

日本船舶振興会 昭和46年度補助事業  
“船舶の構造・性能に関する基礎的研究”

研究資料 No.142

## 第107研究部会

# 船舶の速度計測および馬力推定法 の精度向上に関する研究

## 報告書

昭和47年3月

社団法人

日本造船研究協会

## 目 次

§ 1 緒 言 .....	1
§ 2 委員会開催状況 .....	2
§ 3 各種対水速度計の調査と速度試運転への実用化に関する研究 .....	12
3-1 まえがき .....	12
3-2 実船試験計画 .....	12
3-3 電磁式速度計 .....	14
3-3-1 装置概略 .....	14
3-3-2 昇降装置 .....	15
3-4 超音波式速度計 .....	16
3-4-1 装置概略 .....	16
3-4-2 単独試験 .....	20
3-5 実船試験 .....	30
3-5-1 取付工事 .....	30
3-5-2 実船試験概略 .....	30
3-5-3 試験結果および考察 .....	32
3-6 模型実験 .....	60
3-6-1 模型船 .....	60
3-6-2 実験方法および装置 .....	60
3-6-3 実験結果および考察 .....	61
3-7 考察 .....	67
3-7-1 実船境界層 .....	67
3-7-2 対水速度計による対水速度 .....	67
3-7-3 改良を要する点 .....	70
§ 4 抵抗成分分離に関する研究 .....	75
4-1 まえがき .....	75
4-2 実船試験 .....	78
4-2-1 試運転状態ならびに諸計測 .....	78
4-2-2 解析 .....	78
4-2-3 $\triangle C_F$ 解析 .....	79
4-3 1.2m模型試験 .....	94
4-3-1 抵抗試験 .....	94
4-3-2 自航試験 .....	94
4-3-3 プロペラ単独試験 .....	94
4-3-4 後続波形計測 .....	95

4 - 3 - 5 後方 Wake Survey	95
4 - 3 - 6 プロペラ位置の Wake Survey	95
4 - 3 - 7 船側 Wake Survey	96
4 - 4 考察および結論	108
4 - 4 - 1 抵抗試験	108
4 - 4 - 2 波形計測	109
4 - 4 - 3 後方 Wake Survey	110
4 - 4 - 4 プロペラ単独試験	110
4 - 4 - 5 自航要素	111
4 - 4 - 6 プロペラ位置伴流計測	111
4 - 4 - 7 むすび	112
参考文献	
§ 5 実船と模型船の相關に関する研究	123
5 - 1 研究および成果の概要	123
5 - 2 計測装置	125
5 - 2 - 1 空気式五孔ピトーブ	125
5 - 2 - 2 空気式マノメータ	125
5 - 2 - 3 電気式五孔ピトーブ	126
5 - 2 - 4 超音波式流速計	127
5 - 2 - 5 船尾の超音波ノイズ計測器	127
5 - 3 トラスおよび計器取付け作業	134
5 - 3 - 1 トラス	134
5 - 3 - 2 配線、配管および計測室配置	134
5 - 3 - 3 トラスの振動	135
5 - 3 - 4 取付け作業	136
5 - 4 實船実験および内試運転結果	143
5 - 4 - 1 テスト項目、計測項目	143
5 - 4 - 2 計測要領	143
5 - 4 - 3 実験の状況	143
5 - 4 - 4 内試運転結果	143
5 - 5 五孔ピトーブの検定	153
5 - 5 - 1 検定装置	153
5 - 5 - 2 マノメータ	153
5 - 5 - 3 検定結果	153
5 - 6 實船伴流の解析	156
5 - 6 - 1 座標系および記号	156

5-6-2 マノメータの読み取り	156
5-7 計測および解析結果とその考察	158
5-7-1 空気式五孔管による計測値	158
5-7-2 電気式五孔管による計測値	159
5-7-3 超音波式流速計による計測値	159
5-7-4 ノイズ計測値	160
5-8 実船実験全般を通じての感想	172
§6 主な結論	174
§7 結言	177

## § 1 緒 言

船舶の対水速度および所要馬力を正しく推定し、かつ正しく計測することは、船舶の建造および運航上きわめて重要な問題であり、最近の船舶の巨大化、肥大化により、これらに対する要求はさらに厳しいものとなってきた。そこで、船舶の試運転に要する時間と経費を節減し、かつ、計測精度の向上をかけるために船舶の対水速度を直接正しく計測する方法を開発するとともに、船舶の馬力推定に必要な実船と模型船との相関関係を正しく求めるために、最近特に問題になつてゐる大型肥大船を対象として幅広い研究を日本船舶振興会の補助金を得て3ヶ年計画で行つた。

初年度である昭和44年度には、船舶の速度計測に関する研究の手はじめとして、各種の対水速度計測方法および対水速度計に関する調査および肥大模型船まわりの流速分布の計測を行なつて、現時点における適當な対水速度計とその適當な計測位置を見出した。<sup>1)</sup>

第2年度である昭和45年度には<sup>2)</sup>、船舶の速度計に関する研究の続きとして、電磁式速度計の単独試験を行なうとともにIC速度計と超音波式速度計の実用化試験をD.W. 168,000トンの混載船で行なうことにして各種の調査および検討を行なつた。また、新しく、抵抗成分分離に関する研究として3隻の相似模型に対して、抵抗・自航・プロペラ単独の各試験を行なうほか、後流、伴流、自由波形、流線等の観測を行なつた。この試験研究の対応実船として選ばれた船は、D.W. 162,400トンの鉱石運搬船で、この実船については標準試運転および伴流分布の計測を行なう予定で、計測装置の設計および計測方法の検討を行なつた。理想的には一つの実船で伴流分布の計測と速度計の実用化試験を行なうとともに、その船に対する数隻の縮率模型で抵抗成分分離に関する各種模型試験を行なうべきであるが、いろいろを都合から、伴流計測試験と速度計実用化試験は別の実船で行なうことになつた。

最終年度である昭和46年度の研究は、対水速度計の実用化に関する研究として、上記混載船の船底のS.S.6付近に電磁式速度計を装備して、船底下0~1mの間の対水速度を適當な間隔で計測するとともに、新しく開発された超音波式速度計を球状船首の前端に取付けて、船の前方位置における速力を計測した。

また、この実船に相似な模型船について、実船と同一相対位置における速力を計測し、実船試験の結果と比較検討した。抵抗成分分離に関する研究としては、昭和45年度に試験を実施した2, 4, 8mの相似模型船と全く相似な12m模型について、8m模型に対して行なつたのと同様な試験、すなわち、抵抗試験、自航試験、プロペラ単独試験、後流および伴流の計測ならびに模型船の起す波についての計測を行ない、他の模型試験の結果と比較検討した。実船と模型船の相関に関する研究としては、上記の鉱石運搬船を使用してプロペラ前方位置における伴流を5孔管式伴流計測装置および超音波式伴流計測装置で計測し、相似な位置で計測した模型試験結果と比較した。また、一方同船の標準試運転を行なつてその結果を解析し、相似模型船群の試験結果と比較検討した。

1) 第107研究部会、船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究報告書、日本造船研究協会、研究資料No.109, 昭和45年3月

2) 第107研究部会、船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究報告書、日本造船研究協会、研究資料No.124 昭和46年3月

## § 2 委員会開催状況

### 2-1 委員構成

#### 2-1-1 委員会

(敬称略 順不同)

部会長	横尾 幸一(船舶技術研究所)	石毛 昭(白杵鉄工)
委員	安部 光弘(三井造船)	乾 崇夫(東京大学)
	泉 晃(三菱重工)	永松 秀一(住友重工)
	植竹 信次郎(日立造船)	岡田 高(沖電気)
	堀之北 克朗(船舶局)	岡部 淳一(九州大学)
	岡野 伊史(佐世保重工)	小林 実(北辰電機)
	岡本 洋(川崎重工)	滋野 正明(佐野安船渠)
	笛島 秀雄(大阪大学)	芝田 珠郎(北辰電機)
	柴田 幸二郎(安立電波)	須藤 彰一(日立造船)
	鈴木 正(安立電気)	田古里 哲夫(東京大学)
	須藤 正信(日本鋼管)	田中 磐一(光電製作所)
	田中 一朗(大阪大学)	温品 秀雄(日本無線)
	仲渡道夫(広島大学)	藤原 芳夫(名村造船)
	花園 史郎(函館ドック)	丸尾 孟(横浜国立大学)
	伏見 清喜(昭和海運)	上甲 健一(大阪造船)
	箕原 喜代美(古野電気)	村松 省吾(三保造船)
	宮島 次郎(海上電気)	森川 卓(船主協会)
	森 正彦(石川島播磨重工)	山崎 芳嗣(佐世保重工)
	矢崎 敦生(造船技術センター)	渡辺 恭二(三菱重工)
	吉富 佐(三菱重工)	
	柿木 初喜(盛岡計器)	

#### 2-1-2 小委員会

##### 1) 速度計測小委員会

(敬称略 順不同)

主査	田古里 哲夫(東京大学)	岡田 高(沖電気)
委員	永松 秀一(住友重工)	田中 一朗(大阪大学)
	芝田 珠郎(北辰電機)	野中 健美(船舶技術研究所)
	仲渡道夫(広島大学)	宮島 次郎(海上電気)
	箕原 喜代美(古野電気)	柿木 初喜(盛岡計器)
	矢崎 敦生(造船技術センター)	

2) 伴流計測小委員会

(敬称略 順不同)

主　　査	笹 島 秀 雄 (大 阪 大 学)	
委　　員	荒 井 能 (船舶技術研究所)	植 竹 信次郎 (日 立 造 船)
	辛 島 光 二 (三 菱 重 工)	木 津 猛 夫 (日 立 造 船)
	鈴 木 敏 夫 (大 阪 大 学)	須 藤 彰 一 (日 立 造 船)
	高 橋 肇 (船舶技術研究所)	田 古 里 哲 夫 (東 京 大 学)
	田 中 一 朗 (大 阪 大 学)	仲 渡 道 夫 (広 島 大 学)
	福 田 甲 子 郎 (電 子 工 業)	丸 尾 孟 (横 浜 国 立 大 学)
	宮 島 次 郎 (海 上 電 機)	山 崎 芳 龍 (佐 世 保 重 工)
	渡 辺 恭 二 (三 菱 重 工)	

3) 抵抗成分分離小委員会

(敬称略 順不同)

主　　査	渡 辺 恭 二 (三 菱 重 工)	
委　　員	乾 崇 夫 (東 京 大 学)	笹 島 秀 雄 (大 阪 大 学)
	須 藤 彰 一 (日 立 造 船)	高 橋 肇 (船舶技術研究所)
	田 古 里 哲 夫 (東 京 大 学)	仲 渡 道 夫 (広 島 大 学)
	藤 田 孝 (三 菱 重 工)	丸 尾 孟 (横 浜 国 立 大 学)

2 - 1 - 3 討議参加者

1) 委 員 会 (敬称略, 順不同)

足 立	(古 野 電 気)	伊 藤	(造船技術センター)
小 倉	(佐 世 保 重 工 業)	小 原	(安 立 電 気)
岸 本	(三 井 造 船)	佐 藤	(造船技術センター)
杉 町	(大 阪 造 船 所)	城 野	(日 立 造 船)
反 野	(古 野 電 気)	高 橋	(船舶技術研究所)
高 橋	(石 川 島 播 磨 重 工 業)	立 木	(佐 世 保 重 工 業)
玉 井	(川 崎 重 工 業)	広 野	(石 川 島 播 磨 重 工 業)
山 下	(石 川 島 播 磨 重 工 業)		

## 2) 速度計測小委員会

(敬称略、順不同)

新 井	(古 野 電 气)	荒 井	(船舶技術研究所)
伊 藤	(造船技術センター)	上 野	(海 上 電 機)
佐 藤	(造船技術センター)	柴 田	(安 立 電 波)
宝 田	(住友重機械工業)		

## 3) 伴流計測小委員会

(敬称略、順不同)

浅 野	(大 阪 大 学)	井 上	(日 立 造 船)
門 野	(日 立 造 船)	金 子	(日 立 造 船)
山 崎	(大 阪 大 学)	木 村	(日 立 造 船)
下 川	(日 立 造 船)	城 野	(日 立 造 船)
田 中	(日 立 造 船)	津 田	(日 立 造 船)
辻 田	(三 菱 重 工 業)	西 原	(日 立 造 船)
藤 田	(三 菱 重 工 業)	堀 口	(日 立 造 船)
松 本	(大 阪 大 学)		

## 2-2 委員会開催

## 2-2-1 委 員 会

第12回委員会 46.4.7 (水) 13.30～16.00

## 主な審議事項

- 研究計画
- 経費配分

第13回委員会 46.6.16 (水) 13.30～16.20

## 主な審議事項

- 標準試運転
- 速度計測、伴流計測の実験参加者

第14回委員会 46.9.27 (月) 13.30～17.00

## 主な審議事項

- 速度計測、伴流計測の実験結果
- 今後の研究計画

第15回委員会 46.12.8 (水) 13.30～17.00

## 主な審議事項

- 速度計測、伴流計測の解析結果
- 46年度研究報告書
- 47年度以降研究計画

第16回委員会 4.7.2.18 (金) 13.30～17.00

主な審議事項

- 4.6年度研究報告書の原稿審議

2-2-2 小委員会

1) 速度計測小委員会

第6回小委員会 4.6.5.12 (水) 13.30～15.30

主な審議事項

- 超音波式対水速度計水槽試験実施要領
- 実船試験スケジュール
- 実船試験方案
- 模型試験方案

第7回小委員会 4.6.6.16 (水) 10.00～13.15

主な審議事項

- 超音波式対水速度計試験結果
- 実船試験方案

第8回小委員会 4.6.7.30 (金) 13.00～18.00

主な審議事項

- 実船試験準備
- 試運転方案
- 実船試験方案
- 計測員

第9回小委員会 4.6.10.26 (火) 10.30～13.00

主な審議事項

- 電磁式速度計計測結果の解析
- 試運転解析法
- 電磁式速度計の計測値に及ぼす船底影響
- 超音波式速度計計測結果の解析
- 模型試験計画
- 計器の改良点
- 報告書作成方針
- 4.7年度以降研究計画

第10回小委員会 4.7.1.31 (月) 10.30～13.30

主な審議事項

- 模型実験の実施方法
- 速度計測試験結果の解析法
- 4.6年度速度計測小委員会研究報告書原案の審議

2) 伴流計測小委員会

第9回W.G.委員会 46. 5. 17 (月) 10:00~17:00

主な審議事項

- 実船試験諸装置取付作業要領
- 5孔管検定試験方案
- 計器搬入
- 骨組振動計算およびテスト方案
- マノメータ
- スケジュール

第5回小委員会 46. 6. 9 (水) 8:30~16:10

主な審議事項

- 工 程
- 取付作業要領
- 伴流計測装置の工作要領
- 5孔管取付トラスの振動計算結果
- ノイズ計測用マイクロホン取付要領
- マノメータボードの組立て
- 計測要員の配置

第6回小委員会 46. 7. 6 (火) 13:00~17:00

46. 7. 7 (水) 9:00~13:00

主な審議事項

- 骨組、ピトー管の取付作業結果
- 計測員の配置
- マノメータボード吊棒
- 計 測 室
- 計測作業分担表
- 計 測 方 案

第10回W.G.委員会 46. 8. 3 (火) 9:00~17:00

主な審議事項

- 試運転スケジュール
- 伴流計測装置工作要領
- 計測作業分担表
- 合図マークおよび電話用回路
- 電気式ピトー管計測プロックシステム
- 超音波式流速計による計測準備
- 空気式ピトー管のチェック方法

- ノイズ計測
- 記録方法
- 5孔ピトー管の検定結果

第7回小委員会 46. 9. 21(火) 10.00～16.30

主な審議事項

- 実験結果
- 記録映画
- 5孔ピトー管の検定試験結果

第8回小委員会 46. 11. 30(火) 10.30～16.40

主な審議事項

- 実験結果
- 解析結果
- 記録映画
- 研究報告書

第11回W.G.委員会 47. 1. 14(金) 10.30～20.00

主な審議事項

- 研究報告書

第9回小委員会 47. 1. 26(水) 10.30～17.30

主な審議事項

- 伴流計測小委員会研究報告書原案の審議

3) 抵抗成分分離小委員会

第2回小委員会 46. 4. 7(水) 10.00～12.00

主な審議事項

- 模型試験結果
- 研究報告書

第3回小委員会 46. 9. 27(月) 10.00～13.00

主な審議事項

- 標準試運転結果
- 12m模型船試験方案

第4回小委員会 47. 1. 31(月) 13.30～17.00

主な審議事項

- 12m模型試験結果
- 46年度抵抗成分分離小委員会研究報告書原案

## 2-3 配布資料

### 2-3-1 委員会資料

#### 第12回委員会

- (1) 速度計測小委員会研究実施状況 (田古里委員)  
(2) 同上小委員会 4・5年度研究報告 (〃)  
(3) 伴流計測小委員会マスタースケジュール (城野委員)  
(4) 研究費および傭人給配分(案)(4・6年度) (造研)  
(5) 研究内容(4・6年度申請書) (〃)  
(6) 研究経費(〃) (〃)  
(7) ドプラ・ソーナ速度計試験結果 (玉井委員)  
(8) 2m模型の試験結果(その2) (田古里委員)

#### 第13回委員会

- (1) 伴流計測ピトー管取付トラス (阪大)  
(2) マノメータ (〃)  
(3) 伴流計測小委員会関係予定 (〃)  
(4) 標準試運転施行に関する覚書き (日立)  
(5) ドプラ・ソーナ速度計試験結果(一部追加) (川重)

#### 第14回委員会

- (1) 供試船“はんぶとん丸”的試運転記録その他 (永松委員)  
(2) 速度計測小委員会実船試験中間報告 (田古里委員)  
(3) 実船による伴流計測一計測データ (城野委員)  
(4) Wake Distribution (田中委員)  
(5) 伴流計測実船試験超音波式流速計測定結果 (福田委員)  
(6) 新鶴丸試運転成績解析書 (須藤委員)  
(7) 高速コンテナ船の馬力推定法の精度向上に関する研究  
(申請書原案) (造研)

#### 第15回委員会

- (1) 速度計測実験結果 (田古里委員)  
(2) 実船の伴流分布解析について (阪大)  
(3) 実船用5孔ピトー管の検定結果 (船研)  
(4) 報告書目次(案) (横尾部会長)  
(5) " (速度計測小委員会の分) (田古里委員)  
(6) 高速貨物船型に対する実船試験について  
(アンケート回答の一部) (造研)  
(7) 4・7年度事業計画書 (〃)  
(8) 4・7年度研究費一覧表 (〃)  
(9) Measurements of Boundary Layers of Ships  
(岡部委員)

第 16 回委員会

(1) 4.6 年度研究報告書原稿 (造 研)

2-3-2 小委員会資料

1) 速度計測小委員会

第 6 回小委員会

(1) 対水速度計水槽試験実施要領 (古 野)

第 7 回小委員会

(1) 超音波式対水速度計水槽試験結果報告書 (古 野)

(2) 実船試験方案その他 (住 重)

(3) 電磁ログ実船試験計画(案) (北 辰)

(4) 電磁ログ昇降装置突出量—指示曲線 (〃)

(5) 超音波式対水速度計実船試験方案 (古 野)

第 8 回小委員会

(1) 計測器類取付作業の経過報告 (住 重)

(2) 計器類の設置場所 (〃)

(3) S.M.4.1 はんぶとん丸海上試運転方案(船体部) (〃)

(4) S.M.4.1 はんぶとん丸運転予定表 (〃)

(5) 超音波式ログ実船試験計画(案) (古 野)

(6) はんぶとん丸の境界層間速度計測について (仲 渡 委 員)

第 9 回小委員会

(1) 速度計測小委員会実船試験中間報告② (野 中 委 員)

(2) はんぶとん丸速力試験解析書 (永 松 委 員)

(3) 走航試験データ(超音波式速度計計測結果) (古 野)

第 10 回小委員会

(1) 速度計測小委員会 4.6 年度研究報告書原案 (各 担 当 者)

2) 伴流計測小委員会

第 9 回 W.G. 委員会

(1) ピトー管取付トラス取付要領 (日 立 因 烈)

(2) ピトー管等取付詳細図(含台座) (〃)

(3) 全体装備(含ビニルチューブ固縛用金具詳細図) (〃)

(4) 伴流計測ビニルチューブ用バンド取付図 (〃)

(5) ビニルチューブ固縛用バンド製作図 (〃)

(6) ピトー管取付台及びバンド製作図 (〃)

(7) Diagram Arrangement of Compressed Air System (〃)

(8) 5 孔ピトー管検定試験方案(第 2 案) (阪 大)

- (9) 5孔管取付トラスの振動計算 (日立技研)  
 (10) 骨組振動テスト方案 (〃)  
 (11) マノメータおよびビニル空気管 (阪大・広大)

#### 第5回小委員会

- (1) 伴流計測ピトー管取付トラス取付図 (日立因島)  
 (2) 伴流計測ビニルチューブ用バンド取付図 (〃)  
 (3) 伴流計測ピトー管取付台及びバンド製作図 (〃)  
 (4) 伴流計測超音波式流速計取付台製作図 (〃)  
 (5) 伴流計測ピトー管取付トラスプラケット製作図 (〃)  
 (6) 伴流計測ピトー管取付トラスタダプリング製作図 (〃)  
 (7) 伴流計測ピトー管取付トラス一品図 (〃)  
 (8) 伴流計測装置工作要領(概略) (〃)  
 (9) 5孔管取付トラスの振動計算(付加物を含み、各部材間の連成を考慮した場合) (日立技研)  
 (10) マイクロホンIおよびII取付図 (船研)  
 (11) マノメータ (阪大)  
 (12) 可視流計(案) (広大)

#### 第6回小委員会

- (1) 5孔管取付状態 (城野委員)  
 (2) 計測作業分担表 (〃)  
 (3) マノメータボード吊棒 (阪大)  
 (4) Accommodation Plan on Upper Deck & A Deck Plan (日立因島)

#### 第10回W.G.委員会

- (1) 新鶴丸 Schedule of Sea Trial (日立因島)  
 (2) 伴流計測装置工作要領(案)(内試運転前後のスケジュール) (日立因島)  
 (3) 計測作業分担表 (城野委員)  
 (4) 合図マークおよび電話用回路図 (津田委員)  
 (5) 電気式ピトー管計測プロックシステム (辻田委員)  
 (6) 実船伴流計測16mmシネ記録案 (藤田委員)  
 (7) 実船用5孔管φ60(予備用)検定曲線 (阪大)  
 (8) 備後灘及付近(海図) (日立因島)

#### 第7回小委員会

- (1) 実船による伴流計測計測データ(日立因島関係分) (城野委員)  
 (2) 伴流計測実船試験超音波流速計計測結果 (福田委員)

(3) 実船伴流計測電気式 5 孔ピトー管解析結果 (辻 田 委 員)

(4) Wake Distribution (Ship, Model) (鈴 木 委 員)

(5) 模型船伴流計測結果 (仲 渡 委 員)

(6) M. 2058 Wake Fraction Contour Curves

(藤 田 委 員)

(7) 回転数、振動数計測結果 (辻 田 委 員)

(8) 伴流計測用 5 孔ピトー管検定結果 (高 橋 委 員)

第 8 回小委員会

(1) 電気式 5 孔ピトー管計測結果 (三 菱 神 戸)

(2) 実船用 5 孔ピトー管の検定 (船 研)

(3) 実船伴流の計測データの解析 ( " )

(4) 解析結果中間報告書 (阪 大)

(5) 実船伴流計測映画編集 (日 立)

(6) " (三 菱 長 崎)

(7) 研究報告書執筆分担表 (阪 大)

第 11 回 W.G. 委員会

(1) 研究報告書原案 (阪 大)

第 9 回小委員会

(1) 伴流計測小委員会 4.6 年度研究報告書原案 (各 執 筆 者)

3) 抵抗成分分離小委員会

第 2 回小委員会

(1) 2 m 模型試験結果 (丸 尾 委 員)

(2) 2 m 模型試験結果 (その 2) (流線観測) (田 古 里 委 員)

(3) 2 m, 4 m および 8 m 模型試験結果の比較 (藤 田 委 員)

(4) 4.5 年度研究報告書 結言 (横 尾 部 会 長)

第 3 回小委員会

(1) 新鶴丸試運転成績解析書 (須 藤 委 員)

(2) N 丸試運転成績解析書 ( " )

(3) 1.2 m Model による試運転方案確認事項 (高 橋 委 員)

(4) 抵抗成分分離に関する研究

— 追加試験について — (渡 辺 主 壱)

(5) S R 107 部会の継続研究

高速コンテナ船の馬力推定法の精度向上に関する研究 (横 尾 部 会 長)

第 4 回小委員会

(1) 1.2 m 模型試験結果 (船 研)

(2) 抵抗成分分離小委員会 4.6 年度研究報告書原案 (各 執 筆 者)

### § 3 各種対水速度計の調査と速度試運転への実用化に関する研究

#### 3-1 まえがき

昭和44年度においては本調査研究題目に關しては、従来船舶用測程儀として採用された計測方法のみならず、巨大船試運転用として実用の可能性のありそうな各種対水速度計測方法について調査検討した。その結果、船体水中部に受感部を装備する計測方法を速度試運転への実用化試験に採用することにし、電磁式速度計がまず選定され、模型船周辺流速分布計測結果から適當と考えられる取付け位置も大体決定された。また境界層の影響を受けないドップラー・ソナー式超音波速度計の採用も予定された。

昭和45年度においては、まず対水速度計実用化実船試験に使用する実船として住友重機械工業(株)において昭和46年8月竣工予定のDW168,000t混載船が決定された。一方船舶技術研究所の400m水槽で電磁式速度計の単独試験が行なわれるとともに測定桿長さの決定、本速度計を実船に装備し試験を行なう時必要な測定桿昇降装置の設計が行なわれた。超音波式速度計については検討が進められ、仕様、取付け位置、取付け方法などを定め、設計が行なわれた。

本年度は以上により選定した実船を使用し、速度試運転時に船底に電磁式速度計を装備し、昇降装置により船底からの突出量を変え、船底付近流速分布を計測し、境界層内速度分布、境界層厚を求め、受感部を境界層外に置くために必要な突出量を知り、境界層外端のボテンシャル流の流速を求める試みた。また、新しく開発された超音波式速度計を単独試験の後、船首水中部に取付け、船体の影響の極めて小さい船首前方における流速を計測した。さらに、この実船の模型を製作し、実船に對応する位置における流速を計測し、上記実船試験結果と比較検討し、電磁式速度計および超音波式速度計を使用して対水速度を求める方法の実用化の研究を行なつた。

#### 3-2 実船試験計画

対水速度計実用化実船試験供試船の主要目はつきのようなものである。

建造所	住友重機械工業(株)		
船主	第一中央汽船(株)	△ (満載)	200,579 k t
船名	はんぶとん丸	C <sub>B</sub>	0.82
船種	散積兼油運搬船	主機 蒸気タービン	1基
DW	168,859 k t	主機出力	2,800 P S (連続最大)
L <sub>pp</sub>	285.00 m	航海速力	15.40 kn (満載)
B	47.40 m		
D	24.80 m		
T (満載)	17.615 m		

本船の公試は昭和46年8月末相模湾で、バラスト状態および満載状態について行なわれ、速度試運転においては、対地速度は安立電波工業(株)製船舶速度測定装置MARSMEC-ASM2-A(通称電波ログ)により計測される。この速度試運転の主機負荷50%，75%，92%(常用)，および100%(最大出力)における各航走時に電磁式速度計および超音波式速度計について対水速度計実用化実船試験を行なうこととした。

電磁式速度計受感部を St. 6 (FPから 114 m) の船体中心線から左舷側 7.6 m の船底に装備するものとし、受感部の船底からの突出量は船橋からの遠隔操作により 0 から 1000 mm の範囲で変えうるよう、電動シリンダ式測定桿自動昇降装置を船底弁上に取付け、船橋に設置した突出量制御器により測定桿を任意の位置に設定できる構造とした。また昇降装置に突出量発信器を取付け、船橋内には測定桿突出量指示器および速度受信器と電磁オシログラフを設置し、船橋内でその指示値を読み取り出力をアナログ記録し流速変化の状態も計測できるようにした。

本公試速度試運転各航走時に必要な助走時間は出力整定後約 2.5 分、助走距離にして約 6 漪であり、電波ログによる対地速度計測を行なう 1 漪間の航走時間は 4 ~ 5 分程度である。一方電磁式速度計による計測は、境界層厚さおよび境界層内速度分布を求めるためには、測定桿突出量を 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 300, 500, 700, 900, 1,000 mm と 16通り変えが望ましく、しかも電波ログによる公試対地速度計測期間中の境界層外ボテンシャル流平均流速および流速変動状態を求めるため最大突出量 1,000 mm をその期間維持することが望ましい。速度分布計測時の場合、本電磁式速度計による計測所要時間は 1 突出量当たり約 30 sec であるので、公試対地速度計測時間だけでは計測時間が不足する。したがつて電磁式速度計による計測は、助走中電波ログによる対地速度指示値および測定桿最大突出時電磁式速度計指示値を記録し、整定したと認められたならば、突出量を 5 mm から順次に増し上記の通りに変え、指示値整定後平均値を読み取り 20 秒間程度速度発信器出力の電磁オシログラフ記録を行なう。つぎに電波ログによる公試対地速度計測時間中は測定桿突出量を最大とし、一定時間間隔で流速平均値を読み取るとともに電磁オシログラフにより連続記録をすることにした。

以上のような計測方法でも計測時間が不足する場合もあるかと考え、公試対地速度計測終了後も本船はしばらくは直進することを予定した。

超音波式速度計振動子は船首バルブ前端に前方に向け取付けるものとし、船首から超音波反射水塊までの距離（サンプリング距離）を 40, 75, 100, 150, 200 m と変え、船橋内に設けたディスプレイ装置に時間間隔 1 秒ごとに速度を指示させ、各航走時に 2 分間づつ 2 回読み取るとともにテープパンチにより記録することにした。超音波式速度計振動子の没水深度が小さい場合、サンプリング距離を大きくすると海面反射の影響が入り計測精度が悪化するので、バラスト状態における計測は参考程度にとどめ、満載状態を本計測に予定した。

電磁式速度計および超音波式速度計による計測時間中は試験結果の検討に資するため、公試記録以外に 1 分間隔で風向、風速、舵角、横傾斜、主機回転数を本船船橋装備の計器により読み取ることにした。また、本船には北辰電機製作所製圧力式ログが船尾に装備され、バラスト状態公試時では未調整であるが、満載状態時のみならずバラスト状態においても 1 分間隔で船橋の速力受信器指示を読み取り参考にすることにした。本計測時の水温としては、速度試運転中のコンデンサ入口水温計測値を利用することにした。

以上の試験を行なうための準備として停泊時に、電磁式速度計については測定桿突出量指示装置の検定および速度発信器と受信器の同指試験、超音波式速度計については零点確認と残響レベル調査のためサンプリング距離を上記の 5 通りに変えた試験などを行なうこととした。

なお計器の動作確認と調整、計測方法の検討および修得のため、摺合せ運転時に電磁式速度計および

超音波式速度計による予備計測を行なうことにした。

以上の計測担当を下記に示す。

電磁式速度計	北辰電機	2名
超音波速度計	古野電氣	2名（摺合わせ運転および満載状態時）
	東京大学	1名（バラスト状態時）
圧力式ログ	読取り記録	東京大学 1～2名
風向、風速、舵角		船研 1名
主機回転数		
その他		

電磁式速度計および超音波式速度計の装置一式はキャブタイヤケーブルを含め、本試験終了後直ちに撤去し、電磁式速度計船底弁のみ後日、本船が入渠工事で入渠の際に撤去することにした。

### 3-3 電磁式速度計

#### 3-3-1 装置概略

速度試運転用対水速度計実用化実船試験のため使用した電磁式速度計の原理、受感部、測定桿などの形状寸法、回路、試験水槽における単独試験結果については本部会昭和45年度報告書に記載したので、ここではその概略のみを述べる。

本速度計は船舶用電磁式測程儀に本実験に必要な改造を加えたもので、改造項目を下記に示す。

- (1) 速度発信器および速度受信器は2重目盛とし0.01knまで読取り可能とする。
- (2) 電磁オシログラフに速度信号を記録できるよう速度発信器に出力回路を設ける。
- (3) 受感部の船底からの突出量を0～1mの範囲で船橋から隨時任意可変とする。
- (4) 航程発信器および航程受信器は設けない。

測定桿自動昇降装置は本年度製作したが、これについては次項で述べる。

本速度計の構成を Table 3.3.1.1 に、要目を Table 3.3.1.2 に示す。

Table 3.3.1.1 電磁式速度計の構成

機器名	数量	備考
船底弁	1	
測定桿	1	
受感部	2	1個は予備
速度発信器	1	
速度受信器	1	
測定桿昇降装置	1	
測定桿突出量制御器	1	
測定桿突出量発信器	1	北辰電機から借用
測定桿突出量指示器	1	北辰電機から借用
電磁オシログラフ	1	住友重機械備品

Table 3.3.1.2 電磁式速度計要目

速度範囲	0～25 kn
速度指示	2指示針、全周2重目盛
速度目盛	0～1 kn 長針……0.01 kn きざみ 0～25 kn 短針……0.5 kn きざみ
応答速度	0～25 kn の計測所要時間 2～3分
速度精度	0.05 kn
出力	記録計用アナログ信号最大 10 mA
定格	連続
電源	AC 1.00 V, 60 Hz, 1φ
測定桿全長	約1900 mm
速度発信器寸法	430 mm × 300 mm × 280 mm
速度受信器寸法	220 mm × 260 mm × 350 mm

## 3-3-2 昇降装置

前年度の計画にしたがつて、測定桿を遠隔昇降させる装置として橋本チェーン製作所のパワーシリンダと制御器を採用した。その要目はつきの通りである。

Table 3.3.2.1 昇降装置要目

(1) パワーシリンダ	
型式	L P 1000-L 10
電源	AC 200/220 V, 60/50 Hz, 3φ
昇降ストローク	1000 mm
推力	1000 Kg
制御方式	ブレーキモートル
重量	約 65 Kg
数量	1台
(2) 制御器	
制御方式	寸動式
重量	約 3 Kg
数量	1台

パワーシリンダの形状寸法を Fig. 3.3.2.1 に、制御器の形状寸法を Fig. 3.3.2.2 に示す。

昇降装置装備図を Fig. 3.3.2.3 に示す。パワーシリンダは図のように船底弁近くの船尾側に装備した。測定桿突出量の変化が受感部電極の位置で船底外板表面から 0～約 1000 mm になるように、突出量発信器を取り付け、船橋の突出量指示器で突出量を角度で指示させた。

突出量の測定に使用した突出量発信器と突出量指示器間の結線は Fig. 3.3.2.4 に示す通りである。

突出量発信器はトルクシンクロ発信機を主体とし、回転腕の回転を 5:1 の平歯車で増大してシンク

ロに伝達している。測定桿の1000mm昇降に対しシンクロは約1回転する。

また突出量指示器の形状寸法をFig. 3.3.2.5に示す。突出量指示器はシンクロ制御変圧器で突出量発信器シンクロ信号を受信し、サーボアンプとサーボモータによるサーボ機構で追従し、シンクロ発信機の回転角を最小1目盛5度と0.1度の2枚の目盛板で指示する。

測定桿突出量指示器の検定結果をFig. 3.3.2.6に示す。測定桿の突出量に対しその指示誤差は図のように突出量0の時±2mm, 1000mmの時±5mm程度であつた。

### 3-4 超音波式速度計

#### 3-4-1 装置概略

本装置は、超音波パルス信号を船首から前方に発射し、船首前方所定距離にある海水塊内の極微小物からの反射超音波信号を利用して対水速度を計測するものである。この際、流れに及ぼす船体の影響を小さくするため、船首からかなり前方の海水塊からの反射信号のみをゲートして利用する。反射して来た信号の周波数と発射した超音波の周波数とを比較して、その差から殆んど無修正で船舶の対水速度が求められることになる。

巨大船速度試運転において使用する目的から要求される計測精度および原理上定まる性能限界とを考慮してTable 3.4.1.1に示すような仕様を定めた。

この装置においては、その殆んどを電気回路で構成し、また信号処理も殆んどデジタル処理とし、精度信頼性の向上をはかつた。本装置の構成をTable 3.4.1.2に示す。ブロック線図、電路系統、装置動作概要、体積残響レベルについては昭和45年度報告書に記載した通りなので省略する。本速度計本体の形状をFig. 3.4.1.1に示す。

Table 3.4.1.1 超音波式速度計の仕様

速 度 範 囲	-10~25kn (前進、後進の表示は±)
速 度 分 解 能	0.1 kn
精 度	10 kn以上で1%以下 (0.5%を目標とする) 10 kn以下で0.1 kn以下 (ただし音速補正を行なつた場合)
計 测 時 間 間 隔	1 sec 以上
サンプリング距離	0~70m (可能ならば100m以上を目標とする)
計 测 範 囲	15m巾
送 信 周 波 数	200 KHz
送 信 パ ル ス 幅	20 msec
送 信 パ ル ス 間 隔	20~400 msec (可変)
送 信 出 力	100W
受 信 部 ゲ イ ン	110 dB
電 源	AC 100V ± 5%, 60 Hz, 1φ
消 費 電 力	200W
速 度 表 示	3桁と符号± およびBCD 4桁の出力が外部に取出せる。

Table 3.4.1.2 超音波式速度計の構成

機器名	数量	備考
振動子	1	
送受信器	1	
本体(ディスプレイ装置)	1	
テーブパンチャ	1	古野電気から借用

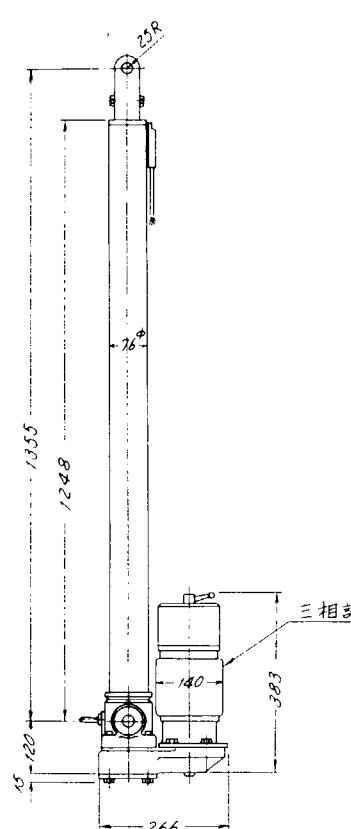
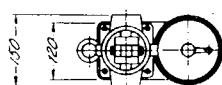


Fig. 3.3.2.1 パワーシリンダ

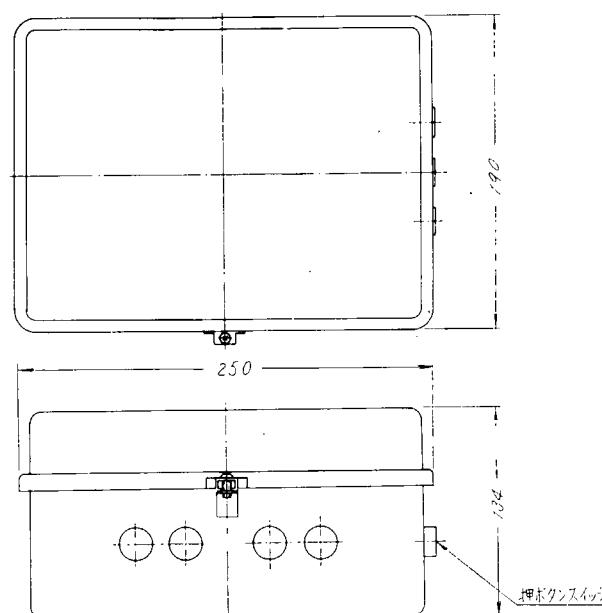


Fig. 3.3.2.2 制御器

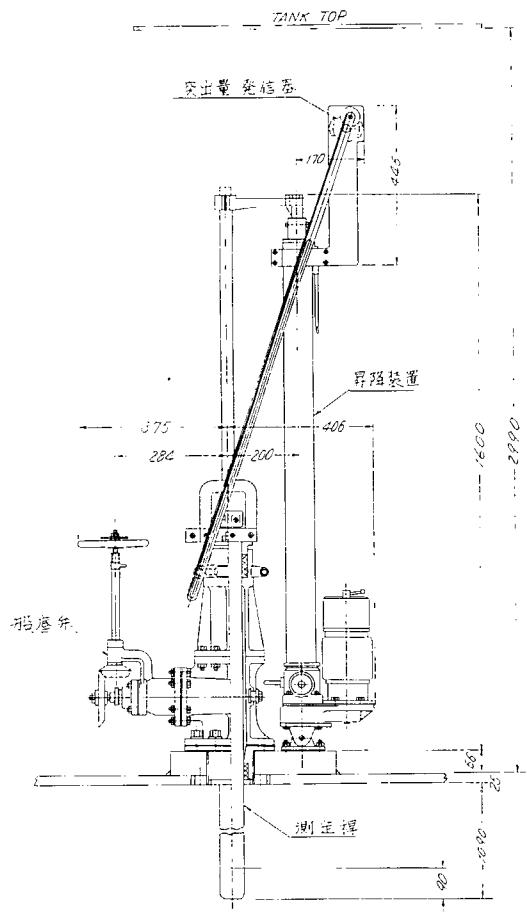


Fig. 3.3.2.3 昇降装置装備図

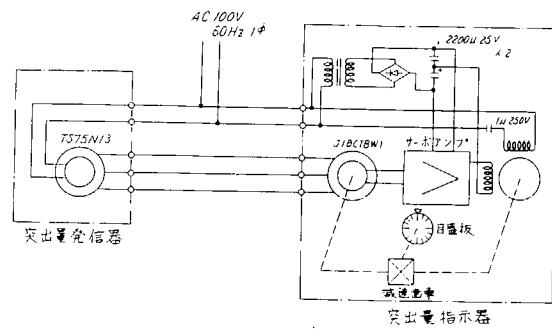


Fig. 3.3.2.4 突出量指示装置電路図

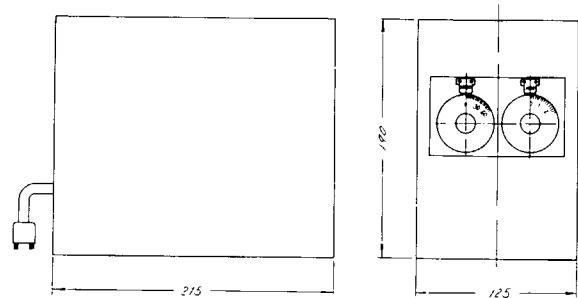


Fig. 3.3.2.5 突出量指示器

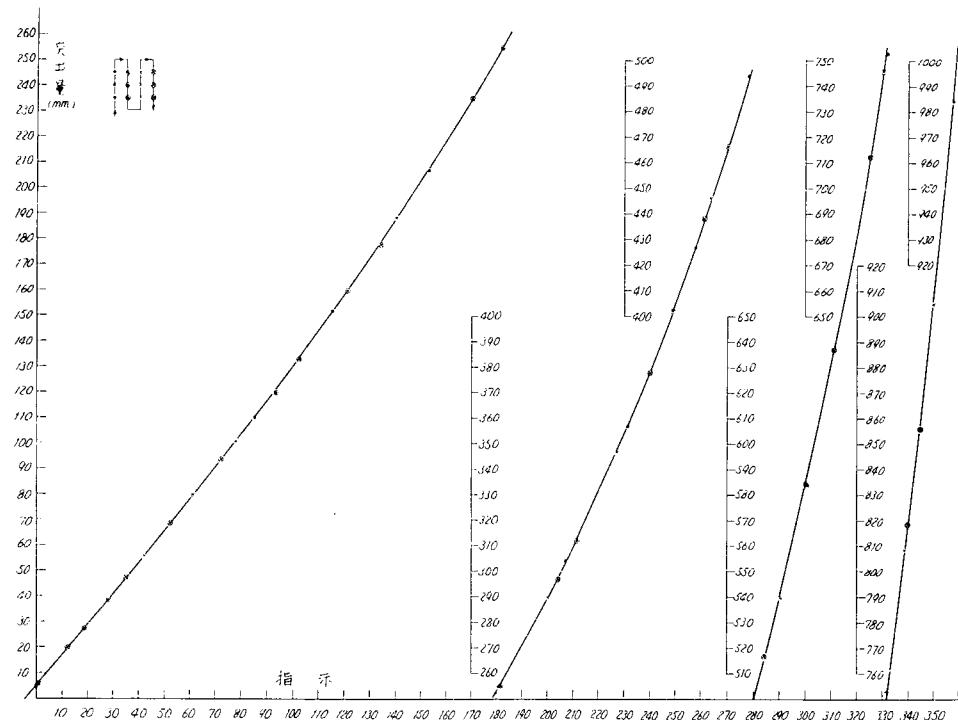
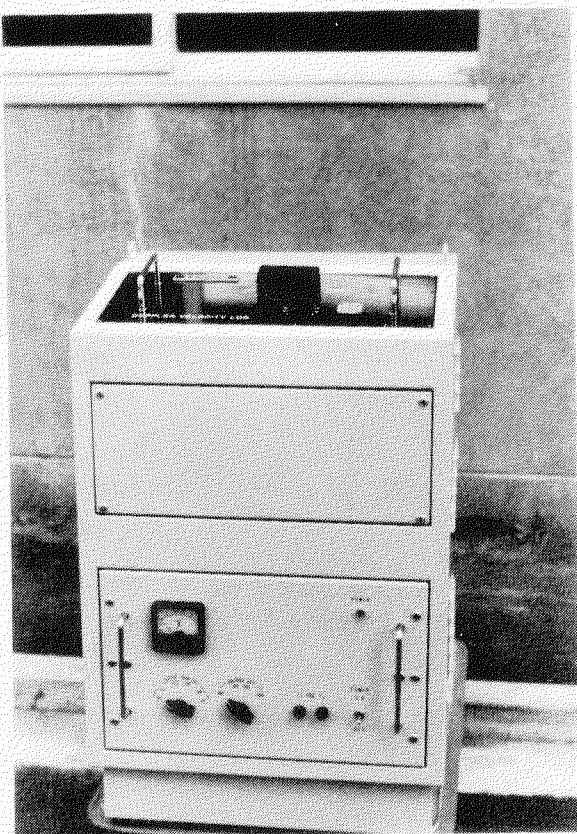


Fig. 3.3.2.6 突出量 指示曲線

(A) 本体,



(B) 送受信器

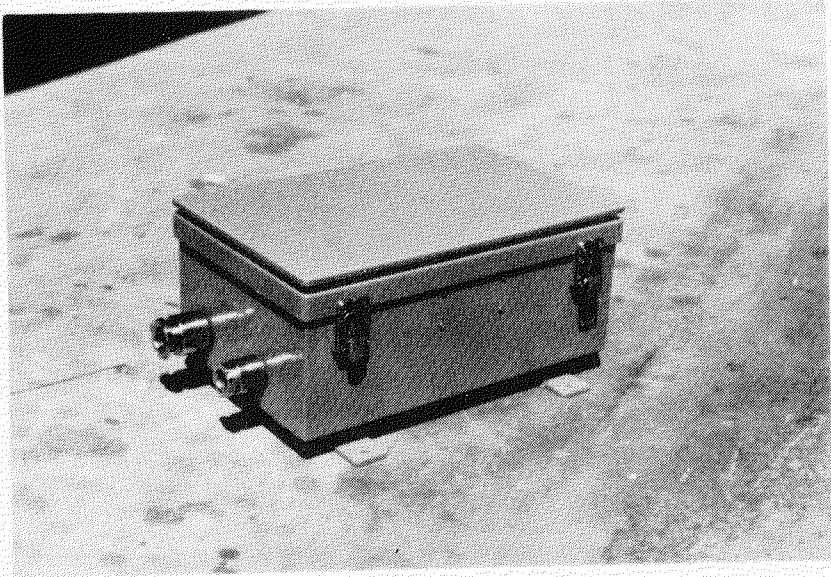


Fig. 3.4.1.1 超音波式速度計形状

### 3 - 4 - 2 単独試験

超音波式速度計の動作確認、調整、検定、精度調査のため、本船に装備する前に単独試験を行なつた。試験水槽における単独試験の結果、固定偏差が現われたので、さらに湖において零点確認試験を行なつた。

#### (1) 試験水槽における単独試験

試験水槽における試験内容は次の通りである。

##### (A) 予備試験

- (a) 残響レベル計測
- (b) 音速計測
- (c) 残流計測
- (d) 精度確認

##### (B) 本試験

###### 検定および精度調査

以上の試験を実施した試験場所は船舶技術研究所第2水槽（400m水槽）で試験期日は昭和46年5月17, 18, 19日である。

試験方法としては各試験項目に関して次の方法を採用した。

###### (a) 残響レベル計測

試験水槽における残響レベルがある程度以上なければ単独試験を行なうことができない。またこのレベルにより最大サンプリング距離が決まる。最大サンプリング距離は試験水槽水深からも制限される。振動子の深さを本水槽水深の1/2すなわち4mにすると、水面および水槽底からの反射を避けるためにはサンプリング距離は最大40mしかとれないことになる。したがつて残響レベルが充分である場合でも最大40mとなる。

この残響レベルを知るため、サンプリング距離を変えて、水槽水そのままで水槽水中にバラフィン模型錫型用粘土と明礬を投入した場合について受信器出力信号をシンクロスコープで観測し、レベル計測を行なう。

###### (b) 音速計測

本速度計のようにドップラーソナー式では音速変化の影響を受けるので音速を知つておく必要がある。

音速を直接計測するのは実際には面倒であるので、水温を計測し水温から音速を推定することにする。水槽の長さ方向の3位置において水深0～8m間でサーミスタ温度計により水温を計測する。

###### (c) 残流計測

振動子および振動子支持支柱の後流による水槽残流を知るため、まず曳引車を走行させ、所定時間後再び曳引車を走行させ、対地速度と翼車式流速計により計測した対水速度とを比較する。

###### (d) 検定および精度確認

速度0～6m/sの範囲で、サンプリング距離を2通り変えて、超音波式速度計指示を記録し、検定を行なうとともに指示値の安定度を調べる。

振動子は鋼管および鋼板製の支持支柱により水深4mの位置に前方に向け保持し、支持支柱を曳引車に取付け、さらに鋼索により支えた。振動子取付け状態をFig. 3.4.2.1に示す。

以上の方針により単独試験を行なつた結果をTable 3.4.2.1～3.4.2.5, Fig. 3.4.2.2～3.4.2.5に示す。Table 3.4.2.1および3.4.2.2, Fig. 3.4.2.2により粘土および明ばんの投入により残響レベルがかなり上昇していることが明らかで、この投入によりサンプリング距離を大きくとることができた。Table 3.4.2.3に水温計測結果を示す。水深4mでの水温は12°であり、水中で塩分などがない場合は音速は1459m/sとなる。ただし、粘土と明ばんを投入した状態ではこの影響が出て音速が大きくなる可能性がある。しかし具体的な数値は判らない。Table 3.4.2.4に残流計測結果を示す。残流値は本単独試験においては超音波式速度計の計測誤差以下である。検定および精度確認試験結果をTable 3.4.2.5に、本速度計指示値の平均と曳引車速度の関係をFig. 3.4.2.3に示す。これによると速度に関係なく指示値は±2～0.3kn低めにずれ固定した偏差が現われている。また、この時の標準偏差は0.2～0.3knである。試験結果によれば、サンプリング距離を2.25～3.75m, 3.75～5.25m, および5.25～6.75mと変えると平均値が多少変化する傾向がある。指示値の分布を求めた例をFig. 3.4.2.4に示す。

Fig. 3.4.2.3中の計算値は曳引車速度を単位換算(m/s→kn)したのみで、音速の修正は行なわなかつた。この理由は真水の場合音速は1459m/sとなり指示値は2.9%大きくなるが、水中に粘土や明ばんが混入している状態では多少音速が大きくなるので、指示値のずれは少なくなると思われるからである。またTable 3.4.2.5において速度に対し比例的なずれが現われていないうことからも、これがいえる。

Fig. 3.4.2.3に示すような計算値とのずれおよびばらつきが生じる原因として次の3点が考えられるので検討する。

(A) 粘土と明ばんの粒子がFig. 3.4.2.4に示すような動きをする。

(B) 水槽の壁や底および水面からの反射が影響する。

(C) 超音波式速度計の周波数追跡回路の誤動作

(A)については、サンプリング距離を変化させた場合、指示値の分布が少し変化するので、まず考えられない。また残流計測結果でも残流は僅であつた。

(C)については周波数追跡回路のチェックを行なつた。その結果、サンプル時間において入力周波数に追従していることを確認したので、この回路の誤動作ではない。

(B)については、シンクロスコープで入力信号波形を観測したところ、Fig. 3.4.2.5に示すようにかなり干渉を受けていることが判つた。

この原因是、水槽の壁や底および水面からの反射が種々の経路を通つてもどり、これらの経路の時間的変化と送信パルスの周期が関係することにあるのではないかと思われたが、解明できなかつた。

## (2) 湖での試験

上記水槽試験においては、精度±0.1kn以内(10kn以下の場合)はえられず、速度にかかわらず指示値の平均にはほぼ一定した偏差が現われた。この偏差が海上でも現われるか否かを確認するため、湖で試験を行なうこととした。試験場所は兵庫県加東郡東条町東条湖で、試験期日は昭和

46年6月11日である。当日の天候は南東の風、曇時々雨で、水面にはさざ波が立っていた。

試験方法としては、振動子を湖岸の棧橋に水深2mの位置に約5°下方に傾けて取付け、超音波パルスを発射し、サンプリング距離10通りについて、超音波式速度計指示値を記録し、各サンプリング距離についてデータ数は60～160として平均値、標準偏差を求める方法を採用した。振動子を5°傾けた理由は水面および湖底の影響をできるだけ少なくするためである。Fig. 3.4.2.6にて振動子の取付け状態を、Fig. 3.4.2.7および3.4.2.8に湖形状および超音波発射方向を示す。

試験当日、湖の状態は、振動子付近の水面の水はほぼ静止していたが、遠方では流速を他の方法で計測できなかつたので不明である。

試験結果をTable 3.4.2.6に示す。この結果により、サンプリング距離が22.5～37.5m〔番号(1)〕の場合は平均値が0.03km、標準偏差が0.01kmであり、仕様の精度±0.1km以下に対してほぼ満足できることを示している。サンプリング距離をさらに大きくした例〔番号(2)～(10)〕においては、かなりのばらつきが生じている。Fig. 3.4.2.9に受信信号を示す。受信信号は3つの反射信号（エコー）からなり最初のエコーはほぼ残響と考えられ、2番目のエコーは約60mの距離の所にあるがこれはサイドロープの影響によるものと思われ、3番目のエコーは約120mの距離にある湖底からの反射である。したがつてサンプリング距離を大きくしてもこの試験では意味がなくなることになつた。

実船試験においては水深が十分に深く海底の影響がないので、サンプリング距離を22.5～37.5mにした場合と受信信号はほぼ類似すると考えられ、残響レベルの問題だけが残る。これに関しては、入力信号を標準発振器から代用して入れて試験した結果、入力レベルが0dBまで精度±0.1km以下で計測可能であつたので、理論計算で残響レベルがほぼ海水の平均程度ある場合はサンプリング距離70m程度で対水速度の計測が可能となる。

### (3) 単独試験の結論

水槽試験においては偏差が-0.1～-0.3km程度現われた。この原因を水槽の壁と底の影響であると考え、湖においてさらに試験を行なつた。

水槽試験結果では比例偏差は殆んどなく、固定偏差が-0.1～-0.3kmあつたことと、湖での試験では比例偏差は確認できなかつたが固定偏差はほぼないという結果がえられたことから、実船試験においては精度±0.1km以下(10km以下の場合)になると考えられる。

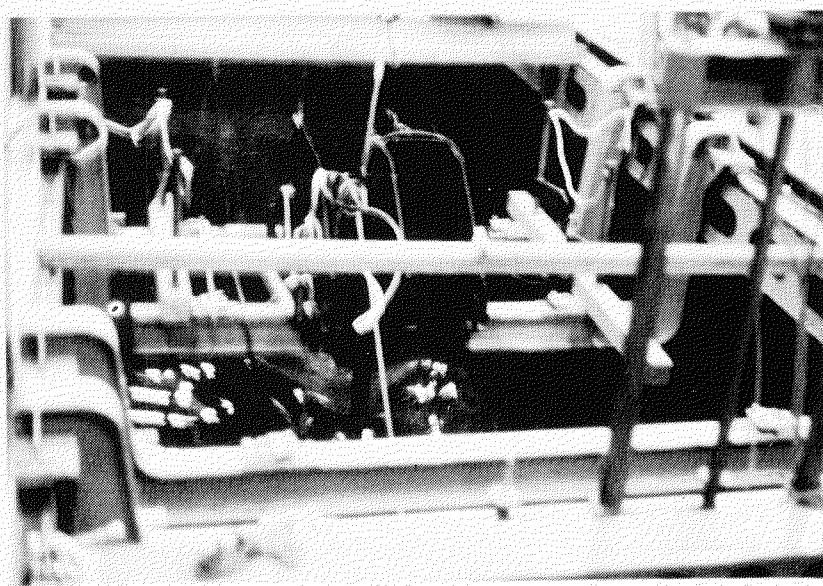


Fig. 3.4.2.1 振動子取付状態

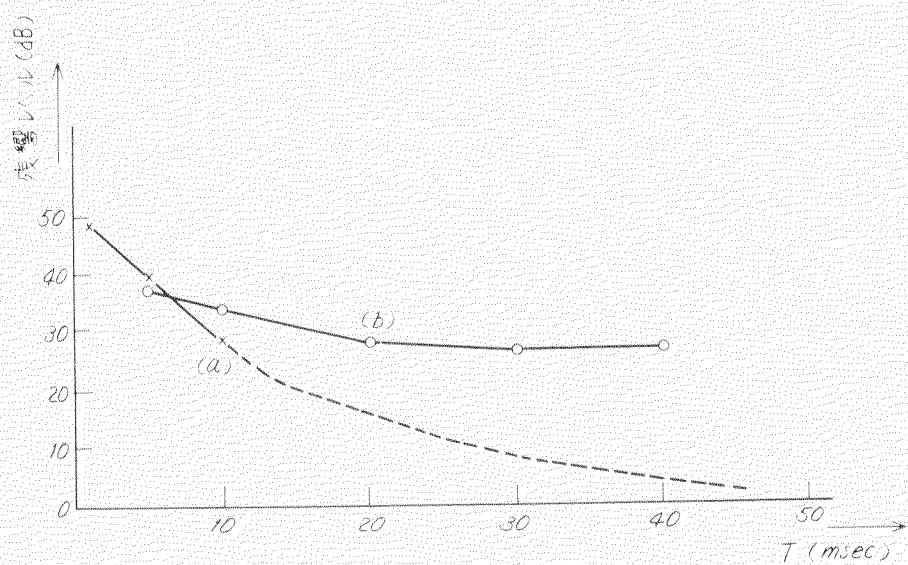


Fig. 3.4.2.2 残響レベル

Table 3.4.2.1 水槽水そのまゝの時の残響レベル(静止時)

送信後の時間(ms)	距離(m)	残響レベル(dB)
1	0.75	48
5	3.75	40
10	7.50	28

Table 3.4.2.2 粘土と明礬を撒布した時の残響レベル

送信後の時間(ms)	距離(m)	残響レベル(dB)
10	7.50	34
20	15.00	28
30	22.50	26
40	30.00	26

Table 3.4.2.3 水温計測結果(°C)

水深(m) \ 水槽長さ方向の位置(m)	5	17	30
0	17.0	16.5	17.0
2	14.0	14.0	14.0
4	12.0	12.0	12.5
6	12.0	12.0	12.0
8	12.0	12.0	12.0

Table 3.4.2.4 残流計測結果(水面近くでの計測値)

曳引車速度(m/s)	対水速度(m/s)	残流流速(m/s)	前回走行時 曳引車速度(m/s)
2.000	1.982	-0.018	5.000
2.000	0.988	-0.012	2.000

Table 3.4.2.5 検定結果

実験番号	曳引車速度		超音波速度計指示値		サンプル数	サンプリング距離(m)
	(m/s)	(Kn)	平均値(Kn)	標準偏差(Kn)		
46	0.5	1.0	0.9	0.22	59	22.5~37.5
47	1.0	2.0	1.7	0.19	24	"
48	1.5	2.9	2.6	0.18	42	"
49	2.0	3.9	3.6	0.20	38	"
50	2.5	4.9	4.5	0.20	43	"
51	3.0	5.9	5.5	0.19	43	"
52	4.0	7.8	7.4	0.24	35	"
61	0.5	1.0	0.9	0.20	71	62.5~67.5
62	1.0	2.0	1.8	0.30	86	"
63	1.5	2.9	2.9	0.16	41	"
64	2.0	3.9	3.7	0.14	80	"
65	3.0	5.9	5.6	0.17	40	"
66	4.0	7.8	7.6	0.18	34	"
67	5.0	9.8	9.6	0.24	25	"
71	5.0	9.8	9.5	0.19	35	37.5~52.5
72	2.0	3.9	3.7	0.15	106	"
73	1.0	2.0	1.7	0.19	210	"
81	1.0	2.0	1.6	0.15	131	22.5~37.5
82	2.0	3.9	3.5	0.19	101	"
83	4.0	7.8	7.5	0.25	43	"
84	6.0	11.7	11.4	0.25	21	"
85	1.0	2.0	1.7	0.16	104	52.5~67.5
86	2.0	3.9	3.7	0.16	86	"
87	4.0	7.8	7.6	0.19	46	"
88	6.0	11.7	11.6	0.21	24	"
91	0	0	-0.3	0.14	71	22.5~37.5
92	0	0	-0.3	0.15	65	37.5~52.5
93	0	0	-0.2	0.21	110	52.5~67.5

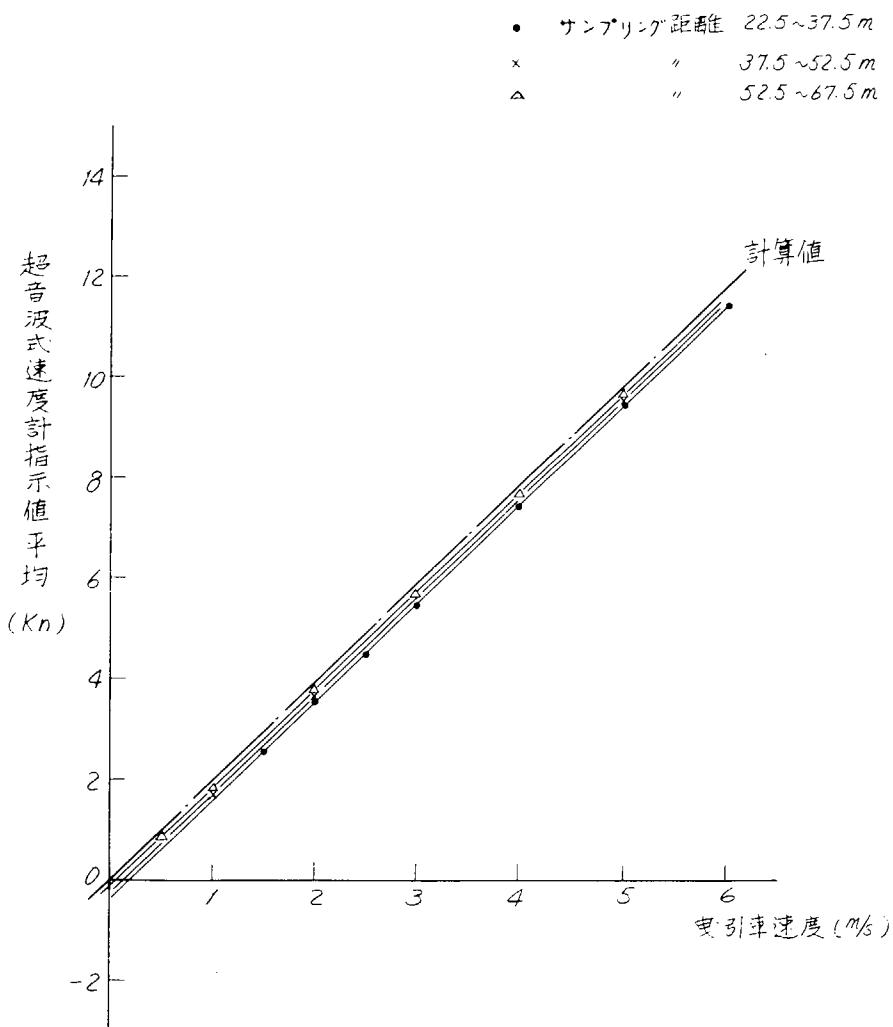


Fig. 3.4.2.3 超音波式速度計の指示値の平均

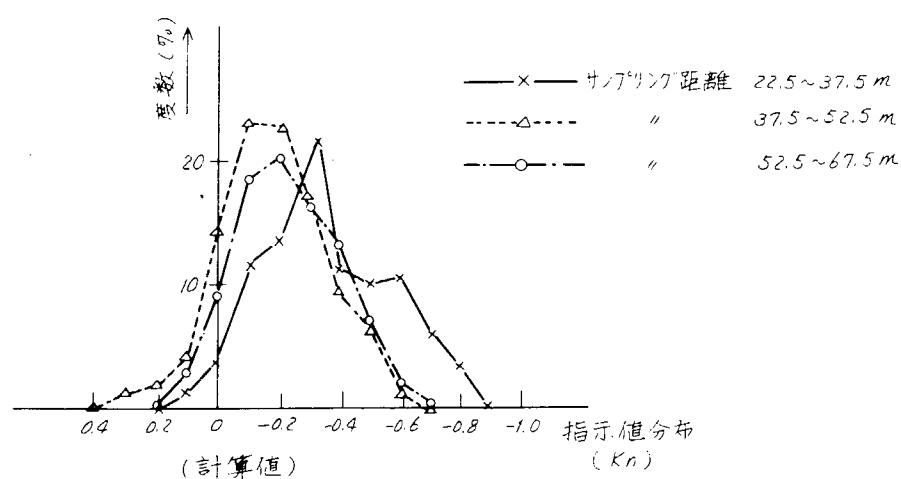


Fig. 3.4.2.4. 計算値を中心とした超音波式速度計指示値の分布

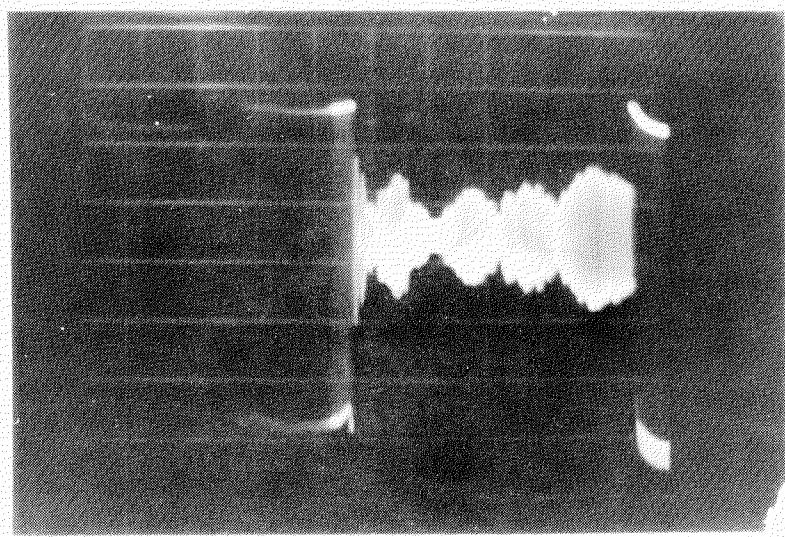


Fig. 3.4.2.5 航走時の超音波式速度計受信信号  
時間軸 10ms/div, 振幅 1V/div, AGC 電圧 2.1V

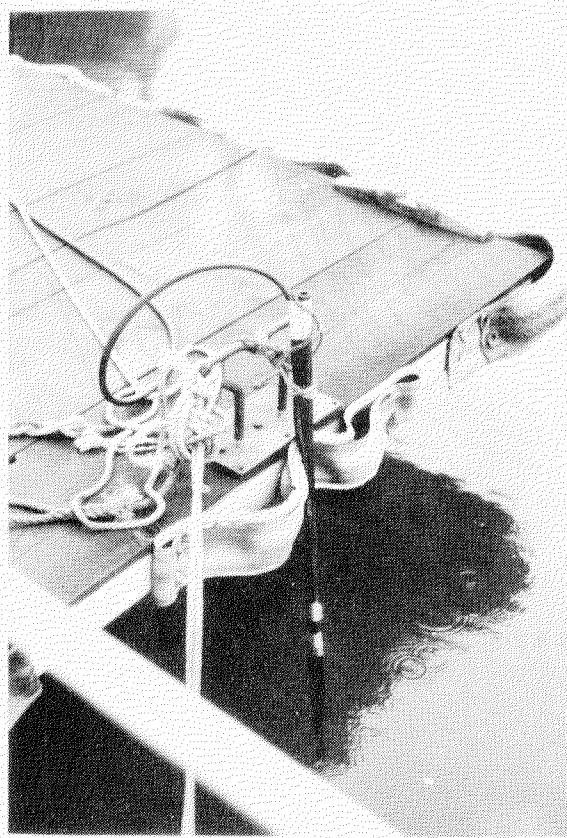


Fig. 3.4.2.6 超音波式速度計振動子の取付け状態

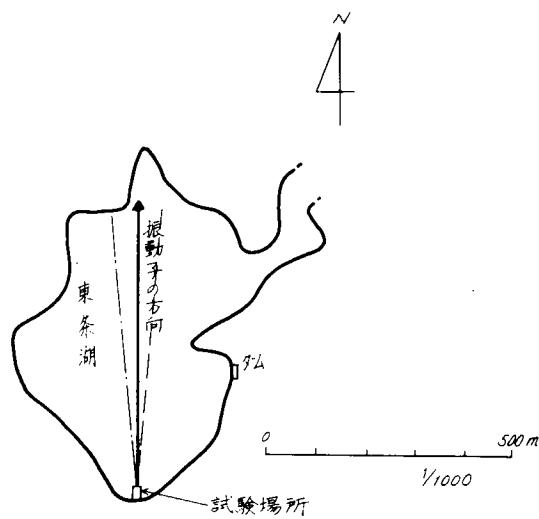


Fig. 3.4.2.7 湖形状および超音波式速度計振動子の方向(平面図)

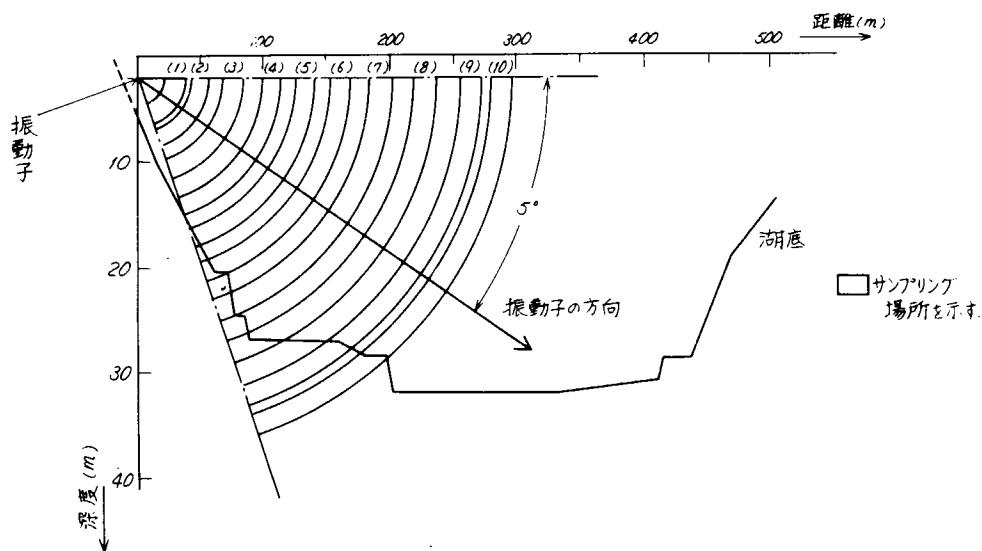


Fig. 3.4.2.8 湖形状および超音波式速度計振動子の方向(垂直断面図)  
( )内数字はサンプリング距離番号を示す。

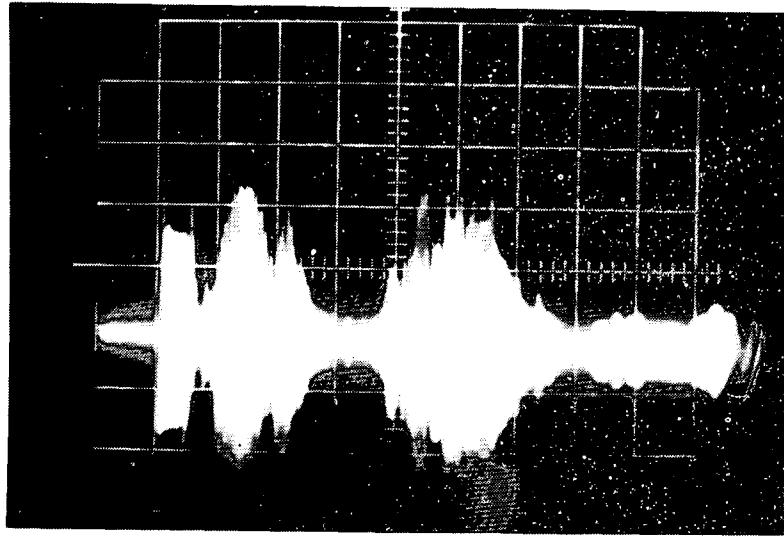


Fig. 3.4.2.9 超音波式速度計受信信号

Table 3.4.2.6 湖における超音波式速度計単独試験結果

サンプリング距離番号	サンプル数	平均値 (Kn)	標準偏差 (Kn)
(1)	63	0.03	0.01
(2)	64	-0.15	0.05
(3)	83	-0.21	0.06
(4)	93	-0.25	0.23
(5)	88	-0.21	0.06
(6)	73	-0.26	0.04
(7)	99	-0.01	0.01
(8)	94	0.26	0.01
(9)	82	0.59	0.69
(10)	166	0.10	0.17

サンプリング距離番号については Fig. 3.4.2.8 参照

### 3-5 実船試験

#### 3-5-1 取付け工事

電磁式速度計および超音波式速度計の本船への取付け工事は進水前と入渠中に分けて実施された。進水前の工事は船首システムのBaselineより6.0mの高さに取付けられる振動子の取付け台および振動子から上甲板上の送受波器までのキャブタイヤコードを保護する保護パイプの取付けであり、入渠中は電磁式速度計測定桿用の船底への孔あけおよび船底弁と測定桿昇降装置を取付ける座金の取付け工事等が実施された。また入渠中に振動子～送受信器および送受信器～超音波式速度計本体（海図室内）までのキャブタイヤコードの配線（上甲板上約300m×2本）を行ない、同時にM2W.B.T.内の電磁式速度計速度発信器、昇降装置および突出量発信器から二重底の水密マンホール（開放状態）～上甲板からstoolへ通じる交通タンク～上甲板上～速度受信器、制御器、および突出量指示器（海図室内）間のキャブタイヤコードの配線（約250m×2本）を行なつた。

上記の計測機器の配置および配線の概略をFig. 3.5.1.1～3.5.1.4に示す。また取付けられた電磁式速度計測定桿、昇降装置、船底弁、振動子、保護パイプの写真をFig. 3.5.1.5～3.5.1.7に示す。

以上の工事の工程表をTable 3.5.1.1に示す。

なお船橋内の計測室として、海図室を電波ログ関係と共に用することとした。

工事全体を通じていえることは次の通りである。

##### (1) 電磁式速度計関係

今回的方法ではほぼその目的を達成できる。ただ作業中の計測室とM2W.B.T.内との連絡には電話を利用すべきで、キャブタイヤコード中に電話用の線を余分に組み込んでおけば便利である。

狭いタンク内で船本来の作業と重なると危険なため、十分注意が必要である。

試運転中、M2W.B.T.に立入ることは容易なので、計測室をこの付近に設け配線等を簡素にすることも可能であるが、運転中の状況を把握するにはwheel house内の海図室を計測室とした今回の方法の方が良かつたと思われる。

##### (2) 超音波式速度計関係

工事そのものは簡単であつたが、今回の振動子および保護パイプの取付け方法では、破損の危険が大きいので一考を要する。満載状態時、この二者とも破損し計測不能に陥つた。保護パイプの破損の原因是パイプを締める金具の間隔が広すぎたこと、振動子破損脱落の原因是不明であるが錨鎖の接触が考えられることなどがあげられ、今後類似の試験を行なう場合この対策を立てる必要がある。

#### 3-5-2 実船試験概要

実船試験期日は次の通りである。

昭和46年8月9日	停泊時試験
8月10～12日	摺合せ運転（バラスト状態）
8月16日	停泊時試験
8月18～20日	第1回公試運転（バラスト状態）
8月21～23日	第2回公試運転（満載状態）

試験海域は、停泊時試験においては東京湾内の横須賀沖であり、摺合せおよび公試運転時はすべて相

模湾で、公試速度試運転コースは江島沖から伊東沖に至る $45^{\circ} - 225^{\circ}$ （水深600～1200m）である。

各試験は前記計画に従つて行なわれた。その模様の概要は次の通りである。

(1) 摺合せ運転

摺合せ運転時を利用して、電磁式速度計および超音波式速度計による予備計測を行ない動作確認、調整、計測手順の検討、練習を行なつた。なお、船速は投板により計測した。

その結果、電磁式速度計による全計測を完了するには1浬航走時間約4分では不足することが判明したので、公試速度試運転においては船速がほぼ整定した頃を見計らつて、公試対地速度計測開始以前から計測を開始することに決定した。また流速変動のため電磁式速度計速度受信器の長針の駆動が激しく読み取りにやや困難が感じられたので、応答を遅くし読み取りを容易に調整することにした。投板により計測した船速と電磁式速度計による計測値と対比した結果、本船の境界層厚さは予測値と大幅に相違して厚いと考えられた。

超音波式速度計は振動子に損傷があり、計測不能であつた。試験終了後のデバラスト試験時を利用して振動子が水面上に出た時点で点検したところ、振動子付近の断線と振動子の欠損が発見されたので、換装した。

(2) 第1回公試運転（バラスト状態）

速度試運転当日は海面は平穏であつたが、風が強く風速約 $10 \text{ m/s}$ であつた。計画に従い電磁式速度計、超音波式速度計とも正規の公試速度試運転時を利用して計測を実施した。投板による船速計測は日中だけ行なつた。摺合せ運転の際、電磁式速度計計測結果に低速時の境界層厚さがやや薄いのではないかと思われる傾向があつたので、低速時の境界層内速度分布を調べるために、特にプロペラ回転数 $35.7 \text{ rpm}$ および $20 \text{ rpm}$ （Dead slow）での計測を追加した。

超音波式速度計については、サンプリング距離を主機負荷50%の時約 $140 \text{ m}$ として計測したところ、計測中一時指示値に負の値が現われるなど甚しい不整を示したので、以後サンプリング距離が小さい場合だけ行なうことにして、約 $60 \sim 50 \text{ m}$ にして計測した。その記録は都合上テープパンチャによる紙テープの穿孔を行なわず、人がディスプレイ上の指示値を読み取つて記録することにした。このため一部に読み取りもれ、読み取り誤りが入り、読み取り誤差が入る結果となつた。

なお、超音波式速度計の停泊時試験は第1回公試運転前の停泊時に実施した。

(3) 第2回公試運転（満載状態）

速度試運転当日は海面は平穏で風速 $2 \sim 5 \text{ m/s}$ であつた。

超音波式速度計は何らかの事故により出港以前に振動子に異常が発生したことが判り、計測不能に陥つたので、電磁式速度計のみにより正規の速度試運転時を利用して計測を実施した。今回は計測はすべて夜間であつたので投板による船速計測は行なわなかつた。

保護パイプ取付け金具の破損により、航走中保護パイプが振れ、システムに衝突し音響を発していた。公試運転終了後の調査では振動子が破損・紛失していた。

計測終了後直ちに測定桿昇降装置を撤去し、船底弁を締め、さらに盲蓋を取付けて船内への浸水を防いだ。

なお、本船引渡しまでに船底弁を除くすべてが撤去された。船底弁は1年後の入渠工事の際に撤去される予定である。

### 3-5-3 試験結果および考察

速度試運転結果をTable 3.5.3.1および3.5.3.2に示す。日本造船学会試験水槽委員会の「速度試運転成績標準解析法」により風、潮流修正をしてえた対水速度、風修正を行なつて潮流を推定し対地速度を潮流の和として求めた対水速度、風修正を行なわずに潮流を推定し対地速度と潮流の和として求めた対水速度計3種をこれらのTableに記載した。参考までに標準解析法により対水速度を求める過程で使われた風、潮流の修正曲線をFig. 3.5.3.1～3.5.3.4に示す。

この海域の海流パターンは複雑で、これに潮流が加わるとさらに複雑となる。このため本船の1涅計測点（公試対地速度計測位置）は全航走を通じて必ずしも同一地点ではなかつた。バラスト状態時は風が強く、主機出力100%での往復航走における対地速度の差が2kn以上あり、試験状態としては良好とはいえなかつた。また満載状態では潮流の影響を受け、2～5°の当舵をとつたので、えられた船速は期待したほどのものではなかつた。

電磁式速度計による計測結果を風向、風速、舵角、横傾斜、主機回転数、圧力式ログによる速度などの計測結果とあわせてTable 3.5.3.3に示す。船底極く近傍の計測値に、単独試験結果を利用して船底外板影響の修正を試みたが、良い結果がえられなかつたのでこの修正は行なわず、船底極く近傍の計測値は参考程度とみなすこととした。Fig. 3.5.3.5に電磁式速度計速度発信器出力の電磁オシログラフ記録例を示す。船底からの距離50～200mm付近では大きな流速変動が認められた。

電磁式速度計計測結果により速度分布を画くとFig. 3.5.3.6に示すようになる。試験前に予測された境界層厚さは0.7m程度であつたが、今回の試験結果では、すべての例を通じて受感部は境界層外に突出していないと判断される。本船2重底高さおよび現用測定桿構造による制限から最大突出量を1000mmとしたが、残念ながら突出量不足であつた。この速度分布から、本船のこの位置における境界層厚さは1.1～1.3m程度ではないかと想像される。船底からの距離300～500mm付近では、平板などの境界層と比較すると速度分布形状がやや凹んでいる傾向があり、船首船底の渦が原因かも知れない。この傾向は従来の実船境界層計測結果にも、程度の違いはあつても一般にみられるようである。肥大船ではこの渦が強く、この渦による攪拌のため境界層内の遅い流れが外へもたらされ境界層が厚くなり、予測と大差を生じてしまつたとも考えられる。速度分布法則を調べるため、片対数目盛で速度分布を画くとFig. 3.5.3.7に示すようになる。結果全般を通じて船底からの距離50～80mmの位置で傾斜が変化し、外側では傾斜が小さくなつていて、2次元乱流境界層のouter layerで一般にみられる傾向とは逆になつている。また両対数目盛で速度分布を画くとFig. 3.5.3.8に示すようになる。この場合もすべての例を通じて、船底からの距離50～80mmの位置で速度分布傾斜が変化し、速度分布を指數法則で表わすときの指數 $1/n$ が約 $1/5 \sim 1/10$ に変化している。船底から80mm以上離れた位置では指數は $1/8 \sim 1/10$ となり、船底からの距離200～500mmで少し変化している。船底外板影響の修正を行なつていないので船底極く近傍については明確ではないが、船底外板影響を無視できる距離約80mm以上の位置においては、平均の指數は約 $1/9$ になる。しかし、渦の影響と考えられる速度分布の変形により、本試験結果速度分布を指數法則で表わすことは厳密にはできないようと思われる。測

定桿突出量を最大にして、助走時から公試対地速度計測終了まで、電磁式速度計指示値の平均を一定時間間隔で読み取った結果を Fig. 3.5.3.9 に示す。同様にして行なつてた電波ログによる対地速度計測結果と対比したところ、潮流変化とそれにに対する船体応答の遅れを示すような相違がみられた。

超音波式速度計については本計測は第2回公試運転（満載状態）で行なう予定であつた。しかし、第2回公試運転出港前に振動子が破損したので、実船試験を予定通り行なうこととはできなかつた。第1回公試運転（バラスト状態）時に予備計測を行ないデータが若干えられていたので、計測条件は多少異なるが、超音波式速度計による計測結果を Fig. 3.5.3.10 に示す。この時の振動子の水深は 2.5 m であつた。トリムは 0.70 m で、超音波式速度計指示値に及ぼすトリムの影響は殆んど無視できる。主機負荷 50% の時はサンプリング距離が過大であつたため、速度指示値のはらつきが大きい。ただし、この図では主機負荷 50% の時は、例えば負の速度など明らかに指示の誤りと認められる値を除いてある。サンプリング距離 50 m 程度の時は指示値のはらつきは小さくなつている。試みにサンプリング距離を 0 ~ 15 m 程度にしてみたが、船体の影響のため速度指示値がかなり小さくなり、実用上も計測は意義がないので読み取りは行なわなかつた。

本超音波式速度計は、音速が 1500 m/s と違う場合には、速度計指示値に音速修正を行なう必要がある。実船試験においては音速の直接計測は困難であるから、音速に最も影響を及ぼす水温を計測し、塩分について 3.5% と仮定して音速を計算した。第1回公試運転では水温は 24°C であつたので、音速計算値は 1530 m/s となる。本超音波式速度計においては、音速を 1500 m/s としてドップラーシフトを速度に換算しているので、今回の場合 +2.0% の修正が必要である。この修正を行なつた結果を Table 3.5.3.4 に示す。

超音波式速度計指示値に音速修正を行なつた値の真の対水速度に対する精度の検討は、基準となる真的対水速度が不明であるから、殆んど不可能である。試験水槽における単独試験では指示値に比例偏差が殆んど現われなかつたこと、湖での試験では固定偏差と同じドップラーシフトを示す周波数で変調されていたが実船試験では、そのような変調は受けていなかつたことから、サンプリング距離が大きくなつた限りほぼ仕様の精度を満足していたと推定できる。しかし、振動子の水深が 2.5 m であつたので、サンプリング距離が 29 m 以上になつた場合は波の影響が入る可能性がある。この影響は波の状態により異なるが、その程度は未検討である。したがつて、この実船試験でえた計測値の精度については波の影響を把握してからでないと明確な結論が下せないと考えられる。

残響レベル計測結果を Fig. 3.5.3.11 に示す。残響レベルは距離を R とすると  $40 \log R$  の曲線に大体のつている。理論的にはこれに吸収減衰の項が加わるが、超音波周波数が 200 KHz の場合 R = 100 m では吸収減衰は 10 dB でありデータのはらつきからみて無視できる。この計測結果によると速度計測可能な最大サンプリング距離は約 90 m と考えられる。しかし、この計測場所は東京湾の 1 個所であり、場所が違うば海水中の微小物の量が違い、残響レベルも異なることが考えられる。第1回公試運転で主機負荷 50% の時のサンプリング距離は過大で信号不足であつたこと、また相模湾は東京湾より水がきれいで残響レベルが低いことが考えられる。残響レベルはドップラーソナー式の超音波式速度計の計測可能最大サンプリング距離を支配する最も重要なパラメータであり、計測場所を多くとりデータを集めることが望まれる。

以上による速度計測結果をあわせて Table 3.5.3.5 に示す。ただし電磁式速度計および超音波式速度計による速度計測値は船体の影響による流速変化の修正は行なつていない値である。この結果の傾向を見るため図示すると Fig. 3.5.3.1 2 に示すようになる。残念ながら、公試対地速度計測時と測定桿最大突出時と完全には一致できない場合があつたので計測の同時性が少し失われた。したがつて参考のため電磁式速度計測定桿最大突出時と同一時刻の超音波式速度計および圧力式ログによる計測値も示した。公試対地速度計測時の計測値（ただし、電磁式速度計計測値は完全には同一時刻ではないものを含む）を示す Fig. 3.5.1.2(a)、と電磁式速度計計測時の計測値を示す Fig. 3.5.1.2(b)と比較すると Fig. 3.5.3.1 2(a)では電磁式、超音波式および圧力式による速度計測値は類似した傾向を示し、ほぼ平行しているのに対し、Fig. 3.5.3.1 2(b)は各速度計計測値の傾向にかなりの差がある。これは各速度計の指示がかなり変動していたこと、および計測法・計測位置の違いによる対水速度変化に対する遅れの違いがあることにより数 sec 程度の短時間の平均では不適当であることを示すと考えられる。電磁式および超音波式速度計ならびに圧力式ログによる各計測値が Fig. 3.5.3.1 2(a)ではほぼ平行していることから、公試対地速度計測時の対水速度がこのようない傾向で各航走時に増減していたものと考えられる。電波ログによる対地速度計測値から解析して算定した対水速度は風の修正をして算定した潮流と対地速度の和としたものが、バラスト状態では各対水速度計による計測値に最も傾向が似ている。しかし満載状態ではあまり合わない。満載状態では対地速度から風無修正で算定した潮流と対地速度の和としたものが各対水速度計による計測値に最も傾向が似ている。

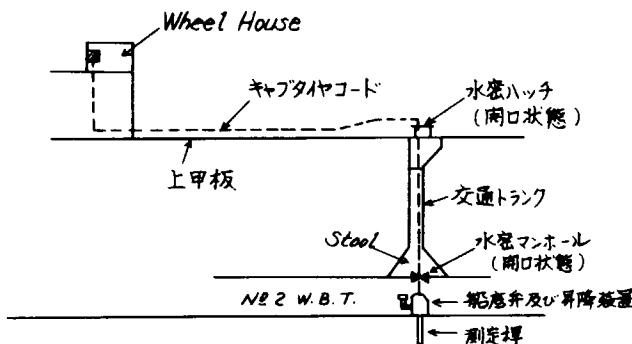


Fig. 3.5.1.1 電磁式速度計の取付け概略図

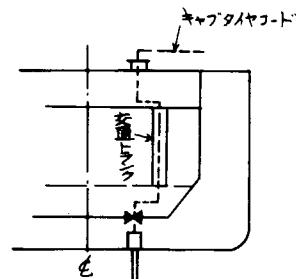


Fig. 3.5.1.2 電磁式速度計の取付け概略図

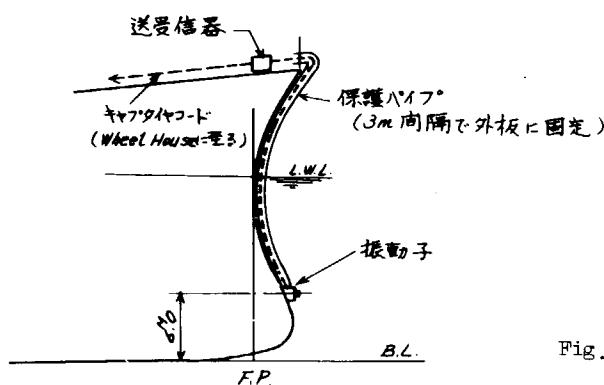


Fig. 3.5.1.3 超音波式速度計の取付け概略図

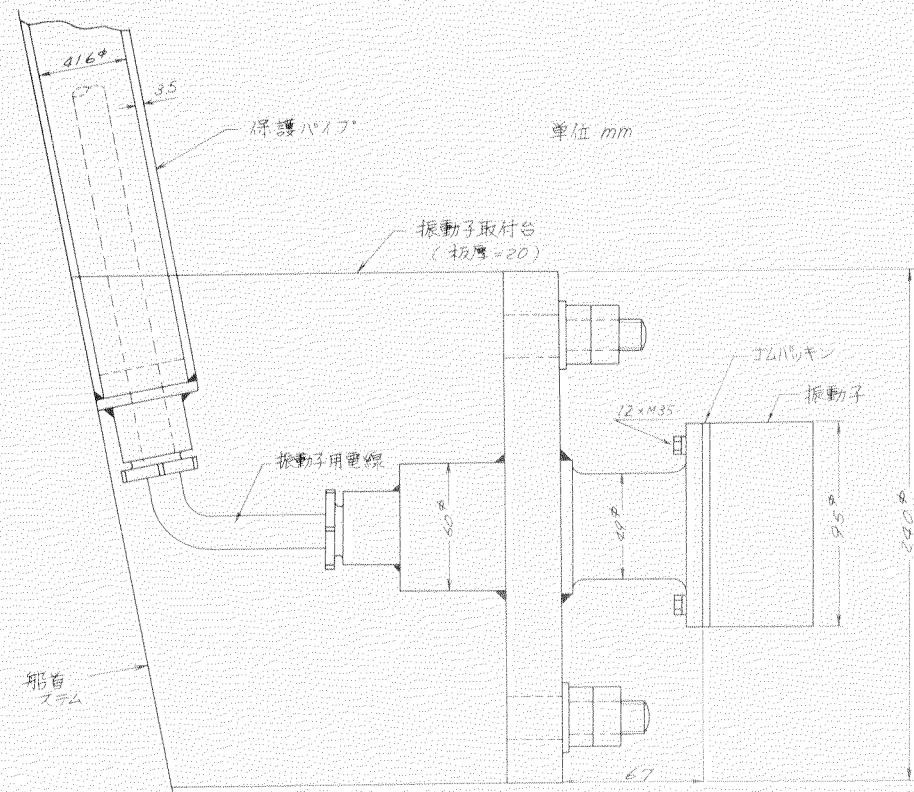


Fig. 3.5.1.4 超音波式速度計振動子取付け図

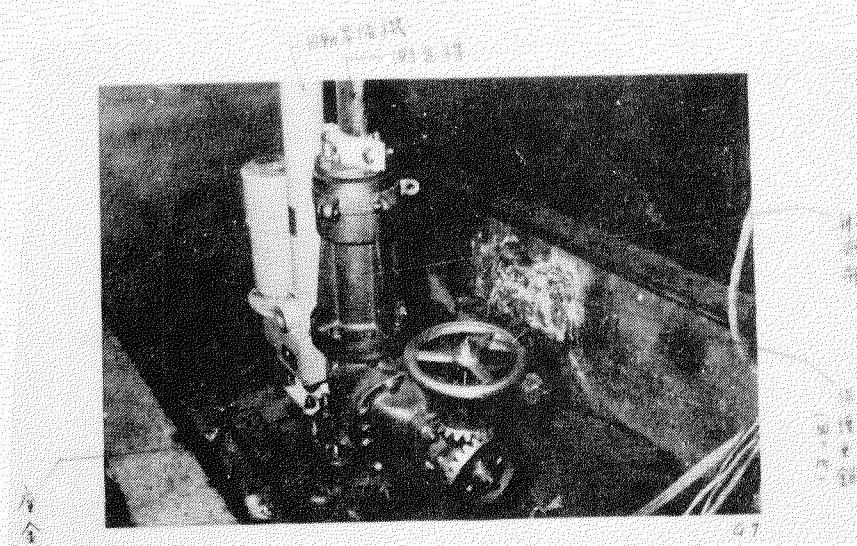


Fig. 3.5.1.5 № 2 W.B.T. 内の船底弁および昇降装置

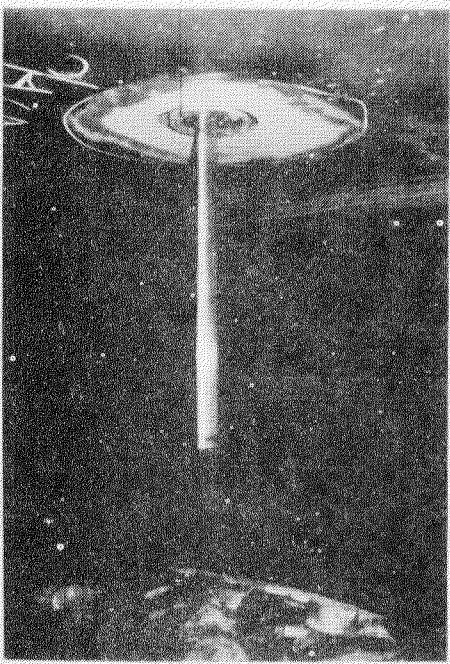


Fig. 3.5.1.6 測定桿(電磁式速度計)  
約90cm突出した状態

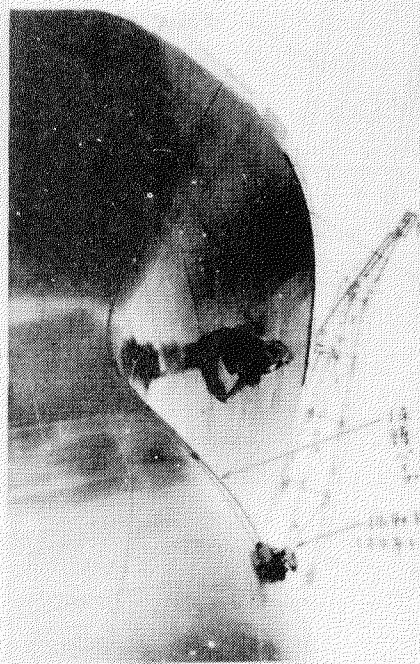


Fig. 3.5.1.7 振動子(超音波式速度計)取付け状況

Table 3.5.1.1(a) 計測器類取付け作業の経過

	電磁式速度計開保	超音波式速度計開保	本船行動
66年 6月26日	装置納入(キャブ/マコト交換)	—	浦賀港装着壁
7月1日	N.W.×B.T.へ搬込も搬出界隈停泊 船内仕分け	装置納入(コード、変換器、テープ・パンチ等 交換)、バイン'付けるフロント納入 (搬送)	
11日	北辰3名本船見学、作業打合せ	古野2名、本船見学、作業打合せ	横須賀本埠基地内 Berth No.6 入渠
12日	北辰2名: 座金取付 船底外一部取付け(船 底の水丘サストため船 底井と取付け、バルブを 閉じ直蓋をする)	古野2名:保謹ルイアドグラン特 機、振動子取付け、振動子へ送電 機器間のワイヤ配線、錆録、 各部コード変換器、テープ・パンチ等 の整備。	同上ドックにて 接合作業
13日	—	古野2名 送風機機へBridge向 のワイヤ配線及び導通 テスト終了	
14日	北辰2名:船底外測定標設置 装置取付け、測定標の突出量 を船底より計測(位置マーキ ング)、バルブをあけ桟と船底 外板位置まで下げた状態と する。→終了後ビニールカバー にて覆り。	—	
15日	北辰2名:船内への浸水孔心 配して弁部をかわすまで桟 を引上げ、バルブを閉める。	—	
16日	—	—	出渠→追浜岸壁
20日	キャブ/マコト納入	—	
21日	北辰4名 キャブ/マコト(Bridge~No.2 N.W.T.)の配線、ワイヤの末端 処理	—	追浜港装着壁
22日	北辰3名 達力光伝器へ達力指示器 の同軸試験	—	
8月5日	北辰3名 結線作業、桟の昇降うまくゆ く	—	
6日	北辰3名 桟の昇降サスト、突出量へ回 数計チェック	—	

Table 3.5.1.1(b) 作業日程表

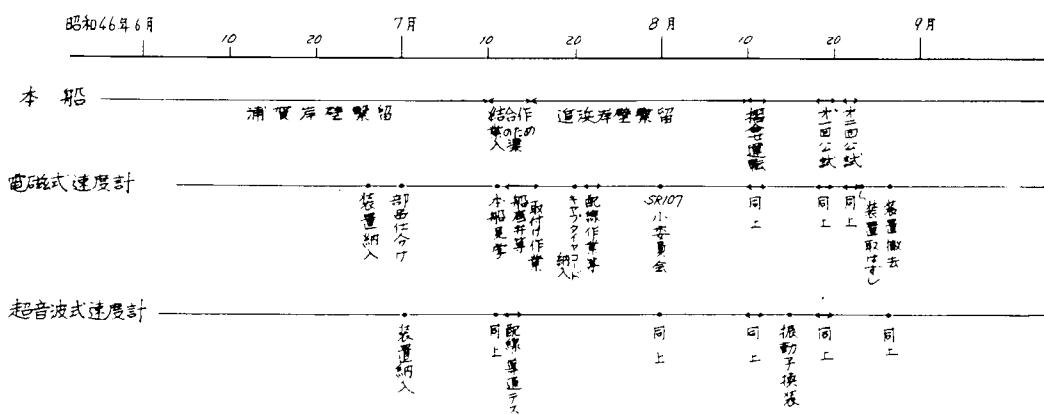


Table 3.5.3.1 速度試運転結果(バラスト状態)

TRIAL DATA OF NO 941 Ballast Condition								DATE : AUG. 18, 1971		
PRINCIPAL DIMENSION	LBP	285M	MEASURED AT PERPENDICULARS	CO	0.789	PROPELLER	WEATHER	Fine		
	BMLB	47.4M	FORE 0.552M 0.565M MEAN 0.560M	CP	0.795	DIA 0.20M	SEA CONDS	Smooth		
DMLB	24.8M	AFT 0.605M 0.604M	CO 0.992	PITCH 0.40M	DATE OF LATEST UNDOCKED		46.7.16			
KIND OF TRIAL	1st official trial		MIDSHIP 0.550M	S 15.130M <sup>2</sup>	PITCH RATIO 0.7805	HIGH TIDE				
PLACE OF TRIAL	Sagami Bay		TRIM BY THE STERN 1.389M SAG 0.01M HEEL	A <sub>0</sub> 0.11M	IMMERSION 9.6 ± 5.4%	LOW TIDE				
DISTANCE BETW. PORT	1852M		(CORRECTED FOR TRIM & DRAFT)	9.100M		TIME OF DEPARTURE				
	DISPLACEMENT		100.570 KT			TIME OF ARRIVAL				
KIND OF RUN	N <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	COURSE	WIND	TIDE ENTERED	TIME	RPM	SHP	SHIP'S SPEED (IN KNOTS)	相加風	水温
								重複口 <sup>△</sup> 潮水速度 <sup>△</sup> 対水速度 <sup>△△</sup> 対地速度 <sup>△△△</sup> 航速 <sup>△△△△</sup> 風向 (°)		
50%	1/M 225°	NE-3	"	13:34	66.2	13.000	14.586	14.09 14.565 14.586 14.96 0.5 P-5°	24.0	
	2/M 45°	"	"	15:01	67.6	14.300	14.084	14.80 14.514 14.644 14.28 14.0 P-7°	"	
75%	3/M 225°	"	"	16:15	76.4	20.800	16.786	16.34 16.383 16.266 16.90 20 P-5°	"	
	4/M 45°	"	"	17:32	76.4	20.900	15.626	16.94 16.221 16.290 17.06 16.0 P-5°	"	
92%	5/M 225°	"	"	18:43	82.1	25.900	18.119	17.31 17.860 17.289 15.0 P-35°	"	
	6/M 45°	"	"	19:55	81.9	25.850	16.281	17.26 17.110 17.221 17.0 P-10°	"	
100%	7/M 225°	"	"	21:05	83.9	27.550	18.534	17.65 17.828 17.556 15.0 P-30°	"	
	8/M 45°	"	"	22:18	83.4	27.700	11.473	17.67 16.787 17.024 19.0 0°	"	
対水速度 * .....「速度試運転成績標準解析法」により算定した対水速度										
対水速度 ** .....「速度試運転成績標準解析法」により風を修正して算定した潮流と対地速度の和										
対水速度 *** ..... 風無修正で算定した潮流と対地速度の和。										

Table 3.5.3.2 速度試運転結果(満載状態)

TRIAL DATA OF NO 941 FULL LOAD								DATE : AUG. 21-22, 1971		
PRINCIPAL DIMENSION	LBP	285M	MEASURED AT PERPENDICULARS	CO	0.821	PROPELLER	WEATHER	CLOUDY		
	BMLB	47.4M	FORE 17.53M 17.53M MEAN 17.53M	CP	0.825	DIA 0.20M	SEA CONDS	Smooth		
DMLB	25.8M	AFT 17.51M 17.51M	CO 0.995	PITCH 0.40M	DATE OF LATEST UNDOCKED		46.7.16			
KIND OF TRIAL	2nd official trial		MIDSHIP 17.68M	S 20.270M <sup>2</sup>	PITCH RATIO 0.7805	HIGH TIDE				
PLACE OF TRIAL	Sagami Bay		TRIM BY THE STERN -0.42M SAG 0.17M HEEL	A <sub>0</sub> 0.34M	IMMERSION 9.6 ± 5.4%	LOW TIDE				
DISTANCE BETW. PORT	1852M		(CORRECTED FOR TRIM & DRAFT)	17.647M		TIME OF DEPARTURE				
	DISPLACEMENT		200.973 KT			TIME OF ARRIVAL				
KIND OF RUN	N <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	COURSE	WIND	TIDE ENTERED	TIME	BETH MILE PAST	MILE PAST	RPM	SHP	SHIP'S SPEED (IN KNOTS) 相加風
								SEC.		水温
50%	1/M 225°	S-1	"	22:30	270.66	67.3	14.600	13.301	12.599 12.601 13.071 5.0 P-15°	24.0
	2/M 45°	"	"	0:04	285.31	67.1	13.980	12.618	12.599 13.381 12.982 11.0 0°	"
75%	3/M 225°	"	"	1:33	238.86	77.0	20.530	15.199	14.658 14.682 14.810 5.0 P-6°	"
	4/M 45°	"	"	3:03	286.06	77.5	20.780	14.830	14.876 15.029 14.987 12.0 P-5°	"
92%	5/M 225°	"	"	4:36	224.69	83.0	25.780	16.020	16.807 15.807 15.812 5.0 0°	"
	6/M 45°	"	"	5:55	229.95	82.5	25.590	15.656	15.798 15.808 15.778 11.7 0°	"
100%	7/M 225°	"	"	8:18	219.48	85.0	28.910	16.802	16.848 16.861 16.882 6.0 P-10°	"
	8/M 45°	"	"	9:43	220.79	85.6	28.220	16.305	16.607 16.975 16.600 10.0 P-5°	"
対水速度 * .....「速度試運転成績標準解析法」により算定した対水速度										
対水速度 ** .....「速度試運転成績標準解析法」により風を修正して算定した潮流と対地速度の和										
対水速度 *** ..... 風無修正で算定した潮流と対地速度の和。										

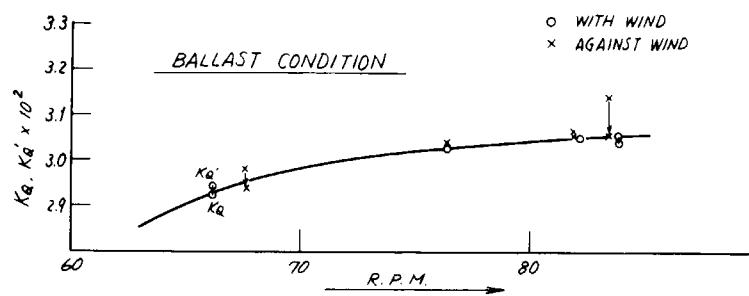


Fig. 3.5.3.1 風修正曲線(バラスト状態)

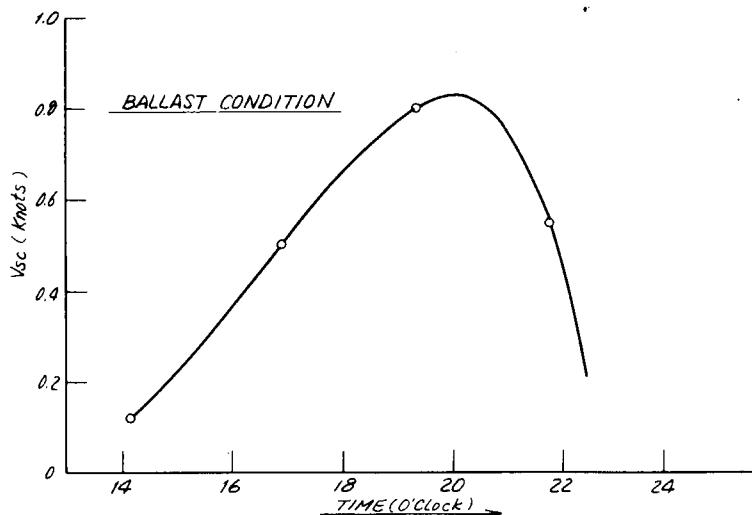


Fig. 3.5.3.2 潮流修正曲線(バラスト状態)

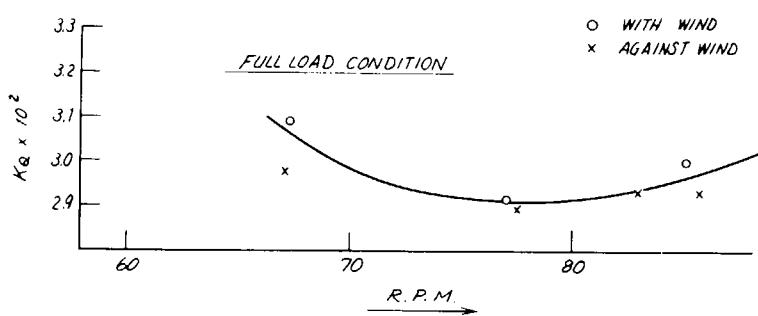


Fig. 3.5.3.3 風修正曲線(満載状態)

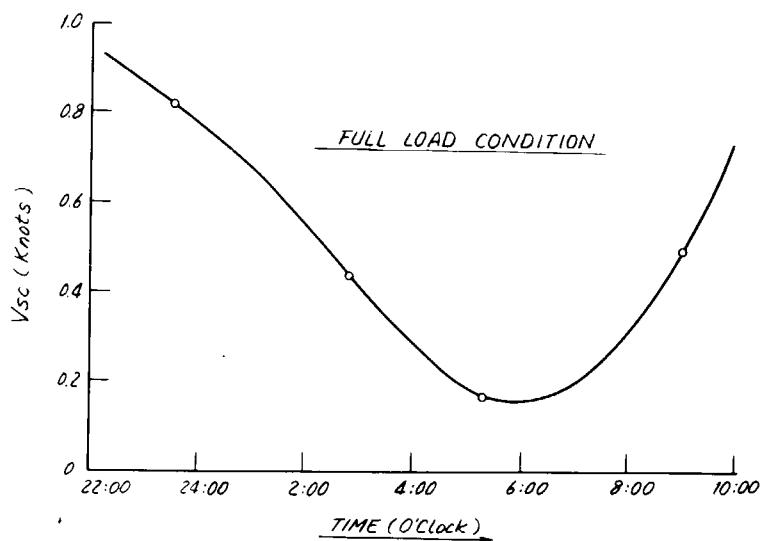


Fig. 3.5.3.4 潮流修正曲線(満載状態)

Table 3.5.3.3 (a)~(t) 電磁式速度計による計測結果

Table 3.5.3.3 (a)

計測 日時	測定牌 突出量(mm)	電磁式速度計 測定値(Kn)	全左 左側式ロケ 極外縫(Kn)	風向	風速 (m/s)	舵角 (deg)	横横斜 (deg)	主機 回転数 (r.p.m.)	備考
5.6.8.18 13時-22分	1023	14.2	14.15						
	5	3.9	4.05 (0.2)						
23	10	5.15	5.30	13-P	1.9	1-S	+0.2	67	
	20	6.80	6.95						
24	31	8.20	8.30	14.8		0.1-S	0	66	
25	39	9.0	9.10	14.5	15-P	2.0	0.2-P	66	
26	50	9.9	9.95	14		0.2-S	0	66	
27	60	10.8	10.85	14.3		0.3-S	0	66	
28	90	11.05	11.10	14.2		0.6-S	+0.2	67	
	80	11.0	11.05						
29	100	11.1	11.15	14.5	15-P	1.2	0.6-S	+0.2	67
	156	11.7	11.7						
30	203	12.0	12.0	14.8		1.4-S	+0.4	66	
	204	12.45	12.35						
31	514	13.20	13.20	14.5	15-P	1.1	0	+0.5	66
	700	13.70	13.65						
32	900	14.5	14.10	14.5			+0.2	66	
33	1023	14.30	14.25	14.0			0	66	
34	6	4.05	4.30	14.3		1.0-S	+0.2	67	
35	13	5.4	5.65	15.2		1.0-S	0	66	
36	19	6.80	6.55	14.0		0.5-S	+0.2	66	
37	54	9.70	9.75	14.8	16-P	1.0	0.5-S	0	66

Table 3.5.3.3 (b)

計測 日時	測定桿 突出量(mm)	電磁式速度計 指標値(Kn)	空気 圧力式口計 指標値(Kn)	偏正値 指標値(Kn)	風向 (deg)	風速 (m/s)	舵角 (deg)	機横斜 (deg)	主機 回転数 (r.p.m.)	備 考
5-16-810 14時-50分	1023	14.3	14.25	14.2	0	14.0	0.5-S	+0.2	67	
52	65	3.75	4.00	3.8			0	+0.2	68	(1) 載貨状態： バラスト
54	10	4.8	5.15	4.8	6-S	15.0	0.4-S	+0.2	67	(2) 主機負荷： 50%
55	21	6.9	7.00	6.8			0.4-S	-0.2	67	(3) 舵角： 45°
56	30	8.0	8.10	8.0			0.2-P	0	67.5	
57	39	8.8	8.9	8.7			0.2-P	+0.2	67.5	
58	53	9.8	9.85							
	59	10.1	10.15	10.8	S-S	13.0	0.4-P	0	67.5	
	80	10.55	10.60							
	59	98	11.0	11.05	13.8		0.4-P	0	67.5	
15時-00分	156	11.15	11.35	11.8	S-S	13.5	0.2-S	0	67.5	(4) 推板： 10.28 Kn
	202	11.70	11.70							
	01	304	12.20	12.20	13.6	S-S	13.0	0	67.5	
	02	500	13.00	13.00	13.6		0	0	67.5	
	700	13.60	13.60							
	03	900	14.15	14.10	14.4	Y-S	14.0	0	67.5	
	04	1023	14.35	14.30	14.2		0	-0.2	67.5	

Table 3.5.3.3 (c)

計測 日時	測定桿 突出量(mm)	電磁式速度計 指標値(Kn)	空気 圧力式口計 指標値(Kn)	偏正値 指標値(Kn)	風向 (deg)	風速 (m/s)	舵角 (deg)	機横斜 (deg)	主機回転数 (r.p.m.)	備 考
5-16-810 16時-01分	1023	16.4	16.3		15-P	3				(1) 載貨状態： バラスト
03	5	6.2	6.05	6.2			0.2-P	0	75.5	(2) 主機負荷： 75%
14	10	5.4	5.65	6.2	10-P	1.5	0.2-P	0	75.5	(3) 舵角： 225°
	21	7.8	7.9							
	65	9.0	9.45	10.5	15-P	3.0	0.8-S	0	75.5	
	06	40	10.3	10.95	15.8		0.2-P	0	75.0	
	50	11.15	11.15		12-P	3.0				
	07	60	11.7	11.7	16.8		0.2-P	0	76	
	81	12.1	12.1							
	08	100	12.5	12.5	16.5	15-P	3.5	0.4-P	+0.2	76
	09	150	12.95	12.95	16.6	12-P	4.0	0.4-P	-0.2	76
	200	13.5	13.5							(4) 推板： 16.9 Kn
	10	300	14.05	14.00	16.5	10-P	2.9	0	+0.2	76
	11	500	14.75	14.65	16.4	5-P	3.0	0.2-P	0	76
	700	15.5	15.60							
	12	908	16.05	16.00	16.6		0.8-P	-0.2	76	
	13	1023	16.4	16.3	15.8	6	2.5	0.2-S	-0.2	76
	14	5	6.25	6.3	16.8			0.5-P	-0.2	75.5
	15	10	5.35	5.6	16.5	10-S	2.0	0.5-P	+0.2	76
	16	39	10.2	10.25	16.4		0.2-P	0	76	
	17	51.5	11.15	11.20	16.6	6	2.5	0.2-P	0	76
	98.5	12.00	12.00							
	18	200	13.50	13.50	17.0	7-S	2.0	0.2-P	0	76

Table 3.5.3-3 (a)

日時	測定擇	風速(kt)	風向(度)	風速(m/s)	航角(deg)	模擬斜坡回轉數(r.p.m.)	備考
566-B-18 17時-17分	1023	16.1	16.0	16.8	5-S	19.5	0.0-S -0.2 76 (1) 載體狀態：八分之二 (2) 主機負載：75%
19	5	4.5	44	15.8		0.2-S -0.2	76
20	11	6.0	6.55	16.0	6	10.0	0.2-S -0.2 75.5 (3) 斜坡：45°
21		7.7	7.8				
21	30	8.9	9.0	15.8		0.2-S -0.2 75.5	
22	42	10.3	10.35	15.6	5-S	15.0	-1-S 0 76
	50	11.5	11.1				
23	61	11.4	11.4	15.6	5-S	15.0	0.8-S 0 76
24	81	11.9	11.9	16.0	5-S	14.0	0.8-S 0 76
	100	12.2	12.2				
25	151	12.6	12.6	15.5	3-S	15.0	0.2-P 0 75 (4) 接收：17.06 kN
	200	12.85	12.85				
26	302	13.65	13.60	16.0	3-S	15.0	0.2-P 0 76
	500	14.5	14.95				
27	712	15.0	14.95	15.8	3-S	15.0	0.2-P 0 76
	896	15.5	15.85				
28	1023	15.85	15.75	16.2	0	15.0	0.2-P 0 75
31	5.5	4.15	4.00	15.6	0	16.0	0.4-P 0 75
	10	5.3	5.55				
32	20	7.3	7.40	15.8		0.2-P 0 75.5	
33	30	9.0	9.10	15.8		0.2-P -0.2 75.5	
34	43	9.3	10.35	15.5		0.2-S -0.2 75.5	
	60	11.0	11.05				
35	80	11.75	11.75	15.5		0.1-S 0 75	
	116	11.9	11.9				
36	153	12.05	12.05	15.8		0 0 75	
	230	13.00	13.00		S-R	17	

Table 3.5.3-3 (b)

日時	測定擇	風速(kt)	風向(度)	風速(m/s)	航角(deg)	模擬斜坡回轉數(r.p.m.)	備考
566-B-18 18時30分	1023	17.0	17.30	17.6		1.0-P +0.2 81	(1) 載體狀態：八分之二 (2) 主機負載：81.5% (3) 斜坡：26.5°
33	5	4.3	4.55	17.9	30-P 3.0	0.8-P +0.2 81.5	(4) 主機負載：82%
34	10	5.65	5.70	17.8		0.2-P 0 81.0	(5) 斜坡：86°
35	20	8.0	8.10	18.0	35-P 3.0	0.4-P 0 81.0	
36	30	9.75	9.80	17.8		0.8-P 0 82.0	
	40	11.0	11.05				
37	50	11.85	11.85	17.5		0.8-P 0 81	
38	60	12.85	12.85	17.3	30-P 2.5	0.8-P 0 81	
39	80	13.05	13.05	17		0.8-P 0 81.5	
40	101	13.15	13.15	17	25-P 3.0	0.8-P 0 81.5	
	152	13.90	13.85				
41	200	14.25	14.20	17.4		0.8-P 0 81	
	302	14.85	14.80				
42	396	15.00	15.55	17.8	35-P 3.5	1.0-P 0 81	
	760	16.50	16.40		35-P 3.5		
43	768	17.00	16.90	16.3		1.0-P 0 82	
44	1023	17.35	17.15		38-P 3.0	0.8-S +0.2 82	
			17.4	25-P 2.0	0.2-P +0.2 82		

Table 3.5.3.4 (a)

計測	測定桿	電磁式速度計	全長	左右式口寸	風向	風速	舵角	螺旋槳	主機回転数	備考
日時	突出量(mm)	航速(kn)	航正體	航速(kn)	(deg)	(m/s)	(deg)	(deg)	(rpm)	
546-8-18 19時48分	1023	17.6	16.98	17	50-S	10	0.1-P	31	① 舵偏航度：ハタチ ② 主機負荷：10%	
50	5	4.9	4.65	16.5			0.2-S	31	③ 主機負荷：10%	
	10	5.5	5.80						31	針路：45°
51	21	8.0	8.15	17.4	10-S	17	0.2-P	31		
52	31	9.6	9.05	17.0			0.2-F	31		
53	40	10.7	10.75	16.8			0.2-P	31		
	51	11.5	11.5							
54	61	12.2	12.2	17.5	13-S	17	0.2-S	31		
	80	12.6	12.6							
55	102	13.0	13.0	17.4	12-S	17.5	0	31		
153		13.35	13.35							
56	200	13.80	13.75	17.4			0	31		
	300	14.3	14.25							
57	500	15.05	15.00	16.4			0.2-P	31		
	712	15.80	15.70							
58	876	16.00	16.30	17.0	10-S	18	0.2-P	84		
59	1023	16.85	16.55	18.2	0	19	0.2-P	83		

Table 3.5.3.3 (a)

計測	測定桿	電磁式速度計	全長	左右式口寸	風向	風速	舵角	螺旋槢	主機回転数	備考
日時	突出量(mm)	航速(kn)	航正體	航速(kn)	(deg)	(m/s)	(deg)	(deg)	(rpm)	
546-8-18 20時56分	1023	17.8	17.7	17.0	50-P	15	0.2-P	82	① 舵偏航度：ハタチ	
21-00	5	4.2	4.05	18.4			1.2-P	82	② 主機負荷：100%	
	10	5.5	5.85						③ 針路：225°	
	20	8.0	8.20							
01	32	10.2	10.25	17.2	40-P	1.0	0.2-S	82		
	40	11.0	11.05							
02	50	12.05	12.05	17.5			0.2-S	83		
03	60	12.85	12.65	17.4	50-P	1.5	0.2-P	84		
	78	13.15	13.15							
04	100	13.45	13.50	17.4			0.2-P	83		
	152	14.15	14.10							
05	200	14.60	14.55	17.6			0.2-S	84		
	302	15.2	15.15							
06	500	16.15	16.05	17.8			0.5-S	83		
07	700	16.80	16.70	17.5	45-P	1.5	0.2-S	83		
	900	17.45	17.35							
08	1023	17.80	17.70	17.8			0.2-P	84		
	09			17.6	40-P	0	0	83		
10				17.8	30-P	1.0	0.2-S	84		
11				18.2			0.5-S	84		
12				18.0			0.2-S	83		
13				18.0	40-P	3.0	0	84		

Table 3.3.3 (b)

計測	測定桿	電磁式速度計	全長	左右式口寸	風向	風速	舵角	螺旋槢	主機回転数	備考
日時	突出量(mm)	航速(kn)	航正體	航速(kn)	(deg)	(m/s)	(deg)	(deg)	(rpm)	
546-8-18 22時27分	1023	17.2	17.1	17.4			1.5-F	34	① 舵偏航度：ハタチ	
52	5	4.4	4.05	17.0			0.2-F	53	② 主機負荷：100%	
	10	5.5	5.75						③ 針路：45°	
53	20	7.8	7.97	17.2			1.6-F	53		
05	31	9.55	10.00	16.6			1.8-F	53		
	40	10.90	10.95							
15	50	11.05	11.05	17.4			0.8-F	83		
06	60	12.25	12.25	17.0			0.0-F	83		
	80	12.80	12.80							
07	100	13.15	13.15	17.5			0.0-P	83		
08	150	13.50	13.50	17.0	5	1.5	0.2-F	83		
	200	13.85	13.80							
09	300	14.40	14.35	17.6	0	20	0.8-F	83		
10	500	15.05	15.00	17.0	0	17	0.8-F	83		
	700	16.10	16.05							
11	900	16.60	16.55	17.5	0	30	1.0-F	83		
12	1023	17.00	16.90	17.6			0.2-F	83		

Table 3.5.3.3 (i)

計測日時	測定桿突出量(mm)	電磁式速度計 指標値(Kn)	全在位	往方式回転	風向	風速(m/s)	舵角(deg)	横傾斜(deg)	主機回転数(rpm)	備考
3.6.8-19 13時 00分	1023	6.2	6.45							
42	5.5	1.95	2.10	0.0	10-R	12.0	0.5-S	-0.2	37	(i) 舵偏状態: R 5度上
	10	2.30	2.45							(ii) E 機荷荷: 30%
43	20	3.0	3.20	6.4			0.5-S	-0.2	37	
44	38	3.40	3.60	6.6			0.5-S	-0.2	37	
45	40	4.05	4.30	6.4			0.8-P	-0.2	36	
	50	4.35	4.60							
	60	4.65	4.90							
46	80	4.85	5.10	6.4	10-R	12.0	0.6-P	-0.2	36	
47	102	5.10	5.35	6.8			0.6-P	-0.2	36	
48	150	5.60	5.85	6.6			0.6-P	-0.2	37	
49	201	5.50	5.75	6.6	10-R	13.0	1.2-P	-0.2	37	
	302	5.80	6.00							
50	500	6.15	6.35	6.4	10-R	13.5	0	-0.2	37	
51	700	6.60	6.75	6.5	10-R	14.0	1.2-S	-0.2	37	
52	900	7.0	7.10	6.8			0.2-S	-0.2	37	
53	1023	7.12	7.22		0	13				

Table 3.5.3.3. (j)

計測日時	測定桿突出量(mm)	電磁式速度計 指標値(Kn)	全在位	備考
3.6.8-19 13時 23分	1023	2.8	3.00	航速時
	5	0.97	1.63	
	11	1.23	2.33	
	20	1.92	1.52	
	30	1.93	1.99	
	40	2.00	2.15	
	50	2.13	2.28	
	61	2.35	2.50	
	80	2.50	2.65	
	101	2.56	2.76	
	150	2.57	2.77	
	201	2.81	3.01	
	300	2.92	3.12	
	500	3.10	3.38	
	700	3.29	3.49	
	900	3.45	3.65	
	1023	3.5	3.70	
	02	2.35	2.50	
	80	2.63	2.70	
	150	2.85	3.05	
	500	3.25	3.45	

TABLE 3.5.3.3 (A)

時 刻	測定桿 電磁式速度計	全 左 壓力式口	風 向	風 速	舵 角	操油斜率	主機回轉數	備 考	
日 時	度量(mm)	指標值(Kn)	修正值	指標值(Kn)	(deg)	(m/s)	(deg)	(deg)	(r.p.m.)
546.8.21 29時-27分	12.5	12.5							(1) 數據狀態：滿載
29	5	3.9	0.15	15.2	15-P	11	1.8-P	-1	66 (2) 主機負荷：50%
	10	4.7	4.95						(3) 钟 路：225°
30	20	6.2	6.15	12.2			1.8-P	0	66
31	30	7.35	7.45	12.1	10-P	12	1.8-S	0	67
	40	8.1	8.00						
32	50	8.7	8.80	13.2			1.8-S	0	66
33	60	9.2	9.25	12.8			0	0	66
	81	9.5	9.55						
34	100	9.7	9.75	12.4			0.8-P	0	66
	150	10.0	10.05						
35	200	10.4	10.45	12.8			0.8-P	0	67
36	300	10.7	10.75	12.8			1-S	0	66
37	500	11.5	11.5	12.4			0.8-P	0	69
38	705	12.3	12.3	13			0.8-P	0	67
39	900	12.7	12.7	13.4			0.8-P	0	67
40	1023	12.9	12.9	13.2			0.8-P	0	67
41				12.0	15-P	12	0.8-P	0	66

TABLE 3.5.3.3 (B)

時 刻	測定桿 電磁式速度計	全 左 壓力式口	風 向	風 速	舵 角	操油斜率	主機回轉數	備 考	
日 時	度量(mm)	指標值(Kn)	修正值	指標值(Kn)	(deg)	(m/s)	(deg)	(r.p.m.)	
546.8.21 20時-47分	10.23	13.4	13.4				1.8-P	0	67 (1) 數據狀態：滿載
49	5	4.1	4.15	15	15-S	5	1.8-P	-0.2	67 (2) 主機負荷：50%
	11	5.0	5.25						(3) 钟 路：45°
50	20	6.55	6.70	13.8			0.5-P	0	67
	30	7.60	7.70						
51	41	8.10	8.70	13.5			0.6-P	0	67
	50	9.0	9.10						
52	60	9.3	9.35	13.6	30-S	5	1.0-P	0	66
	80	9.8	9.85						
53	100	10.0	10.05	13.9			1.8-P	0	67
	129	10.6	10.65						
54	203	10.85	10.90	13.2	30-S	5	1.0-P	0	67
55	300	11.15	11.20	13.2			0.6-S	0	67
	500	12.00	12.00						
56	700	12.6	12.6	13.4	30-S	5	1.0-P	0	67
	900	13.1	13.1						
57	1023	13.2	13.2	13.4	35-S	5	0.2-P	0	67

TABLE 3.5.3.3 (C)

時 刻	測定桿 電磁式速度計	全 左 壓力式口	風 向	風 速	舵 角	操油斜率	主機回轉數	備 考	
日 時	度量(mm)	指標值(Kn)	修正值	指標值(Kn)	(deg)	(m/s)	(deg)	(r.p.m.)	
546.8.21 22時-10分								(1) 數據狀態：滿載	
28	5	3.75	4.00	12.9			3-S	0	67 (2) 主機負荷：50%
29	10	5.65	5.85	13.2			1.8-S	0	67 (3) 钟 路：225°
	21	6.00	6.35						
30	30	7.2	7.30	12.8	5-P	4	0.5-P	0	67
	40	8.25	8.35						
31	50	8.90	9.00						
	63	9.30	9.35	12.8			0.8-P	0	67
	80	9.70	9.75						
32	100	9.80	9.85	12.8	15-P	7	1.8-S	0	67
33	135	10.2	10.25	13			0.0-P	0	67
	200	10.8	10.85						
34	308	11.0	11.05	13.4			0.4-P	0	67
	500	11.65	11.65						
	714	12.20	12.20						
35	920	12.60	12.60	12-P	8				
	1023	12.88	12.88						

Table 3.5.3.3 (n)

計測 日 時	測定桿 突出量(mm)	電磁式速船計 指示値(Kn)	全左 左方式口	風 向 (deg)	風 速 (m/s)	舵 角 (deg)	横傾斜 (deg)	主機回転數 (r.p.m.)	備 考
546-8-21 23時-28分		13.0	13.0						
44	6	9.0	9.25						(1) 貨物状態： 満載
45	10	9.65	9.90						(2) 主機負荷： 50%
	20	11.10	6.30						(3) 針 路： 05°
46	30	7.35	7.45						
47	40	8.05	8.15						
	50	8.9	9.00						
48	60	9.35	9.40						
50	100	9.80	9.85						
51	80	9.70	9.75						
52	151	10.4	10.45						
	201	10.7	10.75						
53	300	11.15	11.20						
	500	11.7	11.7						
54	700	12.2	12.2						
	900	12.85	12.85						
55	1023	13.05	13.05	13			0.2-S	67	
56				12.8	15-P	9	1.5-P	67	
57				13.4			0.5-S	67	
58				13.2			0.5-P	67	
59				13			0.2-P	67	
546-8-22 00時-00分				12.8	0	4	0.2-P	67	
1				13			2.8-S	67	
2				13.4			1.2-P	67	

Table 3.5.3.3 (o)

計測 日 時	測定桿 突出量(mm)	電磁式速船計 指示値(Kn)	全左 左方式口	風 向 (deg)	風 速 (m/s)	舵 角 (deg)	横傾斜 (deg)	主機回転數 (r.p.m.)	備 考
546-8-22 01時-03分	14.8	14.75							
30	5	9.4	9.65	15	4-S	5	0.5-P ± 0.5	76	(1) 貨物状態： 満載
	10	5.5	5.75						(2) 主機負荷： 75%
31	20	7.15	7.25	15			0.5-P ± 0.5	77	(3) 針 路： 225°
32	30	8.4	8.50	15.2			1.6-P -0.5	76	
	40	9.0	9.05						
50	10.05	10.10							
33	60	10.3	10.35	15.4	10-S	5	1.6-S 0	77	
81	10.9	10.95							
102	11.3	11.3							
34	150	12.10	12.10	15.4			0.5-P 0	76.5	
35	200	12.25	12.25	15.4			1.6-S 0	77	
	300	13.10	13.10						
36	496	13.3	13.3	15.4			1.6-P 0	76.5	
711	14.0	13.95							
900	14.65	14.60							
37	1023	14.95	14.90	15	5-S	5	1.5-S 0	77	

Table 3.5.3.3. (7)

計測 日 時	測定桿 突出量 (mm)	電磁式速度計 指示値 (Kn)	全 左 圧力式 D7 指示値 (Kn)	風 向 (deg)	風速 (m/s)	舵 角 (deg)	操傾斜 (deg)	主機回転数 (r.p.m.)	備 考
566-B-22 02時-29分		14.70	14.65						(1) 舵傾状態：満舵
5d	5	4.45	4.70	10.6	10-S	12	08-P	76	(2) 主機負荷：75%
	13	5.5	5.25						(3) 針 路：95°
55	21	7.3	7.60	15.0		10-S	6	76.5	
56	30	8.55	8.65	15	10-S	12	24-P	76.5	
	40	9.3	9.00						
57	50	10.1	10.15	15			08-P	76.5	
	61	10.7	10.25						
58	80	11.0	11.05	14.2			08-S	77	
	100	11.1	11.15						
59	150	11.8	11.8	15			08-S	76	
	200	12.1	12.1						
03-00	300	12.65	12.65	14.8	5-S	12	25-P	76	
	500	13.3	13.3						
01	700	14.2	14.15	14.6			15-S	76.5	
02	900	14.6	14.55	15.2			22-P	76	
03	1023	14.7	14.65	15.2	3-S	12	08-S	77	
04				15			22-P	76	
05				15.0	2-S	12	08-S	76	
06				15	5-S	12	32-P	76.5	

Table 3.5.3.3. (8)

計測 日 時	測定桿 突出量 (mm)	電磁式速度計 指示値 (Kn)	全 左 圧力式 D7 指示値 (Kn)	風 向 (deg)	風速 (m/s)	舵 角 (deg)	操傾斜 (deg)	主機回転数 (r.p.m.)	備 考
566-B-22 03時-45分		15.9	15.85						(1) 舵傾状態：満舵
04-26	5	4.25	5.10	16			22-P	82.5	(2) 主機負荷：92%
27	10	4.9	7.00	16.2	0	5	3.4-P	82.5	(3) 針 路：225°
28	20	7.65	7.75	15.8			1.4-P	82.5	
29	30	9.20	9.25	15.8			0.6-P	82.5	
30	40	10.10	10.15	16	0	5	1.2-P	82.5	
31	50	10.65	15.6	15.6			1.0-P	82.5	
32	60	11.00	11.05	15.8			2.4-P	82.5	
33	80	11.50	11.50	15.8			2.0-P	82	
34	101	12.10	12.10	16			1.6-S	82.5	
35	150	12.70	12.70	16.4	0	5	0.6-P	82	
36	200	12.95	12.95	16.6			1.8-P	82	
37	300	13.40	13.40	16.4			1.8-P	82.5	
38	510	14.50	14.05	16.2			0.2-P	82.5	
39	703	15.10	15.05	16			0	82	
40	908	15.70	15.65	16.0	5-L	5	0.2-P	82	
41	1023	15.90	15.85						

Table 3.5.3.3. (1)

計測	測定桿 電磁式速度計	全矢	圧力式GT	風向	風速	舵角	機頭斜	主機回転數	備考
日 時	突出量(mm)	指示値(kn)	高さ(個)	(deg)	(m/s)	(deg)	(deg)	(r.p.m.)	
504.8.22 07時-45分	15.6	15.55	15.8	5-S	11	12-P		80	(1)載荷状態：高張
38	5.5	9.75	15.2			5.2-P		82	(2) E 機頭斜：92度
39	10	5.7	5.9	5-S	11	0.4-S		82	(3) 針 路：45度
40	21	7.55	7.65	5-S		1.4-P		82	
41	30	9	9.10	15.8		1.4-P		82	
42	40	10	10.05	16.2	5-S	11.5	1.2-P	82	
43	50	10.6	10.85	16.2		1.2-P		82	
44	60	11	11.05	16.2		1.2-P		82	
45	80	11.75	11.75	15.8	5-S	11.5	1.2-P	82	
46	100	11.9	11.9	15.8		3-P		81	
47	150	12.65	12.65	15.2		3.2-P		82	
48	200	12.95	12.95	16		3.2-P		82	
49	300	13.6	13.6	16.5		1-P		82	
50	500	14.35	14.05	16.4		3.2-P		82	
51	810	15.25	15.00	16.2		6.5-P		82	
52	900	15.05	15.00	15.5		6.2-P		82	
53	1023	15.60	15.15	16.2		12-P		82	

Table 3.5.3.3. (2)

計測	測定桿 電磁式速度計	全矢	圧力式GT	風向	風速	舵角	機頭斜	主機回転數	備考
日 時	突出量(mm)	指示値(kn)	高さ(個)	(deg)	(m/s)	(deg)	(deg)	(r.p.m.)	
504.8.22 07時-45分	16.2	16.10							(1)載荷状態：過載
58	5	9.8	9.05	16.4	15-S	6	18-S	-0.4	(2) 主機負荷：100%
59	5.9	6.10							(3) 針 路：225度
60	20	7.6	7.7	16.4		18-P	-0.4	84.5	
61	30	9.3	9.45						
62	40	10.4	10.45	16.4		0.0-P	-0.4	84.5	
63	50	10.8	10.85						
64	60	11.4	11.4	16.4		0.2-P	-0.4	84.5	
65	80	12.0							
66	100	12.35	12.35	16.6	12-S	6	1.2-P	-0.4	84.5
67	150	12.7							
68	200	13.35	13.35	16.4		1.8-P	-0.4	84	
69	300	13.75	13.70						
70	500	14.50	14.05	16.4	15-S	6	1.8-P	-0.2	84
71	800	15.25	15.20						
72	900	16.05	16.00	16.8		1.9-P	0	84	
73	1023	16.15	16.05						
74				16.4		1.8-P	0	84.5	
75				16.4		1.8-P	-0.2	84.5	
76				16.8	10-S	6	1.8-P	-0.2	84
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									
85									
86									
87									
88									
89									
90									
91									
92									
93									
94									
95									
96									
97									
98									
99									
100									
101									
102									
103									
104									
105									
106									
107									
108									
109									
110									
111									
112									
113									
114									
115									
116									
117									
118									

Table 3.5.3.3 (2)

計測 日 時	測定桿 突出量(mm)	電磁式速度計 指示値(Kn)	合压 指示値(Kn)	左舷吹 風向 (deg)	風速 (m/s)	舵角 (deg)	横傾斜 (deg)	主機回転數 (r.p.m.)	備 考
300-8-22 09時~00分		16.35	16.25						
23 5	9.95	5.20	16.8	7-P	12	0.8-P	0	80.5	(1) 貨物状態：満載
	10	6.05	6.25						(2) 主機負荷：100%
24 20	7.8	7.9	15.8			0	-0.2	80.5	(3) 針路：45°
	30	9.5	9.55						
25 40	10.5	10.55	16.6	5-P	11	1.6-S	-0.2	80.5	
	50	11.1	11.15						
26 61	11.4	11.4	16.6			0	-0.2	80.5	
	80	12.1	12.1						
27 100	12.6	12.6	16.4			2.8-P	0	80.5	
	150	12.8	12.8						
28 203	13.3	13.3	16.6			0.8-S	0	80.5	
	300	14.1	14.05						
	500	14.9	14.85						
29 710	15.6	15.55	16.2	3-P	11	1.6-P	-0.2	80.5	
	900	16.05	15.95						
	1023	16.20	16.15						

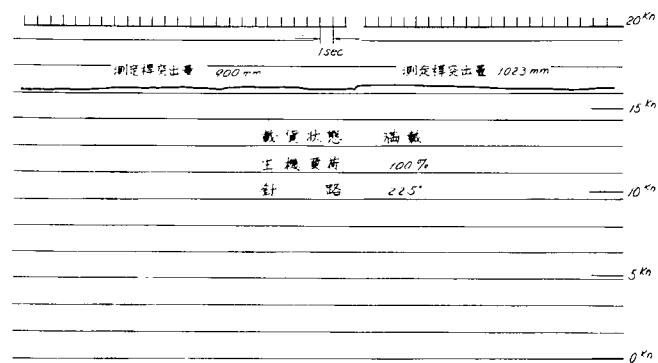
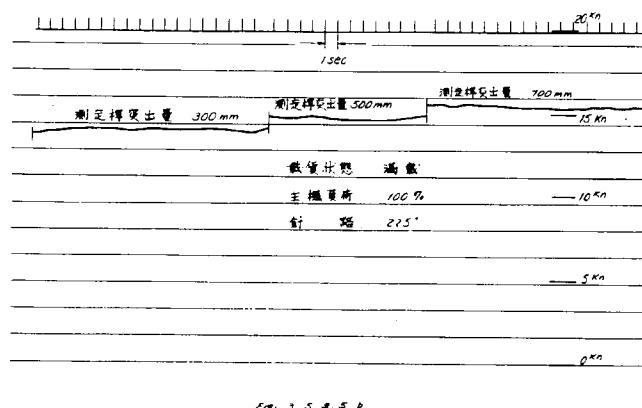
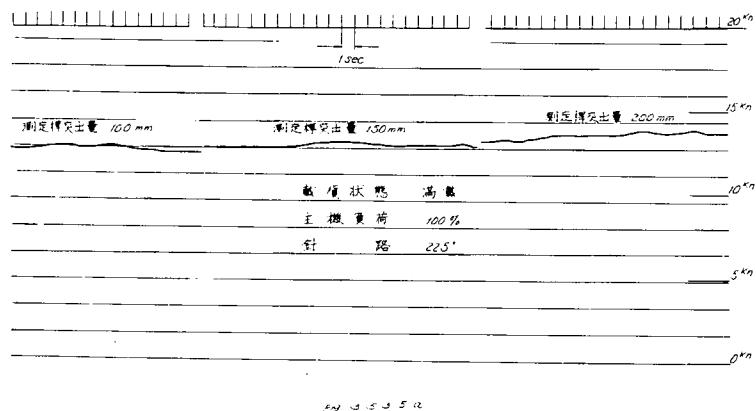


Fig. 3.5.3.5(a)～(c) 電磁式速度計速度発信器出力の記録例

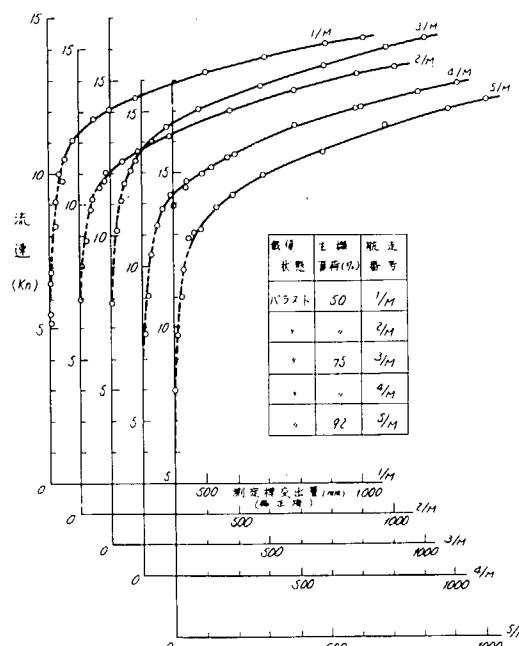


Fig. 3.5.3.6 (a)

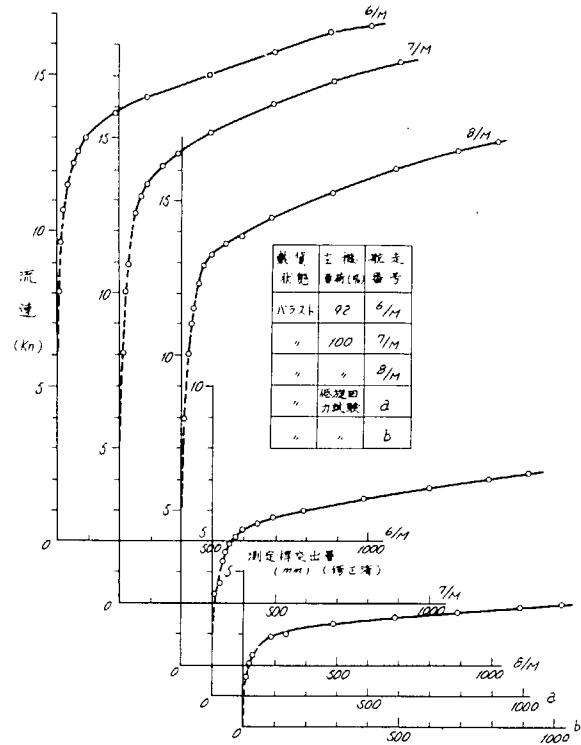


Fig. 3.5.3.6 (b)

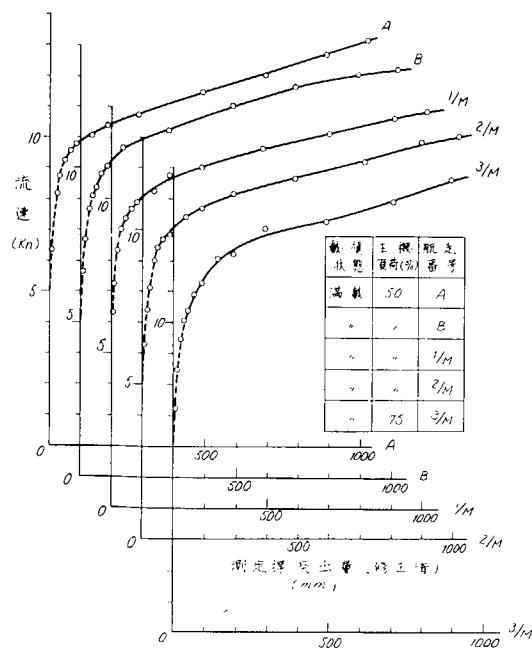


Fig. 3.5.3.6 (c)

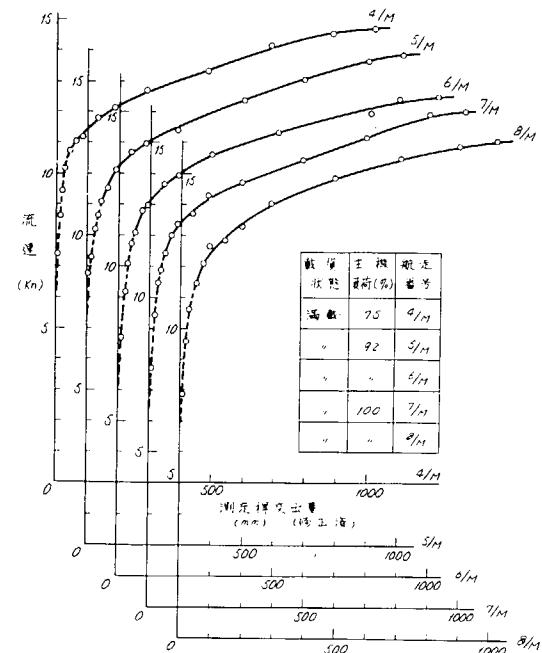


Fig. 3.5.3.6 (d)

Fig. 3.5.3.6 (a)~(d) 境界層内速度分布

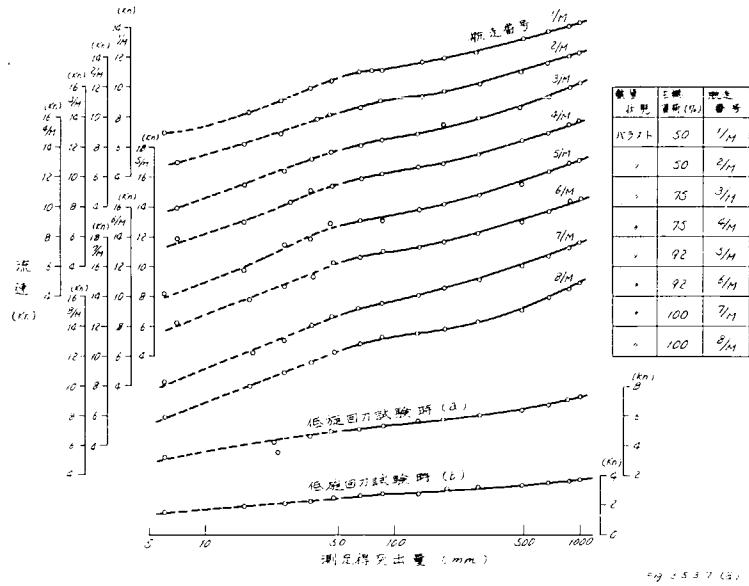


Fig. 3.5.3.7 (a)

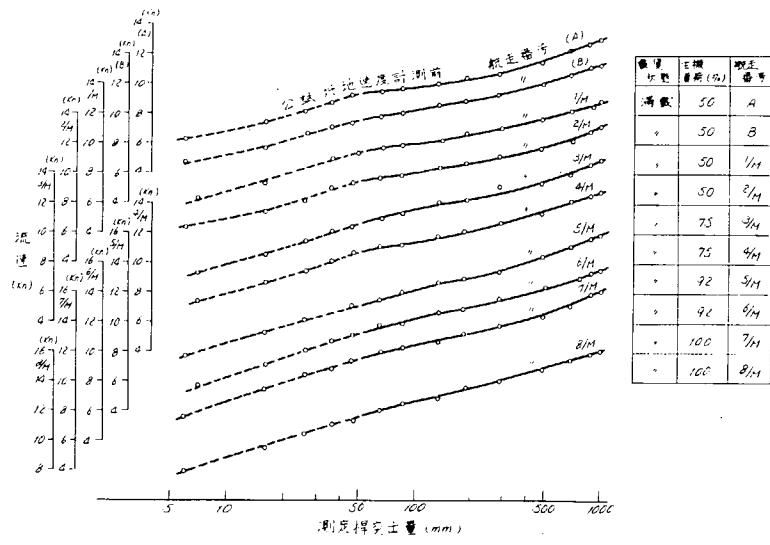


Fig. 3.5.3.7 (b)

Fig. 3.5.3.7 (a)~(b) 境界層内速度分布

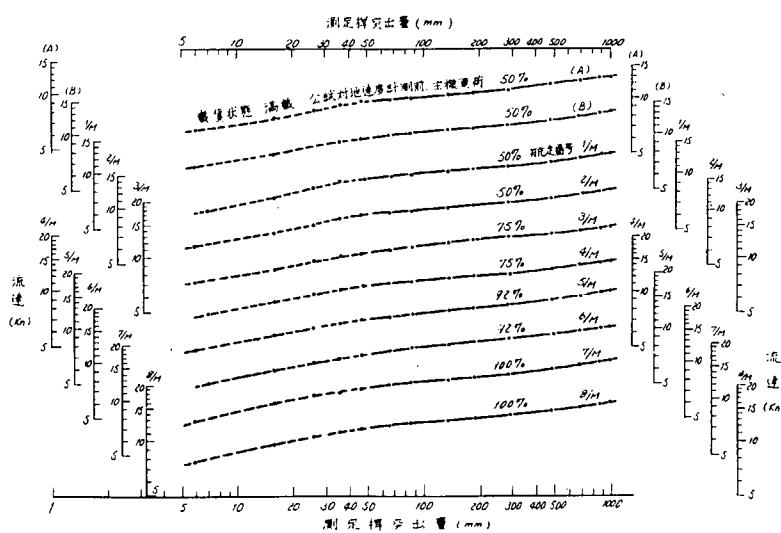
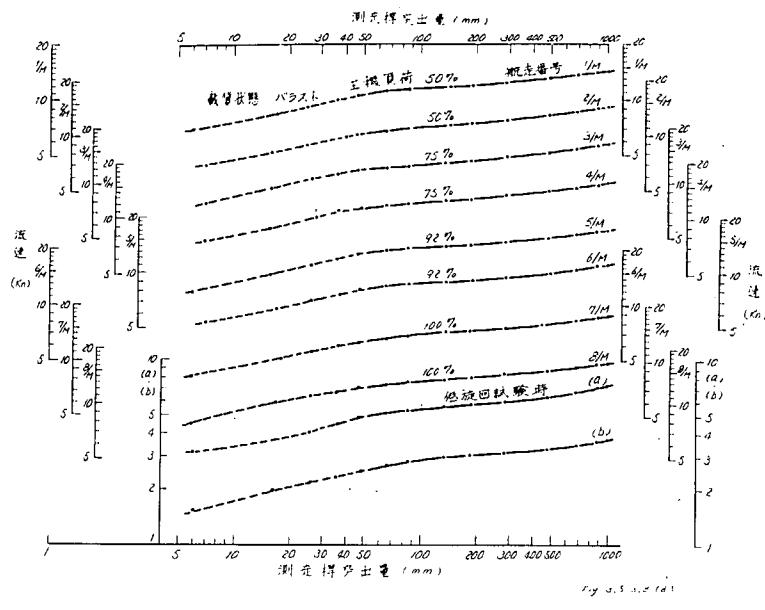


Fig. 3.5.3.8 (a)~(b) 境界層内速度分布

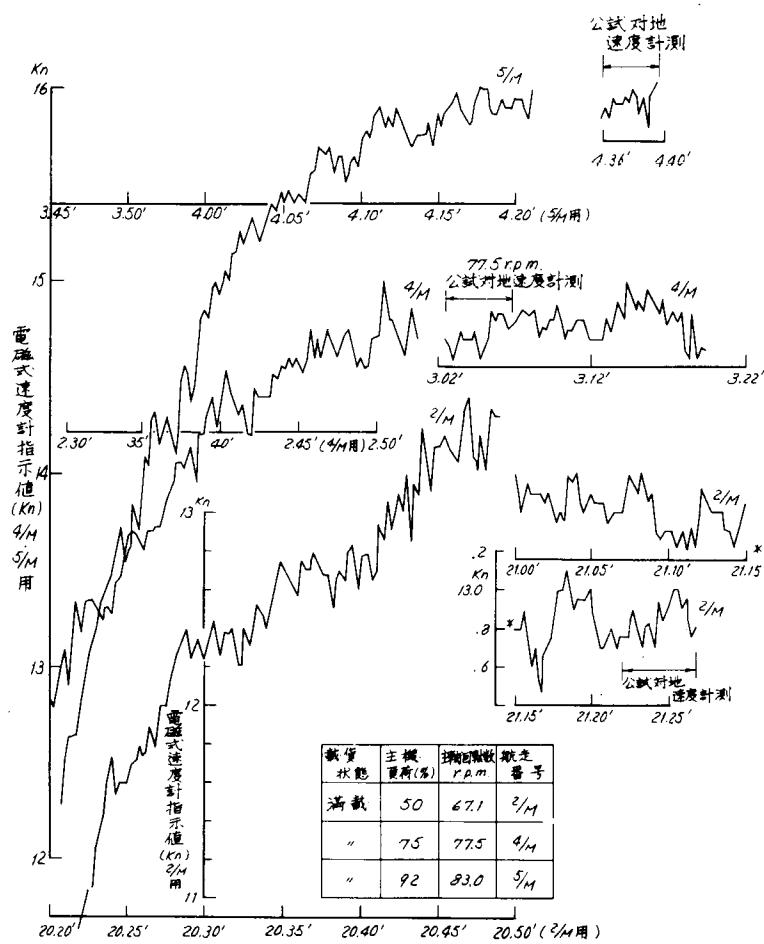


Fig. 3.5.3.9 電磁式速度計指示値

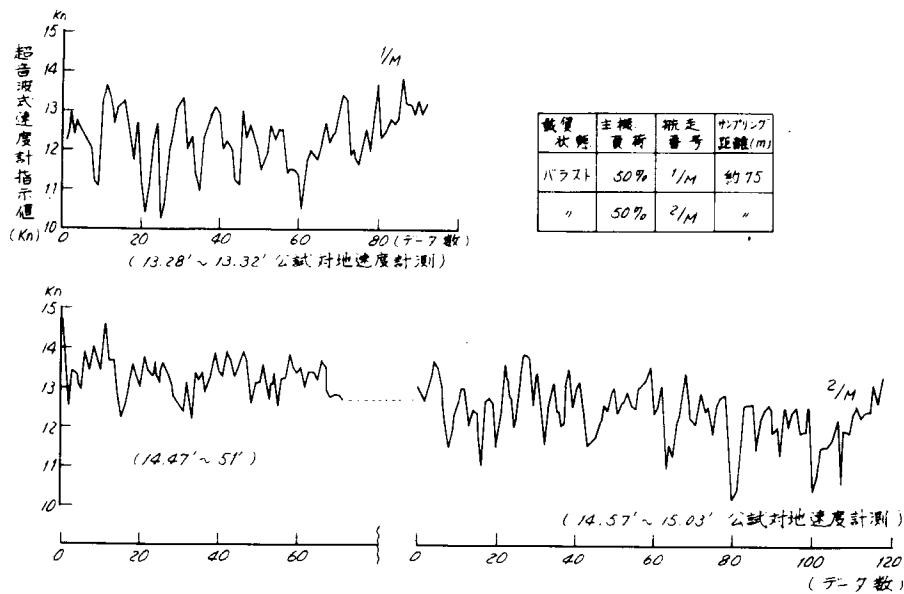
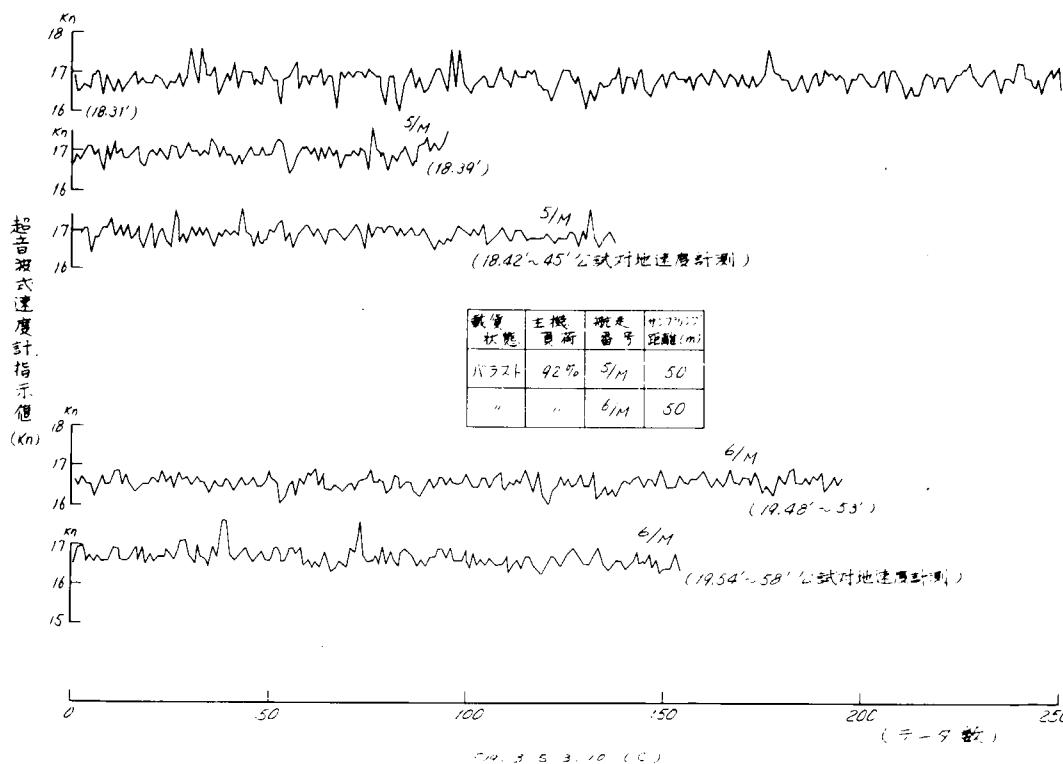
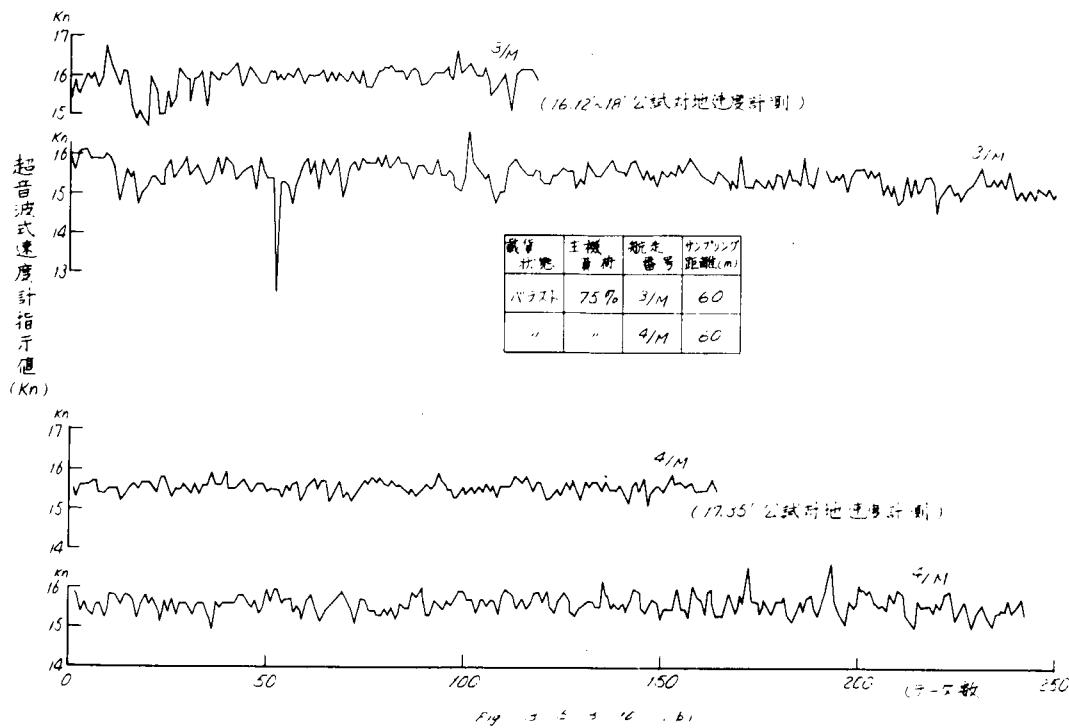


Fig. 3.5.3.10 (a)



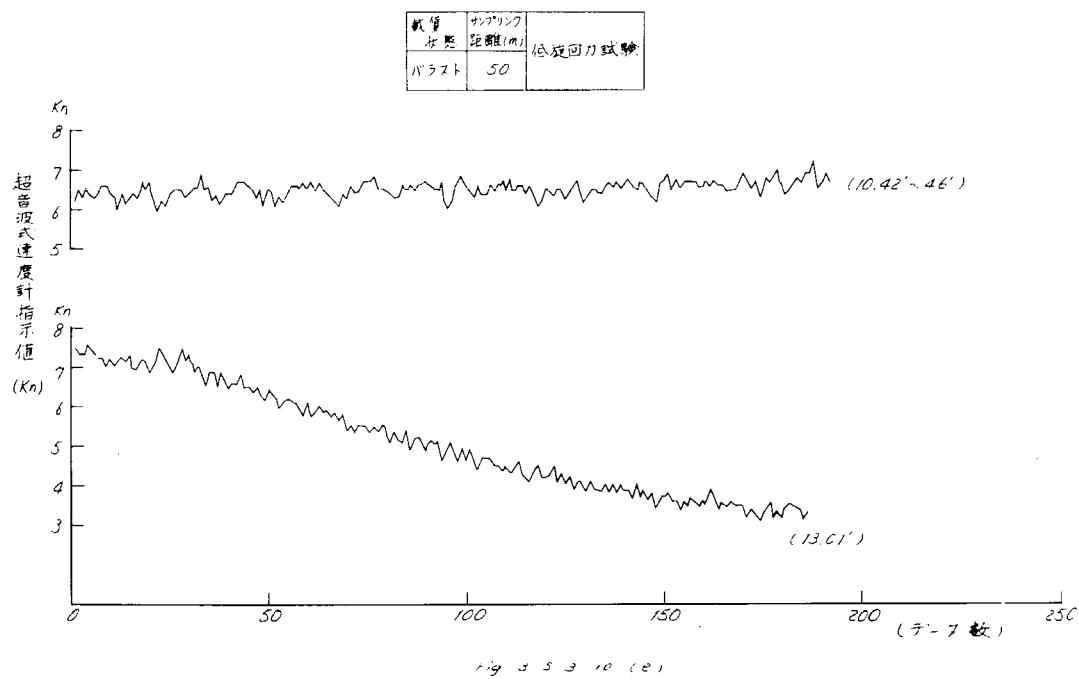
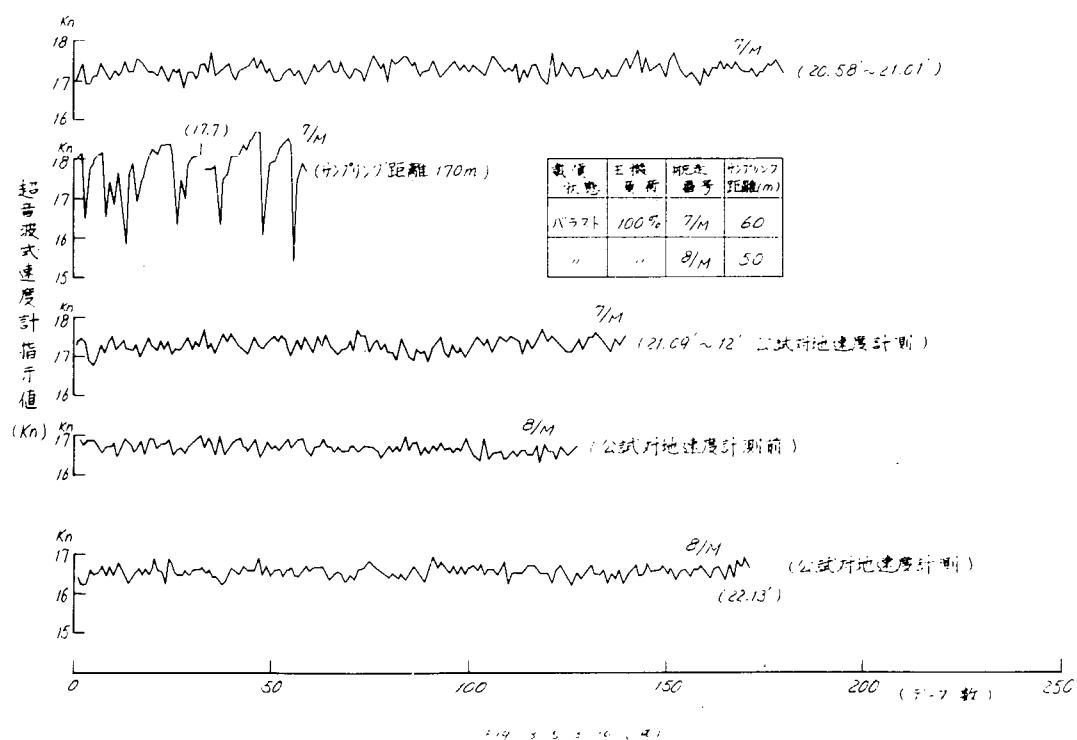


Fig. 3.5.3.10 (a)~(e) 超音波式速度計計測結果

Table 3.5.3.4 超音波式速度計による速度

主機 負荷 番号	航走 番号	水温 °C	超音波式速度計による速度		サンプリング 距離 (m)	サンプリング 距離調整 つまり位置	備考
			指示値平均 (kn)	修正値 (kn)			
50%	1/M	24	—	—	75	3.0	サンプリング距離大により計測値不整
	2/M	"	12.31	12.56	75	3.0	同上
75%	3/M	"	15.93 (16.04)	16.25 (16.32)	60	2.5	
	4/M	"	15.55 (15.55)	15.86 (15.86)	60	2.5	
92%	5/M	"	16.92 (16.94)	17.26 (17.28)	50	2.4	
	6/M	"	16.65 (16.50)	16.98 (16.83)	50	2.4	
100%	7/M	"	17.29 (17.22)	17.64 (17.57)	60	2.5	
	8/M	"	16.57 (16.45)	16.90 (16.78)	50	2.4	

註：上欄 速度値は公試対地速度計測中の平均。  
 下欄 ( ) 内速度値は電磁式速度計測走程最大突出計測時と同一時刻の値

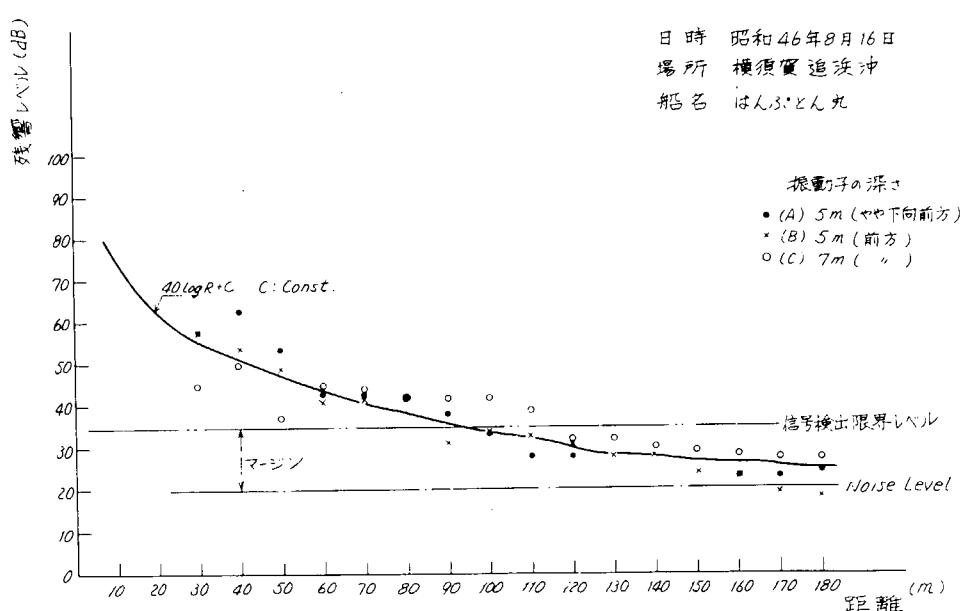


Fig. 3.5.3.11 残響レベル計測結果

Table 3.5.3.5 各種速度計による計測値一覧

計測日時	電波口づ			投板電磁式速度(kn)	超音波式速度計 (修正済)(kn)	圧力式速度計 (修正済)(kn)	航進状態(%)	主機負荷(%)	針路(aeg)	備考
	計地速度(kn)	対水速度(kn)	風修正風速(kn)							
546-8-13 18時-33分	14.586	14.565	14.386	14.96	14.25	14.0	14.2	50	225	(1) 速度計測単位: kn
15 - 04	14.284	14.514	14.622	14.28	14.30	14.2	"	"	45	
16 - 13	16.768	16.383	16.266	16.90	16.30	16.25 (16.32)	16.5	"	225	(2) 測定時刻は電磁式 速度計における計測と 同一時刻での値を示す。
17 - 28	15.620	16.221	16.290	17.06	15.75	15.96 (15.96)	15.9	"	45	
18 - 44	18.119	17.368	17.289	17.15	17.26 (17.28)	17.4 (17.1)	"	92	225	
19 - 59	16.281	17.110	17.221	16.55	16.98 (16.93)	17.1 (17.0)	"	"	45	
21 - 08	18.534	17.828	17.554	17.70	17.64 (17.59)	17.7 (17.9)	"	100	225	(3) 超音波式速度計と圧力式 ログの計測値のうち上欄 記載値は公式に対する速度 計測時の平均値。下欄 の( )内の値は電磁式 速度計における計測と同一 時刻での値を示す。
22 - 12	16.473	16.787	17.024	16.90	16.90 (16.78)	17.2 (17.4)	"	"	45	
546-8-21 22時-35分	13.301	12.401	13.071	12.88	12.85 (13.0)	12.85 (12.996)	50	225		
23 - 55	12.618	13.381	12.982	13.05	13.05 (13.0)	12.996 (13.0)	"	"	45	
8-22 01 - 37	15.199	14.602	14.814	14.90	15.000 (15.0)	15.000 (15.0)	"	75	225	
03 - 03	14.632	15.029	14.947	14.65	14.766 (14.72)	14.766 (14.72)	"	"	45	
04 - 04	16.022	15.807	15.812	15.85	15.929 (15.8)	15.929 (15.8)	"	92	225	
05 - 07	15.656	15.809	15.778	15.55	15.920 (15.92)	15.920 (15.92)	"	"	45	
08 - 10	16.402	16.021	16.322	16.05	16.184 (16.18)	16.184 (16.18)	"	100	225	
09 - 29	16.305	16.975	16.420	16.15	16.334 (16.2)	16.334 (16.2)	"	"	45	

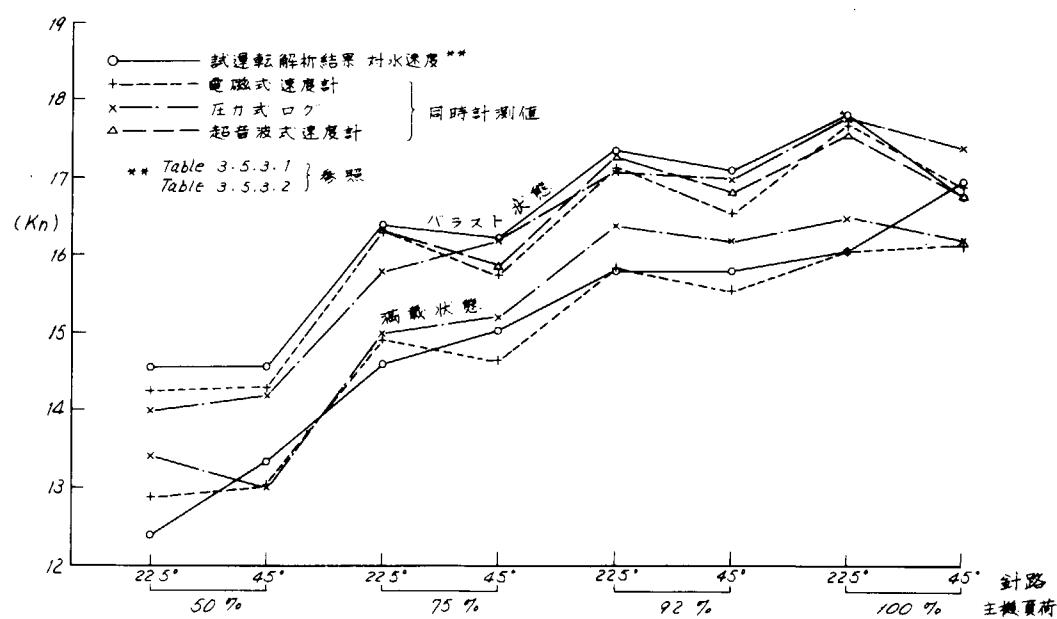
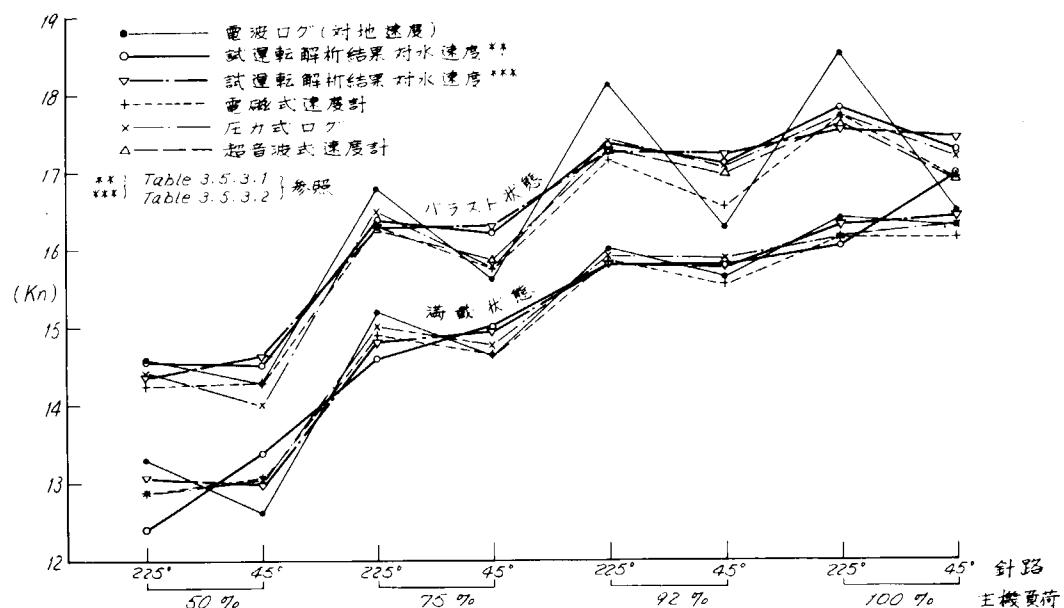


Fig. 3.5.3.12 (a)~(b) 公試対地速度計測時の平均値

### 3-6 模型実験

#### 3-6-1 供試模型船

実船試験供試船の模型 MODEL SHIP NO. 2955 を使用した。その模型船船体主要目および実験状態を Table 3.6.1.1 前半部線図を Fig. 3.6.1.1 にそれぞれ示す。また実験は Table 3.6.1.1 に示す満載状態およびバラスト状態 ( $\nabla/\nabla F = 50\%$ ) の 2 状態で行なつた。

#### 3-6-2 実験方法および計測

##### (1) 翼車式流速計による前方流速計測

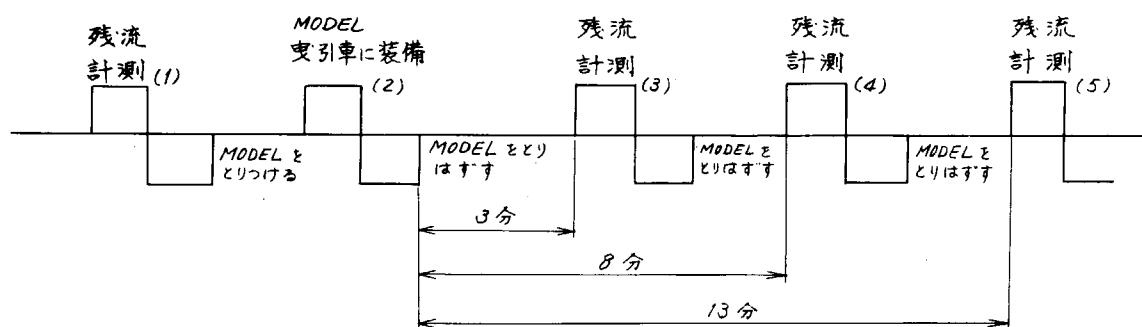
使用した翼車式流速計の概要を Table 3.6.2.1 に、外観を Fig. 3.6.2.1 にそれぞれ示す。計測位置を Fig. 3.6.2.2 に示す。対水速度は翼車の回転数を流速計に内蔵した電磁式パルス発生器の出力をアンプを通してカウンターにより計数することにより検出する方式で、計測値はプリンタで印字させた。

##### (2) 実験

###### (a) 水槽残流の調査

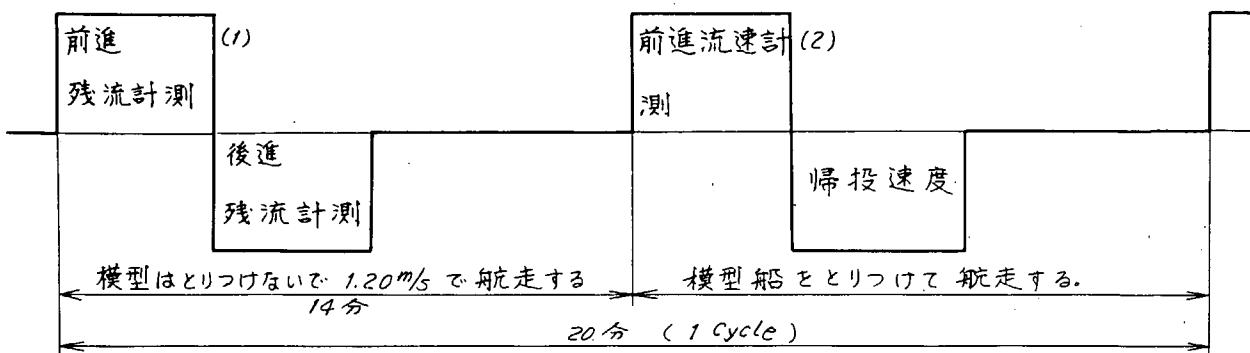
水槽水の初期乱れ、および模型船航走後の残流の時間的変化などを調査して(b)で述べる模型船前方の流速計測の精度を高めるために下記のようなシーケンスで残流の計測を行なつた。  
すなわち、まず模型船をつけずに早朝、流速計により、水槽水の初期乱れを計測〔ステップ(1)〕するとともに、つぎに模型船を曳引車に装備して、所定の速度 (1.2 m/s) で 1 回航走〔ステップ(2)〕し、その後直ちに模型船をとりはずして残流の時間的変化を計測するものである。

〔ステップ(3)～(5)〕



###### (b) 前方流速計測

模型船前方の流速の計測は(a)の水槽中の残流の計測後、下記のようなシーケンスで計測を行なつた。  
すなわちまず模型船をつけず、残流を所定の速度 (1.2 m/s) で前後速時に計測〔ステップ(1)〕し、つぎに模型船を曳引車に装備して 1 つの速度について航走〔ステップ(2)〕し前方の流速を計測した。  
その後これを 1 サイクルとして、4 種類の速度について、同様計測を行つた。なお船体前方の流速計測時の模型船帰投速度は残流がなるべく少なくなるように前進速度の 80%とした。



実験状態は満載状態、バラスト状態の2状態とし上図中のステップ(2)の模型船速度は満載状態については  $1.0.0 \text{ m/s}$ ,  $1.1.6 \text{ m/s}$ ,  $1.2.3 \text{ m/s}$ ,  $1.2.7 \text{ m/s}$  の4種類、バラスト状態については  $1.1.2 \text{ m/s}$ ,  $1.2.6 \text{ m/s}$ ,  $1.3.4 \text{ m/s}$ ,  $1.3.6 \text{ m/s}$  の4種類である。同一の実験速度で2回計測を行なつた。

## (II) ピトー管による船底流速計測

使用したピトー管は昭和45年3月の「船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究」報告書に記載した4本組の普通型ピトー管である。

### (1) 実験

模型船の船底に Fig. 3.6.2.3 に示す位置 A, B 2ヶ所にピトー管群を取り付けた。1つの速度につき、模型船底からのピトー管群の突出量を3種変えて船体表面からの距離  $5 \sim 9.5 \text{ mm}$  の範囲の計12個所における流速の計測を行つた。

試験状態、計測速度等は前記前方流速計測時と同じで計測を行つた。使用したピトー管定数 (P C) の値を表に示すとおりである。ここにピトー管定数 (P C) は次式で表わされる。

$$V_A = P C \sqrt{2 g H}$$

ここで  $V_A$  = 対水速度 [m/s]  
 $H$  = 水頭 [m]  
 $g$  = 重力の加速度  $9.8$  [m/s]

総圧および静圧はガラス管マノメータを用いて記録した。

### 3-6-3 実験結果および考察

残流の調査の結果を Fig. 3.6.3.1 に示した。図中横軸は計測時間間隔  $t$  を縦軸は残流速度  $\Delta V'$  をとつている。ここで  $\Delta V'$  は

(対水速度計による速度) - (対地速度) である。

前方の対水速度の計測結果を、Fig. 3.6.3.2 に示した。○, △は各々満載状態、バラスト状態を示す。横軸にフルード数を、縦軸に  $\frac{V'_M - V_A}{V_M'}$  をとつている。ここで  $\frac{V'_M - V_A}{V_M'}$  は次式で定義される。

$$\frac{V_M + \Delta V' - V_A}{V'_M + \Delta V'} = \frac{V'_M - V_A}{V'_M}$$

ここで

$V_M$  = その時の曳引車の対地速度

$\Delta V'$  = 残流速度

$V'_M$  = 曳引車の対水速度

$V_A$  = 模型船をつけて航走した時の翼車式流速計による対水速度

ピトー管による船底付近の流速  $u$  の計測結果を Fig. 3.6.3.3 ~ 3.6.3.6 に示した。これらの図面は横軸に  $u / V_M$  を縦軸に  $y \text{ mm}$  をとっている。ここで  $u$ ,  $V_M$ ,  $y$  は各々ピトー管による対水速度、模型船対地速度、ピトー管の船底からの距離である。計測時の水温はすべて 14.8°C である。

ピトー管の検定は、昭和 45 年度の「船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究」の時に行なつているが、約 2 年前のことであるので検定をやりなをした。その結果を Table 3.6.3.1 に示す。

ピトー管 No.4 (総圧管) のところでは静圧が円筒の下面にあるので、1, 2, 3 のピトー管の静圧より推定して求めた。ピトー管の概略図を Fig. 3.6.3.7 に示す。

翼車直径 100 mm の流速計はプロペラシャフトの心振れと、アンプの故障のため、実験に使用できなかつたので翼車直径 14 mm の流速計を使用した。

翼車式流速計のキャリブレーションは毎日早朝に行つた。計算に使用した、パルスと  $V'_M$  との関係式は次式のようになる。

$$V'_M = P 0.00437 + 0.1034$$

ここで  $V'_M$  = 曳引車対水速度

$P$  = パルス

水槽残流調査で模型船航走後の残流の時間的変化を満載状態、バラスト状態について調べてみると、満載状態の方が残流がのこつている。満載状態で 9 分後の残流が 6 分後の残流に比べて少し高くているのは不可解である。

実験値に使用した残流は満載状態、バラスト状態とも(2)(b)のステップ(1)の値である。平均して残流は満載状態では  $+5 \text{ mm/s} \sim +6 \text{ mm/s}$  程度、バラスト状態では  $\pm 4 \text{ mm/s} \sim \pm 5 \text{ mm/s}$  程度であつた。早朝の残流調査ではすべて、+ の残流であつた。早朝の残流調査での時間的変化の残流値と、実験点で使用した時間的変化の残流値は合つている。

今回の実験では変換器の個数の問題と時間的な関係でガラス管マノメータを使用した。マノメータの場合、時定数が目標値に対して、応答が遅いため、計測中はこのようなことを配慮して記録した。実験精度を高めるために 0 点を多く取り、修正した。

船底付近の流速の計測結果をみると A, B ピトーハウジングで共通して言えることは、 $u / V_M$  の値は載荷状態によつては変るが、航走速度が異つても、ほとんどその値は変化しない。ただし A ピトーハウジング満載状態では船底よりの突出し量が約 3.5 mm 以上、A ピトーハウジングバラスト状態では約 4.2 mm 以上、B ピトーハウジング満載状

態では約 5.5 mm 以上、B ピトー管バラスト状態では約 6.0 mm 以上で、境界層の外側であると考えられる。  
 静圧を推定したピトー管 No. 4 と推定しないピトー管 No. 1 とは実験点は良く合っている。

Table 3.6.1.1 模型船舶体主要目および実験状態

	M. S. NO.	2955
CONDITION	LPP [m]	6.500
	LDWL [m]	6.6112
	B [m]	1.0811
	d [m]	0.39935      0.39985 0.39960
	TRIM [%]	0
	$\nabla_M$ [ $m^3$ ]	2.30645
	$S_M$ [ $m^2$ ]	10.67601
	$C_B$	0.8213
	$C_p$	0.8247
	$C_M$	0.9959
LOAD	$l_{CB}$ [%]	-3.2409
	$B/d$	2.705
	$L/B$	6.012
	$\nabla_{LPP}^3$	$8.400 \times 10^{-3}$
	d [m]	0.2260      0.1950 0.2105
	TRIM [%]	0.48
	$\nabla_M$ [ $m^3$ ]	1.16261
BALLAST	$S_M$ [ $m^2$ ]	8.05799
	$B/d$	5.136
	$\nabla_{LPP}^3$	$4.23 \times 10^{-3}$

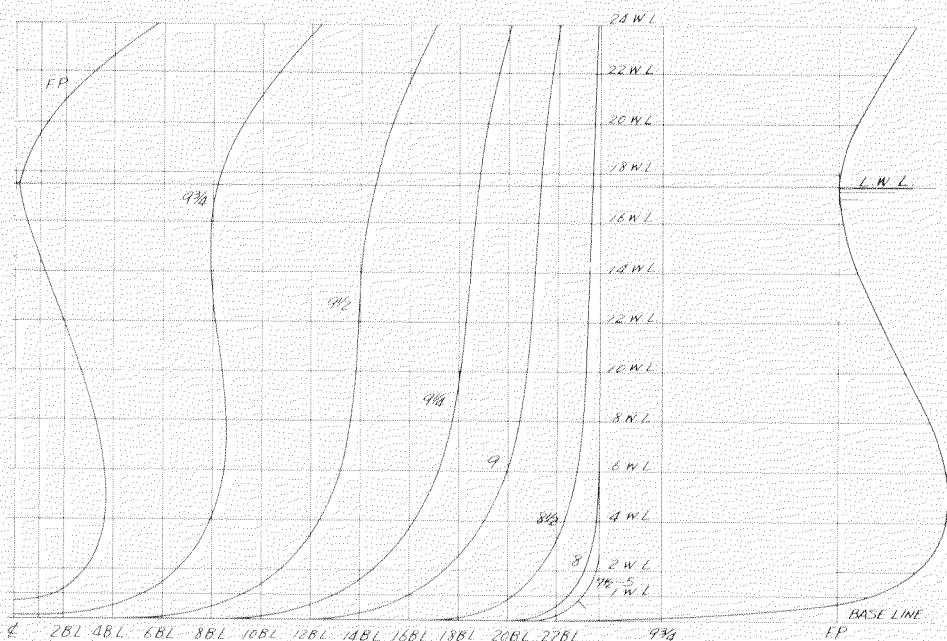


Fig. 3.6.1.1 模型船前半部線図

Table 3.6.2.1 翼車式流速計の概要

プロペラ 直 径	14 mm	翼 数	6
測定流速範囲	0.5 ~ 40	m/sec	
精 度	約 50 mm/sec	(1 秒間計数時)	
出力バルブ数	6 バルブ / 1 回転		
出力バルブ電圧	1 V 以上		
電 源	AC 100V ± 10%	50 Hz	
軸 手	シェエル		

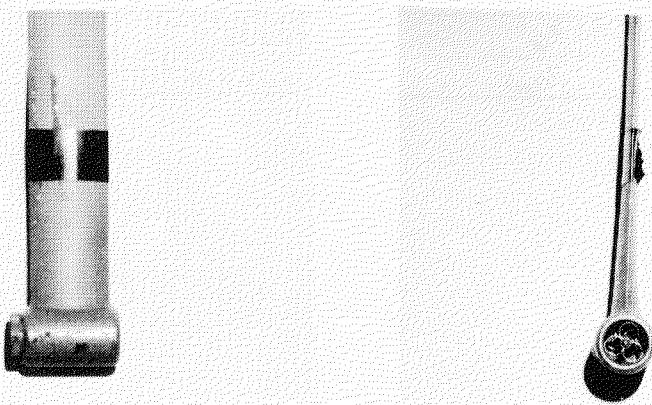


Fig. 3.6.2.1 翼車式流速計

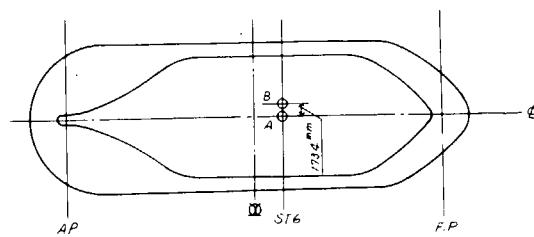
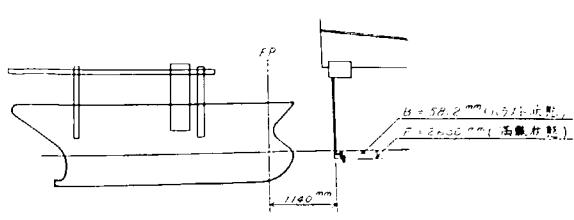
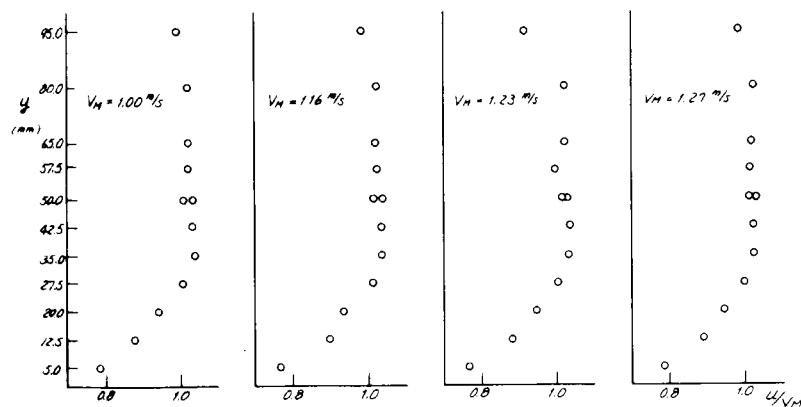
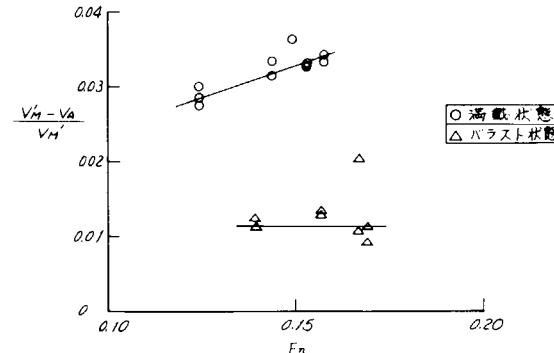
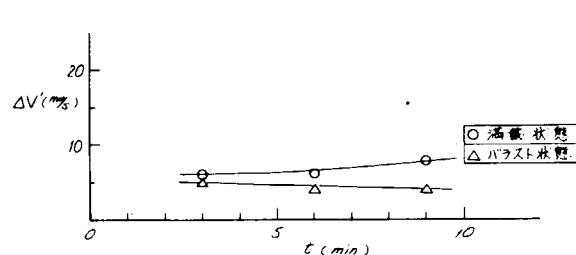


Table 3.6.3.1 ピト管検定結果

ピト管位置	A		B	
	1	1.00167	2	1.01268
ピト管番号	3	1.01268	4	1.04188
	4	1.03693		1.03643



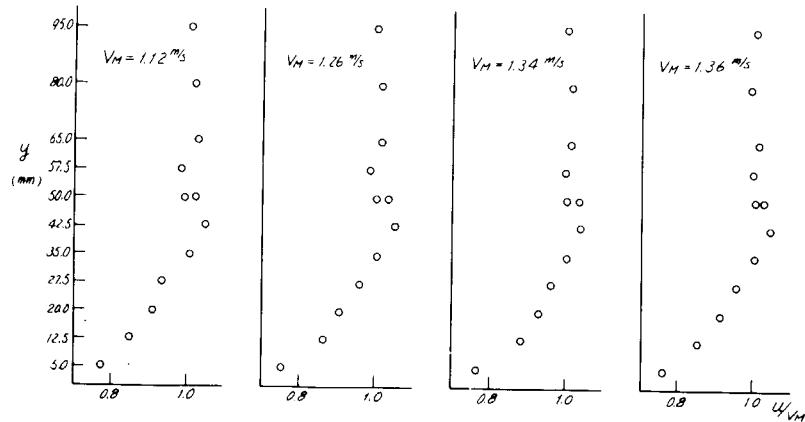


Fig. 3.6.3.4 速度分布計測結果(A位置, バラスト状態)

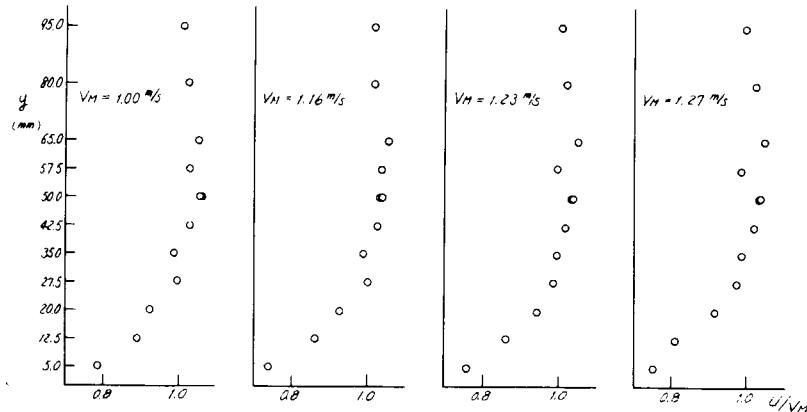


Fig. 3.6.3.5 速度分布計測結果(B位置, 満載状態)

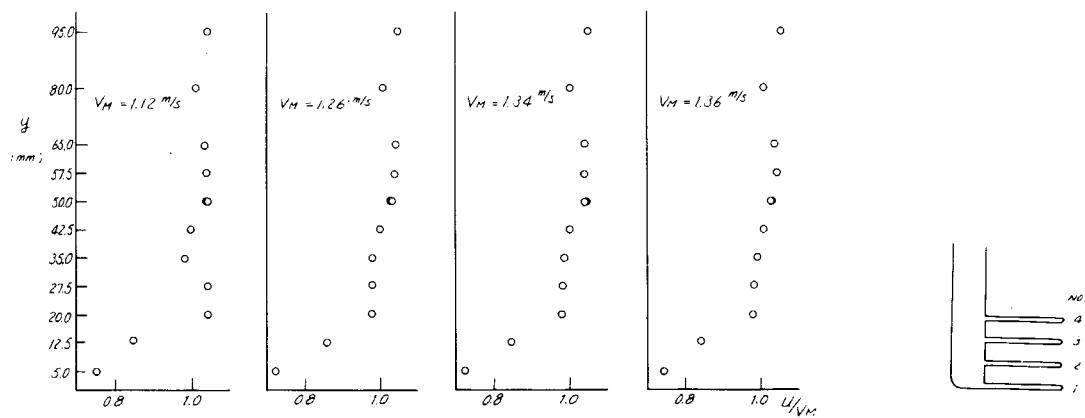


Fig. 3.6.3.6 速度分布計測結果(B位置, バラスト状態)

Fig. 3.6.3.7 ピト管概略

### 3-7 考 察

#### 3-7-1 実船と模型船の境界層の比較

実験を行つた速度範囲ではレイノルズ数変化がその大きさに比べて小さいため、境界層の厚さ  $\delta$  の変化は 4 %程度に過ぎない。従つて  $\delta$  の決定時におけるあいまいさと実験精度から考えると、実験速度範囲では  $\delta$  はほど同一として論じてよい。

さて、数多く計測された実船の境界層計測結果を無次元化して図示すると、ほとんど同一となるので模型船との比較には満載状態、バラスト状態共に主機出力 9.2 %のものゝ往航、復航を平均して代表的に用いた。

一方模型船の境界層計測結果は Fig. 3.6.3.3～3.6.3.6 及び Fig. 3.7.1.1 に示すように航走速度によつてほとんど変わること、および実験点の散布度が大きいことを考慮して Fig. 3.7.1.1 の如く 4 航走速度を重ねて書き、その平均線につき実船計測結果と比較を行つた。

比較の図は Fig. 3.7.2.2 および Fig. 3.7.2.3 である。一見してわかるることは模型船の境界層は層内を横切る二次流れや渦のための影響が目立ち、速度分布曲線の形状には凹凸がある。また Fig. 3.7.1.1 には模型船の船体中心線上の計測結果も示してあるが、これとオフ・センターの実船計測対応点とを比べると、前者の速度分布形状には二次流れなどの影響は少く、境界層厚さも船体中心線上ではオフ・センターの点よりも小さく、ほど平板のそれに等しいのに反し、実船計測対応点では二次流れや渦のため、速度分布形状は凹凸が多く、また境界層の厚さもかなり増大している。

これに対し、実船の計測結果で、この現象は目立つてはいないが、程度の差はある模様で、速度分布曲線の緩やかな波打ち、同曲線の肩部附近の計測点の散布などをこれを暗示しており、曲線形状全体も模型船のものと類似しているといえる。

境界層外端速度についていえば局部的には変動があるが今回の計測位置 (St. 6) では模型船、実船共に載貨状態にかかわらず航走速度（対水速度）の約 1.03 倍であり、昭和 45 年度における本研究部会の調査結果と一致している。

従つてこの航走速度の 1.03 倍を境界層外端速度とみなして Fig. 3.7.1.2 より境界層厚さ  $\delta$  の推定を行うと Table 3.7.1.1 のようになる。

Fig. 3.7.1.3 は境界層の速度分布のいわゆる  $1/n$  乗則検定を行つたものである。この図は対数目盛りであるため船体に近い部分が拡大されているが計測装置の影響がある部分は点線で示した。この図をみると実船計測結果の  $n$  は約 9、模型船の  $n$  は決定が困難であるがあえて定めれば 7、程度であろう。また同図は、模型船と実船の境界層速度分布の関係は、同図の  $y/L$  のスケールをほど  $C_{fs}/C_{fm}$  (実船と模型船の摩擦抵抗係数の比) で伸縮すれば合致するという従来の説が大体成立することを示している。

#### 3-7-2 対水速度計による対水速度

模型実験の結果えられた各対水速度計に対する流れに及ぼす船体の影響の修正係数を使用し、公試対地速度計測時における対水速度を算定した結果を Table 3.7.2.1 に示す。ただし、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  は修正係数で、 $C_1$  は一様流の流速（対水速度）と境界層外端流速との比、 $C_2$  は境界層外端流速と受感部位置における流速との比、 $C_3$  は対水速度とサンプリング距離における流速との比である。模型船境界

層速度分布の計測結果には船底の渦の影響と考えられる凹凸があるので、境界層厚さや  $C_1$  の正確な値を求めるににくい。 $C_2$  の値は速度分布の変形によりさらに一層推定にくくなつたので、やむをえず、測定桿最大突出量 1000 mm に相当する模型船船底からの距離として

$$1000 \text{ mm} \times (\text{模型船の摩擦抵抗係数} / \text{実船の摩擦抵抗係数}) \times (\text{模型船の長さ} / \text{実船の長さ})$$

を探り、この位置における流速と境界層外端流速との比に実船と模型船境界層の指數法則の指數の違いによる修正を加え、その逆数を  $C_2$  とした。

以上の理由により  $C_1$   $C_2$  の精度はよくないと考えられる。境界層速度分布計測結果についてさらに検討を続ける必要がある。船体中心線上に電磁式速度計測定桿を取付ければ、そこでは境界層が薄く、渦の影響も小さいので  $C_2 = 1.000$  となり、計測上非常に有利となることが予測される。 $C_3$  の精度は残流推定精度と翼車式流速計精度により決まるが、約 0.3% 程度悪くても 1% 弱で今回の  $C_1$   $C_2$  の精度よりかなり良いと考えられる。Table 3.5.3.1, 3.5.3.2 に示す対地速度から解析して求めた対水速度と Table 3.7.2.1 の対水速度計による対水速度を比較するため、各航走ごとに比をとりその全航走の平均を求めてみると、電磁式速度計による対水速度は約 2% 低く、超音波式速度計による対水速度はほぼ一致しているようである。電磁式速度計による結果が良くない原因は  $C_1$   $C_2$  の模型実験による推定が今回は難しくなつたことにあろう。「超大型船速力試運転施行方案」によれば対水速度の誤差 0.1 kn が計測上限界といわれる。電磁式速度計自体の計測精度は ± 0.03 kn 程度であるから、模型船境界層速度分布計測およびそれによる  $C_1$   $C_2$  の推定を 0.3% 程度の精度で行なうことが望まれるが、現状では不可能と考えられる。測定桿を船体中心線上に取付けるかあるいは測定桿長を増して境界層外に受感部を置く場合には修正係数の精度は向上する。しかしその場合でも 0.3% の精度は困難であるが、適当な計測法の採用により 0.5% 程度にはできると考えられる。

対水速度計による計測値を信頼する場合、模型実験結果を使用しないで、対地速度計測結果を併用して船体の流れに及ぼす影響を修正して対水速度および潮流を算定する方法が考えられる。

対地速度を  $V_G$ 、潮流を  $V_T$ 、対水速度を  $V_W$ 、電磁式速度計による計測値を  $V_E$ 、超音波式速度計による計測値を  $V_D$ 、圧力式ログによる計測値を  $V_P$  とすると

$$\begin{aligned} V_G + V_T &= V_W \\ &= C_1 C_2 V_E \\ &= C_3 V_D \\ &= C_4 V_P \quad \dots \quad (3.7.2.1) \end{aligned}$$

ただし、 $C_4$  は対水速度とピトー管総圧孔位置における流速との比とログの感度による修正係数の積である。

同一主機負荷における往復航走時の計測値を (3.7.2.1) に入れ、和をとり、往復航走時のそれぞれの計測値に針路を示す添字 225 および 45 をつけると

$$(V_{G225} + V_{G45}) + (V_{T225} + V_{T45}) = (V_{W225} + V_{W45}) \quad (3.7.2.2)$$

(3.7.2.2)において潮流の速度は往復航走により符号が逆転し、( $V_{T225} + V_{T45}$ ) の値は対地速度の和の 1/100 ~ 1/200 程度と考え無視すると

$$C_1 \quad C_2 = \frac{V_{G225} + V_{G45}}{V_{E225} + V_{E45}}$$

$$C_3 = \frac{V_{G225} + V_{G45}}{V_{D225} + V_{D45}} \quad (3.7.2.3)$$

$$C_4 = \frac{V_{G225} + V_{G45}}{V_{P225} + V_{P45}}$$

ただし、 $| (V_{G225} + V_{G45}) | \gg | (V_{T225} + V_{T45}) |$

となる。ここで、 $C_1$  は本船の場合、フルード数が小さいので、速度試運転の速度範囲内ではほぼ一定とみなすことができ、 $C_2$  は、レイノルズ数が大きいので速度による境界層厚さの変化が小さく、ほぼ一定とみなすことができるので、各主機負荷における値を平均する。

この平均の  $C_1$   $C_2$  の値を使用して (3.7.2.1) から各航走時における対水速度および潮流を算定した。

$C_3$  および  $C_4$  についても、速度試運転の速度範囲内では速度による変化が小さく、ほぼ一定とみなして、同様にして各主機負荷時における値を平均する。この平均の  $C_3$  および  $C_4$  を使用して (3.7.2.1) から各航走時における対水速度および潮流を算定した。

以上の計算結果を Table 3.7.2.2 に示す。Table 3.7.2.2 には比較のため対地速度から解析して求めた対水速度および潮流の値も記載した。

模型実験の結果では  $C_1 \approx 0.97$  であるから、 $C_1 \quad C_2 = 1.014$  および  $1.008$  の時  $C_2 \approx 1.05$  および  $1.04$  となり、一方 Table 3.7.2.1 に示す結果では  $C_2$  は約  $1.02$  で、 $C_2$  の推定方法により  $2 \sim 3\%$  の差が現われている。

$C_3$  の値については、模型実験の結果は  $C_3 = 1.010 \sim 1.013$  であつたのに対し上記の計算方法でえた値は  $1.009$  であり、この差は実験誤差または上記計算方法誤差範囲内にあると思われる。

本計算の結果と対地速度から解析して求めた結果とを比較すると、バласт状態については、風修正を行なつた値が一般に対水速度計の結果に近く、風修正を行なつた時の潮流平均値を連ねる曲線のひき方を加減すると、主機負荷  $75\%$  針路  $45^\circ$  の時を除き対水速度計の結果との違いは大体対水速度計自体の計測誤差と流場変動による僅な計測誤差の和程度に収まるようである。Table 3.7.2.2(a)に潮流曲線をひき直した場合の対水速度、潮流も記載した。しかし、満載状態においては対地速度から求めた潮流は本計算結果より大きく、良い一致がえられたとはいえない。この原因として相模湾の潮流が複雑でしかも計測地点が一定していなかつたこと、 $2 \sim 5^\circ$  の当て舵をとつたことなどが考えられる。また風修正値の方が相違が大きいので風修正法の検討を要するかも知れない。

本実船試験における各対水速度計による計測値から求めた対水速度の総合精度については、基準となる真の対水速度が不明であるから、直接検討することはできない。しかし、以上の対水速度計による対水速度をみると、各対水速度計による値の差は一般に計器自体の誤差と計測流場の変動による僅な計測誤差の和程度と思われる。

※ 註：計器自体の誤差  
 電磁式速度計  $\pm 0.03 \text{ kn}$  程度  
 超音波式速度計  $1\%$  以下  
 圧力式ログ  $\pm 0.2 \text{ kn}$  以下

### 3-7-3 改良を要する点

本実船試験および模型実験により明らかになつた各対水速度計の改良を要する点は次の通りである。

#### (1) 電磁式速度計

肥大船において、船体中心線ごく近傍以外の船底では境界層が計算による予測値よりかなり厚くなことが認められたので、精度向上のため船底境界層外に受感部を置けるよう、境界層が薄い船体中心線ごく近傍に測定桿を取付けるか、または測定桿を充分に長くしそれに併ない充分な強度剛性をもたせる必要がある。

流速変動による速度受信器指針の振れが激しく、平均値を精度よく読取るのに困難を感じることがあるので改良を要する。電磁オシログラフによるアナログ記録では $1/300$  の読み取り精度をえることが困難であるから、速度表示をデジタル化し、プリンタによりデジタル記録することにし、アナログ記録は速度変動状態を知る参考用とすることも考えられる。その場合アナログ記録用出力の応答を早くし、また変動を拡大記録できることも望まれる。

境界層厚さおよび境界層内速度分布もあわせて計測する場合は計測所要時間が長くなり、公試対地速度計測時間中、測定桿突出量を最大に維持できないことがあつた。今後類似実船試験を行なう場合は電磁式速度計2台を使用し、1台は常に境界層外端流速を計測し、1台は測定桿を昇降して速度分布を計測することが望まれる。これにより速度分布計測中の境界層外端流速が判り、また対水速度の変化の状況を知ることができ計測上有利となる。

船底外板ごく近傍における流速計測は本実船試験では外板の影響の修正に問題があり、うまく行かなかつた。この修正法の確立を要する。外板ごく近傍における計測は他の計測法を採用しなければならないとも考えられる。

#### (2) 超音波式速度計

本実船試験においては、計測可能なサンプリング距離がやや小さく、流れに及ぼす船体影響の修正係数 $C_3$ は $1.01 \sim 1.03$ 程度になつてしまつた。船体影響無修正で対水速度を計測でき、模型実験または対地速度計測を不要にするためには、サンプリング距離をより大きくしなければならない。そのためには超音波出力の増大あるいは超音波周波数の低減を要し、海面反射の影響をさけるため振動子取付け位置を充分な水深にするか、 $5^\circ$ 以内で僅に下方に傾けなければならない。傾ける場合は $1/\cos(\text{傾斜角})$ の修正を行なうことになる。

超音波式速度計の指示はFig. 3.5.3.1-10に示すようにかなり変動し、その場で平均値の読み取りが困難であつたので改良を要する。これはドップラーシフト検出を比較的短時間で行なつていて、平滑化があまりなされていないからである。この点は比較的簡単に回路改造により改良できる。またデジタル記録装置も付加されている方がよい。

設定サンプリング距離が過大で、残響レベルが低く、受信信号レベルが不足する場合、計測不能をディスプレイ装置に表示させ、さらにデジタルプリンタ出力も出さないようとするか、または計測不能を印字することが望まれる。

振動子および振動子への配線の今回の取付け方法は破損の恐れが多い。第1回公試運転前に2度も破損してしまつた。曳船、錨鎖、海中浮遊物体などとの接触、波浪衝撃等がその原因として考えられ

る。したがつてリセス内取付け、強固なカバーの取付けなど、装備方法を充分に考慮する必要がある。

以上の諸点を改良すれば、電磁式速度計および超音波式速度計の速度試運転への実用は可能であると考えられる。しかし、なお、今後さらに実船試験を行ない資料を増し、仕様、精度、取扱性、装備法などをについて検討を続けることが望まれる。

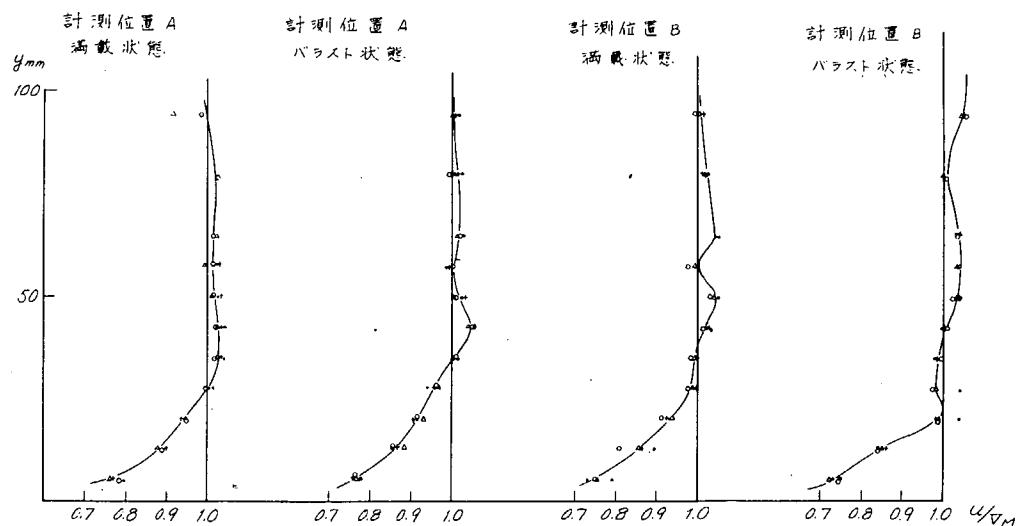


Fig. 3.7.1.1 模型船速度分布

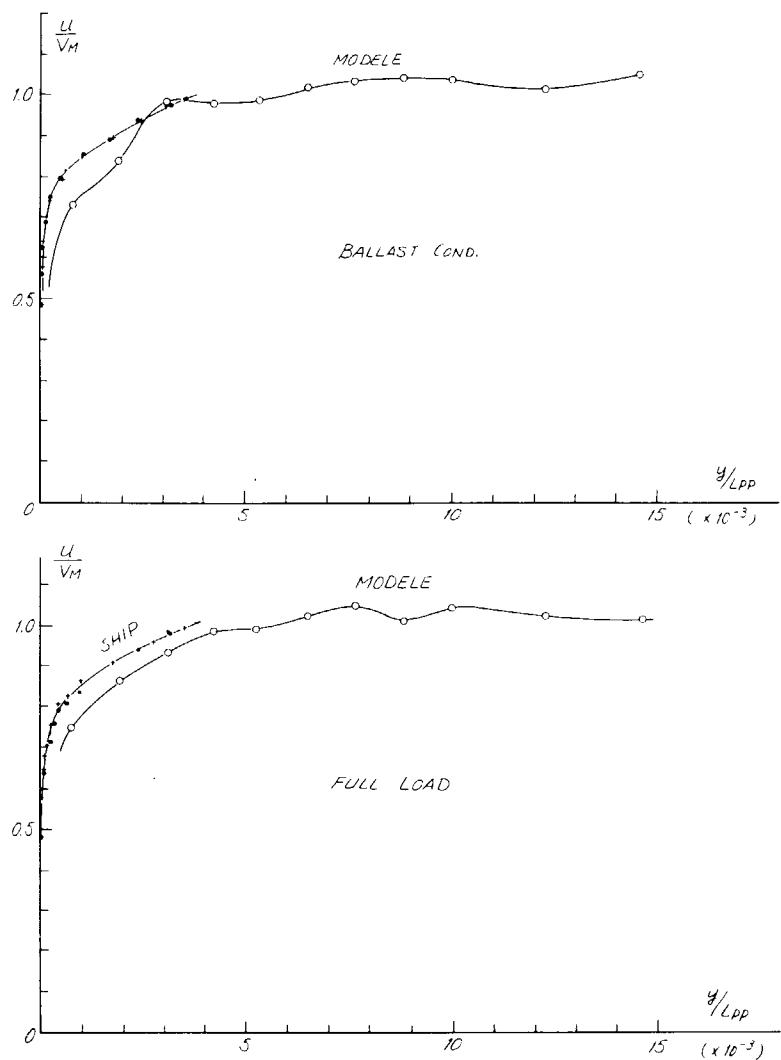


Fig. 3.7.1.2 実船と模型船の境界層の比較

Table 3.7.1.1 境界層厚さの値

載貨状態 船体中心線上 計測 点	模型船		実船		相等子板	
	模型船	実船	模型船	実船	模型船	実船
<b>満載</b>						
ホルダ	35~40mm	55~65mm	11~13m	約38mm	約0.67m	
バラスト						

\* 子板の値は  $\delta = 0.37 \cdot z \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{x}}\right)^{\frac{1}{3}}$  の式による

$$\times \times (実船のC_f) / (模型船のC_f) = 1.38 \times 10^{-3} / 3.10 \times 10^{-3} = 0.445$$

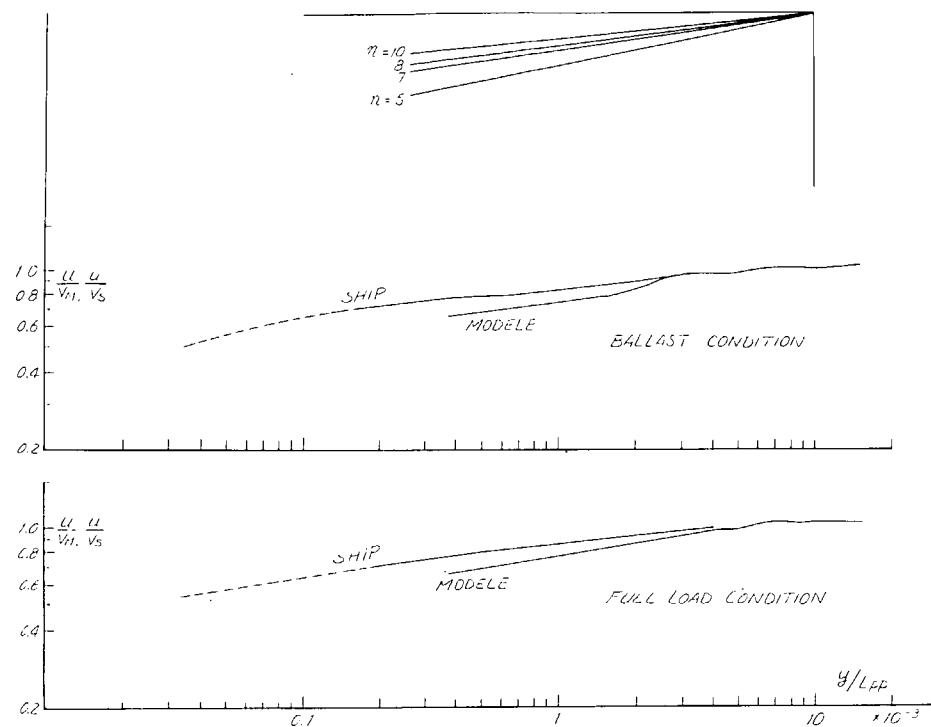


Fig. 3.7.1.3 実船と模型船の境界層の比較

Table 3.7.2.1 模型実験修正係数値使用による対水速度

載 重 率 (%)	航 速 度 (M)	航 向 角 (deg)	実船式速度計			船首波の速度計	
			C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	平均速度 (m/s)	C <sub>3</sub>	平均速度 (m/s)
ハ ラ ー	50	1/4 225	約0.47	約1.02	14.1	1.012	/
		2/4 45			14.2		
ス ト ト	75	3/4 225			16.1	1.013	16.46
		4/4 45	"	"	15.6		16.07
船 底	92	5/4 225			17.0	1.012	17.47
		6/4 45	"	"	16.4		17.18
100	7/4 225				17.5	1.010	17.82
		8/4 45			16.7		17.07
尚 載	50	1/4 225	約0.17	約1.02	12.8	1.029	/
		2/4 45			12.9		
打 底	75	3/4 225			14.8	1.032	/
		4/4 45	"	"	14.5		
船 底	92	5/4 225			15.7	1.033	/
		6/4 45	"	"	15.6		
100	7/4 225				15.9	1.033	/
		8/4 45			16.2		

$$C_1 C_2 = 0.44$$

Table 3.7.2.2(a)~(b) 対水速度, 潮流推定結果

載 貨 状 態	主 機 負 荷 (%)	針 路 (deg)	電波口フ ル名 行地速度 (kn)	対水速度 (kn)						潮流 (kn)											
				対地速度 カム			電磁式 速度計 カム	超音波式 速度計 カム	圧力式 ロフ カム	対地速度 カム			電磁式 速度計 カム	超音波式 速度計 カム	圧力式 ロフ カム						
				風 偏 正		風 偏 正				風 偏 正		風 偏 正									
				** 往復機結果 潮流測得装置	*** 潮流測得装置					** 往復機結果 潮流測得装置	*** 潮流測得装置										
バ ラ ス ト 状 態	50	225	14.586	13.566	13.936	13.386	10.45			13.47	-0.02	-0.15	-0.20	-0.14		-0.12					
		45	14.284	14.514	14.964	14.604	10.49			14.07	0.23	0.18	0.36	0.21		-0.21					
	75	225	16.786	16.386	16.406	16.266	16.53	16.00	16.58	-0.40	-0.38	-0.52	-0.26	-0.39	-0.21						
		45	15.620	16.220	16.230	16.290	15.47	16.01	15.88	0.60	0.61	0.67	0.35	0.39	0.26						
	92	225	18.119	17.369	17.339	17.289	17.39	17.42	17.49	-0.75	-0.78	-0.83	-0.73	-0.70	-0.63						
		45	16.281	17.111	17.061	17.221	16.78	17.14	17.18	0.83	0.78	0.94	0.50	0.85	0.90						
	100	225	18.534	17.824	17.894	17.554	17.90	17.80	17.79	-0.71	-0.64	-0.98	-0.59	-0.73	-0.74						
		45	16.473	16.783	16.973	17.424	17.13	17.05	17.09	0.31	0.50	0.95	0.66	0.58	0.82						
電磁式速度計修正係数 $C_1, C_2 = 1.014$ ** Table 3.5.3.1.0, 対水速度 ** 超音波式速度計修正係数 $C_3 = 1.009$ *** Table 3.5.3.1.0, 対水速度 *** 圧力式ロフ修正係数 $C_4 = 1.005$																					

載 貨 状 態	主 機 負 荷 (%)	針 路 (deg)	電波口フ ル名 行地速度 (kn)	対水速度 (kn)						潮流 (kn)											
				対地速度 カム			電磁式 速度計 カム	超音波式 速度計 カム	圧力式 ロフ カム	対地速度 カム			電磁式 速度計 カム	超音波式 速度計 カム	圧力式 ロフ カム						
				風 偏 正		風 偏 正				風 偏 正		風 偏 正									
				** 往復機結果 潮流測得装置	*** 潮流測得装置					** 往復機結果 潮流測得装置	*** 潮流測得装置										
満 載 状 態	50	225	13.301	12.401	13.071	12.99				12.90	-0.900	-0.230	-0.31		-0.40						
		45	12.610	13.381	12.922	13.16				13.01	0.963	-0.364	0.54		0.39						
	75	225	15.199	14.591	14.814	15.03				15.02	-0.608	-0.305	-0.17		-0.18						
		45	14.632	15.029	14.947	14.77				14.79	0.307	0.315	0.14		0.16						
	92	225	16.022	15.807	15.812	15.08				15.95	-0.215	-0.210	-0.04		-0.07						
		45	15.656	15.808	15.778	15.68				15.93	0.152	0.122	0.02		0.27						
	100	225	16.402	16.041	16.322	16.18				16.17	-0.361	-0.080	-0.21		-0.23						
		45	16.305	16.975	16.440	16.29				16.36	0.670	0.135	-0.02		0.05						
電磁式速度計修正係数 $C_1, C_2 = 1.008$ 圧力式ロフ修正係数 $C_4 = 1.000$ ** Table 3.5.3.6.0, 対水速度 ** *** Table 3.5.3.6.0, 対水速度 ***																					

## § 4 抵抗成分分離に関する研究

### 4-1 まえがき

模型試験の水槽試験結果から対応実船の推進性能を推定する、いわゆる模型実船間の相関 (model ship correlation) の問題は、水槽試験の結果を実用する上で最も重要な問題である。この問題については、数多くの研究がなされており、また実用的には、水槽試験結果を基礎とした実船試運転成績の解析結果から、各種の船型に対する相関係数の実績の集積が行なわれ、統計的な取扱いにより実船性能を推定する方法が確立されている。

しかし、最近の巨大船においては、模型船の船体まわりの流場が極めて複雑で、実船の状態との対応が充分につかめていないため、実船性能推定の精度が不充分であり、模型試験結果から推定した実船性能と実績とが著しく相違する場合が少なくなく、模型試験結果から実船性能推定精度向上の要求はますます強くなっている。この要求をみたすためには、従来の経験的、統計的な相関係数の資料にかわる、正しい意味をもつた相関係数を基礎とした相関の方法の開発が必要であり、その基礎として船体抵抗、自航要素に対する尺度影響 (scale effect) の正しい把握が重要な問題としてクローズアップされて来た。

船体抵抗・自航要素の尺度影響の研究には、大きさの異なる相似模型船による水槽試験が有力な手段であり、肥大船に関しても既にこのような研究が行なわれているが (4.1), (4.2)、その後、後方波形の計測による造波抵抗の実測、後方 wake survey による粘性抵抗成分の実測等抵抗成分分離計測 (4.3) の技術が発達し (4.4)、また、wave breaking resistance に関する研究 (4.5)、船尾渦による抵抗成分に関する研究 (4.6) など、肥大船の抵抗成分に関する新しい研究が行なわれてるので、これらの研究の成果を活用して抵抗成分を正しく分離計測し、その性質を明らかにすることにより、船体抵抗に関する尺度影響を更に明確にすると期待される。

また、自航要素の尺度影響についても、肥大船模型に特有の船尾流場の問題 (4.7), (4.8) 等を考慮して水槽試験およびその解析を行なうことにより、従来より更に正しい尺度影響が把握できるものと期待される。

本研究部会では、このような目的のもとに肥大船型を対象とした 4 隻の相似模型船による抵抗・自航試験、伴流計測および抵抗成分分離計測を計画し、昭和 45 年度には 2 m, 4 m および 8 m 模型船に対する各種試験を実施したが、昭和 46 年度はこれに引き続き 12 m 模型船による水槽試験およびこれら 4 隻の相似模型船の試験結果の取りまとめを行なつた。

尙、4 m 模型船については、その後、三菱重工・船型試験場で追試験を行なつたので、その結果をも含めて総合検討を行なつた。

供試船型は、16万 DWT 型鉱石運搬船で、本船型については、当部会昭和 46 年度研究として、実船における伴流計測および標準試運転が実施された。

各模型船の主要目を Table 4.1.1 に、また各模型船に対する水槽試験実施項目および水槽試験担当場所を Table 4.1.2 に示す。

## 参考文献

- (4.1) 谷口中 "Study on Scale Effect of Propulsive Performance by Use of Geosims of a Tanker."  
日本造船学会論文集 №120 (1966)
- (4.2) 横尾幸一外 "船尾形状を異にする巨大船の尺度影響について"  
日本造船学会論文集 №128 (1970)
- (4.3) 馬場栄一 "Study on Separation of Ship Resistance Components"  
日本造船学会論文集 №125 (1969)
- (4.4) 馬場栄一 "A New Component of Viscous Resistance of Ships"  
日本造船学会論文集 №125 (1969)
- (4.5) 笹島秀雄外 "肥大船尾流場と縦渦による誘導抵抗(その1)"  
日本造船学会論文集 №128 (1970)
- (4.6) 渡辺恭二 "肥大船の自航試験に現われる不安定現象について"  
日本造船学会論文集 №126 (1969)
- (4.7) 横尾幸一, 北川 "Some Scale Effect Experiments on propeller"  
Report of T.T.R.T №43 (1960)
- (4.8) 谷口中、田村欣也 "肥大船の船尾流場に関する研究"  
三菱重工技報 vol. 7, №4 July-1970

Table 4.1.1 模型船主要目表

LOAD COND.	12" MODEL		8" MODEL		4" MODEL		2" MODEL	
	FULL	BALLAST	FULL	BALLAST	FULL	BALLAST	FULL	BALLAST
$L_{pp}$ (m)	12.000		8.000		4.000		2.000	
$B$ (m)	1.17563		1.1709		0.5855		0.2927	
$d_m$ (m)	0.6755	0.2855	0.4503	0.1903	0.152	0.0951	0.1126	0.0476
TRIM (%)	0	1.99	0	1.99	0	1.99	0	1.99
$\Delta a$ (kg)	11.764.2	4.749.6	3.485.7	1.407.3	435.71	175.91	54.46	21.99
$S_a$ ( $m^2$ )	32.625	22.914	14.500	10.184	3.625	2.546	0.9063	0.6365
$C_s$	0.826	0.789	0.826	0.789	0.826	0.789	0.826	0.789
$C_p$	0.832	0.802	0.832	0.802	0.832	0.802	0.832	0.802
$C_n$	0.993	0.984	0.993	0.984	0.993	0.984	0.993	0.984
$L_{CB}$ (%)	-2.4	-3.2	-2.4	-3.2	-2.4	-3.2	-2.4	-3.2

Table 4.1.2 水槽試験実施項目および試験担当場所

試験種類	供試模型船長さ			
	12"	8"	4"	2"
抵抗試験	○	○	○	○
自航試験	○	○	○	—
アロハラ单独試験	○	○	○	—
後流計測	○	○	○	○
船尾部付流計測	○	○	○	○
自由波形計測	○	○	○	○
流線観測	—	—	○	○
試験担当場所	九州技術研究所 長崎研究所 船舶試験場	三基重五 長崎研究所 船舶試験場	広島大学 船舶試験水槽 三基重五 長崎研究所 船舶試験場	横浜大学 研究用試験水槽 三基重五 長崎研究所 船舶試験場 明石水槽

## 4-2 実船試験

水槽試験においては、相似模型船群によつて各抵抗成分に対する尺度影響が調査された。実船においては抵抗成分の分離計測まで行なうことは不可能であるが、できるだけ精確な速力試運転を実施して、相似模型船群による抵抗・自航試験に對応させ、尺度影響の研究に役立てることにした。したがつて供試船は、前年度からの抵抗成分分離試験に供せられた相似模型船の対応実船新鶴丸（日立造船株式会社因島工場建造、D W. 16万トン鉱石運搬船）で、伴流計測に供せられたものと同一船である。その主要目をTable 4.2.1に示す。

また、本船は鉱石運搬船であるために満載状態の試運転は行なわれず、バラスト状態（約40%満載排水量）のみについて実施された。それで、本船と全く同じ船体線図、主機およびプロペラを装備する姉妹船で、ただ油槽船として完成したので満載試運転を行なわれたA丸（昭和44年9月完工）の試運転資料をAPPENDIXとして添付した。

### 4-2-1 試運転状態並に諸計測

本船は伴流計測実施後入渠して、ピトー管等取付用のトラスおよび配線・配管等を取り外し、外板清掃を済ませた後に速力試運転を行なつた。試運転状態は、できるだけ抵抗成分分離試験の状態に合わせるように努めたが、完全な一致は見られなかつた。その詳細をTable 4.2.2に示す。

諸計測は、日立造船の通常の試運転施行法によつたもので、原則的には造船学会の「超大型船速力試運転施行要領」(4.9)に則つている。試運転全般にわたつて慎重に施行したが、特に入標前の助走に留意し、旋回終了後入標までの対水速度変化を、船底に装備した電磁ログによつて計測して、入標時の速度整定を確認した。対水速度変化の計測結果をFig. 4.2.1に、全般の計測値をTable 4.2.3に示す。

また本船には本部会の試運転計測用として日立造船式換算をとりつけたので、最終的にはその計測値を使用したが、本船備品としても古野電気製パルス式換算が装備されているので、同換算による計測値および主機制動馬力とを比較してTable 4.2.4に示す。両換算の指示の差は最大4%の2例があるが全体としてよく一致している。4%の差が見られる2例は、他の手掛りを制動馬力に求めるならば、SR107換算の指示はほぼ安定した値を示しているのに反して、本船換算の指示が制動馬力より著しく低いのが前記2例である。したがつてSR107換算の指示を採用したことはまず妥当なものと考えられる。

また参考用として、標柱間航走中に投板による対水速度計測も実施した。その結果はTable 4.2.3に併記したが詳細をTable 4.2.5に示す。

### 4-2-2 解析

まず、造船学会の「速度試運転成績標準解析法試案」(4.10)によつて、風および潮流に対する修正を施した。解析に使用したプロペラ単独性能曲線は、船研AU-5型プロペラ系統的試験成績から推定したもので、Fig. 4.2.2に示す。また風の順逆とトルク常数との順逆が合致せず、当日は頗る静穏であつたので、ここでは風に対する修正は省略し、プロペラ回転数-トルク常数曲線のフェアリングのみを行なつた。そのトルク常数曲線をFig. 4.2.3に、潮流曲線をFig. 4.2.4に示す。また解析表をTable 4.2.6に示す。

(4.11) 以上の方では風に対する修正に問題があつたので、あらためて田村の方法で解析を行なつた。そのトルク常数曲線をFig. 4.2.3に、潮流曲線をFig. 4.2.4にそれぞれ併記し、解析表をTable 4.2.7に示す。Fig. 4.2.4には対地速度と投板試験による対水速度との差として算出した潮流速度も記入しておいた。投板による対水速度計測値の精度の点に問題が残るが、同図に関する限り順風順潮の場合に対水速度が小さく、逆風逆潮の場合に対水速度が大きく現われる傾向が明らかで、船速に対する風の影響を無視することができないことを示唆しているように感ぜられる。したがつて、最終的には風に対する修正も施した“田村の方法”による解析結果を探ることが妥当と思われる。最終的な試運転成績をFig. 4.2.5に示す。

#### 4-2-3 $\Delta C_F$ 解析

このようにして確定した試運転成績は、相似模型船群の実尺試験の結果として評価されるべきものであるが、ここでは通常の  $\Delta C_F$  解析を行なつて、模型船と実船との相関を調べることにした。

解析の方法は、在来の資料との関連を見るために、この研究部会による特別の試験結果によることなく通常の方法に従がう方針としたが、日本造船技術センターにおける通常の船型試験においては、模型試験の状態と今回の実船試験の状態と著しく異なるので、解析に使用する模型試験の成績は、三菱重工業(株)長崎研究所船型試験場における8m模型船の試験結果によつた。プロペラの性能はFig. 4.2.2に示す推定曲線によつている。バラスト状態においては、信頼のできる解析法が確立されていないので、これまで最も広く採用されているいわゆる2次元解析法により、摩擦抵抗係数の値は Schoenherr のものを採用した。その詳細をTable 4.2.8に示す。 $\Delta C_F$  および  $1-W_s/1-W_n$  の値は、在来の実績に比して、多少大きめの感はあるが、バラスト状態の試運転実績のばらつきを考えると、まず通常の成績として差支えないものと思われる。

#### 参考文献

(4.9) 試験水槽委員会：巨大船の海上試運転施行方案の作成について

造船協会誌 No.442 昭4.1.5

(4.10) 速度試運転成績標準解析法試案

造船協会雑纂 No.262 昭19.1

(4.11) 谷口・田村：風圧抵抗修正の新しい方法について

西部造船会会報 昭3.4.8

Table 4.2.1 宇要目

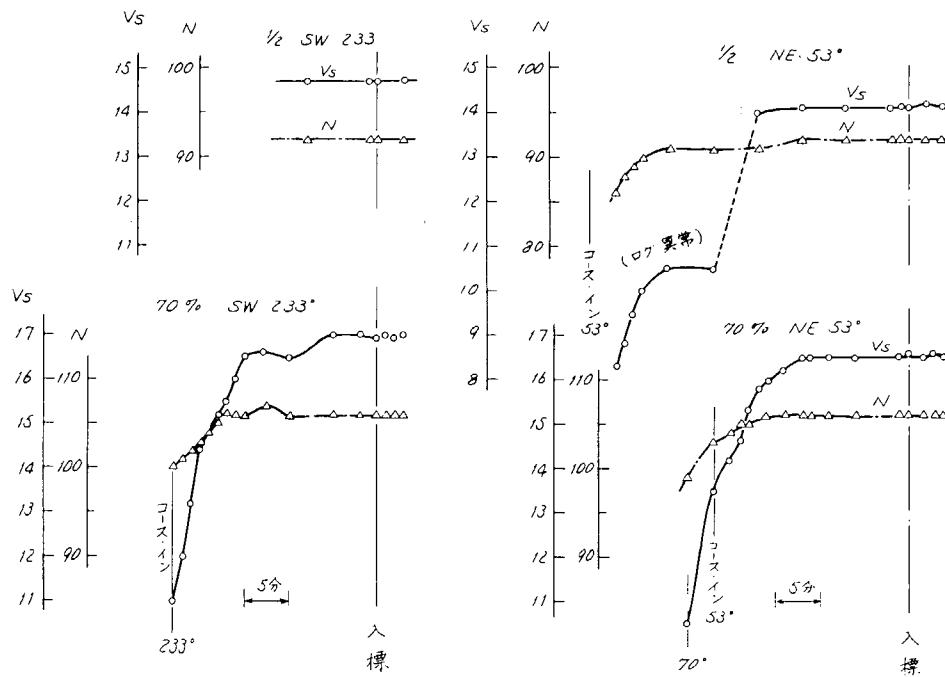
船	名	新		船	九
船	主	山下新日本汽船(株)	船	田正地船(株)	
船	體	總	長	LPP	302 m 20
船	體	(呎)	8		22 m 20
船	深	(呎)	0		24 m 20
船	船體	平	行	部	長 1400
船	比	LPP/B			0. 37
船	LPP/D				6. 233
噸	吃	水	(呎)	d	12. 0. 79
噸	重	噸	傾斜		17 m 00
噸	排水	水	容		0
噸	滿載狀態	△形	肥	容	189. 332 m <sup>3</sup>
噸	船體	半	行	體	0. 8265
噸	柱形	肥	肩	係數	0. 8320
噸	中央機械面積	載	面	係數	0. 9033
噸	噸	心	佔	(ヨリ), 距離/LPP)	3. 0. 3 %
噸	總	貨	量		92. 1. 3 ton
噸	船	音	尾	形	16. 3. 0. 1. KT
船	船	水	月	日	昭和 46 年 6 月 22 日
船	主	基	年	造	日立造船(株) 基
船	機	主	型	所	工場
船	閥	定	生	式	日本日立 W 12 K 82 EF 型ディーゼル機関
船	部	機	格	力	30. 900 PS
船	部	製	每	出	1/4 RPM
船	推	轉	分	回	船島工場
船	螺旋	距	連	軸	船尾部
螺旋	距	英	位	數	1. 基
螺旋	距	英	徑	式	一體型
螺旋	距	英	徑	徑	7 m 200
螺旋	距	英	比	比	0. 1. 1840
螺旋	距	英	部	部	0 m 980
螺旋	距	英	端	端	0 m 980
螺旋	距	比	(0.7 基準=於 4 倍)		-
螺旋	距	英	面	比	0. 6917
螺旋	距	英	面	比	0. 6495
螺旋	距	英	面	比	0. 5098
螺旋	距	英	面	比	0. 2500
螺旋	距	英	厚	比	0. 0604
螺旋	距	英	厚	比	工-ロフライル
螺旋	距	英	杉	波	9. 46. 3'
螺旋	距	英	斜	齒	上付上
螺旋	距	英	上	齒	5
螺旋	距	英	格	齒	1/2 RPM
螺旋	距	英	每	分	船首に向つて螺旋計方向
螺旋	距	英	回	軸	二ヶ所、アルミニウム製 (スチール製、アルミニウム製、チタン製)
螺旋	距	英	方	向	船島工場
螺旋	距	英	方	向	所

Table 4.2.2 試運轉狀態能

試運転の状態		年月日	約 40 % 満載 排水量
施行	港	昭和 46 年 9 月 2 日	
出港	時刻	午前 6 時 (愛媛県松山沖)	
入港	時刻	午後 8 時 ( .. .. )	
使用	桟柱	佐田岬桟柱	
水天	候	快晴	
風向及ぶ風速	度	約 7 m/s (北西 - 北東 + 1 静)	
海面状態	態	穏 (浪 5 m)	
出港	年月日	昭和 46 年 9 月 3 日	
海水温度	碇泊場	23.5°C (佐田岬沖)	
	桟柱間航路	23.5°C (佐田岬沖)	
海水比重	碇泊場	1.0213 (佐田岬沖)	
	桟柱間航路	1.0230 (佐田岬沖)	
*1 実船		*1 模型試験	
排水量	P	4 m. 40	4 m. 18.2
	A	10 m. 37	10 m. 18.2
	平均	7 m. 38.5	7 m. 18.2
水	MIDSHIP 右舷	7 m. 38	7 m. 18.2
	MIDSHIP 左舷	7 m. 52	7 m. 18.2
	平均	7 m. 45	7 m. 18.2
総積荷	鉛錠	鉛 = 5 m. 97 t	鉛 = 6.00 t
排水量	谷重量	76.295 m <sup>3</sup>	
		77.920 t	77.600 t
肥満係数	方形	C <sub>B</sub> 0.7898	
	柱形	C <sub>P</sub> 0.8022	
	中央横断面	C <sub>ax</sub> 0.9845	
浸水面	面積	13.875 m <sup>2</sup>	14.280 m <sup>2</sup>
*3 推進器軸	深度	5.6	0.781
備考		実施した	
1. 吸水計測は 9 月 1 日 佐島沖 出港時に実施した。		2. 低抵抗成分離試験の実船に対する表示。	
3.		D = 7 m. 200	I = 10 m. 37 - 4 m. 75
			= 5 m. 62

助走時 対水速度 プロペラ回転数の変化 (船橋指示計)

(1)



助走時 対水速度・プロペラ回転数の変化 (船橋指示計)

(2)

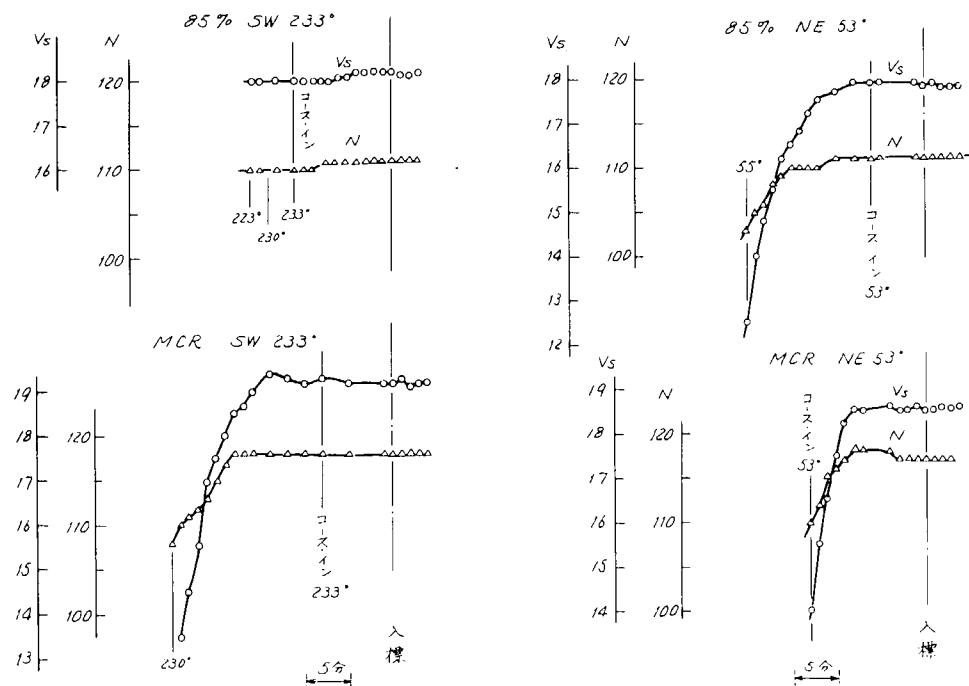


Fig. 4.2.1 (a)~(b)

Table 4.2.3 計測値

試験日 月 日 機 械 部	航走番号 及 方 向	入標時間 (h) (m)	標査間 距 離 (m) (S)	船 速 度 測			對水速度 (kt) VS	對水速度 (kt) KE	推進器 百分比數 N	馬 力 (SHP)	相 對 風 速		相 對 風 向 $\theta$			
				潮 順 逆	風 速 及 風 向	海 面 狀 態	對地速度 (kt) KE				(m/s)					
							左	右			(kt)	(m/s)				
昭和四十六年九月二日	1 SW 233°	8 - 40	4 - 02.0	順	1	順	18.33	15.2	左	94.34	左	15.170	6.0	11.66 → 75°		
	2 NE 53°	9 - 56	4 - 52.8	逆	+	逆	"	13.52	15.1	左	94.74	左	15.120	10.0	27.22 → 0°	
								14.93		左	94.50	左	15.150			
	3 SW 233°	10 - 58	3 - 34.0	順	+	順	"	18.50	17.2	左	107.40	左	22.680	5.0	9.72 → 60°	
	4 NE 53°	11 - 56	4 - 13.2	逆	+	逆	"	15.63	17.3	左	107.66	左	22.640	10.5	28.18 → 0°	
								17.07		左	107.53	左	22.660			
	5 SW 233°	12 - 50	3 - 33.2	順	+	順	"	18.57	17.0	左	112.00	左	25.610	5.0	9.72 → 50°	
	6 NE 53°	13 - 39	3 - 51.7	逆	+	逆	"	17.08	17.9	左	112.50	左	25.820	10.0	27.21 → 0°	
								17.83		左	112.25	左	25.720			
常用 85% (%)	7 SW 233°	14 - 39	3 - 37.0	逆	+	順	"	18.24	18.5	左	117.34	左	30.330	6.5	12.69 → 22°	
	8 NE 53°	15 - 19	3 - 27.8	順	+	逆	"	19.05	18.6	左	118.27	左	30.590	12.5	28.30 → 0°	
								18.65		左	117.81	左	30.460			

備考 1. SHP は日立造船式換算(電磁式)による計測値であり、機械性係数(G)と  $0.3100 \text{ kg/cm}^2$  として算出した値である。  
2. 風向風速はコンパスチャート上の右舷前端にあら高さ約10mのマスト上に取り付けられた電磁式風向風速計による計測値である。  
3. 対水速度計測は推進試験によった。(標査間距離 150m)

Table 4.2.4 馬力計測値比較表(新鶴丸)

航走番号	主機の負荷 (R.P.M.)	回転数 (R.P.M.)	SR 107 S.H.P.	本船基準 S.H.P.	B.H.P.
M1	1/2	94.34	15.170	15.300	15.230
M2	"	94.74	15.120	15.100	15.550
M3	3/4	107.40	22.680	21.700	13.350
M4	"	107.66	22.640	22.000	23.520
M5	85%	112.00	25.610	25.300	26.610
M6	"	112.50	25.820	24.700	26.950
M7	4/4	117.34	30.330	30.400	30.820
M8	"	118.27	30.590	30.550	31.230

(注)

SR 107 の換り算 ----- 日立造船式(電磁式)

本船装備の馬力計 ----- 古野重汽式(パルス式)

Table 4.2.5 投板による速力計測

		見通し距離 150.00M							
出 力		1/4	1/2	3/4		常 用	最 大		
航走方向		233°	53°	233°	53°	233°	53°	233°	
投板見通し 通過時間	1	26.2	19.4	19.4	17.2	17.0	16.4	16.2	15.8
	2	25.6	19.6	19.4	17.0	17.0	16.0	16.2	15.6
	3	25.4	19.4	19.0	17.2	17.0	16.0	16.0	15.8
	4	25.0	19.4	19.2	17.2	17.0	16.4	16.2	15.8
	5	24.6	19.2	19.0	17.0	17.0	16.0	16.2	15.6
	6	24.6	19.2	19.2	17.0	16.8	16.0	16.4	15.8
	7	24.2	19.2	19.2	16.8	16.8	16.6	16.2	15.8
	8	24.0	19.2	19.2	17.0	17.0	16.4	16.4	15.6
	9	24.2	19.2	19.4	17.0	17.0		16.0	15.8
	10	24.0	19.2	19.4	17.0	16.8		16.2	15.8
	11	24.2	19.2	19.2				16.0	
	12	23.8		19.0					
	13	24.0		19.0					
平均		24.1	19.2	19.3	17.0	16.9	16.4	16.3	15.8
排水量		12.1	15.0	15.1	17.2	17.3	17.8	17.9	18.5
標柱間航走時間		16.33	13.52	18.50	16.83	18.57	17.08	18.20	19.05
排水・航走時間の差				1.1	1.6	1.3	1.7	0.8	0.8
								0.3	0.5

(注) ↑ 標柱間 航走時

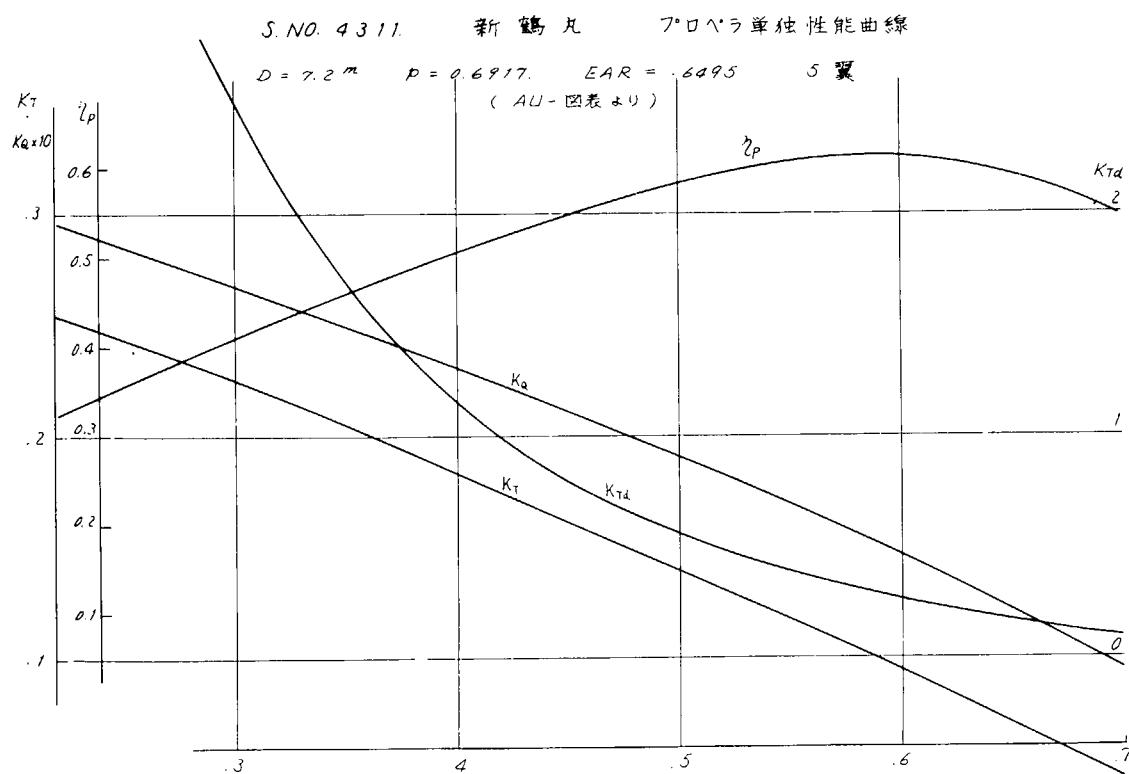


Fig. 4.2.2

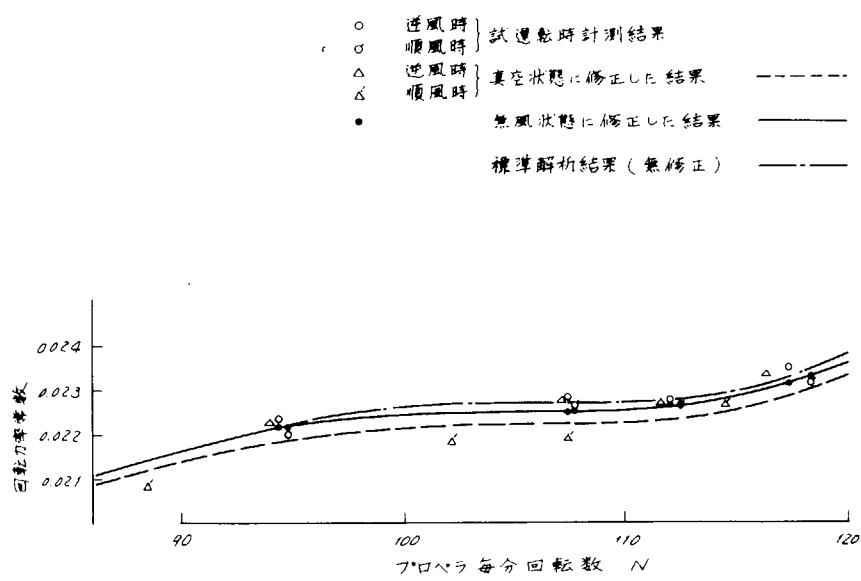


Fig. 4.2.3 ツルク常数曲線

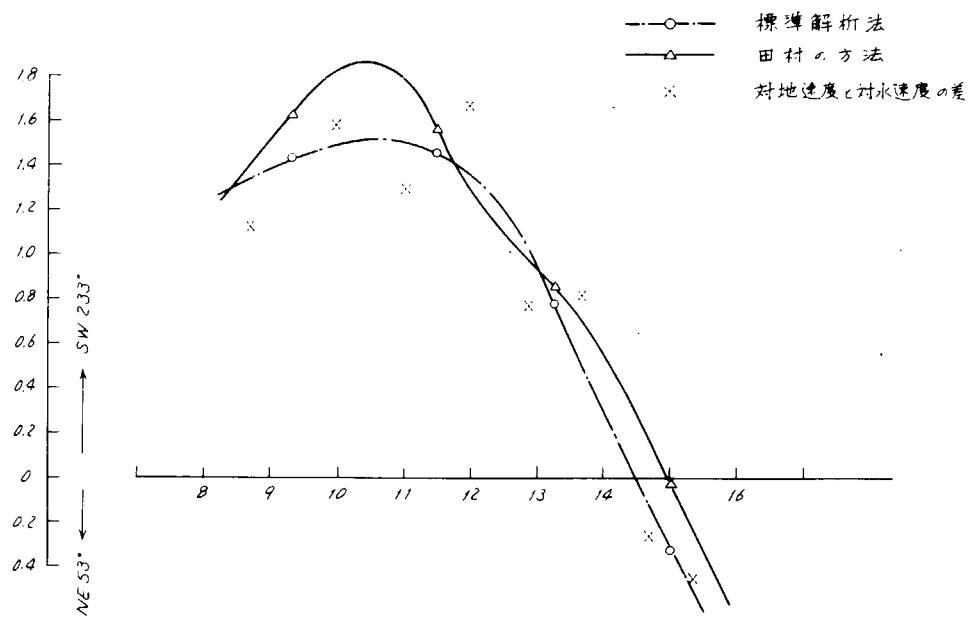


Fig. 4.2.4 潮流曲線

Table 4.2.6 解析 (新鶴丸)

主要目		$L_{pp} = 302.00m \quad B = 44.20m \quad D = 24.20m \quad \text{主機間 } 30900 \text{BHP} \times 114 \text{RPM}$							
主機の負荷		1/2		3/4		85%			
航走番号及方向	1 SW 223° 2 NE 53°	3. SW 223° 4. NE 53°	5. SW 223° 6. NE 53°	7. SW 223° 8. NE 53°					
計測値	16.33 19.52	18.50 15.63	19.57 17.08	19.74 19.05					
推進器毎回転数 N	94.34 94.74	107.40 107.66	112.00 112.50	117.34 118.27					
馬力 (SHP)	15.170 15.120	22.600 22.640	25.610 25.820	30.330 30.590					
*1 損失馬力	460 462	524 525	546 549	572 577					
伝達馬力 DHP	14.710 14.650	22.156 22.115	25.065 25.271	29.758 30.013					
$N^3 \times 10^{-6}$	0.8396 0.8504	1.2388 1.2479	1.0009 1.0238	1.6156 1.6543					
*2 回転力率常数 8	0.02234 0.02198	0.02280 0.02260	0.02275 0.02263	0.02308 0.02313					
$V_1$	0.4190 0.4285	0.4070 0.4125	0.4085 0.4125	0.3985 0.3985					
*3 $1 - W$	0.565 0.701	0.551 0.724	0.575 0.634	0.560 0.577					
$W^* \text{ mean}$	0.367	0.362	0.395	0.331					
風に対する修正	相対風速 W (kt)	17.66 27.22	9.70 28.18	9.72 27.21	12.64 24.30				
相対風向角 (度)	S 75 0	62 0	S 50 S 3	S 22 S 3					
風抵抗係数 $C_d$	0.02213 0.02217	0.02270 0.02270	0.02268 0.02270	0.02322 0.02340					
推進馬力	14.571 14.785	22.059 22.213	24.987 25.349	29.428 30.363					
潮流に対する修正	航走中間時刻	8-42.0 9-58.4	10-59.8 11-58.1	12-51.8 13-40.9	14-40.9 15-20.7				
一時航走中間時刻	9-20.2	11-29.0	13-16.4	15-00.8					
平均潮流速度	$V_{so} \times N'/N$	16.33 13.46	18.50 15.59	18.57 17.00	18.74 18.90				
各航走時	潮流速度 $V_{sc} (\text{kt})$	SW 1.44 SW 1.49	SW 1.46 SW 1.51	SW 1.79 SW 1.04	NE 0.33 SW 0.50	NE 0.12 NE 0.51			
修正結果	Y	14.99 15.01	16.89 17.00	17.53 17.58	18.36 18.54				
	N	94.34 94.74	107.40 107.66	112.00 112.50	117.34 118.27				
	DHP	15.030 15.250	22.520 22.740	25.530 25.900	30.000 30.940				
	$4/3 V_1^3 / DHP$	421.7 417.2	405.6 403.5	393.3 391.0	383.7 382.8				
備考	*1. 症格出力に於ける摩擦損失を 18% とし 次式により計算した。 症格に於ける損失馬力 .... $30900 \times 0.018 = 556$ 回転数 N に於ける損失馬力 .... $556 \times \frac{N}{114}$ 2. $\theta = \frac{Q}{f n^2 D^6}$ $= \frac{75 \times 60^3}{2\pi f D^5} \frac{DHP}{N^3} = 1.275 \frac{DHP}{N^3} \quad (D = 7.2m)$ 3. $1 - W = V_1 / V_s = \frac{D}{60 \times 0.5144} \frac{N V_1}{V_s} = 0.2333 \frac{N V_1}{V_s}$								
	4. 回転力率常数と風との順逆が合っていない。この解析では風の計測値を不適当と仮定して風に対する修正を行なっていない。								

Table 4.2.7 試運転成績解析(田村の方法)(新鶴丸)

主 電 目		LPP = 302.00 m B = 44.20 m D = 24.20 m					主機間 30.900 RPM x 114 RPM			
主機の貢献		1/2	3/4	85%	90%	4/4			機 動	
航走角度及方向		1 SW 223° 2. NE 53°	3. SW 223° 4. NE 53°	5. SW 223° 6. NE 53°	7. SW 223° 8. NE 53°					
計測	冲地速度 $V_s$ (kt)	16.33	13.57	18.50	15.63	18.57	17.00	18.24	19.05	
機	減速器毎分回数 $N$	98.34	94.74	107.60	107.66	112.00	112.50	117.34	118.27	
馬力 (SHP)		15.170	15.120	22.680	22.640	25.610	25.620	30.330	30.590	
*1 損失馬力		460	462	524	525	546	549	572	577	*1.
伝達馬力 (DHP)		16.710	14.650	22.156	22.115	25.065	25.271	29.750	30.013	走揚出力における摩耗損 を $\pm 1.0\%$ として式計算
*2 回転率 $\eta$		.02234	.02190	.02280	.02260	.02275	.02263	.02340	.02313	
前進係数 $U_1$		0.4190	0.4285	0.4070	0.4125	0.4085	0.4125	0.3995	0.3105	
*3 $1 - w$		0.565	0.701	0.551	0.726	0.575	0.634	0.560	0.577	
(1-w) mean		0.633		0.638		0.605		0.569		
相對風速 $W$ (m/s)		6.0	10.0	5.0	14.5	5.0	16.0	6.5	12.5	
相對風向 $\theta$ (度)		5.75	0	5.62	0	5.50	5.3	5.22	5.3	
風向影響係数 $K$		0.30	1.00	0.57	1.00	0.85	1.01	1.15	1.01	
風 $KW^2$		10.80	19.00	14.25	21.25	21.25	19.796	40.59	157.81	
*4 亂流度 $AR$ (%)		10.50	19.130	13.90	20.520	20.70	19.820	37.70	154.00	
計	$1 - t$	0.826		0.822		0.818		0.812		
各推進器前進速度 $V_t$ (%)		4.861		5.602		5.548		5.458		
修正 $aT$		- .00992	-1.0075	- .00094	-1.00771	- .01516	-1.0151	- .02073	-1.01737	
正 $aV_1$		0.0015	0.0505	0.0010	0.0210	0.0015	0.0195	0.0035	0.0135	
*7 $a\theta$		- .0006	- .00113	- .00005	- .00070	- .00006	- .00073	- .00013	- .00050	
真 $\theta_{01}$		.02228	.02085	.02274	.02182	.02269	.02190	.02335	.02263	
空 $aN$		-0.34	-6.27	-0.28	-5.48	-0.41	-5.06	-1.04	-3.70	
時 $N_{01}$		94.00	98.47	107.10	102.18	111.59	107.44	116.30	114.53	
$aV_0$		.02182	.02187	.02223	.02223	.02229	.02230	.02282	.02297	
$V_0$		0.50	0.11	0.63	0.61	0.53	0.38	0.80	0.19	
潮 $V_0'$		16.83	13.63	19.13	16.04	19.10	17.46	19.06	19.20	
流 $t$ 潮速時間		8-42.0	9-58.6	10-59.8	11-58.1	12-51.8	13-40.9	14-40.0	15-20.7	
瞬 $V_0 \times N/V_1$		9-20.2		11-29.0		13-16.4		15-00.8		
流 $SWA \times N/V_1$		16.83	13.57	19.13	16.00	19.10	17.38	19.04	19.09	
均 $SWA$ 平均潮速		1.630		1.565		1.860		1.025		
各 $SWA$ 各航走距離潮流		1.005	1.020	1.790	1.295	0.990	0.710	0.190	-0.235	
航 $V_0'$		15.425	15.030	17.360	17.335	18.110	18.170	18.850	19.005	
風 $W'$ (m/s)		7.935	7.948	8.920	8.910	9.315	9.347	9.697	9.777	
對 $4R' (kg)$		61.85	61.65	77.65	77.63	84.69	85.25	91.70	93.30	
轉 $aT'$		0.0581	0.0583	0.0585	0.0555	0.0620	0.0624	0.0700	0.0711	
正 $aV_1'$		0.0090	-0.0080	-0.0070	-0.0070	-0.0090	-0.0090	-0.0080	-0.0080	
(無 $a\theta'$		.00033	.00030	.00026	.00026	.00033	.00033	.00030	.00030	
風 $\theta'$		.02215	.02217	.02249	.02249	.02262	.02263	.02312	.02327	
時 $*10 DHP'$		14.585	14.785	21.855	22.007	24.922	25.271	29.302	30.195	
終 $*11 aV_0'$		-0.320	-0.292	-0.287	-0.287	-0.380	-0.381	-0.361	-0.314	
結果 $V_5$		15.11	15.16	17.05	17.05	17.73	17.77	18.49	18.64	
$N$		98.34	94.74	107.60	107.66	112.00	112.50	117.34	118.27	
$SHP'$		15.050	15.250	22.380	22.530	25.470	25.620	29.870	30.770	
$Cadm.$		431.0	429.8	613.7	610.0	607.9	606.0	593.5	591.3	

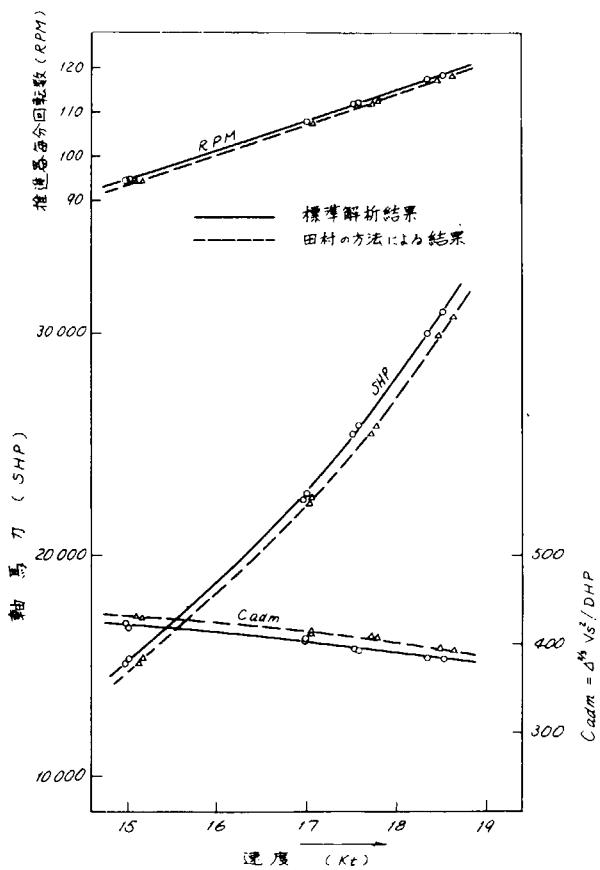


Fig. 4.2.5 試運転成績

Table 4.2.8  $\Delta C_F$  解析

出力	$1/2$		$3/4$		$85\%$		MCR		
$V_s$ (kN)	15.11	15.16	17.05	17.05	17.73	17.74	18.49	18.64	
N	94.34	94.74	107.40	107.66	112.00	112.50	117.34	118.27	
DHP	14.585	14.785	21.855	22.007	24.922	25.271	29.302	30.195	
* <sup>1</sup> FN	0.1429	0.1433	0.1612	0.1612	0.1676	0.1682	0.1748	0.1763	
$R_N \times 10^{-9}$	2.409	2.417	2.718	2.718	2.827	2.836	2.948	2.972	
$N^3 \times 10^{-6}$	0.8396	0.8504	1.2388	1.2478	1.4049	1.4238	1.6156	1.6543	
$\gamma_R$	1.015	1.016	1.021	1.021	1.024	1.024	1.028	1.029	
* <sup>2</sup> $K_{Q0}$	0.2248	0.2252	0.2245	0.2245	0.2316	0.2317	0.2376	0.2394	
J	0.416	0.415	0.404	0.404	0.398	0.398	0.383	0.379	
* <sup>3</sup> $1-W_S$	0.606	0.605	0.594	0.595	0.587	0.587	0.567	0.561	
$1-W_M$	0.405	0.405	0.405	0.405	0.407	0.407	0.410	0.411	
$1-W_S/1-W_M$	1.496	1.494	1.467	1.469	1.442	1.442	1.383	1.365	
同上平均	1.495		1.468		1.442		1.374		
K <sub>T</sub>	0.1762	0.1772	0.1820	0.1820	0.1845	0.1845	0.1912	0.1925	
$N^2$	89.00	89.76	115.35	115.68	125.44	126.56	137.68	139.87	
$1-t$	0.822	0.822	0.820	0.820	0.823	0.823	0.823	0.823	
EHP	10420	10600	15700	15745	18070	18290	21430	22100	
$V_s^3$	3450	3484	4956	4956	5573	5630	6321	6476	
$C_T \times 10^3$	2.296	2.314	2.408	2.415	2.465	2.470	2.577	2.594	
Slope Factor	$C_T \times 10^3$	0.964	0.965	1.057	1.057	1.103	1.106	1.170	1.184
	$C_F \times 10^3$	1.332	1.349	1.351	1.358	1.362	1.364	1.407	1.410
	$C_{FO} \times 10^3$	1.377	1.376	1.358	1.358	1.352	1.351	1.345	1.345
	$\Delta C_F \times 10^3$	-0.045	-0.027	-0.007	0	0.010	0.013	0.062	0.065
備考	(1) $FN = \sqrt{g L_{PP}}$ (長崎水槽の試験結果表示による)								
	(2) $K_Q = 1.274 \times \frac{DHP}{N^3}$								
	$K_{Q0} = K_Q \times \gamma_R$								
	(3) $V_t = 0.2333 \times N J$								
	$1-W_S = V_t/V_s$								
考	(4) $EHP = 0.5351 \times V_s N^2 (1-t) K_T$								
	(5) $C_T = 0.7602 \times \frac{EHP}{V_s^3} \times 10^{-3}$								
水温 = 23.5°C									
$V = 0.9741 \times 10^{-6} m^3/s$									

## APPENDIX

## A 九 試運転成績解析

Table APP-1 試運転状態

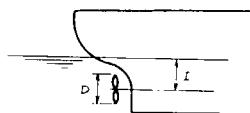
試運転の種類		滿載状態	バラスト状態
施行年月日		昭和44年9月4日	昭和44年9月5日
出港時刻			
帰港時刻			
出港年月日			
使用標柱 水深		日1御岬沖 (電波計測) 100 m	
天候		晴	晴
風速 (ビューフォート風速)		4 ~ 5 m (0 ~ 1)	4 ~ 5 m (0 ~ 1)
海面状態		静穏 (僅にうねりあり)	全方向
海水温度		28°C	28°C
海水比重		1.023	1.023
噴水	F P A P 平均 MS (平均)	16. 913 m 16. 885 m 16. 899 m 17. 120 m	6. 05 m 9. 89 m 7. 97 m
I-リム (範囲)		0. 028 m	3. 84 m
排水量	容積 重量	188. 622 m³ 192. 960 t	82. 076 m³ 84. 373 t
肥育係数	C <sub>B</sub> C <sub>P</sub> C <sub>M</sub>	0. 826 0. 832 0. 903	0. 780 0. 791 0. 986
浸水面積		20. 740 m²	14. 880 m²
推進器軸深度 (I/D)		1. 686	0. 714
備考		$I = 16. 39 - 0. 75$ $= 12. 14$	$I = 9. 89 - 4. 75$ $= 5. 14$
			
		D = 7. 200	

Table APP-2 計測値

試年月 主機 機種 及 方 向	航 行 方 向	入港時刻 (h) (m)	標柱間 隔 (m) (s)	觀 測	對 向 風速 (Kt)	對 向 風速 VS (Kt)	推進器 每分回轉數 N	馬 力 (BHP)	相 對 風速 (m/s)	相 對 風向 θ
44 1/4	1. 190°	2. 13	5-25.9	1 さわめく 静穏	11.045		75.50	8360	7	→ ← P. 20°
	2. 10°	3. 53	5-13.0	1 +	11.602		77.65	9060	7	→ ← S. 15°
44 1/2	3. 190°	5. 31	4-31.6	1 +	13.250		92.40	10.630	8	→ ← P. 2°
	4. 10°	6. 50	4-25.0	1 +	13.546		91.84	15.270	7	→ ← S. 15°
44 3/4	5. 190°	8. 05	3-38.0	1 +	16.518		112.05	26.700	10	→ ← P. 10°
	6. 10°	9. 35	3-41.0	1 +	16.259		111.94	26.100	10	→ ← S. 5°
44 MCR	7. 190°	10. 54	3-28.0	1 +	17.275		117.82	30.620	10	→ ← P. 10°
	8. 10°	12. 20	3-30.5	1 +	17.102		117.76	30.800	9	→ ← P. 5°
44 9/4					17.189		117.59	30.710		
	9. 190°	5. 04	3-30.3	1 +	17.141	17.30	106.26	22.520	10.5	→ ← P. 15°
44 9/5	10. 10°	6. 00	3-29.9	1 +	17.150	17.41	106.26	22.900	11.5	→ ← S. 15°
					17.146	17.36	106.26	22.715		
44 MCR	11. 190°	6. 57	3-16.3	1 +	18.343	18.36	116.96	30.600	7.5	→ ← 0°
	12. 10°	7. 51	3-17.1	1 +	18.266	18.60	117.07	30.200	12	→ ← 0°
					18.305	18.68	117.02	30.600		

Table APP-3 解析 (満載状態)

主機の負荷	1/4		1/2		NOR		MCR		
航走番号及方向	1. 190°	2. 10°	3. 190°	4. 10°	5. 190°	6. 10°	7. 190°	8. 10°	
平均速度 Vs (Kt)	11.045	11.502	13.254	13.506	16.518	16.259	17.275	17.102	
推進器毎回転数 N	75.50	77.65	92.40	91.84	112.05	111.94	117.02	117.76	
馬力 (BHP)	8350	9070	10630	15270	26700	26100	30620	30800	
*1 損失馬力	614	631	751	747	911	910	935	957	
伝達馬力 DHP	7746	8429	13879	14523	25789	25190	29665	29843	
$N^3 \times 10^{-6}$	.43037	.46919	.78889	.77463	1.4068	1.6027	1.6189	1.6330	
*2 回転率每回転数 $\eta$	.02293	.02293	.02241	.02388	.02335	.02288	.02334	.02329	
$V_1$	.405	.405	.417	.379	.394	.406	.394	.395	
*3 $1 - W$	.646	.638	.678	.599	.623	.652	.625	.634	
$W_{mean}$	.642		.639		.638		.630		
風速 修正 係数	80	.02290	.02295	.02315	.02315	.02313	.02311	.02329	.02332
航走中間時刻	2-16	3-56	5-33	6-52	8-07	9-37	10-56	12-22	
航行中間時刻	3-06		6-13		8-52		11-39		
$V_{SO} \times N^3/N$	11.045	11.183	13.254	13.630	16.518	16.274	17.275	17.055	
平均潮流速度	10°	0.69	10°	1.88	1.22	1.00°	1.10	1.00°	
各航速時 間速度Vs (Kt)	10.965	11.260	13.496	13.956	16.223	16.204	17.135	17.159	
BHP	8350	9070	10690	14830	26450	26350	30550	30850	
備 考		<p>*1. 走行出力に於ける摩擦損失を 3% とし、次式により計算した。  <math>30,900 \times 0.03 = 927</math>      <math>927 \times \eta/N = \eta/N</math> = 回転数 N の時の損失馬力      ここに <math>N = 114</math> (走行回転数)</p> <p>2. <math>B = \frac{Q}{\rho r^2 D^5} = 1,274 \times \frac{DHP}{N^3}</math></p> <p>3. <math>V_1 = 0.23328 N V_S</math>,      <math>1 - W = V_1/V_S</math></p> <p>4. 当日は極めて静穏であったので、風に対する修正は省略し <math>q</math>-曲線の調整のみを行なった。</p>							

Table APP-4 解析 (バラスト状態)

主機の負荷		NOR		MCR		$\frac{1}{2}$ (投板)
計	航走番号及方向	9. 190°	10. 13°	190°	12. 10°	13. 337°
測	対地速度 Vs (Kt)	17.141	17.150	18.343	18.266	15.25
値	推進器効率回転数 N	106.26	106.26	116.96	117.07	91.6
	馬力 (BHP)	22,530	22,900	30,600	30,200	14,880
* <sup>1</sup>	横実馬力	864	864	951	952	746
	伝達馬力 DHP	21,666	22,036	29,649	29,248	14,134
	$N^3 \times 10^{-6}$	1,1998	1,1998	1,6000	1,6045	1,7686
* <sup>2</sup>	回転力矩常数 8	12300	02340	02361	02322	02343
	$V_1$	.402	.392	.386	.396	.391
* <sup>3</sup>	$1 - w$	.581	.567	.574	.592	.548
	$w_{mean}$		.574		.583	.548
風 修正	乗風状態に に対する負荷	80	.02320	.02320	.02342	.02342
	乗風時 伝達馬力 DHP	21,846	21,846	29,418	29,500	14,134
潮 流 に 對 する 修 正	航走中間時刻	5-06	6-02	6-59	7-53	
	-即航走中間時刻		5-34		7-26	
	$V_{so} \times N'/N$	17.141	17.150	18.343	18.250	
	平均潮流速度	$10^\circ .005$		$.047 \leftarrow 190^\circ$		
	各航走時 潮流速度 $V_{sc} (Kt)$	$\rightarrow 10^\circ .019$	$190^\circ .007$	.035	.063	
修 正 結 果	Vs	17.160	17.157	18.308	18.329	15.25
	N	106.26	106.26	116.96	117.07	91.6
	BHP	22,710	22,710	30,370	30,450	14,880
		諸係数 その他 前表と同じ。				
	備					
	考					

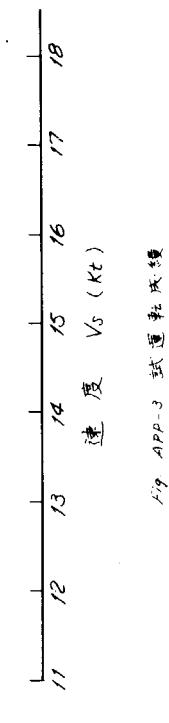
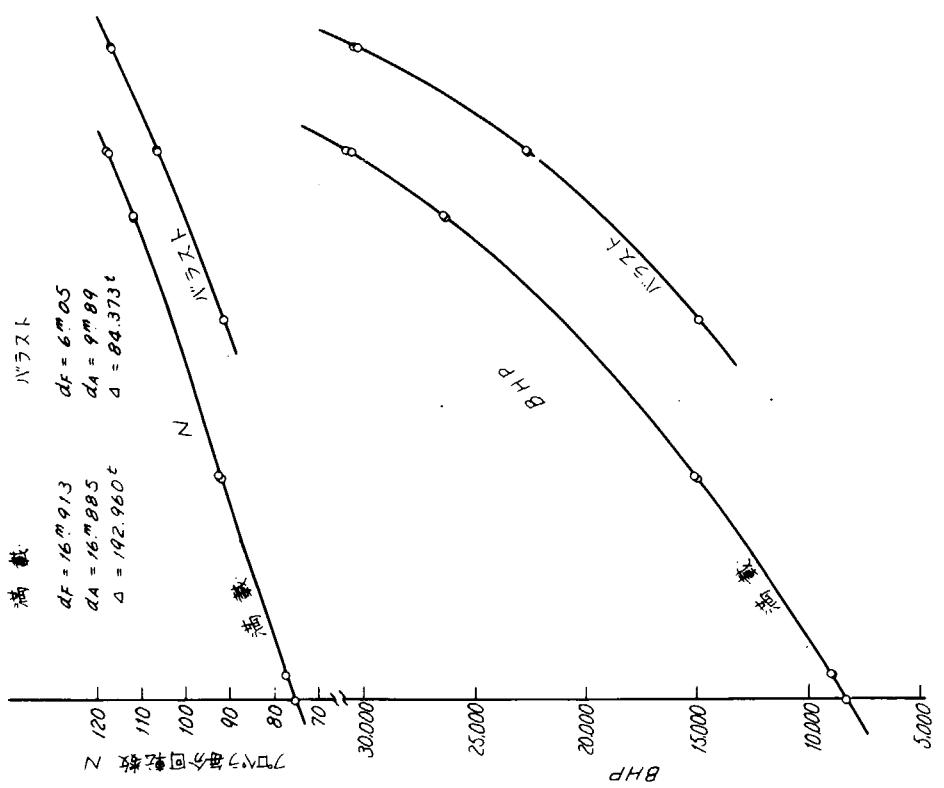
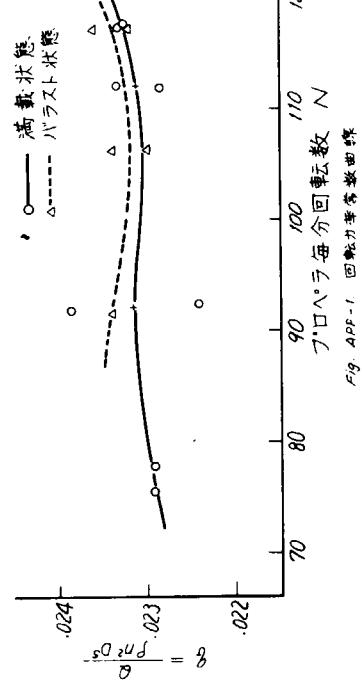


Table APP-5  $\Delta CF$  解析 (満載)

出力	$1/4$	$1/2$	$3/4$	MCR
$V_S$ (kN)	10.965	11.260	13.496	13.456
N	75.50	77.65	92.40	91.84
DHP	77.36	84.35	143.37	14.078
$F_N$	0.1026	0.1054	0.1263	0.1259
$R_N \times 10^{-9}$	1.963	2.015	2.416	2.408
$N^3 \times 10^{-6}$	0.4304	0.4682	0.7889	0.7746
$\eta_R$	1.030	1.030	1.029	1.029
$K_{Q0}$	.02359	.02364	.02382	.02382
J	0.387	0.386	0.381	0.381
$1 - W_S$	0.622	0.621	0.608	0.607
$1 - W_M$	0.425	0.425	0.430	0.430
$1 - W_S / 1 - W_M$	1.463	1.461	1.414	1.412
合上平均	1.462	1.413	1.382	1.360
$K_T$	0.1895	0.1900	0.1920	0.1920
$N^2$	5700	6030	8538	8435
$1 - t$	0.820	0.820	0.814	0.814
EHP	5197	5660	9636	9491
$V_S^3$	1318	1428	2458	2436
$C_T \times 10^3$	2.005	2.016	1.994	1.981
Schoenherr Base	$C_W \times 10^3$	0	0	0.016
	$C_F \times 10^3$	1.411	1.406	1.376
	$(1+K)G_F \times 10^3$	1.771	1.765	1.727
	$\Delta CF \times 10^3$	0.232	0.251	0.251
	合上平均	0.243	0.244	0.143
#5	(1) $K_Q = 1.274 \times \frac{DHP}{N^3}$			$L_{WL} = 308.23m$
	$K_{Q0} = K_Q \times \eta_R$			$V = 188.622 m^3$
	(2) $V_1 = 0.23328 \times NJ$			$S = 20.740 m^2$
	$1 - W_S = V_1 / V_S$			$K = 0.255$
	(3) $EHP = 0.5351 \times V_S N^2 (1-t) K_T$			$(F_N = 0.1 \text{付近で } C_W = 0 \text{とした})$
	(4) $C_T = 0.7089 \times \frac{EHP}{V_S^3} \times 10^{-3}$			$\text{水温} = 28^\circ C$
				$V = 0.8858 \times 10^{-6} m^2/s$

### 4-3 12m模型の試験

本章に述べる試験結果は、いずれも計測値そのままで、流速計の影響およびblockage effectによる修正は施されていない（なお4-4章に述べられている12m模型の試験結果にたいしては、上記の修正は施されている）。試験にあたつての一般的注意事項は、昭和46年度報告書中に記載されている試験方案に準じた。

#### 4-3-1 抵抗試験

I.T.T.C. Friction Lineに対する剩余抵抗係数 $C_f$ をフルード数 $F_n$ ベースにプロットしたもののがFig. 4.3.1に示す。抵抗試験時の曳航点はShaft Centre Lineの延長付近と規定されていて、大容量抵抗動力計は、この規定を満足しているが小容量抵抗動力計を使用した際には、曳航点は、Shaft Centre Lineよりいく分上方である。バラスト状態では、期日の関係上、大容量抵抗動力計のみを使用した。

$F_n = 0.11 \sim 0.14$ 付近の計測点のバラツキが目立つ。この原因について種々検討したが、今回の試験の際の曳引車のデジタル制御系が不調であつたことも大きな原因の一つであつたのではないかと思われる。なお、 $F_n = 0.14$ 付近のバラスト状態におけるバラツキは $0.6 \text{ mm/s}^2$ の加速度によって発生する力に相当する。

HughesのFriction Lineに対するForm Factorの値と造波抵抗係数 $C_w$ をFig. 4.3.2に示す。

抵抗時の船体浮沈量をFig. 4.3.3に示す。

#### 4-3-2 自航試験

高速領域の計測には小容量自航動力計では、容量オーバーになると考えられたので、満載状態については大容量次に小容量自航動力計を使用した。バラスト状態にたいしては期日の関係上大容量自航動力計のみを使用した。

自航試験結果から得られた $K_t$ ,  $K_p$ 及び $K_n$ をFig. 4.3.4に示す。自航試験時における点のバラツキは、抵抗試験時より少ない。

自航要素をFig. 4.3.5に示す。満載及びバラスト状態における推力減少率 $t$ は、高速領域を除いて大差ない。伴流係数 $W_m$ については、全速度領域にたいしてバラスト状態の方が大きい。プロペラ効率比 $\eta_r$ は大差なかつた。

プロペラ荷重度を変化させての試験をも行なつた。

#### 4-3-3 プロペラ単独試験

12m模型用プロペラの単独試験結果をFig. 4.3.6に示す。試験回転数は自航試験解析用の $9.55 \text{ rps}$  ( $Rek=4.51 \times 10^{-5}$  at  $J=0.3$ ) と $19.06 \text{ rps}$  ( $Rek=9.00 \times 10^{-5}$  at  $J=0.3$ ) の2種類とした。

$K_T$ については両者とも大差ないが、 $K_Q$ については、 $Rek$ の大きい方がいくぶん低い。結果的に $Rek$ の大きい場合の $\eta_r$ がいくぶん高くなっている。

12m模型試験の解析には $Rek = 4.51 \times 10^{-5}$ の特性曲線を使用した。

#### 4-3-4 後続波形計測

昭和46年度に実施された試験速度は、満載において $15K_n$ ,  $16K_n$ ,  $17K_n$  またバラストについては $16K_n$ ,  $17K_n$ ,  $18K_n$  であったが、 $15K_n$ ,  $16K_n$  では、波高の絶対値についての比較検討に耐える資料が得られなかつた。

したがつて、今回は満載において $16K_n$ ,  $17K_n$ ,  $18K_n$ ,  $19K_n$  及び $20K_n$  またバラストについては $17K_n$ ,  $18K_n$ ,  $19K_n$ ,  $20K_n$  及び $21K_n$ について計測を行なつた。

計測の方法は、Model Centre Line より $0.25L_{pp}$  離れた位置に設置した容量型波高計による Longitudinal Cut の方式で解析は、Newman-Sharma 法によつた。波形の Sampling は、毎秒 25 回、波形の原点は光電式合図マーク装置を用いている。

計測波形の例を Fig. 4.3.7 及び Fig. 4.3.8 に示す。また求められた $C_W$  の値を Table 4.3.1 に示す。

#### 4-3-5 後方Wake Survey

試験速度は、満載においては、 $16K_n$ ,  $17K_n$ , 及び $19K_n$ 、バラストについては $17K_n$ ,  $18K_n$  及び $20K_n$  である。

試験は、総圧管、静圧管を交互に総計 44 本を $25\text{mm}$  間隔に水平に配列したトラバース装置により行なつた。ただし標準ピトー管は、JIS 型ピトーであつて、水面下 $300\text{mm}$  の位置に取付けた。水槽室内の気温、水温は、できるだけその差を少くするよう配慮し、最大 $5^\circ\text{C}$ 、平均 $2 \sim 3^\circ\text{C}$  の温度差となつてゐる。水圧計測は、マノメータ方式で、水頭をそのまま感光紙に記録した。

試験結果の一例を Fig. 4.3.9 及び Fig. 4.3.10 に示す。

後続波形より得られた $C_W$  と後方Wake Survey より得られた $C_V$  とを $F_n$  ベースに Fig. 4.3.11 に示す。

#### 4-3-6 プロペラ位置のWake Survey

計測面は A P より前方 $152.3\text{mm}$  のところである。

試験状態は抵抗及び自航試験のそれと同一で、計測速度は満載状態で $16K_n$ 、バラスト状態で $17K_n$  である。

プロペラ位置における Wake Survey により、得られた Wake fraction contour curve と流向ベクトルのプロペラ面への投影ベクトルを Fig. 4.3.11 及び Fig. 4.3.12 に示す。同図中の×印は、使用した 5 孔ピトー管の計測可能範囲外の流れの状態のため計測不能となつた点を示す。また、破線の矢印は再試結果を示す。

満載状態に比べてバラスト状態の contour curve の方がやや外に広がつた形となつておらず、また、渦らしき流れの中心はバラスト状態では約 $0.8R$  また満載状態では約 $0.65R$  の円周方向に沿つて長じのびた形となつてゐる。

プロペラ面内の円周方向伴流分布を Fig. 4.3.13 に示す。満載状態の $W_n$  がバラスト状態の $W_n$  よりいく分大きいのは、満載状態の contour curve にのみあらわれている plateau type の $W = 0.6$  によるためである。

#### 4-3-7 船側Wake Survey

計測位置及び載貨状態は実船と全く対応させてある（位置については実測値より換算）。速度は 17.99 Kn である。曳航状態の場合の計測結果を Fig. 4.3.14 に、自航状態のものと Fig. 4.3.15 に示す。なお自航時のプロペラ荷重度 ( $C_T$ ) は

$$C_T = \frac{T}{\rho v^2 D^2} = 0.455$$

である。

Wake fraction contour curve については、両者ともこの計測面においてすでに plateau type の contour curve が発生しているが、曳航時の方が顕著である。また、自航時における流速は曳航時に比してかなり増速されている。YZ 面へのベクトルを比較すると、プロペラディスク内 (Fig. 4.3.14 及び Fig. 4.3.15 中には参考のためにプロペラディスクが画かれている) で shaft centre line より下の部分を除いて両者に差異は見られない。

Table 4.3.1 後続波形計測結果 (M.S. No 0137, L<sub>pp</sub> = 12 m)

Ballast Condition				
TEST NO.	V <sub>s</sub> (Knot)	V <sub>M</sub> (対水 m/sec)	F <sub>n</sub>	C <sub>w</sub> = ( $\frac{R_w}{12.95 V^2}$ )
15808	21.0	2.134	0.1968	0.000227
15809	20.0	2.031	0.1873	0.000141
15810	19.0	1.933	0.1783	0.000100
15811	18.0	1.830	0.1688	0.000040
15812	17.0	1.726	0.1592	0.000027
Full Load Condition				
TEST NO.	V <sub>s</sub> (Knot)	V <sub>M</sub> (対水 m/sec)	F <sub>n</sub>	C <sub>w</sub> = ( $\frac{R_w}{12.95 V^2}$ )
15850	16.0	1.620	0.1494	0.000039
15851	18.0	1.825	0.1683	0.000186
15852	20.0	2.023	0.1866	0.000588
15853	19.0	1.927	0.1777	0.000308
15854	17.0	1.720	0.1586	0.000082

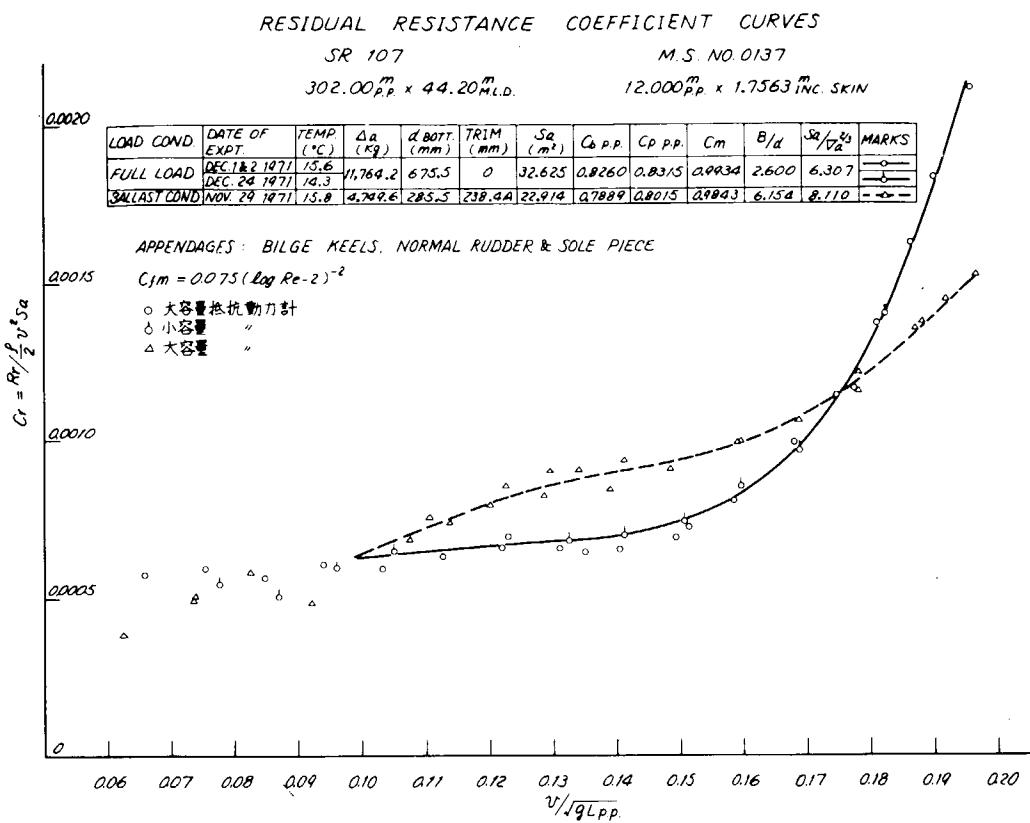


Fig. 4.3. 1

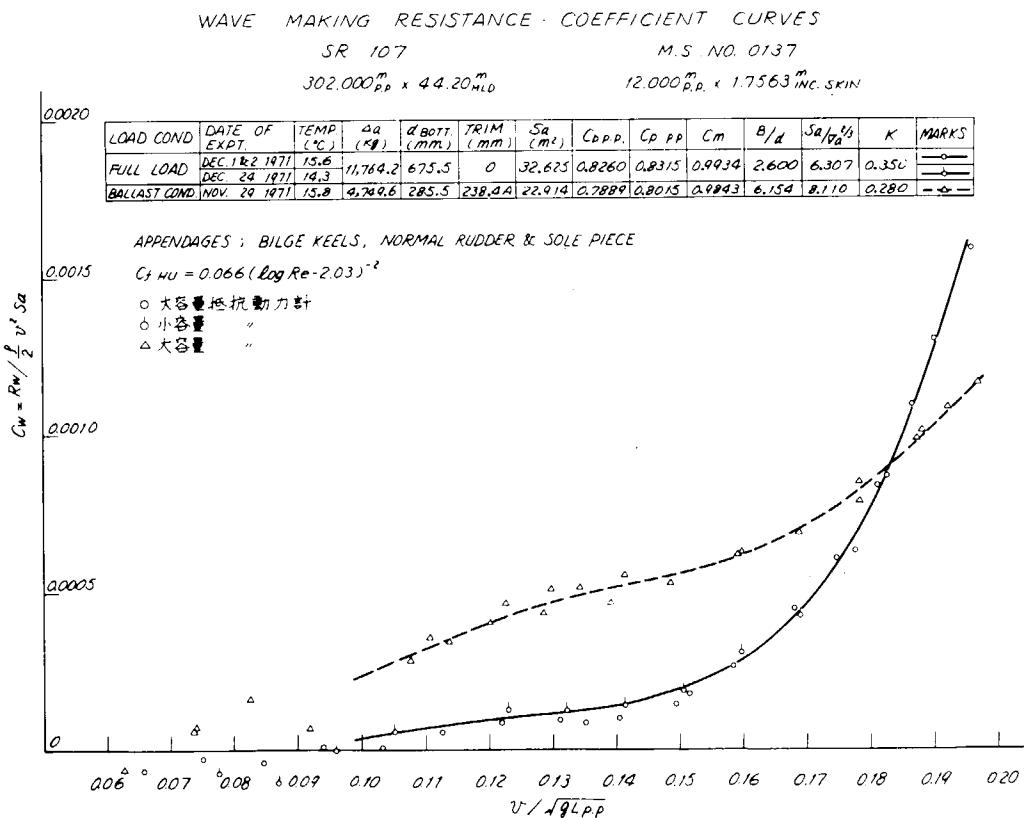


Fig. 4.3. 2

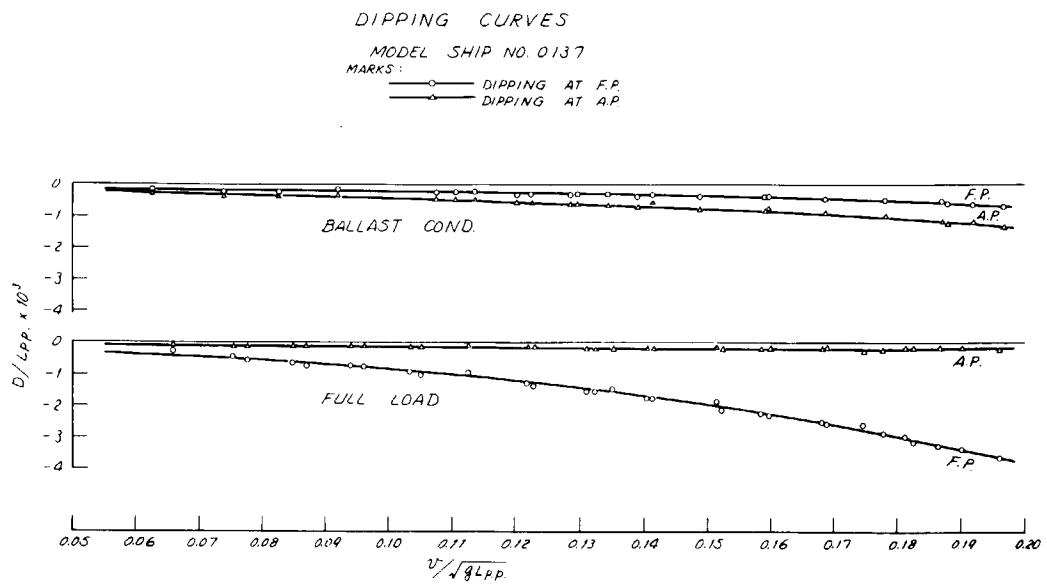


Fig. 4.3.3

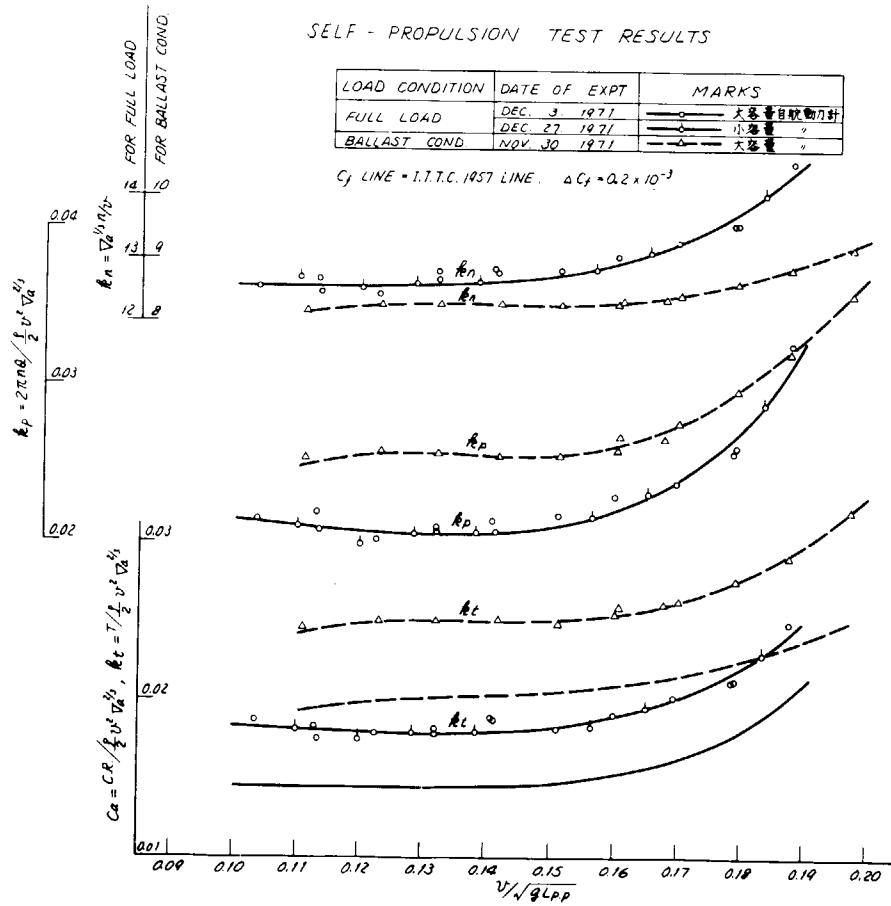


Fig. 4.3.4

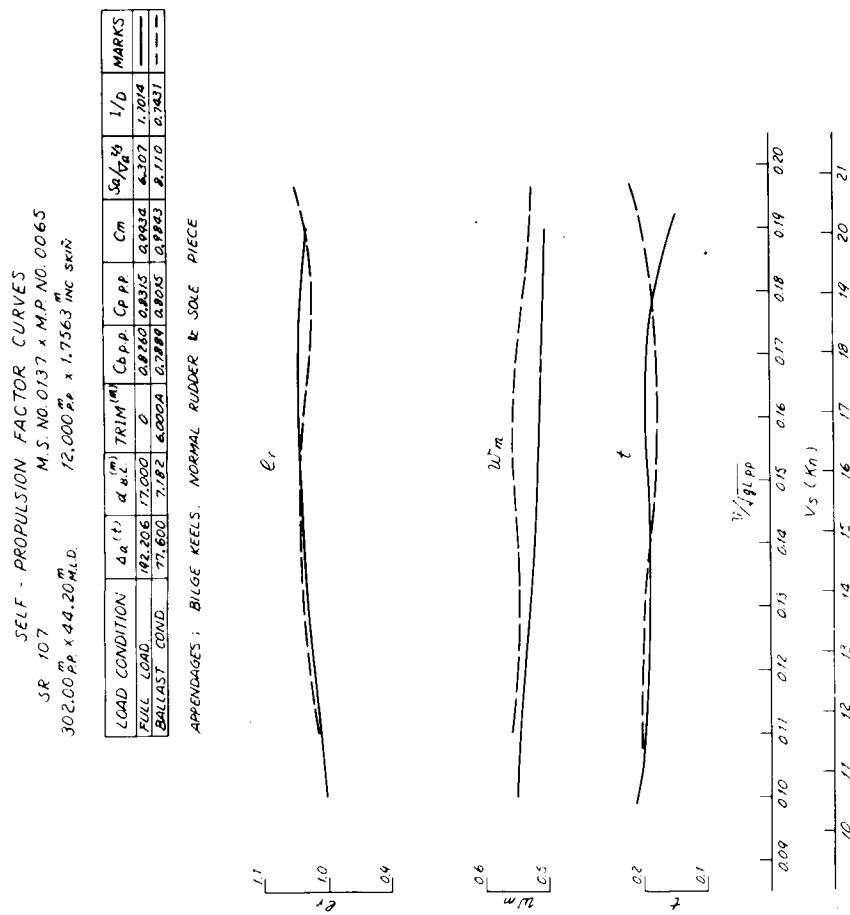


Fig. 4.3.5

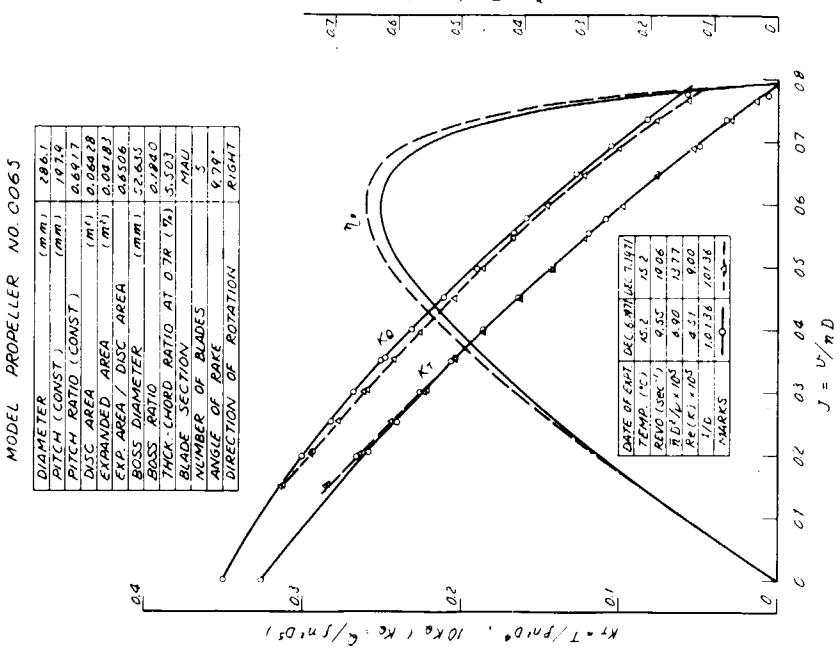


Fig. 4.3.6

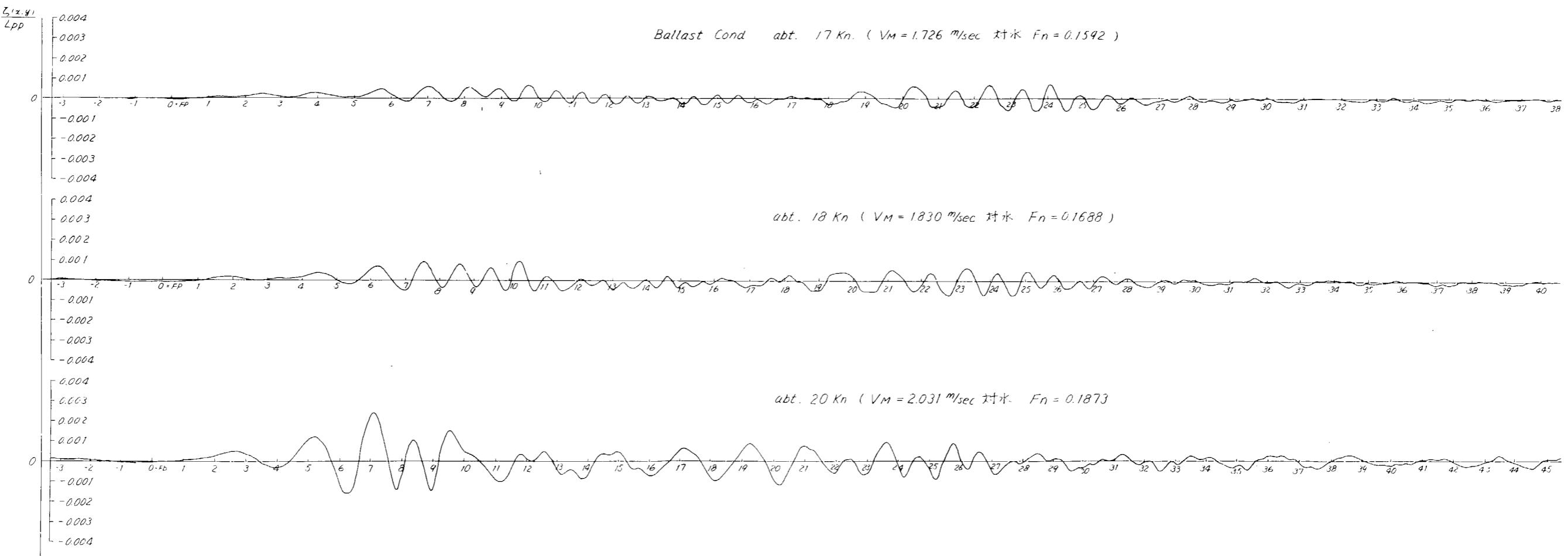


Fig. 4.3.7 Free Wave Profile (Ballast Condition)

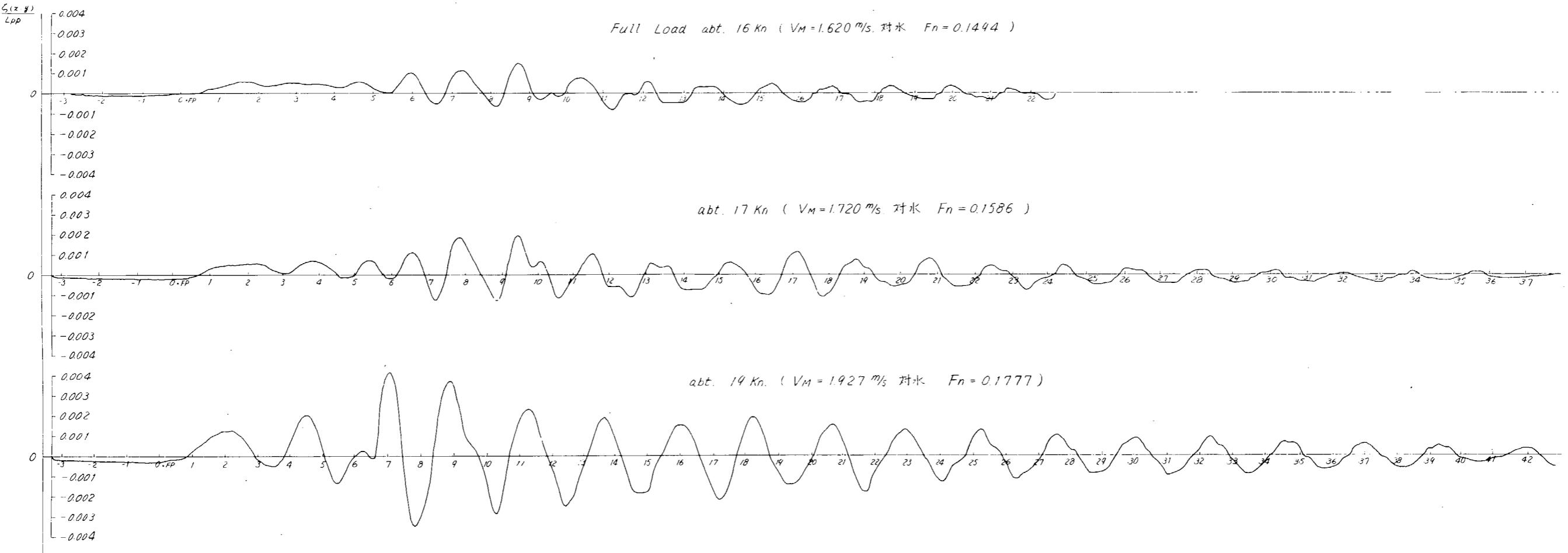


Fig. 4.3.8 Free Wave Profile (Full Load Condition)

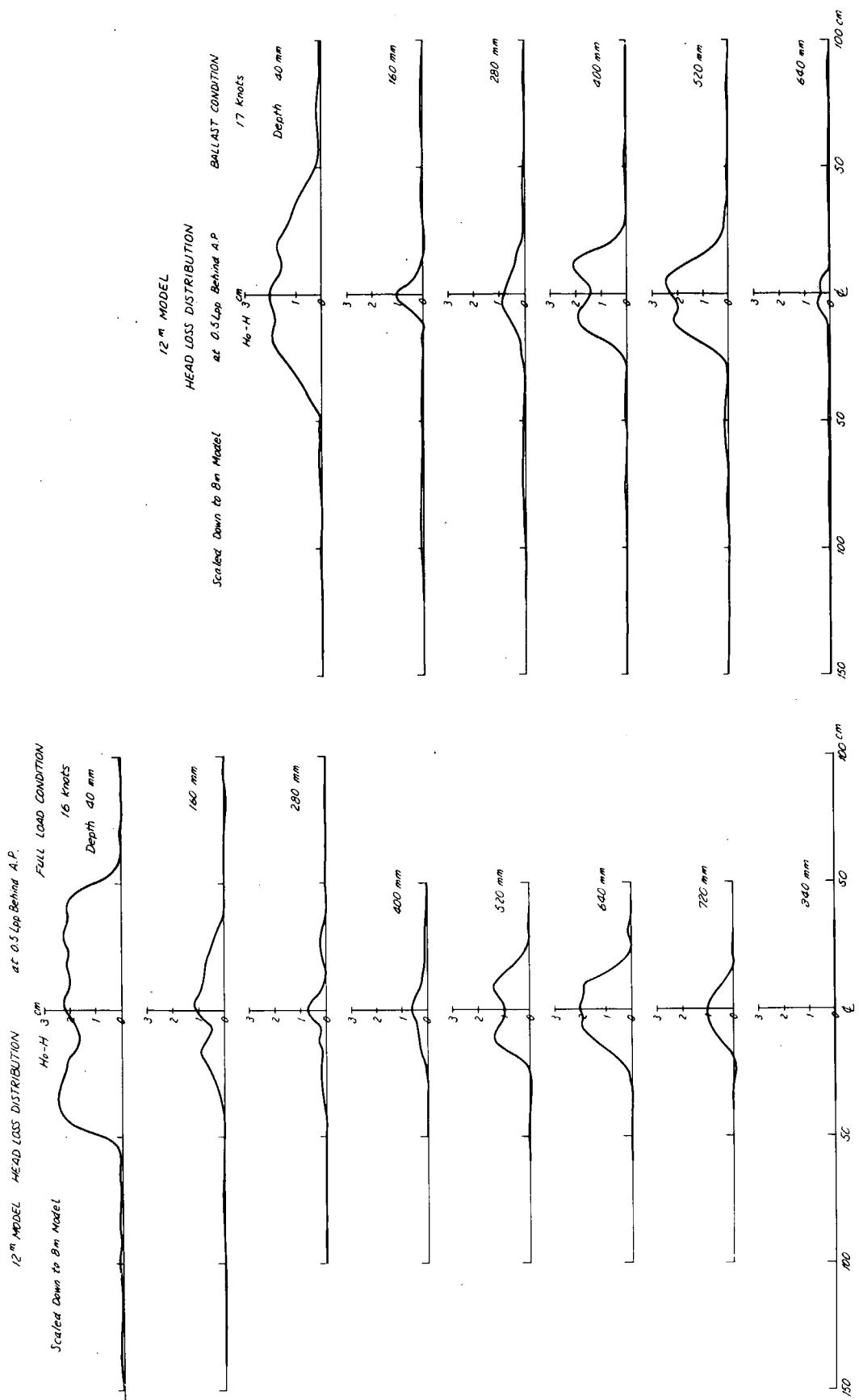
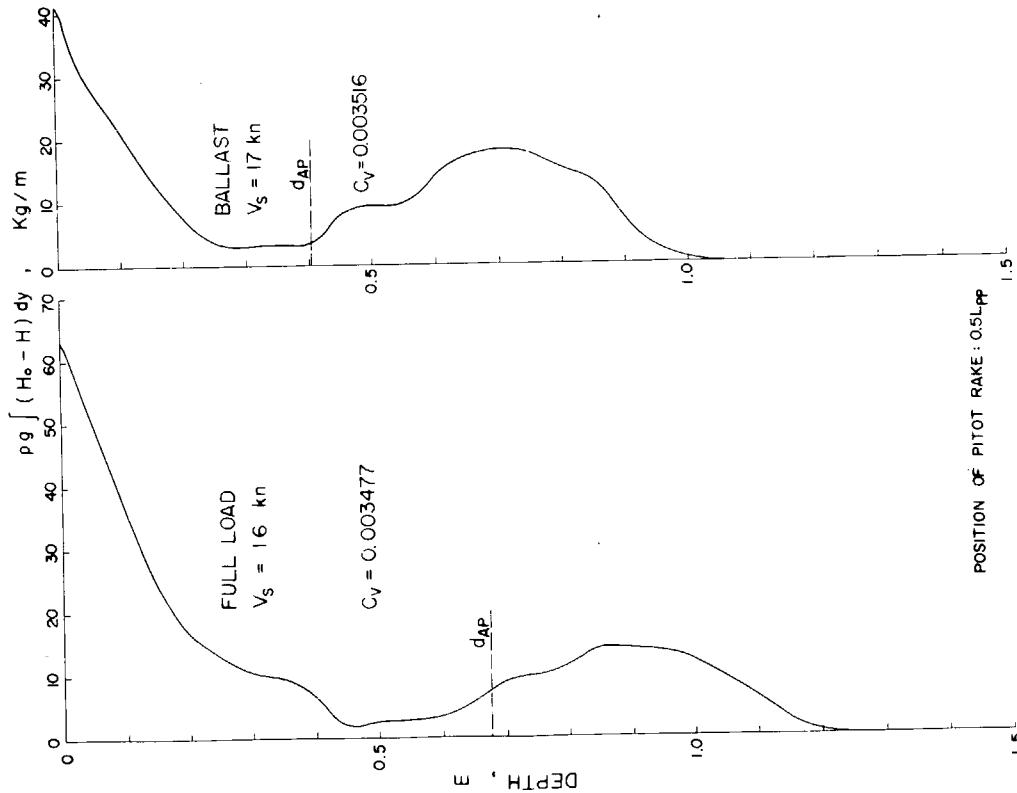


FIG. 4.3.9 (a)~(b)



-104-

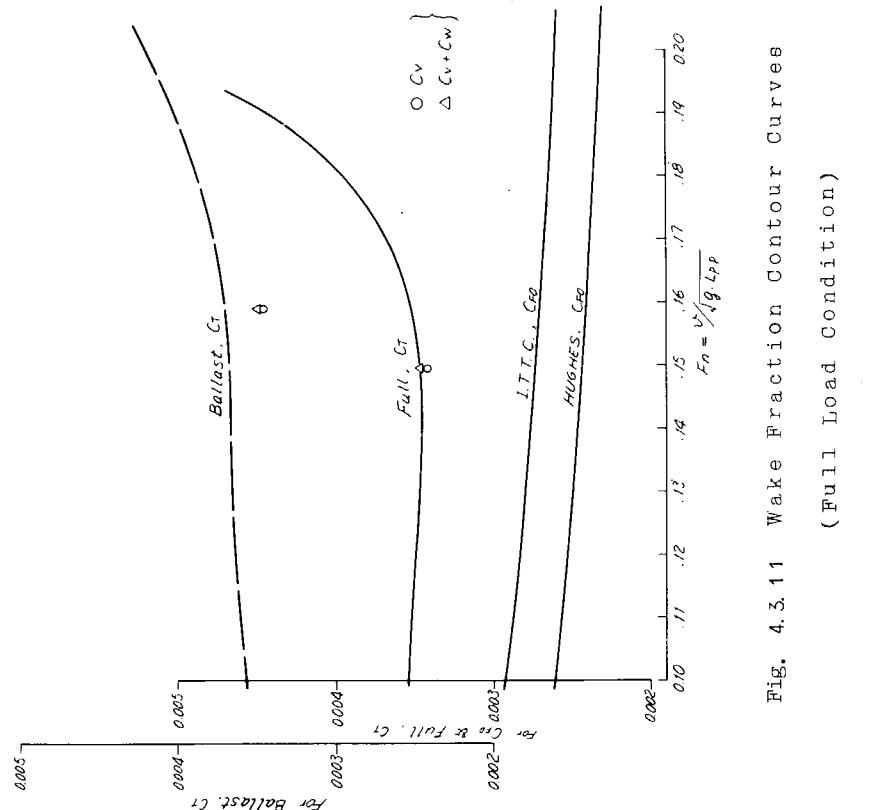


Fig. 4.3.11 Wake Fraction Contour Curves  
(Full Load Condition)

Fig. 4.3.10 12m Head Loss Distribution

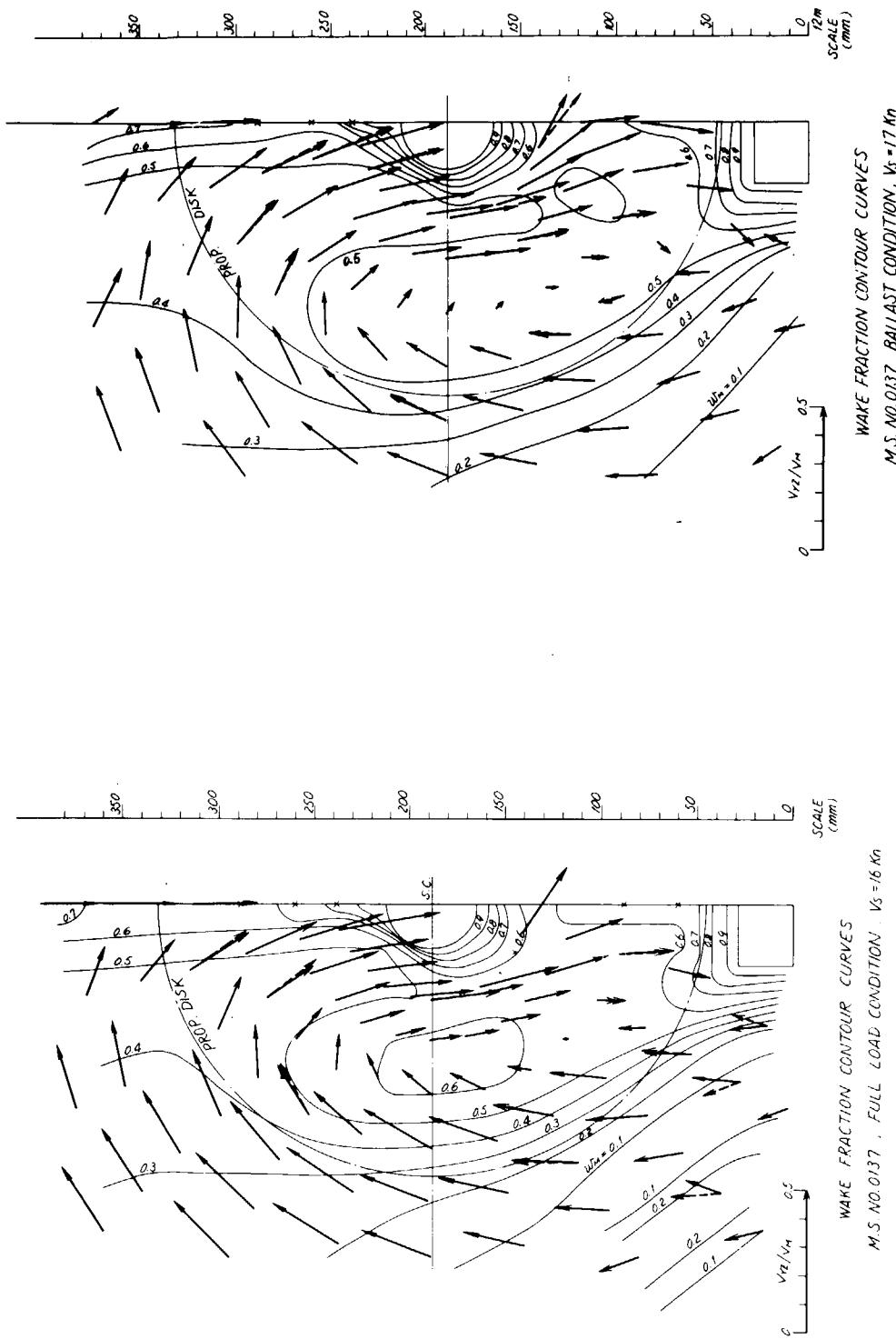


Fig. 4.3.12

Fig. 4.3.13

WAKE DISTRIBUTION IN RADIUS DIRECTION

M.S. NO. 0137

MARKS	CONDITION	$V_s$ (kn)	$F_n$	$W_H$	$W_T$
—	FULL LOAD	16.0	0.151	0.534	0.516
△	BALLAST	17.0	0.161	0.528	0.555

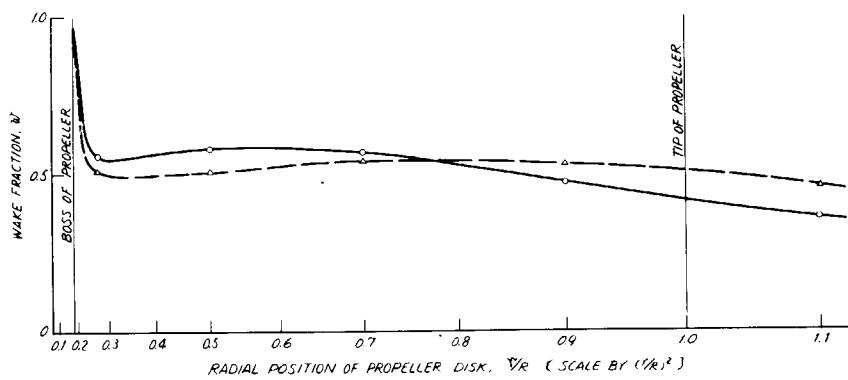
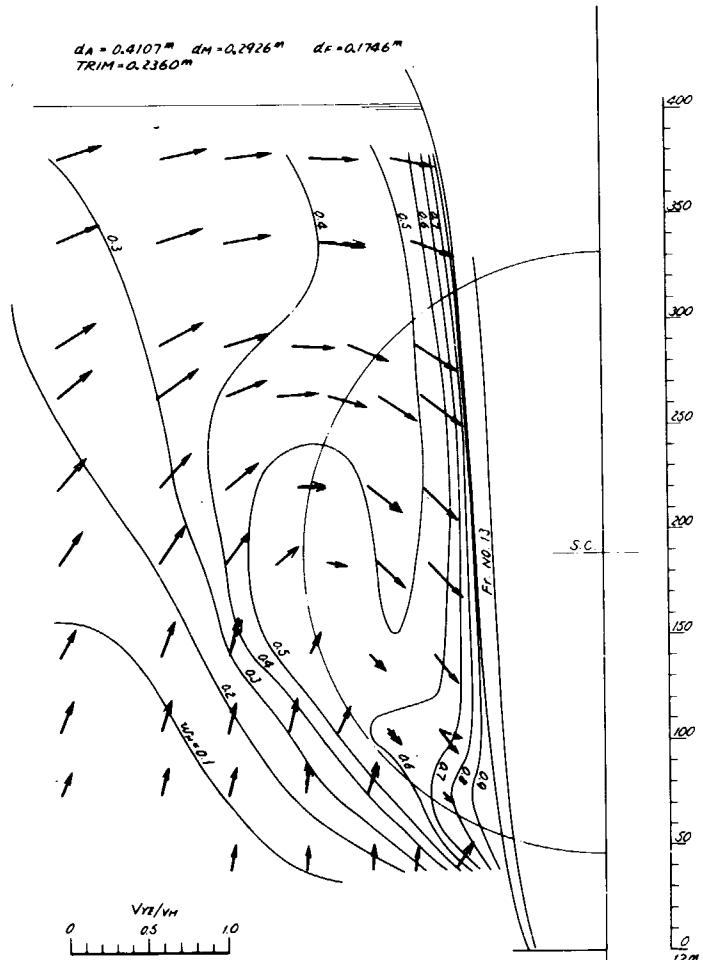


Fig. 4.3.14

$D_A = 0.4107\text{m}$   $D_M = 0.2926\text{m}$   $D_F = 0.1746\text{m}$   
TRIM = 0.2360m



WAKE FRACTION CONTOUR CURVES

M.S. NO. 0137. BALLAST CONDITION

$V_s = 17.99\text{ kn}$ . WITHOUT PROPELLER

Fig. 4.3.15

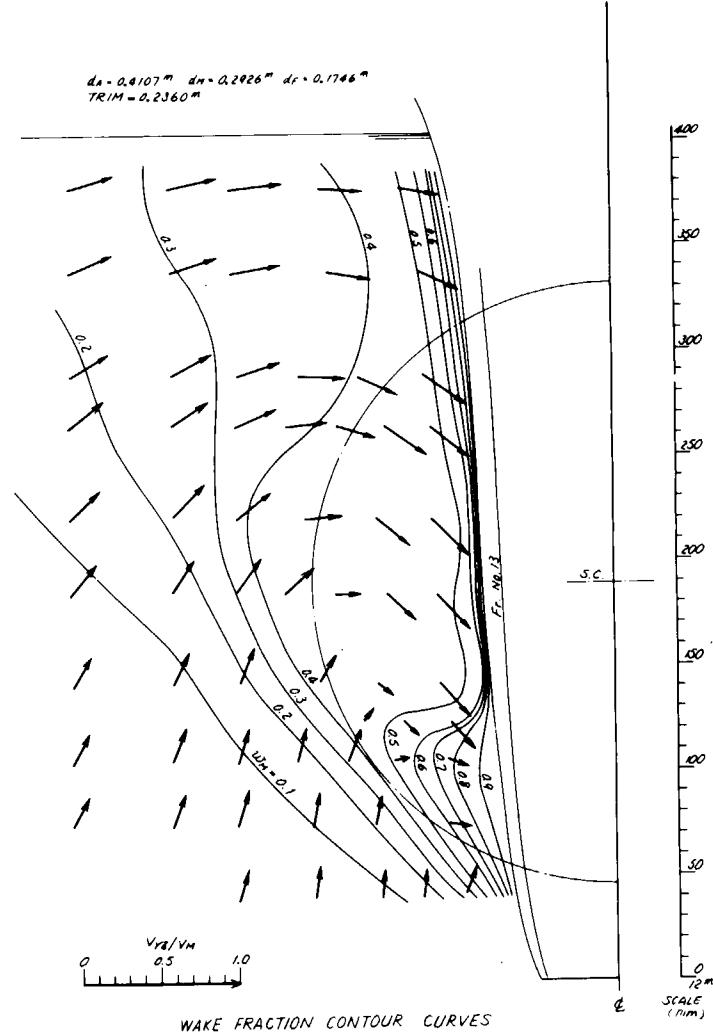


Fig. 4.3.16

#### 4-4 考 察

昭和45～46年度にわたつて実施した4隻の模型船（長さ12m, 8m, 4mおよび2m）に対する抵抗自航試験、波形計測、流場計測等の試験結果の比較、およびこれらの比較をもとにした尺度影響の検討結果を次に示す。なお、4m模型船の抵抗試験および自航試験は、広島大学工学部船型試験水槽および三菱重工・船型試験場の両水槽で実施したが、両水槽の試験結果にはかなりの差がある。広島大学の試験では、対水速度の計測を行なわず、対地速度により試験結果を解析しており、上記の差は水槽の残留カレントの影響と考えられるので、今回の総合検討には、抵抗および自航試験についてのみは、後者の試験結果を採用した。

##### 4-4-1 抵抗試験

抵抗試験結果は、谷口・田村の方法で Blockage Effect の修正を行なつた上、比較検討を行なつた。

満載状態およびバラスト状態に対する剩余抵抗係数曲線（1957 ITTC friction line 使用）の比較図を Fig. 4.4.1 に示す。

剩余抵抗係数は、満載状態では模型船の長さによる相違が大きく、殆んど全速度範囲を通じて長さが長いほど剩余抵抗係数が小さい傾向が明瞭に見られる。

一方、バラスト状態では、フルード数0.12以下の低速では満載状態と同様の傾向が見られるが、それ以上の速度では模型船の長さと剩余抵抗の値の大小との間には明瞭な関係は見られず、その値の模型船間の差も満載状態にくらべると小さい。

次に、Fig. 4.4.2 に、各模型試験の結果から Hughes の摩擦算式を使用して Hughes の方法で求めた form factor (K) の値および造波抵抗係数 ( $C_w$ ) の曲線を示す。

但し2m模型船に対しては、低速における計測値のバラツキが大きく、Hughes の方法により K を求めることができなかつたので、便宜上  $C_w$  曲線がなるべく 8m 模型船の結果と一致するよう K に適当に K の値を推定した。同図に示されている 7m 模型船の結果は、別途行なわれた 7m 相似模型船の結果（日立造船株式会社提供の資料による）である。

この結果では、満載状態では 7m と 8m 模型船の結果は、K,  $C_w$  ともに良く一致している。12m および 4m 模型船の結果はこれらにくらべ若干 K が低く、 $C_w$  が高くなっているが、比較的良い一致を示している。また 2m 模型船についても、上記の方法で求めた K の値は、7m, 8m 模型船の結果と良く合っている。

一方、バラスト状態では、2m 模型船の結果をのぞき模型船の長さが長くなるほど K の値は小さく、 $C_w$  はフルード数 0.12 以上では逆に長さが長いほど大きい傾向が明瞭に見られる。2m 模型船については、 $C_w$  曲線を 8m 模型船の値と一致させるよう K を推定して解析した結果を示しているが、Fig. 4.4.2 を見ると、上記の傾向に沿つて K をもつと大きく  $C_w$  を小さくした方が妥当であると思われる。

今回の試験のように、大きさの異なる相似模型船の抵抗試験結果から K および  $C_w$  を求める方法としては、参考文献（4.1）に示された方法がある。（本方法によつて求めた form factor 、造波抵抗係数の定義は Hughes の方法により求めた K,  $C_w$  とは異なるが便宜上 K,  $C_w$  と表示した）本方法は、 $C_w$  はフルード数のみの関数であり、K もフルード数によつては変化するがレイノルズ数に

即ち模型船の大きさ、水温によつては変化しないという仮定のもとに各模型船に共通な  $K$  および  $C_w$  をフルード数の関数として求めるものである。Fig. 4.4.3 および Fig. 4.4.4 ではこの方法により各フルード数ごとの各模型船の全抵抗係数から Hughes の摩擦抵抗係数 ( $C_{fH}$ ) をさしひいたものを  $C_{fH}$  をベースにプロットした。これらのプロットにおいて、同一フルード数に対する各模型船の値が一直線上にのつておれば、その直線の傾斜および  $C_{fH} = 0$  における値からそのフルード数に対する  $K$  および  $C_w$  の値を求めることができる。

満載状態については、Fig. 4.4.3 に示すように、低速部をのぞくと、7 m 模型船を含む 5 隻の模型船の結果は各フルード数ごとに平行な直線の上にほぼのつており、この方法で各模型船に共通な  $K$  および  $C_w$  の値を求めうることを示している。このようにして求めた  $K$ 、 $C_w$  の値を Fig. 4.4.2 の中に示した。この  $K$  の値を使用して求めた各模型船の  $C_w$  曲線は Fig. 4.4.5 に示す通り Hughes の方法で求めた  $C_w$  曲線よりも良い一致を示している。

バラスト状態については、Fig. 4.4.4 に示す通り、点のバラツキが非常に大きく、満載状態の場合のように 2 m～12 m の 4 模型船の点を通る直線をひくことができない。8 m および 12 m 模型船の結果を比較すると、低速部をのぞいてほとんど  $C_t - C_{fH}$  が一定という傾向も見られるが、一応 4 m、8 m、12 m 模型船の結果を重視して、満載状態の場合にならつて、Fig. 4.4.4 に示す通り、各フルード数に対して平行な平均線を求めてみた。この直線から求めた  $K$  および  $C_w$  の値は Fig. 4.4.2 の中に示すように、Hughes の方法で求めた値にくらべて若干  $K$  が低く  $C_w$  は大きい傾向になつてゐる。また、この方法で求めた  $K$  の値を使用して計算した各模型船の  $C_w$  曲線は Fig. 4.4.5 に示すように、2 m 模型船の結果を除けば各模型船に対する  $C_w$  曲線のバラツキは、Hughes の方法による結果よりも少ないが、ITTC-1957 line を使用した剩余抵抗係数曲線にくらべると改善が見られない。

#### 4-4-2 波形計測

模型船中心線より  $0.25 L_{pp}$  だけ離れた位置に設置した波高計により、満載状態 15, 16, 17 ノット、バラスト状態 16, 17, 18 ノットの各速度について、各模型船に対する後方波形（船の進行方向に平行な鉛直断面上の波形）を計測した。

この波形計測結果から求めた造波抵抗の値を、Fig. 4.4.2 の図中に示したが、この量は非常に小さく、実船の計画速力付近では、Hughes の方法で求めた造波抵抗に対して満載状態では  $1/10$  程度バラスト状態ではほとんど無視できる程度である。

また、満載状態 17 ノット、バラスト状態 18 ノットにおける各模型船の波形の比較を Fig. 4.4.6 に示すが、造波抵抗が小さいことに対応して波高は非常に低く、特に 2 m 模型船では波高の最大値が 1 mm 程度であり、波形の比較については充分な精度が期待できなかつた。

比較的明瞭な計測結果が得られている満載状態について各模型船の結果を比較すると、12 m および 8 m 模型船の結果は波高位相とも良く一致しているが、4 m および 2 m の模型船の結果は、波の位相が全般に前に進んでおり（その量は波長の  $20\sim25\%$ ）、また波高についても、船尾より前方位置においては一般に波高が低く、波形の一致も良くない。

4 および 2 m 模型船における位相のずれは、12 および 8 m 模型船では MT 記録であるのに反して、4 および 2 m 模型船ではビジグラフ記録を用いて解析したので、そのタイミングのズレに原因があるもの

と思われる。

当初の計画では、実船の計画速力を中心として試験速度を撰定したため、上記のように波形解析より求めた抵抗成分が非常に小さく、抵抗成分分離の研究としては物足りない資料となつたので、追試験として、各模型船につきできるだけ高速での波形計測を行なつた。追試験については未だ充分の検討を行なつていなか、Fig. 4.4.2 に 8 m および 12 m 模型船につき満載状態、18, 19, 20 ノット、バラスト状態 19, 20, 21 ノットにおける波形解析より求めた造波抵抗の値を示す。この試験速度は、対応実船に対しては過大な速度であり、実船結果との比較の点では意味がうすいが、図に示す通り、模型船の長さに応じて系統的な相違が見られ、また Hughes の方法で求めた造波抵抗の値との関係には、載貨状態の相違による相違が現われており、抵抗成分分離に関する尺度影響について、貴重な資料であると考える。なお、波形解析の方法としては、12 m 模型に対しては Newman 法、8 m 以下の模型に対しては馬場の解析法が用いられている。

#### 4-4-3 後方 wake survey

各模型船につき、AP より  $0.5 L_{pp}$  後方で進行方向に直角な平面内の総圧および静圧の計測を行なつた。

この計測結果から参考文献 (4.3) に示す方法で head loss による船体抵抗を求めたが、Fig. 4.4.7、Fig. 4.4.8 は各模型船について求めた head loss の喫水方向の分布の比較である。

head loss は模型船が小さくなるほど相対的に大きくなつてゐるが、喫水方向の分布の形状は模型船の大きさにかかわらず、満載状態、バラスト状態とも良く似た傾向をもつてゐる。即ち、head loss の喫水方向の分布は水面近傍と船底より更に深い部分との 2 個所に peak を持つておらず、伴流分布の下限は満載喫水の 2 倍程の深度におよび、且つ模型船の大きさや速度にかかわらずほぼ一定である。この下方の head loss の peak は、船尾に存在する内まわりの過流による伴流の下降によるものと考えられるが、その分布形状が模型船の大きさにかかわらず同じ傾向を持つてゐることは興味ある結果である。

これらの head loss の分布から算出した抵抗値と、波形解析から求めた抵抗値との和（実際に分離計測を行なつた速度範囲では、後者は微少であり、殆んどが head loss から求めた抵抗であるが）は、抵抗試験から求めた船体抵抗とほぼ一致する。

但し、小型模型船では、波形計測、後方流場計測とともに計測量の絶対値が微少であるため計測精度に問題があり、小型模型船による抵抗成分分離計測は現在の技術では甚だ困難である。

Fig. 4.4.9, Fig. 4.4.10 は各水深における水平方向に対する head loss の分布の比較図である。参考文献 (4.9) に示されている wave breaking resistance に對応する head loss の peak は、バラスト状態ではわずかに認められるが満載状態では殆んど認められなかつた。

#### 4-4-4 プロペラ単独試験

2 m 模型船については自航試験は行なつておらず、模型プロペラは、4 m, 8 m および 12 m 模型船用の 3 個（プロペラ直径は 9.536 mm, 19.073 mm および 28.609 mm）であるが、回転数の相違を含めて 4 種のレイノルズ数で試験したプロペラ単独試験の結果を Fig. 4.4.11 に示す。

通常の作動範囲では、レイノルズ数の増加により推力係数 ( $K_T$ ) は僅かに増加、トルク係数 ( $K_Q$ ) は逆に減少し、このためプロペラ効率 (%) はレイノルズ数の増加とともに増加しており、プロペラ特性に対する尺度影響は従来発表されている試験結果<sup>(4.1), (4.2), (4.7)</sup>と同様の傾向を示している。

#### 4-4-5 自航要素

自航試験を行なつた 1.2 m, 8 m および 4 m の 3 模型船の自航要素即ち、有効伴流係数 ( $W_m$ )、推力減少率 ( $t$ )、およびプロペラ効率比 ( $\eta_r$ ) の比較図を Fig. 4.4.1.2, Fig. 4.4.1.3 に示す。尚満載状態に対しては前述の 7 m 模型船の結果をも記入した。

プロペラ効率比 ( $\eta_r$ ) については、4 m 模型の値が小さく、模型船の大きさとともに増大する傾向も見られるが、8 m および 1.2 m 模型船の結果の比較から見て、一般に云われているように、 $\eta_r$  は模型船の大きさによつてあまり変わらないと云つてよいと思う。

一般に自航要素のうち最も尺度影響が明瞭に見られる有効伴流係数  $W_m$  については、満載状態の 4 m 模型船の場合をのぞき満載、バラストの両状態とも模型船長さに対してほぼ同じ傾斜で  $W_m$  が減少する結果が得られている。

満載状態では、バラスト状態にくらべて 4 m 模型船の  $W_m$  の増加が大きいが、プロペラ荷重変更試験の結果および  $W_m$  の値と曳航状態におけるプロペラ位置伴流計測結果 (Nominal Wake) の比較から、この載貨状態による状況の相違は、参考文献 (4.6) (4.8) 等で指摘された、肥大船の自航試験における船尾流場のタイプの相違によるものではないかと考えられる。即ち、肥大船型の自航試験時の船尾の流場については、(1) 一般的の瘦型船型の場合と同様に船尾船体まわりの固有の流場は抵抗試験の時とかわらずこれにプロペラの作動による局部的な流場が重なつた流場が現われる場合と、(2) プロペラの吸引力の影響で船尾船体まわりの流場が抵抗試験の場合と大巾に異なる場合とがあることが上記の参考文献により指摘され、前者を S-タイプ流場、後者を F-タイプ流場と名づけられているが、本船型においては、上記のプロペラ荷重変更試験の結果などから、満載状態において、8 m, 1.2 m 模型船では F-タイプ、4 m 模型船では S-タイプの流場が現われているものと判断される。

したがつて、模型船の長さと  $W_m$  の値との関係に関する一般的結論としては、満載状態についても、Fig. 4.4.1.2 の実線に示すように、バラスト状態と同様に模型船の長さの増大とともに  $W_m$  の値が単調に減少すると考えてよいと判断される。

但し、船尾流場のタイプの相違がある場合は、推力減少率  $t$  の値も流場のタイプの相違により若干相違するはずであるが、今回の試験の結果では、 $t$  は満載状態の 4 m 模型船を含めて両載貨状態とも模型船の長さにかかわらず一定という常識的な結果が得られている。本研究では、8 m, 1.2 m 模型船および実船でのプロペラ前方の流場の計測も行なわれており、船尾流場の問題については、これらの結果も利用して、更に詳細に検討する必要があると考える。

#### 4-4-6 プロペラ位置伴流計測

各模型船に対するプロペラ位置伴流分布の計測結果を Fig. 4.4.1.4, 4.4.1.5 に示す。4 m, 8 m および 1.2 m 模型船の結果を比較すると模型船長さが短かいほど伴流の大きい部分が横に広く拡がつており、模型船の長さの増加に伴ない、境界層の厚さが相対的に薄くなり、プロペラ位置の伴流が小さく

なつている状況を詳細に知ることができる。一方流線方向の計測結果を見ると、プロペラ位置でプロペラ中心の左右に拡がつている伴流の大きい部分は、内まわりの渦を形成しているが、その渦の中心の位置、渦の大きさには模型船の大きさによつては殆んど相違がなく、流速のみに相違が見られる。

#### 4 - 4 - 7 むすび

以上、昭和45～46年度に実施した2m, 4m, 8mおよび12mの相似模型船の試験結果の比較検討を行ない、肥大船型の諸性能の尺度影響に関する資料を得た。

船体抵抗の尺度影響については、計測値のバラツキが大きく、詳細な解析を行なうには試験結果の精度の不足が感じられ、今後更に、小型模型船による肥大船抵抗試験の精度向上、大型模型船の試験結果に対する blockage effect などにつき更に研究を進める必要を感じたが、本研究により明らかとなつた点は次の通りである。

船体抵抗の外挿を正しく行なうためには、まず船体抵抗を、夫々異なつた相似則にしたがう造波抵抗 (Wave Breaking Resistance を含む) と粘性抵抗とに正しく分離して取りあつかうこと が必須の条件であり、このため、肥大船型ではいわゆる三次元外挿法の必要なことが早くから云われ、我が国では既に広く採用されているが、今回の研究の結果でも、まず、満載状態については、三次元外挿法の必要性が明らかであり、またその form factor の値としては、低速時の全抵抗を粘性抵抗と見るいわゆる Hughes の方法がほぼ妥当であることが認められる。但し、Hughes の方法では、低速時の抵抗計測精度の不足が、正しい K の値の推定に障害となつており、もつと適切な form factor の決定法が得られれば、肥大船の抵抗外挿の精度は更に向上することが期待される。

バラスト状態の抵抗に関しては、今回の試験結果から判断すると、単純に低速時の船体抵抗が粘性抵抗であり、この抵抗成分は、相似船型では相当平板の摩擦抵抗に比例して変化するという、いわゆる Hughes の方法は成り立たないと判断される。今回の検討結果では、Hughes の方法による値よりも小さな form factor をとることにより試験を行なつた範囲の模型船間では、より正しい外挿ができるものと推定される。しかし、このバラスト状態の抵抗外挿に関する問題か、適當な form factor の値の撰定だけで解決されるものであるか、または別の新らしい問題を含むものであるか、今回の検討だけでは明らかにすることができなかつた。肥大船のバラスト状態の抵抗の尺度影響について、今回得られた資料の解析とともに更に信頼すべき資料を数多く求めて研究を進める必要がある。

自航要素については、 $\kappa r$ ,  $t$  が模型船の大きさにほぼ無関係であることを確認し、また、伴流係数については、4m～12mの模型船に対して信頼すべき資料が得られた。本船型については、実船に対しても、満載、バラストの両状態の試運転結果が得られているので、広範囲のレイノルズ数に対する伴流係数の変化を見るため、 $C_{fH}$  (船の長さに対する Hughes の摩擦抵抗係数) をベースに模型船および実船の伴流係数の値をプロットしたものを Fig. 4.4.1-6 に示す。

伴流係数は模型実船を通じて  $C_{fH}$  に對し殆んど直線の単調な関係にのつているが、更に本研究により詳細な船尾の伴流分布（一部実船を含む）が得られているので、これらの資料をベースとした検討により、肥大船の伴流係数の相関についても、更に精度の高い相関関係の把握ができるものと期待される。

COMPARISON OF RESIDUAL RESISTANCE COEFF. CURVES

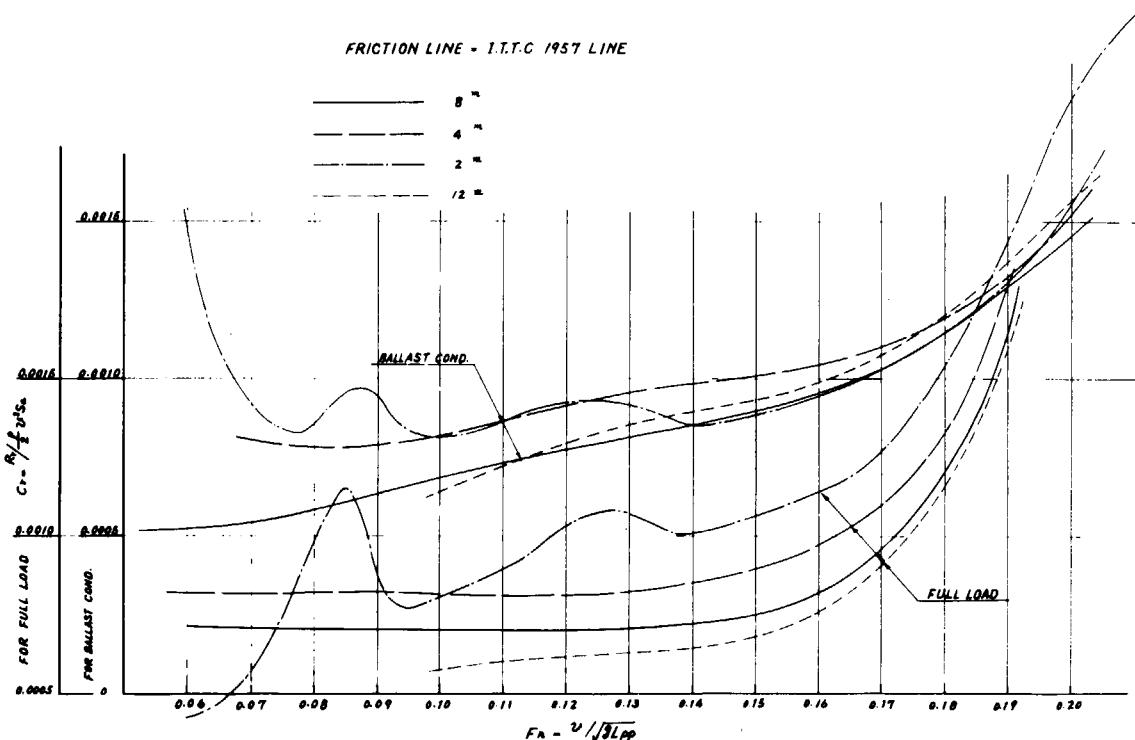


Fig. 4.4.1

COMPARISON OF WAVE MAKING RESISTANCE COEFF. CURVES

FRICTION LINE = HUGHES LINE

Gosling model test 鋸歎結果より求めた。

Form Factor Full Load 0.355

Ballast 0.266

上記に對応する  $C_w = 0$

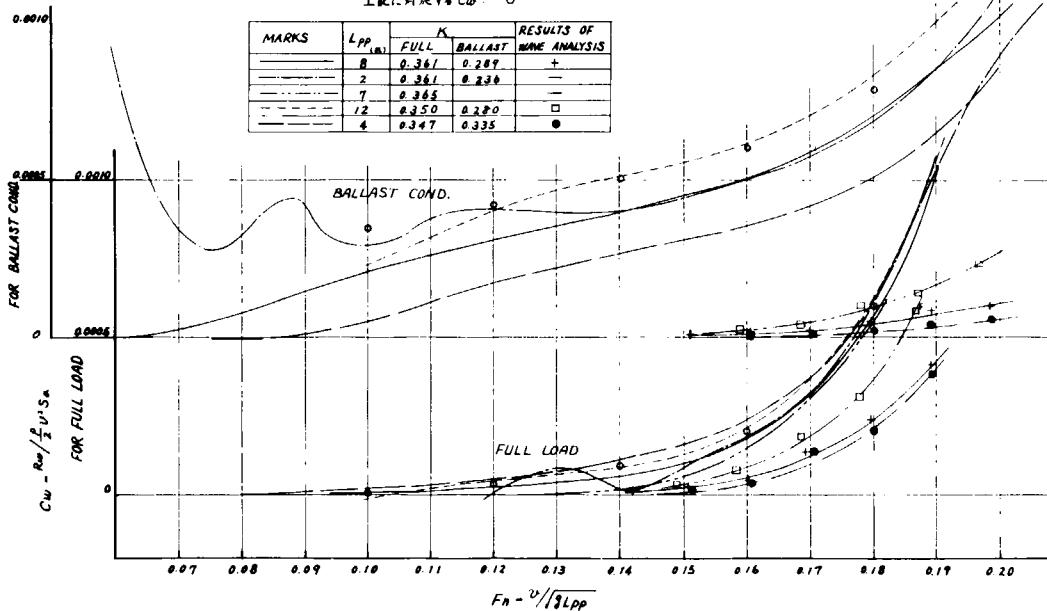


Fig. 4.4.2

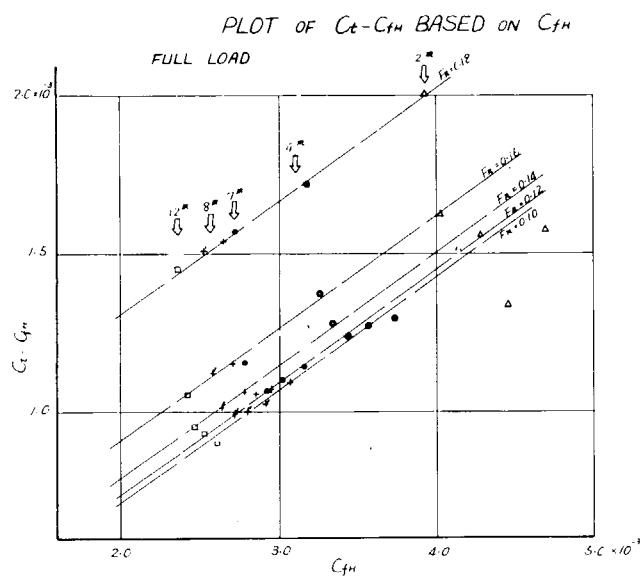


Fig. 4.4.3

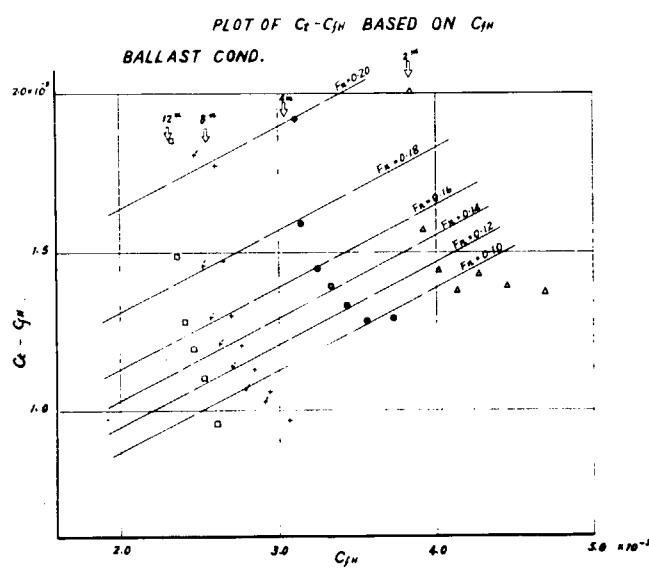


Fig. 4.4.4

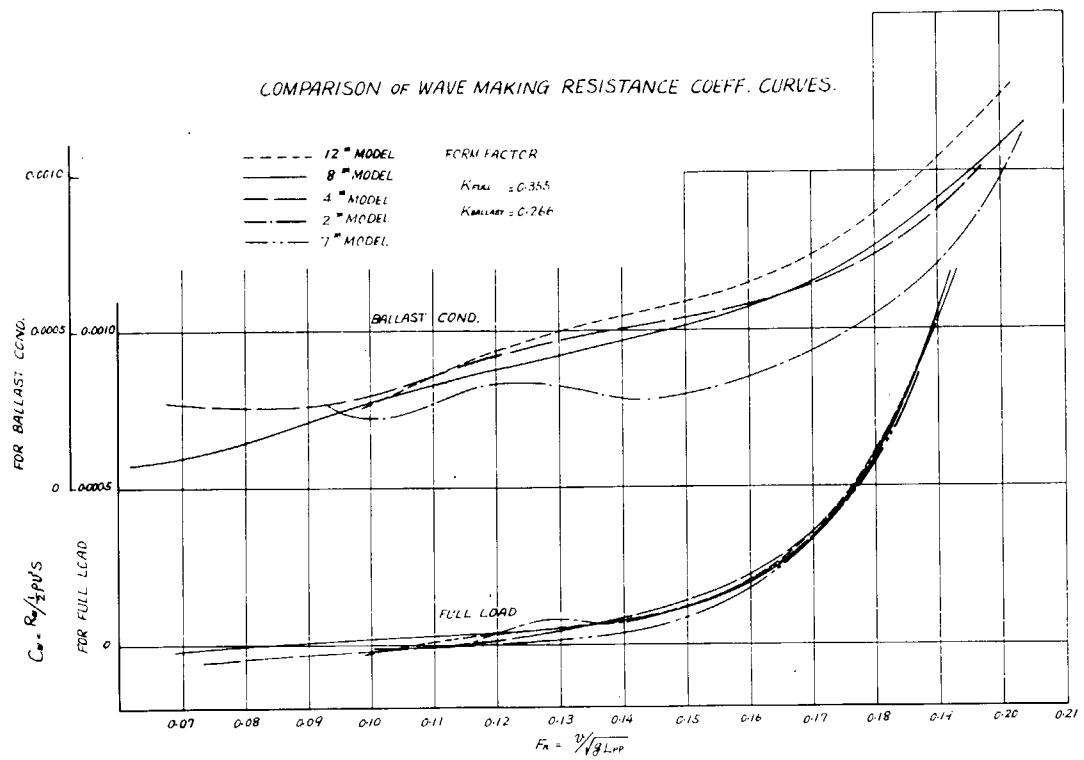


Fig. 4.4.5

COMPARISON OF WAVE PROFILE

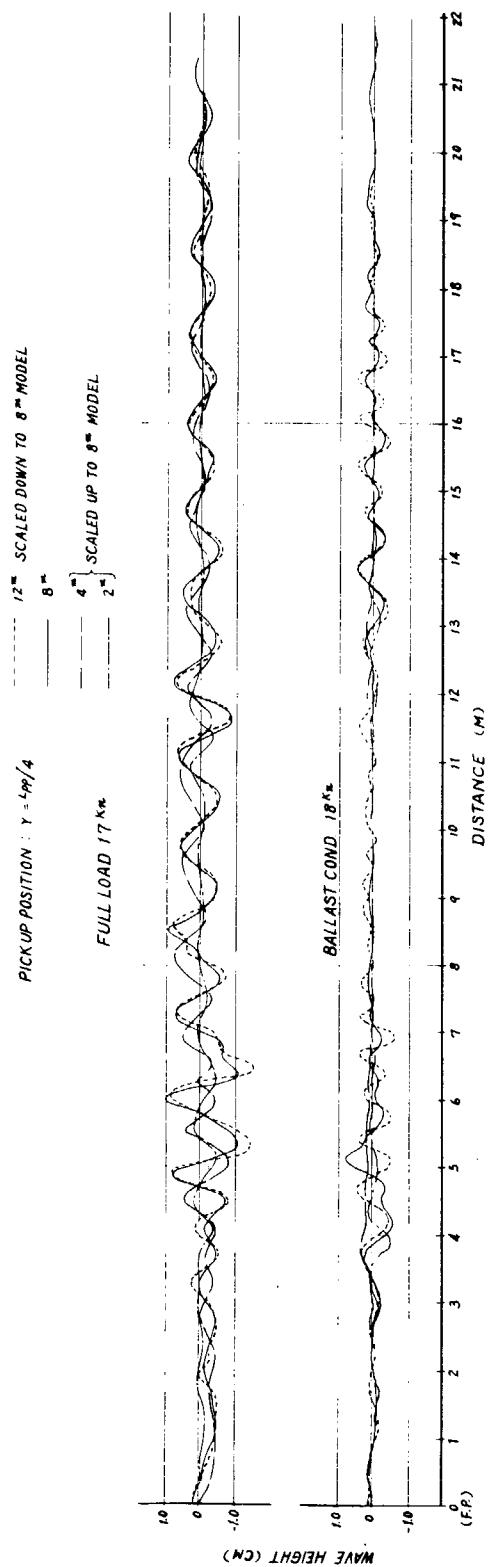


FIG. 4.4.6

FULL LOAD EVEN KEEL  
HEAD LOSS DISTRIBUTION

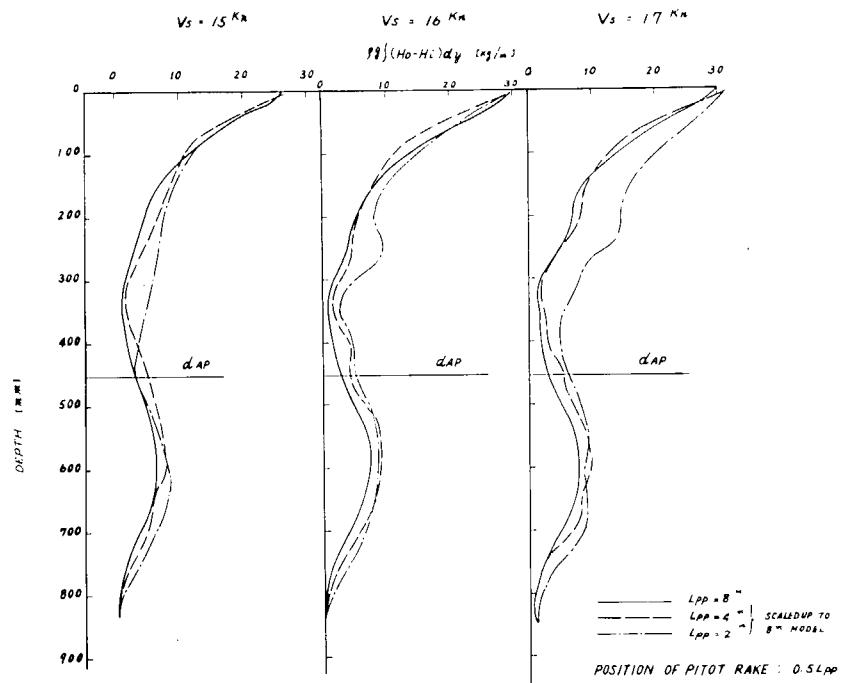


Fig. 4.4.7

BALLAST COND. 1.99% TRIM A  
HEAD LOSS DISTRIBUTION

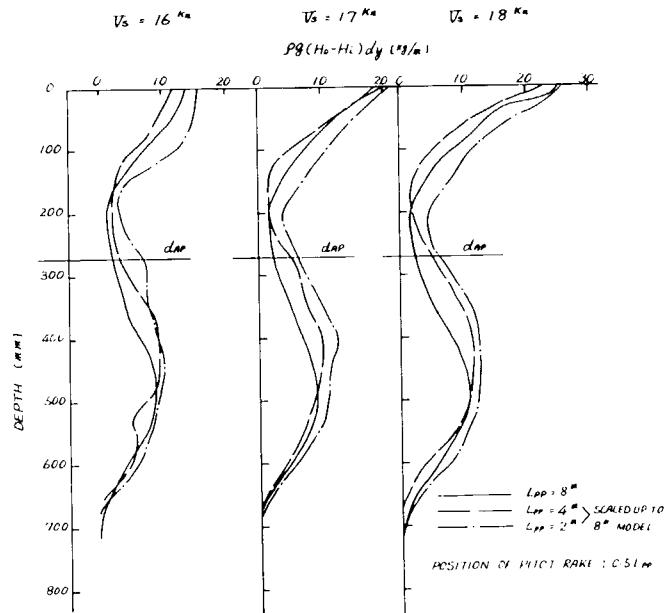


Fig. 4.4.8

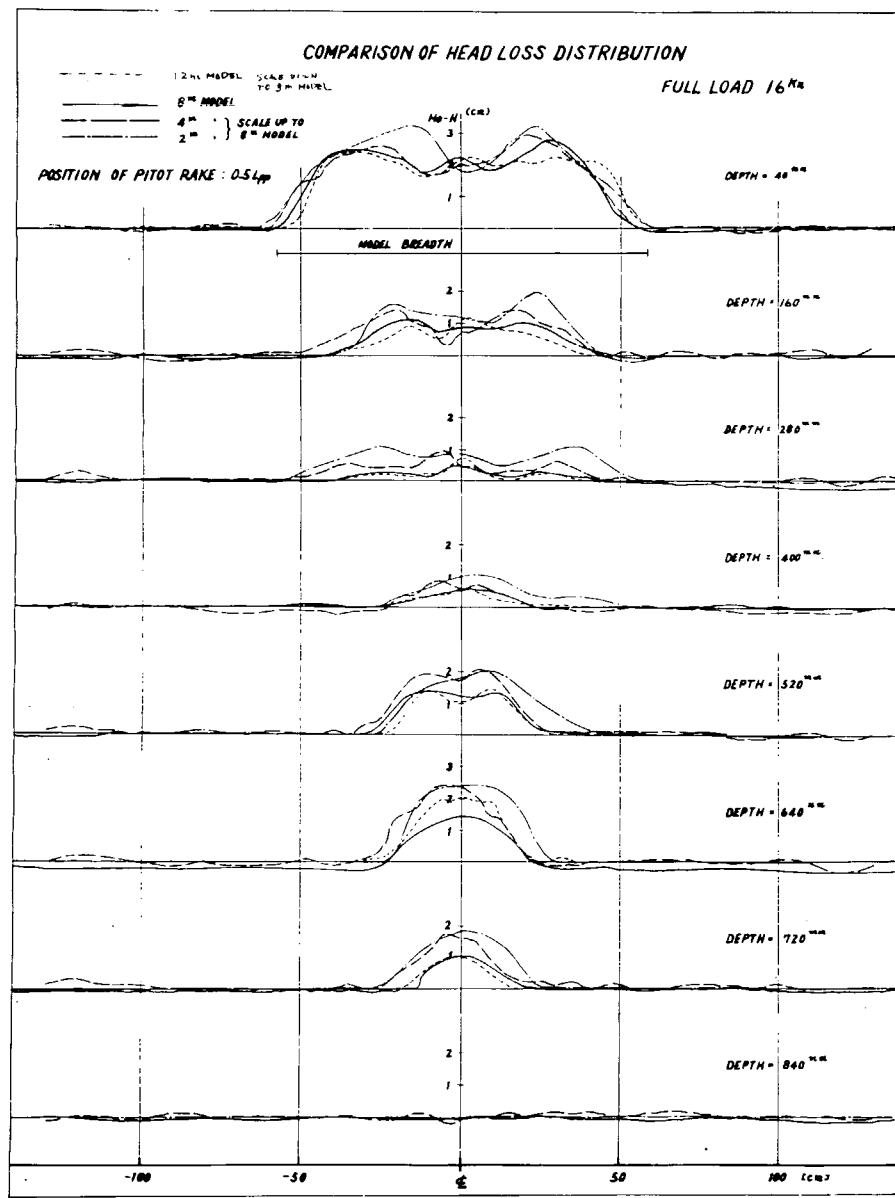


Fig. 4.4.9

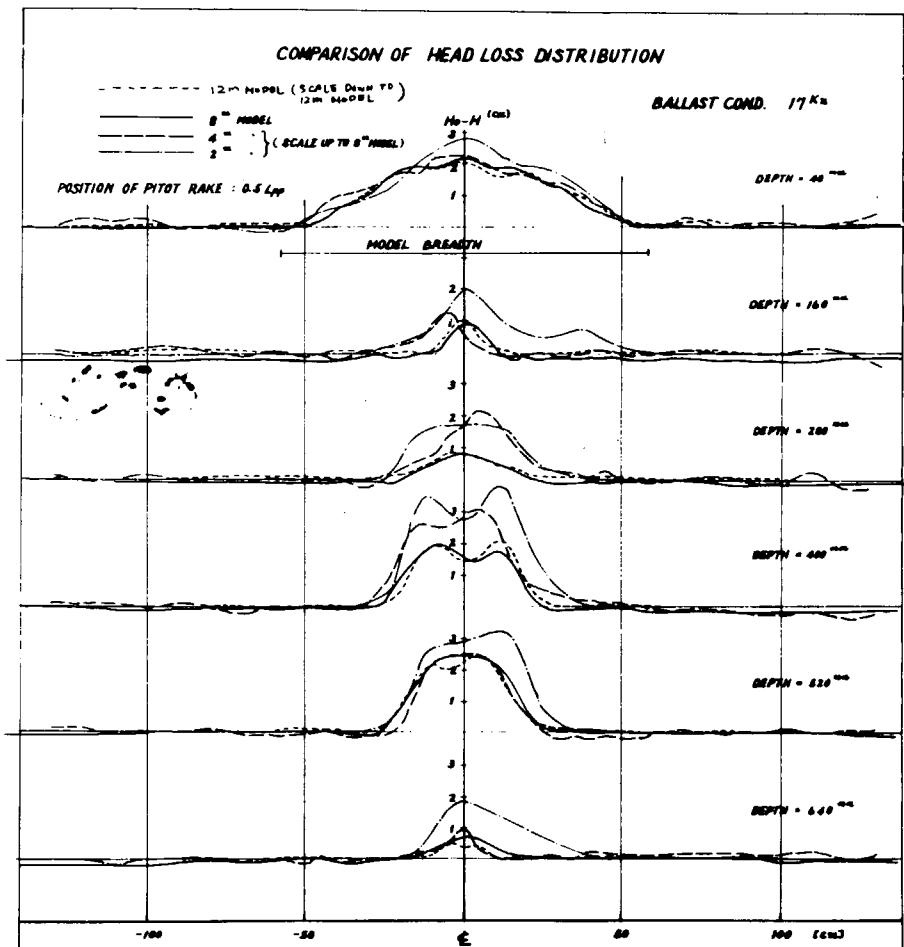


Fig. 4.4.10

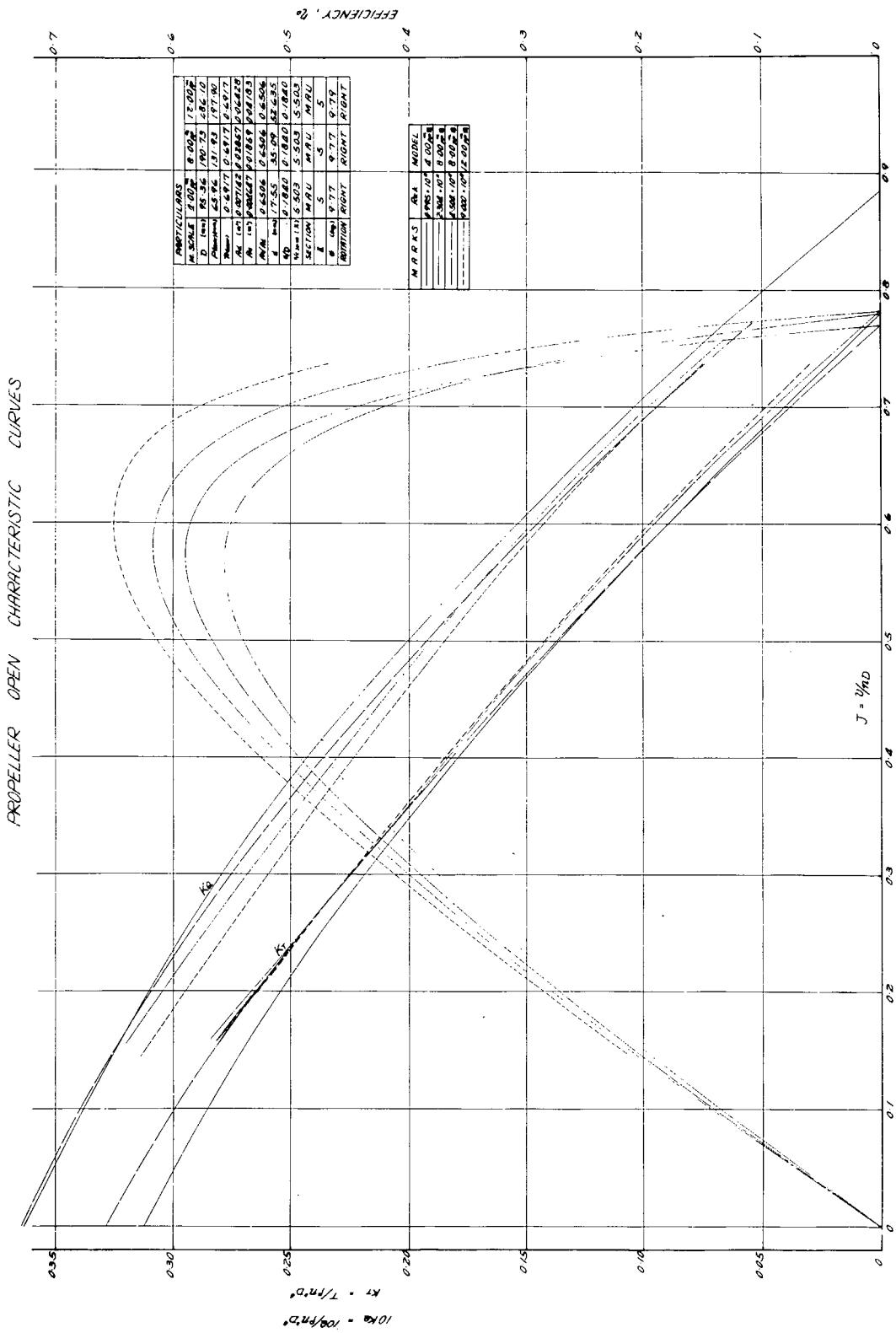


Fig. 4.4.11

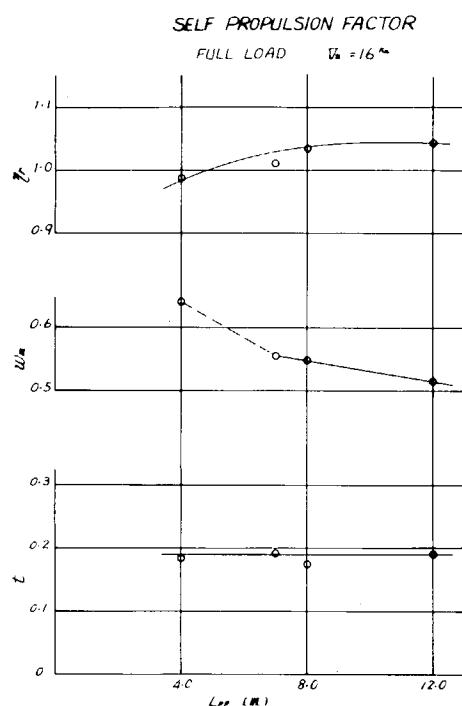


Fig. 4.4.12

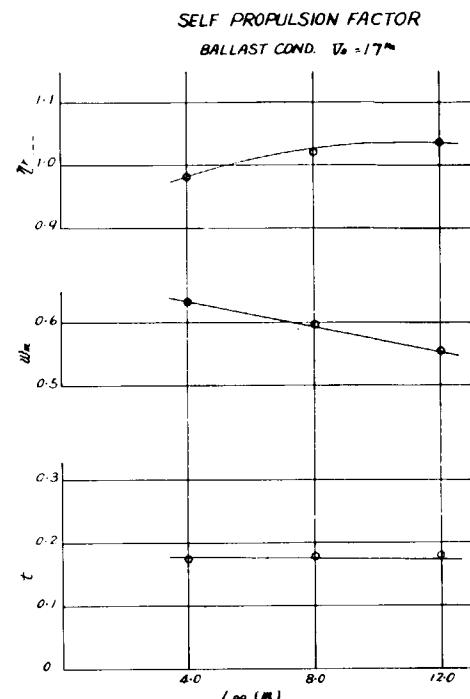


Fig. 4.4.13

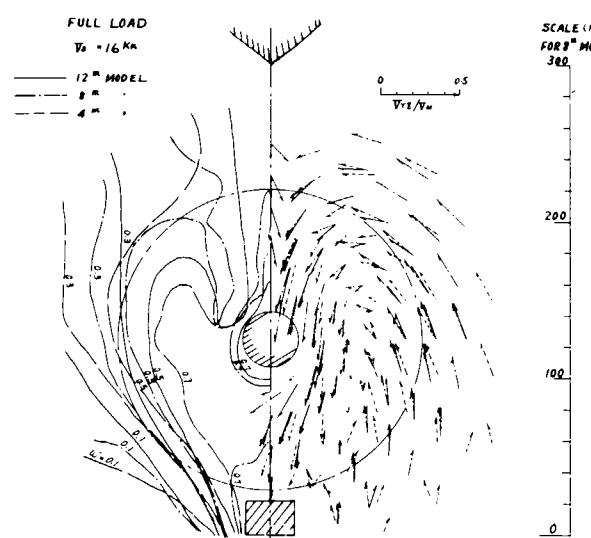


FIG. 4.4.14 COMPARISON OF FLOW PATTERN

Fig. 4.4.14

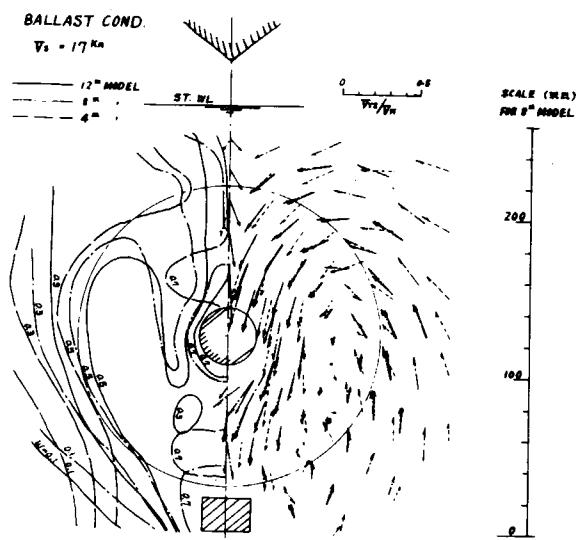


FIG. 4.4.15 COMPARISON OF FLOW PATTERN

Fig. 4.4.15

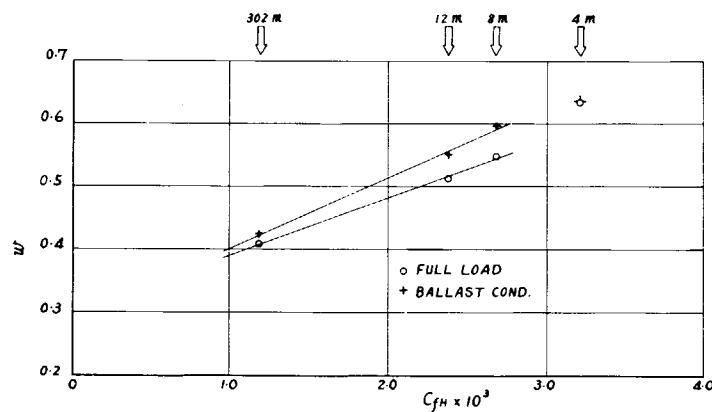


FIG. 4.4.16 PLOT OF  $w$  BASED ON  $C_{fh}$

Fig. 4.4.16

## § 5 実船と模型船の相関に関する研究

### 5-1 研究および成果の概要

実船と模型船の相関については、肥大タンカーの出現とともに従来の方法の再検討が要求される気運となり、抵抗については形状影響の考え方方が広く採用されるようになつて、種々の問題は残されているにもせよ技術的には一応定説に近い形で今日に至つている。しかし自航性能では、最大の縮尺効果を受ける伴流についてすら相関についての定説と云えるほどのものが未だみられず、過去のデーターより求めた修正係数を延用する程度に止まつてゐるが、大型化の進んだ今日では係数の値が 1.0 を大きく離れ、単なる係数の導入で糊塗することは危険であり、設計業務上の大きな弱点となつてゐる。

また最近は、肥大船のプロペラキャビテーションが屢々取り上げられるようになつた。このことは平均伴流値を用いてキャビテーション対策を考えることが既に許されなくなつたことを示すもので、伴流の不均一さを考慮せざるを得ない段階にあると思われる。しかもこの不均一さは実船でのものであり、加えて前進方向の伴流値のみならず、その流向をも含めたものであることが要求され、従来に比し格段の精密推定を必要とするようになつてきた。

上述のように、船尾流場の相関に関する要求が極めて高いにもかかわらず、研究の進まない理由は、肥大船の船尾には剥離に基づく大きな縦渦が存在してはなげだ複雑な流場を形成しており、理論的扱いが困難で実験的に調べるほか信頼できる方法がなく、しかもその実験は模型の間だけで行つたのではどうしてもレイノルズ数変化の幅が狭くて十分な精度をもつ結果が得難い点にあつた。そのため、実船において流場を調査することが久しく望まれていたのであるが、ようやく本部会において取上げられたものである。

研究のスケジュールは、昭和 45 年度において実験計画の具体的立案、計測装置の検討および設計を大体完了し、本 46 年度は一部の設計変更、装置の発注、製作、実船実験の実施、結果の解析、模型実験結果との比較検討を行つた。

実験の対象船は、日立造船因島工場において建造された山下新日本汽船の大型鉱石運搬船“新鶴丸”である。

本船の主要目は次の通り

30.20 m × 44.2 m × 24.2 m × 17.0 m DW = 16 万トン

主 機 : ディーゼル 30,900 PS × 114 rpm

推進器 : 7.20 m × 4.98 m 1 軸

本船の予行運転時（バラスト状態）を利用して、プロペラの僅か前方位置での伴流を主とする計測を行うよう計画した。

計測方法は本船船尾部に鋼管製トラスを張り出し、これに下記の計器を取り付け、それらより出るビニール管および電線は全てトラス後面、船体外板を伝つて甲板上のメーター類に導く方法をとつたから、船体に穴をあけることは一切行つてない。

- |                |      |
|----------------|------|
| i ) 空気式五孔ピトー管  | 19 個 |
| ii ) 電気式五孔ピトー管 | 2 個  |
| iii ) 超音波式流速計  | 2 組  |

#### IV) 超音波ノイズマイクロフォン 2 個

これらのうち、1)以外は数値記録として重視するのではなく、今後の計器開発に関する資料を得るのが主目的である。なお、トラスに危険な振動が発生した場合のモニター用としてトラス基部の5箇所にストレンゲージを貼布した。予行運転は昭和46年8月26日に行なわれ、翌日最終ドックに入渠の際全計器およびトラスの撤去を終了した。

計測は標柱間航走時を主とし、ほかに参考記録として旋回時および緊急停止試験中のプロペラ遊転時にも行つた。結果はかなりの好成績であったといつてよいであろう。主計器、空気式五孔管のうち2個だけが中途で計測不能となつたが残り17個は全部安定した記録をとることが出来た。例の少いこの種の大がかりな実験としては、成功であるといえよう。唯一の手落ちは、空気管、キャブタイヤコードのトラスへの固縛が不十分であつたことである。このため、上記の如き計測不能のものが生じたと思われる。固縛不良の欠陥は緊急停止時の逆流に対してとくに強く現われ、数個の空気式五孔管のみならず、他の計器のキャブタイヤコードまで抜けたり断線したりしたことが翌日の入渠時に発見された。緊急停止試験が本委員会の計測終了直後であつたことと、他の計器類もそれぞれ2個を用意してあつたため、今後の開発にあたつて注意すべき資料を得るという目的に対して大きな支障とならなかつたのは幸である。

五孔管式ピトー管の検定は実船実験終了後に船舶技術研究所大水槽において行なわれた。ただし、五孔管の製作精度は十分良好で、その性能上のバラツキは無視し得ると判断され、また予備用1個と実際に使用したもの1個についての実験結果もこれを実証した。そのため、解析は全五孔管に対し一つの特性曲線により行なうことが出来たが、これは解析の手間を非常に楽にしたことになる。しかし、外板に近い2~3の管では、臨界レイノルズ数範囲に入るものがあつた。検定試験では遷移域の特性も求めているが、事柄の性質上あえてこれを使用せず、超臨界の曲線により全部の解析を行つてある。これらの管では多少の誤差は免かれないのであろう。もっと大きい球の五孔管を使つてこのような欠点を避けることも考えられぬでもないが、実際には色々の支障が伴なつて実行は困難であろう。

解析の結果は、伴流分布、計測面内の分速度とその方向、これより算出した渦度分布として図示し、またこれらを8mおよび12m模型の結果とも比較してある。解析の現段階でいえることは、レイノルズ数の増加とともに伴流分布は横方向に縮まり、実船の有効伴流値が小さくなることを説明していること、実船においても船尾渦の存在が明瞭に認められ、その渦度分布は伴流域の中に含まれていて、その値(無次元値にして)は伴流域の縮少とともに強まつて、船尾渦のサーキュレーションは不变といえそうな傾向を示すことなどである。

しかし伴流値ならびに渦度に関する上記二つの特性も、方向としていえるだけで、少し丁寧に見ると模型同士の間にすら理解に苦しむような差異が発見され、相関を定量化する法則を検討する前にこれ等の疑問を解決する必要がある。従来、模型間の流場の性質についてこのような相違のあることは聞かれておらず、本研究の12m模型により始めて明らかにされたもので、貴重な資料として実船実験の結果と併せ今後詳細に検討を加えなければならない。場合によつては模型による追加実験の必要も感じられ、本委員会報告に掲載することはできないが、近いうちに何等かの形で発表されることになろう。

極めて重要な資料であるが、ただそれを提出したに止まり、それ等を結ぶ最終の結論までに至らなか

つたことは画竜点睛を欠くうらみがあるけれども、軽々に論すべき性質のものではないので、ご了承を願う次第である。

終りに空気式五孔管以外の計器について一言する。始めに述べたように、これ等の計器を取付けた目的は伴流の計測数値を得るというよりは、むしろ今後新しい計器として使用したり開発したりするにあたって注意すべき資料を得るためにあつた。全部が満足に動作したわけではないが、期待した資料は十分得ることができた。これらの結果から流場調査用計器としての超音波式および電気式五孔管を評価すると、変動の時間的経過を知り得る特長を別にすれば、いま直ちに空気式五孔管の確実さに取つて代り得るものではなく、また高価であることも多数点を計測する場合には大きな支障となるであろう。しかし超音波式は今回のような大掛かりな支持トラスなしでも使用出来る利点が考えられるので、今後の開発如何によつては実用の可能性があると判断される。

なお、この実船実験に際しては 8 ミリおよび 16 ミリの記録映画を撮影したことを附言する。

## 5-2 計測装置

### 5-2-1 空気式五孔ピトー管

本報告書において用いる空気式五孔ピトー管とは五孔ピトー管（文献 1）の 5 個の孔における圧力を空気式マノメーター（文献 2）により測定する方式のものをいう。

五孔ピトー管の測定原理の概略は次のようである。

Fig. 5. 2. 1. 1 において 5 個の孔のうち、縦 3 つの圧力差  $P_C - P_T$ ,  $P_C - P_B$  を用いると、垂直面に投影した流速ベクトルと流入角度が求められ、横 3 つの圧力差  $P_C - P_S$ ,  $P_C - P_P$  を用いると水平面の要素が求められる。（5-5 参照）したがつて、それらを合成すれば速度と方向が知られ、さらに  $P_C$  を計測すればその点の静圧も求め得る。

### 5-2-2 空気式マノメータ

4.5 年度に計画したマノメーターを更に検討した結果、次のような欠点が見出された。

- (1) 全体寸法が大きく、輸送や取扱い時にガラス管を破損するおそれがあり。
- (2) 圧力  $2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$  の空気を直接五孔管に通す方法は、電磁弁の作動時間差によるゲージ液吹上げの危険がある。
- (3) 通気を止めてから圧力の平衡状態に達するまでの間に、ゲージ液の動きにつれてピトー管頭部より海水が入り誤差を生じる。

これらの欠点を除去くため次のような対策をとつた。

ゲージ液をテトラブロムエタンより水銀に変更し、ゲージ下端にはダンパーを設け、ゲージ管はガラスから軟質透明ビニール管に変更する。船尾振動による液柱のゆれを防止するために、マノメーターをバネでつり下げる。また、Fig. 5. 2. 2. 4 に示すように空気通路の途中に抵抗管をもうけ、流量の制限を行なわせるとともに、抵抗管出口からピトー管頭部までの圧力低下を小さくし、通気を止めた後のゲージ液の動きを小さくする。通気状態をチェックするために目視型流量計を取付ける。

これらの点を改良したマノメーターの概略図を Fig. 5. 2. 2. 1 と写真 5. 2. 2. 2 ～ 3 に、プロック図を Fig. 5. 2. 2. 4 に示す。

Fig. 5. 2. 2. 4 において、電磁弁を開けると空気はビニール管内の水を押し五孔管の先端より

吹き出す。この場合水銀マノメータの示す圧力値は、五孔管先端の静圧とマノメーターより五孔管側の空気管内圧力損失との和である。ここで電磁弁を閉にすれば、空気の流れ止まり、後者の圧力損失が無くなるので、五孔ピトー管先端の圧力値がマノメーターに正しく指示される。今回用いたマノメーターは、抵抗管の抵抗が残りの空気管の抵抗に比し充分大きいので、空気の流れは定流量型となり、五孔管各孔の圧力差による流量変化が少なく、さらに管内圧力損失分の変化が小となるため常時電磁弁開でも測定可能と思われる。

抵抗管は長さ 200 m 内径 1 mm 外径 2 mm のビニール管である。すべての電磁弁は 1 つのスイッチにより同時に開閉する方式とし、ユニット点検時には、電気のコネクターをはずすことにより個別に開閉できる構造とした。通気圧力は五孔管 N.O. 1 ~ 7 は  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$ , N.O. 8 ~ 14 は  $1.8 \text{ Kg/cm}^2$ , N.O. 15 ~ 19 は  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  として、水深差による空気吹き出し量の差を小さくした。マノメーターから五孔管まで全体の系の整定時間は通気を止めてから約 10 秒、その間の水銀柱の動きは 5 ~ 10 mm 位である。マノメーターに示された圧力は基準時刻と共に 35 ミリカメラに写して記録し、またカメラのフラッシュ接点を利用して電気式五孔管、超音波式流速計、振動モニター等の記録計に同時マークを入れた。

### 5 - 2 - 3 電気式五孔ピトー管

電気式五孔ピトー管とは五孔管の各孔の圧力を抵抗線式圧力変換器によつて電気的出力に変換し、電磁オシロに連続記録させる方式のものである。

電気式五孔ピトー管は、単に流体の変換方法が空気式のそれと異なるだけであつて五孔ピトー管の原理そのものは變つていない。また外径も空気式と全く同じである。すなわち Fig. 5. 2. 3. 1 に示すごとく五孔の中にチャンバーを設け、チャンバー内の圧力をその奥に貼付したダイヤフラム式の小型圧力変換器（共和超小型圧力変換器 P S - B 型、容量  $2 \text{ Kg/cm}^2$ ）によつて検出する。

空気式と電気式とはそれぞれ次のような特徴がある。

空気式は

- (1) 計測原理が簡単であるため確実な計測が出来る。
- (2) 特に複雑な装置を要しないため安価である。
- (3) U 字管を使用するため連続記録が困難である。
- (4) ビニール管の配管に細かく気を配る必要がある。

これに対して電気式は

- (1) 抵抗線式圧力変換器は長時間の安定性に欠ける。
- (2) 圧力変換器、動歪計および電磁オシロなど高価な計測機器を使用しなければならない。特に今回のような多点測定では費用が膨大なものになる。
- (3) 連続記録が可能ため時間経過に対する変動の模様がよくわかる。
- (4) キヤブタイヤコードの配線はビニール管の配管に比べて容易である。

当初空気式と電気式のどちらを採用するかが論ぜられたが結局電気式を「計測方法の開発」という意味で 16.2.0 および 16.2.1 の五孔ピトー管に採用することにした。

なお、今回の計測では、記録は電磁オシロを用い、船体、五孔ピトー管、トラスなどの振動および流体圧力変動による高周波成分を除去するためにローパスフィルターを挿入した。

圧力変換器そのものの較正は後日阪大水槽において水深4mまでの静水圧で実施した。

#### 5-2-4 超音波式流速計

本装置は送波器から発射された超音波が水中の微粒子で発射される時のドップラー効果を利用して水塊の流速を計測するもので、この詳しい原理、設計仕様等については45年度報告に記述してあるのでここでは省略する。

ただ完成時の仕様、性能について若干変更された所があるので、それをあらためて Table 5.2.4.

1 および Fig. 5.2.4.1. に示す。

流体中の反射微粒子は、その量及び大きさが状況によりかなり変動するばかりでなく同一水塊内で1/2波長の径路差をもつ関係にある粒子の組合せが多数考えられ、受波面においてそれ等は互いに逆位相となつて打消し合う作用をするために、実際の超音波信号はそのレベルがはげしく変動する。こういう状態でも特に安定に計測出来るために高性能の帯域フィルター及びリミッター回路を挿入している。

測定水塊からの反射入力信号は非常に微弱なため、信号伝達ケーブルのシールドが悪いと送波信号が入力へ漏入し、測定不能となる。これをさけるため、Fig. 5.2.4.2 に示すようなケーブルを用い送信用と受信用を別にした。なお振動子とケーブルのインピーダンス整合は、ケーブル長さを調整して行つた。

計測室には送受信本体とヘッドアンプを置きビジグラフに接続記録できるようにした。さらに超音波の反射信号状態を監視し、計測値の確認を行なうためにシンクロスコープを併置した。

Fig. 5.2.4.3 に検出器を示す。その構造は10mの水圧に耐えるようになつている。

本装置の検定は東京大学工学部の回流水槽を使用して、広井式流速計による比較測定により行つた。当水槽の水は反射微粒子が少なく検定が困難であつたので、水槽水約50tに対し小麦粉5kgを混入して行なつた。流速を上げて行くと、回流水槽内に気泡が発生して更に反射微粒子の量が増加し受信状態は良好になつた。

Fig. 5.2.4.4 はチャンネル1 (CH-1) 及びチャンネル2 (CH-2) を流れに正対させた時の検定結果である。今回流水槽の性能上0~3.6kmの範囲しか検定を行なえなかつたが直線性は良好である。これより速度が高い場合についても、測定原理から及び回路特性の直線範囲を充分広くしてあることから、仕様速度範囲内では、直線性が保たれていると推定される。

Fig. 5.2.4.5 はCH-1及びCH-2の流向特性を示す。測定原理の通り、Cos特徴になつていると認められる。

#### 5-2-5 船尾の超音波ノイズ計測器

超音波式流速計により船尾流場を計測する場合には、プロペラのキャビテーションなどに起因する超音波のノイズが悪い影響を与える可能性が考えられる。このノイズが影響するかどうかを検討する場合、これ等の周波数やレベルなどのデータが必要であるが、この種のデータは殆どない現状である。したがつて、今回船尾超音波ノイズ音場のスペクトルを計測し、将来超音波式流速計を設計するときの一助とすることにした。

計測方法および使用機器のプロツク線図を Fig. 5.2.5.1 に、各部の性能を Table 5.2.5.1 に示す。また、スペクトルアナライザの検定結果を Fig. 5.2.5.2 に示す。

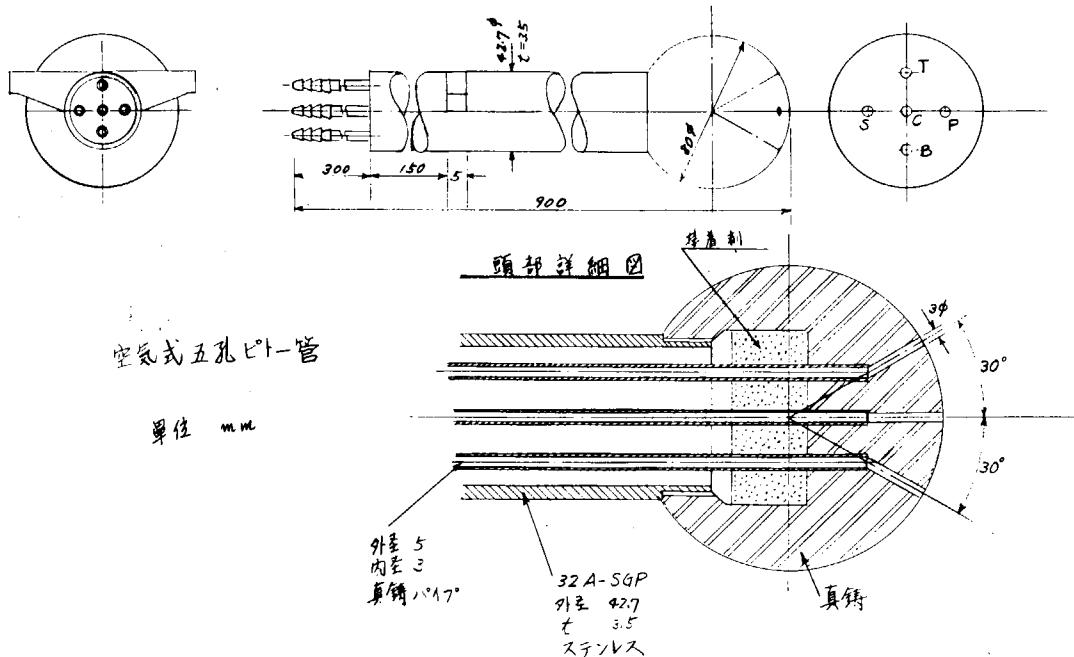


Fig. 5.2.1.1

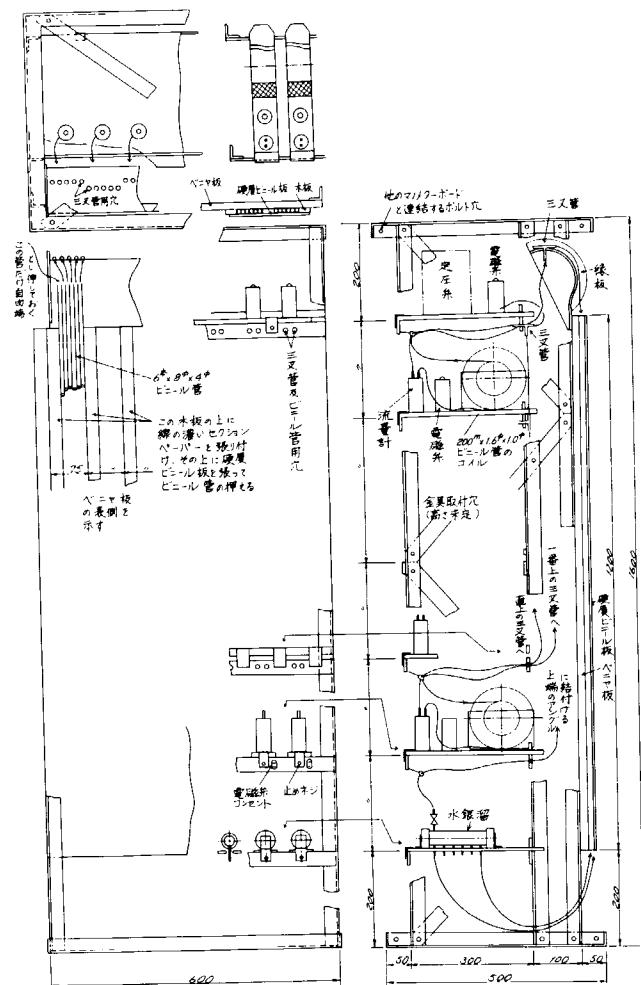


Fig. 5.2.2.1 空気式マノメータ概略図

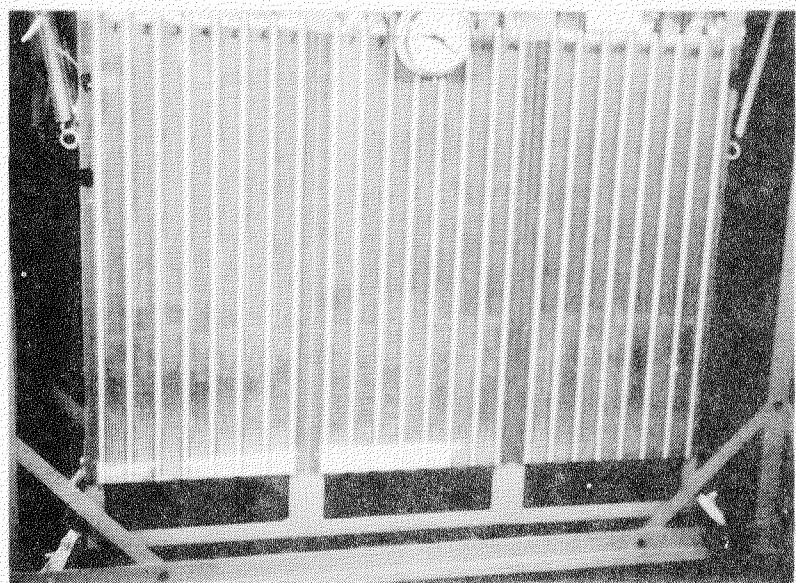


写真 5.2.2.2

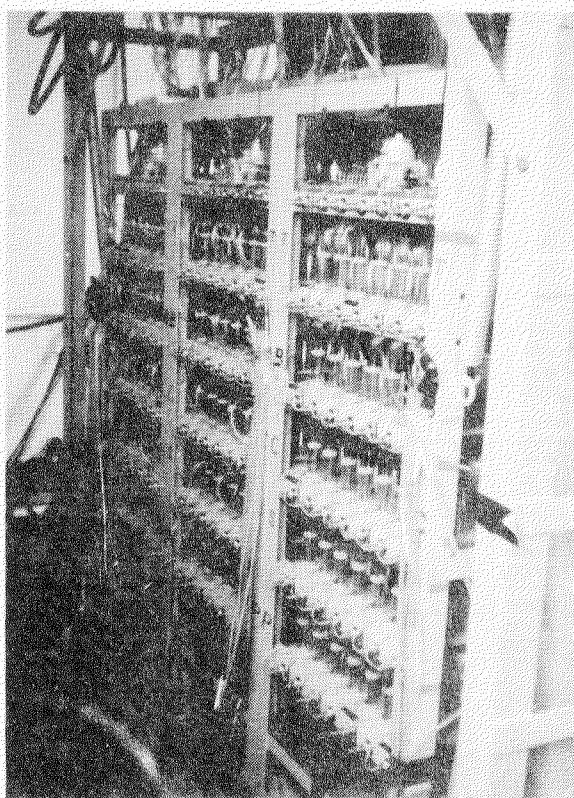


写真 5.2.2.3

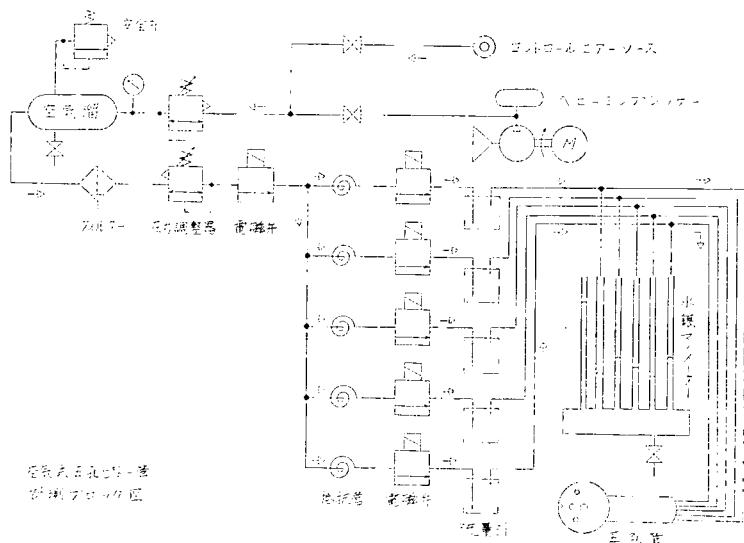


Fig. 5.2.2.4

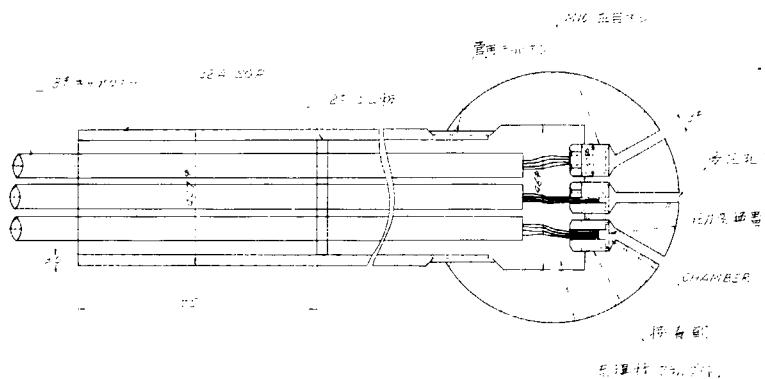


Fig. 5.2.3.1 電気式 5孔ピト管構造図

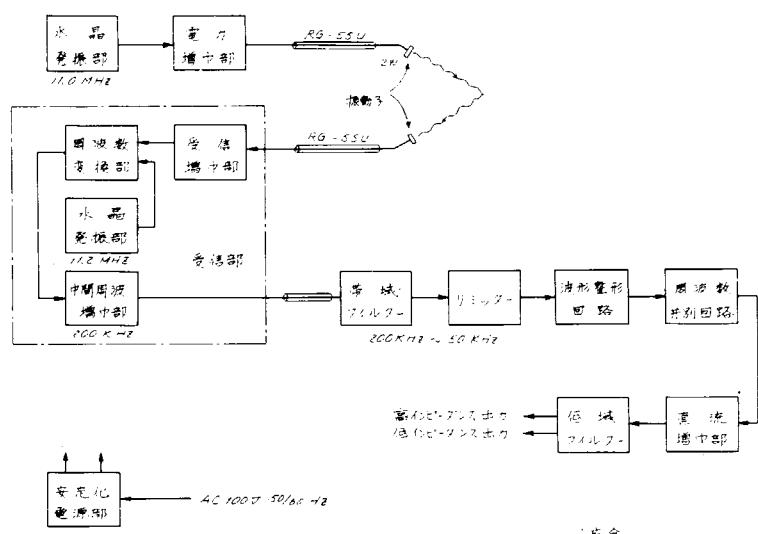


Fig. 5.2.4.1 超音波式流速計のプロックダイヤグラム

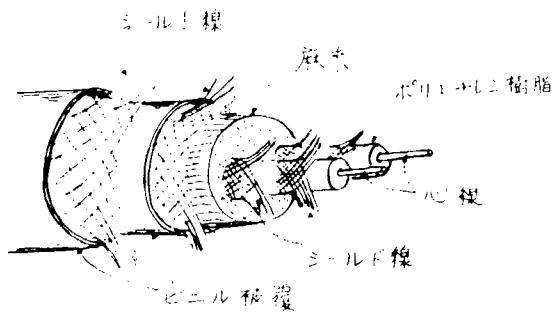


Fig. 5.2.4.2

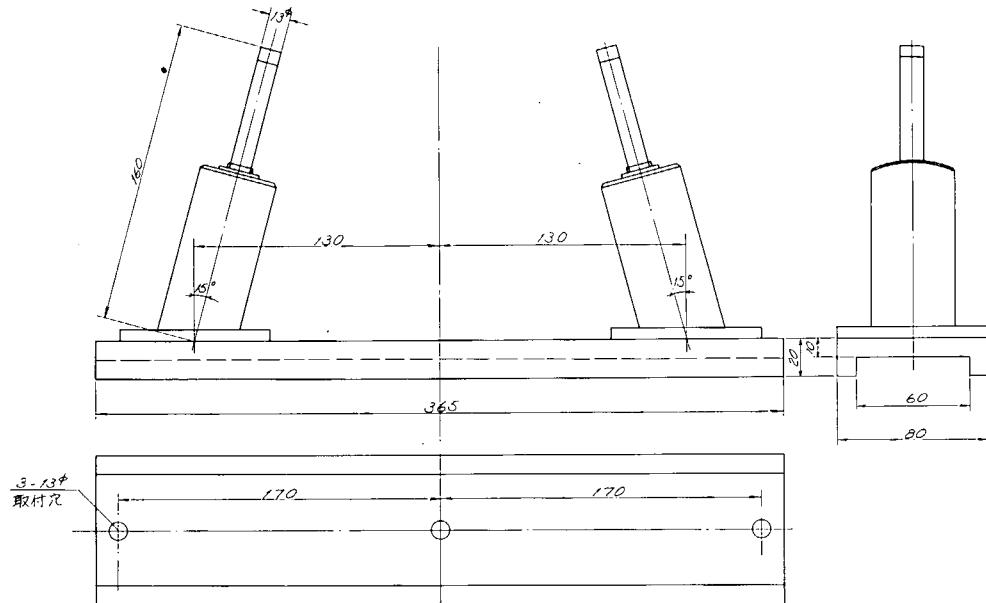


Fig. 5.2.4.3 超音波式流速計検出器

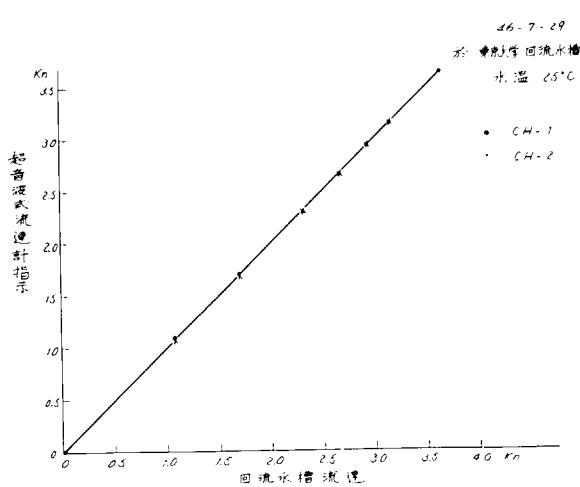


Fig. 5.2.4.4 超音波式流速計検定結果

46.7.29  
於: 廣島大学西流花園  
水温: 25°C

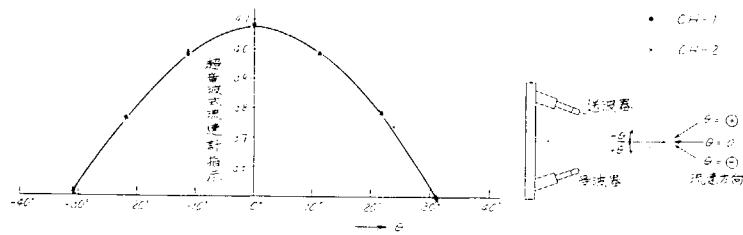


Fig. 5.2.4.5 超音波式流速計流向特性

Table 5.2.4.1 装置の性能

項目	性能
超音波周波数	17.0 MHz
超音波周波数安定度	$\pm 1 \times 10^{-8}$
測定範囲	$0 \sim 10 \text{ m/s}$ ) 直読 $0 \sim 20 \text{ m/s}$ ) デジタル換算式 $1 \text{ to } F.S.$
精 度	$\pm 1\%$ 以内
ドリフト	$0 \sim 10 \text{ m/s}$ まで $0 \sim 1\%$
応答周波数	$5 \sim 10 \text{ kHz}$
出 力	± 1% 電荷 $1 \mu\text{A}$ 以上 $2.36 \text{ mA}$ 直荷 $10^{-2} \text{ M}\Omega$
高インピーダンス用	$2 \text{ N}$
低インピーダンス用	$1 \text{ M}\Omega$
機動子動機出力	$200 \times 4 \text{ Hz}$
受 測 感 度	$5 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$
中間周波数	$50 \text{ cm}$
測定水塊寸法	$30^\circ$
測定点までの距離	約 $1^\circ$
ビーム交叉角	1.5 級 $mm$ 表示 フルスケール $10 \text{ m/s}$ 及び $20 \text{ m/s}$
ビーム中(半径中)	$0.2 \text{ m} \pm 10 \text{ mm}$
指示計器	海水 最大水深 $10 \text{ m}$ $4.0 \text{ } 100 \text{ m} \pm 10 \text{ } 50 \sim 60 \text{ Hz}$
校正出力	$300 \times 300 \times 200 \text{ mm}$
使用条件	$153 \times 300 \times 102 \text{ mm}$
電 源	
計測器本体寸法	
送受信本体	
最信ヘッドアンプ	

Table 5.2.5.1 使用機器性能

機 器 名	型 式	性 能
ノイズマイクロフォン I	チタン酸バリウム	周波数特性 1~100KHz 検定済(沖電気 ST-6503型)
ノイズマイクロフォン II	硫酸釩リチウム	" 100KHz~2MHz 未検定(日本電波工業製)
増幅器	F. E. T.	入力インピーダンス 30MΩ (沖電気 ST-65型) 利得 10 db 帯域 50KHz ~ 2MHz ± 3db
スペクトルアナライザ	ヘテロダイーン式	分析周波数 50KHz ~ 1.6 MHz (自作) 中心周波数 200KHz ~ 1.4 MHz 周波数掃引幅 0 ~ 400KHz 帯域幅 ± 3 KHz - 3db
メモリー スコープ	MS 5103B + SP-30 HB	(岩崎通信機製)

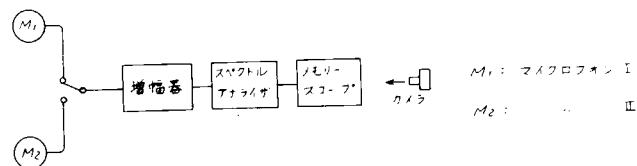


Fig. 5.2.5.1 ノイズ計測のブロックダイヤグラム

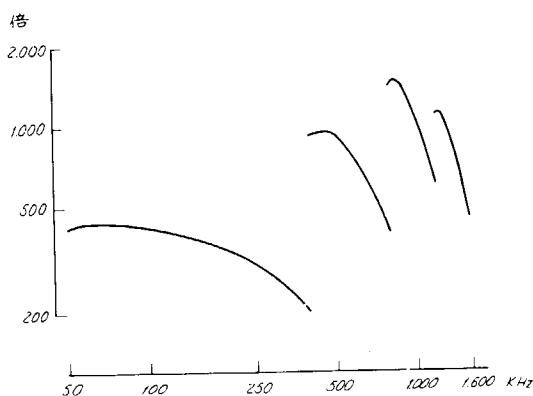


Fig. 5.2.5.2 スペクトルアナライザの検定結果

## 5-3 ト拉斯および計器取付け作業

### 5-3-1 ト拉斯

Fig. 5.3.1.1 に正面線図とト拉斯の取付け状態を示し、Fig. 5.3.1.2 にその詳細を示す。

#### (1) ト拉斯取付位置

船体のプロックパット、ドラフトマーク、各種吸排出孔などの位置、振動上の問題、模型船における伴流計測の便宜などを考慮して、FR. No.13 の船尾隔壁の位置の流場を計測することにした。計測面は船体中心線と直角とし、五孔ピトー管は船体中心線に対して  $20^{\circ}$  外向きで水平に取付けることにした。 $20^{\circ}$  というのは、ほど船体表面に平行に取付けることにより五孔ピトー管に対する流れの流入角を小さくすることを意図したものである。なお計測は左舷のみとした。

#### (2) ト拉斯の強度および工作法

ト拉斯は、呼径  $125\text{mm}$  の Extra Heavy Steel Pipe (外径  $139.8\text{mm}$  肉厚  $9.5\text{mm}$ ) によつて組立てられている。これは振動の面より決められた寸法であり、(5-3-3 参照) 強度的には十分である。ト拉斯は計測終了後の最終入渠の際に取外す必要から、船体に取付けた二重張りの上に溶接した。溶接歪対策として、計測面のト拉斯は上下 2 分割として内作し、両者はスリーブ継手にしておき、現場取付けにおける最終段階でスリーブを溶接した。なお、ト拉斯の振動数の低下を避けるため、溶接部は水密としあつパイプの切口は盲板でふさいだ。五孔ピトー管の座は内作時に取付け溶接歪をとつて水平に仕上げ、五孔管ががたつかないようにした。図示されているように座はパイプの下側に取付けられているが、これはビニール管を常に上向きに誘導できるようにするためである。

#### (3) ト拉斯上の計器配置

ト拉斯に取付けられる計器は次のとおりである。

空気式五孔ピトー管	19 本
電気式五孔ピトー管	2 本
超音波式流速計	2 組
ノイズマイクロフォン	2 本
振動モニター用ゲージ	5 組

各計器には番号を付してあるが、下から順に上に向つて NO.1 - 19 までが空気式五孔管、NO. 20, 21 が電気式五孔管、NO. 22, 23 が超音波式流速計である。電気式五孔管と超音波式流速計は、取付けが計測直前になるため、岸壁繋留時にも吃水上に出ているか、もしくは沈んでも浅い所に来るよう出来るだけ上部に配置した。なお超音波流速計は、計器自体の性能を調査する意味もあつて、空気式 5 孔管から補間出来るよう、NO. 10, 11 および NO. 15, 16 の空気式五孔管の中間に配置した。プロペラノイズ計測用のマイクロフォンはト拉斯のステーにプロペラティップの方に向けて後向きに取付けた。

### 5-3-2 配線、配管および計測室配置

Fig. 5.3.2.1 に、取付けト拉斯から計測室までのビニール管、キャブタイヤコードの導設および配置要領を示す。実船計測を行なうための前提として、船体には孔をあけないという条件があつたため、

計器から出て来るビニール管、キャブタイヤコードはすべて甲板上の計測室まで船側をはわせなければならぬ。このため、管およびコードの長さは約70mにおよんだ。

ビニール管は外径5mm内径3mmのものを使用し各五孔管から出る5本のビニール管をまとめて1本の保護管（外径22mm、内径15mm、ワイヤー入りビニール管）に洗剤を利用して地上で行つた。

保護管およびキャブタイヤコードはトラスの後面に沿わせ、ゴム片を挟んで鋼製バンドで締めつけた。バンドの間隔は20～30cmで、現場で必要と思われる箇所を適宜選んだのであるが、鋼製バンドの端でこすれたためキャブタイヤコードの切断したもの（電気式五孔管）や、締めつけの弛みによるコードの繰返し変形のため切断したもの（ノイズ用マイクロフォン）、心線だけが切断したもの（超音波式流速計）、またビニール管の中にも五孔管から抜けてしまつたものなどがあつた。

これ等の事故は、ほとんどが計測終了後後進をかけて船体を停止するときに発生したもので、計測全体に大きな影響を与えるほどではなかつたが、今後この種の実験を行う場合には、管、電線類の固縛方法に注意を払う必要があることを痛感した。

管、コード類の船側えの取付けは、図示の如きウマを用い、そのピッチは水線上で約1m、水線下では約0.5mとした。しかし試験後の観察では、水線下で管、コードの弛んでいるところがあり、このピッチでもなお大きすぎたように思われる。

計測室は図示のように居住区後部のオーニングを張つた暴露部にマノメーターを、また居住区内の体育室にその他の諸計器を置いた。なおマノメーター用の空気として清浄なものを必要とするので、機関室の機器制御用空気溜から直接銅管を導設した。

### 5-3-3 トラスの振動

トラスは水流によるカルマン渦、さらにプロペラおよび主機に基づく起振力による振動をうけるので、トラス設計の際にはそれらとの共振をさけるため、以下のような振動計算を行なつて十分剛な構造としたが確認のため常石ドック入渠時に五孔管を取付けた状態で、空中での振動テストを実施した。また航走中のトラスの挙動をモニターするために、トラスの根元5ヶ所にストレインゲージをはりつけた。

#### (1) 振動計算

振動計算は日立技研にて開発済みの平面構造用プログラムを利用した。ここで対象にしているような立体構造の場合には、これを適当な平面構造に還元し、面外の部材は面構造を支持するバネ系として考え、そのバネ常数は別途計算してプログラムにインプットするようになつてゐる。この場合還元の仕方により振動数がるので、Table 5.3.3.1 に示す三つのモデルについて計算を行なつた。なお計算には五孔ピトー管と超音波流速計の質量を考慮したがビニール管及びコードは軽いので除外した。また海水中の附加質量は排水容積×海水の密度と仮定し最小振動数の(b)についてのみ計算した。

カルマン渦に基づく振動数はストローハル数Cを0.2、流速Vを6m/Sと考えると515cpm、  
 $C = 0.35$ 、 $V = 8m/S$  としても高々1200cpmである。またプロペラ（5翼）による振動数は、主軸回転数Nが約1200rpmであるので、5Nとして600cpm、10Nを考へても1200cpmである。さらに主機は12気筒のディーゼル・エンジンであるから、高々12Nの振動モードを考えるとしても1440cpmである。以上のことからトラスの固有振動数は十分安全側にあると

判断された。

## (2) 振動計測

ドック内における空気中の振動テストは、五孔管やビニール管など大部分の附加物が取りつけられた状態で、次のような方法で実施した。振動の検出は加速度計を、中央支柱の中間部に垂直および水平方向に取りつけ、足場板によるハンマーリングによつて行つた。

計測結果は水平方向の振動数が 5100 cpm、垂直方向の振れは記録されなかつた。

航走中の振動はモニター用ゲージで計測した。ゲージの水密はそれを囲うゴム枠の中にアラルダイトを充填することにより保持したが、約1ヶ月半の岸壁繫留中絶縁不良となるものはなかつた。しかし試運転時旋回中にリード線が次々と断線していき、満足な計測は出来なかつたが直進、旋回中とも船速にほとんど無関係に約 3000 cpm の値が得られた。従つてこの値がトラスの海水中での固有振動数であると考えられる。なお、後進中の振動が 1ヶ所のみ記録出来たがその振動数は 3600 cpm であつた。前進中の値とは若干異なるがその理由は不明である。

## (3) 結果の検討

計算値と計測値を比較してみると、空気中の振動数 5100 cpm (水平方向) は Table 5.3.1 (a) の場合の計算値とよく一致している。(b)の値は若干小さいがその理由はストラットのバネ常数計算の際(a)欄の S 部材を考慮に入れていないためと思われる。

空気中の固有振動数と海水中の計測値とから附加質量を逆算するため、空気中の振動数を  $n_1$ 、質量を  $M_1$ 、海水中のものをそれぞれ  $n_2, M_2$  とすると次の関係が成り立つので、

$$\frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

$n_1 = 5100 \text{ cpm}$ ,  $n_2 = 3000 \text{ cpm}$ ,  $M_1 = 70 \text{ kg. sec}^2/\text{m}$  を代入すると

$M_2 = 200 \text{ kg. sec}^2/\text{m}$  となる。従つて附加質量は  $M_2 - M_1 = 130 \text{ kg. sec}^2/\text{m}$  でトラスの排水量(質量) 約  $40 \text{ kg. sec}^2/\text{m}$  のほど 3 倍である。この値が予想外に大きいのはトラス構造物に五孔管やビニール管等が取りつけられた複雑な形状に起因するものであろう。

## 5-3-4 取付け作業

### (1) 工程表

作業に混乱を生じさせないため、事前に出来るだけ綿密な作業日程の検討を行なつた。工程表を Table 5.3.4.1 に示す。工程は大別して 2 段階に分けられる。第 1 段階は常石ドックにおける接合ドック(本船は分割建造であつた)時ににおけるトラス取付、五孔ピトー管取付および配管などであり、第 2 段階は内試運転前の岸壁繫留状態における諸計器の配置と機器の調整である。この両段階の間には約 1 ヶ月半の期間があり第 1 段階でなされた作業は放置されることになるので、その間の機器の保護装置もあわせて考慮された。

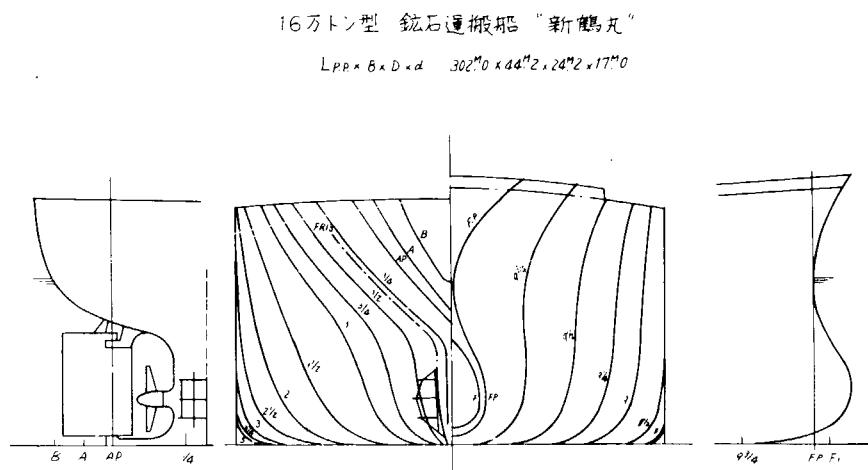
取付け状態の計測結果を Table 5.3.4.2 に掲げる。各五孔管ともフレのばらつきは  $1^\circ$  以内におさまつている。この結果にもとづいて、実際の管頭位置を算出したものが Table 5.3.4.3 である。

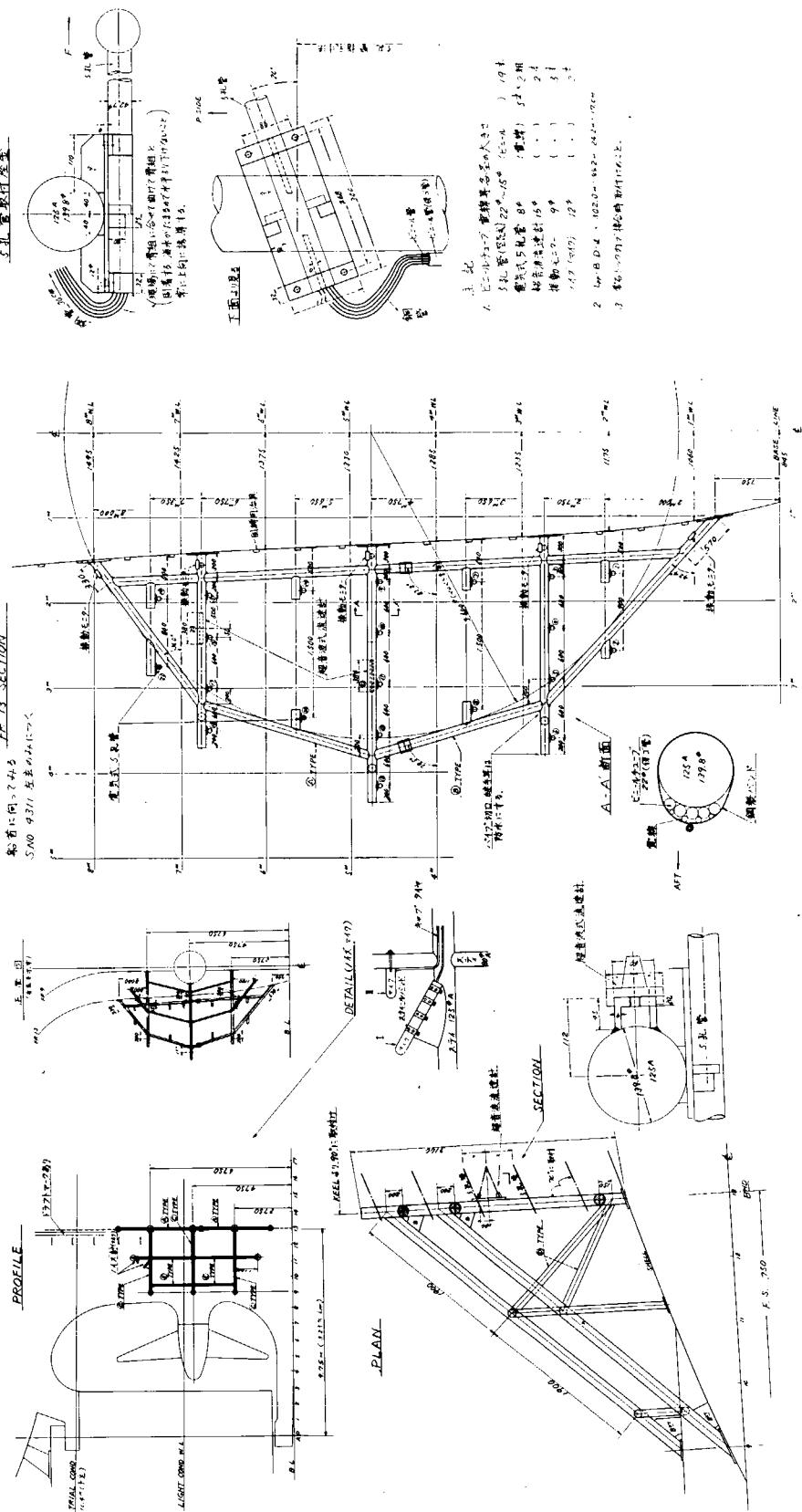
(2) 五孔ピトー管

五孔ピトー管は空気式、電気式とも接合ドック時に取付けられた。空気式五孔管の通気テストと耐圧テストは、船体取付前と接合ドックにおける取付時（通気テストのみ）、内試運転前（通気テストのみ）の3度にわたって行ない結果は良好であった。繫留期間中の五孔管保護のため頭部に軟式テニスボールをかぶせ、さらに水没するものにはビニール袋をかけて水密にした。これ等は内試運転直前に取外しその後は常時空気を流して孔にゴミのつまるのを防いだ。また物体の落下、浮遊物の衝突などを考慮して、トラスを覆つて金網を張りめぐらし保護装置とした。

(3) 超音波式流速計およびノイズマイクロфон

これ等計器を長期間暴露しておくことには問題があるので、取付けは内試運転前に行なつた。キャブタイヤコードの取付けは接合ドック時甲板舷側からジャンクションボックスまでに止め、残りは計器本体取付け時に導設した。





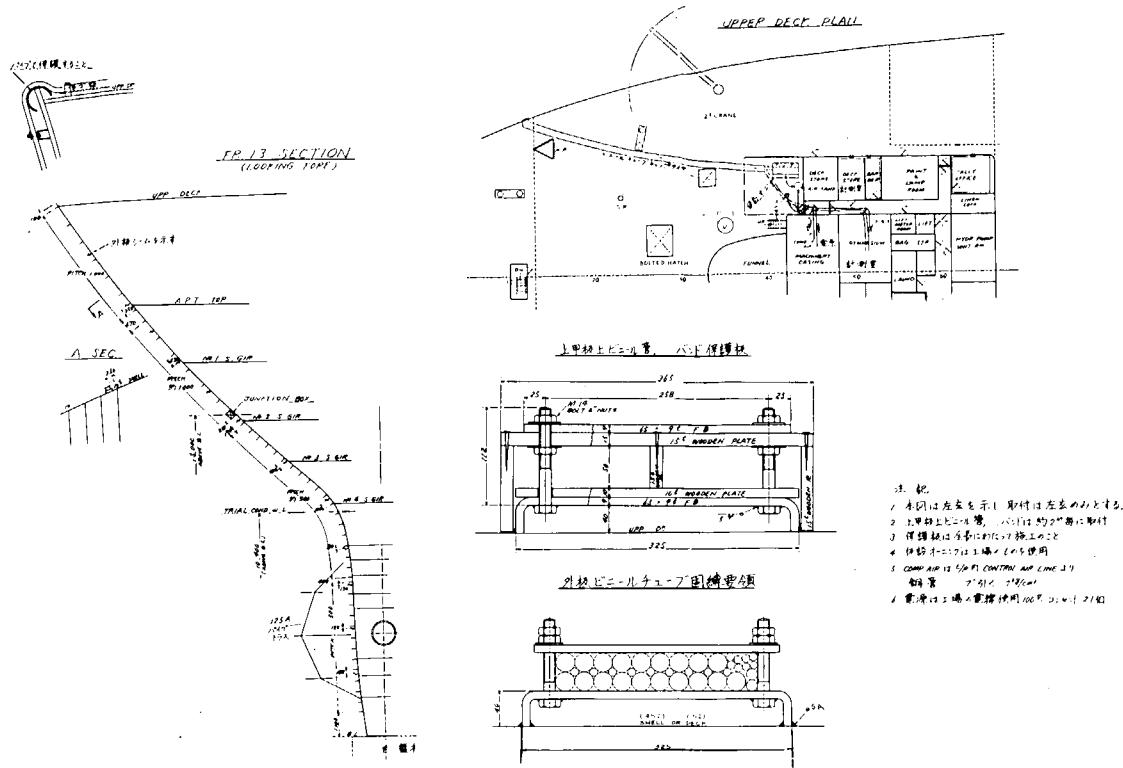


Fig. 5.3.2.1 配線配管配置図

Table 5.3.3.1 ト拉斯の空気中における振動数

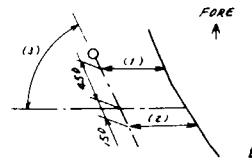
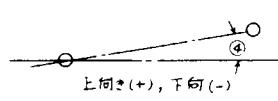
振動系	計算モデル	固有振動数
(a) 中央部斜面 の水平振動		50.76 62m
(b) 前面部斜面 の水平振動		44.52 62m
(c) 前面部斜面 の垂直振動		49.39 62m

Table 5.3.4.1

S.R - 4.3.11 日 程		6/23 28 月-水	6/29 火	6/30 水	7/1 木	7/2 金	7/3 土	7/4 日	7/5 火	7/6 水	7/7 木	7/8 金	7/9 土	7/10 日	7/11 火	7/12 水	7/13 木	7/14 金	7/15 土	7/16 日	7/17 火	7/18 水	7/19 木	7/20 金	7/21 土	7/22 日	7/23 火	7/24 水	7/25 木	7/26 金	7/27 土	7/28 日	7/29 火	7/30 水	7/31 木	8/1 金	8/2 土	8/3 日	8/4 火	8/5 水	8/6 木	8/7 金	8/8 土	8/9 日	8/10 火	8/11 水	8/12 木	8/13 金	8/14 土	8/15 日	8/16 火	8/17 水	8/18 木	8/19 金	8/20 土	8/21 日	8/22 火	8/23 水	8/24 木	8/25 金	8/26 土	8/27 日	8/28 火	8/29 水	8/30 木	8/31 金	9/1 土	9/2 日	9/3 火	9/4 水	9/5 木	9/6 金	9/7 土	9/8 日	9/9 火	9/10 水	9/11 木	9/12 金	9/13 土	9/14 日	9/15 火	9/16 水	9/17 木	9/18 金	9/19 土	9/20 日	9/21 火	9/22 水	9/23 木	9/24 金	9/25 土	9/26 日	9/27 火	9/28 水	9/29 木	9/30 金	9/31 土	10/1 日	10/2 火	10/3 水	10/4 木	10/5 金	10/6 土	10/7 日	10/8 火	10/9 水	10/10 木	10/11 金	10/12 土	10/13 日	10/14 火	10/15 水	10/16 木	10/17 金	10/18 土	10/19 日	10/20 火	10/21 水	10/22 木	10/23 金	10/24 土	10/25 日	10/26 火	10/27 水	10/28 木	10/29 金	10/30 土	10/31 日	11/1 火	11/2 水	11/3 木	11/4 金	11/5 土	11/6 日	11/7 火	11/8 水	11/9 木	11/10 金	11/11 土	11/12 日	11/13 火	11/14 水	11/15 木	11/16 金	11/17 土	11/18 日	11/19 火	11/20 水	11/21 木	11/22 金	11/23 土	11/24 日	11/25 火	11/26 水	11/27 木	11/28 金	11/29 土	11/30 日	11/31 火	12/1 水	12/2 木	12/3 金	12/4 土	12/5 日	12/6 火	12/7 水	12/8 木	12/9 金	12/10 土	12/11 日	12/12 火	12/13 水	12/14 木	12/15 金	12/16 土	12/17 日	12/18 火	12/19 水	12/20 木	12/21 金	12/22 土	12/23 日	12/24 火	12/25 水	12/26 木	12/27 金	12/28 土	12/29 日	12/30 火	12/31 水	1/1 木	1/2 金	1/3 土	1/4 日	1/5 火	1/6 水	1/7 木	1/8 金	1/9 土	1/10 日	1/11 火	1/12 水	1/13 木	1/14 金	1/15 土	1/16 日	1/17 火	1/18 水	1/19 木	1/20 金	1/21 土	1/22 日	1/23 火	1/24 水	1/25 木	1/26 金	1/27 土	1/28 日	1/29 火	1/30 水	1/31 木	2/1 金	2/2 土	2/3 日	2/4 火	2/5 水	2/6 木	2/7 金	2/8 土	2/9 日	2/10 火	2/11 水	2/12 木	2/13 金	2/14 土	2/15 日	2/16 火	2/17 水	2/18 木	2/19 金	2/20 土	2/21 日	2/22 火	2/23 水	2/24 木	2/25 金	2/26 土	2/27 日	2/28 火	2/29 水	2/30 木	2/31 金	3/1 土	3/2 日	3/3 火	3/4 水	3/5 木	3/6 金	3/7 土	3/8 日	3/9 火	3/10 水	3/11 木	3/12 金	3/13 土	3/14 日	3/15 火	3/16 水	3/17 木	3/18 金	3/19 土	3/20 日	3/21 火	3/22 水	3/23 木	3/24 金	3/25 土	3/26 日	3/27 火	3/28 水	3/29 木	3/30 金	3/31 土	4/1 日	4/2 火	4/3 水	4/4 木	4/5 金	4/6 土	4/7 日	4/8 火	4/9 水	4/10 木	4/11 金	4/12 土	4/13 日	4/14 火	4/15 水	4/16 木	4/17 金	4/18 土	4/19 日	4/20 火	4/21 水	4/22 木	4/23 金	4/24 土	4/25 日	4/26 火	4/27 水	4/28 木	4/29 金	4/30 土	5/1 日	5/2 火	5/3 水	5/4 木	5/5 金	5/6 土	5/7 日	5/8 火	5/9 水	5/10 木	5/11 金	5/12 土	5/13 日	5/14 火	5/15 水	5/16 木	5/17 金	5/18 土	5/19 日	5/20 火	5/21 水	5/22 木	5/23 金	5/24 土	5/25 日	5/26 火	5/27 水	5/28 木	5/29 金	5/30 土	5/31 日	6/1 火	6/2 水	6/3 木	6/4 金	6/5 土	6/6 日	6/7 火	6/8 水	6/9 木	6/10 金	6/11 土	6/12 日	6/13 火	6/14 水	6/15 木	6/16 金	6/17 土	6/18 日	6/19 火	6/20 水	6/21 木	6/22 金	6/23 土	6/24 日	6/25 火	6/26 水	6/27 木	6/28 金	6/29 土	6/30 日	7/1 火	7/2 水	7/3 木	7/4 金	7/5 土	7/6 日	7/7 火	7/8 水	7/9 木	7/10 金	7/11 土	7/12 日	7/13 火	7/14 水	7/15 木	7/16 金	7/17 土	7/18 日	7/19 火	7/20 水	7/21 木	7/22 金	7/23 土	7/24 日	7/25 火	7/26 水	7/27 木	7/28 金	7/29 土	7/30 日	7/31 火	8/1 水	8/2 木	8/3 金	8/4 土	8/5 日	8/6 火	8/7 水	8/8 木	8/9 金	8/10 土	8/11 日	8/12 火	8/13 水	8/14 木	8/15 金	8/16 土	8/17 日	8/18 火	8/19 水	8/20 木	8/21 金	8/22 土	8/23 日	8/24 火	8/25 水	8/26 木	8/27 金	8/28 土	8/29 日	8/30 火	8/31 水	9/1 木	9/2 金	9/3 土	9/4 日	9/5 火	9/6 水	9/7 木	9/8 金	9/9 土	9/10 日	9/11 火	9/12 水	9/13 木	9/14 金	9/15 土	9/16 日	9/17 火	9/18 水	9/19 木	9/20 金	9/21 土	9/22 日	9/23 火	9/24 水	9/25 木	9/26 金	9/27 土	9/28 日	9/29 火	9/30 水	9/31 木	10/1 金	10/2 土	10/3 日	10/4 火	10/5 水	10/6 木	10/7 金	10/8 土	10/9 日	10/10 火	10/11 水	10/12 木	10/13 金	10/14 土	10/15 日	10/16 火	10/17 水	10/18 木	10/19 金	10/20 土	10/21 日	10/22 火	10/23 水	10/24 木	10/25 金	10/26 土	10/27 日	10/28 火	10/29 水	10/30 木	10/31 金	11/1 土	11/2 日	11/3 火	11/4 水	11/5 木	11/6 金	11/7 土	11/8 日	11/9 火	11/10 水	11/11 木	11/12 金	11/13 土	11/14 日	11/15 火	11/16 水	11/17 木	11/18 金	11/19 土	11/20 日	11/21 火	11/22 水	11/23 木	11/24 金	11/25 土	11/26 日	11/27 火	11/28 水	11/29 木	11/30 金	11/31 土	12/1 日	12/2 火	12/3 水	12/4 木	12/5 金	12/6 土	12/7 日	12/8 火	12/9 水	12/10 木	12/11 金	12/12 土	12/13 日	12/14 火	12/15 水	12/16 木	12/17 金	12/18 土	12/19 日	12/20 火	12/21 水	12/22 木	12/23 金	12/24 土	12/25 日	12/26 火	12/27 水	12/28 木	12/29 金	12/30 土	12/31 日	1/1 火	1/2 水	1/3 木	1/4 金	1/5 土	1/6 日	1/7 火	1/8 水	1/9 木	1/10 金	1/11 土	1/12 日	1/13 火	1/14 水	1/15 木	1/16 金	1/17 土	1/18 日	1/19 火	1/20 水	1/21 木	1/22 金	1/23 土	1/24 日	1/25 火	1/26 水	1/27 木	1/28 金	1/29 土	1/30 日	1/31 火	2/1 水	2/2 木	2/3 金	2/4 土	2/5 日	2/6 火	2/7 水	2/8 木	2/9 金	2/10 土	2/11 日	2/12 火	2/13 水	2/14 木	2/15 金	2/16 土	2/17 日	2/18 火	2/19 水	2/20 木	2/21 金	2/22 土	2/23 日	2/24 火	2/25 水	2/26 木	2/27 金	2/28 土	2/29 日	2/30 火	2/31 水	3/1 木	3/2 金	3/3 土	3/4 日	3/5 火	3/6 水	3/7 木	3/8 金	3/9 土	3/10 日	3/11 火	3/12 水	3/13 木	3/14 金	3/15 土	3/16 日	3/17 火	3/18 水	3/19 木	3/20 金	3/21 土	3/22 日	3/23 火	3/24 水	3/25 木	3/26 金	3/27 土	3/28 日	3/29 火	3/30 水	3/31 木	4/1 金	4/2 土	4/3 日	4/4 火	4/5 水	4/6 木	4/7 金	4/8 土	4/9 日	4/10 火	4/11 水	4/12 木	4/13 金	4/14 土	4/15 日	4/16 火	4/17 水	4/18 木	4/19 金	4/20 土	4/21 日	4/22 火	4/23 水	4/24 木	4/25 金	4/26 土	4/27 日	4/28 火	4/29 水	4/30 木	4/31 金	5/1 土	5/2 日	5/3 火	5/4 水	5/5 木	5/6 金	5/7 土	5/8 日	5/9 火	5/10 水	5/11 木	5/12 金	5/13 土	5/14 日	5/15 火	5/16 水	5/17 木	5/18 金	5/19 土	5/20 日	5/21 火	5/22 水	5/23 木	5/24 金	5/25 土	5/26 日	5/27 火	5/28 水	5/29 木	5/30 金	5/31 土	6/1 日	6/2 火	6/3 水	6/4 木	6/5 金	6/6 土	6/7 日	6/8 火	6/9 水	6/10 木	6/11 金	6/12 土	6/13 日	6/14 火	6/15 水	6/16 木	6/17 金	6/18 土	6/19 日	6/20 火	6/21 水	6/22 木	6/23 金	6/24 土	6/25 日	6/26 火	6/27 水	6/28 木	6/29 金	6/30 土	7/1 日	7/2 火	7/3 水	7/4 木	7/5 金	7/6 土	7/7 日	7/8 火	7/9 水	7/10 木	7/11 金	7/12 土	7/13 日	7/14 火	7/15 水	7/16 木	7/17 金	7/18 土	7/19 日	7/20 火	7/21 水	7/22 木	7/23 金	7/24 土	7/25 日	7/26 火	7/27 水	7/28 木	7/29 金	7/30 土	7/31 日	8/1 火	8/2 水	8/3 木	8/4 金	8/5 土	8/6 日	8/7 火	8/8 水	8/9 木	8/10 金	8/11 土	8/12 日	8/13 火	8/14 水	8/15 木	8/16 金	8/17 土	8/18 日	8/19 火	8/20 水	8/21 木	8/22 金	8/23 土	8/24 日	8/25 火	8/26 水	8/27 木	8/28 金	8/29 土	8/30 日	8/31 火	9/1 水	9/2 木	9/3 金	9/4 土	9/5 日	9/6 火	9/7 水	9/8 木	9/9 金	9/10 土	9/11 日	9/12 火	9/13 水	9/14 木	9/15 金	9/16 土	9/17 日	9/18 火	9/19 水	9/20 木	9/21 金	9/22 土	9/23 日	9/24 火	9/25 水	9/26 木	9/27 金	9/28 土	9/29 日	9/30 火	10/1 水	10/2 木	10/3 金	10/4 土	10/5 日	10/6 火	10/7 水	10/8 木	10/9 金	10/10 土	10/11 日	10/12 火	10/13 水	10/14 木	10/15 金	10/16 土	10/17 日	10/18 火	10/19 水	10/20 木	10/21 金	10/22 土	10/23 日	10/24 火	10/25 水	10/26 木	10/27 金	10/28 土	10/29 日	10/30 火	10/31 水	11/1 木	11/2 金	11/3 土	11/4 日	11/5 火	11/6 水	11/7 木	11/8 金	11/9 土	11/10 日	11/11 火	11/12 水	11/13 木	11/14 金	11/15 土	11/16 日	11/17 火	11/18 水	11/19 木	11/20 金	11/21 土	11/22 日	11/23 火	11/24 水	11/25 木	11/26 金	11/27 土	11/28 日	11/29 火	11/30 水	11/31 木	12/1 金	12/2 土	12/3 日	12/4 火	12/5 水	12/6 木	12/7 金	12/8 土	12/9 日	12/10 火	12/11 水	12/12 木	12/13 金	12/14 土	12/15 日	12/16 火	12/17 水	12/18 木	12/19 金	12/20 土	12/21 日	12/22 火	12/23 水	12/24 木	12/25 金	12/26 土	12/27 日	12/28 火

Table 5.3.4.2 5孔管取付け状態(4.6.7.5常石ドックで計測)

1. 計測位置



(注)

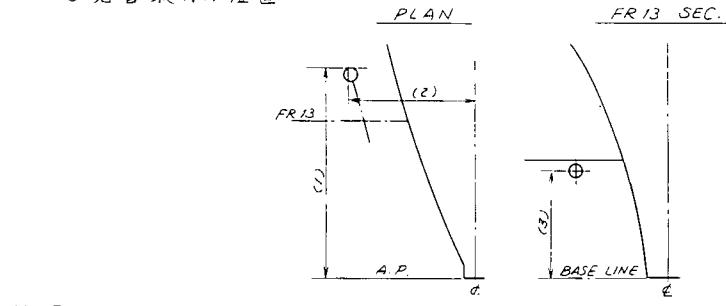
(1), (2) は外板外面よりの距離。Mould Lineからの距離は (1), (2) に付いて  
板厚をタテに 32 分の修正を要す

2. 計測結果

5孔管番号	(1) 外板からの距離(前)	左(2) 右(後)	横傾角度(3)	水平との角度(4)
1	555	510	70.1°	-0.6°
2	904 (1459)	888 (1398)	69.5°	-0.4°
3	540	515	71.7°	-0.4°
4	605 (1145)	591 (1106)	70.4°	-0.4°
5	600 (1745)	600 (1706)	70.4°	-0.6°
6	607 (2352)	604 (2310)	70.1°	-0.6°
7	545	510	69.8°	-0.4°
8	1500 (2045)	1500 (2010)	69.8°	-1.0°
9	545	522	70.6°	+0.6°
10	603 (1145)	593 (1123)	70.7°	0
11	610 (1708)	611 (1716)	69.7°	+1.0°
12	603 (2358)	593 (2327)	69.8°	+0.4°
13	2961	2920	68.9°	0
14	550	520	69.7°	0
(電気式) 20	1500 (2050)	1508 (2028)	70.5°	+0.6°
15	520	525	70.8°	+0.2°
16	508 (1028)	500 (1025)	70.0°	+0.4°
17	598 (1624)	602 (1627)	70.6°	+0.2°
18	613 (2237)	602 (2229)	70.5°	+0.8°
19	855 (493)	848 (487)	70.2°	+0.2°
(電気式) 21	855 (1348)	848 (1335)	69.5°	+0.6°

Table 5.3.4.3

## 5孔管取付け位置



NOTE :

本取付け位置は S.46-7-5 常石ドックにて計測された数値に基き算出する。

5孔管番号	(1) APより5孔管頭までのキリ	(2) Eより5孔管頭までのキリ	(3) BLより5孔管中心までのキリ	備考
1	10.333	1.924	1.894	
2	10.331	2.850	1.896	
3	10.339	1.973	2.626	
4	10.333	2.582	2.626	
5	10.333	3.182	2.644	
6	10.333	3.791	2.644	
7	10.332	2.040	3.546	
8	10.332	3.540	3.539	
9	10.334	2.102	2.656	
10	10.335	2.701	2.650	
11	10.331	3.808	4.661	
12	10.332	3.918	4.654	
13	10.329	4.524	4.650	
14	10.331	2.155	5.550	
20	10.334	3.652	5.556	電気式5孔管
15	10.335	2.181	6.652	
16	10.335	2.692	6.652	
17	10.334	3.286	6.652	
18	10.334	3.899	6.659	
19	10.333	2.228	7.252	
21	10.331	3.054	7.256	電気式5孔管

## 5-4 実船実験および内試運転結果

### 5-4-1 テスト項目、計測項目

Table 5.4.1.1 内試運転時のスケジュールを示す。このスケジュールにもとづいて、次の計測を行つた。

### 5-4-2 計測要領

計測要領は連絡網と共に Table 5.4.2.1 に示す。

これを立案する場合に考慮した項目は

- (1) 同時多通話可能な電話やハンドマイクの連絡網
- (2) 計測可能時間と所要時間（計測点数、記録方法が関連）
- (3) 計測器材取扱いの習熟度（人員配置）
- (4) 状況、情報のフィードバック（連絡網、指揮系統に関連）

である。

### 5-4-3 実験の状況

8月26日の実験当日は快晴に恵まれ海象も穏やかであつた。当日の計測順序は次のとおりである。

- (1) 吃水計測
- (2) 計器のゼロ点調整
- (3) 計器の作動テスト
- (4) 直進時、旋回時伴流計測
- (5) プロペラ遊転時伴流計測
- (6) 計器のゼロ点チェック

Table 5.4.3.1 は計測時の司令、プリッジ、計測室間の連絡や、計測発令状況等の現場記録である。表中の時刻はすべてマノメーターボードの時計による。船速、回転数、風向、風速、舵角、コース等もプリッジからの連絡による。

テストの翌日本船の入渠の際船底の状況を観察したが、問題となる程の船底の汚損は生じていなかつた。

### 5-4-4 内試運転結果

伴流解析の基礎となる船速、回転数などの計測結果は次のとおりである。

#### (1) 速力試験

Table 5.4.4.1 に計測値と潮流修正を行つた結果を示す。

Fig. 5.4.4.1 では回転数と速力（潮流修正済み）との関係を図示する。風の修正についてはコースが島影にあり風向風速が不規則なため、検討の結果これを行なわないことにした。潮流は(i)2台の潮流計を試運転コース近傍に設置して (Fig. 5.4.4.2) 計測(ii)マイルポスト速力による推定（風の影響は考慮しない）(iii)標柱間航走時投板によつて求めた対水速力と対地速力との差から求める。の三方法で求め検討の結果(iii)を採用した。(Fig. 5.4.4.3 参照)

なおプロペラ遊転時の投板による船速を修正するため、標柱間航走時にも投板を行つた。投板計測間隔は 150 m、投板落下位置は舷側より約 25 m である。上記(iii)の速力と比較すると、投板は約 3

%ほど高い値を示した。(Fig. 5.4.4.1 参照)

(2) 旋回(Uターン)試験

Fig. 5.4.4.4 に時間経過に対する回頭角、船速、回転数を、Fig. 5.4.4.5 に航跡を示す。

船速としては投板速力そのままを用いた。(投板間隔は 5.1.4.4 mm)

(3) 緊急停止試験

間隔 5.1.4.4 m により求めた船速を Fig. 5.4.4.6 に示す。これに(1)の修正を加えて解析に用了。

Table 5.4.1.1

SNO 4311 新鶴丸 海上内試運転次第表 (於号前沖) 2月26日

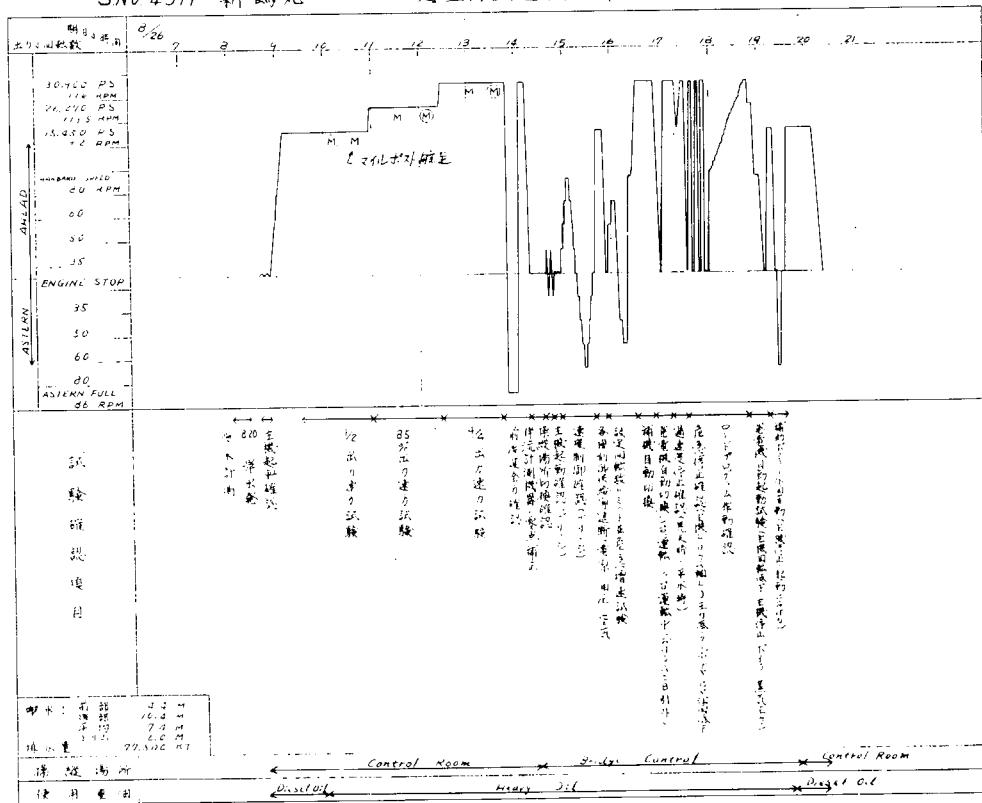


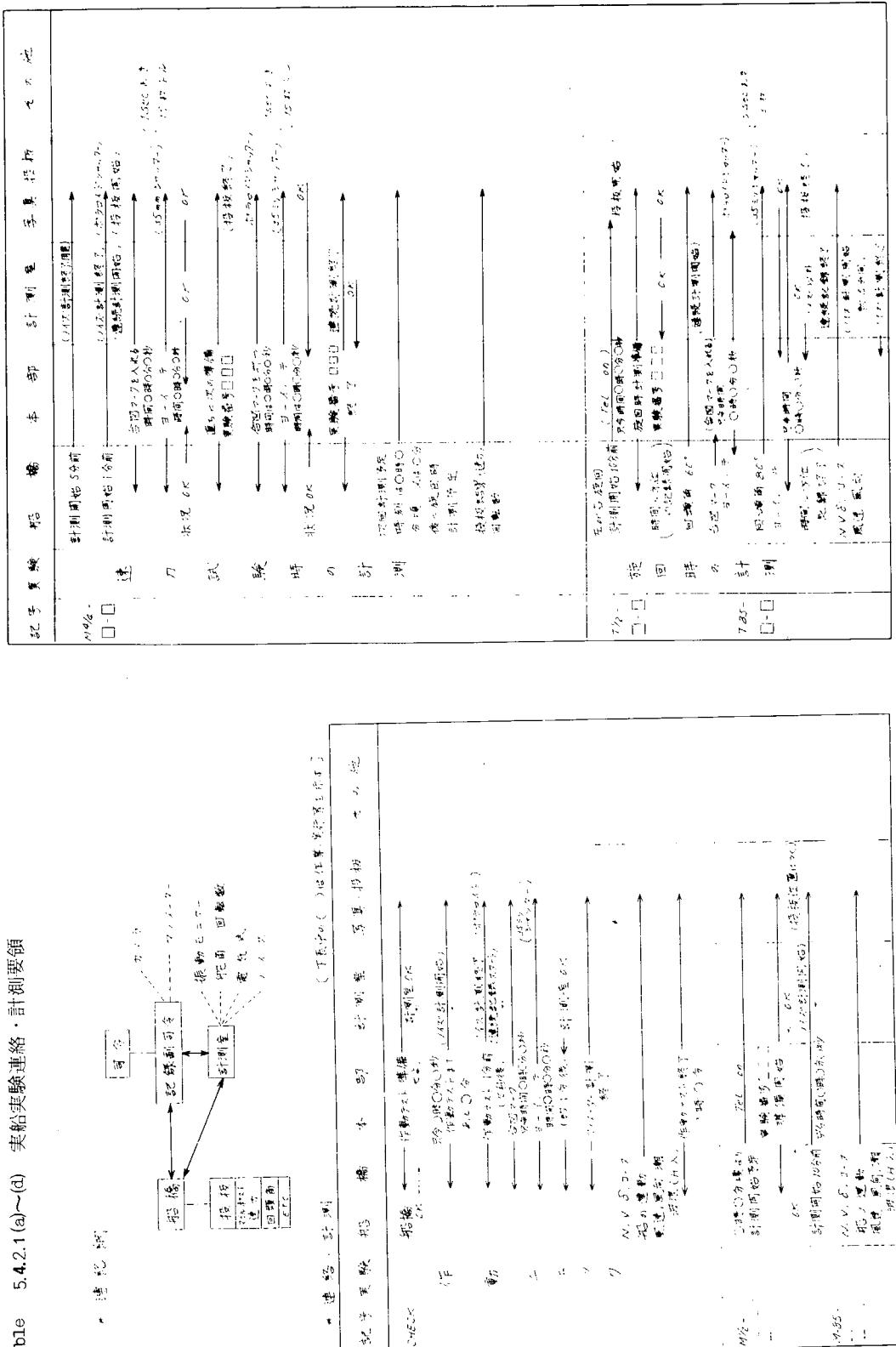
Table 5.4.1.2

直進時の伴流計測	$\frac{1}{2}, 85\%$ および $\frac{3}{4}$ 出力における マイルポスト間 航走中に 2 回計測 試験番号(例) M $\frac{1}{2}$ - W - 1 マイルポスト, $\frac{1}{2}$ 出力, 西行, 1 回目
旋回時の伴流計測	舵角 $35^\circ$ で 旋回を開始し $80^\circ$ 回頭した 時点で 計測 試験番号(例) T 85 - E
プロペラ遊転時 の伴流計測	緊急停止試験時 情力航走中に 2 回計測 (主機停止発令後 約 15 秒後と 1 分 30 秒後) 試験番号 C - 1.

Table 5.4.1.3

項目	直進時	旋回時	緊急停止時
マイルポストによる 船速	○	×	×
投波による 船速	○	○	○
回転数	○	○	○
相対風向風速 (目視)	○	○	○
当航の平均値 (目視)	○	×	×
マノメータ記録	○	○	○
電気式五孔ヒート管	○	○	○
超音波式 流速計	○	○	○
ノイズ	○	○	×
回頭角	×	○	×

Table 5.4.2.1 (a)~(d) 實船実験連絡・計測要領



-146-

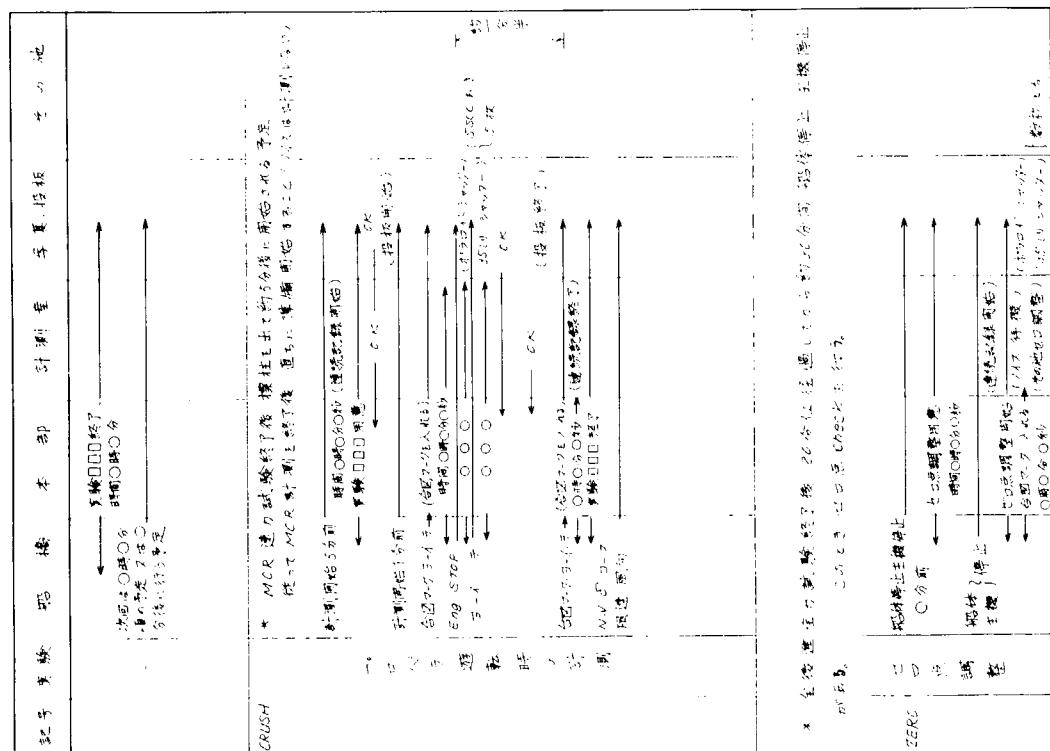
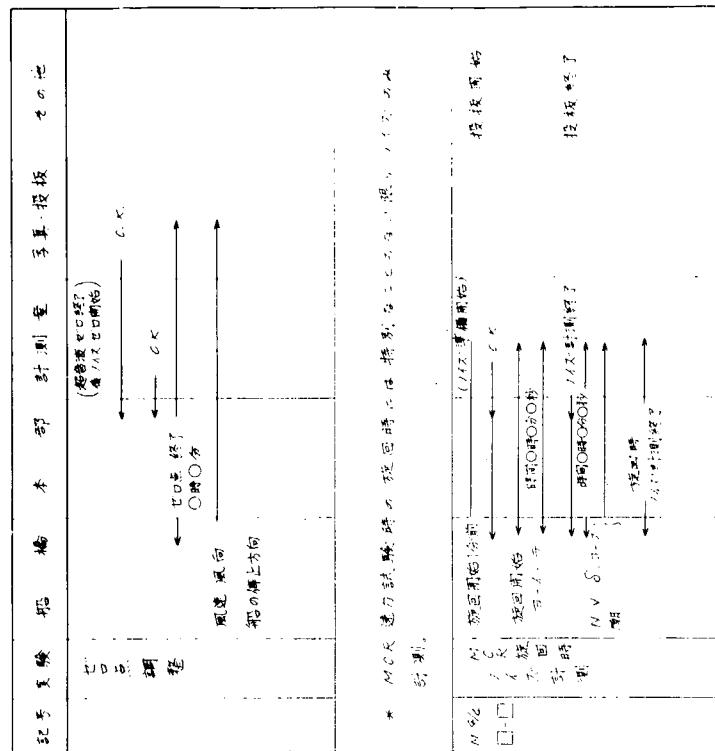


Table 5.4.3. 1(a)~(d) 伴流計測実験現場記録

時 分	秒	試験の種類	距離 (mm)	航向 (°)	航速 (cm/s)	記号	備考
8 40		主機回転船速航向	3-7, 4-8, 5-9	3-7, 4-8, 5-9	0.5		航船、連絡電話 Test おき
45		アノマリティロード撮影					
56		計測量時計盤合					
58		アーリーナンス					
9 28		海水比重 (SG 1.015 (salt), SG 1.020 (fresh)) 温度 25.5°C					
10		水槽航行 航速傳達記録					
15		操作チェック NO.1 航速	P-3				
17		操作チェック NO.2 航速	7.8				
18 25		合図マーク	8.2	1.448	53°		ヨー・フェード、ヨー・ヨー
19 12		ヨー・ヨー・ヨー	8.2	1.448	2.09		ヨー・ヨー・ヨー
22		ヨー・ヨー・ヨー	8.2	1.448	2.09		ヨー・ヨー・ヨー
32 12		操作チェック NO.2	8.4	1.186	53°		ヨー・ヨー・ヨー
34		ヨー・ヨー・ヨー	8.4	1.186	2.39		ヨー・ヨー・ヨー
38		旋回時の記録	8.0	1.186	2.39		旋回終了
43			8.0	1.186	2.39		
46			8.0	1.186	2.39		
48			8.0	1.186	2.39		
52		計測開始 5分前	8.0	1.186	2.39		計測開始 5分前
53		アーリーナンス	8.0	1.186	2.39		アーリーナンス
55		操作	8.0	1.186	2.39		操作
57		操作	8.0	1.186	2.39		操作
57 40		合図マーク	8.0	1.186	51°		合図マーク
58 10		ヨー・ヨー・ヨー	8.0	1.186	2.39		ヨー・ヨー・ヨー
10 2 40		ヨー・ヨー・ヨー	8.0	1.186	2.39		ヨー・ヨー・ヨー
3 10		ヨー・ヨー・ヨー	8.0	1.186	2.39		ヨー・ヨー・ヨー
4 30		ヨー・ヨー・ヨー	83.3 13.377	0	2.33		ヨー・ヨー・ヨー

時 分 秒	試験の 種類	主機 回転数 rpm	船速 (kn)	航角 度	コース 風速	風向	記 事	時 分 秒	試験の 種類	主機 回転数 rpm	船速 km/h	航角 度	コース 風速	風向	記 事
12 03								13 09	若干船尾付近の水が前へ流れている。船は少し左へ左へ横揺れがある。						
12 45	M85-E-2 (NO.13)	1020	12.050	0	55°	10.5°	計測 振動モニタ 27	5.3 20	ビロ点確認 終了 合図マーク						
12 52								5.0 23	合図マーク 戻る						
12 41								5.5	船尾側の水は完全停止						
12 45	M86-W-1 (NO.14)	1025	12.050	0	55°	10.5°	入標 5合前 合図マーク 微板開始	風速 0 m/s 水流はなく潮流速度はほとんどないと思われる。 波高、波長 0							
12 46	0						入標 計測								
12 47	M86-W-2 (NO.15)	1025	12.050	0	55°	10.5°	合図マーク 計測								
12 48							出標	10	(全試験終了)						
12 49															
13 12															
12 42															
13 0	M86-E-1 (NO.13)	1025	12.050	0	55°	10.5°	入標 計測								
13 20							合図マーク								
13 26															
13 28															
13 30															
13 35	M86-E-2 (NO.13)	1025	12.050	0	55°	10.5°	出標 計測								
13 37															
13 39															
13 45	C-1 (NO.15)	36	26	16	0	0		5.25°	緊急停止合前 機械制始						
13 50									主機停止発令 合図マーク						
13 52									計測						
13 55									" "						

Table 5.4.4.1

S.NO. 4311 航行試験										RESULT OF PROGRESSIVE SPEED TRIAL (BALLAST CONDITION)				
Date	26th Aug. 1971		Measured course distance		1,852.5 m		Sea water		S.G.	TEMP.				
Place	off Yuge Island		Depth of sea water		22' - 38' (平均水深)		SWELL		1.0213	25.5°C				
Weather	Fine		Sea condition		Smooth		Air		NO SWELL	PRESSURE				
	Ship's condition													
Draught	Fwd. (at F.P.) Midship. Aft. Mean	7.93 7.30 7.00 7.00	Block coefficient Prismatic coefficient Water plane coefficient Midship section coefficient	(Cb) (Cp) (Cw) (Cs)	0.789 0.802 0.831 0.886				Propeller immersion:- Bulb immersion:-	I/D = 0.770				
Trim by Stern	5.94		Water Line length		300.1 m									
Deflection Sagg	0.05		Wetted surface		13,780 m <sup>2</sup>									
Displacement ( $\Delta$ )	77,830 t (76,207 m <sup>3</sup> )		Date of undocking		FINAL DOCK									
Engine load	No.	Direction of course	Time at start of test	Elapsed time over the course	Speed (kt)	Mean r.p.m.	Mean r.p.m.	BHP	Mean BHP	Tidal current	Wind velo. and direction	Tide correction (knots)	Speed corrected (knots)	Sea condition
1/2	M&N	233°	10 <sup>00</sup> -00 <sup>00</sup>	4 <sup>00</sup> -29 <sup>00</sup>	13.377	83.3	83.75	12,060		→ □ 20°	10°	+0.137	13.514	SMOOTH 0
	M&E	53°	10 <sup>00</sup> -50 <sup>00</sup>	4 <sup>00</sup> -17 <sup>00</sup>	14.066	88.2		12,320	12,100		→ △ 11.4°	8°	-0.174	13.632
3/5 M	M&N	233°	11 <sup>00</sup> -24 <sup>00</sup>	3 <sup>00</sup> -43 <sup>00</sup>	16.083	16.567	104.8	25.620		△ -	0°	+0.510	16.593	" E. 1.1°
	M&E	53°	10 <sup>00</sup> -03 <sup>00</sup>	3 <sup>00</sup> -31 <sup>00</sup>	17.050	104.0	100.4	26.050	25.290		△ -	5°	-0.548	16.502
4/6	M&N	233°	12 <sup>00</sup> -45 <sup>00</sup>	3 <sup>00</sup> -25 <sup>00</sup>	17.557	114.5		32.100		→ □ 30°	8°	-0.420	17.985	" 0
	M&E	53°	12 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup>	3 <sup>00</sup> -16 <sup>00</sup>	18.208	115.0	114.75	32.100	32.400		→ △ 11.5°	10°	-0.410	17.988

Remarks:-

1. Speed measured by Mile Post      3. Tide correction  
 2. 水深 7.1m (東側) 約27m      Ref. Fig. 5.4.2 (潮の修正は行わる)  
 " 西側 約38m

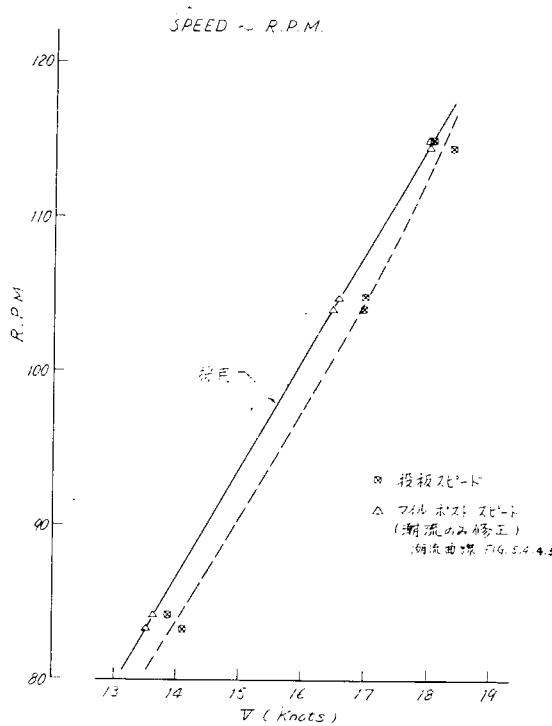


Fig. 5.4.4.1

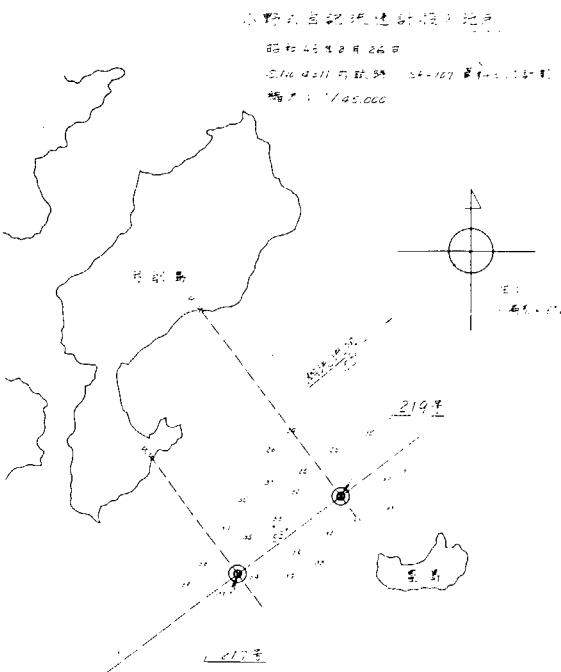


Fig. 5.4.4.2

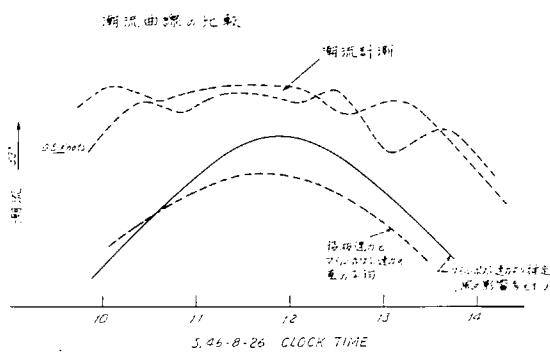


Fig. 5.4.4.3

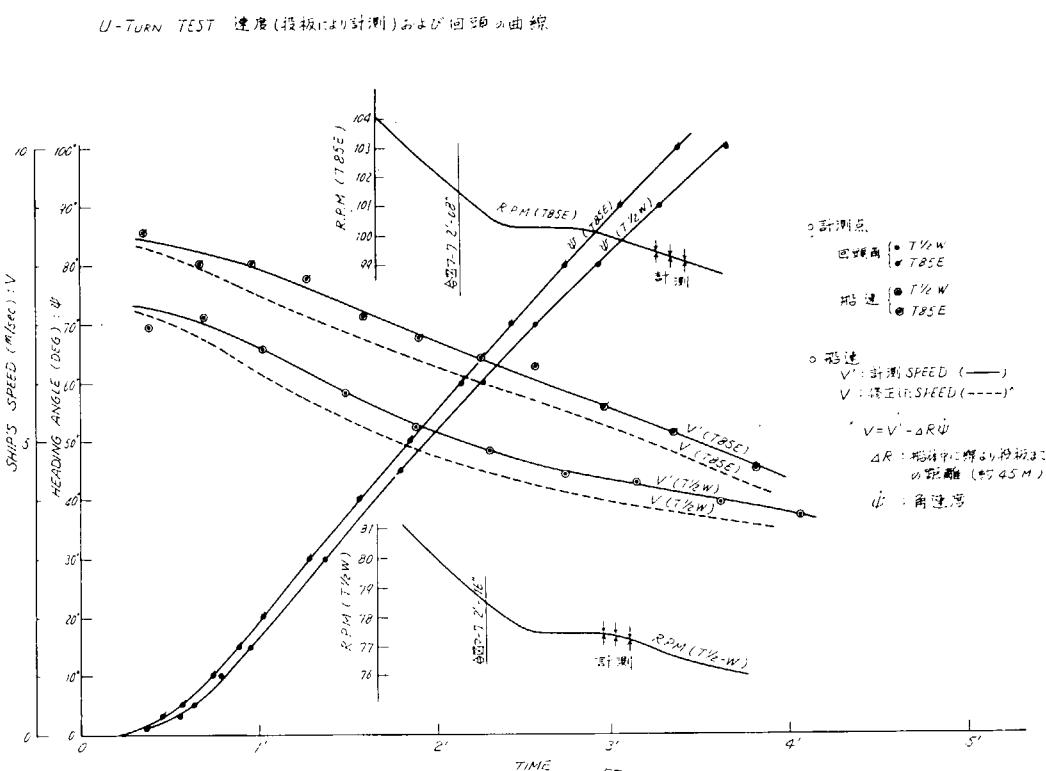


Fig. 5.4.4.4

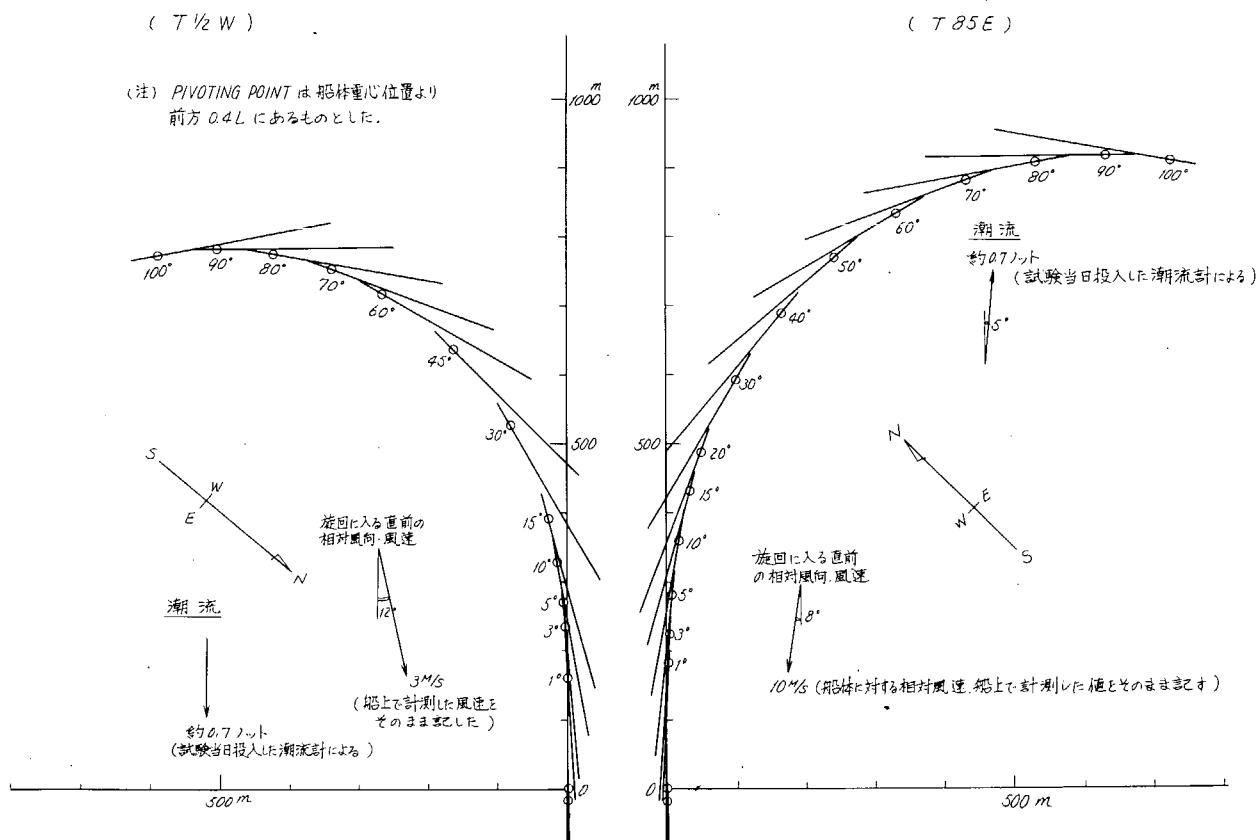


Fig. 5.4.4.5

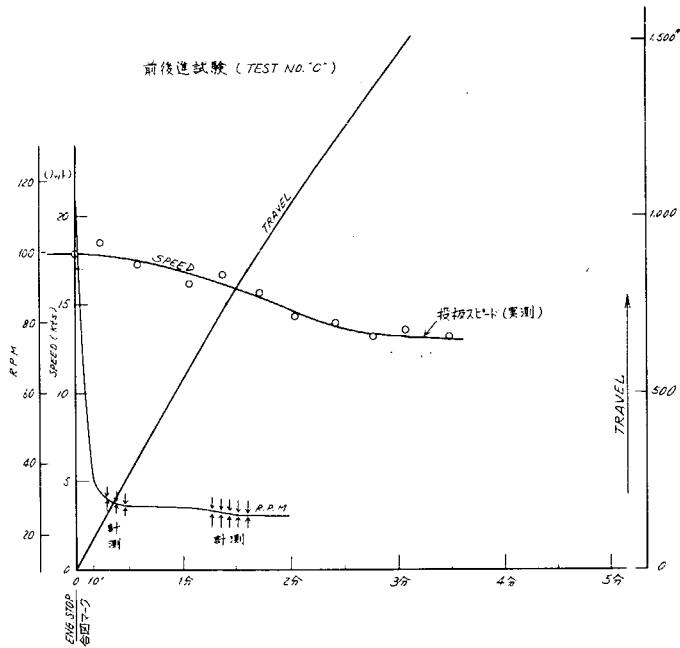


Fig. 5.4.4.6

## 5-5 五孔ピート管の検定

### 5-5-1 検定装置

検定装置そのものについては、45年度報告書（研究資料No.124）に記載されており、五孔管先端の水深を考えることなく上下左右の角度を与える構造になつてゐる。実験にあたつてはスオードの影響をさけるため、五孔管の後部にパイプを継ぎスオード中心より五孔管先端までの距離をスオード直徑の5倍になるようにした。また、スオードまわりには流線型のおおいを取付けた。

五孔管の中心までの深度は400mmとし、角度振りはすべて水平面内で行なつた。

### 5-5-2 マノメータ

マノメータは普通実験室で使用される型式でゲージ液として低速域に対しては水を、高速域に対しては水銀を使用した。

さらに実船計測に使用した空気式マノメータの精度を調べるために、その一組を取り出し、ビニール管も実際の長さ70mのままを使用しゲージ液のみ水に代えて実験を行つた。その結果は5-5-3にて述べるように十分な精度であることが知れた。

### 5-5-3 検定結果

検定速度範囲は0.5m/S～6.5m/Sである。速度上限は実船実験の速度まで行なうことがのぞましいが、検定装置の強度的制約から6.5m/Sまでとした。

検定は予備用五孔管について詳細に行ない、確認のため実際に使用されたNo.18五孔管については数点にとどめたが、両者について殆んど一致した結果が得られたので、ここでは予備用五孔管の結果のみを示す。

Fig. 5.5.3.1に示した記号を用い、角度を求める函数  $f_h = \frac{P_S - P_P}{2P_c - P_S - P_P}$  、速度を求め  
る函数  $g_h = \frac{P_C - P_P}{\frac{1}{2} \rho (V_h)^2}$  、作図の便宜上  $10 \cdot g_h$  としたと  $R_n$  数 ( $= \frac{V_D}{\nu}$ ) との関係を  
示したのが、Fig. 5.5.3.2 および Fig. 5.5.3.3 である。 $f_n$  は  $\beta_h = 0^\circ \sim 25^\circ$  の範  
囲では  $R_n$  に無関係に一定値を示すが、 $\beta_h$  が大きくなるにつれて低  $R_n$  域でこの特性がくずれる。  
Fig. 5.5.3.3 にに関しては低  $R_n$  域 ( $\beta_h = 0 \sim 30^\circ$ ) と高  $R_n$  域 ( $\beta_h = 0 \sim 40^\circ$ ) で異つ  
た一定値を示し、その間に明瞭な遷移域が存在する。なおこの結果は水平 $\oplus$ 方向の振り角におけるもの  
であるが、 $\ominus$  方向の振り角についても、チエツク的な意味で検定を行ない、 $\oplus$  方向とほぼ一致した結果  
を得た。このことから、五孔管の製作精度が良好であつたと判断し、 $\beta_v$  ( $\pm$ ) の振り角に対する検定  
は省略した。

$f_h$  および  $10 \cdot g_h$  が一定値を保つ範囲を Fig. 5.5.3.4 に、解析に用いる検定曲線を Fig.  
5.5.3.5 に示す。

空気式による結果を Fig. 5.5.3.6 に示す。図中に  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$  と記された実験点以外のものは全  
部減圧弁圧力設定値が  $1.8 \text{ Kg/cm}^2$  の場合に得られた結果であり、前述の Fig. 5.5.3.2 および  
Fig. 5.5.3.3 の値とよい一致を示している。図中に圧力不足と記されている実験点は通気時間不  
足のため整定しなかつたもので、圧力を  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$  に上昇させると整定時間が短縮され妥当な結果が得  
られた。

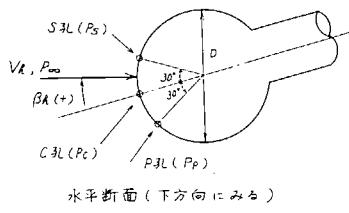


Fig. 5.5.3.1 5孔ピト管記号説明図

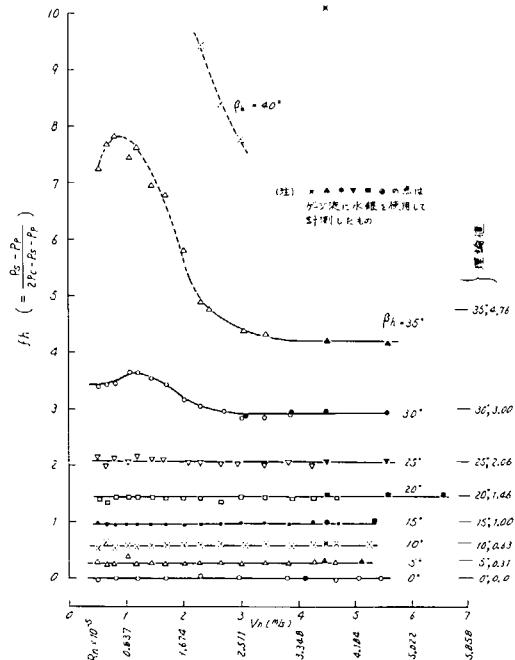


Fig. 5.5.3.2 Rn— $f_h$  曲線

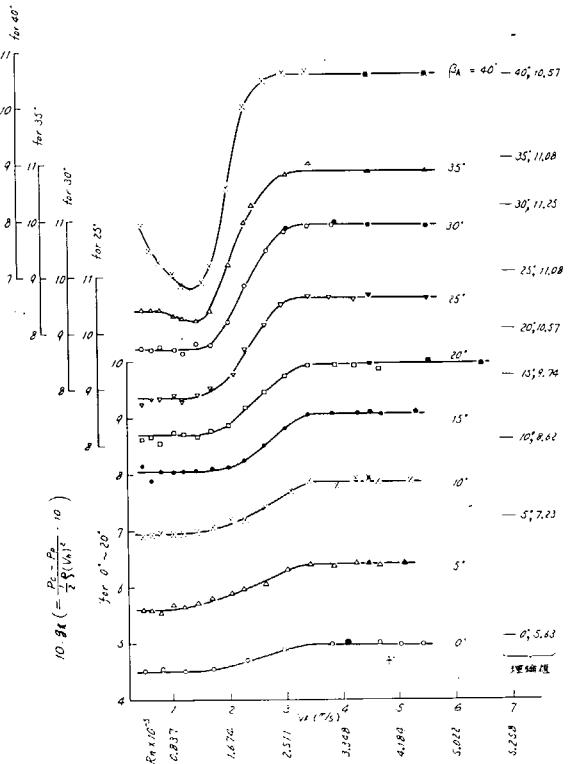


Fig. 5.5.3.3 Rn— $10 \cdot g_h$  曲線

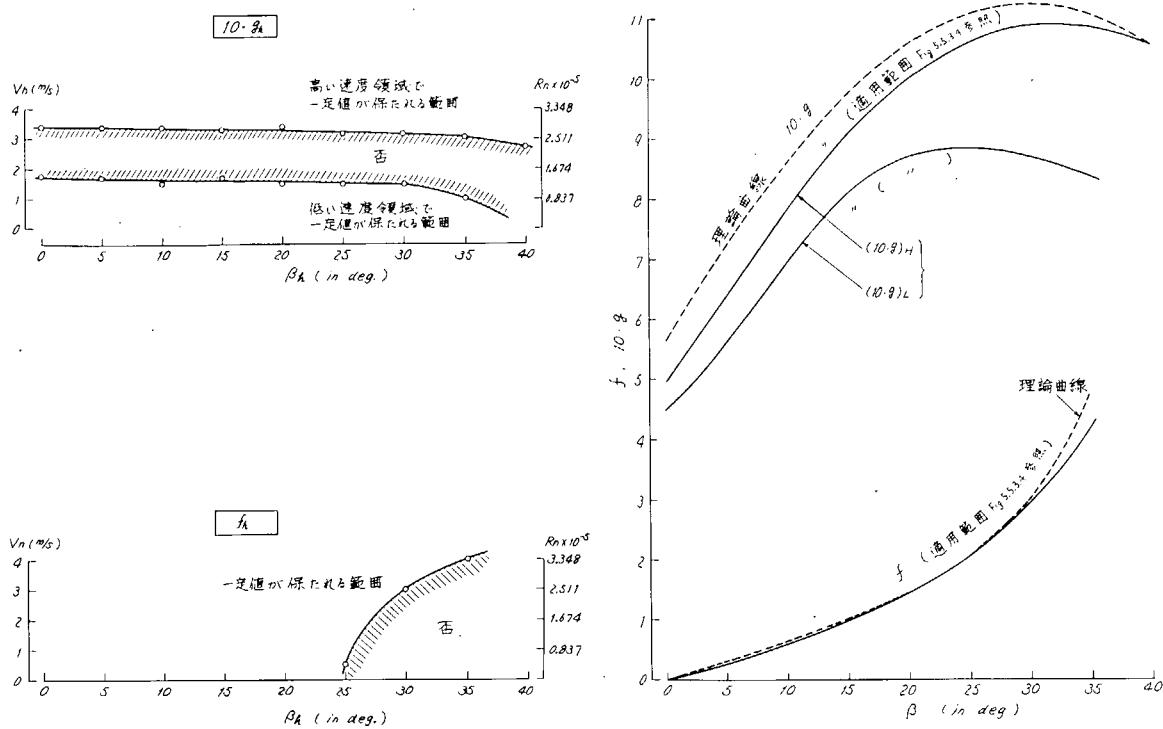


Fig. 5.5.3.4  $f_h$  および  $10 \cdot g_h$  が一定値を保つ範囲

Fig. 5.5.3.5 檢定曲線

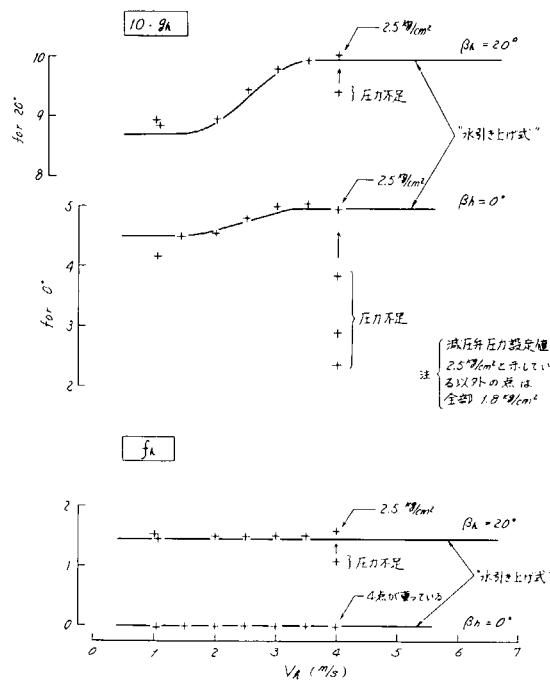


Fig. 5.5.3.6 空気式マノメータによる結果

## 5-6 実船伴流の解析

### 5-6-1 座標系および記号

座標系を Fig. 5.6.1.1 に示す。

記号

P マノメータ上で基準線より読み取った水銀柱の圧力値

脚付 C, T, B, S, P は五孔ピトーブの孔の位置 (Fig. 5.6.1.1 参照)

V 流入速度

V<sub>S</sub> 船速 (5-4-4 参照)

M マイルポスト航走時

C プロペラ遊転時

T 旋回時

1/2, 85, 4/4 それぞれ主機出力 50%, 85%, 100% MCR

E 航路東向

W 航路西向

### 5-6-2 マノメータの読み取り

マイルポスト間航走中のマノメータの記録は、35mmカメラにより1秒おきに15枚づつ2回、通算30枚撮影している。目視によると水銀柱は周期5秒位で±3mm位の変動をしていて、解析における最低限の読み取り枚数を決めるため、85%時の五孔管 No.12 と No.18 について30枚をすべて読み、変動の様子を調べた。Fig. 5.6.2.1 ~ 2 は No.12 五孔管の例である。これを見ると水銀柱の変動には目視で感じたほどの周期性は認められず、V<sub>X</sub>, V<sub>Y</sub>, V<sub>Z</sub> のバラツキは意外に少なくて (V<sub>X</sub> の変動は大きいようであるが伴流値にすれば数%の変動に過ぎない)、読み取り精度 (約 1mm) を考慮すれば10点程度の平均で十分であると思われる。したがって解析に用いる値は30点中10点のV<sub>X</sub>, V<sub>Y</sub>, V<sub>Z</sub> の平均とした。

電算機による解析の際の入力は P<sub>C-P<sub>T</sub></sub>, P<sub>C-P<sub>B</sub></sub>, P<sub>C-P<sub>S</sub></sub>, P<sub>C-P<sub>P</sub></sub> および船速 V であり、出力は V<sub>X/V<sub>S</sub></sub>, V<sub>y/V<sub>S</sub></sub>, V<sub>Z/V<sub>S</sub></sub>, V<sub>YZ/V<sub>S</sub></sub>, V/V<sub>S</sub>, R<sub>n</sub>, α, β, β<sub>v</sub>, β<sub>h</sub> である。

ただし V は五孔ピトーブに対する流入速度で α は V<sub>YZ/V<sub>S</sub></sub> ベクトルが水平軸 (Y 軸) となす角、β は五孔管の中心軸と V とのなす角、β<sub>v</sub>, β<sub>h</sub> は前述の通りである。

Fig. 5.5.3.3 にみられるように β<sub>h</sub>=30° までについて考えれば臨界 R<sub>n</sub> の上下で特性が異なっている。それぞれの特性を使って描かれた g 関数の検定曲線は Fig. 5.5.3.5 の (10.g) H および (10.g) L である。検定曲線として Fig. 5.5.3.5 の f および 2 本の g 曲線を使用し、全出力データについて R<sub>n</sub> を求めると、ほとんどが臨界 R<sub>n</sub> より大きいことがわかつたので遷移域の不安定性などを考慮して、出力値としては (10.g) H によるものを採用した。

使用した定数は次の通りである。

$$\rho_{Hg} = 13867 \frac{Kg \cdot S^2}{m^4}, \quad \rho_{sea} = 10413 \frac{Kg \cdot S^2}{m^4}, \quad \nu_{sea} = 0.93245 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

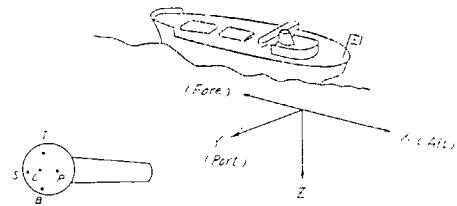


Fig. 5.6.1.1

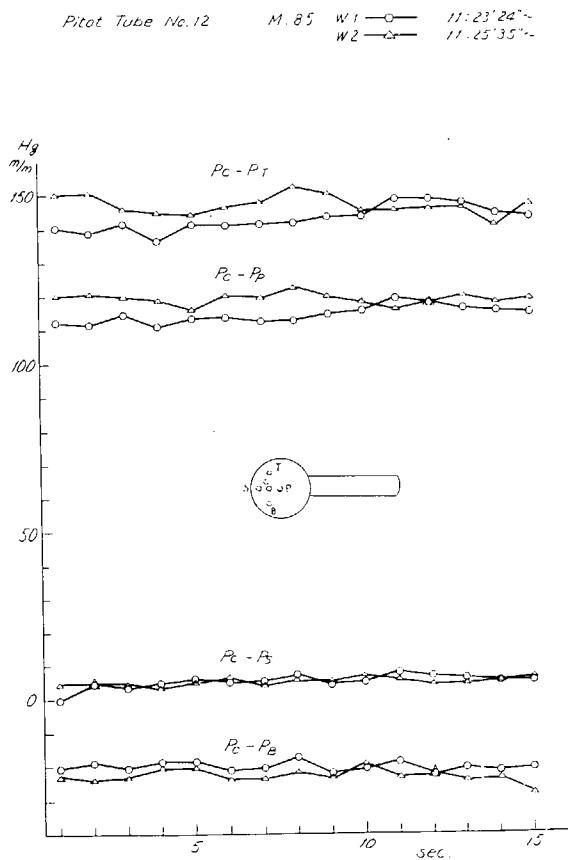


Fig. 5.6.2.1  $P_C - P_T$ , その他の変動

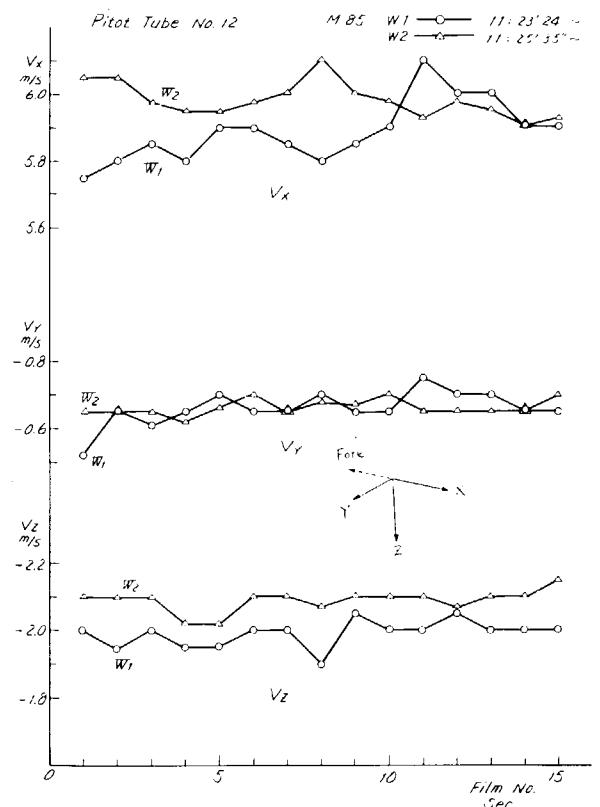


Fig. 5.6.2.2  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$  の変動

## 5-7 計測および解析結果とその考察

### 5-7-1 空気式五孔管による計測値

#### (1) 解析結果

伴流分布 ( $w = 1 - \frac{V_X}{V_S}$ ) を、Fig. 5.7.1.1 ~ 2, 3, 4, 5 に、 $V_Y$ ,  $V_Z$  のベクトル表示を

Fig. 5.7.1.6 ~ 7, 8, 9, 10 に示す。Fig. 5.7.1.11 ~ 12 には船尾縦渦の過度分布を示す。

伴流分布図を作る際、測定値をクロスフェアリングしたが、その段階で五孔管 #8 が全体的にわずか低め ( $w$  で 0.02 位) の値を示し、#14 が M. 8.5 W 以後、#11 が M. 4.4 E 以後各々カーブよりはずれた。理由はつきりしないが、考察の(Q)を参照されたい。

#### (2) 考察

##### (a) 伴流分布図について

Fig. 5.7.1.1 ~ 5 に示される伴流分布にはくびれがあり、後出の  $V_Y$ ,  $V_Z$  分布の項で詳しく述べるように、船尾ビルジ渦の存在が認められる。主機出力の違いによる  $w$  の差 (Fig. 5.7.1.5) は多少認められるようではあるが、西行と東行の差 (Fig. 5.7.1.1 ~ 3) や同一航走中の変動 (Fig. 5.6.2.2) 等を考慮すると、有意の差とは考えにくい。

一方プロペラ遊転時の結果 (Fig. 5.7.1.4) はプロペラ作動のものとは明らかに差があるが、模型より大きい伴流値であることからみても、これをもつて実船の抵抗状態の伴流分布図であるとは言いきれないであろう。この原因としては、プロペラ吸込み以外の影響、たとえば船速が低下中であること、プロペラが完全な遊転状態でないこと、僅かではあるが偏針していることなどが考えられる。

航走中の実船伴流を三菱長崎水槽で行つた 8 m 模型の伴流分布図 Fig. 5.7.1.13、および船研水槽で行つた 1.2 m 模型の伴流分布図 Fig. 5.7.1.14 と比較すると分布形状はよく類似しているが、実船では伴流の幅がかなり狭くなっているのが明かである。しかし尺度影響を定量化するには、8 m と 1.2 m 模型の差が意外に大きく、また後述の渦度分布の性質に相違が見られるなど、実船と比較する以前の問題として解決を要するものがあると思われる所以、本報告では資料の提出のみに止めた。

##### (b) $V_Y$ , $V_Z$ 分布について

Fig. 5.7.1.6 ~ 10 より船尾渦の存在は明らかであり、 $V_Y$ ,  $V_Z$  分布の主機出力による差およびプロペラ遊転時の形状変化等については(a)において述べたこととほど同様のことと言える。(模型の  $V_Y$ ,  $V_Z$  分布を Fig. 5.7.1.15 ~ 16 に示す) ここでは渦ベクトルの X 方向成分について考えることとし、M. 8.5 W の渦度分布 Fig. 5.7.1.11 と模型の渦度分布 Fig. 5.7.1.17 ~ 18 について考察する。但し 8 m 模型における測定断面は実船の測定断面より後方約 600 mm の所に対応しており、幅方向で約 200 mm の差がある。1.2 m 模型は実船と同一断面である。ここで渦度の表示としては次のような無次元値を用いた。

$$\zeta = \frac{-\phi_{\Delta A} V_y dy + V_z dz}{\Delta A \cdot V/L} \quad (\Delta A \text{ は面積要素})$$

これ等の図によると、実船の渦領域は伴流分布と同様に狭くなるが、渦度は大きくなり、定性的には船尾渦のサーキュレーション一定の方向にあると考えられる。しかし定量的に論ずるには実船の計測点が少なく、さらに 1.2 m 模型の外側では渦度の負になる領域が存在して従来の模型実験では知られていない性質が見られるなどの事情があり、ここで簡単に結論づけることは困難である。

今後、より細かな検討と多少の再試験などが必要と思われる。

#### (c) 計測法について

1. 五孔管のうち数本は圧力測定用ビニール管の接続工作不良のため、水流により管がぬけ、(5 本すべてぬけたのは No. 4, 5, 8, 11、1 本のみぬけたのが No. 10, 11 である) 最終ゼロ点がとれなかつた。しかし解析結果からみると緊急停止時の水流によりぬけたものと思われるので、計測値への影響はないものと考えられる。なお解析に用いたゼロ点は実験最初のものである。残りの 13 本の五孔管は正常であり、ゼロ点の移動もほとんどみられなかつた。計測中途より測定不能となつた 2 本の五孔管、No. 11, 14 については、浮遊物のまわりとも考えられる。
2. 計測点はプロペラ円内に分布させるよりも長方形内に分布させる方が解析上は便利であつた。
3. マノメータのゲージ管をビニールにしたのは取扱上非常に楽であつたが、紫外線をよく通すため水銀の酸化が早く、実験後半のデータがかなり読み難くなり、水銀酸化防止策を考える必要を感じた。
4. 写真によるマノメータの記録は引伸して読取る時にフィルム粒子の荒れが邪魔になるので注意する必要がある。

#### 5-7-2 電気式 5 孔管による計測値

No. 21 の五孔ピトー管用のローパスフィルターが不調であつたので、この五孔管については、フィルターなしで計測を実施した。計測記録の一例を Fig. 5.7.2.1 ~ 2 に示すが高周波成分のため線が太くなり、計測精度が若干落ちる結果となつた。しかしそれぞれの移動は割合少なかつた。

No. 20 の五孔ピトー管用のフィルターは遮断周波数をこれ以下 (大よそ 5 Hz) にすれば読み取り精度は一層上るものと考えられる。しかしこのフィルターの作動不良のため特に  $P_S$  と  $P_T$  のゼロ点が大幅に移動し、この五孔管の精度も少々下つた。

Fig. 5.7.2.3 に参考までに旋回試験時の記録を示す。8 Hz の周波数成分となり現象が明瞭に記録されている。これは旋回時にしばしば経験される激しい船体振動によるものと考えられる。

#### (1) 計測結果および考察

解析は空気式と全く同じ方法によつた。得られた結果を Fig. 5.7.1.1 ~ 10 (4, 9 を除く) の空気式と同一図面の中に示す。計測上多少不具合であつたためか、両管とも流速は周りの空気式による値よりやゝ小さい。

#### 5-7-3 超音波式流速計による計測値

本船停止中及び低速航行中は反射微粒子不足のため充分な受信レベルが得られず測定不能であつたが、主機出力 1/2 MCR 以上では船体から発生する気泡がかなりの量に達し大体良好な受信状態が得られた。ただし旋回中特に右旋回の時には気泡の分布が変り時々受信状態が悪くなることがあつた。

実験番号 11 のとき、チャンネル 2 (上部) が受信不能となつたので以後はチャンネル 1 のみ計測し

た。

装置の周波数応答は、 $1\text{ Hz}$  として使用し  $10\text{ Hz}$  の方は流速変動状態を知るための参考用として用いた。Table 5.7.3.1 に合図マーク後 10 秒間の平均流速を一覧表として示し、伴流係数の形にして Fig. 5.7.1.1 ~ 5 の中に示す。

流速の連続記録値（5 秒毎に区切りその区間の平均値をプロットしたもの）の一例を Fig. 5.7.3.1 及び 5.7.3.2 に示す。ビデオで記録された流速状況を Fig. 5.7.3.3 及び Fig. 5.7.3.4 に示す。前者は周波数応答度を  $1\text{ Hz}$ 、後者は  $10\text{ Hz}$  とした場合である。

今回の計測位置は水面に近いことから気泡含有率が高く、また多少の気泡むらも流速計測値には大きな影響を及ぼしてはないように考えられ、妥当な実船伴流が計測できたと判断してよいであろう。

なお本船の発生する気泡の利用が期待できない場合には超音波反射が弱く計測不能となることがある。これに対して現在のところ抜本的な対策を講ずることは困難であり超音波周波数の上昇と送波出力の増加により改善する余地はあつても、現在の超音波振動子の製作技術からいつて大きな期待はかけられない。

#### 5-7-4 ノイズ計測値

船尾の超音波ノイズのスペクトルを Fig. 5.7.4.1 に示す。これによると  $100\text{ KHz} \sim 300\text{ KHz}$  附近にかなり強いスペクトルがあり、その高調波成分が  $1\text{ MHz}$  以上まで認められるが勢力は微弱である。したがつて使用周波数  $1.1\text{ MHz}$  の超音波流速計に与える影響は殆んどないと考えられ、使用周波数を  $1\text{ MHz}$  程度まで低くしても支障は少ないと思われる。

計測終了後にマイクロフォン I の導線の断線が発見されたが、 $100\text{ KHz}$  附近のスペクトルがマイクロフォン II のそれと非常によく似ているので、断線は計測終了後と思われる。

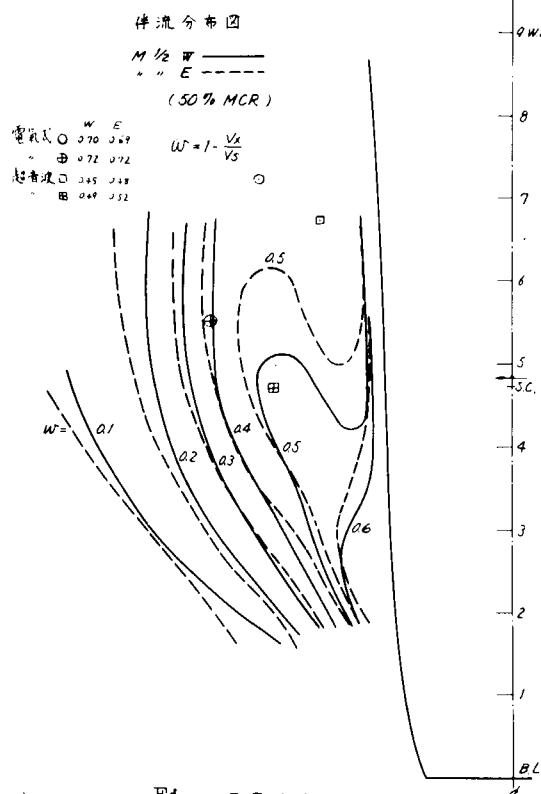


Fig. 5.7.1.1

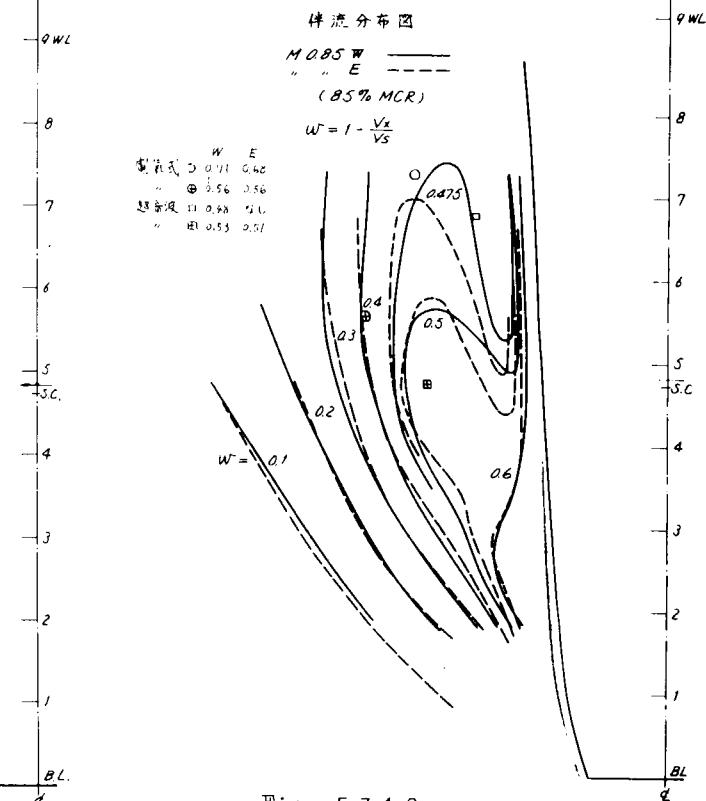


Fig. 5.7.1.2

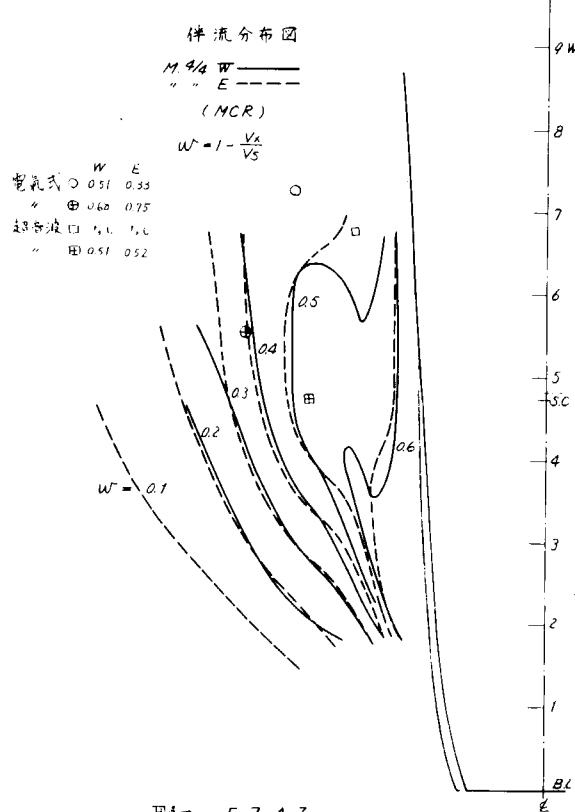


Fig. 5.7.1.3

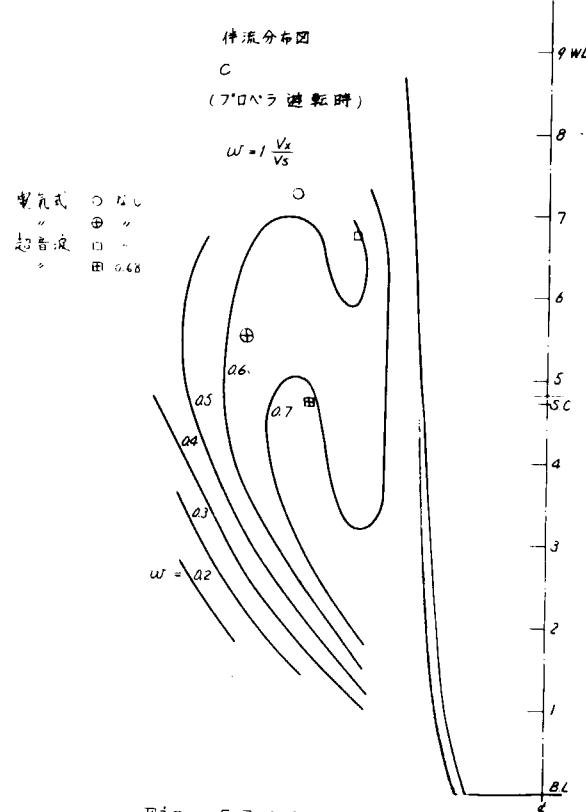


Fig. 5.7.1.4

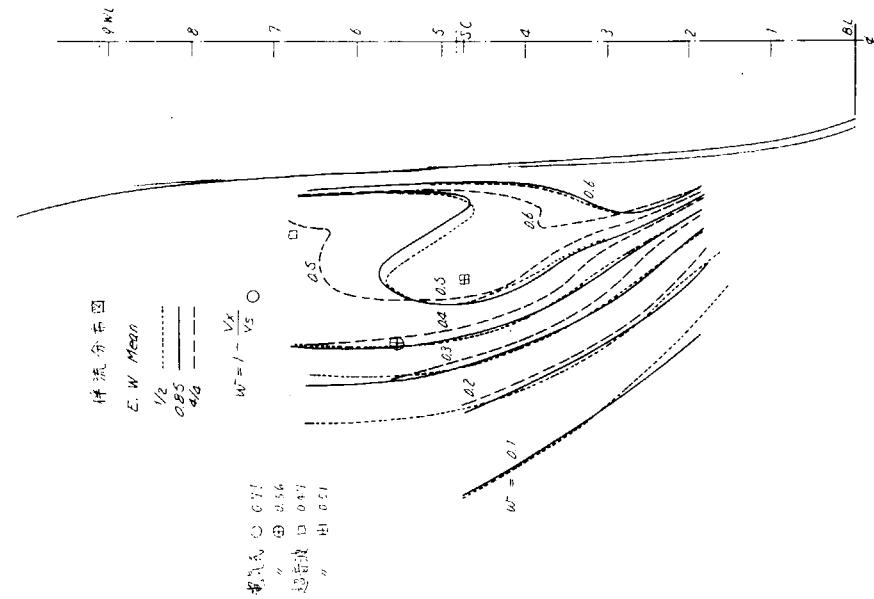


Fig. 5.7.1.5

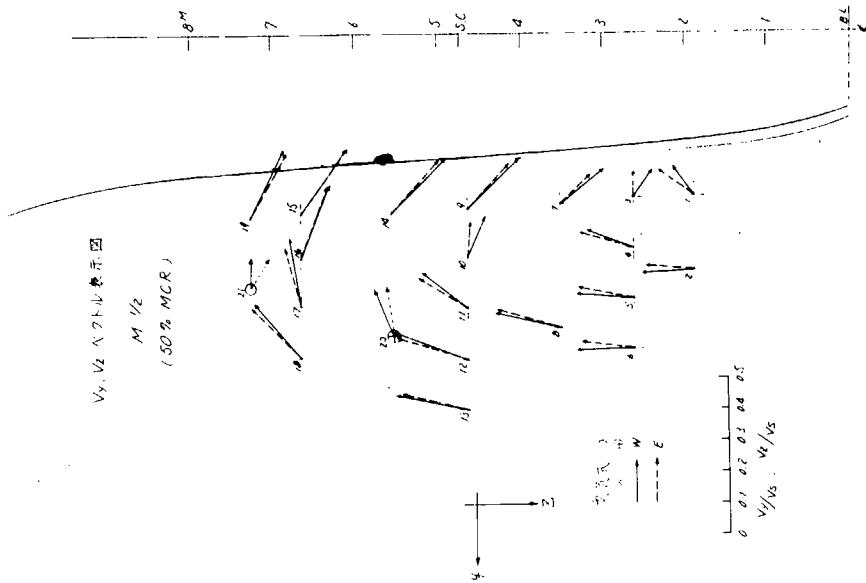


Fig. 5.7.1.6

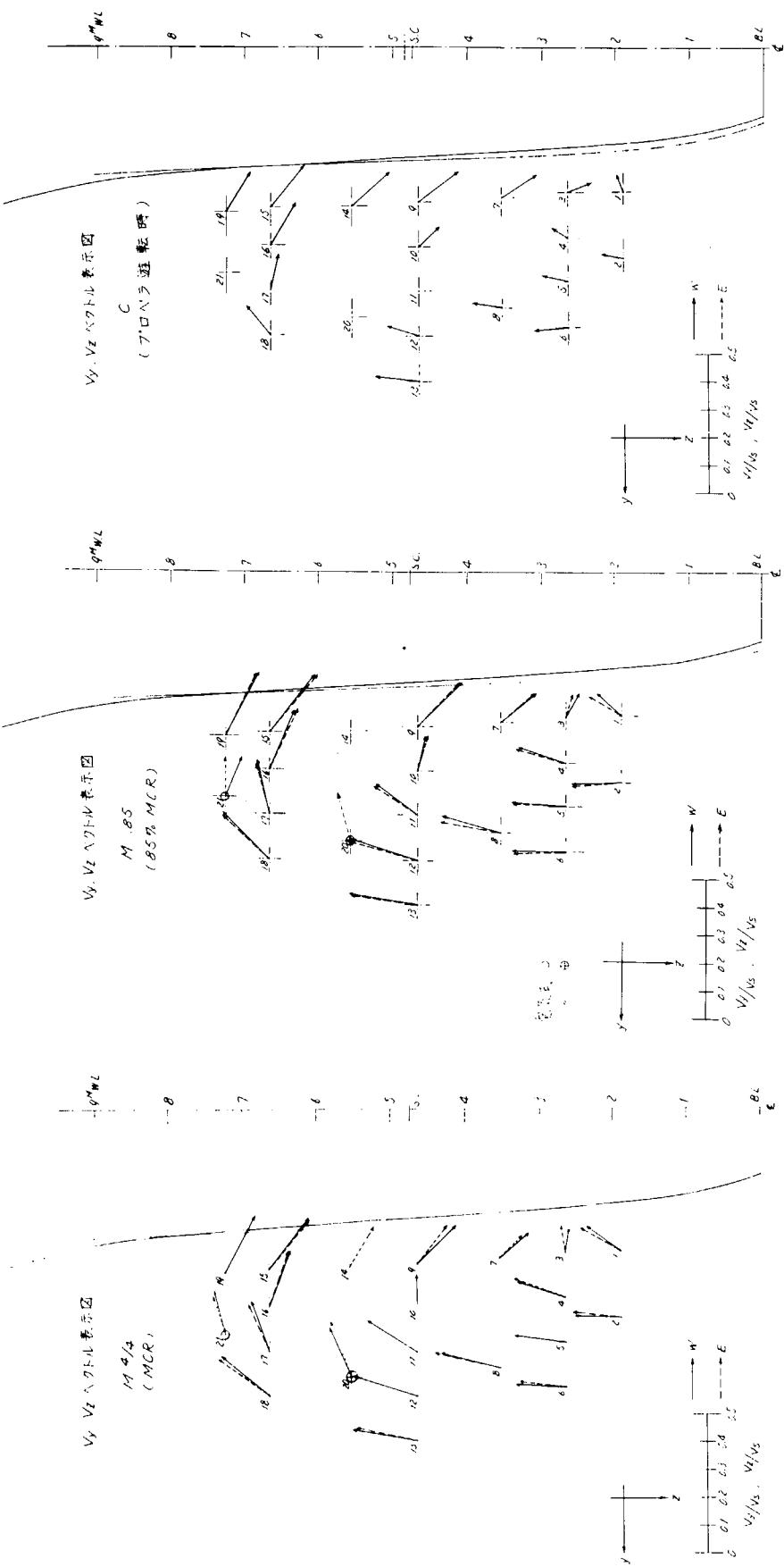


Fig. 5.7.1.12



Fig. 5.7.1.11

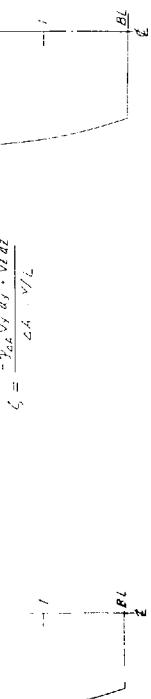
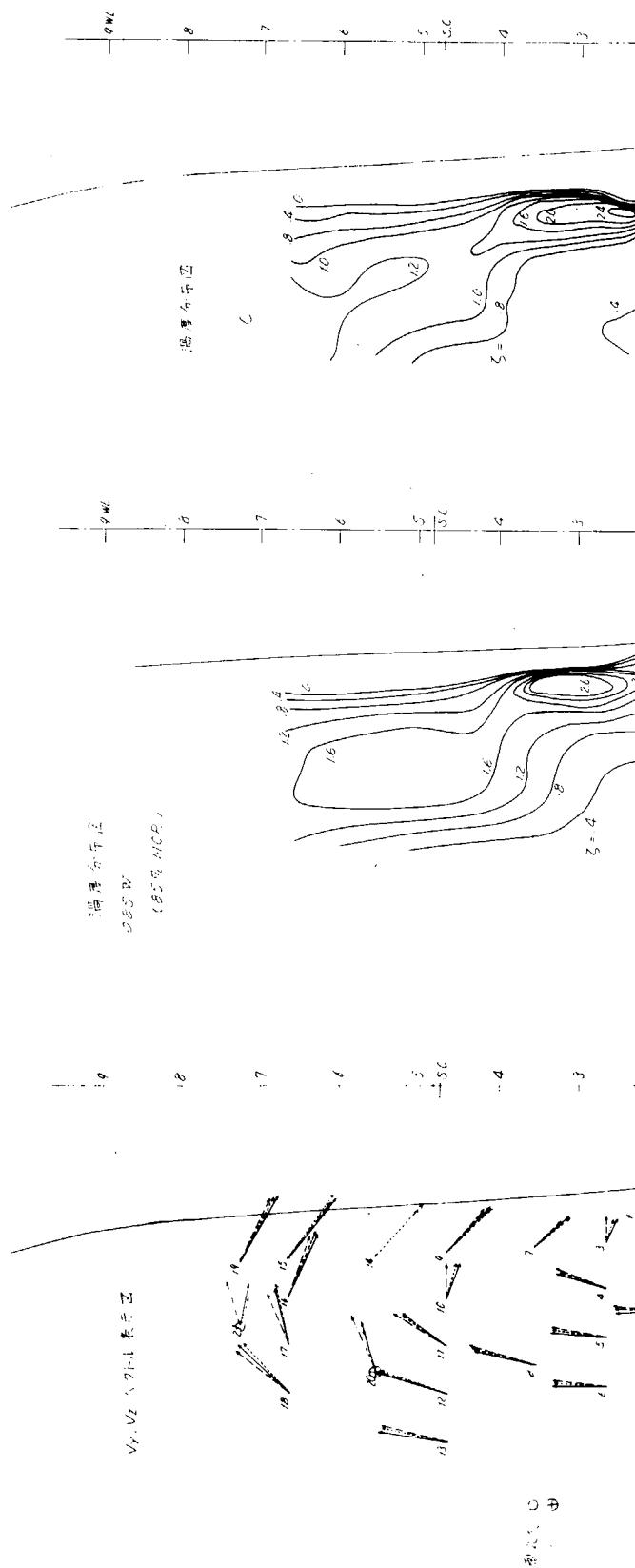
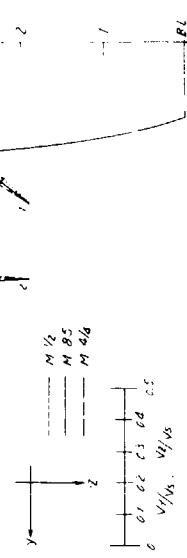


Fig. 5.7.1.10



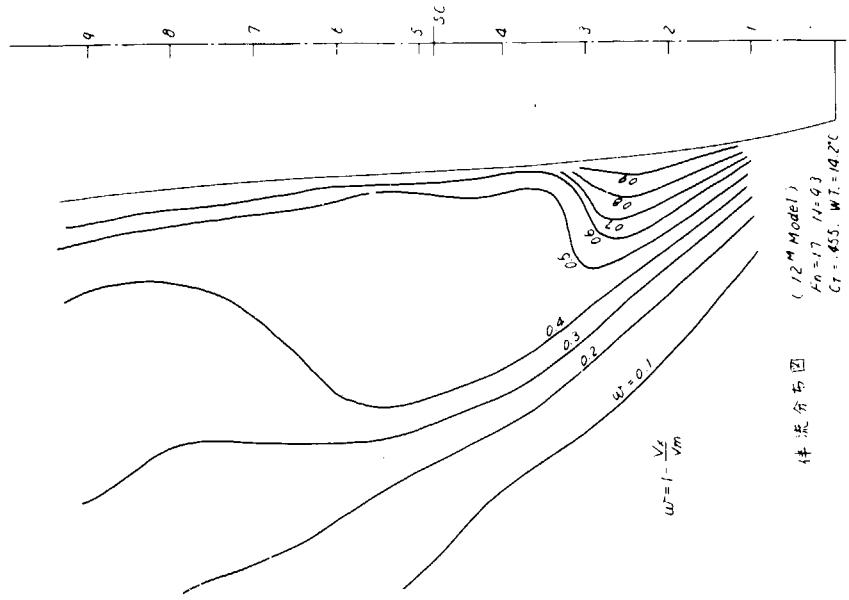


Fig. 5.7.1.14

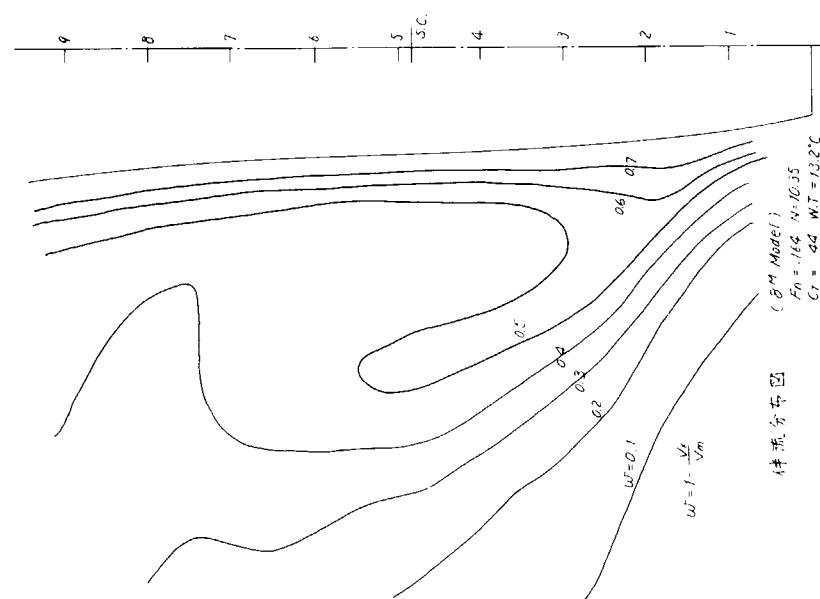


Fig. 5.7.1.13

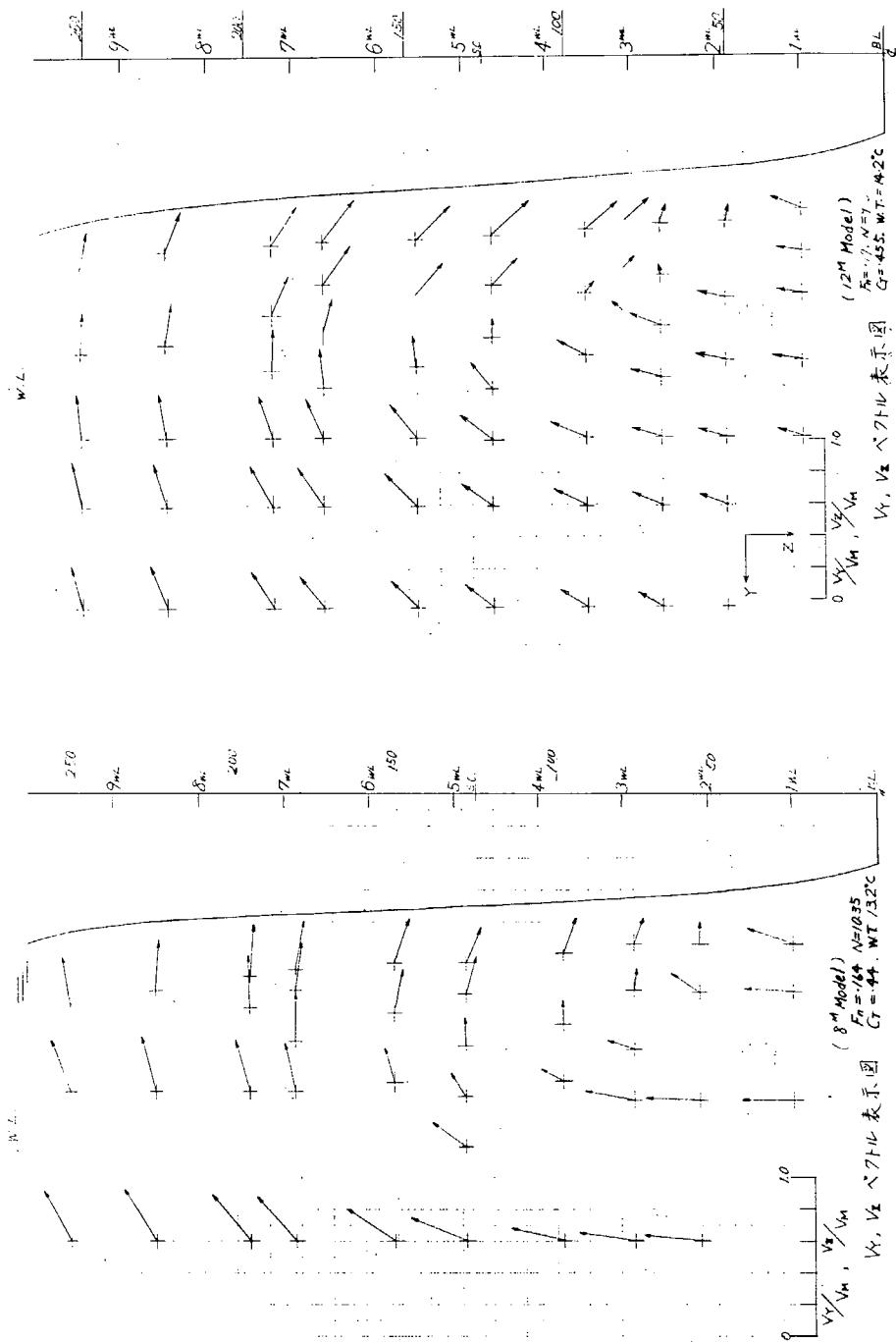


Fig. 5.7.1.18

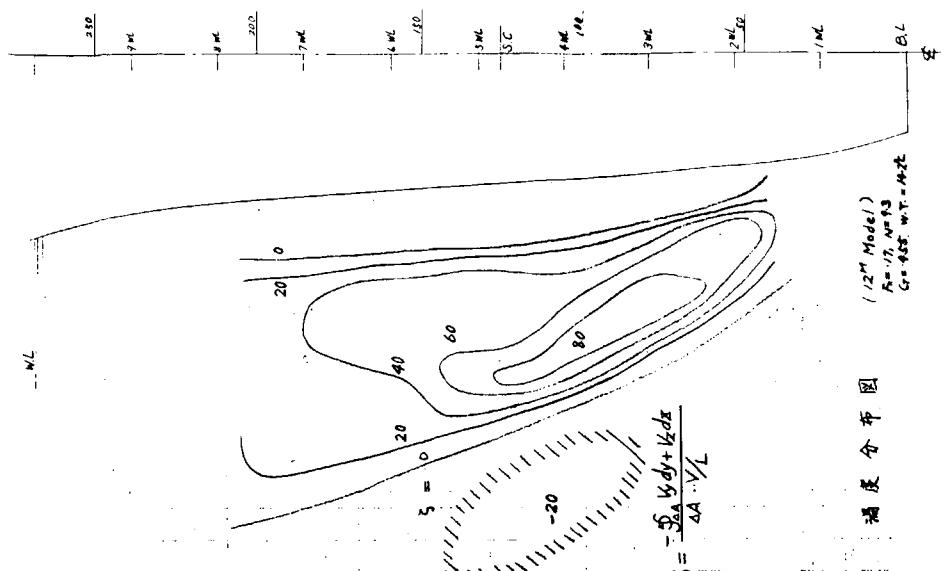
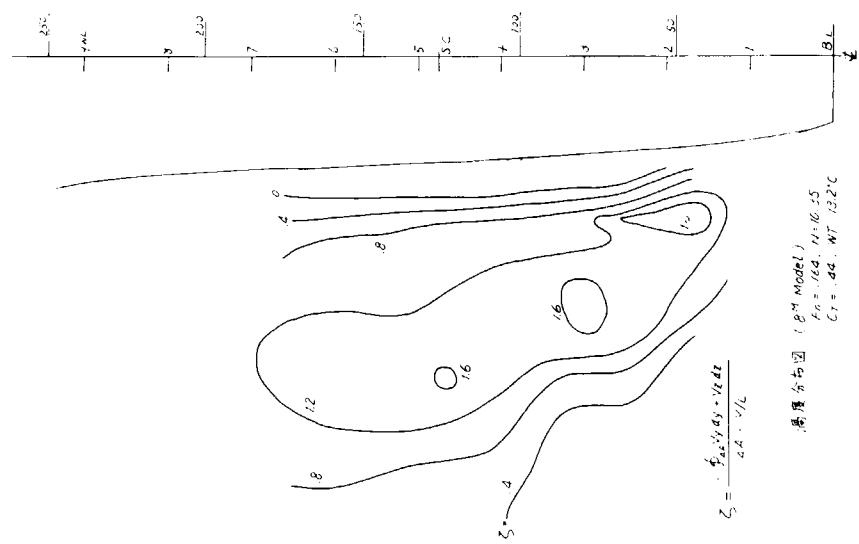


Fig. 5.7.1.17



Exp. No. 7

85% MR E-2 No. 21

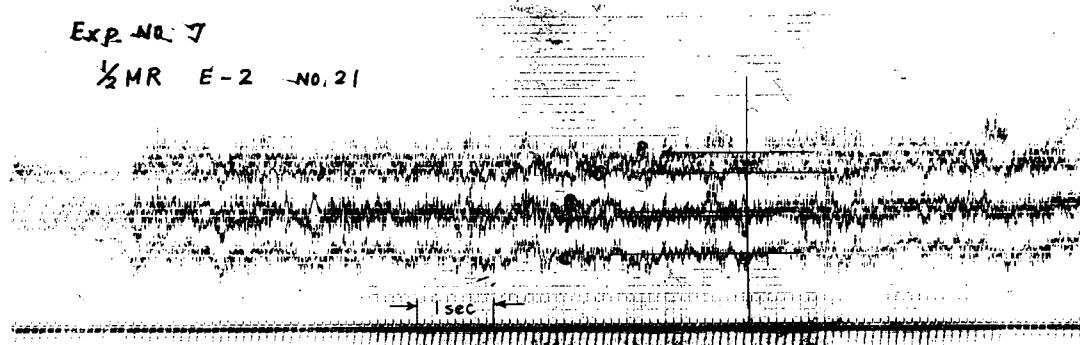


Fig. 5.7.2.1 電気式 5 孔ピト - 管記録 (No. 21 ピト - 管)

Exp. No. 13

85% MR E-2 No. 20

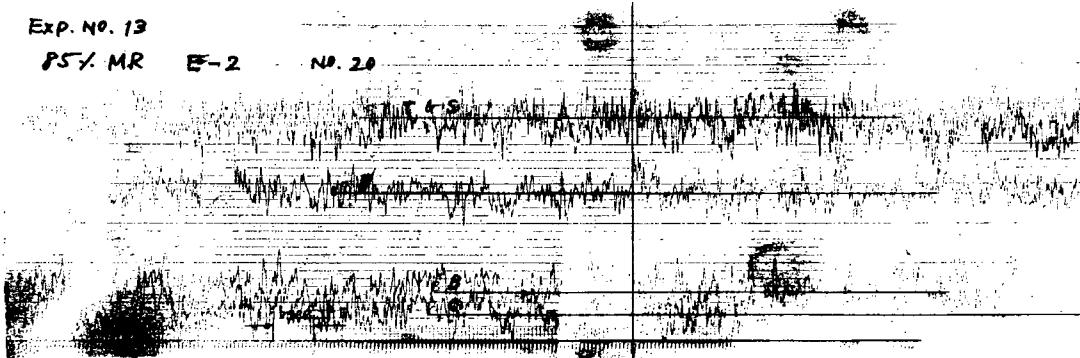


Fig. 5.7.2.2 電気式 5 孔ピト - 管記録 (No. 20 ピト - 管)

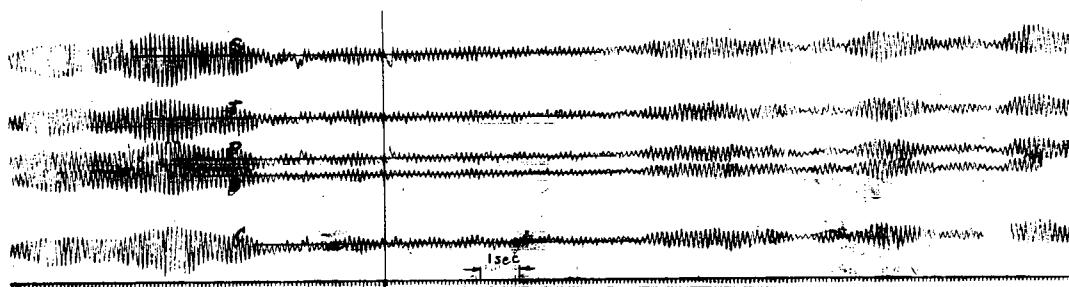


Fig. 5.7.2.3 旋回時圧力変動 (Exp. No. 8, 85%, 右旋回)

Table 5.7.3.1 超音波式流速計測定値一覧(合図マーク時の10秒間平均値)

実験番号	実験状態記号	合図マーク	計測値 (Kn)		備考
			CH-1 (T)	CH-2 (E)	
3	M-1/2-W-1	ホラロイドカメラ	6.8	7.4	
		35 mm カメラ	6.9	7.5	
4	M-1/2-W-2	ホラロイドカメラ	6.7	7.3	
		35 mm カメラ	6.9	7.3	
5	T-1/2-W	ホラロイドカメラ	8.7	7.5	左旋回
		35 mm カメラ	7.9	6.6	
6	M-1/2-E-1	ホラロイドカメラ	6.7	7.1	
		35 mm カメラ	6.5	7.3	
7	M-1/2-E-2	ホラロイドカメラ			ノイズ・計測のため測定停止
		35 mm カメラ	6.5	6.9	右旋回
8	T-85-E	ホラロイドカメラ	8.3	8.7	
		35 mm カメラ	7.0	7.8	
9	M-85-W-1	ホラロイドカメラ	7.8	8.6	
		35 mm カメラ	7.7	8.5	
10	M-85-W-2	ホラロイドカメラ	8.0	8.4	
		35 mm カメラ	8.0	8.6	
11	T-85-W	ホラロイドカメラ	10.2		左旋回
		35 mm カメラ	9.7[7.8] [6.6]		CH-2 不調になり、一時回復した ときの35 mm カメラ35mmデータより 約90sec 後の値
12	M-85-E-1	ホラロイドカメラ	8.0		CH-2 測定不能となる。
		35 mm カメラ	8.0		
13	M-85-E-2	ホラロイドカメラ	7.9		
		35 mm カメラ	8.0		
14	M-9/4-W-1	ホラロイドカメラ	8.6		
		35 mm カメラ	8.7		
15	M-9/4-W-2	ホラロイドカメラ	8.8		
		35 mm カメラ	9.0		
16	M-9/4-E-1	ホラロイドカメラ	8.7		
		35 mm カメラ	8.6		
17	M-9/4-E-2	ホラロイドカメラ	8.7		
		35 mm カメラ	8.8		
18	CRASH ASTERN C-1	ホラロイドカメラ	6.2		
		35 mm カメラ	5.8		

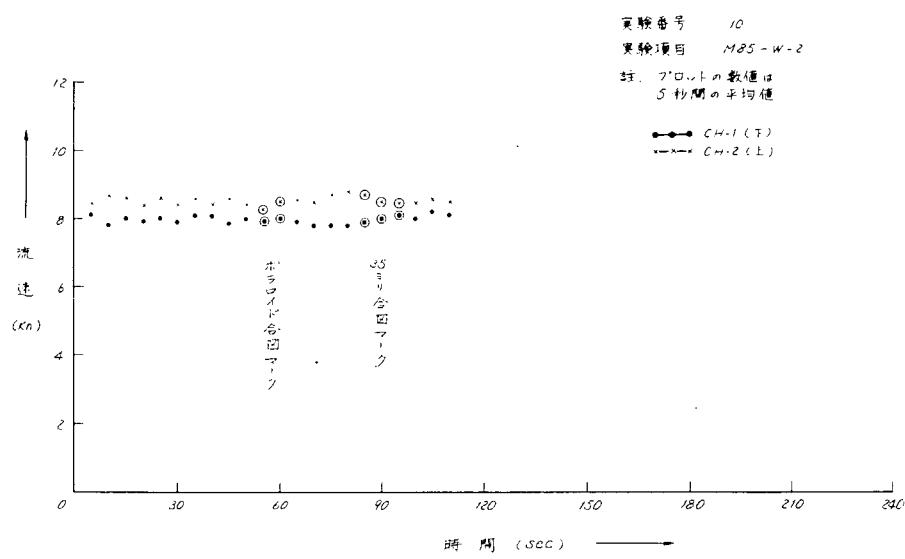


Fig. 5.7.3.1 超音波式流速計測定結果

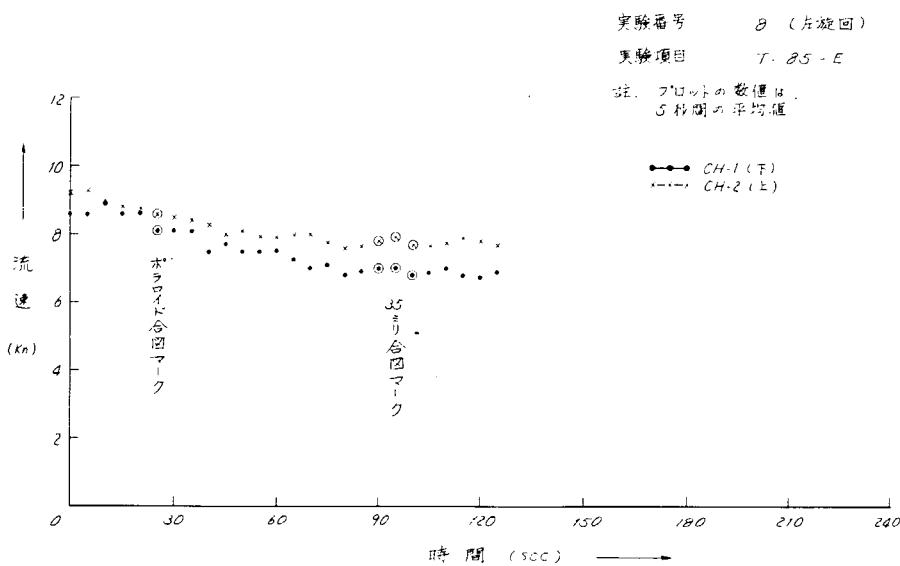


Fig. 5.7.3.2 超音波式流速計測定結果

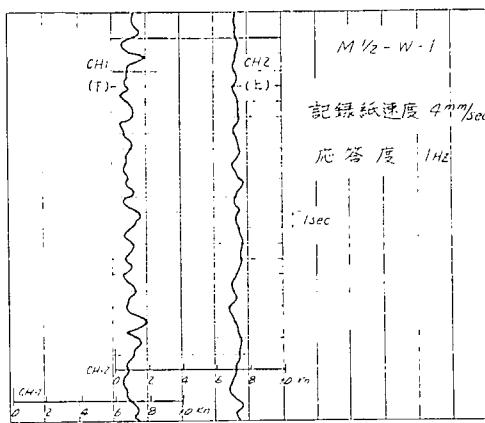


Fig. 5.7.3.3 超音波式流速計記録結果例

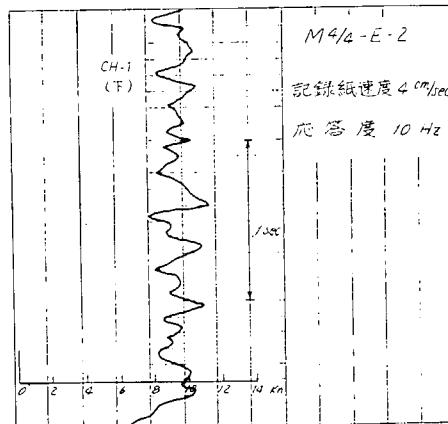


Fig. 5.7.3.4 超音波式流速計による流速変化状況

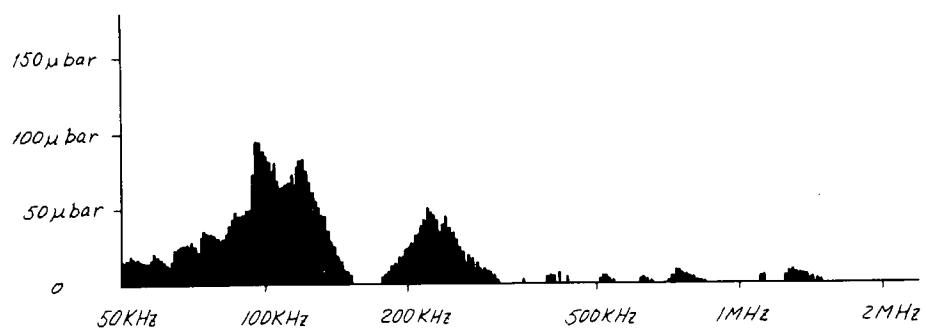


Fig. 5.7.4.1 船尾ノイズスペクトル

## 5-8 実船実験全般を通じての感想

今回の実船実験に対する準備、実験、解析までの一連の作業を終つて、特に重要と感じられたもの、あるいは今後この種の実験を行なう場合に参考になると思われるものを、多少重複の嫌いはあるが拾い上げると次のようになる。

### (1) 五孔ビト一管

最も重要なのは後の解析を可能にし、容易にするためのレイノルズ数と工作精度の問題である。前者は臨界レイノルズ数の範囲を如何にして避けるかであり、後者は各管の特性曲線を一致させるのが目的である。

まず後者から考えると、製品になつてから使用者側でその精度を調べることは容易でなく、下手な検査ならやらない方がよい位のものである。従つて製作者側において十分完全な治具を用意するよう要求すべきである。しかしそれにしても余り小さい五孔管にすることは精度を落とすことになるから、球の直径は少なくとも数cm程度にすることが望ましいであろう。

前者については球の大きさに上記のような制限があり、普通汽船の速度を対象とする場合には、おのずと超臨界レイノルズ数を使用範囲に選ばざるを得ないことになるが、伴流の大きい場所までカバーすることは困難なことである。ことに水温の低い季節の実験なら一層甚だしく、相当大きな球にしなければならない。流速の分布が既知なら、低速部だけ臨界レイノルズ数以下になるよう小さい球を使うことも考えられぬでないが、実際問題としてはいやなことである。このように考えてくると、実船実験の時期としては夏期を選ぶように心掛けることが必要ではなかろうか。今回の実験では最初から夏期を心掛けたわけではなく、調べて始めてレイノルズ数問題の困難さに気付いた次第であるが、8cm球を使用してなお2・3の管にレイノルズ数不足を来たした。

### (2) マノメータ

九大応力研および佐世保重工での実験結果を参考にして空気式を選んだが、これは成功であつた。空気式を使用したためのトラブルは全くなかつたといつてよい。また使用する液体は、静圧をも測定したいため作業の単純化をねらつて、当初の予定を変更し、全部水銀としたのであるが、このために特に読み取り精度の不足を感じたことはない。

なおマノメーター関係において本委員会が実施した改良点、すなわち抵抗管、水銀通路のダンパー、空気流通の可視装置、空気の防塵フィルター、マノメータ全体の防振装置など何れも上記の経験を基にして考えられたものであり、その効果は十分發揮されていたと思われる。今後も採用されて無駄ではないであろう。

### (3) 空気管、キャブタイヤコード等

五孔管あるいは他の計器より甲板上のメーター類までのビニール管やキャブタイヤコードは長さが70mにも及んだ。ビニール管の処置として、九大の例に倣い各5孔管毎に保護管を使用したのは保護のみならず整理上にも便利であつたが、5孔管出口との接続部が弱点になる。改良を要する点である。

これらの管あるいはコードの誘導方法であるが、今回けいさか慎重を欠いたようで、本実験における最大の欠陥となつた。一部は前進時にも、また多くは後進時のプロペラ後流によつて故障となつた。トラスの後面および水面下外板に鋼管あるいはその半割りを沿わせ、その中に収容すればよかつたので

あろう。

#### (4) ト拉斯構造

この実験では固定のト拉斯構造を採用した。佐世保重工の実験のようにアームを回転させる方式もあり、それぞれ利点、欠点が考えられるから一概に何れを良しといふことはできない。固定式は、機構が簡単であり、剛構造にして固有振動数を高くし易いことが最も大きい利点であろう。しかし船体に何箇所も溶接で固定せねばならず、撤去も面倒で、予行運転と公試運転の間に入渠がない場合には採用が困難である。今回は入渠があつたので、簡単に取外しができた。

ト拉斯の設計に当つては、水抵抗から来る強度は問題ではなく、振動数の見地から寸法が決つた。そして振動の原因はカルマン渦よりもプロペラと主機から来るものが問題であつた。ト拉斯の固有振動数の算定は相当丁寧に行われ、空気中の振動実験とは割合いで近かつたが航走中の値より逆算した水の見掛けの質量は推定値よりもかなり大きくなつた。流れが傾いているから計器および台座、空気管などから来る影響が大きいのかも知れない。

#### (5) 保護装置

船体の前後部接合時にト拉斯を船体に溶接し、その後直ちに五孔管および空気管を取付けた。他の電気的計器は配置を上方にして、空中に出し試運転直前吃水調整までに取付けられることとした。従つて空気式五孔管のみは一ヶ月余も水中に置かれて汚損の心配があるし、空気管も溶接火花で損傷するおそれなしとしない。さらに五孔管やト拉斯が作業艇に当られることも考えられる。また試運転航走中に薙やビニール類などが五孔管を覆う可能性もないとはいきれず、その対策として潜水夫の同伴が検討されたが、試運転スケジュール上停船すること自体が困難とわかつて放棄された。

結局、運転中の事故についてはあきらめることとし、運転までの保護だけを実行したのであるが、これら的心配が杞憂に終り、計測の目的を果し得たことは幸運であつたと云えよう。

#### (6) 計器類の輸送、取付、検査、実験準備等

計測者側はとかく計器の性能にとらわれがちで、それらを手違ひなく放置したり、作動可能の状態にまでもつくる準備作業などについては気が廻りにくいようである。現場に来てからあれこれ注文を出しても滑かに事は運ばない。今回の実験に対しては、造船所側の委員がこの辺の事情をよく察して非常によくリードしたため、こうしたトラブルは殆んど聞かれなかつた。注意しなければならぬ大切な事項の一つである。

### 参考文献

1. Stunz : Series 60 - The Effect of Variations in Afterbody Shape upon Resistance, Power, Wake Distribution, and Propeller Excited Vibratory Forces, TSNAME. 68 (1960)  
292~363
2. 西部造船会会報 36号, 40号  
熊井外  
実船における境界層の計測 I, II

## § 6 主な結論

以上に述べてきたように、第107研究部会の昭和46年度における研究業務は昭和45年度の場合と同じくほぼ独立した3つのグループに分けられ、小委員会および Working Group の活動が活発に行なわれてきた。

対水速度計の実用化に関する研究としては、住友重機械工業株で建造されたD.W. 168,000トンの混載船での実船試験とその対応模型船についての水槽試験であり、抵抗成分分離に関する研究としては12m模型についての詳細なる水槽試験および対応実船である日立造船(株)因島工場建造のD.W. 162,400トンの鉱石運搬船新鶴丸についての標準試運転を行ない、実船と模型の相関に関する研究としては、この新鶴丸のプロペラ直前の位置における伴流分布の計測を模型および実船で行なつた。

以上の研究の結果得られた結論は次のとおりである。

### 6-1 対水速度計関係

- (1) 電磁式速度計についてはほぼ計画通り、バラスト、満載両状態とも実船試験を実施することができた。超音波式速度計についてはバラスト状態で予備計測を実施できたが、満載状態では振動子等の破損により試験を実施できなかつた。
- (2) 実船境界層は予測より約1.8倍も厚いと推定される結果となつた。したがつて電磁式速度計測定桿の長さが、境界層外端流速計測のためには不足した。これは船体中心線ごく近傍に測定桿を取付けなかつたためで、船体中心線近傍では境界層が薄くほぼ予測と一致し測定桿長さは不足しないことが今回の模型実験結果から推定される。今後類似の実船試験あるいは実用化の時には、船体中心線上に取付けるかまたは測定桿を充分に長くすることが望ましい。
- (3) 本実船試験における測定桿位置での境界層速度分布にやや異常が認められた。これは渦の影響を受けているとも考えられる。
- (4) 模型実験においては速度分布形状に実船より甚しい異常が認められ、電磁式速度計に対する流れに及ぼす船体影響の修正係数を精度よく決定することは困難であつた。しかし測定桿を船体中心線ごく近傍にて取付ければ精度は向上できる。
- (5) 速度試運転において境界層外端流速と速度分布の計測を行なう場合、電磁式速度計を2台併用することが望ましい。
- (6) 電磁式速度計による外板ごく近傍の速度分布計測のためには、指示値に及ぼす船底外板の影響の修正法を確立する必要がある。
- (7) 実船と模型船の境界層相対厚さの比は摩擦抵抗係数の比にほぼ一致するようである。
- (8) 本超音波式速度計で計測可能なサンプリング距離は約50～60m程度であつた。無修正で対水速度を計測するためには、さらにサンプリング距離の増大をはかることが望まれる。
- (9) 超音波式速度計では、サンプリング距離過大で受信信号レベル不足の時、計測不能の表示が必要と考えられる。また同時に記録の中止あるいは計測不能の印字が望ましい。
- (10) 振動子および振動子配線の装備方法については、破損防止に充分な考慮を要する。
- (11) 超音波式速度計に対する船体影響の修正係数は模型船による実験で比較的精度よく求められる。

- (12) 本実船試験において各対水速度計指示の変動が激しく、平均の読み取りに困難が感じられた。平均の精度より読み取りを可能にするを要する。
- (13) 基準となる真の対水速度が不明であるから、対水速度計の総合精度を明確にすることはできないが、各対水速度計による対水速度値間の相違は計器自体の誤差と流場変動による僅な計測誤差の和程度と思われる。
- (14) 対地速度から解析してえた風修正時の対水速度と対水速度計による対水速度との相違は、バラスト状態では計器自体の誤差と流れ場変動による僅な計測誤差の和程度であつたが、満載状態では相違が大きかつた。
- (15) 上記諸点を改良すれば、電磁式速度計および超音波式速度計の速度試運転への実用化可能であると考えられる。
- (16) 対水速度計の速度試運転への実用化のためには、さらに実船試験を重ね、検討を続けることが望ましい。

## 6-2 抵抗成分分離関係

- (1) 剰余抵抗係数は、満載状態では殆んど全速度範囲を通じて長さが長い模型船のものほど小さい傾向を明瞭に示しているが、バラスト状態では 0.12 以上のフルード数ではそれほど明瞭な傾向は見られず、その値の模型船間の差も満載状態に比べると小さい。
- (2) 低速抵抗から  $k$  を求める Hughes の方法によると、満載状態ではかなり良く一致しているが、バラスト状態では  $k$  および  $C_w$  の値が模型船によってかなり異なっている。
- (3) 相似模型船群の資料をもつて求めた  $k$ 、 $C_w$  の値も満載状態では良い結果を示すが、バラスト状態ではそれ程よい結果は得られなかつた。したがつてバラスト状態の抵抗についてはさらに詳細な検討が必要と思われる。
- (4) 波形計測結果から求めた造波抵抗の値は、かなり小さい量であり、計画速力付近の速度においても Hughes の方法で求めた 造波抵抗に対して満載状態では半分以下、バラスト状態では、殆んど無視できる程度である。
- (5) 波形計測による  $C_w$  の値は、模型の大きさとともに大きくなる。たとえば 1.2 m 模型は 8 m 模型にくらべて満載状態で約 50%、バラスト状態で約 100% の増加になつてゐる。これは Longitudinal Parallel cut の波形を用いた造波抵抗計測に見られる傾向で、詳細な波形の検討が必要であるが、wake による波の減衰が原因をなしていると思われる。
- (6) 模型船の AP より  $0.5 L_{pp}$  後方で進行方向に直角な平面内で計測した head loss は、模型船が小さくなるほど相対的に大きくなつてゐるが、奥水方向の分布の状態は模型船の大きさにかかわらず、良く似た傾向を示してゐる。すなわち、head loss の奥水方向の分布は、水面近傍と船底よりさらに深い部分との 2ヶ所に peak をもつており、その下限は満載奥水の 2倍程の深度でおよぶ。
- (7) 大型模型船において head loss の分布から算出した抵抗値と波形解析から求めた抵抗値との和は、抵抗試験から求めた船体抵抗とはほぼ一致する。
- (8) プロペラの特性に対する尺度影響は、従来発表されている試験結果と同様の傾向を示しており、レイ

ノルズ数の増加とともに  $K_Q$  は小となり、  $K_T$  と  $\eta_0$  は大となつてゐる。

(9) 有効伴流係数は、満載およびバラスト両状態とも模型船の長さが増加するにつれて、同じような傾斜で減少してゐる。

(10) 今回の試験結果では、スラスト減少係数  $t$  は模型船の長さにかかわらずほぼ一定となつてゐる。

(11) プロペラ効率比については、4 m模型船の値が小さく、模型船の大きさが増加するにつれて増加する傾向も見られるが、8 mおよび12 m模型の結果の比較からみて、これ以上の大きさでは余り変わらないものと考えて良いものと思われる。

(12) プロペラ位置の伴流は、模型船が小さくなるほど横に広く拡がつてあり、模型船の長さの増大につれて境界層の厚さが相対的に薄くなり、伴流が小さくなつてゐる状況を詳細に知ることができます。

(13) プロペラ位置の伴流の大きい部分は内まわりの渦を形成しているが、その渦の中心の位置、渦の大きさは模型船によつて大差なく、流速のみに相違が見られる。

### 6-3 実船と模型船との相關関係

(1) 模型船および実船とも、伴流分布にはくびれがあり、船尾ビルジ渦の存在が認められる。

(2) 8 in.、12 mの模型船および実船では伴流分布の形状は似ており、レイノルズ数が大きくなるほど伴流の幅が小さくなつてゐるが、尺度影響を定量化するにはさらに詳しい検討を必要とする。

(3) レイノルズ数が大きくなるほど渦鉄域は狭くなり、湍度は大きくなり、定性時には船尾渦のサーキュレーション一定の方向にあるものと考えられる。

(4) 5孔管による実船伴流の計測としては空気式で19点、電気式で2点計測を行なつたが、電気式の計測値はその周りの空気式の計測値よりやや小さかつた。

(5) 超音波式流速計は、5孔管式と異なつて大きなトラス構造を必要としないという大きな魅力があるが、まだ開発途上であるため若干の問題がある。今回は計測位置が水面に近いところにあつたため、流れの中の気泡含有率が高く、妥当と思われる実船伴流が計測されたが、気泡の利用が期待できない場合は計測不能となる恐れがある。

(6) 船尾の超音波ノイズとしては、その高調波成分が1 MHz以上まで認められるが、その勢力は微弱である。したがつて周波数11 MHzの超音波式流速計に与える影響は殆んどないものと考えられるし、使用周波数を1 MHzまで低くしても支障が少ないものと思われる。

## § 7 結 言

S R 1 0 7 部会に含まれた研究は、どのグループで行なわれた研究も非常に大きな努力と時間を要するものばかりであつて、試験の遂行については完全に所期のとおりに行なわれたが、各グループにおける成果を総合的に取纏めて馬力推定の向上をはかるためには、まだ十分な結論を得てない。以上で述べたような個々の成果を参考とするにとどまつてゐる。

各試験の実施が予定より多少遅れたことおよび船舶振興会の形式に対する考え方の突然の変化がその主たる原因であつて、この本報としては各小委員会で得られた結論の单なる羅列といふ傾向が強くなつてしまつた。したがつて、この報告書だけでは多少不十分なところがあり、近い将来に本研究部会の3ヶ年間の業績を取纏めるつもりであつて、その際には総合的な検討も十分加えて、ほぼ満足のできるものにしてみたいと思う。

試験研究にあたつてのいろいろな問題点については、それぞれ § 2, § 3 および § 5 に述べられているが最も大きなものとしては、長さの異なる模型船の試験を別々の水槽で行なつたことおよび各項目を盛込んだ総合的の実船試験を行なうことができなかつたことであろう。これらは、研究および水槽の時間的制約と実船の利用し得る都合によるもので、誠にやむを得ないものであつたが、そのためにかなりの不分明な点が残された。実船に対する抵抗分離計測は非常に難しく、ものによつては不可能とも考えられるが、将来には模型船に対して行なつたのとほぼ同様な計測が実船でも行なわれることが望まれる。