*	20 KHz(12 KHz)	100 KHz(60 KHz)
フレームタイム		10分(17分)
走査線数	1,000本	5,000本
測定温度精度	2°K(at 200°K) 0.5°K(at 300°K)	
暗調	256(8 bit)	32(5 bit)
スキヤン方式	東西(20°)衛星のスピン利用 南北(16°)走査線の機械的ステップ	
重量寸法	50kg以下 40×40×100cm	
消費電力		約20W

PMT : 光電子倍増管

( )内はスピン速度60 rpm の場合

\* 1 channel 当り

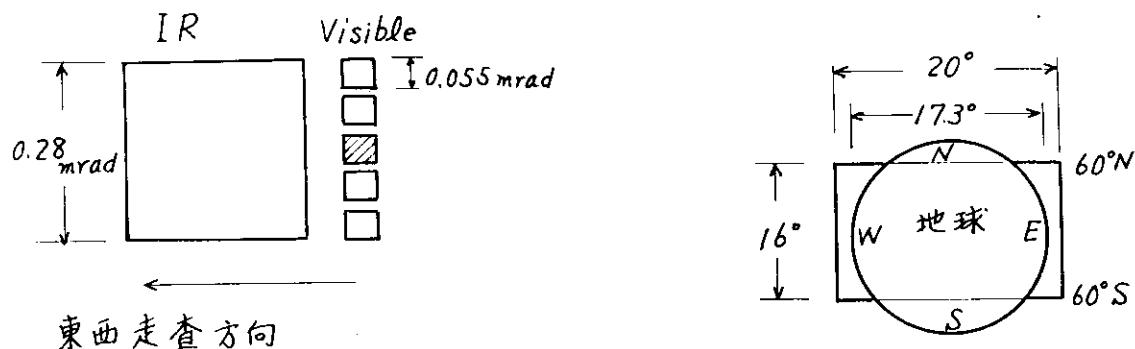


表4.2.3

## SSCC諸元

スペクトル	0.48~0.58 μ
一次反射鏡	12.7 cmφ
視野角	0.1 ± 0.02 mrad
衛星直下分解能	約 3.7 Km
検出器	PMT (EMR Model 541A-01-14)
ビデオ周波数	約 65 KHz
フレームタイム	24分
走査線数	2407本
寸法	30.5×28×43cm
重量	10.7kg
電力(最大)	500mA at -24Vdc.
動作温度	+4° ~ +38°C

表 4.2.4

V I S S R の データ量	frame 間隔	15 分
赤 外 部	約 $1.4 \times 10^7$	bit/frame
可 視 部	約 $2.1 \times 10^8$	bit/frame
計	約 $2.2 \times 10^8$	bit/frame

これらのデータはデータ処理システムにより、台風、低気圧、前線等の位置、規模、進路、速度、海面、地面の温度分布、雲分布、雨域分布、風向、風速などの情報を交換される。

表 4.2.5

## Down link 回線設計

S/C 送信周波数	1670 - 1695 MHz
送信出力 (10W)	4.0 dBm
S/C 空中線利得	1.2 dB
S/C 給電損失	-1.5 dB
S/C EIRP	50.5 dBm
伝播損失	-18.9 dB
雑損失	-1.5 dB
CDA 局空中線利得	5.0 dB 27 mφパラボラ
受信機損失	-1.5 dB
受信レベル	-91.5 dBm
システム雑音温度	50 °K
帯域幅	2.0 MHz
システム雑音レベル	-107.6 dBm
C/N	16.1 dB

## U P-link

2110~2120 MHz のうち、

帯域幅	5 MHz	1 波
送信出力	5.0 W	
EIRP	約 95 dBm	

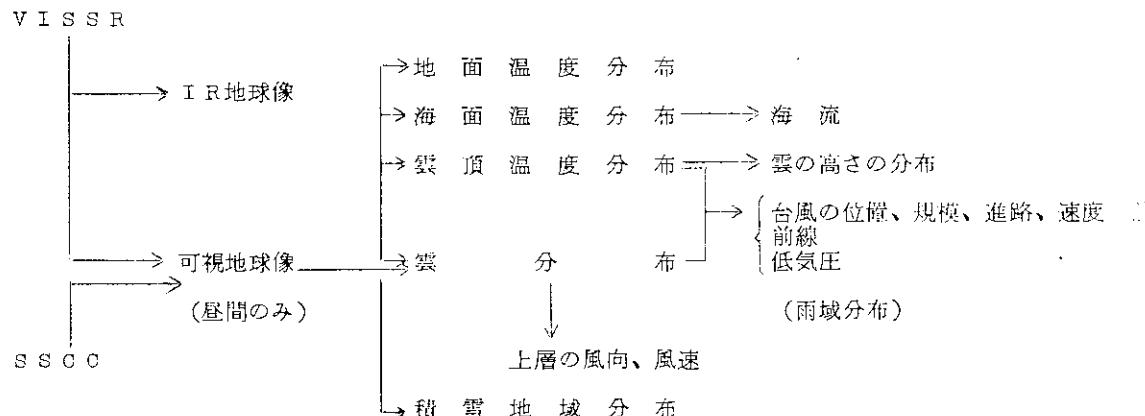
表 4.2.6

## データ収集回線設計

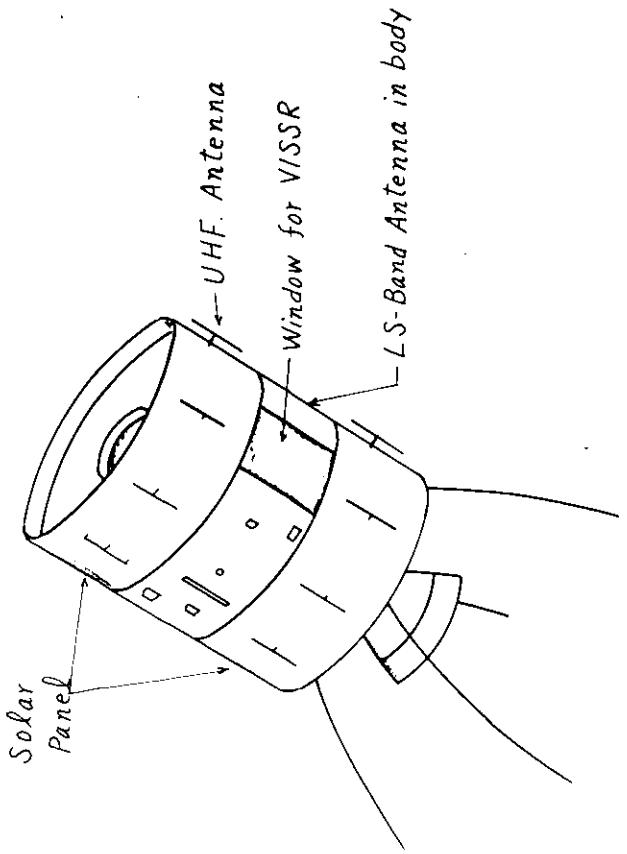
	S/C → DCP	DCP → S/C
	466 MHz	402 MHz
送信出力	40 dBm	40 dBm
送信アンテナ利得	10 dB	3 dB
受信 //	3 dB	10 dB
伝播損失	-17.8.3 dB	-17.7 dB
雑損失	-3 dB	-3 dB
受信電力	-12.8.3 dBm	12.7 dB
受信機雑音温度	28.4 dB-°K	28.4 dB-°K
ボルツマン定数	-19.8.6 dBm/Hz-°K	-19.8.6 dBm/Hz-°K
受信機雑音電力密度	17.0.2 dBm/Hz	17.0.2 dBm/Hz
C/N 密度	41.9 dB-Hz	43.2 dB-Hz
バンド幅※	20 dB-Hz	20 dB-Hz
C/N	21.9 dB	23.2 dB

※ 通信速度 50 ポー

VISSR および SSCO より引き出される情報



これらの情報はデータ処理システムにより、実時間で連続的に得られる。また、この情報は数値予報のサブデータとして利用される。



V/SSR 実用範囲

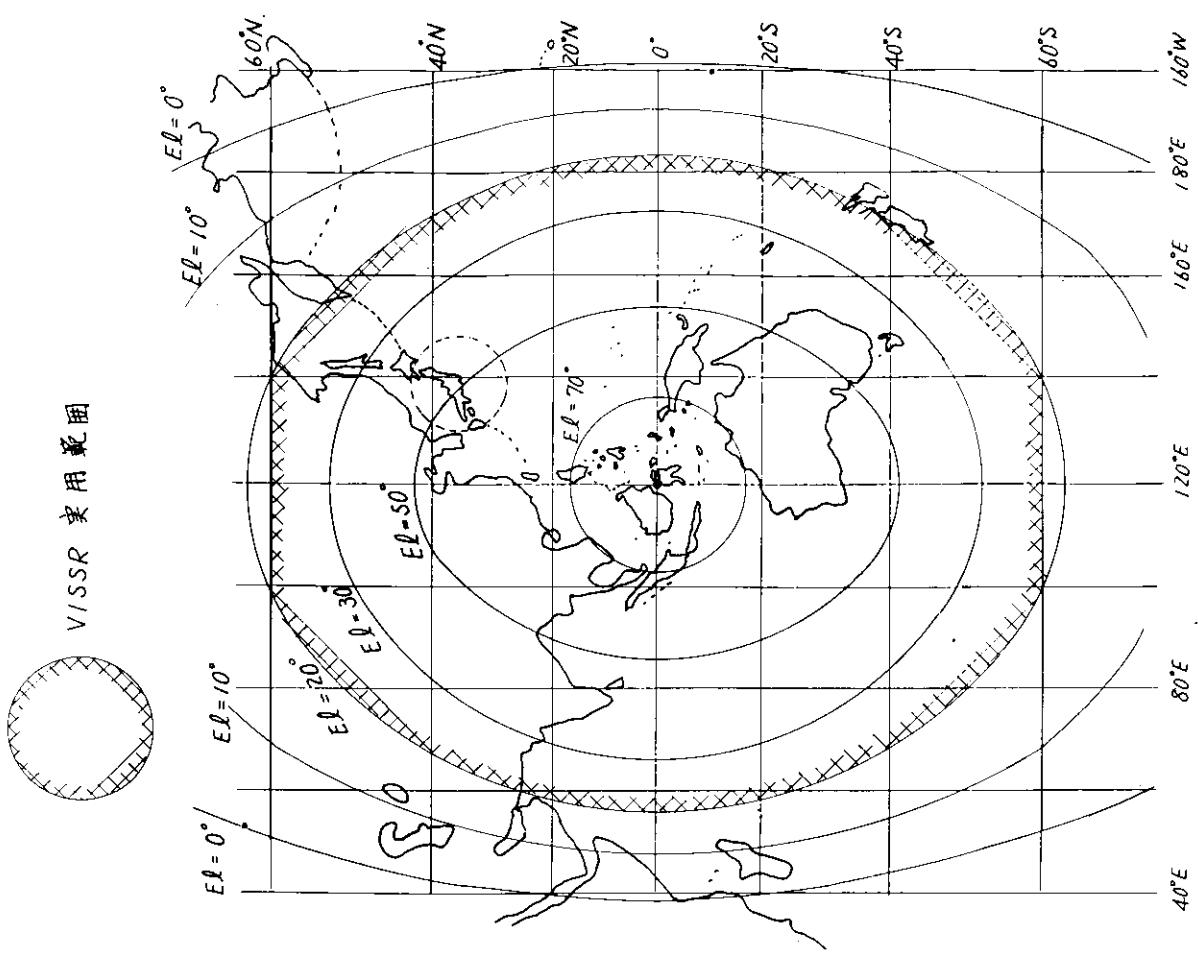
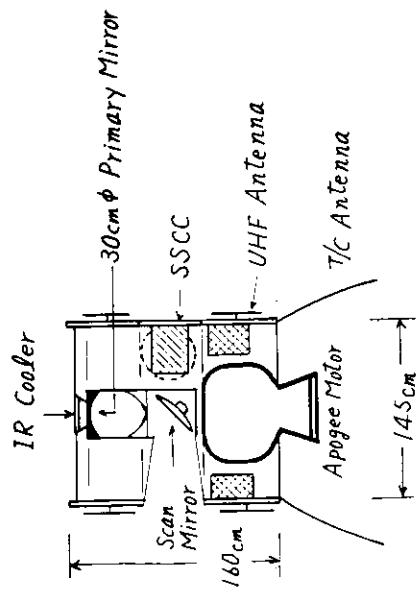


図 4. 2. 1



N  
S  
EARTH

図 4. 2. 2 第 1 号静止気象衛星の仰角

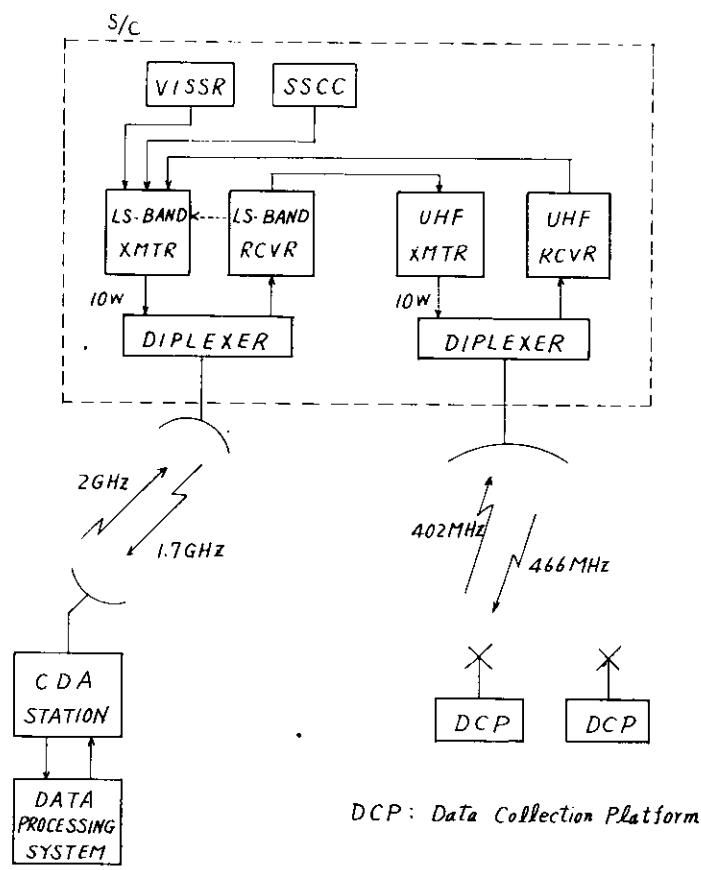


図 4.2.3

#### 4.2.4 今後の研究方針

以上、気象庁においては 1975 年打上げ予定の GARP 計画を目標に気象衛星の研究を推進しており、昭和 45 年 12 月には大蔵予算の内示をうけている。内示内容によれば、昭和 46 年度は世界の気象衛星の技術調査、搭載機器の研究等、システムデザイン以前の仕様検討、ハードウェアの製作となつていて、なお、気象庁内部にあつた気象衛星開発準備委員会も開発推進委員会へと発展している。

以上の情況によつて、SR106 装載システム分科会通信小委員会 WG-2 は昭和 46 年度は昭和 45 年度に引き続いだ連絡会議程度の作業を行なうこととなるが、SR106 は昭和 46 年度をもつて終了するので、本件に関する業務は別名称の研究部会を編成し、昭和 50 年度までの作業を実施することとなろう。この場合、昭和 47 年度は気象通報自動送信システムの仕様決定となり、昭和 48~49 年にわたつて試作、シミュレータ試験となり、昭和 50 年度は数隻の船舶による実用性の検討となる予定である。