

SHIPPING

船舶

1974. VOL. 47

昭和五十二年三月二十日 第三種郵便物認可
毎月一回 十二月一日発行
昭和四十九年三月二十八日運輸省特別被承認雑誌第四〇六号
昭和四十九年一月十七日 印刷
昭和四十九年一月十二日 発行



リベリアむけ280型タンカー

“ESSO OSAKA”

重最トシ数	283,155トン
主機関最大出力	36,000馬力
速力(試運転最大)	16.019ノット
引渡	昭和48年11月22日
建造	日立造船堺工場



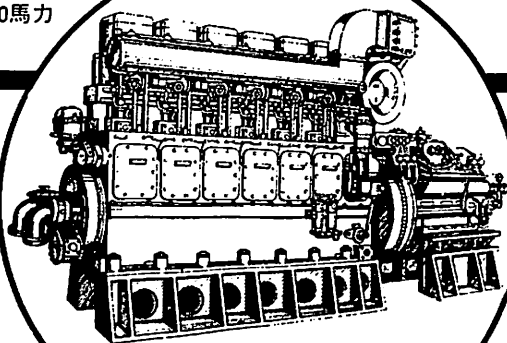
日立造船

天 然 社

船舶の自動化・省力化に貢献する

ダイハツキヤードエンジン

6DSM-26型 1,300馬力



60余年の歴史と技術を誇るダイハツが特に省力化と経済性に重点をおいて製作した高性能船用機関

ダイハツディーゼル株式会社

本社・本社工場	大阪市大淀区大淀町中1-1-17 (06) 451-2551
守山工場	滋賀県守山市阿村町45 (07758) 3-2551
東京営業所	東京都中央区日本橋本町2-7 (03) 279-0811
営業所	札幌・仙台・名古屋・高松・福岡・下関・ロンドン

ながい経験と最新の技術を誇る！

大洋の船用電気機械



交流発電機 1100KVA 450V 600RPM

発 電 機
各種電動機及制御装置
船舶自動化装置
電動ウインチ
配 電 盤



大洋電機

株式
会社

本 社 東京都千代田区神田錦町3の16 電話 東京(293) 3061 (大代)
 岐阜工場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18 電話 笠松(7) 4111 (代表)
 伊勢崎工場 伊勢崎市八斗島町726 電話 伊勢崎(32) 1234 (代表)
 群馬工場 伊勢崎市八斗島町大字東七分川330の5 電話 伊勢崎(32) 1238 (代表)
 下関出張所 下関市竹崎町399 電話 下関(23) 7261 (代表)
 北海道出張所 札幌市北二条東二丁目浜建ビル 電話 札幌(241) 7316 (代表)

KODEN

- 営業品目■
- 無線方位測定機
 - ロラン受信機
 - オメガ受信機
 - ファックス受信機
 - レーダ・レーダパイ
 - ラジオパイ・コールパイ
 - 魚群探知機
 - シンクロソナー
 - 魚網監視装置
 - 遭難自動通報用送信機
 - SOS自動受信機
 - 電子計算機
 - 特殊電子機器

オメガエイジの
トップをゆく

OR-160型

- 本機の特長
- ★3 LOP同時表示
 - ★3 周波同時表示
 - ★3 チャンネルカラーレコーダ付
 - ★高感度
 - ★ μ -p 航法も可能
 - ★取扱い操作簡単



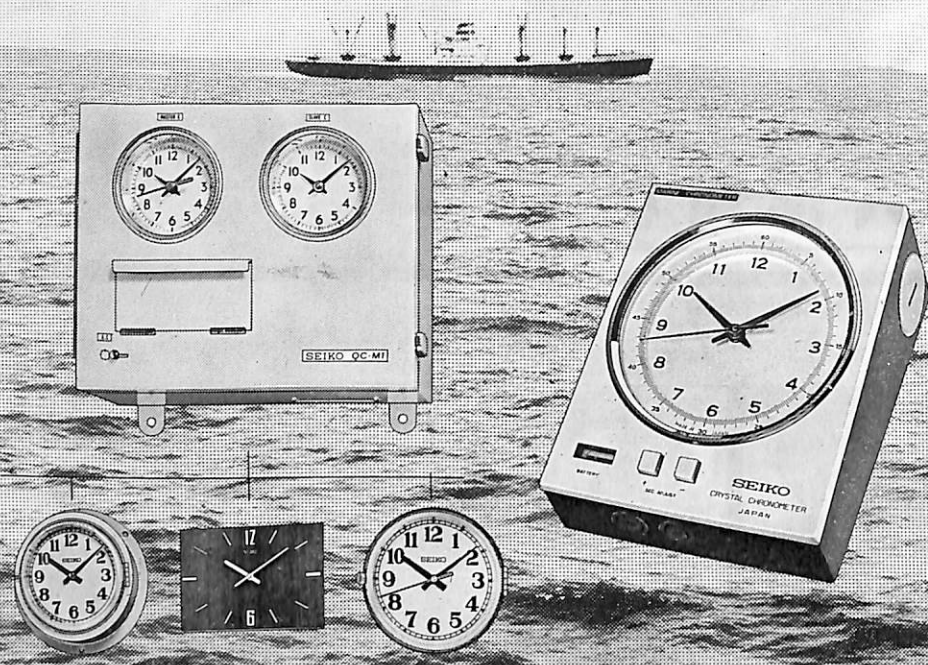
本社 光電装社
 本社 電話(03) 441-1131代
 神戸営業所 電話(078) 221-9905代
 札幌営業所 電話(011) 281-6351代
 南九州出張所 電話(0985) 24-5577

セイコー船舶時計 QC

QCは水晶発振による、高性能設備時計です。

船舶の時計は、なによりも高精度なものが
必要とされます。温度変化、振動に強く、抜
群の耐久性で定評あるセイコー船舶時計を
おすすめします。標準時計としてマリンクロノ

メーター、船内の子時計を駆動する親時計
として QC-M1、いずれも水晶発振による
極めて正確な時計です。目的、規模に応
じてお選びください。



QC-M1 184,000円 260×320×160(%)重量8.5kg

- パルス駆動で長寿命。正確な0.5秒運針
- 現地時間に簡単に合わせられる、正転・逆転可能
- 前面ワンタッチ操作の自動早送り装置・秒針規正装置
- MOS・IC採用のユニット化による安定性・保守性の向上
- 無休止制の交・直電源自動切換つき

豊富にそろった船舶用子時計、お好みのデザインをお選
びください。

マリンクロノメーター

QC-951-II 200×160×70(%)重量2.6kg

- 乾電池2個で、約12ヶ月間作動
- 精度保証範囲0°C~40°C
- 平均日差 ±0.1秒

小型、軽量ですから、自由に持ち運びできます。

SEIKO

セイコー・株式会社 服部時計店

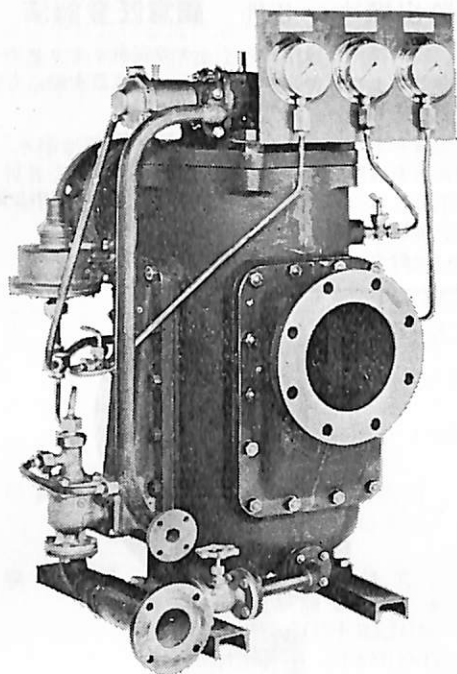
カタログ請求は——特約店 株式会社宇津木計器製作所 (〒291) 神奈川県横浜市中区弁天通6-83 ☎(045)201-0596

油汙過作業の省力化…

特許 機関室を広くする

マックス・フィルター シリーズ

日本船用機器開発協会助成品



MAX-FILTER LS型

完全自動逆洗式油濾器

LS型の特長

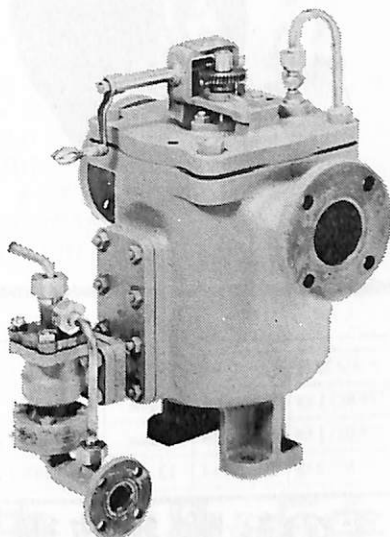
- 動力一切不要
- 設定された差圧になると自動逆洗
- 手動逆洗もワンタッチで可能
- 世界特許・液圧往復運動機・ハイドロシプロケータを採用

MAX-FILTER LSM型

手動逆洗式油濾器

LSM型の特長

- 一分間で逆洗終了
- 手をよごさぬワン、ツー、スリー操作でOK



単筒型式であるが重聯装備の必要なし コンパクトで据付けにスペースをとらない

N 新倉工業株式会社

本部 横浜市戸塚区小菅ヶ谷町1703
☎ 045 (892) 6271 (代)
東京営業所 東京都品川区東五反田2-14-18
☎ 03 (443) 6571 (代)
大阪営業所 大阪府北区梅田町34千代田ビル西館
☎ 06 (345) 7731 (代)

世界的水準をはるかに抜く明るさ!!

●光の王様、光学技術の総結集!!

三信の高性能

キセノン探照燈

■特許 3件 ■実用新案 3件
■特許出願中 3件 ■意匠登録済

- 特殊設計により、寿命が長く、電圧、周波数変動にも強い。
- 太陽光に最も近い白色光です。
- 光柱光度がきわめて高く、照射距離が長い。
- 全閉式防噴流形構造により、完全防水です。
- 主要部分はステンレス製で、さびず、長期の使用に耐える。
- 特殊放熱板の採用により温度上昇が少ない。
- 激しい振動や、風速60mの風圧にも十分耐えます



X-40形

形 式	ランプ容量	最大光柱光度	照射距離	定格電圧	周波数
X-40	(呼称) 1KW	3000万cd	10km	A.C220V1φ	50/60Hz
X-60A	(呼称) 1KW	6500万cd	12km	A.C220V1φ	50/60Hz
X-60B	(呼称) 2KW	8000万cd	13.5km	A.C220V3φ	50/60Hz

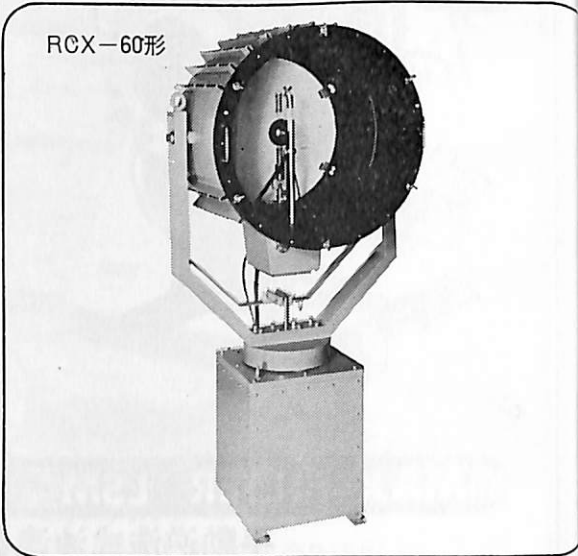
●光の王様、ボタンで自在!!

三信の高性能リモコン式

キセノン探照燈

■特許 3件 ■実用新案 3件
■特許出願中 3件 ■意匠登録済

- ふ仰、旋回操作は操作盤スイッチで完全リモコンです。
- 特殊設計により、寿命が長く電圧、周波数変動にも強い。
- 太陽光に最も近い白色光です。
- 光柱光度がきわめて高く、照射距離が長い。
- 全閉式防噴流形構造により、完全防水です。
- 主要部分はステンレス製で、さびず、長期の使用に耐える。
- 特殊放熱板の採用により、温度上昇が少ない。
- 激しい振動や、風速60mの風圧にも十分耐えます。



RCX-60形

形 式	ランプ容量	最大光柱光度	照射距離	定格電圧	周波数
RCX-40	(呼称) 1KW	3000万cd	10km	A.C220V1φ	50/60Hz
RCX-60A	(呼称) 1KW	6500万cd	12km	A.C220V1φ	50/60Hz
RCX-60B	(呼称) 2KW	8000万cd	13.5km	A.C220V3φ	50/60Hz

●長年の経験と技術で安心をおとどけする.....



三信船舶電具 株式会社

◎日本工業規格表示許可工場

三信電具製造 株式会社

- 本 社 / 東京都千代田区内神田1-16-8 ☎東京(03)295-1831(大代)
- 発送センター / ☎東京(03)840-2631代
- 北信センター / ☎函館(0138)43-1411代
- 福岡営業所 / ☎福岡(092)77-1237代
- 室蘭営業所 / ☎室蘭(0143)2-1618
- 函館営業所 / ☎函館(0138)43-1411代
- 高松営業所 / ☎高松(0878)21-4969
- 石巻営業所 / ☎石巻(02252)3-1304
- 工 場 / ☎東京(03)887-9525代

船舶

昭和 49 年 1 月 12 日 発行

天 然 社

◇ 目 次 ◇

ロールオン・ロールオフ式ユニット貨物船“兵庫丸”	川崎重工業株式会社神戸工場造船設計部	(41)
LNG船の新方式—IHIフラットタンクシステムの解説	石川島播磨重工業株式会社	(47)
LNG実験船の概要	日立造船株式会社造船基本設計部	(58)
LNG船(その3貨物格納)(13)	恵美洋彦・曾根 紘	(62)
統計解析法による漁船々型の有効馬力算定式について	土屋 孟	(67)
2軸肥大船の主要目が推進性能におよぼす影響について	横尾 幸一・川上 善郎	(77)
波浪中における抵抗増加について	細田 龍介	(84)
非線型波の数値計算について	姫野 洋司	(87)
ドップラーナビゲーター(2)(NAVIGATION AND DOCKING SYSTEM)	大阪商船三井船舶株式会社・三井造船株式会社・海上電機株式会社	(98)
(水槽試験資料277)肥大船の水槽試験例(3)—LCBの影響—	「船舶」編集室	(103)
NKコーナー		(107)
(製品紹介)大型船舶用ドップラーソナー第1号機—旭交易が仏・トムソン—CSF社から輸入		(108)
金子産業の新製品ミニ・12P Uシリーズ 防爆型三方・四方空気圧用電磁弁		(109)
光電製作所創立26周年記念製品展示会—コデン エレクトロニクス ショウ'73—		(110)
東芝船用データローガーと船用機関部モニター (東芝船用電子機器新製品展示会)		(112)
業界ニュース		(114)
(特許解説) ☆大型海上構造物建造方法ならびに該方法と使用する機具		(115)
☆船体拡張方法 ☆二重殻式船舶巨大化工法		
遊星歯車装置で西ドイツ・ローマン社へ技術輸出 (石川島播磨重工)		(57)
LNG船の第3船目の受註 (川崎重工業)		(61)
半浸水式ドリリングプラットフォームの技術導入(三井造船)		(83)
写真解説 ☆明石船型研究所営業開始		
☆三井造船・玉野造船所浮ドック完成		
☆進水準備用作業車		
竣工船舶 ★宝栄丸 ★周洋丸 ★国光丸 ★第六青函丸 ★第十一陽光丸		
★べが ★龍勢丸 ★第七青函丸 ★NATAJI SUBMASROSE		
★WORLD SOVEREIGN ★BERGE LOAD ★GLOBTIC LONDON		
★SPLENDID DIAMOND ★S.A.SUKUMBI ★KONKAR VICTORY		
★TAKACHIHO ★GOLDEN KIMISIS ★BUNGA MELAMIS		
★CHVRON FFLUY ★COSMOS ★FAIREAST		
★SEA BELLS ★ESSO ALBANY ★WORLD CHALLENGER		



株式 大阪造船所

本 社 大阪市港区福崎3丁目1-201
 電話 大阪 大代表 (571) 5701
 東京事務所 東京都中央区日本橋本町1-6
 電話 東京 (241) 1181・7162・7163

新鋭修繕船工場和歌山県由良に完成!!

能力 **330,000** 重量トン



大きな役割をはたす、大きなドック。

新しく完成した、三井造船由良工場は、本州太平洋岸のほぼ中央、紀伊水道に面した由良港湾内に建設されました。ここは、阪神工業地帯をまわかにひかえ、さらに、東京、大阪、名古屋など、わが国主要貿易港をむすぶ航路上にあり、とくにコンテナ船などスピードを生命とするライナーにとって回航時間が短くてすむ有利な立地条件をそなえています。入出港テレビ誘導装置・入出渠レーザー誘導装置など、由良工場には新しいアイデアが随所に採用されています。タンカー、コンテナ船とも、大型化著しい今日、330,000重量トンドックを有する由良工場の完成は、修繕期間の短縮、船主に対するアフターサービスの強化など、大きな役割を果たす新鋭修繕専門工場として、各方面から期待されています。



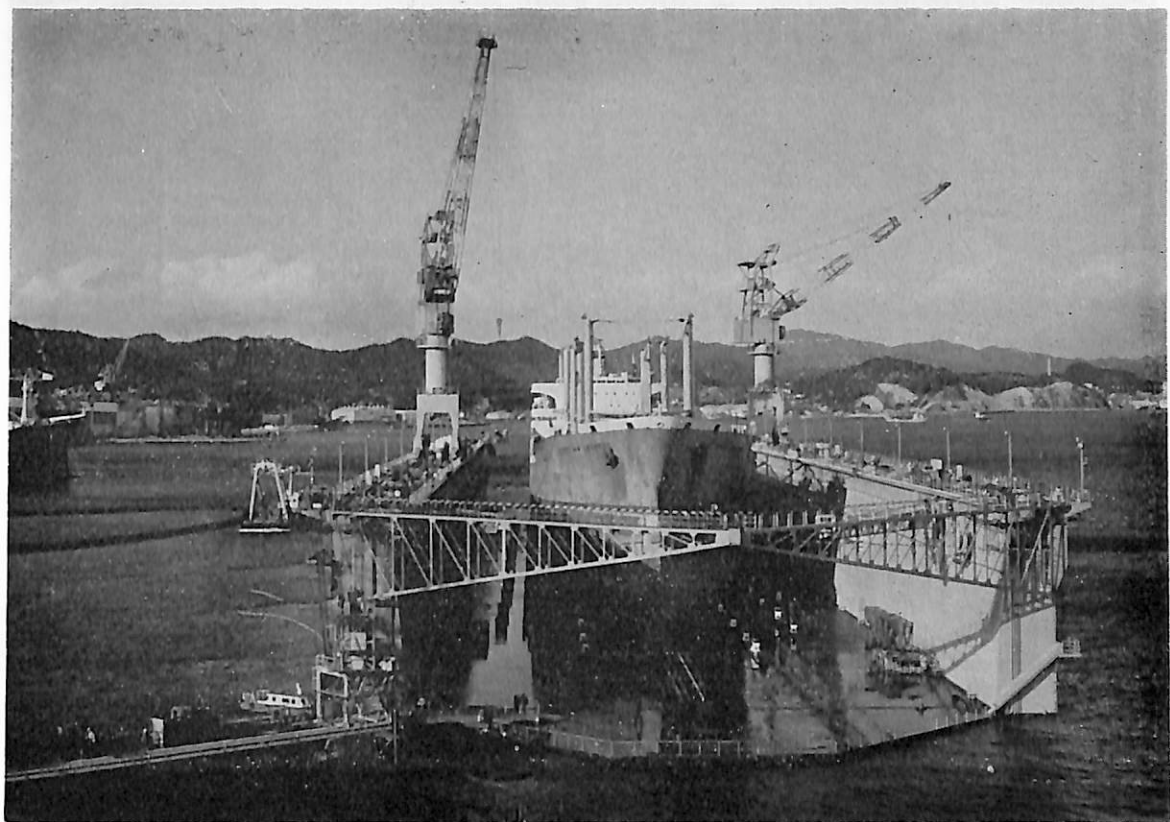
人間と技術の調和に挑む

三井造船

本社 東京都中央区築地5丁目6番4号 〒104

由良工場

和歌山県日高郡由良町 〒649-11
電話 (07386) 5-1111 (大代表)
Telex 554-7610 MSEYUR



三井造船・玉野造船所の浮ドック完成

三井造船・玉野造船所にて建造中の 150,000重量吨浮ドックは、このほど中間検査に入渠した41,200DW T型ばら積貨物船“グレシアン・リージェンド号”を第1船として稼動を開始した。

本ドックは、近年船舶の大型化にともなう大型船修繕需要の急増に対処し、かつ、玉野造船所の新造船能力に見合ったドック設備の確保を目的として計画されたものである。

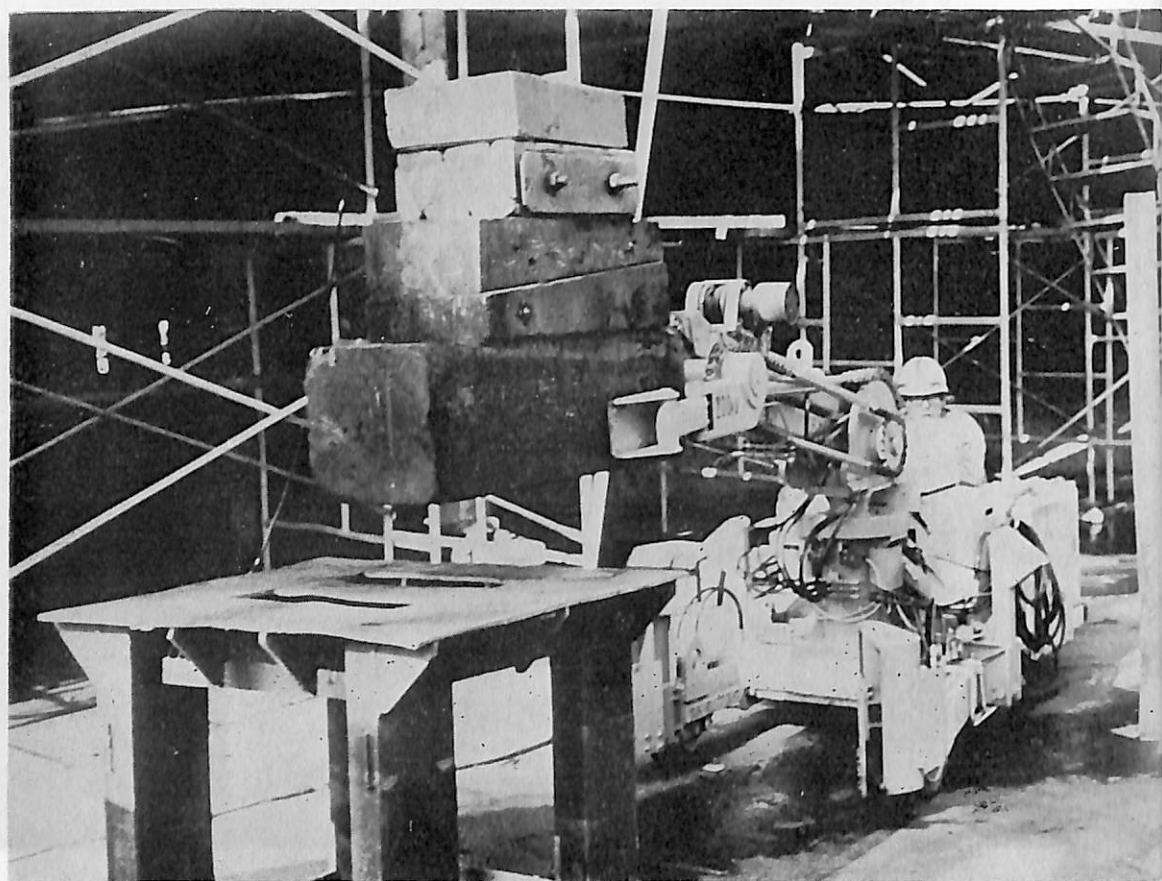
世界最大級かつ最新鋭の浮ドックとして、ガイドレール式入渠設備、渠側自動走行足場、自動腹盤木、ショットプラスト装置、注排水コントロールのワンタッチシステムなど作業工期の短縮を図るための各種省力設備が設けられているほか、本ドックには、自社開発の汚水処理用公害防止装置を備えている。

本ドックの完成により、三井造船は、昨年4月稼動を開始した和歌山県由良工場 330,000重量吨ドックおよび既存の千葉造船所150,000重量吨ドックとともに、各種大型船の修繕工事ならびに自社建造船のアフターサービスに万全を期する体制が整った。

〔浮ドック主要目〕

全長	282.2 m	
ポンツーン全長	250.2 m	
巾	外 巾	57.0 m
	内 巾	47.0 m

高さ(キールから側壁上面まで)	23.0 m	
浮揚能力	40,00K T	
入渠可能最大船		
全長	281.0 m	
垂線間長	270.0 m	
全巾	44.0 m	
吃水	9.0 m	
トリム	4.0 m	
総屯数	80,000 T	
載貨重量	150,000 K T	
〔浮ドック主要設備〕		
クレーン	10 T / 6.5 T	2 基
入渠装置		
1. ガイドレール方式		1 基
2. キャブスタン	10 T	4 基
3. 自動腹盤木		70 個
塗装設備および足場		
1. 高圧船体洗滌ポンプ		4 基
2. 油圧式自動走行足場		2 基
3. ショットプラスト装置		2 基
渠体ひずみ監視装置		



進水準備用作業車 —三菱重工—

三菱重工は、このほど横浜造船所において進水作業車を開発した。

本機は、進水準備作業と船台上の盤木などの運搬・整理をするため、船台上を自由に走行するバッテリー式自走車で、省力化・安全性の向上・作業環境の改善を意図したものである。使用場所は、狭隘であるばかりでなく、凹凸や傾斜があるので、機体をコンパクトにして回転半径を小さく、また転倒を防止するために特殊な5輪車としている。

進水準備作業として、滑走台上に駒を積む場合、本機は上下動するクランプ装置により一挙に積載することができる。また、船台上の盤木などの移動運搬には、揚重能力の大きい別なクランプ装置をもっている。さらに、保距具などの整理配列や船匠材の運搬・整理などの揚重作業が行えるように、伸縮自在のブームを装備している。その際、アウトリガーを必要とするときは自動でアウトリガーを張り出すことができるので、転倒のおそれは全くない。

なお、進水作業車の要目と性能は、次のとおりである。

I 要 目

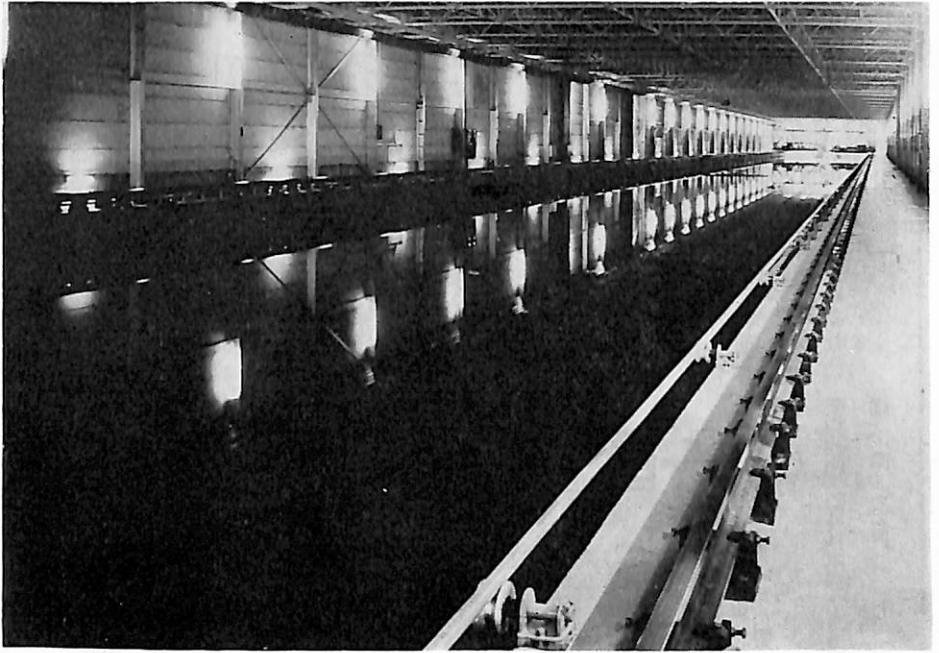
全 長	3,625 mm
全 幅	1,130 mm
全 高	1,350 mm
自 重	2,000 kg

II 性 能

	運 搬 用 ク ラ ン プ	積 上 げ 用 ジ ブクランプ	ジ ブ ク レ ー ン
荷 重 kg	600	200	150
アーム長さ mm	—	—	3,000
リフト高さ mm	100	2,300	3,600
旋 回 角 度 °	—	270	270

走行速度 4km/時

車 輪		
駆 動 輪	300mmφ	1 コ
前 輪	254mmφ	2 コ
キャスト	200mmφ	2 コ
旋 回 半 径	1,030mm	
変 速 段 数	前後進 3 段 (ペダルスイッチ)	
操 作	運転席押ボタンによる油圧作動	



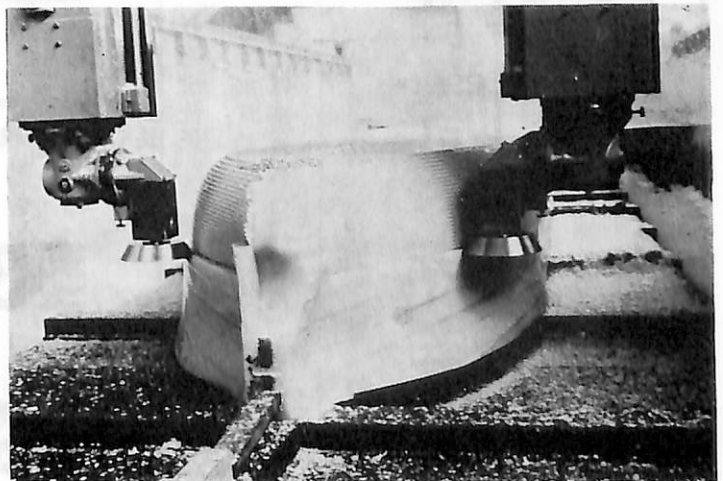
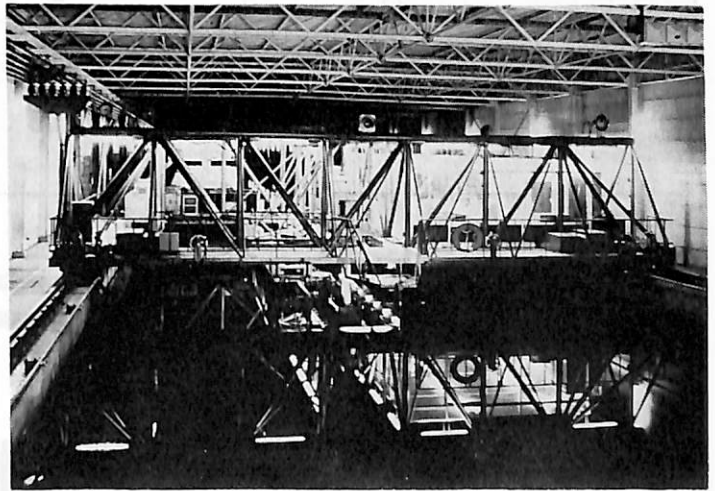
明石船型研究所完成

株式会社明石船型研究所(昭和46年11月1日川崎重工業と日立造船の共同出資で設立)が建設をすすめていた試験水槽ならびに諸設備は、昨年11月完成し、同月22日からすでに営業を開始した。

完成した試験水槽(長さ200m、幅13m、深さ6.5m)は、民間として最大級であり、最新鋭の付帯設備を装備しており、この設備により、同社は、船型試験、新船型などの開発研究およびこれらに関連する流体力学の基礎的問題の解明などの事業を行なうことになっている。また同社は、川崎重工業、日立造船両社の船型研究の中核機関となるばかりでなく川崎重工および日立造船両社の企業発展の大きな推進力としての役割りを果たすことになった。

明石船型研究所の特長は次のとおりである。

1. 日立造船、川崎重工業両社の優秀な人材を結集している。
2. 水槽本体の構築はもちろん、軌条の精密加工、敷設、曳引車の速度制御、計測器、模型船の削成など、すべての面に最高の技術を活用している。
3. 研究の効率化を飛躍的に向上させるため電算機(HIDIC-500)によるDNC(直接数値制御)方式を採用し、模型船の自動的切削も可能である。
4. 試験計測の自動化により、曳引車の運転計測、解析ならびに結果の表示を自動的に精度よく行なうことができる。





昭和 海運

取締役社長 末 永 俊 治

本社 東京都中央区日本橋室町四ノ一 (室町ビル)
電話 (二七〇) 七二一一 (大代表)



山下新日本汽船

取締役会長 山 下 三 郎
取締役社長 堀 武 夫

本社 東京都千代田区二ツ橋二丁目一番一号 (パレスサイドビル)
電話 東京 (二八二) 七五〇〇



ジャパントライア

取締役社長 松 永 壽

本社 東京都千代田区丸の内三丁目一番一号 (国際ビル)
電話 東京 (二二二) 八二一一 (代表)



川崎 汽船

取締役社長 足 立 護

本社 東京都千代田区内幸町二ノ一ノ一 (飯野ビル)
電話 東京 (五〇六) 二〇〇〇 (代表)



日 本 郵 船

取締役会長 有 吉 義 弥
取締役社長 菊 地 庄 次 郎

本社 東京都千代田区丸の内二丁目三番一号
電話 東京 (二二二) 四二一一 (大代表)



大阪商船三井船舶

取締役会長 福 田 久 雄
取締役社長 篠 田 義 雄

本社 東京都港区赤坂五丁目三番三号
電話 (五八四) 五一一一 (大代表)

謹 賀 新 年

1974年1月1日



関西汽船

取締役社長 藤井敬一郎

本社
東京支社

大阪市北区宗是町一
電話大阪(四四一)九一六一(大代表)
東京都中央区八重洲一の九(東京建物ビル)
電話東京(二八一)二六二四一七六(代表)



新和海運

取締役社長 三和晋

本社

東京都中央区京橋一丁目三番地(新八重洲ビル)
電話東京(五六七)一六六一(大代表)



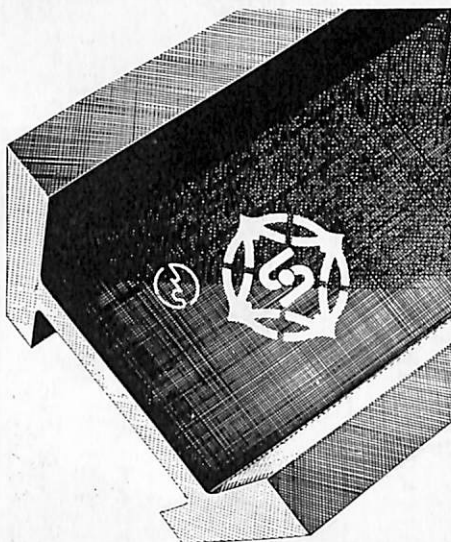
照国海運

取締役社長 中川喜次郎

本社

東京都中央区八重洲一の四の一四(中川ビル)
電話(二七二)八四四一(大代表)

マークがすべてを語ります



製品につけられた保証のしるし 私たちへの信頼のシンボルです



新日本製鐵

本社 東京都千代田区大手町2-6-3 新日鐵ビルディング
電話 東京 03 242-4111 大代表 郵便番号100

船舶艙装品、法定船用用品一式

MS式油水分離器、飲料水殺菌器

船用トイレ汚物処理装置、廃油焼却炉

三洋商事株式会社

取締役社長 成瀬勝蔵

本社 東京都中央区新川一―一七―二

電話(五五二)八一五一(代表)

支店 横浜・大阪・神戸・門司・福岡・長崎

各種船舶の建造並修理
 船用汽機汽缶の製造並修理
 各種鉄骨・橋梁鉄塔等製作並修理



株式会社名村造船所

本社・工場 大阪市住吉区北加賀屋町4の5 電話 大阪(681)1121(代)
 東京事務所 東京都千代田区神田鍛冶町3の4の2(神田東洋ビル) 電話 東京(252)4941(代)
 神戸事務所 神戸市生田区海岸通5(商船ビル) 電話 神戸(331)4810

株式
 会社

三保造船所

本社工場 清水市三保三七九七

電話 清水(三四・五二)一一

テレックス 三九六五―六九一

東京事務所 東京都中央区八重洲一ノ九ノ九

(東京建物ビル)

電話 (二八一) 六三四一(代表)―一三

テレックス 二二二一三三〇一



東北造船株式会社

本社・工場 宮城県塩釜市北浜四ノ一四ノ一

電話 塩釜(四)二一一一(大代表)

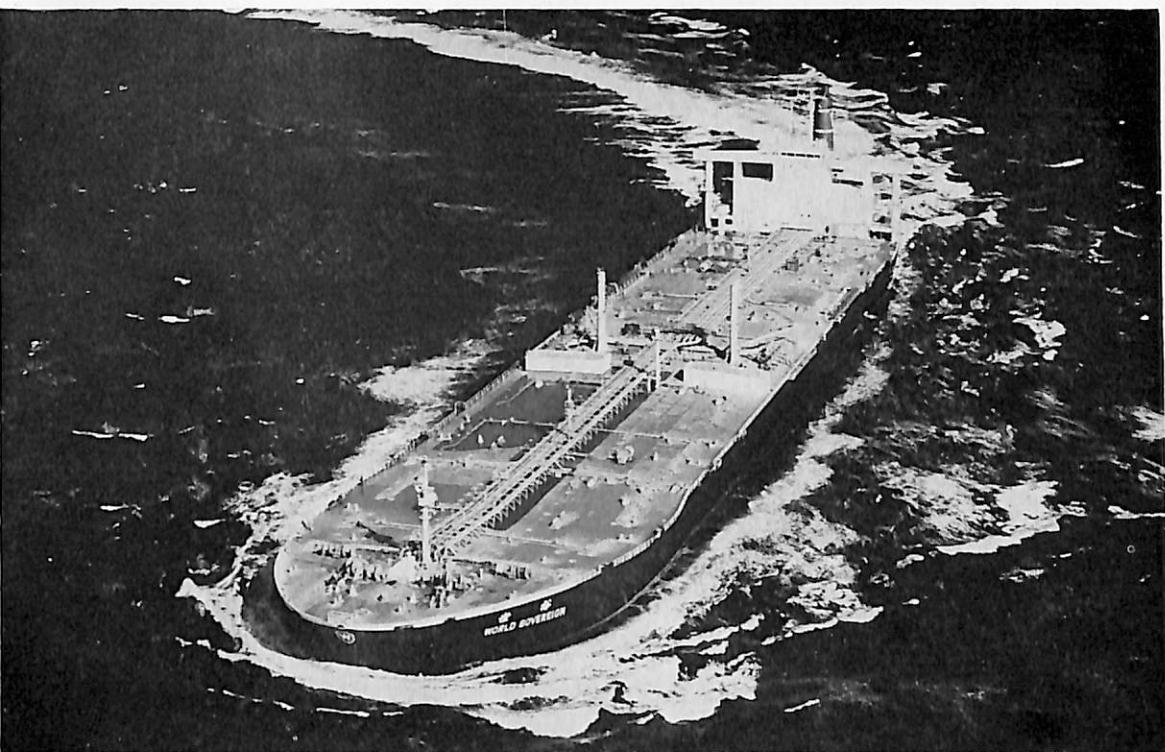
テレックス 八五九二〇八 T Z H E A D J

代表取締役社長 織田沢 良一

東京支店 東京都中央区日本橋通二ノ〇ノ二(丸善ビル)

電話 (二七一) 一九〇七―九

テレックス 二二二五三三三 T Z T K Y O J



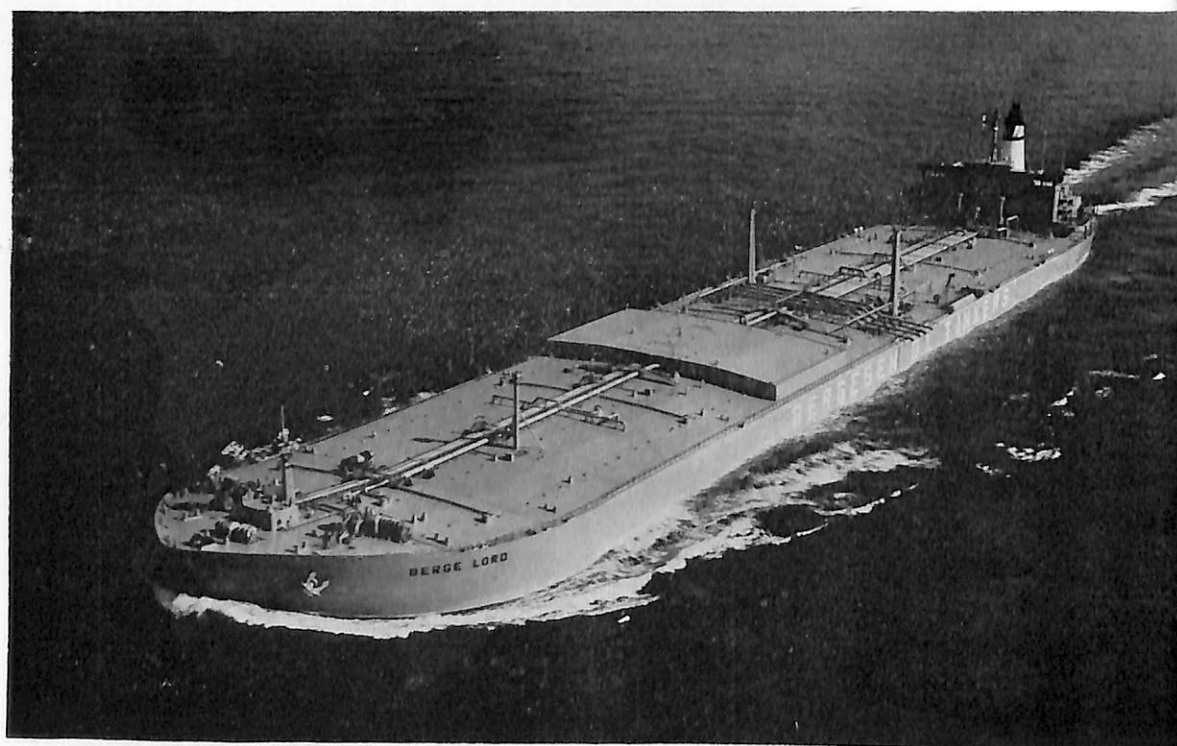
WORLD SOVEREIGN (油槽船) 船主 Liberian Cypress Transports Inc. (リベリア) 造船所 川崎重工業・坂出工場 総噸数 105,053噸 純噸数 88,671.49噸 遠洋 船級 NK 全長 319.80m 長(垂) 305.00m 幅(型) 53.00m 深(型) 25.30m 吃水 19.62m 満載排水量 266,205噸 平甲板船 主機 川崎UA-160型船用タービン 出力 35,000PS×89RPM 燃料消費量 171.7t/d 航続距離 15,900海里 速力 16.37ノット 汽罐 川崎UMG 70/56-U A型 清水倉 203.57m³ 燃料油倉 8,060.08m³ 乗員 36名 工期 48-5-28, 48-8-29, 48-12-5



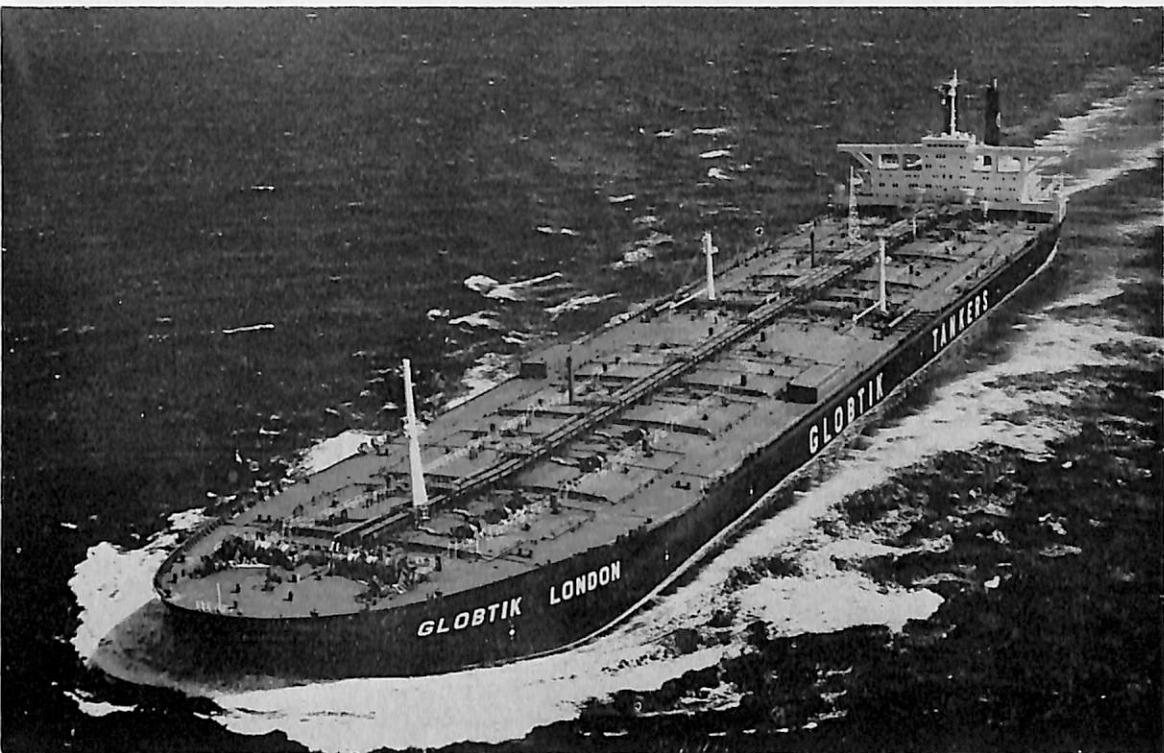
NATAJI SUBMAS ROSE (油槽船) 船主 The Shipping Corporation of India Ltd. (印度) 造船所 三菱重工業・神戸造船所 総噸数 51,525.96噸 純噸数 36,702.91噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 87,980噸 全長 237.614m 長(垂) 226.00m 幅(型) 39.40m 深(型) 18.70m 吃水 13.948m 満載排水量 106,245噸 平甲板型 主機 三菱スルザー7 RND90型ディーゼル機関1基 出力 17,250PS×116RPM 航続距離 24,000海里 速力 15.3ノット 汽罐 三菱ダブルエバポレーション型32t/h×2 発電機 1,000KVA, 450V×3 貨油倉105,816.6m³ 乗員 69名 工期 48-3-26, 48-7-11, 48-11-30 特徴 Indian MOT規則の適用



宝 栄 丸 (油槽船) 船主 宝洋海運産業株式会社 造船所 常石造船株式会社
 総噸数 20,793.08噸 純噸数 12,919.08噸 近海 船級 NK 載貨重量 36,408噸 全長 189.00m 長(垂)180.00
 m 幅(型) 27.000m 深(型) 14.950M 吃水 11.024m 満載排水量 45,141噸 船首楼付平甲板型 主機 三井B
 &W 6 K84 E F型ディーゼル機関1基 出力 13,200PS×108RPM 燃料消費量 49.6t/d 航続距離 11,700海里
 速力 15.5ノット 汽罐 32,000kg/h×16kg/cm² 発電機 610KW×2 燃料油倉 44,774.5m³ 清水倉 297.1m³ 乗
 員 30名 工期 48-5-10, 48-7-17, 48-10-31



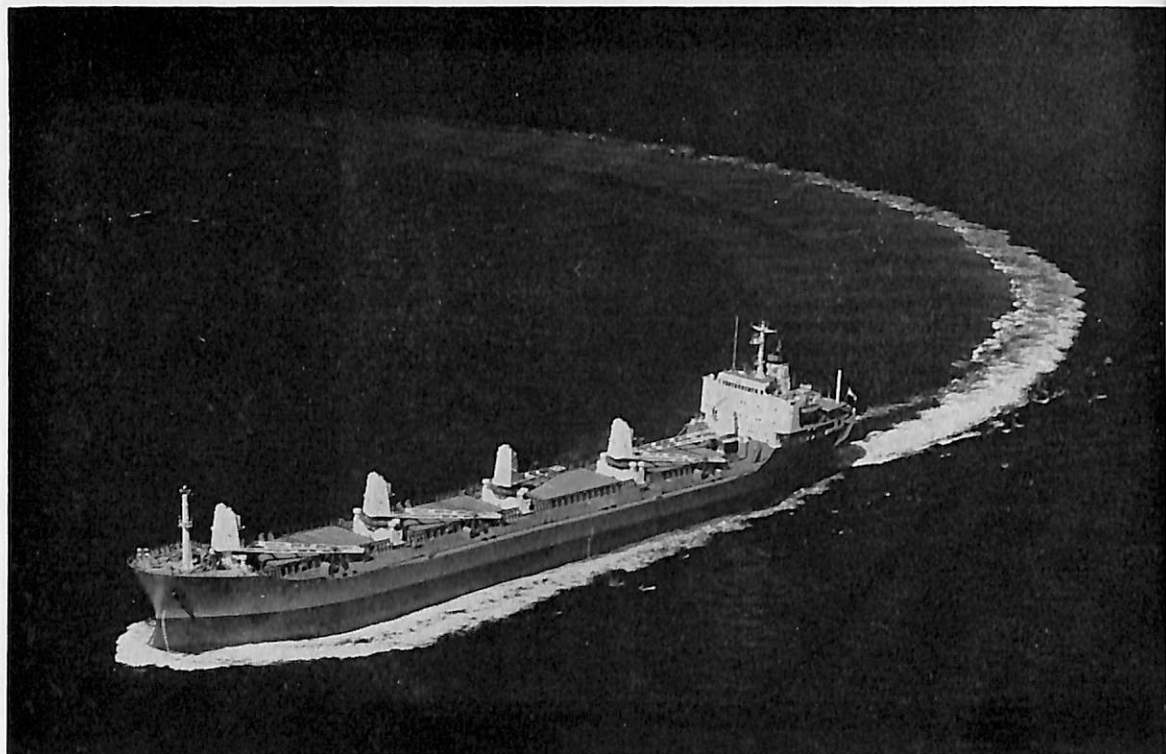
BERGE LORD (油槽船) 船主 A/S Sig. Bergesen d. y. & Co. (ノルウェー) 造船所 三井造船・千葉造船所
 総噸数 139,775.62噸 純噸数 104,072.54噸 遠洋 船級 LR 載貨重量 280,008噸 全長 342.900m 長(垂)
 329.184m 幅(型) 51.816m 深(型) 27.737m 吃水 21.773m 満載排水量 320,400Lt 平甲板船 主機 三井B
 &W DE 9 K98 FF型ディーゼル機関1基 出力 32,100PS×103RPM 燃料消費量 117t/d 航続距離 25,420
 海里 速力 15.23ノット 汽罐 三井D'E-45T-S 発電機 1,000KW×1 945KW×2 貨油倉 342,043.7m³ 清
 水倉 714.9m³ 燃料油倉 9,499m³ 乗員 44名 工期 48-3-22, 48-8-10, 48-11-30 "UMS" 取得船



GLOBTIK LONDON (油槽船) 船主 Globtic Tankers (英) 造船所 石川島播磨重工業・呉造船所
 総噸数 238,206.65噸 純噸数 184,258.33噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 483,939噸 全長 378.85m 長(垂)
 360.00m 幅(型) 62.00m 深(型) 36.00m 吃水 28.20m 平甲板船 主機 I H I - 船用タービン×1基 出力
 45,000PS×90RPM 燃料消費量 222.9t/d 航続距離 18,100海里 速力 14.25ノット 汽罐 IHI-F.W.MDM
 ×2基 貨油倉 585,062.9m³ 清水倉 922.7m³ 燃料油倉 14,190.4m³ 乗員 55名外 10名 工期 48-1-27
 48-6-22, 48-10-31



SPLENDID DIAMOND (油槽船) 船主 Financiera Panamericana Dos Rios, S.A (パナマ) 造船所 佐世
 保重工業・佐世保造船所 総噸数 103,960.95噸 船級 AB 載貨重量 270,794噸 全長 326.83m 長(垂)313.00
 m 幅(型) 48.20m 深(型) 25.50m 吃水 20.02m 主機 I H I - 船用タービン×1基 速力 16.53ノット 出
 力 33,000PS 竣工 48-12-5



S. A. SUKUMBI (ばら積貨物船) 船主 South African Sugar Carriers(pty.)Ltd.(南ア) 造船所 三井造船所藤永田造船所 総噸数 16,459.34噸 純噸数 9,082.09噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 25,501噸 全長 178.842m 長(垂) 170.00m 幅(型) 23.20m 深(型) 13.70m 吃水 9.849m 満載排水量 32,626噸 凹甲板船 主機住友スルザー 6 RND76型ディーゼル機関1基 出力 10,800PS×118RPM 燃料消費量 42.39t/d 航続距離 16,000海里 速力 15.625ノット 汽罐 貫流式 1,500kg/h×7kg×1 発電機 400KW×3 貨物倉(グレーン) 32,302.6m³ 清水倉 387.5m³ 燃料油倉 1,871.2m³ 乗員 48名 工期 48-5-11, 48-7-25, 48-11-9



KONKAR VICTORY (ばら積貨物船) 船主 Konkar Victory Corporation (リベリア) 造船所 三井造船・玉野造船所 総噸数 39,219.13噸 載貨重量 76,764噸 全長 259.528m 長(垂) 249.00m 幅(型) 32.156m 深(型) 18.593m 吃水 13.64m 主機 三井B&W 7 K84EF型ディーゼル機関1基 船級 AB 出力 17,500PS×114RPM 貨物倉 91,449.8m³ 速力 17.13ノット 乗員 42名 竣工 48-12-5 設備: 居住区には空調装置, サウナバス付スポーツ・ルーム, プール設置



TAKACHIHO (ばら積貨物船) 船主 Wilh. wilhelmsen系列会社9社(ノルウェー) 造船所 三菱重工業・神戸造船所 総噸数 36,264.61噸 純噸数 23,302.43噸 遠洋 船級 NV 載貨重量 63,533噸 全長 224.00m 長(垂) 211.28m 幅(型) 31.80m 深(型) 18.35m 吃水 13.345m 満載排水量 75,315Lt 船首楼付平甲板船 主機 三菱スルザー 7 RND76型ディーゼル機関1基 出力 12,600PS×118RPM 燃料消費量 46.2t/d 航続距離 22,000海里 速力 14.6ノット 汽罐 コ克蘭 1,800kg/h×1,排エコ 1,800kg/h×1 発電機 AC450V 60Hz, 400KW×3 貨物倉(グリーン) 76,315.0m³ 清水倉 543.8m³ 燃料油倉 3,505.1m³ 乗員 35名 工期 48-3-14, 48-8-22, 48-11-27 設備 EO取得船



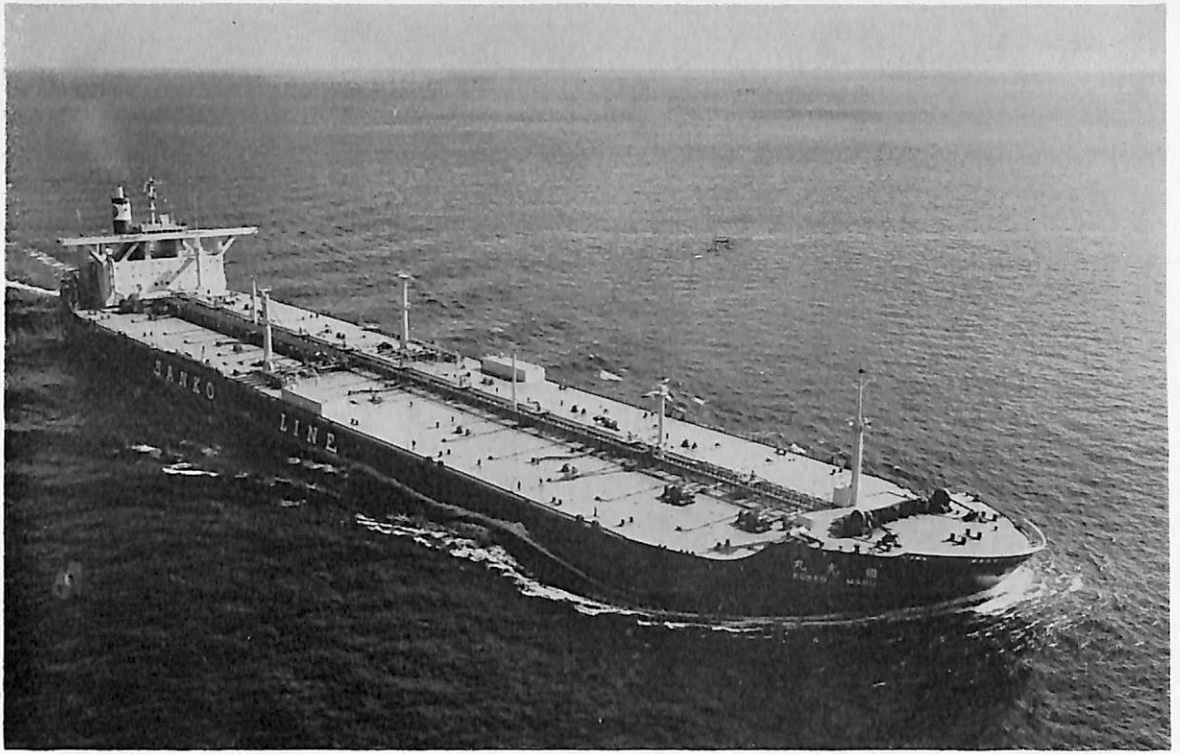
GOLDEN KIMISIS (ばら積貨物船) 船主 Golden Notly Steamship, Inc.(ギリシャ) 造船所 函館ドック株式会社室蘭製作所 総噸数 16,438.79噸 純噸数 11,371噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 28,879噸 全長 180.80m 長(垂) 170.00m 幅(型) 23.10m 深(型) 14.50m 吃水 34'-11 1/2" 満載排水量 35,195噸 凹型甲板船 主機 IHI-スルザー 6 RND76型ディーゼル機関1基 出力 10,800BHP×117.8RPM 燃料消費量 40.63t/d 航続距離 22,000海里 速力 15.0ノット 汽罐 AALBORG AQ-3型 1,200kg/h×1 発電機 AC450V×387.5KVA×2 貨物倉(ベール) 1,196,881ft³ (グリーン) 1,342,932ft³ 清水倉 7,386ft³ 燃料油倉 105,097ft³ 乗員 37名 工期 48-4-14, 48-7-31, 48-11-1 同型船 GOLDEN EVAGELISTRA



周洋丸 (セメント運搬船) 船主 東海運輸株式会社 造船所 常石造船株式会社
 総噸数 13,246.23噸 純噸数 7,467.79噸 沿海 船級 NK 載貨重量 21,805噸 全長 164.08m 長(垂)155.00m
 幅(型) 24.00m 深(型) 12.50m 吃水 9.343m 満水排水量 28,697噸 凹甲板型 主機 I H I - 12 P C - 2 V 型
 ディーゼル機関 2基(2機1軸) 出力 2×5,400/10,640PS×502/130.4RPM 燃料消費量 40.6t/d 航続距離
 3,400海里 速力 15.2ノット 汽罐 ウレイトン式 7kg/cm²G×1,250kg/H 貨物倉 セメント容積 18,266.0m³
 清水倉 133.1m³ 燃料油倉 FO 426.1m³ DO 115.8m³ 乗員 24名 工期 48-2-10, 48-5-1, 48-9-6



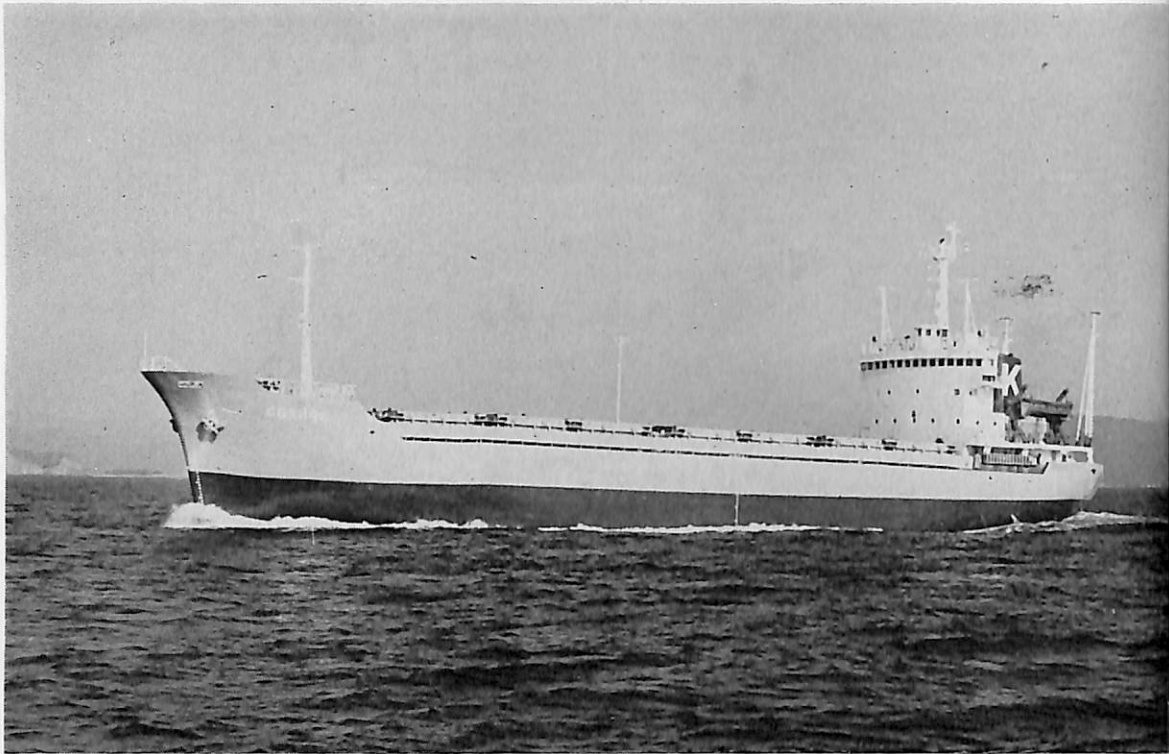
BUNGA MELAWIS (チップ運搬船) 船主 Malaysian International Shipping Corporation Berhad (マレーシア) 造船所 住友重機械工業・浦賀造船所 総噸数 32,321.03噸 船級 LR 載貨重量 32,716噸 長(垂) 188.00m 幅(型) 29.40m 深(型) 20.80m 吃水 9.70m 主機 住友スルザー 7 R D 76型ディーゼル機関 1基 出力 11,200PS×122RPM 速力 16.798ノット 工期 48-2-19, 48-5-30, 48-9-28



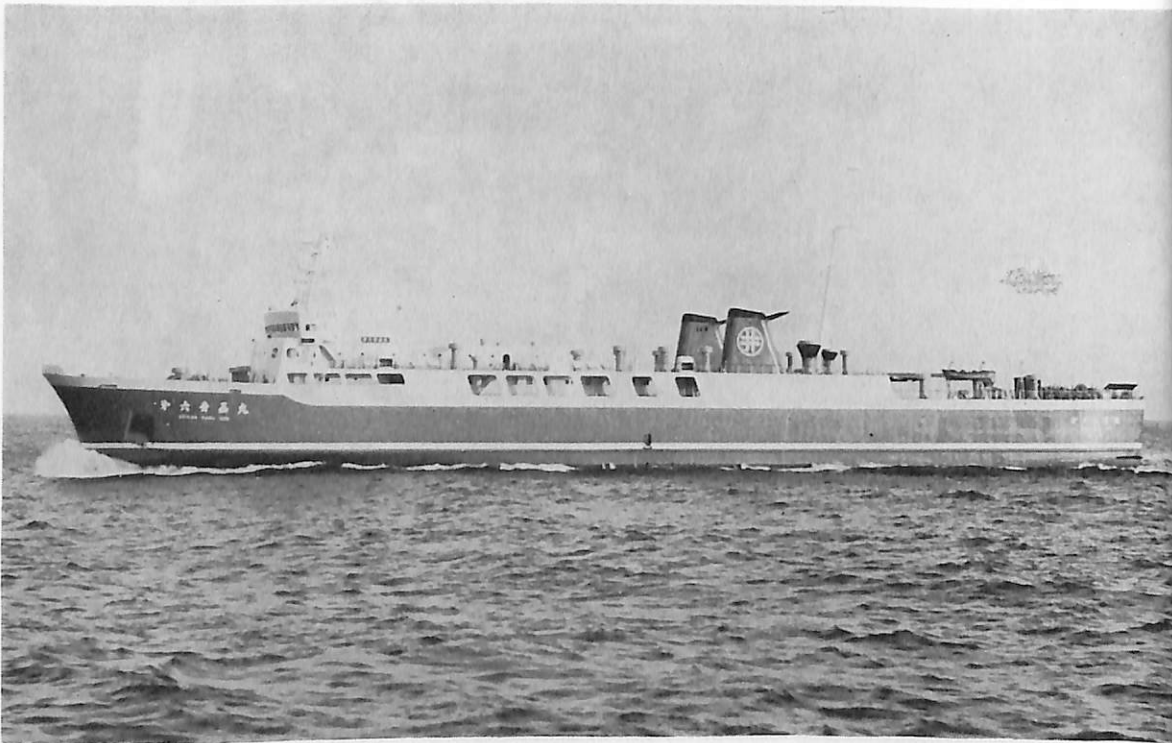
国 光 丸 (油槽船) 船主 三光汽船株式会社 造船所 三菱重工業・長崎造船所
 総噸数 117,572.48噸 純噸数 88,415.83噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 237,798噸 全長 321.82m 長(噸) 304.00
 幅(型) 52.40m 深(型) 25.70m 吃水 19.8475m 船首樓付平甲板船 主機 三菱船用パッケージド減速装置付
 タービン1基 出力 34,000PS×90RPM 燃料消費量 166.5t/d 航続距離 17,000海里 速力 15.8ノット 汽罐
 三菱CEV 2M-8W×2 発電機 AC450,1,400KW×1 貨油倉 289,153.9m³ 清水倉 760.1m³ 燃料油倉
 8,586.3m³ 乗員 33名, 外6名 工期 48-4-17, 48-7-27, 48-11-22 同型船 明光丸



CHEVRON FELUY (油槽船) 船主 Chevron Tranaport Corporation (リベリア) 造船所 三菱重工業・
 長崎造船所 総噸数 118,192.11噸 純噸数 100,263噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 264,191噸 全長 338.629 m
 長(垂) 320.00m 幅(型) 53.60m 深(型) 26.40m 吃水 67'-5³/₄" 船首樓付平甲板船 主機 三菱2段減速装
 置付船用タービン×1 出力 34,000PS×90RPM 燃料消費量 165t/d 航続距離 24,000 海里 速力 15.3ノット
 汽罐 三菱CE, V 2M-8W 発電機 AC450V, 1,500kg/cm²×2 貨油倉 320,552.1m³ 清水倉 372.5m³ 燃料
 油倉 12,296.6m³ 乗員 52名外8名 工期 48-4-5, 48-7-19, 48-11-8 同型船 Paul L. Fahrnet



COSMOS (コンテナ船) 船主 International Marine Container Corp. (パナマ) 造船所 山西造船鉄工所
 総噸数 2,496.98噸 純噸数 1,640.57噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 4,314.32噸 全長 84.85m 長(垂) 78.60m
 幅(型) 15.00m 深(型) 7.60m 吃水 6.019m 満載排水量 5,560噸 一層甲板船 主機 阪神 6 L U S 38型ディー
 ゼル機関 1基 出力 1,955PS×294RPM 燃料消費量 163.7g/bh/h 航続距離 12,000海里 速力 12.00ノット 発
 電機 300PS×1200rpm×2 貨物倉(ベール) 4,981.4m³ (クレーン) 5,110m³ 燃料油倉 50.28m³ 清水倉 116.10
 m³ 乗員 20名 工期 48-3-30, 48-9-12, 48-11-9



第六青函丸 (旅客船兼自動車航送船) 船主 東日本フェリー株式会社 造船所 下田船渠株式会社
 総噸数 3,499.98噸 純噸数 1,262.24噸 沿海 載貨重量 1,262.83噸 全長 120.54m 長(垂) 110.00m 幅(型)
 16.80m 深(型) 6.00m 吃水 4.81m 満載排水量 4,693.74噸 遮浪甲板型 主機 NKK-14PC-2 V型ディ
 ゼル機関 2基 出力 5,950PS×492RPM 航続距離 2,171海里 速力 20.5ノット 汽罐 エバラ HK-2,400HM
 A 2.4t/h 発電機 750KW×2台 清水倉 118.52m³ 燃料油倉 233.70m³ 乗員 旅客 700名, 船員 17名, 工期
 進水 48-7-14, 竣工 48-9-30 設備 バウスラスタ, フィンスタビライザー



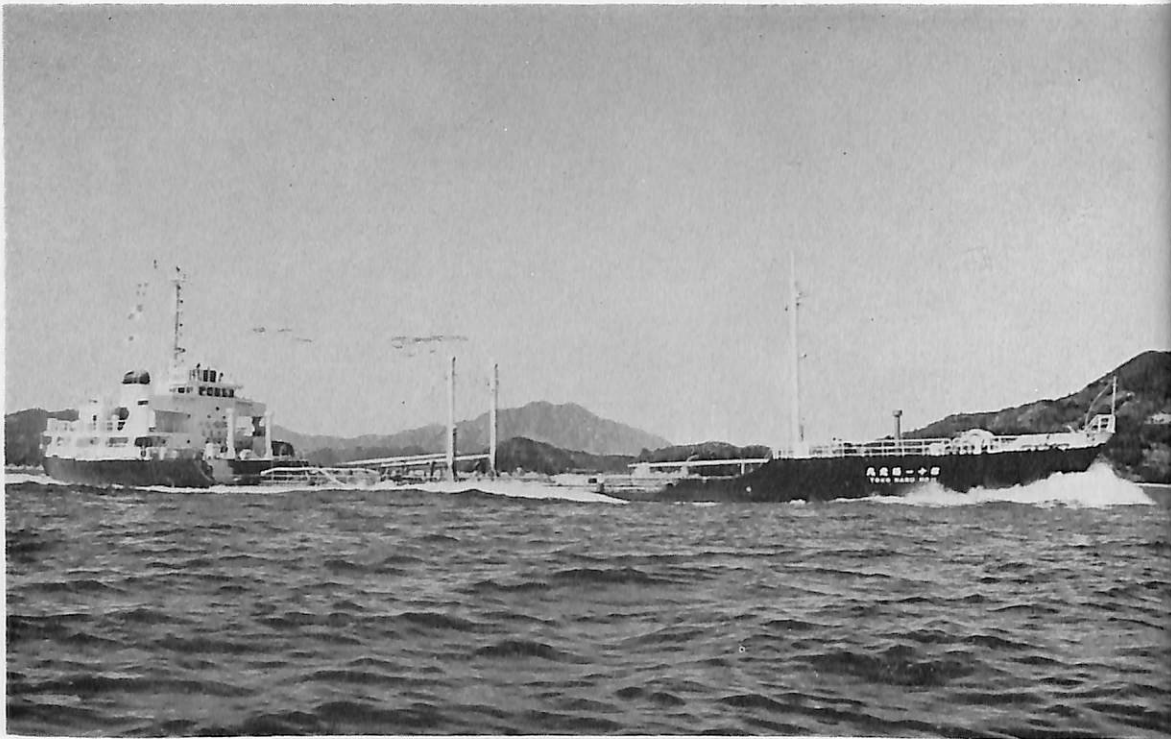
FAIREAST (自動車兼ばら積貨物船) 船主 Three Stars Chipping Ltd. (リベリア) 造船所 林兼造船株式会社
 社長崎造船所 総噸数 9,960.55噸 純噸数 6,258噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 16,174.57噸 全長 152.76m
 長(垂) 140.00m 幅(型) 22.20m 深(型) 8.90m 吃水 8.961m 満載排水量 21,836.80噸 凹甲板型 主機 IH
 I スルザー 6 RD68型ディーゼル機関1基 出力 7,200PS×144.8RPM 燃料消費量 27.13t/d 航続距離
 12,000海里 速力 14.8ノット 汽罐 コクラン缶1000kg/h×1台 発電機 AC 445V×330KVA×3台 貨物倉
 (ベール)19,789.49m³(グリーン)21,009.44m³ 貨油倉 自動車積載量(ブルーバード型)1,202台清水倉 531.95m³
 燃料油倉 A 168.51m³ C 1,052.49m³ 乗員 39名 工期 48-3-3, 48-7-17, 48-10-26 設備 吊下げ
 式および取外し式ポンツーン型自動車甲板装備



SEA BELLS (木材兼ばら積運搬船) 船主 Liberty Bulk Carriers Corporation (シンガポール) 造船所
 株式会社金指造船所 総噸数 15,865.84噸 純噸数 10,512.49噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 25,538噸 全長
 175.84m 長(垂) 165.00m 幅(型) 25.40m 深(型) 13.40m 吃水 9.626m 満載排水量 32,553噸 凹甲板型
 主機 三井B&W 7 K62EFディーゼル機関1基 出力 8,600PS×140RPM 燃料消費量 33.7t/d 航続距離
 15,300海里 速力 14.5ノット 汽罐 サンロード CPDB-15型 発電機 400KW×445V×3 貨物倉(ベール)
 31,907m³(グリーン) 36,157m³ 清水倉 377m³ 燃料油倉 A 151m³ C 1,664m³ 乗員 34名 工期 48-5-22,
 48-8-28, 48-11-30 設備 No.1 HATCH部嵩上げ型, トムソン型デリックブーム



龍 勢 丸 (自動車運搬船) 船主 日勢海運株式会社 造船所 芸備造船工業株式会社
 総噸数 2,371.30噸 純噸数 1,351.67噸 遠洋 載貨重量 3,877.06噸 全長 98.00m 長(垂)89.95m 幅(型)16.00
 m 深(型) 7.30m 吃水 6.70m 三層甲板船尾機関型 主機 伊藤鉄工M 556H U S型ディーゼル機関1基 出力
 5,000PS×320RPM 燃料消費量 155g/ps/h 航続距離 14,154海里 速力 15.64ノット 汽罐 500kg/N×7kg/
 cm² 発電機 AC445V×250KVA×2 清水倉 200.58m³ 燃料油倉 848.83m³ 乗員 23名 工期 48-6-25, 48
 -8-31, 48-11-22



第十一 陽光丸 (油槽船) 船主 船舶整備公団・庭瀬海運有限会社 造船所 西造船株式会社
 総噸数 1,361.61噸 純噸数 1,017.16噸 沿海 船級 NK 載貨重量 3,420.67噸 全長 87.10m 長(垂) 82.00m
 幅(型) 15.00m 深(型) 5.60m 吃水 5.207m 満載排水量 4,730.0噸 船首尾楼付凹甲板型 主機 阪神内燃機
 4 サイクルディーゼル機関1基 出力 2,210PS×265RPM 燃料消費量 152.2g/ps, Hr 航続距離 8,500海里
 速力 12.5ノット 汽罐 三浦ZボイラーVW-120 発電機 130KVA×2台 貨油倉 3,326.732m³ 清水倉 112.79
 m³ 燃料油倉 373.04m³ 乗員 13名 工期 48-7-7, 48-9-28, 48-10-31



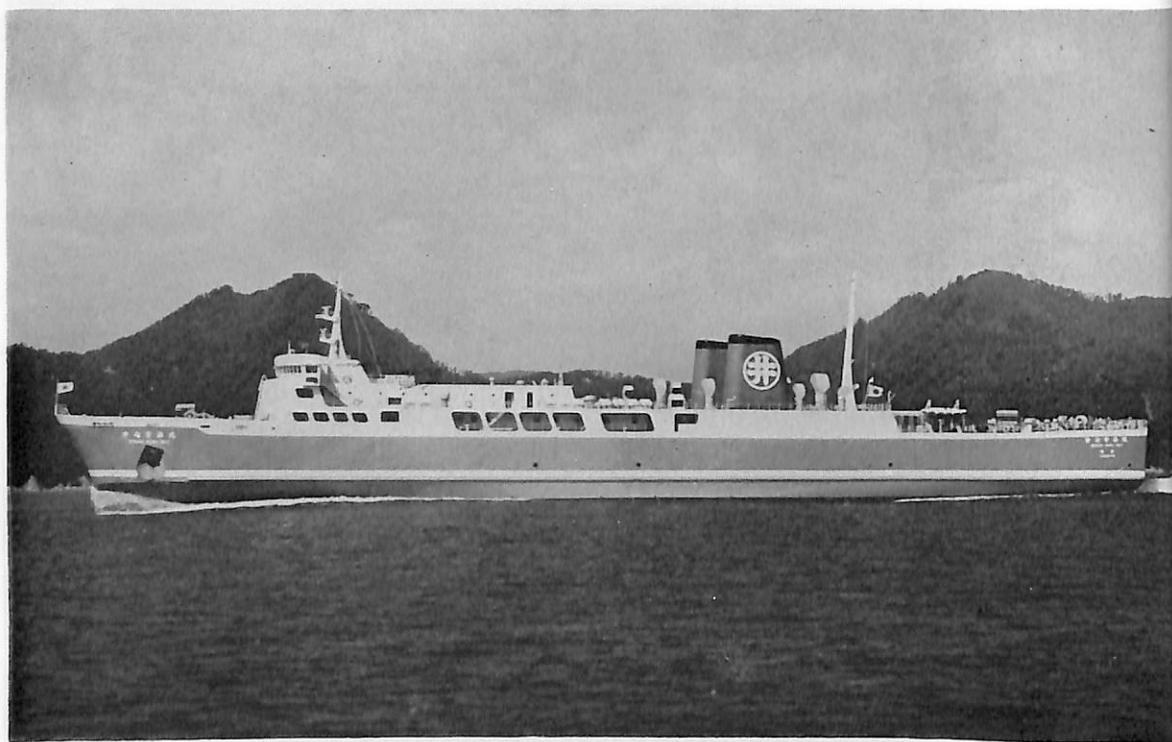
ESSO ALBANY (油槽船) 船主 Esso Tanker Inc. (リベリア) 造船所 日立造船・向島工場
 総噸数 12,805.92噸 純噸数 28,463Lt 遠洋 船級 AB 載貨重量 22,367噸 全長 161.20m 長(垂) 152.00m
 幅(型) 23.50m 深(型) 12.75m 吃水 33'-1 $\frac{1}{2}$ " 満載排水量 28,463Lt 船尾楼付一層甲板船 主機 日立B & W 7 K62 E F型ディーゼル機関1基 出力 8,600PS×140RPM 燃料消費量 35.3t/d 航続距離 10,000海里
 速力 15.00ノット 汽罐 日立2胴水管式 発電機 550KW, AC450,60Hz×3 貨油倉 930,517ft³ 清水倉 6.657ft³ 燃料油倉 66,843ft³ 乗員 36名 工期 48-5-31, 48-8-11, 48-11-9



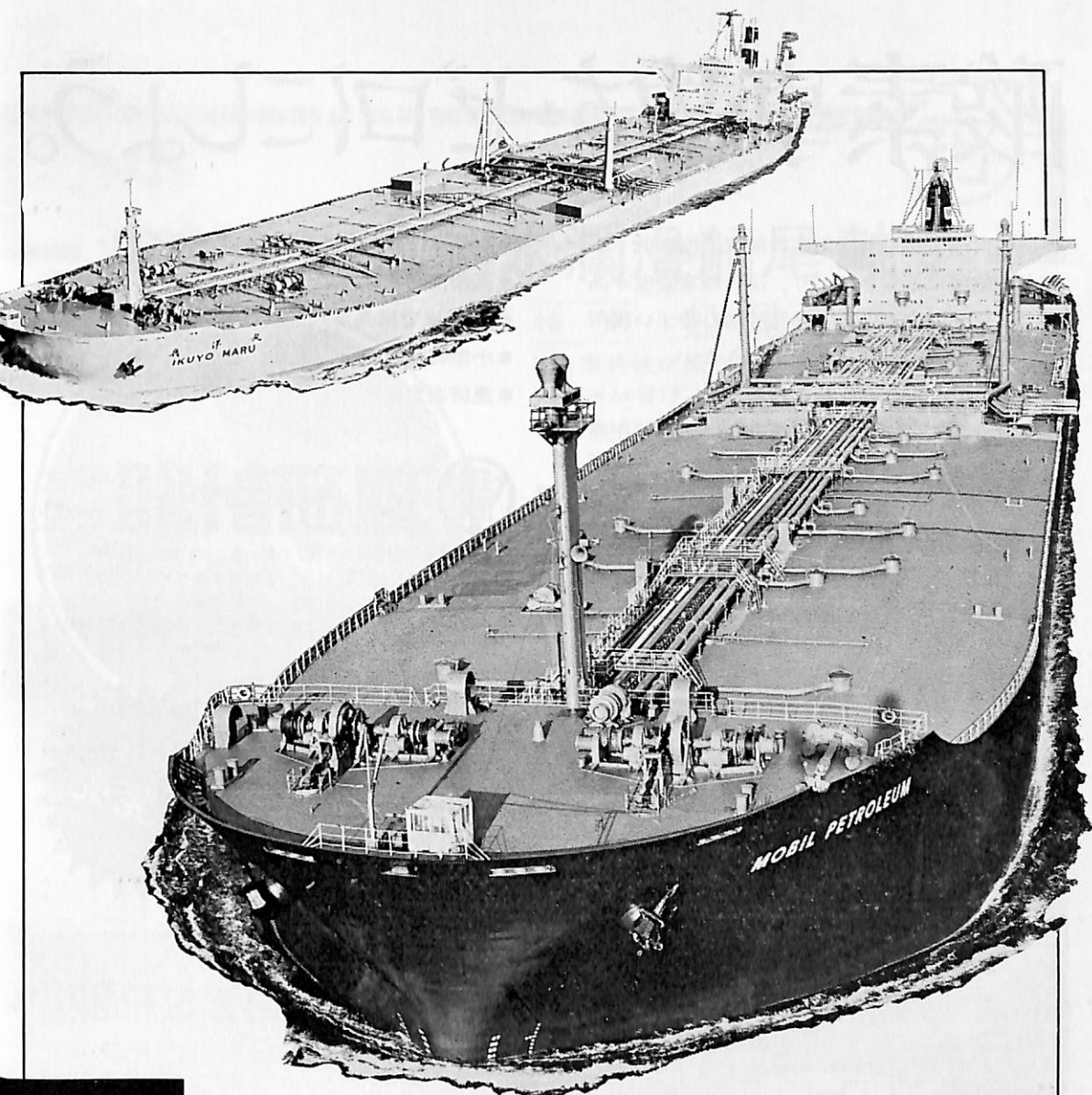
WORLD CHALLENGER (鉱・油兼用船) 船主 Liberian Golaxie Transports Inc. (リベリア) 造船所 日立造船・因島工場 総噸数 85,737.28噸 純噸数 69,765噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 164,338噸 全長 313.90m 長(垂) 302.00m 幅(型) 44.20m 深(型) 24.20m 吃水 17.1025m 満載排水量 194,017噸 平甲板型 主機 日立B & W 12 K84 E F型ディーゼル機関1基 出力 28,100PS×110RPM 燃料消費量 103.2t/d 航続距離 23,000海里 速力 16.0ノット 汽罐 日立-2胴水管式 発電機 900KW×AC450V×1, 980KW×AC450V×1 貨物倉 88,213.90m³ 貨油倉 204,637.95m³ 清水倉 662.80m³ 燃料油倉 6,462.72m³ 乗員 38名外10名 工期 48-4-10, 48-8-1, 48-11-14



ベガ (自動車航送旅客船) 船主 新東日本フェリー株式会社 造船所 内海造船・瀬戸田工場
 総噸数 6,702.25噸 純噸数 3,128.40噸 沿海 載貨重量 2,323噸 全長 136.58m 長(垂) 127.00m 幅(型) 21.20
 m 深(型) 7.80m 吃水 5.70m 満載排水量 7,765噸 全通船楼二層甲板型 主機 NKK-16PC2-5V型デ
 ィーゼル機関1基 出力 $2 \times 8,020$ PS $\times 511/210$ RPM 燃料消費量 69.10t/d 航続距離 1,865海里 速力 21.50
 ノット 発電機 AC 450V, 60Hz $\times 3$ 基 車両搭載台数 8¹/₂ 積トラック 75台, 乗用車 60台, 旅客計 712名 清
 水倉 327.94m³ 燃料油倉 289.59m³ 乗員 60名 工期 48-4-17, 48-8-31, 48-12-1



第七青函丸 (自動車航送旅客船) 船主 東日本フェリー株式会社 造船所 内海造船・田熊工場
 総噸数 3,450.32噸 純噸数 1,530.34噸 載貨重量 1,621.60噸 全長 120.530m 長(垂) 110.000m 幅(型) 16.800
 m 深(型) 6.600m 吃水 5.000m 満載排水量 4,783噸 平甲板型全通船楼船 主機 NKK-14PC2-2V型
 ディーゼル機関 $\times 2$ 出力 $2 \times 5,860$ PS $\times 492/220$ RPM 燃料消費量 48.3t/d 航続距離 2,900海里 速力 20.5
 ノット 汽罐 自然環式水管ボイラ $7\text{kg}/\text{cm}^2 \times 2000\text{kg}/\text{h} \times 1$ 発電機 AC 445V 60Hz 937.5KVA $\times 2$ 貨物倉
 8t 積トラック 48台 旅客 700人 清水倉 97.48m³ 燃料油倉 324.12m³ 乗員 25名 工期 48-3-20, 48-8
 -18, 48-10-30



船

わたくしたちの傑作!!

船をつくる わたくしたちの願いは、ユーザーのご満足をいただくばかりでなく、わたくしたち自身の良心をも満足させるよい仕事をする事です。



佐世保重工業株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-2-1(新大手町ビル) ☎(211)3631(代)
佐世保重船所 長崎県佐世保市立神町 ☎佐世保(24)2111(代)

酸素事故をゼロにしよう。

理研酸素モニターは空気中の酸素濃度が低下し、人命が危険にさらされたり、逆に酸素濃度が高くなり化学反応、火災・爆発の起りやすい場所など広い範囲にわたって測定できます。

●長寿命で堅牢なセンサを採用

- 1) 電解液、メンブランの交換なしで一年以上連続使用できます。
- 2) 湿度100%まで使用できるうえにCO₂やスモークにも影響されません。
- 3) 0~40℃まで自動温度補償されているので、一度校正すれば長期間再校正なしで連続使用できます。

- 操作は簡単(ウォーミングアップ不要)
- 高精度ですばやい応答
- 300mまで延長コード取付可能
- 小型軽量で携帯に便利
- 連続測定可能



理研計器株式会社

営業本部：東京都板橋区板橋2-46-8 (03)963-7381(代)
名古屋営業所 (052)262-1686(代) 札幌営業所 (011)231-1644
広島営業所 (0822)21-8671(代) 大阪営業所 (06)312-5521-3
理研九州販売 (092)43-2558 横浜営業所 (045)322-5181-2

ユニークなセンサを採用した

理研酸素モニター

〈3機種〉
新発売

- 定置式OM-300型(警報付)(0~10%, 0~25%)又は(0~50%, 0~100%)
- 携帯式 OA-222R型(本質安全防爆型)0~25%
OA-225R型(本質安全防爆型)0~40%
- 携帯式OM-322型(警報付)0~25%,又は0~40%



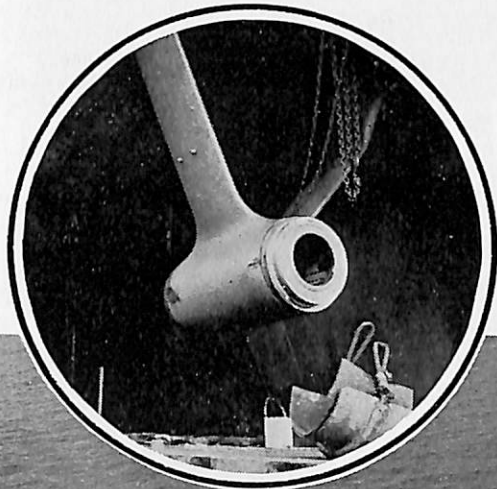
〈携帯式〉OA-222R型

- 本質安全防爆型(労働省産業安全研究所検定合格品)
- 船艙・タンク等爆発危険場所で使用するのに最適です。
 - 指示計目盛上で、既知酸素濃度(普通は空気)によるスパンチェックで使用でき、その上外部電源を必要としませんので、乾電池の交換や充電の必要が全くありません。
 - センサは安定、長寿命で、1ヶ年間の連続使用ができます。
 - 100%の湿度に対しても影響ありません。



特許

減らない強制水潤滑船尾軸受



特許 船尾軸受

- 耐摩耗性が優れているため支面材交換の手間が省けます。
- 浅海域航行時の砂かみによる軸受摩耗を防ぎます。
- 支面材摩耗に起因する軸折損その他の事故が防げます。
- 純粹の水潤滑軸受ですので海洋汚染防止の観点からも全く心配ありません。



特許 サイクロン泥水分離器

船舶用各種ポンプのサクシヨン側に取付け、揚水中の泥砂を連続濾過し船内機器のトラブルと損傷を防止する極めて高性能なサイクロンセパレーターであります。

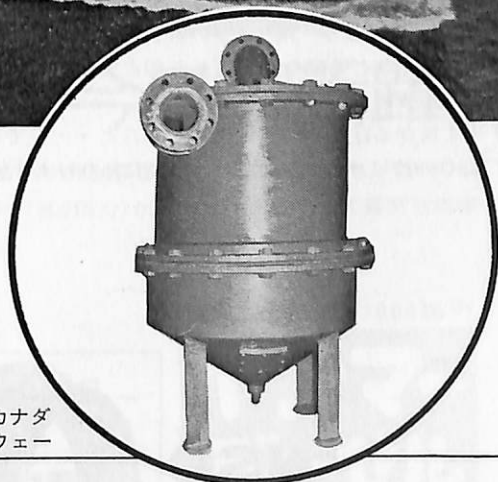
● 型式 / 10、20、35、50、70、100、200 m³ / H

【特許】

第408349号
第516993号

【国際特許】

米・英・仏・オランダ・ベルギ・スイス・カナダ
独・デンマーク・スウェーデン・ノルウェー



【その他の営業品目】

- 液漕船用 / サクシヨンヘッドブッシュ
とインペラーシャフトベアリング
- 水・酸および各種特殊液用 /
フェーガルポンプ

古川軸受工業株式会社

代表取締役 古川裕一郎

大阪市北区芝田町55(北阪急ビル) ☎ <06>372-1735(代) 〒530

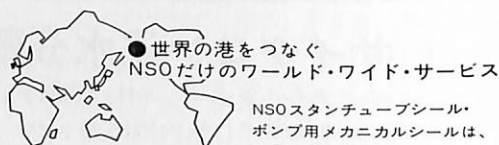
吃水圧 2.2kg/cm²

48万トン 意気ようようと就航中!

スタンチューブシールEVLを装着した、あの48万トン
メガロタンカーグロブテックTOKYO号——いま、
意気ようようと太平洋を就航中です。でも、この世界
最大の記録もいままた更新されようとしています。
いよいよ70万トン、超マンモスタンカーの登場——
NSOでは、新たなシールタイプの研究を経ながら、吃
水圧の高圧化など苛酷な条件をもものともしない、船
尾管シール装置にとり組んでいます。
ますます広がる巨船化時代の礎となること・・・それ
こそNSOの誇り高き実績であり、責務に他なりません。

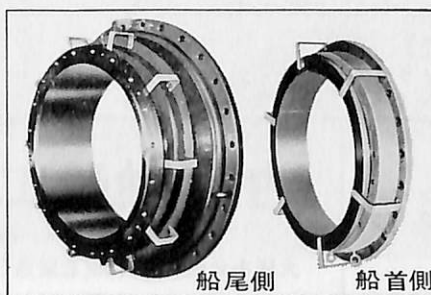
実績を重ねる精巧なシール技術・・・

EVLタイプは、推進軸径457～990φ級の油潤滑用シール
装置として、リップ材・ペローダイヤフラム材に、NSO
の誇るシールエンジニアリングが生み出したフッ素系
特殊ゴム(バイトン-2163)を使用、スリーブライナーには、
ステンレス鋼を使用し、その摩耗、海水の浸入、潤滑
油の漏洩に万全を備えています。



NSOスタンチューブシール・
ポンプ用メカニカルシールは、
世界の主な港で
国内と同じサービスが
受けられます。

NSO
スタンチューブ
シール
EVL



製造元

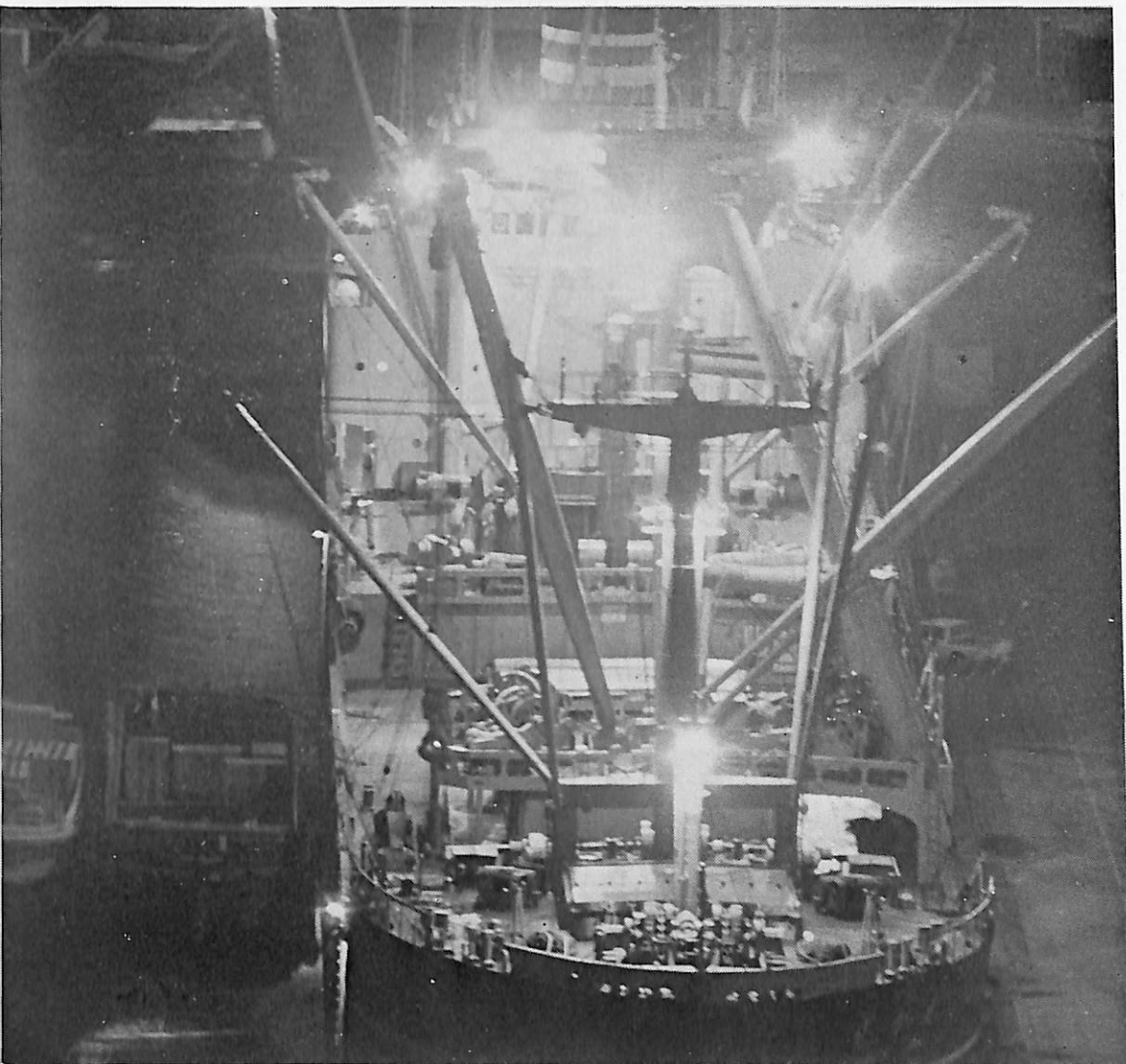
NSO

日本シールオール株式会社

販売元

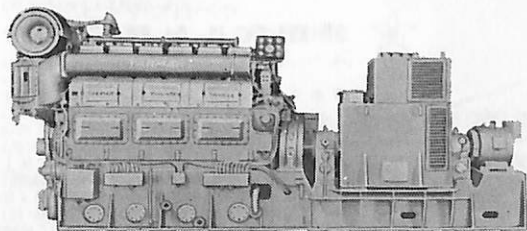
NOK

日本オイルシール工業株式会社
105東京都港区芝大門1-12-15 正和ビル電話(03)432-4211 大代表



あらゆる大形船で今日も活躍。

貨物船・タンカー・フェリーボート・ドレッジャー・クレーン船……あらゆる大形船舶の補機にヤンマーの6GL形シリーズ〈720~1200馬力〉・6ZL形シリーズ〈1600~1800馬力〉が最適。用途に応じて豊富な機種の中からお選びください。




船舶補機

6GL-ET形
〈1200PS/720rpm〉

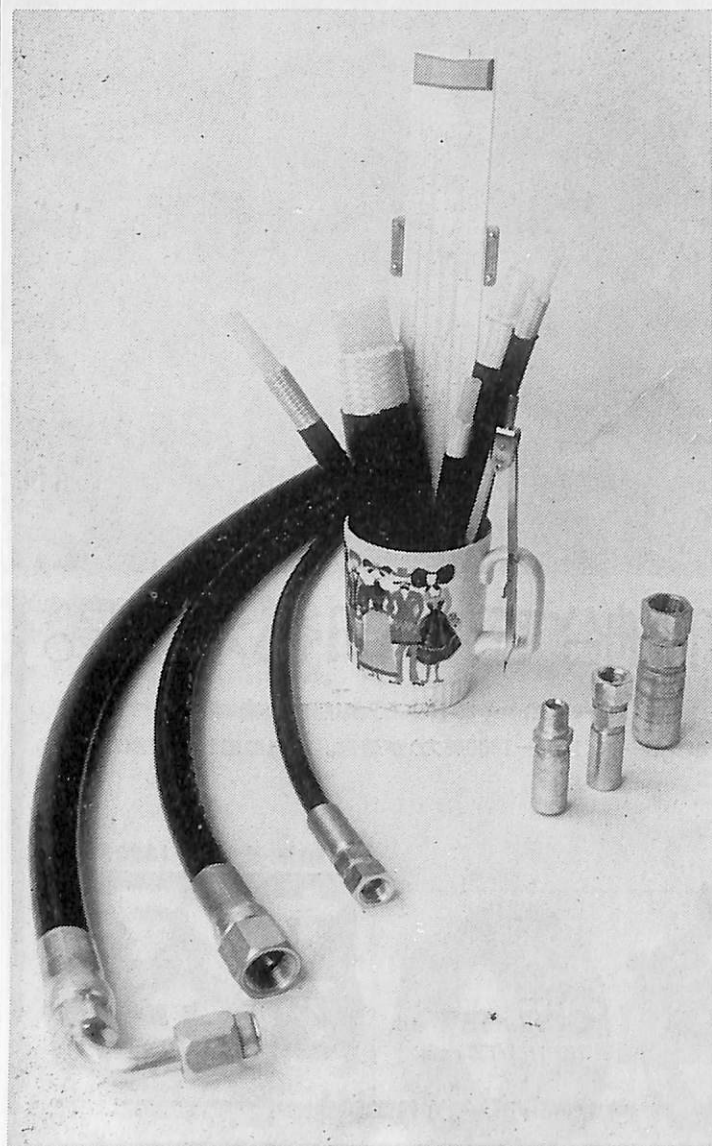
船舶補機3.5~1800馬力

**ヤンマー
ディーゼル**

●詳しいカタログをお送りします(本社・宣伝部)まで。

 **ヤンマーディーゼル株式会社** (本社) 大阪市北区茶屋町62 (〒530) TEL(06)372-1111 (代)
(支店) 札幌・東京・名古屋・高松・広島・福岡

優秀な造船技術者が
油圧回路の設計を考える時
いつでも
シフレックスホースが
そこにある



■ 特 長

- 各種ホースに比し超高压で且つ柔軟性に富んでいる。
- 各種作動油に対する老化性、疲労性が少ない。
- 各種作動油を汚さない。
- 耐候性に優れている。
- 耐油圧衝撃性に優れている。
- 軽量である。
- 各種配管が美しく仕上る。

■ 用 途

甲板機械用、および油圧制御装置回路

■ 営業品目

- 油圧用………シフレックスホース
 空圧用………シフレックスN2チューブ
 空気計装用……テコロン
 テカボク“1300”



ニッタ・ムラ・カンパニー

本 社 大阪市東区博労町4丁目30
 TEL (06) 251-5631(大代)
 工 場 奈良県大和郡山市池沢町172
 TEL (07435) 6-1261(代)



新田ベルト株式会社

本 社 大阪市東区博労町4丁目30
 TEL (06) 251-5631(大代)
 東京支店 東京都中央区銀座8丁目2番1号
 TEL (03) 572-2301(代)
 名古屋支店 名古屋市中村区広小路西通2丁目18
 TEL (052) 586-2121(代)
 札幌営業所 札幌市中央区北一条西7丁目1
 TEL (011) 241-0858(代)
 福岡営業所 福岡市中央区天神5丁目5番4号
 TEL (092) 74-4546(代)
 北陸出張所 金沢市昭和町14番28号
 TEL (0762) 65-6235(代)
 広島出張所 広島市上東雲町15-19
 TEL (0822) 81-7350
 富士サービスセンター 静岡県富士市横割1丁目1-22
 TEL (0545) 61-7752

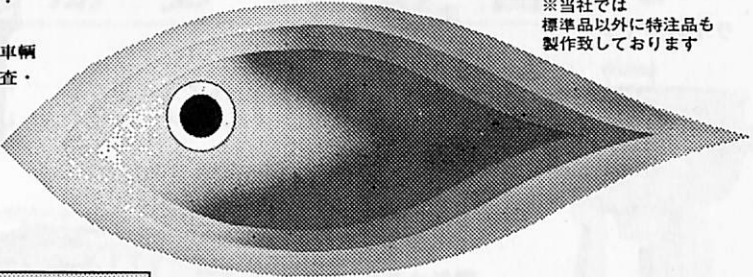
現在、そして未来産業に活躍する水中灯

沖縄海洋博に活躍する水中灯

〔用途〕

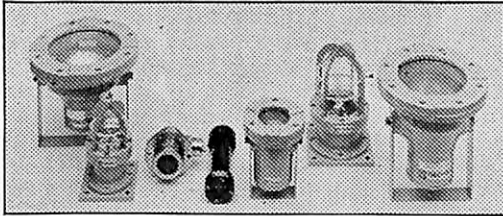
- 一般用—噴水・プール・池・水族館・水中撮影・集魚用
- 工業用—水中工事・水中設備・水中車輛・水中サルベージ・水中検査・水中調査
- 海洋用—海中作業基地・海中公園・水中展望塔・潜水調査船・海中土木構築物

※当社では標準品以外に特注品も製作致しております



〔特長〕

- 器具の機構は総て工業用を基準にしてありますから堅牢な仕上となっており、耐圧は抜群です
- 完全な気密構造のため、定格内での御使用の場合は水が浸水するようなことは絶対になく、また電気的特性も安心して使用できます
- 内蔵ランプの取替えは容易におこなうことができ、保守点検も簡単です
- ほとんどの機種は色フィルターの交換によりエフェクトライティングが容易にできます
- シリーズ化されていますから、スポットからワイドフラッドまで選択でき、ディフュージョン効果やフォーカシング効果が色々と選定できます
- 技術がすみずみまで生かされており、安心して御使用していただけます



竹中ピカ工業株式会社

本社 京都市東山区山科四ノ宮奈良野町8の1 〒607
TEL: 京都 (075) 581-7118 (代表)
電話 キョウトヒガシヤマヤマシナ「タケナカピカ」
東京営業所 東京都世田谷区北島山町9-2-4 〒157 TEL: (03) 307 3934 (代表)
工場 大津市追分町57 〒520 TEL: (0775) 22 7651 (代表)

誌名記入の上
カタログを
御請求下さい

技術のナカシマ

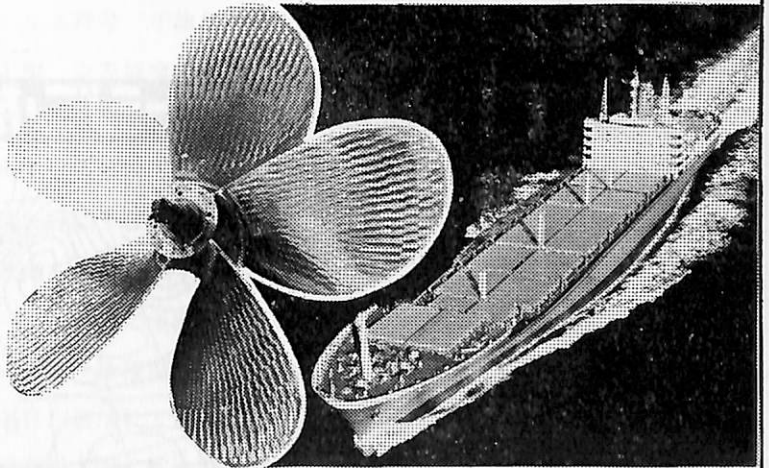
世界の海に活躍する ナカシマスプロペラ

■ 製造品目

大型貨物船・タンカー・撒積船
各種専用船プロペラの設計及び
製作、各種鋼合金鋳造品・船尾
装置一式

■ 新開発システム

- キーレスプロペラ
キーなしのシャフトにプロペラを油圧にて装着する新方式
取付・取外し簡便
- NAUタイププロペラ
当社と造船技術センターの共同開発、中小型プロペラの効率大巾アップ
- 可変ピッチプロペラ
英国ストーン社との技術提携による高性能CPPシステム一式
(XS・XK・XX三種)



運輸省認定事業場



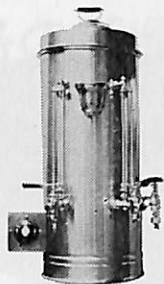
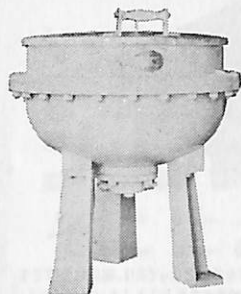
ナカシマスプロペラ株式会社

本社工場 岡山市上道北方688-1(岡山中郵便局私書函167) 〒709-08 電話(0862)79-2205代 TELEX 5922-320 NKPROP J
東京営業所 東京都中央区八丁堀1丁目6番1号 協栄ビル 〒104 電話(03)553-3461代 TELEX 252-2791 NAKAPROP
大阪営業所 大阪市西区鞠本町2丁目107 新興産ビル 〒550 電話(06)541-7514代 TELEX 525-6246 NKPROPOS

YKK型船舶厨房調理機器

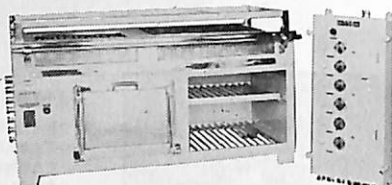
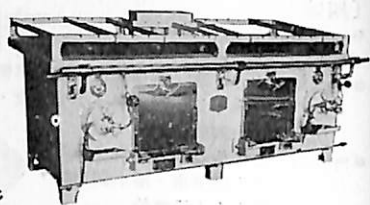
堅牢性、経済性、効率性、安全性抜群。高い信頼納期業界最短、即納主義

ライスボイラー



電気式湯沸器

26kw型多目的電気レンジ



2400型オイルレンジ

営業品目

電気レンジ・オイルレンジ・ライスボイラー・湯沸器
調理機・水澆器・豆腐製造機・アイスクリーム製造機
ハムスライサー・肉挽機・球根皮剥機・炊飯器・ケー
キミキサー・ガスレンジ・電気式オープン・パン醗酵器
電気式魚焼器・スープボイラー・ディスポーザー
食器洗浄機・堅型蒸気炊飯器・電気コンロ・電気熱板
ガス魚焼器・その他特殊製品全般

株式会社 横浜機器製作所

本社・工場 横浜市中区新山下1-8-34

電話 横浜045(622)9556(代)5335(代)

第2ビル専用 045(621)1283(代)

電略「ヨコハマ」ワイケケイ

希望条件を指示下さい。即時見積、設計、納品致します。

〈特長〉

- ① 煙が少なく、臭いがソフトです。
- ② 画像が鮮明です。
- ③ カールしません。
- ④ 針の摩耗が少なく、経済的です。
- ⑤ 粉末の飛散が少なく、機械の保守が簡単です。

コージン放電記録紙は、航海の安全に役立っています。

規格寸法 257mm×60m

320mm×60m

364mm×60m

364mm×80m

480mm×60m

明るく、限りなく、未来を開く



株式会社 興人

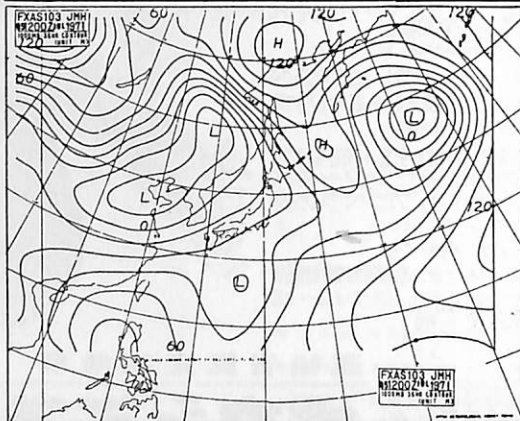
化学紙事業部営業部

東京第1課 東京都港区新橋1-1-1
TEL. 03-504-3111(代)

大阪販売課 大阪市北区宗是町1大阪ビル
TEL. 06-441-7131(代)

名古屋販売課 名古屋市中区錦3-2-4相互ビル
TEL. 052-971-7671(代)

コージン放電記録紙



コージン放電記録紙に記録された気象図

臭いがソフトな気象ファックス!



日本図書館協会選定図書



1 隻 1 冊 必 備 の 書

THE CYCLOPEDIA
OF
NAVIGATION

監 修 東京商船大学名誉教授 浅 井 栄 資
東京商船大学学長 横 田 利 雄

航 海 辞 典

A 5 判 850 頁 布クロス装函入 定価 6,500 円 千 120 円

- 解説項目 1,112 項、参照項目 5,308 項、挿入図 400 余個、挿入表 95 個
- 附録：天測暦、基本雲形、露点表、ビューフォート風力階級表、世界主要航路地図(色刷)、海図図式、モールス符号、手旗信号、航海技術年表等
- 口絵：アート紙色刷(文字旗、世界煙突マーク)
- 航海術の基本として、地文航法、天文航法、電波航法の理論を紹介し、特殊な航海計器や海象・気象の準拠すべき事項を取上げてある。
- 航海運用には、ぎ装・整備・操船・載貨を具体的に取上げて、原理と実際上の知識を盛り、さらに造船の基礎を揚げて根本から応用し得るように工夫してある。
- 機関関係には、内燃機関・タービンの主機をはじめ、補機電気関係はもちろん、その自動化の問題に及び、ボイラや推進軸系には小部門を特設して、運転上のあらゆる場合に対処し得る項目が選ばれている。
- 執筆は東京商船大学、神戸商船大学、航海訓練所、海技大学校の教官(41名)がこれにあたり、まさに最高の権威者を揃えた執筆陣といえよう。

東京都新宿区赤城下町50 天 然 社 振替東京79562番



●エン・プラの決定版——**ダイアミド**

ダイアミドの粉体塗装したデリック…耐食性・耐衝撃性・耐候性を利用し、海水・日光・風雨からの保護とペンキ塗装の手間の省略に役立っています。



海水にも強いエン・プラを ごぞんじですか？

ダイアミド

たとえば、ワイヤロープのコーティング、ボートのデリックや甲板用具のコーティングなど、耐食性、耐摩耗性、耐海水性、耐候性、耐衝撃性が要求される船舶用具のコーティング材料として、ダイアミドは着々と、他のエン・プラに見られない数かずの実績をあげています。

●海水に強い 船舶用に最適

●脆化温度が約70℃ 低温特性バツグン

●耐油・耐薬品性が優秀 強酸以外はほとんどOK

●金属との密着性がよい 粉体塗装ができるというように、他のエン・プラには求められない特性が、船舶用具の保護とトータルコスト節減の要望に、みごとにおこたえしています。

粉体塗装で

トータルコストの節減を！

粉体塗装できるエン・プラは、ほかにもありますが、海水に強く、低温に強く、しかも摩擦にも強いのは、ダイアミドだけです。いいかえれば、船舶に利用できるエン・プラはダイアミドだけ。ぜひご検討ください。

資料をどうぞ：

当社では、広範な基礎データをはじめ、応用データ、さらには世界的な用途例を整備し、これらの資料をもとに、安心してご検討ご採用いただけるよう、徹底したサービスをご提供し、貴社の技術コンサルタントとなることを願っています。ぜひご相談ください。

ナイロン—12

ダイアミド



ダイセル・ヒュルス株式会社



ダイセル株式会社

ダイアミド営業部

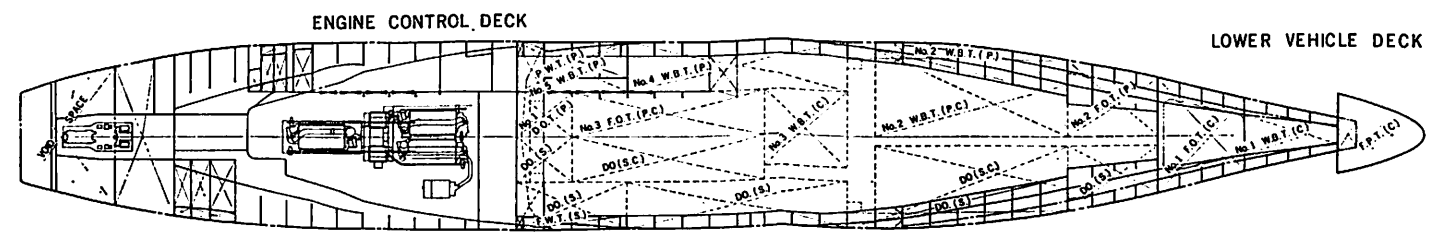
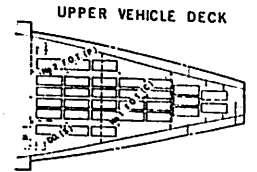
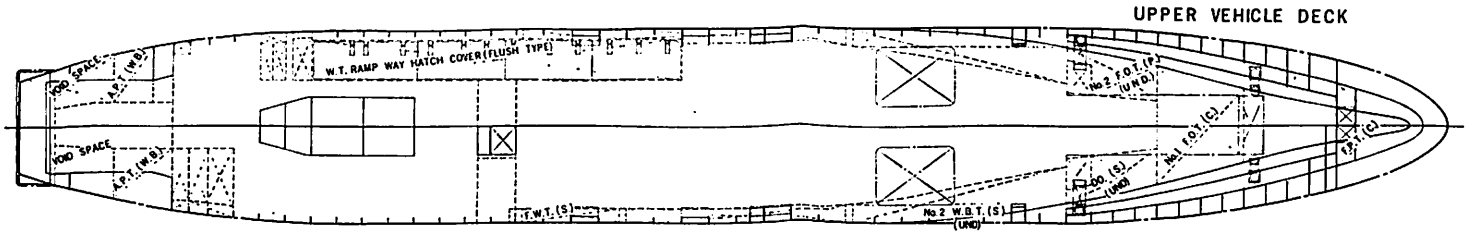
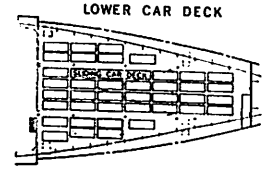
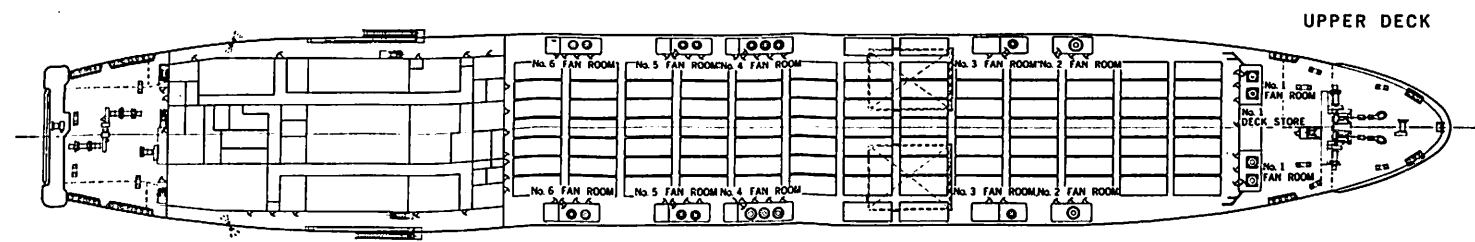
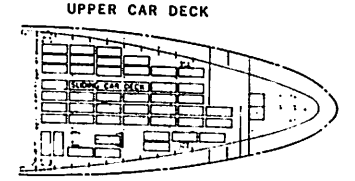
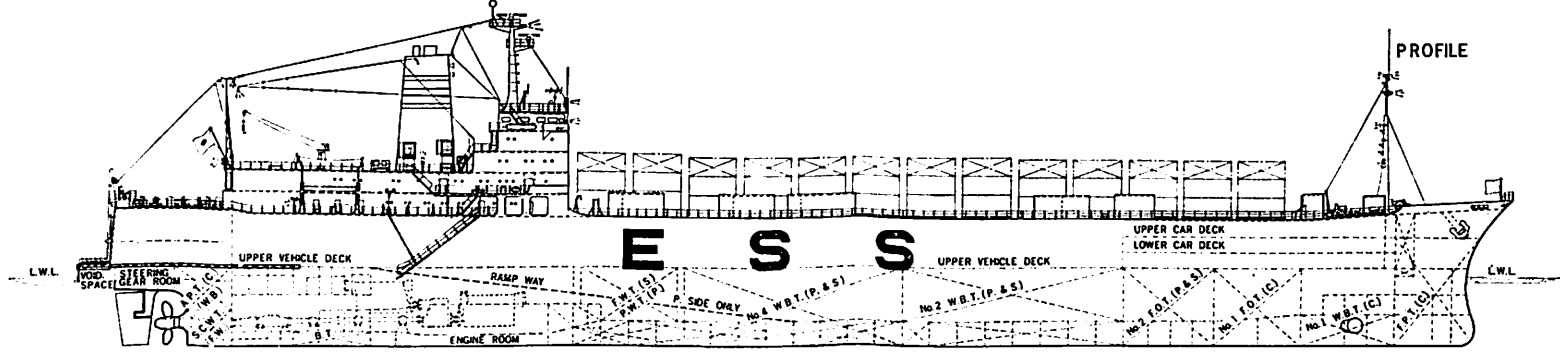
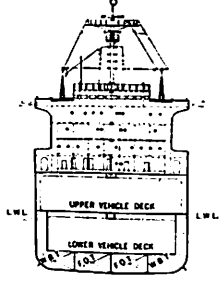
東京 千代田区霞ヶ関3-8-1(虎の門三井ビル)03(507)3222

大阪 東区安土町2丁目30(大阪国際ビル)06(266)7243

名古屋 中村区堀内町2丁目(堀内ビル)052(582)8511

★「ダイアミドニュース」を発行しています。ハガキ(会社名記入のこと)でお申しこみください。

FRONT VIEW OF DECK HOUSE



兵庫丸一般配置図

ロールオン・ロールオフ式 兵庫丸 ユニット貨物船

川崎重工業株式会社
神戸工場 造船設計部

1. ま え が き

本船「兵庫丸」は29次計画造船として、大阪商船三井船舶(株)、日本郵船(株)および山下新日本汽船(株)のご注文により、当社神戸工場で建造されたロールオン・ロールオフ式ユニット貨物船である。

当社においては、昭和44年8月竣工の“AUSTRALIAN ENTERPRISE”を皮切りに次々と同型船を建造しており、本船は同型第4船である。本船は昭和48年10月31日無日事竣工、船主殿に引渡された。

以下に本船の概要を御紹介することとする。なお、本誌昭和44年10月号に“AUSTRALIAN ENTERPRISE”の紹介記事を掲載しているので参照されたい。

2. 主 要 目

(参考のために“AUSTRALIAN ENTERPRISE”の要目を併記する)

項 目	AUSTRALIAN ENTERPRISE	兵庫丸
全 長 (m)	181.70	181.70
垂線間長 (m)	168.00	168.00
幅 (m)	25.00	25.00
深さ(上甲板まで) (m)	16.40	16.40

夏期満載喫水 (m)	8.989	8.976
計画使用喫水 (m)	8.230	8.230
載貨重量(夏期満載にて) (t)	14,308	14,060
〃 (計画喫水にて) (t)	11,807	11,602
総トン数 (T)	16,580.10	9,053.67
純トン数 (T)	9,665.76	3,718.91
船 級	LR	NK
試運転最大速力 (kt)	25.613	25.366
満載航海速力 (20%シーマージン) (kt)	21.5	21.46
コンテナ搭載数 (20'換算) (Upp. D ^K)	233	281
〃 (Upp. Veh. D ^K)	266	276
〃 (Lau. Veh. D ^K)	102	116
〃 (合計)	601	673
乗用車搭載台数 (トヨペットコロナ換算)	113	121
定 員	39	43
F.O.T. (含 D.O.T.) (m ³)	2,894.0	2,894.0
W.B.T. (除 STAB. T.) (m ³)	5,242.9	5,246.3
F.W.T. (m ³)	316.3	312.1

(ただし乗用車を搭載した場合コンテナ数は上記より18コ減少する)

注 上記数値は本船引渡し時のものである。



3. 一般

加州航路 (PSW) に続いて、昭和 44 年豪州航路にコンテナサービスが開始された。この航路に定期航路をもつわが国海運 4 社は、日本郵船、大阪商船三井船船、山下新日本汽船の邦船 3 社が、AJCL グループとの間でリフトオン・リフトオフ式コンテナ船 5 隻をもつて、スペースチャーター方式による協調配船を行い、川崎汽船が豪州 2 社との間で ESS グループ (EASTERN SEA-ROAD SERVICE) を形成しロールオン・ロールオフ式コンテナ船 3 隻をもつてスペースチャーター方式による協調配船を行ってきた。

その後、輸送貨物の増大に応じて、邦船 3 社グループがロールオン・ロールオフ式コンテナ船 1 隻を建造し、ESS グループとの間で協調配船することが計画された。

本船はこの計画に従って建造された邦船 3 社の共有船である。

寄港地は四日市→名古屋→横浜→大阪→シドニー→メルボルン→シドニー→ブリスベーン→四日市で、ESS グループでは 3 隻で 10 日間隔のコンテナサービスを行ってきたのであるが、本船の就航により一サイクル所要日数 28 日のウィークリーサービスが確立することとなる。

4. 船 体 部

4-1 概要

本船はコンテナをはじめ、フラット、パレットなどのいわゆるユニット化貨物のほか、重車両 (トレーラー積貨物を含む)、一般乗用車等の積載に適するように計画さ

れている。すなわち、本船は上甲板下に船尾から船首隔壁まで全通する上部ビークルデッキと、さらにその下に下部ビークルデッキの合計 2 層の自立式荷役用のコンテナ積甲板を有しており、コンテナ、フラット等のユニット化貨物は主として大型フォークリフト、トレーラー等により岸壁側から本船の船尾部にかけられたランプウェイを通つて船内に搬入される。さらに上部ビークルデッキと下部ビークルデッキ間には本船左舷側に長大な固定ランプウェイが設けられており、コンテナ、フラット等はトレーラーによつて下部ビークルデッキまで搬入される。このランプウェイ頂部の甲板開口は、ランプウェイ不使用時には、油圧駆動鋼製水密カバーにより閉鎖され、他の甲板部分を同様にフォークリフトなどの走行およびコンテナなどの積載が可能である。各ビークルデッキとも高さ 8 フィートのコンテナ 2 段積ができるだけの甲板高さを有している。コンテナを主とする上甲板上の貨物は、通常のコンテナ船と同様に岸壁クレーンによつて甲板上の定位置に積込まれる。

貨物を搭載したままのトレーラーを含め、各種車両を、そのまま自走によつて倉内に搬入し、輸送することができることも本船の大きな特色の一つであるが、軽量な一般乗用車の積載効率を高めるために、上部ビークルデッキ前端部には、さらに 2 層の自動車用中甲板が設けられており、船内に自走してきた自動車は、この自動車格納スペース 3 層 (上部ビークルデッキを含む) に効率よく積載されるようになってい

豪州航路コンテナ船

グループ	船主	船名	船種	クラス	長さ (Lpp)	主機	竣工	建造所
邦船三社	日本郵船	箱崎丸	L/L	NK	200.00 m	D. 34,200 PS	S. 44. 9.25	三菱・神戸
〃	大阪商船三井船船	おうすとらりあ丸	〃	〃	〃	〃	44.12.18	三井・玉野
〃	大阪商船三井船船 日本郵船 山下新日本汽船	東豪丸	〃	〃	〃	〃	44. 5.14	日立・因島
AJCL	AJCL	ARAFURA	〃	LR	〃	〃	45. 8.26	三菱・神戸
〃	〃	ARIAKE	〃	〃	〃	〃	45. 9.30	三井・玉野
ESS	ANL	AUSTRALIAN ENTERPRISE	R/R	〃	168.00 m	D. 3×8,690 PS	44. 8.27	川重・神戸
〃	川崎汽船	おすうとらりあん しいろうだあ	〃	NK	〃	〃	44.10.20	川重・神戸
〃	FLINDERS	MATTHEW FLINDERS	〃	LR	〃	〃	45. 6.22	川重・神戸
邦船三社	大阪商船三井船船 日本郵船 山下新日本汽船	兵庫丸	〃	NK	〃	〃	48.10.30	川重・神戸

4-2 船体構造

(1) 隔壁配置

ロールオン・ロールオフ式荷役を行うための必要条件として、貨物倉は出来るだけ邪魔物のない、広大な空間を確保することが要求される。

本船では、上部ビークルデッキを乾舷甲板とし、上部ビークルデッキと上甲板間は船尾より、貨物倉前端隔まで、隔壁なしの1区画とし、支柱は船体中心線に、4トランスバースフレームごとに設けている。

下部ビークルデッキ(2重底頂板)貨物倉も、隔壁なしの1区画とし、支柱は上部ビークルデッキ上の支柱の直下に設けられている。

下部ビークルデッキ貨物倉は上部ビークルデッキまで二重外板構造とし、下部貨物倉への浸水の危険性を減少するよう考慮している。

(2) 甲板強度

上甲板上は 20 LT の 20' コンテナを定位置に2段積み、その上に空コンテナ1段を積み得るだけの強度を有しており、上部および下部ビークルデッキは、集中荷重として 20 LT のコンテナ2段積みによるもののほかに、20 LT のコンテナを運ぶ大型フォークリフトの前輪軸荷重などに耐えられるように設計されている。

4-3 船体機装

ロールオン・ロールオフ式貨物船として特筆すべきもののみを以下に紹介する。

(1) バウスラスタ

本船は特殊な専用ターミナルに船尾を接岸させるのが原則であり、このため岸壁前で船の方向を 180° 方向転換することが必要になる。就航を予定されている諸ターミナルの中には、この方向転換を狭い水域で行なわざるを得ないものが多く、この作業を安全容易に、かつ出来るだけタグボートの使用を省略または軽減する目的で、船首部にバウスラスタを設けている。

数量×型式	1×川崎ビッカーズ式	KT 114
	可変ピッチプロペラ付	
原動機	1×750 KW	1段速度電動モーター
推力	約 10 t	

(2) 倉口閉鎖装置

(a) 船尾扉

本船の主要貨物搬入口として上部ビークルデッキ貨物倉後端に設けられた巨大な開口は、当社特自の設計になる鋼製水密船尾扉を備えている。船尾扉は強度および水密性のよい1枚パネルであり、上甲板後端に設けられた油圧駆動の船尾扉閉閉用ウィンチのワイヤー曳きによって上下方向に開閉される。また油圧一斉締付装置を備えて

いる。

開口寸法 11.59 m (幅)×5.96 m (高さ)

閉閉用ウィンチ 電動油圧 1×11 t×4.3 m/min

(b) 主ランプウェイおよびランプウェイ蓋

上部ビークルデッキ左舷の機関室隔壁側部には長大な開口があり、下部ビークルデッキへ通ずる傾斜路(ランプウェイ)が設けられている。このランプウェイは固定の船体構造物であり、強度は他のビークルデッキと同等である。この開口には油圧駆動鋼製水密蓋が設けられており、ランプウェイ使用時には、外板側にヒンジアップされるが、閉鎖時には上部ビークルデッキ面と同一レベルになり、この上をフォークリフトが走行したり、貨物を積載することが出来る。

ランプウェイ開口 4.10 m (幅)×45.90 m (長さ)

ランプウェイ蓋 油圧シリンダー駆動、鋼製水密蓋
油圧一斉締付装置付

(c) 貨物倉口蓋

前述のごとく本船の荷役は船尾扉を介して行なわれるのが原則であるが、ターミナル事情により船尾より搬入できない場合および数港積、数港揚を行う場合の荷繰りを容易にするため、岸壁クレーンを使用して倉内の荷役も行なえるよう、上甲板に1対の貨物倉口を設けている。

倉口蓋は鋼製水密ポンツーン型で開閉はすべて岸壁クレーンによつて行なわれる。

上甲板倉口 2×7.89 m (幅)×10.08 m (長さ)

(3) 自動車積甲板

8'×20'のコンテナおよびフラットにとつて積付効率の悪い上部ビークルデッキ倉前部には、幅 8 m の中央部を除いて2層の固定自動車積中甲板を設け、中央部の凹型開口部には、当社の開発したスライディング・ポンツーン式可動自動車甲板を備えている。

自動車積時にはこの凹型開口部は可動甲板によつて閉鎖され、2層の自動車積甲板を形成し、自動車を積まないときには開放されて、この部分にコンテナなどの貨物を積載することが出来る。

(4) 貨物倉通風装置

ロールオン・ロールオフ式荷役を行う船においては、貨物倉内で走行する大型フォークリフト、トレーラーなどの排気ガスおよびガソリンエンジン車の場合には、特に爆発性ガスに対する考慮が必要である。

本船では、貨物倉の機動通風を強化し、荷役時には上部および下部ビークルデッキ倉とも、20回/時の換気が可能である。またガソリン車積載による爆発性ガスの危険を考慮して、排気ファンはすべて防爆型としている。

これらのファンは、上甲板前部および両舷側に配置された多くの通風機室内に設けられているが、これらの甲板室は、甲板積みコンテナを波浪から保護する役目も兼ねている。

上部ピークルデッキ倉

給気ファン 4×18.5KW 軸流
排気ファン 10×11KW 軸流可逆式(防爆型)

下部ピークルデッキ倉

給気ファン 2×22KW 軸流
1×26KW 軸流

下部ピークルデッキ倉

排気ファン 6×11KW 軸流可逆式(防爆型)

(5) バラスト制御装置

本船の荷役は原則として船尾扉を通つて行なわれる。このために貨物は貨物倉の前部より積載されて順次後方におよび、逆に搬出は後方より始まり順次前方に及ぶ。したがって通常船に比べて荷役中のトリムの変化は大きく、荷役の進行に応じて、バラストによりトリムを調整する事が必要となる。また本船にかけられた陸上後部のランプウェイに損傷を与えぬよう、船体横傾斜が大きくなることを防ぐことも必要である。

以上の理由から本船では、上部ピークルデッキ後部右舷側にバラスト制御室を設け、担当士官が倉内荷役の進行を観察しながら、バラスト注排水をすべて遠隔制御できるようにになっている。

(6) 貨物倉火災探知設備および消火設備

1区画が極めて広大なロールオン・ロールオフ船の貨物倉に対する防火設備については、大きな関心が払われるであろう。

本船は固定式吸煙管式火災探知装置および炭配ガス消火装置を採用している。このほかに荷役中に起こり得る可能性のある火災の初期消火を重視して、十分な数の海水消火栓および携帯用消火器を倉内各所に配置し、万全を期している。

5. 機 関 部

5-1 一 般

本船はロールオン・ロールオフ船の特殊性から、機関室の長さ、高さ、ケーシング幅がかなり制約されるうえ、さらに下部ピークルデッキへの交通路であるランプウェイが機関室左舷天井を縦断しているため、有効に使用出来ないスペースもあり、これらのスペースをいかにうまく利用して機器の配置、配管、通風を行うかに苦勞した。また通常の機関室に比し、室内温度が高くなり、また中速ディーゼル機関3台と減速歯車があつて騒音レ

ベルが高くなるので、制御室の防熱、防温には特に注意を払っている。

その他本船は運航スケジュールを確保するため、機器の手入、点検、補修などを重視し、解放移動装置にも特に注意が払われている。

5-2 機関部要目

(1) 主機関

川崎 MAN V8V40/54型、4サイクルトラックピストン、V型高過給機付ディーゼルエンジン 3台
制動馬力 連続最大出力 26,070 BHP×400 rpm
常用出力 22,200 BHP×400 rpm
軸馬力 (65%のLOAD FACTORで92個の冷凍コンテナ搭載時)
連続最大出力 23,600 SHP×130 rpm
常用出力 19,900 SHP×130 rpm

(2) プロペラ

4翼 C.P.P. 型 1基
直径×ピッチ 5,700 mm×6,845.7 mm
材質 ニッケルアルミニウム青銅
回転方向(船首を見て) 反時計方向

(3) 補助ボイラ

乾燃室式舶用円ボイラ 1基
蒸発量 2,000 kg/h
蒸気圧力(最大) 8 kg/cm²

(4) 排ガスボイラ

強制循環式 2基
蒸発量 1,000 kg/h
蒸気圧力 7 kg/cm²

(5) 発電装置

主軸発電装置	発電機	交流ブラシレス自己通風防滴保護型	2台
		60Hz, 450V, 3,100KV A, 1,200 rpm	
	駆動装置	主機関(No.1 & No.2)	
		3,700 PS×1,200 rpm	
補助発電装置	発電機	交流自動式防滴保護型	1台
		60Hz, 450V, 820KVA, 720 rpm	
	駆動装置	4サイクルディーゼル機関	1台
		1,000 PS×720 rpm	

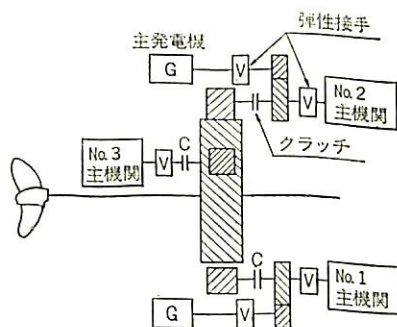
(6) 空気圧縮機

主空気圧縮機	120 m ³ /h×30 kg/cm ²	2台
非常用空気圧縮機	465 cc/行程×30 kg/cm ² (手動)	1台

- (7) 油清浄機
- | | | |
|--------|-----------|----|
| 燃料油清浄機 | 2,800 l/h | 3台 |
| 潤滑油清浄機 | 2,500 l/h | 2台 |
- (8) 造水装置
- | | | |
|-------|----------|----|
| アトラス式 | 21 t/day | 1台 |
|-------|----------|----|
- (9) ビルジセパレーター
- | | | |
|-------|--------|----|
| 自動廃油式 | 10 t/h | 1台 |
|-------|--------|----|
- (10) ボイラ送風機
- | | | |
|----|-------------------------------------|----|
| 1次 | 11.3 m ³ /min × 350 mmAq | 1台 |
| 2次 | 43 m ³ /min × 150 mmAq | 1台 |
- (11) 機関室通風機
- | | | |
|-----------|-------------------------------------|----|
| 堅型軸流式(給気) | 1,240 m ³ /min × 45 mmAq | 3台 |
| (給排気) | 1,240/500 m ³ /min | |
| | × 40/25 mmAq | 1台 |
- (12) 空気タンク
- | | | |
|--------|---------------------------------|----|
| 主機始動用 | 1,500 l × 30 kg/cm ² | 2台 |
| 発電機始動用 | 100 l × 30 kg/cm ² | 1台 |

5-3. 推進機関

3台の中速エンジンで構成される本船の主機関は、RE-NK(西独)社製一段減速装置を介して川崎—エッシャーウィス式可変ピッチプロペラを130 rpmで駆動する。



推進機関の連結は、上図のように、主機関3台は各々フルカン弾性接手、湿式多板クラッチを介して減速装置に連結されており、自由に推進器に嵌脱される。一方、2台の主発電機は、対応する2台の主機関から増速歯車、弾性接手を介して直結駆動される。

主機関、発電機、推進軸系がこのように配列されているので、オペレーション上つぎの利点がある。

- (1) 航海中、万一、1台の主機に故障が発生しても、これを推進軸系から切離し、残り2台でサービス速度を保ち得るので、定められた運航スケジュールを保つ

ことが出来る。また必要によつては、航海中に主機の一部の手入れを行なうことも可能である。

- (2) 高過給機関ではあるが、可変ピッチプロペラで常時一定回転であるため、出入港時の急激な負荷変動に対する追従性がよい。

- (3) 主発電機は主機駆動であるため、電力消費は航海中、C重油で賄われ、運航採算上有利である。また普通の発電機駆動用の別置ディーゼルやタービンに払うべき監視も不要になる。

主機関によつて駆動される主発電機は2台であるが、そのうち1台のみでいかなる電力負荷も供給出来る。したがつて他の1台は常時スタンバイ状態にあり、万一発電機もしくは直結エンジンの故障でブラックアウトしても、瞬間的に他方の発電機に切換えられ、航海の安全を確保出来る。

- (4) 出入港、航海操作はすべて可変ピッチプロペラのコントロールのみで行われ、発電機切換は必要でなく、また停泊中プロペラを止めるときには、駆動エンジンのクラッチで推進軸系から切離すだけでよい。

5-4. 自動化

可変ピッチプロペラを装備しているので、当然ブリッジより操船可能であり、バウスラスタを装備していることと相まつて、出入港、離着岸の操船は非常に容易になつている。

主機関の起動停止およびクラッチ嵌脱は、機関制御室からすべて遠隔操作される。ブリッジには危急のための、3台全機停止トリップボタンのみが設けられている。

主機関の回転数は、クラッチが脱のときはエンジン付ガバナーにより、クラッチ嵌のときは各エンジン負荷が平均するようにコントロールする減速装置付マスターガバナーにより制御される。両ガバナーの切換は自動的に行われ、かつ制御室から遠隔調節される。

また推進機関の遠隔制御のほか、機関室夜間当直の無人化(M0)と昼間においては、当直監視より機関室内での整備点検に乗組員の主力を注ぐよう、高度の自動化機器が採用されている。

6. 試運転成績

参考のために昭和43年当社にて建造されたコンテナ船「ごうるでんげいとぶりつじ」の試運転成績を併記する。

項 目		ごうるでんげいとぶりつじ			兵 庫 丸		
施行年月日		昭和48年10月15日			昭和43年10月12日		
場 所		和歌山沖			伊 島 沖		
天 候		曇			晴		
風 力		Gentle breeze			Light breeze		
海面状況		Smooth Sea			Smooth Sea		
水温×気温 (°C)		21.0×20.0			21.0×22.0		
本 船 の 状 態	喫水 船首 (m)	6.086			5.01		
	船尾 (m)	6.874			6.57		
	平均 (m)	6.480			5.79		
	トリム (m)	0.788			1.56		
	ヒール (m)	to(p) 0.220			to(p) 0.03		
	撓み (m)	Hog 0.070			Nil		
	排水量 (t)	15,523			12,950		
	$C_b \times C_p \times C_m$	0.537×0.564×0.954			0.516×0.545×0.947		
	undocked (days)	7			4		
	I/Do (%)	57.9			64		
負 荷	速 力 (kt)	馬 力	回 転 数	速 力 (kt)	馬 力	翼 角	
1/4	17.321	6,470	78.3				
1/2	21.717	14,515	99.3	20.982	12,580	23.5	
70%	23.563	19,010	108.8	(75%) 23.460	17,320	27.3	
常 用	24.456	21,675	113.2	24.295	19,800	28.3	
連 続 最 大	25.741	27,510	120.4	25.366	24,090	30.0	
プロペラ 数×型式	1×Solid			1×C.P.P.			
直径×ピッチ(m)	6.350×7.087			5.700×6.8457			
展開面積比	0.790			0.598			
ピッチ比	1.116			1.201			
翼 数	6			4			
$L_{pp} \times B_{mld} \times D_{mld}$ (m)	175.00×25.00×15.40			168.000×25.000×16.40			

海技入門選書

東京商船大学教授 野原威男著

船 用 プ ロ ペ ラ

A5 上装 110頁 ¥ 400円 (〒110)

目 次

- 第1章 船体の形状・抵抗および馬力
- 第2章 プロペラの種類
- 第3章 プロペラに関する術語
- 第4章 プロペラの効率
- 第5章 キャビテーション試験
- 第6章 プロペラ的设计
- 第7章 プロペラの構造
- 第8章 事故の原因とその対策
- 附 練習問題

海技入門選書

東京商船大学教授 米田謹次郎著

操 船 と 応 急

A5判上装 130頁 定価 470円 (送 110円)

目 次

I 操 船 の 基 礎

- 第1章 錨の使用法
- 第2章 舵の作用と操舵号令
- 第3章 推進器の作用
- 第4章 速力と惰力
- 第5章 操船に影響する外力

II 操 船 実 務

- 第6章 出入港・港内操船
- 第7章 特殊操船
- 第8章 荒天操船
- 第9章 海難と応急処置

1. はしがき

IHI では昭和35年に日本最初の液化ガス運搬船“第一えるび丸”を建造して以来、13隻におよぶ加圧式または冷凍式 LNG 船および冷凍式液化エチレン船等を建造した実績を持っています。

一方、陸上の液化ガス貯蔵タンクでは、液化プロパン、液化アンモニア、液化エチレン、液体酸素、液体窒素等合計146基におよぶ陸上液化ガス貯蔵タンクを完成または建設中です。

特に陸上の LNG 貯蔵タンクは、日本国内で100%のシェアを持っており、その技術と実績は高く評価されています。

この IHI の経験と技術を結集して総力を挙げ、プロジェクトチームを編成し、ここに全く新しいタイプの“IHI フラットタンクシステム”を自主開発して、実用化の段階に入り、いつでも内外のご注文に応じられる体制をととのえました。

天然ガスを液化し、 -162°C という超低温に保持して運搬する LNG 船を開発するに当って、基本方針としたのは最高の信頼性を持つということでした。

LNG を貯蔵するタンク（一次防壁）とその外側にある二次防壁および保冷構造は、低温においても材料の劣化・脆化等がなく、その他この方式の必要とする諸条件を満すものでなければなりません。

また工作技術が我々の習熟技術の範囲内にあり、作業員の養成が容易でなければなりません。また使用資材の品質と購買の安定性、品質管理と修理、それらを考慮した工場のレイアウトと設備投資、工期と採算性までを総合した計画が、信頼性を中心として展開されたのであります。

以下各項目にわたってこの方式の内容と特長について申し述べることにします。

2. IHI フラットタンクの構造と原理

2-1 タンクの諸方式

すでに一般に知られているように、LNG 船のタンク方式としては次の二つの代表的な構造があります。

一つはいわゆる“自立式”タンクで他の一つは“メンブレン式”であります。

自立式タンクは従来の DEEP TANK あるいは圧力容器（例えば球型タンク、円筒型タンク）等の考えの

ので、タンク自身が液圧および船体運動によつて生ずる外力に充分堪える強度を持っています。

一方メンブレン式タンクは内部の液体が流出しない程度の薄い液密の金属膜を持ち、強度はすべて保冷構造を介して船体構造で受持つようになっています。

一般に超低温のタンクを設計する場合には常温から低温になることによつて生ずる“収縮”とその逆のケースを如何に無理なく処理するかがキーポイントになります。

自立式タンクの場合は、通常底面および頂面に保持装置をつけることによつて、タンクが自由に収縮出来るようになっており、またメンブレン式の場合は“シワ”を設け、その伸縮によつて吸収したり、温度による伸縮が無視できるような材料を用いたりしてこの問題を解決しています。しかしいずれの方式も一長一短があります。

例えば自立式は構造が頑丈なために強度には高い信頼性があり、また周囲スペースは検査または保守のために容易に近接できる利点がありますが、容積効率が大きくとれず、構造重量が重く、溶接量が大きくなり、クールダウン、ヒートアップの時間も長くかかるという問題があります。

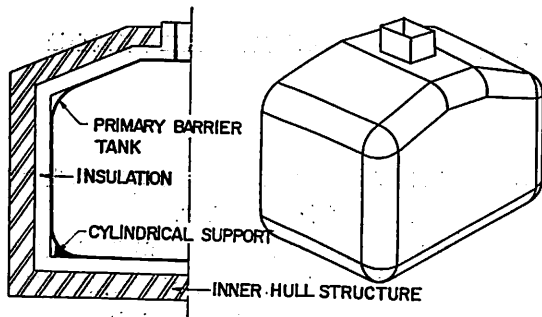
これに対してメンブレン式は容積効率がよく、タンク材料が軽くて済むために、クールダウン、ヒートアップは短時間にできるという長所がありますが、タンクが薄板でできているため、機械的な衝撃あるいは内部液面の移動（スロッシング）衝撃に対して損傷を受け易く、また一度メンブレンを取付けてしまうとメンブレンの裏面に入ることができないので、内部構造の検査が困難であります。

2-2 IHI フラットタンク方式

“IHI フラットタンク”方式はこれ等2つの方式が持っている長所がいずれも成立するような設計となつています。

第1図に示すように、フラットタンクの構造は頂面に傾斜を持った、8つの平面板によつて構成され、それぞれの隅部が特殊な曲面で結合されています。

タンクの平面部分はメンブレン方式と同じように、保冷構造を介して船体構造で支持されるようになっておりますが、円筒部および隅球部は一部を除いて支持されず、自由に変形できますので、低温時の収縮はこの部分



第1図 out line of IHI flat tank

の変形によつて吸収する構造になっています。

この構造方式によつて、平面の支持部分は膜応力（フープストレス）のみが発生し、円とう部および球部には膜応力と曲げ応力の合成応力が発生します。

フラットタンクの場合はこの部分を特殊な曲面で形成していますので、応力の集中が完全に緩和されています。

タンクの頂部はドームによつて船体に結合され、またタンク内の液の動揺によつて生ずるタンクの移動力は、上下に設けたストッパーによつて支持されており、この部分は局部的に防撓材をつけて補強しています。底部の円とう部は部分的に支持台が設けられ、予想以上の外力によつて過大の変形を生じないように万全を期しています。

また荷役配管およびカーゴポンプ等を支持するため、ドームとタンク底部をつなぐヤグラ構造が設けられています。

以下、各部の構造についてそれぞれ説明を加えます。

3. 設計条件

LNG を貯蔵するタンクは -162°C という超低温において十分な靱性を有し、また船の一生に遭遇するもつとも苛酷な海象条件に対しても十分な安全性が約束されねばなりません。

このため設計外力としては船の耐用年数を20年と想定し、20年に1回という確率で発生し得る最悪の海象条件を予想して、これに対応する船体の応答と附加加速度を算出して外力を設定しています。海象条件としてはWALDENの北大西洋の波浪観測統計を使用し、波浪中の船体応答および附加加速度はSTRIP法によつて算出しています。この方法は各船級協会とも採用されている国際的な方法になっています。

タンクおよび保冷構造はこうして算出された最大荷重

に対してもそれぞれ定められた許容応力以下になるように設計されています。

IHI フラットタンク方式は特に“絶対に破壊が無い”構造という観点から、一次防壁であるタンクは特に“ENDURANCE LIMIT DESIGN”という概念に基づいて設計されています。

“ENDURANCE LIMIT DESIGN”とは、疲労設計の概念で、船の一生に受ける繰返し荷重によつてタンクに発生する応力を、その材料の疲労限度を考慮した許容応力以下に抑制するもので、このような設計条件を満足できれば、タンクは船の一生を通じて疲労による亀裂は全く発生せず、また仮に溶接作業中に検知不能な微細な欠陥が生じたとしても、これが貫通亀裂に発展しないようにすることもできます。

従つて、このような設計概念によれば、理論上、タンクには全く亀裂の心配はなく、ひいてはLNGの漏洩に対する保護装置としての二次防壁もその必要性がないこととなります。

もちろん、これを証明するためには一次防壁の立体応力解析が完全に解明でき、また、局部的な不斉構造部、例えばスチフナー部、ストッパー構造、ドームとタンクの接合部等は、モデルによつて疲労破壊が生じないことが実証されなければなりません。

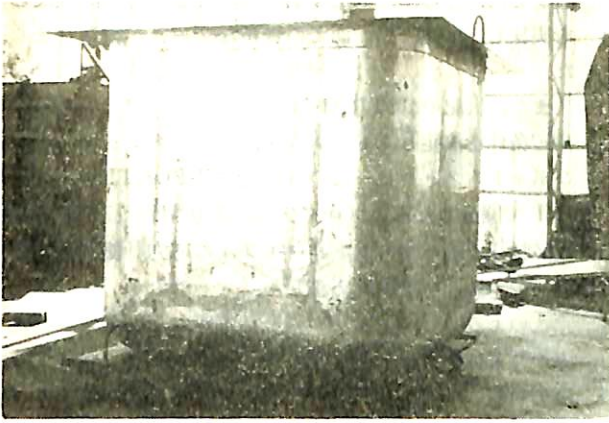
4. 一次防壁

4-1 材料と実験研究

一次防壁の構成材料には、耐食アルミニウム合金5083-0材とその溶接芯線5183材を採用してあります。この材料はJIS材としてすでに古くから船の上部構造物に使用されてきた実績のある材料であります。LNG船の一次防壁用としてはこの他に、9%Niステンレススティール、INVARなどが知られていますが、低温における優れた性能、特に伸びが増大するというのはAl合金にだけ見られる性能で、溶接の安定性・工作性とさらに市場性、また特に一次防壁製作時の自立性等から総合的に選出された材料であります。

しかし、この材料を採用するに当つては、IHI技術研究所および関連事業部において各種の実験研究が行なわれました。性能面においては、母材および溶接部の機械的強度試験を、常温と -196°C （液体窒素を使用）で実施しました。これによつて伸びを含めた機械的強度はすべて超低温時の方が常温時より優れていることが確認されました。

同時に、US COAST GUARDの提唱する“ENDURANCE LIMIT DESIGN”すなわち船の生涯を通

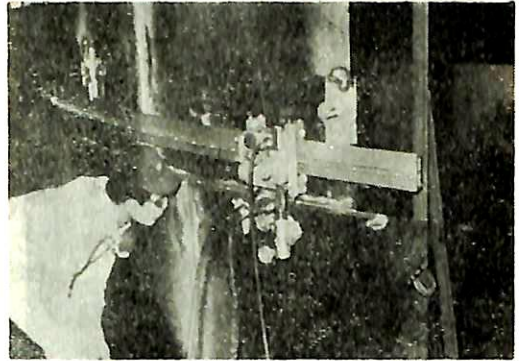


第2図 2m モデル

じて一次防壁に作用する繰り返し荷重に対して、一次防壁のいかなる場所にも亀裂が発生しないことを立証するための実験を行ないました。これは $2\text{m} \times 2\text{m} \times 2\text{m}$ のアルミニウム合金製の小型モデルに繰り返し圧力（最大圧力まで 2×10^6 回繰り返す）をかけた構造体としての疲労強度試験と、一次防壁各部の形状を $1/1.5$ に縮尺モデル化した試験片で、繰り返し数を 2×10^6 回（一部 10^8 回）までの疲労強度試験を行ないました。（第2図）

一方、万一一次防壁に亀裂が発生した場合を想定して、その後15日間に成長する亀裂が繰り返し荷重によって大きな破壊には至らないという“LEAK BEFORE FAILURE TANK”という考え方がありますが、IHIでは大型破壊靱性試験および疲労亀裂伝播試験等を一次防壁の代表的部分について実施し、“LEAK BEFORE FAILURE TANK”の考え方も十分成立することを確認しました。

なお万一、亀裂が発生した場合、流出する LNG の



第3図

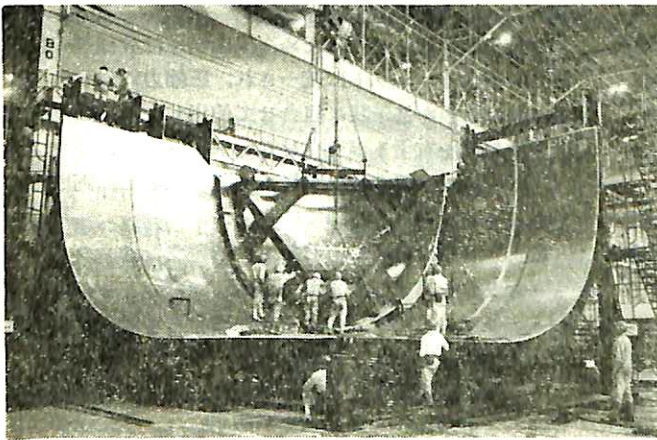
量を算出する計算式を一連の実験結果から確立し、LNGの流出量は船体から浸入する熱によつてすべて蒸発してしまうことも計算上確認されています。

4-2 工作実験

工作面からいうと、この材料の板厚は $15 \sim 30\text{mm}$ もあり、ブロック建造もでき、船体とは別個に自立させて製造することもできるようになっています。

また、溶接部は陸上の LNG 貯蔵タンクで十分な実績をもつ IHI で開発した大電流ミグ溶接により、能率的で最高の信頼性をもつ溶接接手が得られます。さらに、オールポジションの全自動ミグ溶接法が確立されており、あらゆる方向からの自動溶接によつて安定した溶接接手が得られ、X線検査およびバキュームテスターによるリーク検査等により、信頼性をより高いものにしております。（第3図）

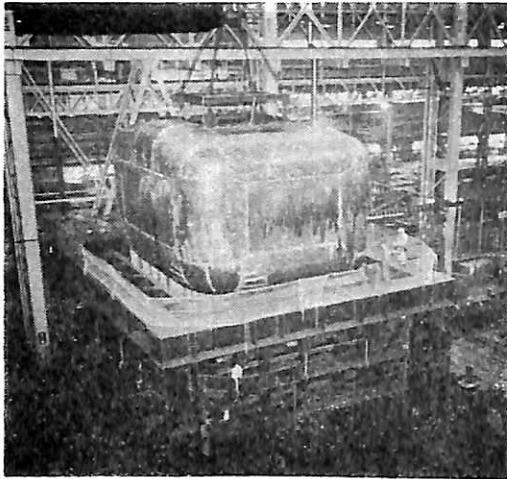
これらの工作技術をさらに改良するため、 $125,000\text{m}^3$ の LNG 船の実物大のタンクコーナー部を試作し、ブロック建造法、溶接施工法を確認するとともに、加工法組立法等の貴重なノウハウを習得しました。（第4図）



第4図



第5図



第 6 図

4-3 構造解析と実験研究

材料はよくても構造強度が不十分ではタンクは成立しません。そこで構造解析が IHI 技術研究所構造部および船事部基本設計部において進められ、電子計算機ユニバック 1108 を使用し、各種の構造計算プログラムによつて解析されました。特に有限要素法による“ISTRAN”と称するプログラムは、面外荷重を受ける複雑なシェル構造物の解析を対象として IHI で開発されたもので、IHI フラットタンクのような「構造物の中に拘束されて変形する構造」の解析に適しています。(第 5 図)

さて、理論計算の裏付けのため、アクリル樹脂で 1 m 立方のモデルを作り、これに水圧をかけ、撓みおよび応力の計測を行なつて理論と対比し、よく合致することを確かめました。

ついで、アルミニウム合金製の 8 m³ のモデルを鋼製外枠に入れてテストし、応力と撓みの計測を行ないました。

さらに、スケールアップして、125,000 m³ の LNG 船のタンクの 1/4.4 のモデルによるテストを各船級協会立会のもとに行ないました。これは長さ 8 m、幅 7 m、高さ 6 m で、これに計画最大圧力で実船と同じ液圧に相当する 26 m の水圧を加えて計測を行ないました。

この実験では 700 点の応力を同時計測し、各部の応力は ISTRAN のプログラム計算結果とよく一致し、船級協会の要求する許容応力以下であることが確認されました。(第 6 図)

また同時に変形、特に座屈などは全く生じないことが確かめられました。

一方、この大型モデルタンクを使つて負圧テストが実施され、負圧に対して十分な強度を有することが立証さ

れました。さらに、側壁の引付けおよび押付け試験などを実施し、性能、工作面での貴重なデータが得られました。

また、上記の ISTRAN による全体解析の結果から、周辺条件を決定し、ドーム構造、トップストッパーおよびボトムストッパー部の解析を“Z-PLATE”という IHI で開発した電算プログラムにより計算し、疲労強度試験用のトップストッパーモデルの応力計測結果とよく一致することを確かめました。

このようにして、タンクの全体解析およびドーム部などの部分解析を行ない、計画最大圧力によつて発生する応力を船級協会の要求する許容応力以下に納め、また、繰り返し圧力による応力に対しては疲労強度試験結果をもとにした疲労強度限界以下に押えるようにしてあります。こうして開発当初の目標である信頼性の高い一次防壁、すなわち“ENDURANCE LIMIT DESIGN”に立脚した一次防壁を製作することができる確信が得られたのであります。

5. 二次防壁および保冷構造

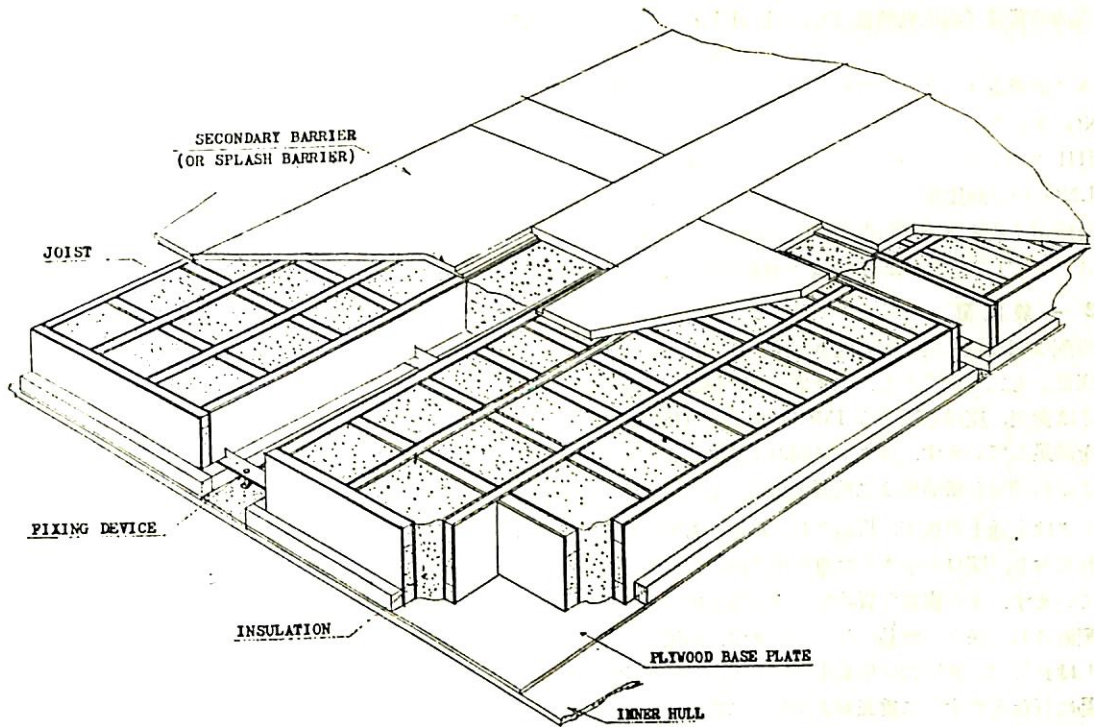
一次防壁は前述の通り、“ENDURANCE LIMIT DESIGN”の概念によつて極めて高い安全性が保証されますので、二次防壁は事実上必要ありませんが、万一の漏洩に対しても万全を期するため、底面から約 2 m の高さまで、厚さ 25 mm の合板製の二次防壁を設けています。これより上方は LNG が直接船体に触れることを防止するため、“スブラッシュ・バリア”構造となっています。

保冷構造は、タンクの液圧および船体運動によつて生ずる圧力を船殻へ確実に伝えるため、十分な圧縮強度および剪断強度を持ち、また、LNG のボイルオフおよび船体の過冷却を制限するために高い断熱性能を持っています。

工作上の合理化を計るため、保冷構造は数種類の標準寸法を有するユニットに統一され、圧縮力に対する強度部材には合板を格子状に組合せて使用し、また断熱材には独立気泡を有するポリウレタンフォームおよびフェノールフォームの組合せ材を格子の間に充填し、両面に合板を接着した構造となっています。

表面の合板は場所に応じて二次防壁またはスブラッシュ・バリアを構成し、また反対側の合板はモイスター・バリアの役割を果し、また保冷構造を船体内殻面に密着させるクッション効果も持っています。

これらの保冷ユニットは実寸大の各種構造要素モデルによつて静的強度・疲労強度が確認され、また二次防壁の液密性は大型平面モデルおよび立体モデルに液体窒素



第7図 INSULATION STRUCTURE BLOCK UNITS

を直接貯めることによつて、規定の液密性と断熱性があることが確かめられております。

疲労試験では20年に1回の発生確率を有する最大圧縮荷重と剪断荷重を同時にかけ、 10^6 回および 2×10^6 回の繰り返し荷重をかけても何等損傷がなく、また二次防壁の性能も全く低下しないことが実証されています。

このほか、合板、断熱材、接着材等の経年変化はロイド船級協会が要求する苛酷な加湿加熱テストによつて異常な劣化がないことが確かめられ、また冷凍式LPG船城山丸の支持台について強度試験を行なつた結果、就航後5年を経ても、経年劣化が全くないことが判りました。

また、液化メタンに長期間、浸漬試験を行ない、耐LNG性を確認し、常温・低温の繰り返しによる熱疲労強度、吸水、吸湿の影響、欠陥断熱材の影響、アルミ材と合板の摩擦による摩耗度、強制振動試験によるユニットの船体取付強度等、保冷構造が遭遇し得るあらゆる条件を想定して広範な実験が実施され、いずれも満足な結果が得られています。

6. 船体部の概要

6-1 要 目

IHI フラットタンクシステムを搭載した $128,000 \text{ m}^3$

LNG 船の主要目は下記のようになつています。

全 長	約 289 m
垂線間長	275.0 m
型 幅	45.0 m
型 深	28.0 m
計画型吃水	11.6 m
構造型吃水	12.1 m
LNG タンク容積	常温で約 $128,000 \text{ m}^3$
同 上	-162°C で約 $127,700 \text{ m}^3$
載荷重量 (吃水 11.6 m にて)	67,100 t
主機械	IHI 蒸気タービン 1基
	連続最大出力および常用出力
	40,000 PS × 約 100 RPM
航海速力 (吃水 11.6 m, 常用出力 15% シーマージンで)	約 19.5 ノット
航続距離	平均ボイルオフ率 0.25%/日のガスと重油の混焼で
	7,000 哩
	重油専焼で 7,000 哩
	合計 14,000 哩
燃料消費量	満載通常航海時, 気温 25°C , 海水温度 24°C で

重油消費量 (高位発熱量 10,280 kcal/kg)

約 46 t/D

ガス消費量 (純メタンで)

約 133 t/D

LNG タンク

IHI フラットタンク

6 タンク

LNG の計画比重

0.480

計画ボイルオフ率 (気温 45°C, 海水温度 30°C, 純メタンで) 全 LNG タンク容積の約 0.26%/日

6-2 一般配置

一般配置図は添付第 8 図の通りです。船体は甲板、側部、底部とも二重構造とし、二重底および側部二重船殻の深さは衝突、座礁に関する IMCO および USCG の要求を満足しています。各タンク間およびタンクと船首部および機関室の横隔壁は二重隔壁構造としています。

タンクは全通上甲板下に格納され、風波から完全に保護されており、開口の小さい二重殻構造は船体の剛性を高めています。また複雑な貨物配管は平坦で広い上甲板上に配置され、保守が容易になっています。船橋よりの見透しは良好で、風圧側面積も小さいので、操船が比較的容易に行なえます。二重底および側部二重船殻はバラスタタンクとしていますが、横隔壁内はコファダムとし、バラスタタンクとしては使用していません。

復原性は IMCO および USCG が要求している機関室を含む二区画浸水にも耐え得るようになっていました。上甲板上 No. 4 タンクと No. 5 タンクの間二層の甲板室を設け一層目はガスコンプレッサ室およびモータ室とし、ガスコンプレッサ、保冷区画、バージ用真空プロア等を装備し、二層目は荷役制御室として荷役の集中制御ができるように配置されています。

7. LNG 特殊設備

7-1 荷役設備

各タンク底部には、電動サブマージ型貨液ポンプが 2 台、残液ポンプが 1 台設けられています。また、貨液ポンプが 2 台とも故障した場合を考慮して、持運式予備ポンプを一時的に装備するためのバルブが各タンクごとに設けられています。

船体中央部両舷にショアコネクションステーションがあり、通常の荷役は貨液管、貨物ガス管とも陸上配管と接続し、揚荷のときは陸よりの返送ガスを受け入れ、積荷のときはタンク内の蒸発ガスおよび排斥ガスを陸に返送するようになっていました。返送ガスコンプレッサは蒸気タービン駆動遠心式のもの 2 台が上甲板上のコンプレッサ室に設けられています。陸上設備としてガス返送管がない場合または返送ガス量が不足する場合を考慮し、

LNG の 1 部を蒸発して揚荷時の補充ガスを発生し得る蒸気加熱式ペーパライザを装備しています。

7-2 ボイルオフガス処理装置

航海中に発生するボイルオフガスは、コンプレッサ室に装備された蒸気タービン駆動遠心式の燃料ガスコンプレッサにより圧縮され、メタンガス加熱器により、常温まで加熱・添臭された後、機関室に導かれ、推進用燃料として主ボイラで燃焼されます。

ガス圧縮機の吸入量はタンク内圧力を一定とするように自動制御されています。ボイラには、重油、ガスの混焼用バーナおよび混焼用自動燃焼制御装置が設けてあり、ボイラ負荷の増加に伴い、重油をパイロット用としての必要量に止め、ガス量を増加し、ボイルオフガス量を越えれば、更に重油を追焚きするよう制御されています。

気温、気圧の変化・船体動揺などでボイルオフ量が変化したり、ボイラ負荷が変化した場合、タンク圧力がどのような影響を受けるかを電算機によつてシミュレーションを行ない、構成要素に対して適切な制御定数を選定してあります。

湾内などで主機出力が低いにもかかわらず、ボイルオフガスの放出が禁じられる場合のためにボイルオフガスをボイラで燃焼させて発生した余剰蒸気を減圧減温し、主コンデンサに導くための蒸気ダンプ装置が装備してあります。

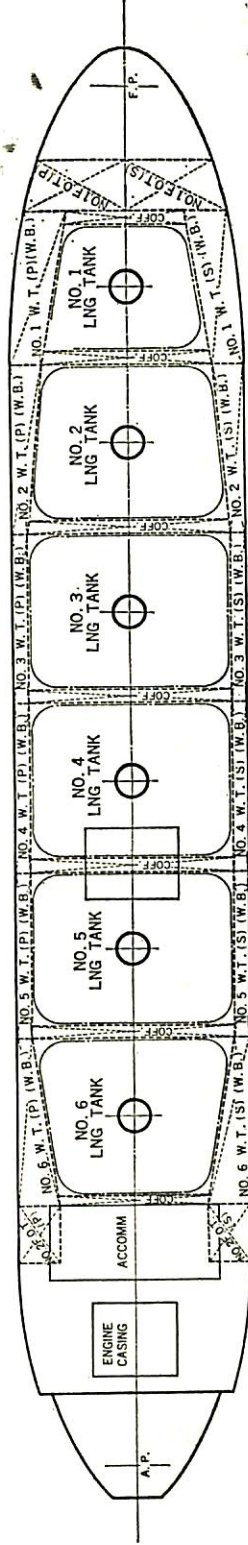
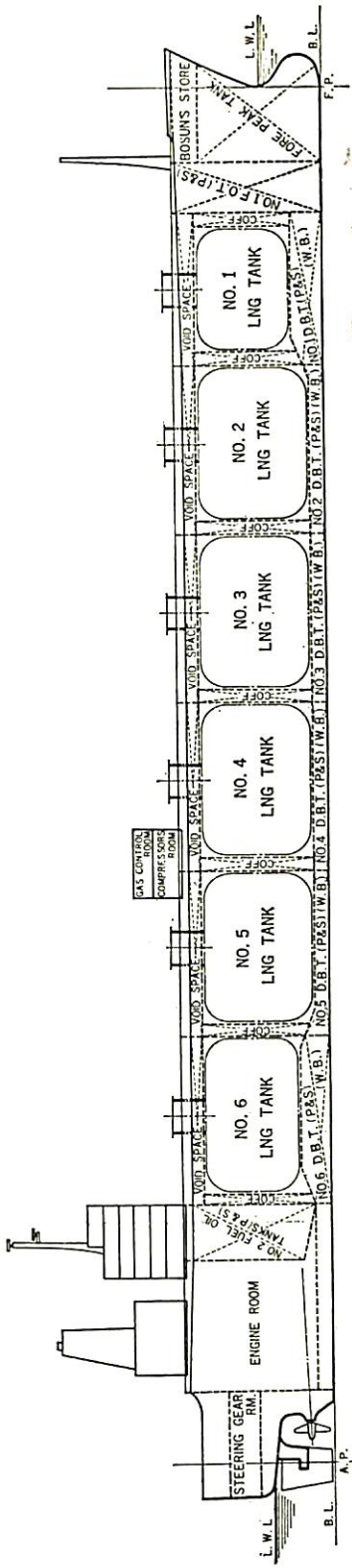
機関室内ガス管およびボイラ前燃焼装置は、ダクトまたはフードで閉閉され、連続的に排気通風することにより、ガスの機関室内への漏洩を防止するようにしてあります。

ガス管が機関室に導かれる直前の甲板上に非常遮断弁を装備してあり、ガス管ダクト用排気通風機が停止した場合、ガス管ダクト内にガス漏洩を検出した場合、ヒータが故障してガス温度が低下した場合等に自動閉鎖し、機関室へのガス供給を停止するようになっていました。航路によつては、再液化装置を設けることが経済的に有利な場合もあり、このような設備を設けることが可能になっています。

7-3 環境制御装置

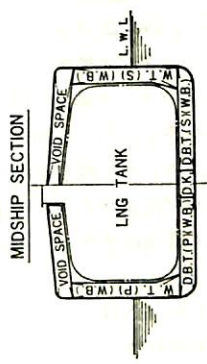
タンクと船体内殻によつて閉閉された保冷区画は万一タンクが漏洩してもメタンガスが直接空気と接触して爆発混合物を作る恐れのないように、常時窒素ガスが充填されており、空気の侵入を防ぐため、大気圧よりわずかに高い圧力で制御されています。

甲板上に液体窒素タンクを設けており、付属の蒸発器により蒸発された常温の窒素ガスを保冷区画に供給し、



PRINCIPAL PARTICULARS

LENGTH (OVER ALL) ABOUT	289.00M
LENGTH (B. P.)	275.00M
BREADTH (MLD)	45.00M
DEPTH (MLD)	28.00M
DRAFT (MLD) (DESIGNED)	11.60M
CARGO CAPACITY	120,000M ³
MAIN ENGINE	IHI STEAM TURBINE X USES NOR-MCR 40,000HP X 100RPM
SPEED . (ATMCR/NOR)15% S.M.)	19.5KTS



第8图 一般配置图

タンク内温度、気温・気圧の変化による呼吸作用によつて失われる量を補給するようにしてあります。液体窒素タンクは2個設備されており、通常航海の往復航分を1個で賄い、1個を予備としています。

7-4 貨物部の操作

(1) 入出渠時の操作

入渠前のタンク加熱は通常は船を沖出しして行ない、タンク内のメタンガスを返送ガスコンプレッサにより吸引し、メタンガスヒータで加熱してタンクに戻すようになっております。タンクが規定の温度に到達すれば、船を陸付けし、陸上より液体窒素の供給を受けて、船内のペーパライザにより気化し、タンクのパージを行ないます。タンク内のメタン濃度が規定値以下になれば、船内に装備した空気乾燥器により、タンク内に乾燥空気を供給し、タンク内の窒素ガスを空気と置換します。

出渠のときは陸上より液体窒素の供給を受けて窒素ガスを作り、タンク・保冷区画のエアパージを行ない、タンク内の酸素量を規定値以下に下げ、この状態で積地に向かいます。積地では陸上より LNG の供給を受けて、タンク上部に設けたスプレー配管により LNG をスプレーさせ、タンクと保冷構造を冷却させるとともに、タンク内の窒素ガスを追い出し、引続いて LNG の積荷を開始します。

空気およびメタンガスのパージのために油燃焼式イナーートガス発生器によつて発生したイナーートガスを使用可能なように設計することもできます。船内には非常用として油燃焼式イナーートガス発生器1台を装備しており、1タンクを約1日でガスパージすることができます。

(2) バラスト航海中の操作

揚荷のときに、1部の LNG 量を中央部タンクに残します。この LNG は積荷前のタンク温度を規定値以下に抑えるために、No.3 タンクに設けられたクーリングポンプによつて全タンクにスプレーされるようになっております。積荷前のタンク温度は積荷のときに過剰にガスが発生するのを防ぐように計画されています。

揚荷のときに、タンクに残す液は、タンク保冷構造に対するスロッシング荷重を考慮して定められています。このスロッシング荷重はモデルテストによつて計測されました。

タンクに残された LNG は侵入熱によりボイルオフしてバラスト航海時にタンクを正圧に保つ作用をします。満載航海時と同じように、このボイルオフガスは主ボイラの推進用燃料として使用され、タンクからガスを吸引する燃料ガスコンプレッサの吸入量は、タンク内圧を規定の値に保つよう自動制御されています。

7-5 安全装置

(1) タンクの負圧防止

揚荷中に陸よりの返送ガスの供給が断たれた場合、積荷中に陸よりの LNG 供給が断たれた場合その他で、タンクが負圧になることを防ぐために次のような各種の安全装置が設けられています。

まず、タンク内圧低下警報、またはタンクと保冷区画の差圧低下警報が作動します。さらに、内圧または差圧が減少すると、貨液ポンプ、残液ポンプ、およびガスコンプレッサを自動停止させます。さらに、内圧または差圧が減少すると、非常遮断装置が作動します。非常遮断装置はポンプ類、ガスコンプレッサを自動停止させるとともにショアコネクション弁および機関室へのガス供給弁を自動閉鎖し、タンク装置を完全に外部と遮断します。

非常遮断装置の作動確率は高いものですが、万一作動しない場合には、高圧窒素ガスタンクから窒素を LNG タンク内に放出するようになっております。これによつてタンク内への空気導入は極力防止するようになっておりますが、さらにタンク内圧が降下し、大気圧以下になれば、タンク付安全弁が開き、タンク内に空気を導入してタンクの破壊を防ぐようになっております。

(2) 保冷区画過圧防止

保冷区画への窒素供給過剰または温度変化などによる圧力上昇のときには、まず高圧警報が作動し、次いで窒素供給主管にある逃し弁が余剰ガスを逃がします。さらに圧力が上れば各タンクの保冷区画に2個ずつ設けられた安全弁が開き、タンク外圧を許容値以内に抑えます。保冷区画の安全弁の容量と数は窒素ガスの供給量、およびタンク漏洩時の LNG 蒸発量により決定されています。

(3) タンク過圧防止

タンクが過圧されたときには、まず高圧警報が作動し、次いで甲板上ガス主管に設けた逃し弁が開き、さらに圧力が上昇すれば、各タンクに設けた安全弁が開きます。

(4) タンク高液位防止

各タンクには高液位警報が設けてあります。ところがこれよりさらに上昇し、規定の液位に達すれば非常遮断装置が行動し、タンク装置を外部から遮断するようになっております。

(5) その他

甲板上で火災が発生した際、荷役を停止させるために高温時、非常遮断装置を作動させます。またこの非常遮断装置は船橋、荷役制御室、甲板船首部およびショアコ

ネクション部で手動操作が可能になつており、FAIL-SAFE の設計となつています。

7-6 計測および制御装置

上甲板上の甲板室上部に荷役制御室が設けられてあり、荷役作業の中央制御が可能になつています。また貨液ポンプ、ガスコンプレッサの遠隔操作、弁の遠隔開閉、タンク・保冷機・内殻の温度計測、タンク・保冷区画の圧力計測、タンクの液面計測、漏洩ガスの検知などが可能になつています。

荷役作業中のバラスト注排水作業も荷役制御室で行なわれ、このために必要なバラスト弁の遠隔開閉、バラストタンク液面計、吃水計などが装備されています。

通常航海中の貨物装置の監視は船橋で行なわれ、必要な警報類はグループ化され、船橋に表示されるようになっていきます。重要な圧力、温度などは定時ごとに荷役制御室のデータログに自動記録されるようになっていきます。

各タンクの液位計測は、静電容量形を主とし、さらに窒素ガスバージ式のものを併設してあります。赤外線式ガス検知器により、保冷区画および貨物を扱う装置を設備している区画の漏洩ガスを検知し、制御室内の漏洩ガス警報パネルに表示するようになっていきます。

計装機器類は特に動揺・振動などの船舶環境に適当なものとする必要があり、テストによりその作動を確認し、必要なところは改良を加えられてあります。なお、ガス漏洩の恐れのある危険区域に使用される電気品は原則として本質安全型を使用してあります。

8. 建造法

8-1 タンクの建造

タンクの建造に当つては

- 1) アルミニウム合金 5083 の溶接
- 2) タンクの品質管理

がそのキーポイントになります。

アルミニウム合金の溶接については、IHI の 100 基を越えるアルミニウム合金製極低温用陸上タンク建設の実績に裏付けられた豊富な経験を基本とし、これに加えて LNG 船開発プロジェクトチームにより改良された諸技術・機械等を駆使し、最高品質の溶接を高効率で行なえる態勢を完成しました。その基本的な溶接法は、IHI の開発した大電流 MIG 溶接と全姿勢全自動 MIG 溶接であり、そのいずれもが従来のようにオペレータの手動調整を必要としない完全自動溶接であります。さらに高品質高効率化を目標に MIG 以外の溶接法、例えば HIGH-PULSE TIG OR MIG, DCSP TIG 法等

についてもその実用化と取り組んでおり、これが本格的な採用も近く実現する運びとなつております。

建造法の概略は第 9 図に示されるように、横浜第 3 工場内で定盤、治具等を使用し、大型ブロックを製作し、これらのブロックを横浜第 2 工場の岸壁附近の組立場まで運搬し、ここでタンクを一体に組立て諸検査試験を終えて完成品として船に搭載します。

8-2 タンク搭載法

専門工場で作成されたタンクは、大型フローティング・クレンにより、工場岸壁から建造ドックに移送され、すでに保冷工事も完了した二重底上に搭載されます。

これより先、造船工場においては、300~400 T の船殻ブロックが次々と組立てられ、ブロック単位に十分な品質保証がなされたうえ、内殻面に保冷工事が施工されています。建造ドック内では、これらのブロックが高い精度管理の下に組立てられていきますが、ここで特に水平引込式建造法 (HIB 方式) (特許申請中) が採用されています。

これは、上甲板と側外板で逆 U 字型のトンネル状のブロックを作り、内殻面の保冷工事を完了させた状態で、船底構造上に置かれたタンクを特殊な台車で二重底ごと、トンネル状のブロックに挿入することによって、船体とタンクを一体化する方法です。

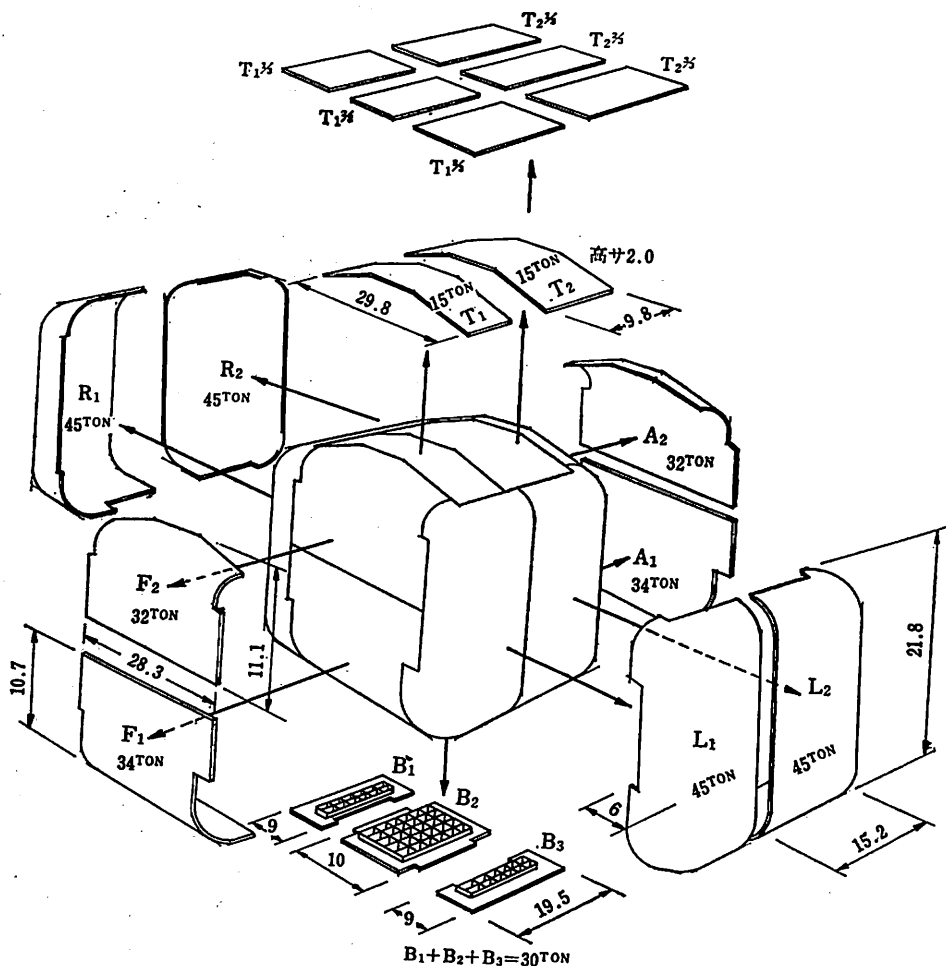
この方法を採用することにより、船殻保冷工事とタンクの工事はそれぞれ独立に行なわれ、両工事の相互干渉を極限する一方、タンクと船殻の合わせ作業がクレーン等によるものでないため、より高度の工作精度が確保されます。

8-3 膨張建造法

タンクと二次防壁内面の間隙は、挿入のために工作上必要な余裕と、常温で挿入した後タンクが -162°C まで冷却されることによる収縮によってその間隙はさらに増大されます。

サービス状態でのこの間隙をできるだけ小さくし、かつ、建造中は工作上できるだけ大きい間隙を設けて挿入作業ができるように膨張建造方式が採用されています。

これは、タンクの建造寸法を船体の内法寸法より大き目に作り、挿入にあつては、特殊な内部引張治具により、挿入上十分な間隙をとりうるまでタンク側壁を内側に引きつけ、挿入後はこの拘束をはずして、側壁を二次防壁内面に接触させます。このためタンクが冷却され、サービス状態になつた時点でも、二次防壁内面とタンク側壁の間隙は最小に維持され、タンクの発生応力を小さくおさえることができます。



第9図 13 block 一体方式による分割および名称

9. 品質管理

タンクの品質管理については、原子力圧力容器および化学プラント用圧力容器の認定工場としてASMEの資格を取得した横浜第3工場の優れた品質管理体制とその規準を基盤として、このLNG船用タンクの製作に特有な諸問題、例えばアルミニウム合金の溶接に必須の高寸法精度や、これに影響をおよぼす材料温度の問題等を加味して品質管理要領を確立しており、これにより高品質のタンクを製作します。なおタンク検査は突合せ溶接部全線に対して放射線検査を行ない、全溶接部に対し浸透損傷検査を主体とし、これに必要に応じ超音波損傷検査を含む非破壊検査と溶接部のリーク試験、レーザー利用の寸法精度検査等を行ないます。

タンク挿入後は、綾線部等の一部を除いて二次防壁の精度品質の確認ができない構造となっておりますので、

各ステージにおけるきめの細かい確認と合わせ、敷X線装置、各種超音波を使用し、材料・密接着部の有効性の確認を行なっています。

船殻工事では一般の船と異なり、特に注意をしなければならないことは、タンクを格納する内殻構造が全面防熱層で覆われ、就航後にもし内殻に欠陥が発生した場合には防熱層に多大な損害を与え、復旧補修工事にかなりの費用・工期が必要となってくることです。

従つて、これを未然に防止するために、保冷面の船殻品質保証を最重点項目としてシーム全線にわたり、X線・超音波・浸透探傷等の非破壊検査手法を適用し、完全品質の保証を行なっています。

その他、艤装工事・修理工事についてもLPG船城山丸、M.P. GRACE、およびPOLAR ALASKA、ARCTIC TOKYO等の修理経験の実績を充分に考慮

し、きめの細かい管理、検査手法を適用しています。なお、各種検査機種および計測機種を使用してモデル等による実験を重ね、検知能力および精度が信頼性のあることを確認しています。

10. 修 理 法

前述のように、IHI フラットタンクシステムでは、一次防壁は全く洩れる心配のないものになっています。また仮に貫通亀裂が発生したとしても、その進展長さはわずかなものでボイルオフしてしまうことになります。一方、内殻についても設計面・工作面両面から充分検討して、就航後の損傷を皆無にするよう計画されています。

しかし、万一一次防壁または内殻が洩れた場合、または保冷構造に欠陥が発生した場合を想定して、修理工法が検討されています。まず、二次防壁および保冷材は必ずしも不燃ではありませんので、テストにより確認し、特殊治具により一次防壁と二次防壁との間に空間を持たせる工法を確立しました。また、万一、一次防壁または内殻を取替える必要が生じた場合、タンク綾線部は近接できる構造になっていますので、新造時とほぼ同様の方法で修理が可能です。

しかし、フラットな個所または接線部付近では両側から作業を行なうことができないので、損傷の程度および損傷箇所により方法の選定を行なう必要がありますが、一次防壁側、内殻側いずれからでも作業ができるように両者の施工要領を確立しています。

この場合、一次防壁または内殻いずれか一方が片面溶接になりますので、一次防壁のアルミニウム合金 A 5083-0 材については片面溶接接手の疲労試験により、両

面接手と比べて遜色のないことを確認しています。また、内殻については、 -50°C における広幅引張試験、 -20°C ～ -196°C における表面切欠引張試験、および疲労試験により片面溶接接手が実用可能であることを確認しました。

一次防壁を片面溶接で修理した場合には、X線検査と同時に超音波探傷検査法を併用することにより、品質保証ができるようになっていきます。

11. む す び

以上のように、IHI フラットタンクシステムの方式について、各項目にわたり、独自の研究開発を進めてきました。

その結果、NK, AB, LR, BV, NV の各船級協会から基本承認を得ることができました。また、US COAST GUARD の基本承認も得られ、既存の各方式と同様にランク付けされています。

工場設備は横浜第2工場を LNG 船建造の専門工場として、そのレイアウトも終了しています。また、タンクについては、原子力容器を製造している横浜第3工場で製造することになっており、その設備計画も終了しております。

IHI フラットタンクシステムは、 $128,000\text{m}^3$ 型を標準として開発が進められましたが、これをさらに大型化することも可能であり、 $160,000\text{m}^3$ 、 $200,000\text{m}^3$ 型時代に備え、その研究も進められています。

こうして、IHI フラットタンクシステムは信頼性の高い LNG 船として、その建造体制を確立し、さらに将来への飛躍にも備えて研究開発が続行されているのであります。

遊星歯車装置で西ドイツ ローマン社 へ技術輸出

(石川島播磨重工業)

石川島播磨重工業は、かねてから西ドイツのローマン・ストルターフォト社と遊星形歯車装置の技術輸出について交渉をすすめていたが、このほど両社間で合意に達し、契約書の調印を終えた。

ローマン社に技術輸出される IHI 遊星形歯車装置は、同社が船用中速ディーゼル・エンジンの主機関に採用した1基1軸船用の減速装置として、入、出力軸が同一線上に配置できる遊星歯車の特色をフルにいかして独自に開発したもので、従来の横置形減速歯車装置にくらべ①入力軸と出力軸が同一線上に配置できるほか、②軽量、小型、③船内配置および据付けが容易、などの特長をもっており、現在17隻の船舶に搭載され、順調に就航中であり、さらに最近の中速ディーゼル機関の出力増大に

対応した新機種も開発中である。

今回の契約によりローマン社は IHI 遊星形歯車装置について欧州市場における独占販売権を取得するとともに、この導入機種をベースに新機種の開発も行うことが可能となつた。

ローマン社は、西ドイツでも指通りの動力伝達装置の専門メーカーで陸、船用歯車増減装置、弾性接手、高弾性摩擦クラッチなどの分野で大きなシェアを占めており、わが国のメーカーにもそれぞれの分野で技術供与を行つている。

今回提携は船用タービン、ディーゼルエンジン用減速歯車装置についての IHI の技術が高く評価されたためといえよう。

今後、高出力中速ディーゼルの出現などにより、この種減速装置に対する需要はいつそう増大するものと予想されるが、ローマン、石川島播磨の両社では、これを契機に歯車技術に関する技術交流を活発化させてゆく計画である。

LNG 実験船の概要

日立造船株式会社
造船基本設計部

世界的なエネルギー情勢、需給見通しと LNG の役割、あるいは、LNG 船の技術的問題点と各方式の特徴などは、LNG 船の解説につきものの枕ことばであるが、この所とくにやかましく言われている「エネルギー危機感」に刺戟されて、すでに数多くの資料や紹介記事が各所で出されておりこの上貴重な紙面を使つて蛇足を加える必要もないと思われるので、ここでは現在当社で建造中の 1,000 m³ 型 LNG 船について、その概要を紹介し、我々の意図するところの一端を説明して、諸賢のご参考に供したいと考える。

1) 日立 LNG 方式開発の歴史

当社の LNG に関する開発研究のスタートは比較的早く、約 10 年前昭和 37 年 (1962 年) にさかのぼっている。当時は、当社初めての LPG 運搬船「日石丸」を引渡した直後であり、マイナス 50 度の LPG をようやく物にしたところで、マイナス 162 度となると、果してどんな問題が飛び出してくることやら、頭の中では考えられても、実感としてつかめず、例えば、9% Ni 鋼の溶接など、当時の知識としては、非常にわれやすく、一般 M.S. 材の 6~8 倍の手間をくうと言われており、これは大変なものらしいという漠然とした問題意識があつた程度と記憶している。

このため、最初は 9% Ni 鋼材の溶接、加工、防熱材や接着剤の低温特性といった、ごく基礎的な研究が主体であつたが、順次システムティックになり、これ等の基本物性をもとに LNG 貯蔵装置としての構想が形造られ、多くのモデル実験による「トライアル・アンド・エラー」を経て、昭和 44 年 (1969 年) 頃には、9% Ni 鋼製方形独立タンクを骨幹とする現在の方式の「フレイムワーク」がほぼ出来上るに至つた。

当時 ESSO では、有名な「ESSO LIBYAN VENTURE」用の 40,000 m³ 型 LNG 船 4 隻を完成し、その経験を背景に、かねて企画中の「VENEZUELLAN PROJECT」向の LNG 船建造を検討しつつあつた。たまたま以上のような当社の構想を説明したところ、非常に共感して早速これをまとめ、ABS. や USCG. の承認 (VENEZUELLAN PROJECT) は、アメリカ東海岸への LNG 輸入を目的としており、いわゆる USCG. の LETTER OF COMPLIANCE を取得する必要があつた) のための各種 QUALIFICATION

TEST, FULL SCALE のモデルテスト、および試験計を含む一連の研究を共同して実施することとなつた。

この共同研究は大別すると、

- (イ) 双方の所有する LNG 船に関する技術資料の交換。
- (ロ) 9% Ni 鋼および溶接継手の物性、疲労強度、工作法に関する研究。(ABS, USCG の溶接施工法承認試験を含む)
- (ハ) 防熱および二次バリアー構造の材料物性、実寸大の部分模型による熱および機械的くりかえし強度テスト。(USCG 規則による二次バリアー材の LNG 浸漬テストを含む。)
- (ニ) 大型モデル (LNG タンク寸法、4 m × 4 m × 4 m, 周囲船体内殻モデル寸法、6 m × 6 m × 6 m) による冷却実験および二次バリアー確認実験。
- (ホ) 12 万立法米型 LNG 船の試設計。

からある当時としてはきわめて大規模なものであつたが、昭和 45 年 (1970 年) 秋から約 1 年半に亘る両社関係者の努力の結果、昭和 47 年春大型モデルタンクの冷却実験により予定の作業を完了した。残念ながら、「ESSO VENEZUELLAN PROJECT」は諸般の事情により実現を見なかつたが、以上のような研究の結果、この方式に関する技術上の問題点は一応解明されたので、引きつづき「プロジェクトチーム」により、125,000 m³ 型の実船を対象に、具体的建造方法、設備・要員計画等建造体制に関する問題について検討を進めてきた。

この共同研究で取り上げた方式は現在の「NK」あるいは「IMCO」の LNG 規則の区分では、「タイプ A タンク」に該当するもので、全面二次バリアーを持つきわめて安全な方式であるが、これと併行して、上記規則の「タイプ B タンク」として格付けするために必要な各種解析作業や工作基準の研究を進めており、総合的な安全性評価の結果、二次バリアーの範囲を軽減することが可能となれば、この方式の経済性は飛躍的に向上するものと期待している。特に本方式の特徴であるタンク内中央隔壁や設計工作両面の大型化に対する弾力性は、将来の超大型 LNG に対する大きい魅力と考えられる。

2) CBI 球形タンク方式

一方、昭和 47 年から、米国 CB & I (CHICAGO BRIDGE & IRON) 社と当社の間で、合弁会社設立の方針が具体化され、これに伴つて、同社の提案による船

船用球形タンク方式に対する基礎的検討を行った。

ご承知のとおり、同社は低温分野の陸上設備や貯蔵タンク等に数多くの実績があり、船関係でも前掲の「ESSO」向 LNG 船のアルミ製 LNG タンクを請負い製作した経験を持つ世界的企業である。最近のアメリカにおける LNG 船大量建造の機運に乗って、造船所の計画とタイアップして、タンク製作・据付や防熱・配管など超低温部の下請受注に努めてきた。

CBI の球形タンク方式は以上のような背景から開発されたものであるが、タンク本体に関しては、CB & I 社の経験、技術力により充分信頼しうるものと考えられるが、タンク支持構造に関連する船体運動や「INTER-ACTION」の解析関係は、船そのものに対する経験不足から必ずしも充分とはいえず、更に密度の高い検討が必要と判断された。

3) LNG 実験船建造の意義

小型 LNG 船（または LEG 船）建造の構想は、昭和 47 年「ESSO」との共同研究終了当時から、しばしば関係者の間で取り上げ検討されてきた。

その目的は一口で言えば、大型 LNG 船への踏台としてある程度の規模の試作船を建造し、実船で起るような問題点を事前に究明しようというもので、その結果

- (イ) 方式の安全性に対する更にレベルの高い確認がなされ。
- (ロ) ブロック割り、搭載方法、スケジュール等建造方式についての問題点が究明され。
- (ハ) 更に、工数推定のネックであつたスケールエフェクト（模型→実船）のチェックが可能となる。

と考えられた。

特に模型でなく完全な実船を造るということは、寸法の大小にかかわらず、管理、設計および現場部門に至る全組織を何等から形で動員することを意味する。LNG 船の場合は技術的内容は言うにおよばず、設備や作業者の質および量が在来のものから隔絶しているが、開発段階の言つて見れば図上演習で、試行錯誤により造りあげたこれ等に対する「プラン」が、実船として工場全体の流れに乗った場合、果してスムーズに動くかどうか。当社の方式は、基本的には多くの実績をもつ LPG 船のその延長であるため、技術面では未知の分野は比較的少ないと言えるが、それでも以上のような点に対する漠然とした不安は拭われず、実験船建造のもつ大きい意義はこのリスクマージンの減少にあると考えている。

今年（昭和 48 年）始め、CBI/日立の合弁会社が認可となり、球形タンク方式の問題点がしぼられるに従いこの LNG 実験船が急速に具体化され実現の運びとなつ

た。

4) 実験船の主要々目および一般配置

（一般配置は次頁参照）

垂線間長	60.0 米
型 幅	13.0 ㇀
型 深	6.5 ㇀
吃 水	4.1 ㇀
総トン数	約 1,500 トン
載貨重量	1,160 トン
航海速力	11.5 節
主 機	ディーゼル 1,300 馬力
船 級	NK, NS* & MNS*
航行区域	遠洋
LNG タンク No. 1	アルミ製球形 約 400 m ³
〃 No. 2	9% Ni 鋼製方形 〃 680 ㇀
乗 組 員	20 名
LEG 再液化装置	4 台
荷役ポンプ	1 式

本船は球形×1、方形×1のいずれも自己支持型独立タンクを有する単螺旋、後部に居住区を配置した船尾機関船である。以下に述べるような LNG 実験船として建造するが、実験終了後は、液化エチレン運搬船としても使用しうよう必要な設備を設けている。

建造は一般船体を内海造船田熊工場、No. 1（球形）タンクは日立造船神奈川工場、No. 2（方形）タンクは因島工場で製作し、タンクの据付および全体ぎ装は因島工場で実施する。一般船体起工は 48 年 8 月 21 日、進水は 11 月 14 日、完成後次に述べる実験を行ない、昭和 49 年半ば頃全作業を完了するスケジュールとなつている。

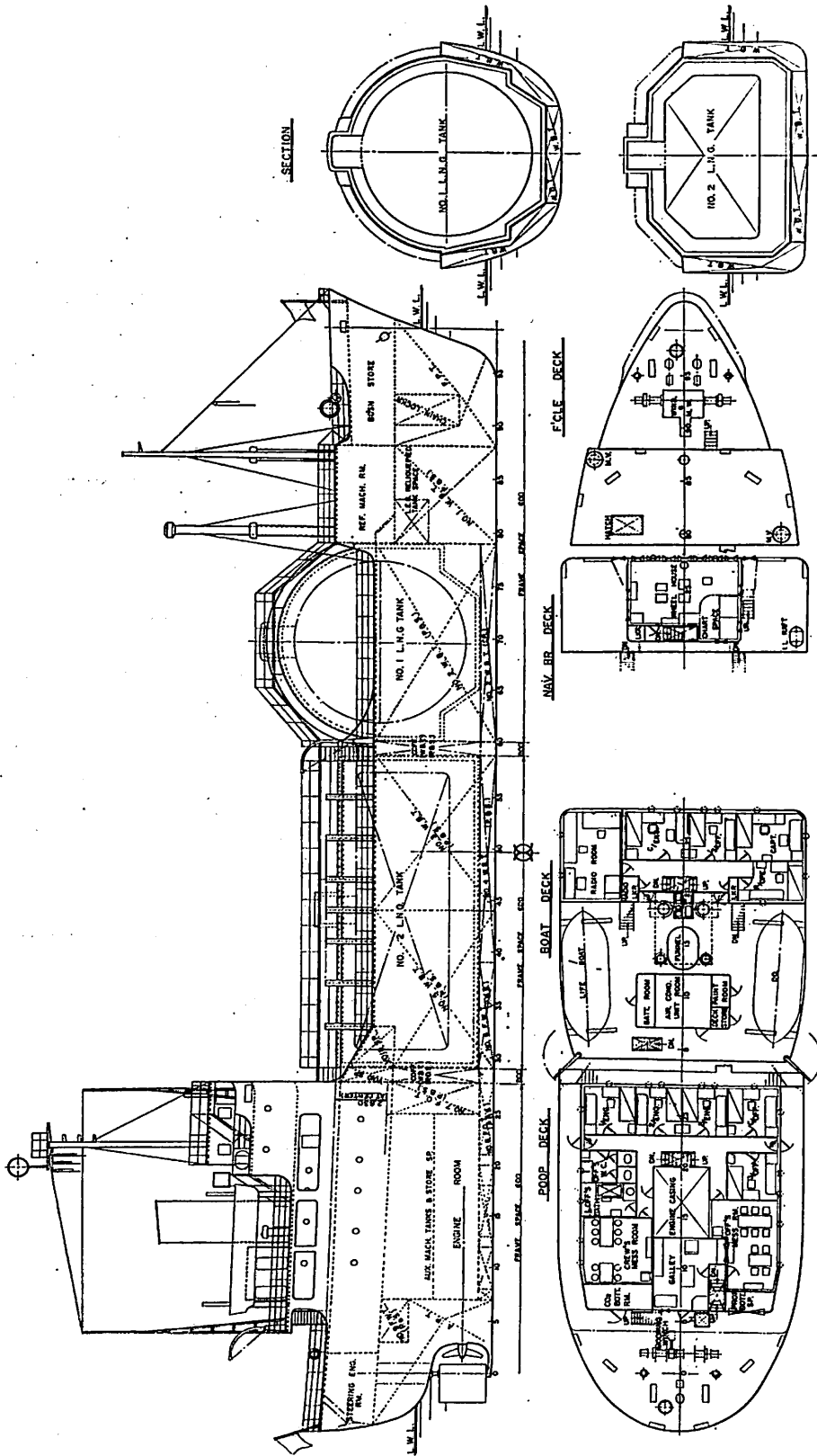
5) LNG 実験計画

現在予定している実験計画は次の 5 種類から成つている。

- 陸上実験
- 保留中実験
- 航走実験
- 冷却実験
- 就航後継続実験

(イ) 陸上実験は内圧に対するタンク各部の応力や、タンク支持構造部の想定外力に対する応答を把握するため、本船搭載前陸上で実施するもので、タンク内水位やジャッキによる系統的な負荷を与え、静的応力や変形などを測定する。

(ロ) 保留中実験はタンク据付後貨物搭載時に対する



LNG 実験船一般配置図

静的応力状態をチェックするために実施するもので、岸壁係留状態でタンクの漲排水を行ない、また船体傾斜を与えてタンクおよび支持構造部付近の応力計測を行なう。

- (ハ) 航走実験は波浪による動的外力に対する船体およびタンク内液圧の応答を把握する目的で行なうもので、載貨状態・船速等を段階に変え、船船運動・圧力・応力変動等の同時計測を実施する。この結果はまた今後に予定しているタイプ B タンクに対する統計的解析処理の基礎データとして利用する。
- (ニ) 冷却実験は防熱構造の信頼性や、冷却時の船体およびタンクの挙動を確認するため、液体窒素によりタンクを使用温度まで冷却する。従来のモデル実験の場合は、二重底、側部パラスタタンクや中間コファードム内の温度分布が実測困難であったので、本船ではある程度精度の高い計測が出来ることを期待している。
- (ホ) 就航後継続実験。本船は上記(イ)～(ニ)の実験終了後、LEG 運搬船として運航する計画であるので、その際、実航海や荷役中の実情把握と、統計的データ集積を目的として長期の計測を行ないたいと考えている。

6) む す び

以上当社における LNG 技術開発の歴史と現状、および LNG 実験船の計画概要を紹介した。

欧米に比して遅れていると言われてきた LNG 船も、

政府筋の強力なご指導と、業界各社の熱意により、ここ数年来急速な進歩を遂げた結果、ほぼ拮抗し得る建造体制が整備されるに至った。先に、川崎重工が「ゴタスラーセン」社より受注決定を見たのはそのあらわれであり、各社に大きい刺激を与えたと思われる。

振りかえつて見ると、LNG 船に対するわが国業界の行き方は、はなはだしく慎重であり、石橋をたたいてなお渡らぬといったものであつたが、この間ヨーロッパ各国では、何よりもガスエネルギー源の絶対量不足という条件もあつて、比較的大胆に踏み切り、実績ベースで建造を続けていつた結果、現在市場を殆んど独占するまでになつた訳である。

新しい技術の商品化には大なり小なりリスクがつきものであり、特に LNG 船のごとき大型開発の場合、その実現には大なる決断が必要とされるが、その前提となるものは、やはりシステムの安全性であり、また絶対船価の把握である。LNG 実験船はこの意味で次の大いなる飛躍に対するふみ台になると期待している。

中東紛争以後、エネルギー事情は価格と量の両面から急速に悪化しつつあり、これに対処するため、エネルギー供給の多様化、無公害化は時代の要請であり、わが国の LNG 輸入プロジェクトの今後も、こうした視野から見直され、LNG 船に対するニーズも更に加速されることになるとと思われる。このような状況下で、当社の LNG 実験船の成果が幾らかでもお役に立てばと希う次第である。(おわり)

LNG 船の第 3 船目を受注 (川崎重工)

川崎重工では、ノルウェー LEIF HOEGH & CO. A/S より 130,000 m³ 型 LNG 船 1 隻を受注した。

この建造契約は 12 月 3 日、ノルウェーのオスロにおいて同社の四本潔社長とレイフ・ホッグ社重役アレックス・フェデラー氏との間で締結されたものである。

同社は、昨年 5 月にアメリカのゴタス・ラーセン社と今回と同型の LNG 船 2 隻の建造契約をすでに結んでおり、これで LNG 船の受注隻数は 3 隻になつた。

今回、同社が受注した LNG 船はゴタス・ラーセン社向けと同様モス方式 (ノルウェーの MOSS ROSENBERG VERFT Å/S との技術提携によるもの) を採用している。これは -162°C の LNG を運搬するために 5 個のアルミ合金製球型タンクを船体に搭載する独立タンク方式で、高度の安全性をもつた方式である。

本船の概要

全 長： 289.00 m

幅	:	44.60 m
深	さ:	25.00 m
喫	水:	11.40 m
LNG タンク容積	:	約 130,000 m ³
主 機 関	:	川崎 UC 型タービン 1 基 出力 45,000 PS
速 力	:	約 21 ノット (試運転最大)
納 期	:	昭和 52 年末 (予定)

なおレイフ・ホッグ社の川崎重工に対する船舶発注量は今回で 14 隻目になるが、レイフ・ホッグ社は今後ますます増大する LNG, LPG などの無公害エネルギーの、日本、アメリカ、欧州向輸送に應えるため、LNG 船、LPG 船建造を積極的に進めている。そして、このほど現在世界最大の LNG 船ノーマン・レディ号 (載貨容積約 85,000 m³) を完成させ、さらに欧州造船所との間に 125,800 m³ 型 LNG 船 1 隻、75,000 m³ 型 LPG 船 2 隻の建造契約を結んでいる。

L N G 船

恵 美 洋 彦*
會 根 紘**

(その3 貨物格納) (13)

8-4 タンク構造基準

8-3 では、タンクの強度解析と設計荷重について説明したが、本節では、各種の規則、規格等でどのような構造基準を与えているかを紹介するとともに、これらに関連する基礎的な知識も合わせて整理しておくこととする。

以下、各船級協会 (AB, BV, DnV, LR, NK 等) の規則および USCG 規則 (案を含む)、IACS 統一規則案等を引用しながら説明する。

表 8-18 ないし 8-21 に NK, BV, DnV および USCG によるタンク構造基準の概要を示す。

これらの表から明らかなように、タンクの構造基準は、タンクの構造方式、二次防壁の設置基準等により異なる。また、タンクの構造方式に対する用語の使い方も必ずしも統一していないが、各規則を引用するときは、その規則に使用されている用語を、一般的に使用する場合は、表 8-22 に示す NK (LNG 船規準) によるタンクの種類に従うこととする。

表 8-22 タンクの種類 (NK LNG 船規準による)

規準の適用	構造方式	設計蒸気圧 (P _o)	貯蔵方式		タンク構造方式の定義	名称	(注) タンクタイプ	根拠条文	備考
			貯蔵蒸気圧 (P _w)	使用温度(t)					
適用せず	独立型	P _o > 0.7 kg/cm ²	P _w > 0.7 kg/cm ² (加圧式)	常温	タンクにかかる荷重、圧力を主としてタンク板の膜力で支持する回転形状の構造方式のタンク	常圧タンク	C	鋼船規則第四十一編第二章	
						低温タンク	B または C	鋼船規則第四十一編第一章	
-50℃より低温の超低温液化ガスタンクについては、本規準を適用する。	独立型	P _o ≤ 0.7 kg/cm ²	P _w ≤ 0.7 kg/cm ² (重力式)	低温	荷重、圧力を主としてタンク板、防撓材、桁の曲げで支持する構造方式のタンク	圧力容器方式タンク	B または C (A)	同上	Aタイプも認めることができるが、特別承認とする。
						方形方式タンク	A または B	鋼船規則第四十一編第一章および第三章	-50℃以上の高温のタンクは、鋼船規則第四十一編第三章による。
	非独立型	P _o ≤ 0.7 kg/cm ²	P _w ≤ 0.7 kg/cm ² (重力式)	低温	荷重、圧力を防熱材を介して船体構造で支持する構造方式で、液密性は薄膜または防熱材自身により確保するタンク	メンブレン方式タンク	A (B)	鋼船規則第四十一編第一章	Bタイプも認めることができるが、特別承認とする。
セミメンブレン方式	A または B					同上			
適用せず	一体方式			低温 ただし t ≥ -10℃	タンクが船体構造の一部を構成するタンク	一体方式タンク	A	鋼船規則第四十一編第一章 (特別承認)	

注：タイプAとは、タンクの全面破壊を想定するタンクで、完全二次防壁が要求される。
 タイプBとは、タンクの限定破壊を想定するタンクで、軽減二次防壁が要求される。
 タイプCとは、タンクの破壊を想定しないタンクで、二次防壁を省略することができる。

*, ** 日本海事協会船体部

表 8-18 NK 規 準

構造方式	非 独 立 型			独 立 型		
	メンブレン方式		方 形 方 式	方 形 方 式		圧 力 容 器 方 式
	A	B	A	B	C	
設計基準	$P_0 \leq 0.7 \text{ kg/cm}^2$ ($P_0 > 0.25 \text{ kg/cm}^2$ は特別承認)		$P_0 \leq 0.7 \text{ kg/cm}^2$		$P_0 \geq 0.7 \text{ kg/cm}^2$	$P_0 \geq 0.7 \text{ kg/cm}^2$
設計 荷 重	変動荷重は精密計算または近似式		変動荷重は精密計算		変動荷重は精密計算または近似式	
	許容応力	$\sigma_m \leq 0.5 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.75 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.63 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.94 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.63 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.94 \sigma_T$	$\sigma_m \leq 0.48 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.71 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.60 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.89 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.66 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.89 \sigma_T$	$\sigma_m \leq 0.5 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.75 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.63 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.94 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.63 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.94 \sigma_T$	$\sigma_m \leq 0.5 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.75 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.63 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.94 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.63 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.94 \sigma_T$	$\sigma_m \leq 0.5 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.75 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.63 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.94 \sigma_T$ $\sigma_m \leq 0.63 \sigma_T$ $\sigma_s \leq 0.94 \sigma_T$
設計 原 理	モデルテストにより設計原理確認		左側による他次の条件 FEM等により、詳細応力解析 船体変形の影響をタンク支持圧力として考慮		Min 寸法規則で定める その他の、左側と同じ	
	局所、プロトモデルにより、変動荷重をシミュレートし、た荷重を加えて強度確認 (疲労強度) 揺動、スロッシング等のテストは必要に応じて行なり スロッシング、内圧について特別評価 工作基準等はモデルテストの結果により定める		タンク板、ステファナは算式 桁構造は骨組計算等による 変動荷重近似式により船体変形をタンク支持圧力として考慮 応力の評価: Mises		船体変形の影響をタンク支持圧力として考慮 疲労; 疲労強度と速度、クラック形状 ぜい性; 許容せん断クラック長さ 座屈、揺動について特別評価 応力の評価: Mises	
精 造 解 析	モデルテストにより設計原理確認		左側による他次の条件 FEM等により、詳細応力解析 船体変形の影響をタンク支持圧力として考慮		Min 寸法規則で定める その他の、左側と同じ	
そ の 他	モデルテストにより設計原理確認		左側による他次の条件 FEM等により、詳細応力解析 船体変形の影響をタンク支持圧力として考慮		Min 寸法規則で定める その他の、左側と同じ	

表 8-19 BV 規則

注) : 1.0-F より低い貨物に適用

構造型式 設計基準	独立圧力容器型式タンク		独立方形型式タンク	
	完全二次防壁	二次防壁省略	完全二次防壁	完全二次防壁
設計蒸気圧 P_0	$P_0 \geq 0.7 \text{ kg/cm}^2$		$P_0 \leq 0.7 \text{ kg/cm}^2$	
設計荷重 (船体運動) および設計圧力	設計蒸気圧に貨物の静圧 (P_0) および動圧 (P_d) を加える	下記の設計圧力とする。 $P = K (P_0 + P_d + P_a)$ K: 2または船会の選定	船体加速度の近似式により P_d を計算	
許容応力 鉄鋼 $\begin{cases} \sigma_0 = 41 \text{ kg/mm}^2 \\ \sigma_T = 24 \text{ kg/mm}^2 \end{cases}$ フェライト鋼	圧力容器規則による σ_0 (一般薄板応力に対する許容応力) = 1.33 kg/mm^2 $\sigma_0 \leq 0.555 \sigma_T$ または $0.37 \sigma_0$		σ_0 (下欄参照) = 1.6 kg/mm^2 $\sigma_0 = \frac{0.4 \sigma_0}{1.3 - \frac{\sigma_T}{2 \sigma_0}} \quad (0.6 < \frac{\sigma_T}{\sigma_0} < 0.8)$	メンブレンタンクについては特別承認。 メンブレンタンクを支持する船体構造寸法の規定あり。
構造解析	圧力容器規則による算式により、最少板厚を定む。 タンク負圧を考慮すること。 タンクサポートの適当な補強その他詳細構造については板厚、設計圧力に応じ、圧力容器規則のクラス I または II の基準による。 溶接継手効率 $\begin{cases} \text{クラス I: } 1.0 \\ \text{クラス II: } 0.9 \end{cases}$	規定の設計圧力により、左欄適用。さらに、タンクサポートを含むタンク各部の詳細な応力解析を提出すること。	タンク板 $t = 8 \sqrt{\frac{375 P}{\sigma_0}}$ 防接材 (計算式は与えられていない) $\sigma_0 \geq \sqrt{\sigma^2 + 2.36 \tau^2}$ (σ : 曲げ応力, τ : 剪断応力)	

表 8-20 DnV 規則

注) σ_0 : 組合せ応力 (von mises), σ_y : 20°Cでの引張強さ, τ_m : 断面に作用する平均剪断応力

設計基準	構造型式	メンブレン型式タンク (タイプ A)		独立方形型式タンク (タイプ B)	
		完全二次防壁	A II (軽減二次防壁)	軽減二次防壁	二次防壁省略
設計基準		$P_0 \leq 0.7 \text{ kg/cm}^2$	$P_0 \leq 0.7 \text{ kg/cm}^2$	$0.7 \text{ kg/cm}^2 \leq P_0 < 2.0 + 0.2D$	$P_0 \geq 2.0 + 0.2D$
設計荷重 (船体運動)		独立タンクと同じ	船体運動に起因する荷重は精密計算等による。傾度分布も必要。	船体運動に起因する荷重は精密計算等による。傾度分布も必要。	サドル支持等のタンク構造は近似式で加速度を求めてよい。タンクの最少板厚を求めるときは加速度 (動圧) は近似式で可。船体変形の影響が作用するタンク支持構造のときは精密計算等。
設計圧力 = $P_0 + \text{静圧} + \text{動力}$					
許容応力 (特記以外は最大荷重に 対するもの)	軟鋼ペー ス	$\sigma_0 \leq 21 \text{ kg/mm}^2$ $\tau_m \leq 11.5 \text{ kg/mm}^2$	桁 $\sigma_0 \leq 15 \text{ kg/mm}^2$ (荷重) $\tau_m \leq 8 \text{ kg/mm}^2$ (荷重) ($\sigma_0 \leq 24 \text{ kg/mm}^2$; タンク板)	$\sigma_0 \leq 16.8 \text{ kg/mm}^2$; 桁 17.25 kg/mm^2 ; 防錆材 19.2 kg/mm^2 ; タンク板	一般許容応力 (σ_m) に対する許容応力 $\sigma_0 = 12 \text{ kg/mm}^2$ $\sigma_L, \sigma_m, \sigma_n + \sigma_0, \sigma_L + \sigma_0 \leq 18 \text{ kg/mm}^2$ $\sigma_m + \sigma_0 + \sigma_n, \sigma_L + \sigma_0 + \sigma_n \leq 33.6 \text{ kg/mm}^2$ σ_r : 疲労および脆性破壊防止から定まる。
	抗張力 41 kg/mm^2 降伏点 24 kg/mm^2				
抗張力, 降伏点ペー ス フェライト鋼: St アルミ合金: Al		船体用鋼に対する規定 $\sigma_0 \leq 0.875 \sigma_y$; 桁 $\leq (0.6925 \sigma_0)$ ($\sigma_0 \leq 1.0 \sigma_r$ または $0.7 \sigma_y$; タンク板)			$\sigma_0 = 0.5 \sigma_r$ または $0.333 \sigma_0$; St $0.625 \sigma_r$ または $0.25 (-70^\circ\text{C}) \sigma_y, 0.296 \sigma_y (-160^\circ\text{C}); Al$ $\sigma_L, \sigma_m, \sigma_n + \sigma_0, \sigma_L + \sigma_0 \leq 1.5 \sigma_r$ $\sigma_m + \sigma_0 + \sigma_n, \sigma_L + \sigma_0 + \sigma_n \leq 2.8 \sigma_r$ σ_r : 疲労および脆性破壊防止から定まる。
構造解析	解析	一般船体構造規則専用タンク板, 防錆材は腐蝕規則専用 (ヘッドを修正) 桁は存続構造計算等による応力解析 (タンカー等の肘板専用) 最大せん断歪エネルギー法	一般に A.I 以上の構造寸法応力解析には, 有限要素法または有限差分法解析プログラム等による精密解析 最大せん断歪エネルギー法		圧力容器規則による算式により, ガスタンカー規則で定められた許容応力を用い 現板厚を定める。 相対安全率は 1.0 (9 号 N; 鋼 NV 20-2 は 0.95) タンク支持, 固定装置から, かかる船体運動の影響等の応力について詳細検討。 最大せん断歪エネルギー法
	構造解析				
構造解析	振動	必要に応じて A.II と同じ 対策, 検討	振動対策必要。ガイダンスあり 振動による応力および振動数 計測を要求することがある。		必要に応じて A.II と同じ対策, 検討
	疲労		高応力部の疲労強度, 実驗的な検討必要。 $\Sigma \frac{n_i}{N_i} < 0.5$		必要に応じて A.II と同じ対策, 検討
設計基準	設計		母材, 溶接部: 一般的な疲労検討 疲労によるクラック進展, 限界ク ラック長さ等の検討		必要に応じて A.II と同じ対策, 検討
	他	骨部材の疲労等はタンカー規則準 用。 必要に応じて詳細検討。	各種構造の疲労について詳細検討		外圧に対する許容応力を定める (規則に算式) 開口部詳細構造は圧力容器規則による。

表 8-21 USCG 規則案

設計基準	構造型式	メンブレン型式タンク (タイプA.)		独立方形または円形压力容器タンク (タイプB)		独立方形または円形压力容器タンク (タイプO)	
		完全	二次防壁	二次防壁	二次防壁	二次防壁	省略
設計蒸気圧 P_0 (注)		特に認められた場合を除き $P_0 \leq 0.238 \text{ kg/cm}^2$					
設計荷重 (船体運動) および圧力		$P_0 + P_1$ (動圧) + P_2 (動圧), 動圧は近似式または精密計算, モデルテスト等による加速値から求める。					
許容応力 軟鋼ベース $\sigma_B = 41 \text{ kg/mm}^2$ $\sigma_T = 24 \text{ kg/mm}^2$	特別承認 突動荷重をシミュレートした荷重, 使用状態により ・疲労試験 ・振動試験 ・衝撃荷重試験 (sloshing) ・熱サイクル試験 ・プロトタイプ試験 を行なうこと。	主応力 $\leq 1.54 \text{ kg/mm}^2$ (タンク板を除く)	一般線形応力 (σ_m) に対する許容圧力 $\sigma_r = 1.025 \text{ kg/mm}^2$ σ_L (局部線形応力) $\sigma_L \leq 1.54 \text{ kg/mm}^2$ σ_B (曲げ圧力) $\sigma_L + \sigma_B \leq 2.08 \text{ kg/mm}^2$ σ_p (ヒーク圧力) $\sigma_L + \sigma_p + \sigma_B \leq 4.1 \text{ kg/mm}^2$ σ_s (二次線形応力) $\sigma_p, \sigma_L + \sigma_s + \sigma_B$; 疲労および脆性破壊防止から定める。	$\sigma_m \leq 1.025 \text{ kg/mm}^2$ $\sigma_m \leq 0.25 \sigma_B, 0.625 \sigma_T (= \sigma_s); St$ $(\sigma_s = 0.333 \sigma_B, 0.666 \sigma_T (= \sigma_s); Al)$ $\sigma_L \leq 1.5 \sigma_B = 0.375 \sigma_B, 0.94 \sigma_T; St$ $= 0.375 \sigma_B, 1.0 \sigma_T; Al$ $\sigma_L + \sigma_B \leq 1.5 \sigma_B = 0.5 \sigma_B, 1.0 \sigma_T; St, Al$ $\sigma_L + \sigma_p + \sigma_B \leq 3 \sigma_B = 1.0 \sigma_B, 2.0 \sigma_T; St, Al$ $\sigma_p, \sigma_L + \sigma_p + \sigma_B$; 疲労および脆性破壊防止から定める。	$\sigma_m \leq 0.25 \sigma_B, 0.625 \sigma_T; St$ $\sigma_m \leq 0.25 \sigma_B, 0.666 \sigma_T; Al$	左側と同じ。ただし, P_0 はタンク設計応力の支配的要因となるように高いものとする。	
抗歪力, 降伏点ベース St ; フェライト鋼 Al ; アルミ合金		Al } 主応力 $\leq 0.375 \sigma_B$, St } $0.75 \sigma_T$ (タンク板を除く)					
構造解析	タンク板は ABS その他の船殻協會のディープタンク規則を準用。桁は格子構造 (船理論) その他						船用機関規則 Subchapter F, Part 54 Pressure Vessel, Cによる。(ASME Sec VIII Div. 1) 最大主応力

統計解析法による漁船々型の有効馬力 算定式について

土 屋 孟*

1. ま え が き

日本の漁船々型は、船の大小、使用地域、および漁業種類によつて大幅に異なるばかりでなく、同一船規模、同一漁業種類の漁船であつても、その相異が著しい場合がある。その結果、同一排水量下でも、同一速力を出すのに必要な有効馬力が、実用可能の範囲内で船型を改良することによつて半分近くになることも十分予想される現状である。

日本漁船にこのような抵抗性能の大幅なバラツキを生じさせた原因としては、漁業方法を含む漁船の使用環境条件の相違が第一に挙げられるが、それ以外にも、自船の性能を他船より少しでも向上させたいと常に望んでいる船主、乗組員、または造船技術者の長い間の模索が、一層船型の多様化を助長したことも否めない事実のようである。

さらにその他にも、日本における現在の特殊事情として特に注目すべき重要な問題点がある。それは、日本漁船の大多数が、水産資源の確保安定を計る目的で制定されている漁業法に基づいて建造および操業が規制され、その規制の内容は主として漁船の総トン数によつていため、漁船々型が流体力学的性能面で非常にゆがめられたものとなつてきていることである。すなわち、漁業者は許可される総トン数の限度内で最大の規模の漁船を建造することが、漁業の収益性を最も向上させるものとの見解から、船舶積量測定法および漁船法に抵触しない限り最大の船体主要寸法の相乗積 ($L \times B \times D$) とし、かつ実用上支障を来たさない限度で最も肥大した船型の採用が競いあわれてきた。このような船型の肥大化による抵抗性能の劣化を補うための主機関の増馬力も、漁船法の許容限度一杯まで実施され、その結果は船体の推進抵抗が極めて大きい船となつていく。最近の漁船にますますその傾向が強まつていくことは注意を要する問題であり、石油資源の節約が叫ばれている現在、とくにその感を深くせざるをえない。

しかし、日本においては漁船の設計にさいして大型船のように試験水そうによる模型試験が一般には行なわれていないばかりでなく、時間的あるいは技術的理由から、系統模型試験による馬力算定図表さえも利用されることが少ない。従つて船型の良否による漁船漁業の経営

上の損失が認識されないまま、多数の漁船が設計・建造されてきたものといえる。

このような事態の改善を計るためには、漁船の設計にさいして、抵抗性能の良否を含めた総合的な収益性能を判定する方式を作成・普及させることが必要と思われる。そのためには少くとも、設計しようとする漁船々型の設定船速に対する所要推進馬力を容易かつ短時間に推定しうる算定方式が必要であり、さらにそのような算定式が船型の最適化にも同時に利用できるものであれば、その効用はきわめて大きいはずである。

漁船々型に対する有効馬力算定式の作成は、上記のような漁船の総合的性能向上研究の一環として重要な研究課題であり、その完成は今後の漁船の性能改善に大きく寄与することになると思われる。

2. 水そう試験資料の活用

漁船々型の模型船による静水上の抵抗試験は、長年の間に種々の目的をもつて世界の諸試験水そうにおいて行なわれており、その数は現在までに数百状態を数えるまでにいたつている。しかし、それらの試験の多くは各個独立に計画実施されたものであつて、船型相互の関連性がつかみにくく、従つてそれら資料のたんなる蓄積だけでは、それらを新しい漁船々型の設計に有効に利用することが一般には困難であつた。日本の漁業者または関係造船技術者の多くが、漁船々型の水そう試験の効用に対して批判的となり、あるいは船型選定の価値を十分に認識するにいたらなかつた原因の一つは、このあたりにあつたものと思われる。

しかし、ひるがえつて考えれば、それらの模型試験の結果は、それぞれがすべて、ある船型（水面下の形状のみを考える）のある船速における推進抵抗値を求める実験式の解ともいえるものであつて、そのような実験式を求めるとすれば、次式のような関数の形で表わすことができる筈である。

$$R_t = f_0(\text{船型, 船速}) \dots\dots\dots(2.1)$$

ただし、 R_t : 模型船の全抵抗 (kg)

それらの実験結果に、縮尺影響、水の粘性影響等の修正を施し、全抵抗係数 r とフルード数 F_{Nr} を使つて一般化すれば、(2.2) 式の形となる。

$$r = f(\text{船型, } F_{Nr}) \dots\dots\dots(2.2)$$

数百の模型試験結果が蓄積されたということは、換言

* 水産庁海洋漁業部漁船研究室

すれば、(2.2) 式の形で表わされる実験式の右辺の中の船型を表わす関係諸要素の知られている数百個の解 r が、任意のフルード数に対してすでに求められていることに他ならない。このような考え方に立つて、上記の数百個の解を用いて (2.2) 式に示される f (船型, F_{nF}) という関数の形が求められれば、同式によつて任意の船型の、任意の F_{nF} における r の値が、水そう試験によらなくても計算で求められることになる。

現実には、(2.2) 式中に用いられる船型を表わす諸要素の表示法が、実験資料の個数等の制約のため大幅な簡略化を迫られたり、また船速をきめる F_{nF} の有効な使用限界が実験資料によつて必然的に制限を受ける等の問題が生じてくるが、そのような制約があるにしても、大型電算機を用いれば、(2.2) 式の f (船型, F_{nF}) なる関数の形を統計解析の処理法によつて求めることができる。

以上のような考え方に立ち、過去の多数の模型試験結果を利用して漁船々型の全抵抗係数 r に関する統計解析を行ない、本有効馬力算定式が作成されたのである。

同式の完成のために用いられた水そう試験の資料数は約 550 状態であるが、その中の日本漁船々型の資料数は約 290 状態で、それらのすべては水産庁漁船研究室で過去十数年間にわたつて実験されたものである。その他の資料は外国漁船々型の資料で、欧米諸国の試験水そうで実験されたものである。

3. 算定式の構想

前述のように、世界の漁船々型の水そう試験結果を多数用いて統計解析を行なうに当つては、それらの試験結果を一つの表現法に統一整理する必要がある。その実施にさいして、今回は漁船の基本設計に最も便利に使用でき、しかもできるだけ算定精度の高い式となるよう、以下のような処理を行なつた。

3.1 r_{300} の採用

漁船々型の抵抗性能の良否を判定する全抵抗係数として、本算定式では

$$r = \frac{Rt}{\frac{1}{2} \rho F^{2/3} V^2} \dots\dots\dots(3.1)$$

ただし、 ρ : 水の密度

F : 船の排水容積

V : 船の速度

を用いた。すなわち漁船の設計条件の中、もつとも優先的な条件となるものは、使用状態時の船の排水量とそのさいの所要速度であり、船の水線長や浸水面積等は前二者に比べれば船型設計の従属的な要素であるからであ

る。

また、(3.1) 式を漁船々型の良否の判定に用いようとする場合に摩擦修正を考慮すると、できるだけ漁船としての標準的な大きさに修正した r の値を使うことが合理的と考えられたので、本算定式の作成を計画するに当つては各模型試験結果を ITTC の 1957 年の摩擦抵抗式を使つて排水量 $\Delta=300t$ の実船の値に修正した r_{300} を用いることとした。すなわち、

$$r_{300} = \frac{Rt}{\frac{1}{2} \rho F^{2/3} V^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

ただし、上式の $F=300/1.025$ (m^3)

なお、各 r_{300} を算出するさいに、各試験水そうの Blockage Effect もあわせて修正し、 r_{300} の値は Open Sea の値とした (文献¹⁰ 参照)。

3.2 F_{nF} の採用

新しい統計解析を行うに当つて、フルード数としては水線長さ L の入らない

$$F_{nF} = V/\sqrt{F^{1/3} \times g} \dots\dots\dots(3.3)$$

を用いることとし、 r_{300} の採用とも相まつて、漁船の基本設計に当つて L を一定値として拘束する必要のない馬力算定式とし、よりよい船型を見いだすための船型の自由度を幅広く持たせうものとした。

3.3 船型要素

船型要素として、 $L/F^{1/3}$, B/T , C_M , C_P , LCB , $\frac{1}{2} \alpha_r$, $\frac{1}{2} \alpha_{ss}$, t/L , a/A_{max} の 10 個を用いた。その結果漁船設計上の重要な要素である横復原性能の良否にもつとも影響の大きい B/T の船型要素が、 L などの他の船型要素とは直接の関連なしに、比較的自由に選定できる結果となり、実用上好都合となつた。

3.4 フルード数の分離

本算定式の作成に当つては、(2.1) 式の右辺の中から船速の要素を除外し、(3.4) 式を実用速度範囲をカバーする 8 箇のフルード数のそれぞれに対して求めることとした。

$$r_{300} = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \dots\dots\dots(3.4)$$

ただし、 $X_1 \sim X_n$ は船型をあらわすパラメーター

3.5 Form Factor と粗度修正

r_{model} から r_{300} に全抵抗係数を摩擦修正する場合に Form Factor は考慮せず、また粗度修正も行わないこととした。これらの修正については漁船々型に関する資料が極めて乏しく、まだ明確な方針がきまつていないために、止むなく上記の措置を採つたものである。標本として用いた実験資料の多くは模型船に turbulence stimulator が用いられておらず、従つてその有無に関

する修正も行なわれないこととした。このため本算定式の特に低速領域の馬力算定値は最近の模型実験のそれに比べて若干低めに出る可能性が予想される。なお、標本として用いられたものの大多数は裸殻の試験結果である。

4. 算定式の内容

4.1 算定式

前述の措置を講じた水そう試験資料を標本とし、統計解析の理論に基づいて r_{300} に関する回帰方程式を電算機により求めた。以下にその算定式を示し、あわせて同式を用いるさいに必要な諸事項をまとめて記載する。

(1) r_{300} の回帰方程式

$$\begin{aligned}
 r_{300} = & a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 \\
 & + a_6 X_6 + a_7 X_7 + a_8 X_8 + a_9 X_9 + a_{10} X_{12} \\
 & + a_{11} X_{13} + a_{12} X_1^2 + a_{13} X_1^3 + a_{14} X_1^4 \\
 & + a_{15} X_2 X_1 + a_{16} X_2^2 + a_{17} X_2^3 + a_{18} X_3 X_1 \\
 & + a_{19} X_3 X_2 + a_{20} X_3^2 X_2 + a_{21} X_3^2 + a_{22} X_3^3 \\
 & + a_{23} X_4 X_1 + a_{24} X_4 X_1^2 + a_{25} X_4 X_2 \\
 & + a_{26} X_4 X_3 + a_{27} X_4^2 X_1 + a_{28} X_4^2 + a_{29} X_4^3 \\
 & + a_{30} X_5 X_1 + a_{31} X_5 X_2 + a_{32} X_5 X_3 \\
 & + a_{33} X_5 X_4 + a_{34} X_5^2 + a_{35} X_5^3 + a_{36} X_6 X_1 \\
 & + a_{37} X_6 X_1^2 + a_{38} X_6 X_1^3 + a_{39} X_6 X_2 \\
 & + a_{40} X_6 X_2^2 + a_{41} X_6 X_3 + a_{42} X_6 X_4 \\
 & + a_{43} X_6 X_5 + a_{44} X_6 X_5^2 + a_{45} X_6^2 X_1 \\
 & + a_{46} X_6^2 X_1^2 + a_{47} X_6^2 X_2 + a_{48} X_6^2 \\
 & + a_{49} X_6^3 X_1 + a_{50} X_6 X_1 + a_{51} X_6 X_1^2 \\
 & + a_{52} X_8 X_2 + a_{53} X_8 X_3 + a_{54} X_8 X_4 + a_{55} X_8 X_5 \\
 & + a_{56} X_8 X_9 + a_{57} X_8^2 + a_{58} X_9 X_1 + a_{59} X_9 X_2 \\
 & + a_{60} X_9 X_3 + a_{61} X_9 X_4 + a_{62} X_9 X_5 \\
 & + a_{63} X_{12} X_1 + a_{64} X_{12} X_2 + a_{65} X_{12} X_3 \\
 & + a_{66} X_{12} X_4 + a_{67} X_{12} X_5 + a_{68} X_{12} X_9 \\
 & + a_{69} X_{13} X_1 + a_{70} X_{13} X_2 + a_{71} X_{13} X_3 \\
 & + a_{72} X_{13} X_4 \dots \dots \dots (4.1)
 \end{aligned}$$

ただし、 $X_1 = (L/v^{1/3} - 4.80)/4.74$
 $X_2 = (B/T - 3.0)/6.85$
 $X_3 = (C_M - 0.77)/1.225$
 $X_4 = (C_P - 0.62)/0.366$
 $X_5 = (LCB + 2.0)/18.86$
 $X_6 = \left(\frac{1}{2}\alpha_s - 25.0\right)/56.0$
 $X_7 = \left(\frac{1}{2}\alpha_\gamma - 50.0\right)/131.6$
 $X_8 = (\alpha_{B5} - 23.0)/56.5$
 $X_9 = (t/L - 0.025)/0.248$
 $X_{12} = 1.0$ または 0.0 ,
 ただし、 $a > 0$ のとき、 $X_{12} = 1.0$
 $a = 0$ のとき、 $X_{12} = 0.0$

a : Box Keel の断面積

$$X_{13} = (a/A_{max} - 0.0075)/0.0828$$

a_0
 a_{72} : 回帰係数。各値は F_{np} ごとに異なり、

Table 1 に示される。

(2) EHP 算定式

r_{300} と F_{np} を用いて任意の排水量 A の実船の有効馬力 EHP を求めるには次式を用いればよい。

$$EHP = 20.9 \times r_s \times A^{7/6} \times F_{np}^3 \text{ (馬力)} \dots (4.2)$$

$$V_R = 6.06 \times A^{1/6} \times F_{np} \text{ (ノット)} \dots \dots \dots (4.3)$$

ただし、 $r_s = r_{300} + 0.075 \times \frac{S}{v^{2/3}} \times \{[\log_{10}(2.62 \times 10^4 \times F_{np} \times L \times A^{1/6})]^{-2} - [\log_{10}(45.38 \times 10^4 \times F_{np} \times L/A^{1/3})]^{-2}\} \dots \dots \dots (4.4)$

船の浸水面積 S が不明のときは、上式に近似式 $S = k_s \cdot k_B \cdot k_a \sqrt{v \cdot L}$ を代入した (4.5) 式を用いる。

$$\begin{aligned}
 r_s = & r_{300} + 0.210 \times (0.53 \times C_M + 0.52) \\
 & \times \left(\frac{L}{A^{1/3}}\right)^{1/2} \times \{[\log_{10}(2.62 \times 10^4 \times F_{np} \\
 & \times L \times A^{1/6})]^{-2} - [\log_{10}(45.38 \times 10^4 \\
 & \times F_{np} \times L/A^{1/3})]^{-2}\} \dots \dots \dots (4.5)
 \end{aligned}$$

(3) 記号の説明

- L (m) 船の喫水線長 (クルーザースターン部を含む)
- v (m/s) 船の排水容積 (Box Keel の容積も含む)
- B (m) 船の喫水線下の最大幅 (外板の厚さを含む)
- T (m) $L/2$ 位置の喫水 (外板の厚さを含み、Box Keel, Bar Keel 等を含まず)
- $C_M = (A_{max} - a)/(B \times T)$
- A_{max} (m²) 船体の喫水線下の最大横断面積 (Box Keel の断面積も含む)
- a (m²) Box Keel の断面積
- $C_P = (v - v_0)/(L \times B \times T \times C_M)$
- ただし、 v_0 : Box Keel の容積
- LCB (%) $= (\alpha B/L) \times 100$ (ただし、船首を正とする、 αB は $L/2$ よりの値)
- $\frac{1}{2}\alpha_s$ (度) 水線入射角の $1/2$ (ただし、船首端の round の部分を除き、 $L/20$ までの平均角を示す)
- $\frac{1}{2}\alpha_\gamma$ (度) L の後端から $L/20$ の位置における喫水線に平行な水線群の各切線の中、船体中心線とのなす角度の最大のもの (Fig. 1 参照)

α_{BS} (度) $B/4$ のパトックラインの喫水線に対する最大傾斜角 (ただし, 船尾端部を除く) (Fig 2 参照)

t/L キールラインの喫水線に対するトリム角の tangent. (船尾トリムを正とする)

r_{300} (4.1) 式で求めた値で, 排水量 300 t の船に換算した全抵抗係数 ((3.2),

(3.4) 式参照)

r_s 実船の全抵抗係数 (r_{300} より ITTC 1957 年の摩擦抵抗式を用いて実船の r に換算した値)

$\Delta(t)$ 実船の排水量

V_R (ノット) 実船の速力

V (m/s) 実船の速力

g (m/s²) 重力の加速度 ($g=9.80$)

F_{np} 排水容積ベースのフルード数 ($F_{np} = V/\sqrt{V^3/g}$)

S (m²) 実船の浸水面積

ただし, 近似式 $S = k_s \cdot k_\beta \cdot k_a \cdot \sqrt{\Delta \cdot L}$ の各 k の値は

$$k_s = 2.65$$

$$k_\beta = 0.53 \times C_M + 0.52 \text{ とする (文献 } \textcircled{2} \text{ 参照)}$$

$$k_a = 1.05$$

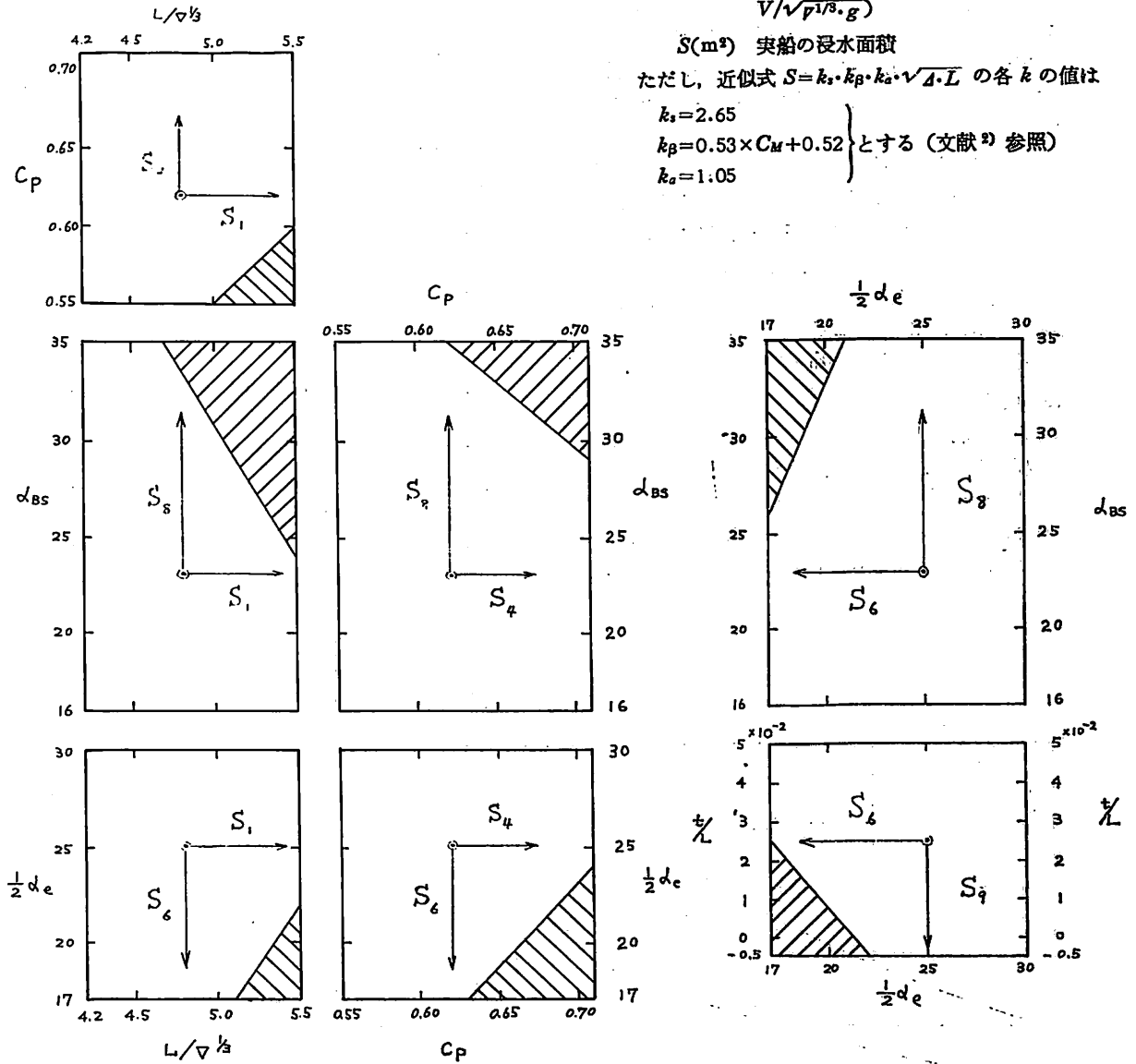


Fig. 3 算定式の使用可能範囲 (斜線部分を除く)

◎: 各船型要素の平均値を示す

矢印: 各船型要素の標準偏差の大きさを示す

4.2 算定式の適用範囲と精度

(1) 使用可能範囲

本算定式を使用できる漁船々型は、Table 2 および Fig. 3 に示される範囲内の船型要素に限られる。

また、同式を使用できる速力の範囲は

$$F_{nP} = 0.45 \sim 0.80$$

の間であり、それを排水量を横軸にして図示すると Fig. 4 となる。

(2) 算定誤差

本式作成時に標本として使用された各水そう試験結果に対する算定値の誤差率の標準偏差は F_{nP} が小さい程大となり、概ね 5~7% となつている。また誤差率の最大値は同様の傾向で概ね 10~13% となつている。

それらの結果から推定して、本算定式で求められる全抵抗係数 r_{300} の算出値は、水そう試験から求められる r_{300-T} の値に対して、概ね $\pm 10\%$ の誤差範囲内に収まるものと推定される。ただし、本式で求められる r_{300} の値は裸艇に対するものであるから、舵、推進器のボス、諸キール類等の付加物加わる場合には、それに相当する抵抗増加分だけ修正を要する。

4.3 使用上の注意

本算定式を利用するさいには、使用上の制約と重要な注意事項があつて、あらゆる漁船々型に利用できるものではなく、かつ、計算結果のとり扱いについても慎重な考慮を必要とする場合も生ずる。従つて、同式を利用するさいには、以下の諸事項を十分注意する必要がある。

(1) 船型要素の定義の確認

同式に用いられる船の長さ L は、前述の通り船の水線長さを厳密に採つており、また中央断面位置は幾何学的に $L/2$ を、 A_{max} は水線下の最大横断面積を意味する。その結果、 T 、 LCB 、 $C_M (\equiv A_{max}/B \times T)$ 、 C 、 t/L もすべてその定義に従がうので、特に注意を要する。

T は鋼船の場合は型喫水であるが、木船の場合は突出した Box Keel 部を除いた喫水とする。

(2) 船型要素の使用限界の確認

同式を用いる場合、その船型要素が Table 2 または Fig. 3 に示される使用可能範囲を一個でもはずれる場合には、 r_{300} の算定値に 10% を大きくこえる誤差が生ずるおそれがあるので、それらの船型の算出馬力のとり扱いには注意を要する。

Table 2 算定式の船型要素の使用可能範囲

4.2	\leq	$L/\nabla^{1/3}$	\leq	5.5
1.8	\leq	B/T	\leq	5.5
0.45	\leq	C_M	\leq	0.95
0.55	\leq	C_P	\leq	0.71
-5.0	\leq	$LCB(\%)$	\leq	1.5
17.0	\leq	$\frac{1}{2}\alpha_0(\text{deg})$	\leq	30.0
20.0	\leq	$\frac{1}{2}\alpha_r(\text{°})$	\leq	90.0
16.0	\leq	$\alpha_{BS}(\text{°})$	\leq	35.0
-0.005	\leq	t/L	\leq	0.05
0.0	\leq	a/A_{max}	\leq	0.04

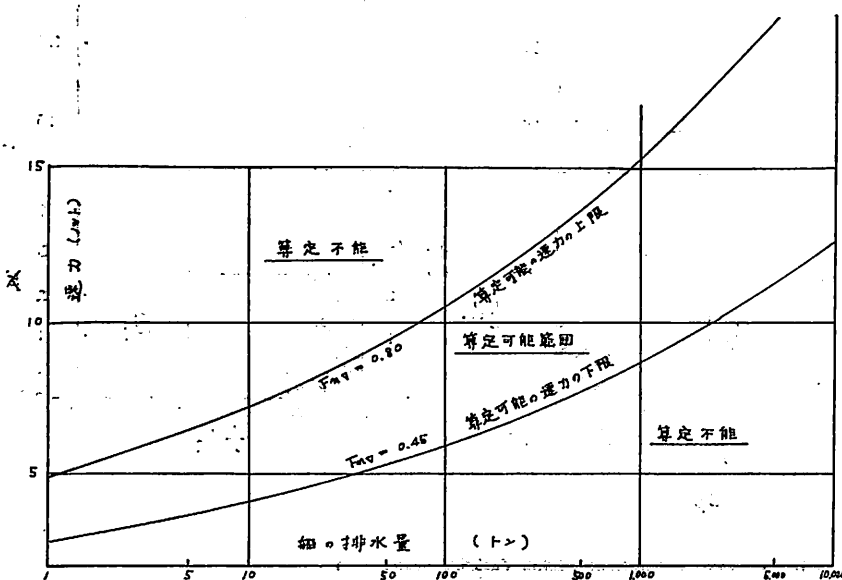


Fig. 4 算定式の使用可能な速力範囲

また、船尾のトランサムが水面下に深く入っている船型と、球状船首を持つ船型に対して、本式を用いることはできない。しかし、船首尾方向に全通のチェーンを持ち、かつ幅広い角型キール（いわゆる「しき」）を持つ和船型漁船、あるいは中央部のみ、または中央部から船尾にかけてのみチェーンを持つ和洋折衷型漁船等、上記の二者を除き通常日本で一般に用いられている漁船々型については、概ね本式を利用することが可能である。その他、船長が短かく、 C_M と C_P

の小さいヨーロッパ漁船々型に対しても、本式を利用することができる。

なお、船型要素が前節の Table 2 または Fig. 3 に示される使用可能範囲に入つていても、従来と全く異なる船型を持つ漁船については、本式の利用をさしひかえた方がよい。

(3) 水そう試験結果の利用

本式による有効馬力の算定値は、船の建造契約のさいに速力を保証するほど十分精度の高いものとは認め難いので、算定馬力のとり扱いは注意を要する。しかし、本式は類似船型間の相対的な比較をする場合には、比較的高い信頼性を置きうるものと思われるので、漁船の最適船型を選定するさいに本式を十分に活用し、さらに正確な有効馬力を求める必要がある場合には、従来通りの水そう試験により確認することが望ましい。もし、その方法を用いることが困難であつても、たまたま設計船型と類似した既成船型の水そう試験結果が手許にある場合には、その実験結果と同船の本式による計算値との差を参考にして設計船型の算定値を修正すれば、より精度の高い馬力推定が可能となる。

5. 算定式の一般的考察

(4.1) 式の右辺を詳細に分析すれば、在来の漁船々型の範囲内における諸船型要素の船体抵抗におよぼす影響の程度を概ね知ることができ、漁船の船型研究上興味ある手掛りが得られる可能性がある。

現在までに検討した範囲では、各船型要素の影響は極めて複雑でかつ相互に干渉しあい、それらの影響の正負と大小を概括的に表現することは仲々困難であるが、強いて巨視的な傾向を見ると次のようなことが挙げられる。

(a) F_{np} の変化に伴なつて、 r_{300} に対する船型要素の影響の様子が大幅に変化する。

(b) 船型要素の中、 $L/p^{1/3}$ がもつとも大きい影響を持ち、それに次いで影響の大きい船型要素を列挙すると $\frac{1}{2}\alpha_s$, LCB , C_P , α_{BS} 等が挙げられる。なお、 C_M は船体抵抗の増減に大きい影響がないとされていたが、今回の解析ではある程度影響があることが示されている。

(c) t/L , $\frac{1}{2}\alpha_r$ の二者は影響が小さいことが示されているが、前者については LCB にその影響が代表されたものと見られ、後者については $\frac{1}{2}\alpha_r$ が漁船の EHP を説明する船型要素としてはあまり適切な定義ではなかつたことを物語っているといえよ

う。

(d) a/A_{max} の項があるのかかわらず、それとは別に Box Keel の有無の項が r_{300} の値に大きく影響をおよぼしていることが示され、一見奇異に感じられるが、このような結果が出た原因を考えると、標本として用いた機型船の実態から推定して、Box Keel を持つ船はすべて木船であつたため、木船の舵柱付近の木製の厚い Skeg 部分の後端に発生する渦抵抗の影響が、この項に形をかえて現われたものと解釈するのが妥当ではないと思われる。

(e) 本式では C_P の影響が従来の常識に比べて意外に小さいように見られるが、その理由は本式にあつては、 C_P の影響が $L/p^{1/3}$ と C_M の両者に分割吸収されているためと考えられる。

(f) 各船型要素が抵抗の増減の何れに作用しているかを見ると、概括的には $L/p^{1/3}$ が大きい程また $\frac{1}{2}\alpha_s$ が小さい程船体抵抗が小さくなる傾向がかなり明瞭に出ているものと見られる。逆に Box Keel の存在は抵抗増加を招くことが明らかである。しかし、その他の船型要素は正負の符号が明確でなく、従つてその値の増減は種々の速力や船型要素と関連して船体抵抗の増減のいずれに作用することになるかは一概には言い難い。

以上を総合すると、(4.1) 式を検討した限りにおいては、在来からあつた船型学に関する一般通念をくつがえすものは出ていないが、しつて注目すべきことを挙げる とすれば、船体の抵抗値はいくつかの船型要素の複雑な相互干渉によつて大きく影響されるものであり、従つてたつた一個の船型要素の変化のみで船体抵抗の増減を論ずることは往々にして最良船型の存在を見落すおそれがあるということであろう。(4.1) 式は多元多次の式であり、数学的な処理だけでその全容を理解することは非常に困難と思われるので、同式を今後の漁船の設計や船型研究面に利用する場合には、その目的とする船型の近傍において多数の船型要素を組み合わせた船型を系統的に仮定し、それらの船型の r_{300} を (4.1) 式で直接算出して相互比較する方法が、案牘ではあるが最良船型を求めるのにもつとも確実な方法と思われる。

6. 算定値と実験値との比較例

本式の信頼性を確かめるため、本式で算出した既存の漁船々型の常用状態における有効馬力曲線と、それぞれの水そう試験からえられた有効馬力曲線との比較を試み Fig. 5 および 6 がえられた。

同図の例で明らかな通り、本式の算定精度は、日本と

+ : EHP from TEST
 ○ : EHP from CAL.

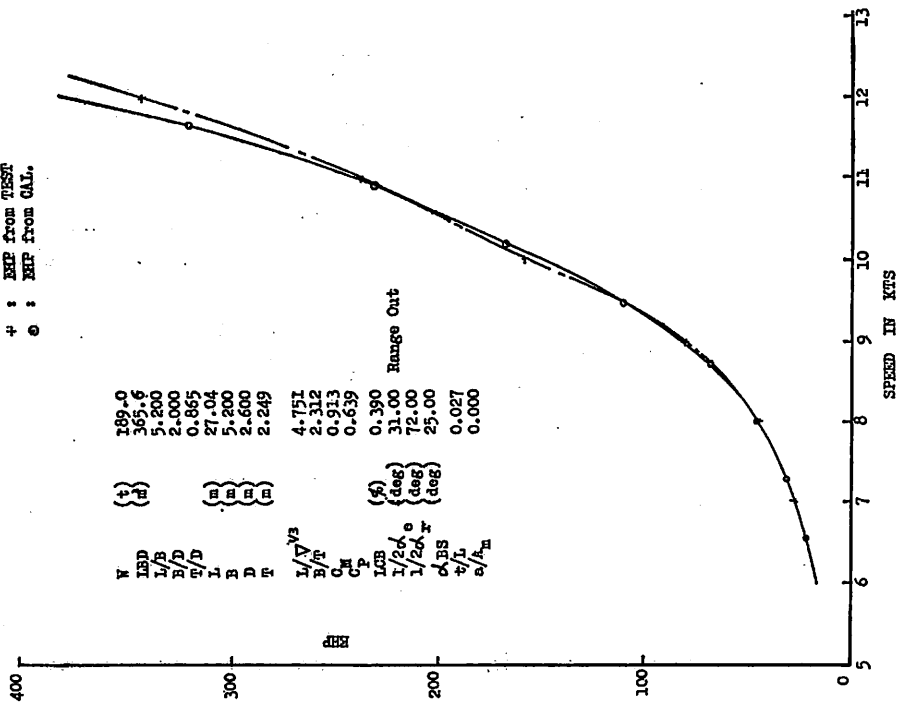


Fig. 5 90トン型以西底びき網漁船

+ : EHP from TEST
 ○ : EHP from CAL.

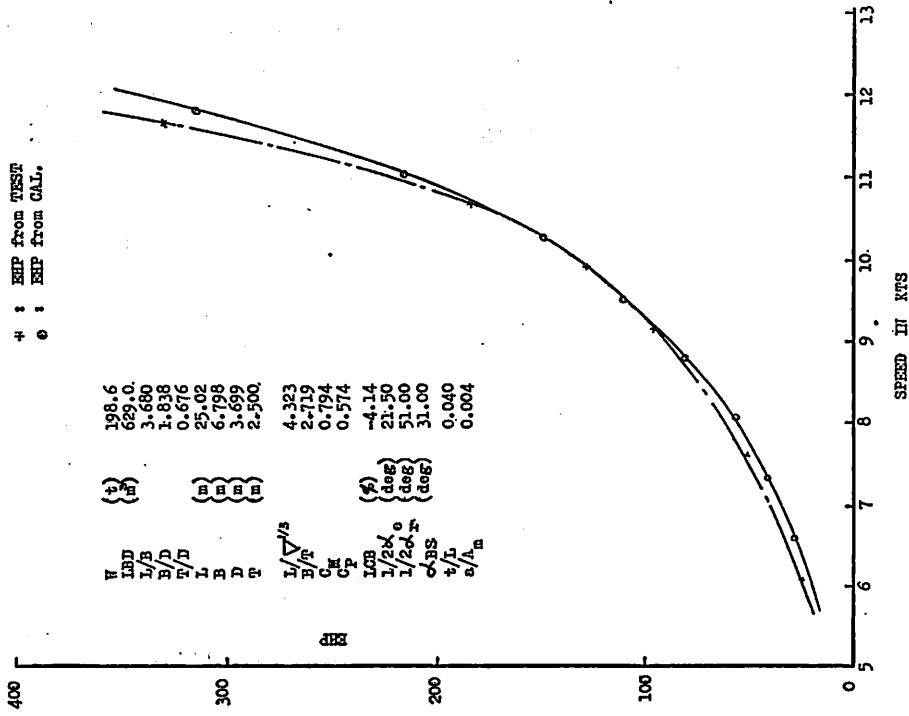


Fig. 6 約130トンのヨノロッパ型木造トロール漁船

ヨーロッパのいずれの漁船々型に対しても概ね良好とみなされるので、漁船の基本設計時のように、相対的な船型の良否の判定をする場合には十分利用可能であろうと思われる。しかし、実船の所要推進馬力を正確に求める必要がある場合に、本式の結果のみを用いるには、まだ若干の危ぐが持たれるような比較資料もでているので注意を要する。

7. 算定式の利用と今後の問題点

7.1 漁船の設計時の馬力算定

漁船の設計時に、予定船速をうるための主機関の所要馬力を推定することは初期設計時の重要検討事項の一つであるが、本式の完成により、その計算に必要な船体の主要目と船型要素さえあたえられれば、船体線図がなくてもその有効馬力を実用上あまり支障のない精度で、かつ比較的簡単な計算で求めることができることとなった。従つて、それらの計算に電子計算機を利用すれば、設計初期の段階でも様々な形状の多数の候補船型の任意の速力に対する有効馬力を容易に算出することが可能となり、漁船の合理化と性能の向上に寄与することとなる。

7.2 漁船の船型研究への利用

漁船は一般に復原性能、操業時の諸作業の能率化等のため、いろいろと船型上の制約を受けることが多く、それらが船型の多様化とそれに伴う抵抗性能の低下を招く結果となつている。従つて、本式がそれらの制約下で抵抗性能のもつとも良い船型を広範囲に探求する手段として効果的に用いられれば、各種漁船のそれぞれの使用目的に沿う最適船型が概ねどのようなものとなるかを推定するめやすが得られ、今後の漁船々型の研究に関する計画の立案、製作する模型の船型の選定等、漁船々型の研究の能率化に役立つものと思われる。

7.3 高収益漁船の開発

漁船研究の究極の目的は、船の安全性の許される範囲内で広義の収益性をもつとも高い漁船を見いだすことにあり、漁船の抵抗性能研究もその研究目的の一手段にすぎない。

しかし、収益性上の最適船型（船規模も含む）を追求するための研究を系統的に進めようとする場合、多量の燃料油を必要とする遠洋漁船、あるいは船体の大きさの割合に高速力を必要とする沿岸漁船等においては、所要推進馬力の大小がそれらの収益性に大きい影響をおよぼすことは明らかであり、従つて所要推進馬力を考慮に入れた判断方式を作らなくては上記のような高収益漁船の系統的開発研究は価値の低いものとなる。

従つて、上述の長期展望を持つ漁船の系統的の研究の中において、本式は既成の復原性能に関する理論的解析法（文献 9）と共に現在のところ必要不可欠ともいえる存在であつて、本式の完成はこの方面への研究に大幅な進展を約束するものである。

7.4 算定式の再検討

本算定式はわが国の 20~1,000 総トン程度までの漁船の船型改良に対しては、広範囲に利用できると思われるが、最近の FRP 製沿岸小型漁船のように、そのフルード数が極めて高い ($F_{np}=0.8\sim 2.0$) 漁船に対しては、本式の速力範囲はおよばない。また、現在の漁船の中の相当数は $C_F > 0.71$ の肥大船型であり、本式の使用可能範囲を外れているのでその適用は許されない。トランスラムスターンおよび球状船首船型に対しても本式の使用が許されないのは前述の通りである。

以上のように、抵抗試験の統計解析はまだ研究の緒にすぎたばかりであり、今後は造波抵抗理論をはじめ諸経験からえられた考え方を船型要素等に盛り込むことにより、一層精度の高い、実用的な算定式の作成が期待される。

7.5 高速漁船々型に対する算定式の開発

FRP 漁船の普及に伴つて、前述のとおり、高速沿岸小型漁船が続々と出現し、目下それらの最適船型の開発研究が急がれている。それらに適用できる高速船型用の馬力算定式の作成が当面の緊急研究課題といえよう。しかし、その解析に要する標本を多数揃えるためには、高速試験水そうにおいて多くの船型試験を実施することが不可欠となる。それに要する経費と時間とは莫大なものとなるが、数十万隻にのぼるわが国の小型沿岸漁船の船型改良に伴う石油の節約と、それに伴う漁業経営の改善に比べれば、とるに足らない微々たるものである。

謝 辞

本式作成にさいし、種々ご指導、ご協力をいただいた東京大学船舶工学科乾崇夫教授、FAO 藤波徳雄氏、水産庁漁船研究室前室長横山信立博士、および同主任研究官小林務氏はじめ関係者各位に紙上より深甚の謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 乾 崇夫, 造波抵抗曲線の形状とその表現, 「船舶」昭和 28 年 1 月号。
- 2) 高木 淳, 乾 崇夫, 中村 彰一, 漁船の有効馬力推定用図表, 水産庁, 1950。

- 3) 横山信立, 小林 務, 北欧型木造トロール漁船の船型試験, 漁船研究技報第12号, 1958.
- 4) 横山信立, 小林 務, 木造小型トロール漁船の船型試験(その2), 漁船研究技報第13号, 1959.
- 5) 横山信立, 小林 務, 木造小型トロール漁船の船型試験(その3), 漁船研究技報, 第18巻第3号, 1964.
- 6) 横山信立, ウェイブレス船型理論による漁船々型の改善に関する研究, 漁船研究報告第5号, 1961.
- 7) 土屋 孟, 船体抵抗の統計解析(解説), 造船協会会誌第447号, 1966.
- 8) 土屋 孟, 漁船々型の抵抗算定式について(解説), 日本造船学会誌第494号, 1970.
- 9) 土屋 孟, 漁船の復原性能の理論的解析法について, 漁船研究技報第25巻(通巻57号), 1971.
- 10) 土屋 孟, 漁船々型の有効馬力に関する統計解析, 日本造船学会論文集第132号, 1972.
- 11) Telfer, E.V. Miscellaneous Notes. International Conference superintendents. The Hague, 1933, p. 133.
- 12) Traung, J.O. Fishing Boat Tank Tests-Parts 1 and 2. 1955. 1959.
- 13) Doust, D.J. and Obrien, T.P. Resistance and Prspulsion of Trawlers. N.E.C Inst., 1959.
- 14) Doust, D.J. Statistical Analysis of Resistance Data for Trawlers., Fishing Boat of the World 2., 1959. p. 370.
- 15) Doust, D.J. Ship Design and Power Estimating Using Statical Methods. Norwegian Ship Model Experiment Tank Pubication No. 70, 1962.
- 16) Lackenby, H. On the Presentation of Ship Resistance Data. TINA. 1954.
- 17) Doust, D.J. Optimised Trawler Forms. N.E.C. Inst. 79, 1962. p. 95, also Ship Division Report No. 37, 1962.
- 18) Tsuchiya, T. Report on the Statistical Analysis of F.A.O. Fishing Boat Tank Tests F.A.O. Report, 11. 5. 1964.
- 19) Doust, D.J., Hayes, J.G. and Tsuchiya, T. A. Statistical Analysis of F.A.O. Resistance Data for Fishing Craft. Third F.A.O. Technical Meeting on Fishing Boats, Goteborg, Poper 2/3. 1965.
- 20) Traung, J.O., Doust, D.J., Hayes, J.G. New Possibilities for Improvement in the Design of Fishing Vessels. Third FAO Technical Meeting on Fishing Boats, Goteborg. Paper 2/4.
- 21) Doust, D.J. Fishing Vessel Design and Some Related Technical and Economic Factors, N.P.L. Ship Division No. 69, 1965.
- 22) Doust, D.J. The Relative Importance of Trawler Design in the Economics of Fishery Operations. N.P.L. Ship Division No. 57, 1965.
- 23) Doust, D.J. Trawler Design Factors and the Decision to Build. N.P.L. Ship Division, Ship T.M. 118, 1966.
- 24) Hayes, J.G. and Engvall, L.O. Computer-aided Studies of Fishing Boat Hull Resistance. FAO Fisheries Technical Paper No. 87, December 1969.
- 25) Oortmerssen, G. A Power Prediction Method and its Application to Small Ships. ISP, Vol. 18 Nov. 1971.

海技入門選書

東京商船大学名誉教授 鮫島直人 著
電波航法入門

A5版 200頁 ¥800 (〒110)

目次

- 第1章 序 説—1. 電波航法の種類, 2. プラウン管 3. 電波の伝播 4. 双曲線 5. 船位の誤差
- 第2章 無線方向探知機—1. 方位測定の原理 2. センス決定法 3. ベリユートン式ラジオメータ 4. 自動方向探知機 5. 方向探知機の誤差 6. 航法 7. 無線方位信号所の種類
- 第3章 ロラーン方式—1. ロラーンの原理 2. 時間差の測定 3. ロラーン受信器の操作部 4. 地表波と空間波 5. ロラーン=チャートおよびロラーン=テーブル 6. ロラーンの精度
- 第4章 デッカ=ナビゲータ方式—1. デッカ=ナビゲータの原理 2. デコモータ(指示器) 3. 受信装置 4. レーン検正器 5. 起動および調整 6. デッカ=チャート 7. 誤差
- 第5章 コンソル方式—1. コンソルの原理 2. コンソル方位の測定法 3. コンソル=チャートとビーコン局 4. 有効距離と精度
- 第6章 レーダ—1. レーダの原理 2. レーダの作動概要 3. レーダ各部の機構 4. レーダの取扱法 5. レーダの性能 6. 物標の種類によるエコーの強さと探知距離 7. 映像の妨害現象と偽像 8. レーダ航路標識とレーダ=チャート 9. レーダ航法 10. レーダ=プロットイング 11. 今後のレーダ

2軸肥大船の主要目が推進性能に およぼす影響について (続)

横 尾 幸 一
川 上 善 郎
船 舶 技 術 研 究 所

1. 緒 言

三鷹第2船舶試験水槽(400m水槽)の設立が計画され完成した頃より、大型肥大船は次第に大型化・高馬力化しており、そのうちには1軸だけでは馬力を吸収できなくなることが予想された。この趨勢に対応して2軸肥大船の研究が行なわれ、まず、当時標準と考えられた主要目をもつ2軸肥大タンカーについて原型が決められてから、尺度影響に関する研究や主要目変化(L/BおよびB/d)に関する試験が実施され、その結果を“船舶”第45巻1号に報告した。これにひきつづいて各主要目(C_Bおよびl_{CB})の推進性能におよぼす影響を調べる試験を行なった。この試験は、石川島播磨重工、川崎重工、佐世保重工、住友重機械、日本鋼管、日立造船、三井造船の共同受託によるものであり、試験の計画および結果の検討は主にLITAC(ライナーとタンカーの船型研究委員会)で行なわれた。なお、対象実船の長さはL_{PP}=360mと想定した。

2. C_B および L/B の推進性能におよぼす影響

2-1 模型船および模型プロペラ

前回の報告においては、C_B=0.846の船型について

原型 M.S. 0101 (L/B=5.75, B/d=2.46) をもとに長さ、C_B, C_M および B/d をおさえ、それぞれの喫水において原型の水線オフセットを各船型の幅に比例させて変化することによりシリーズ船型を作成し試験した。(M.S. 0099, 0100, 0101, 0127, 0102)

C_B=0.86 および 0.82 の船型について、それぞれ L/B シリーズ (L/B=5.5, 6.0 および 6.5) を計画したが、線図の作成は次のようにした。

標準船型を前回報告中の M.S. 0054 (C_B=0.847, L/B=5.75, B/d=3.06) とし、バルブ部と船尾部を除いた主船体に対し(1-C_F)法を用いて C_B=0.86 および 0.82 に対する横断面積曲線を求めて作成した。

バルブは、今までに行なわれた試験結果を参考にして求め、船首プロフィールも M.S. 0054 のプロフィールを修正してきた。

ボッシング直径や舵の断面形状等は M.S. 0054 と同一とした。

プロペラ位置は、M.S. 0054 を基準として、幅、高さ両方向とも L/B の比に対応して変化させた。

以上全11隻の模型船の主要目等を表-1に示す。各 C_B 船型を代表して L/B=6.0 の模型船 (M.S. 0101,

表1 模型船の主要目 (C_B および L/B の影響)

L _{PP} (m)	9.000										
L _{DWL} (m)	9.180										
B (m)	1.6364	1.5000	1.3762	1.6304	1.5652	1.5025	1.4348	1.3910	1.6364	1.5000	1.3762
M.S. NO.	0122	0123	0124	0099	0100	0101	0127	0102	0145	0146	0147
d (m)	0.6652	0.6098	0.5594	0.6628	0.6363	0.6108	0.5833	0.5654	0.6652	0.6098	0.5594
TRIM (m)	0.0										
▽ (m ³)	8.4984	7.1407	6.0103	8.2345	7.5898	6.9940	6.3784	5.9945	8.0247	6.7448	5.6787
S (m ²)	23.9858	21.9868	20.1661	23.7572	22.8079	21.8915	20.8224	20.2723	23.2820	21.3880	19.6412
C _B	0.866										
C _P	0.872										
C _M	0.994										
l _{CB} (% of L _{PP})	-2.82										
B/d	2.460										
L _{PP} /B	5.50	6.00	6.54	5.52	5.75	5.99	6.27	6.47	5.50	6.00	6.54
▽/L _{PP} ³ × 10 ³	11.658	9.795	8.245	11.296	10.411	9.594	8.750	8.223	11.008	9.252	7.790
d (m)	0.3807	0.3494	0.3204	0.3806	0.3654	0.3509	0.3352	0.3249	0.3659	0.3354	0.3076
TRIM (m)	0.0900										
▽ (m ³)	4.6768	3.9309	3.3078	4.5339	4.1792	3.8513	3.5125	3.3013	4.1915	3.5229	2.9643
S (m ²)	18.5865	17.0424	15.6426	18.3968	17.6639	16.9565	16.1450	15.7084	17.6342	16.2070	14.8951
C _B	0.834										
C _P	0.842										
C _M	0.990										
B/d	4.296										
▽/L _{PP} ³ × 10 ³	6.415	5.392	4.537	6.219	5.733	5.283	4.818	4.529	5.750	4.832	4.066
AREA (% of A _M)	15.7										
BULB LENGTH (% of L _{PP})	2.47										
IMMERSION (% of d _{FULL})	66.2										
	66.0										

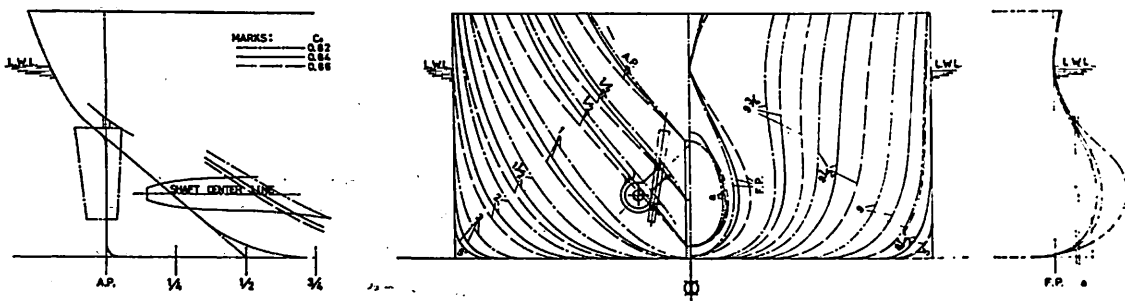


図1 正面線図および船首尾形状 (C_B および L/B の影響)

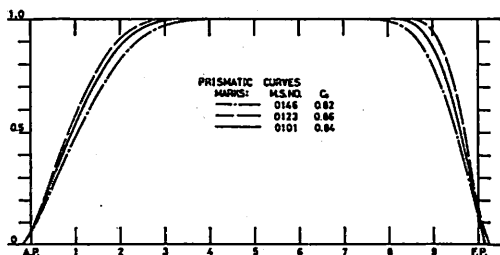


図2 横断面積曲線 (C_B および L/B の影響)

表2 模型プロペラの要目

M. P. NO.	0015 ^R
DIAMETER (m)	0.1893
BOSS RATIO	0.170
H/D (CONSTANT)	0.804
E. A. R.	0.443
B. T. R.	0.053
ANGLE OF RAKE	0°
NO. OF BLADES	5
BLADE SECTION	M.A.U.

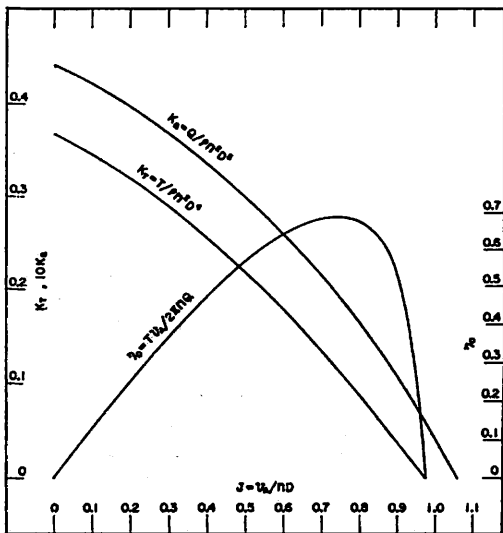


図3 模型プロペラの単独性能

0123, 0146) の正面線図および船首尾形状を重ねて図-1に、横断面積曲線を図-2に示す。すべての実験を通して使用された模型プロペラは M.S. 0054 に対して設計・製作されたもので、その要目を表-2に、単独性能を図-3に示す。

2-2 試験状態

満載 (トリム 0), バラスト (55% ΔF , 1% 船尾トリ

ム) の2状態において、抵抗および自航試験を行なった。摩擦抵抗の計算にはシェーンヘルを使い、実船に対する粗度修正量 ΔC_F としては -0.0003 を採用した。乱流発生装置として高さ約 1 mm の梯形スタッドを約 10 mm 間隔に S.S. 9½ 位置に一列に植えたほか、バルブに対してもバルブ中心より前方へ船体中心線に対し 60° の位置に鉢巻き状に植えた。

2-3 試験結果

計測された全抵抗値よりシェーンヘルで計算した摩擦抵抗を差し引いて求めた剰余抵抗係数 r_R と、自航試験結果より計算された自航要素すなわち伴流係数 w_T , 推力減少率 t , および推進器効率比 η_R を、 C_B ごとにとりまて L/B を横軸にし 2, 3 のフルード数をパラメーターにして図-4に示す。

r_R は、満載状態では C_B の値の如何にかかわらず L/B の増加とともに減少するが、バラスト状態では C_B の値により傾向が異なり、 $C_B=0.818$ および 0.847 の船では L/B の減少によつて r_R の値はほとんど変化しないが、 $C_B=0.866$ の船では満載状態と同じように L/B の増加にしたがつて僅かに減少している。

自航要素では、 $1-w_T$ は大体 C_B の増加および L/B の減少にともなつて減少しており、かつ満載にくらべてバラスト状態の方が低い値を示す。 $1-t$ は C_B の

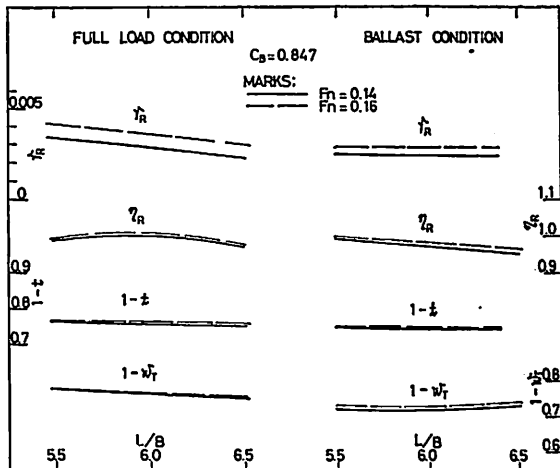


図 4 a r_R と自航要素に及ぼす L/B の影響 ($C_B = 0.84$)

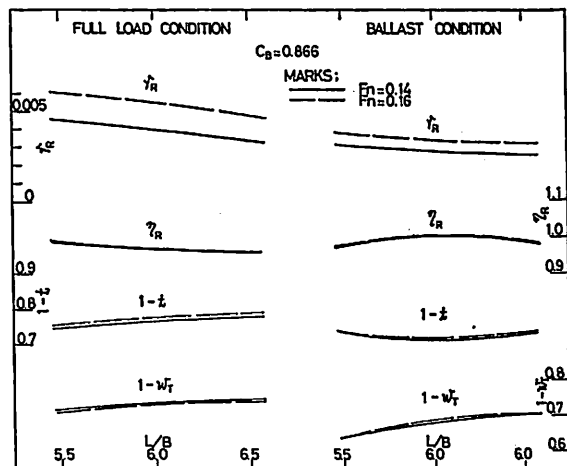


図 4 b r_R と自航要素に及ぼす L/B の影響 ($C_B = 0.86$)

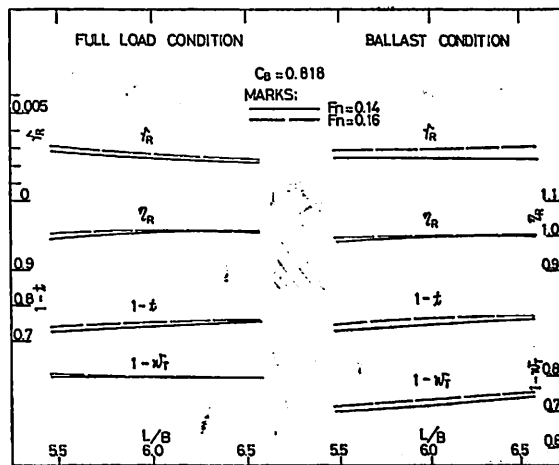


図 4 c r_R と自航要素に及ぼす L/B の影響 ($C_B = 0.82$)

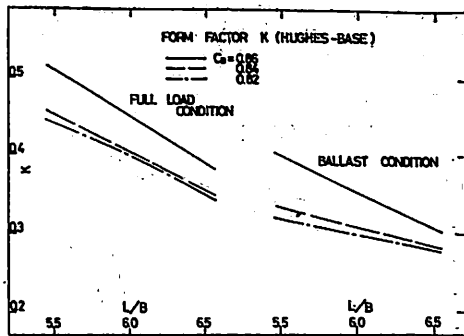


図 5 C_B および L/B の K に及ぼす影響

値によつては大きく変わらないが、一般的にみて L/B の減少にしたがつて低くなる傾向を示す。そして η_R は C_B や L/B の変化によつてはあまり変わらず値としては 1 近辺である。

低速抵抗より求めた形状係数 K の値 (Hughes ベース) を L/B を横軸として図-5 に示す。 K の値は L/B の減少または C_B の増加とともに増加している。

上記の K を考慮に入れ、 $4C_F = 0.0002$ として計算した馬力等曲線を C_B ごとにまとめて図-6 に示す。 DHP の算定に当つては、自航要素は一応模型試験結果の値そのままを採用しており、尺度影響は考慮に入れてない。

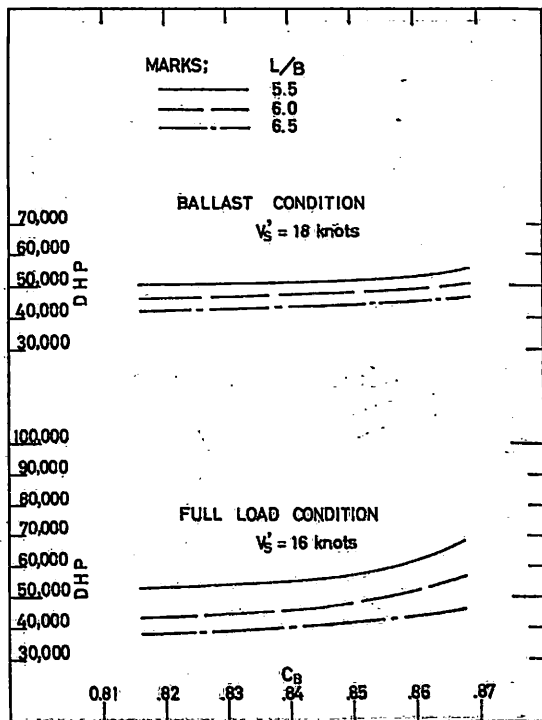


図-7 L/B および C_B の DHP に及ぼす影響

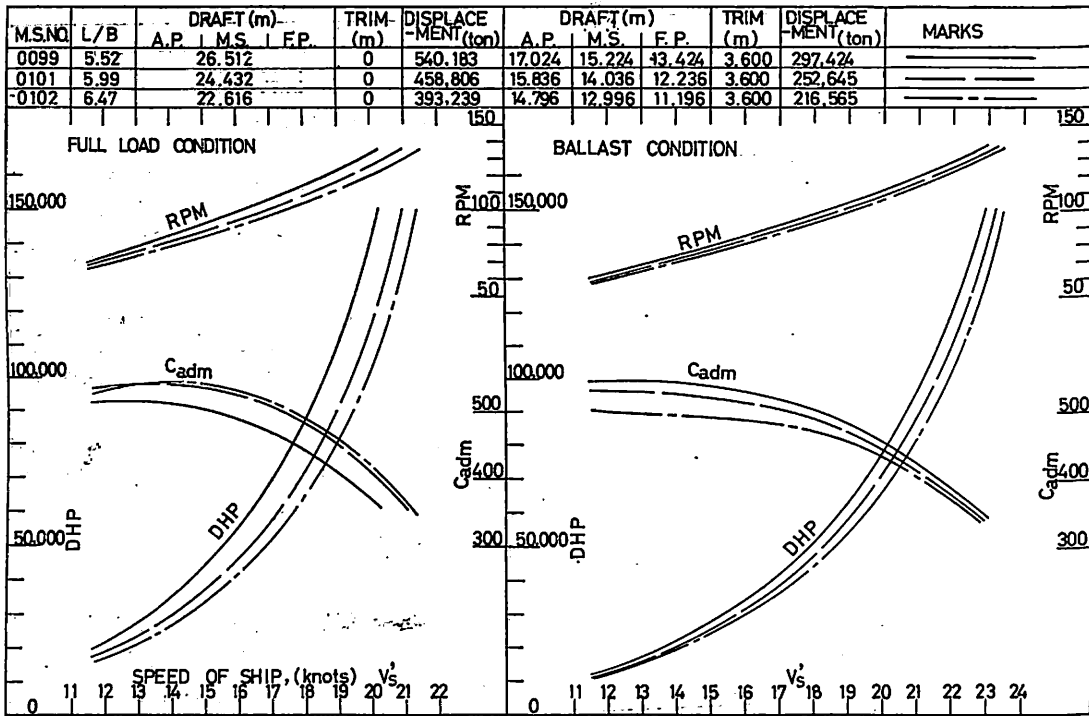


図6a 馬力等曲線 ($C_B=0.84$)

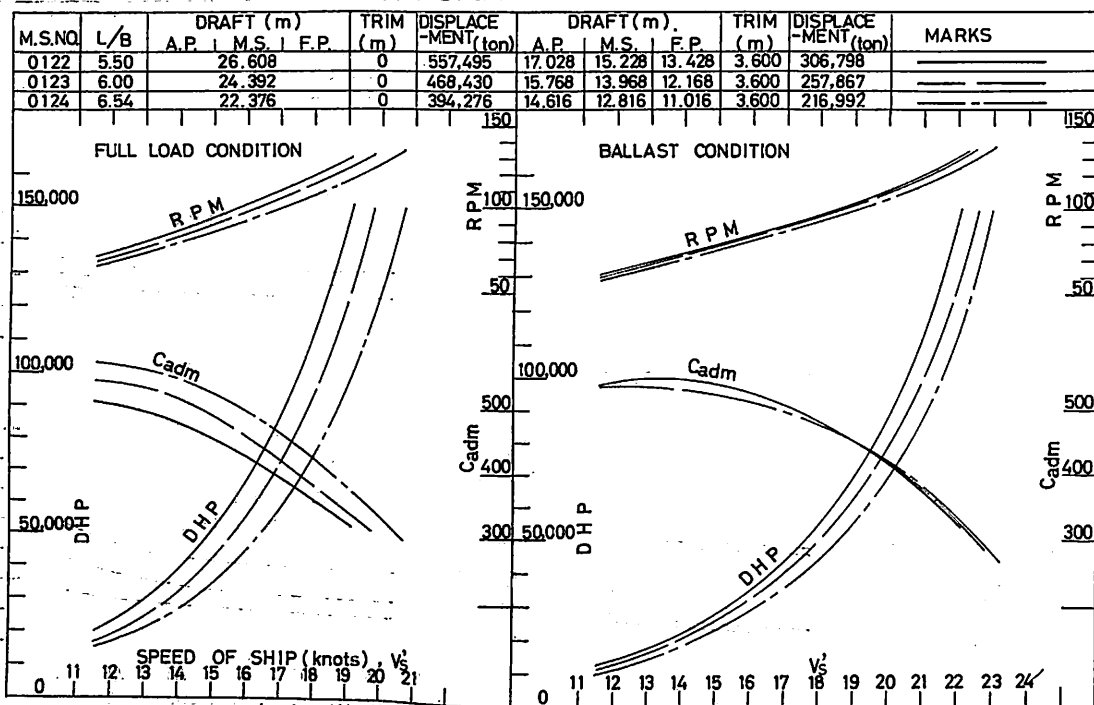


図6b 馬力等曲線 ($C_B=0.86$)

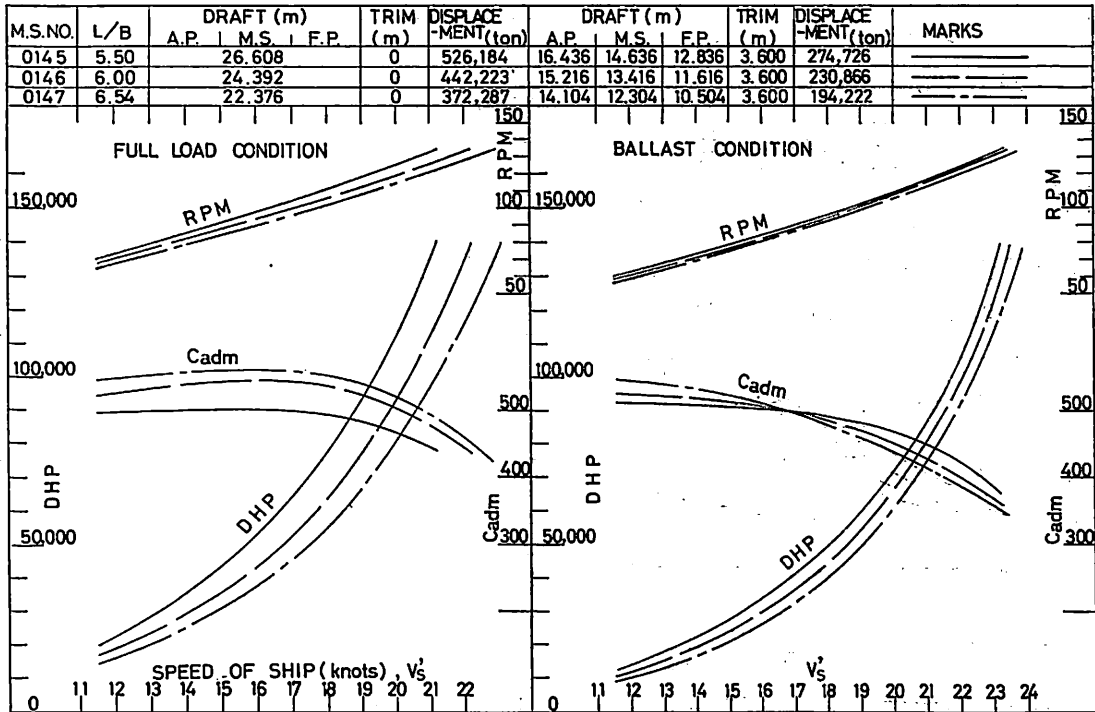


図6c 馬力等曲線 ($C_B=0.82$)

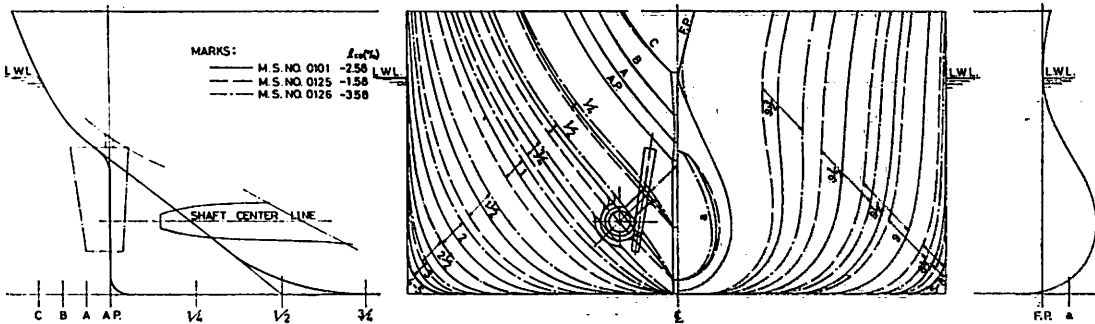


図8 正面線図および船首尾形状 (l_{CB} の影響)

表3 模型船の主要目 (l_{CB} の影響)

CONDITION	FULL LOAD			BALLAST		
M.S. NO.	0101	0125	0126	0101	0125	0126
B (m)	1.5025					
d (m)	0.6108			0.3509		
TRIM (% OF L_{PP})	0			1.0		
V (m^3)	6.9940	6.9929	7.0024	3.8513	3.8537	3.8251
S (m^2)	21.8915	21.7774	21.8466	16.9565	16.8674	16.9184
C_B	0.847	0.846	0.846	0.812	0.815	0.809
C_F	0.851	0.851	0.851	0.820	0.824	0.817
C_M	0.9945	0.9942	0.9942	0.9905	0.9899	0.9899
l_{CB} (% OF L_{PP})	-2.58	-1.58	-3.58			
B/d	2.460			4.284		
L_{PP}/B	5.990					
$V/L_{PP}^3 \times 10^3$	9.594	9.592	9.605	5.283	5.286	5.247
AREA (% OF A_M)	12.7					
BULB LENGTH (% OF L_{PP})	1.6					
IMMERSION (% OF d_{PL})	68.0					

また、満載状態では 16 kts, バラスト状態で 18 kts における DHP の、 C_B ベースのクロスカーブを図-7 に示す。これを見ると C_B の増加による DHP の変化する割合は、低・中速で $C_B=0.82$ と 0.84 の間では僅かであるが、 $C_B=0.86$ になると目立って増加している。また、排水量の差を考えると当然であるが、 C_B の増加によるよりも L/B の減少による馬力の増加の方が著しい。

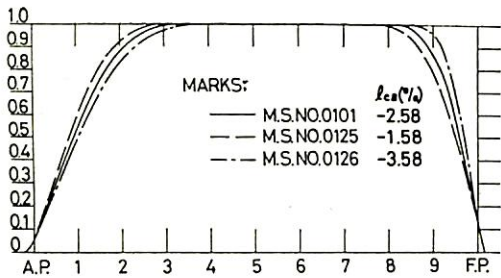


図9 横断面積曲線 (l_{CB} の影響)

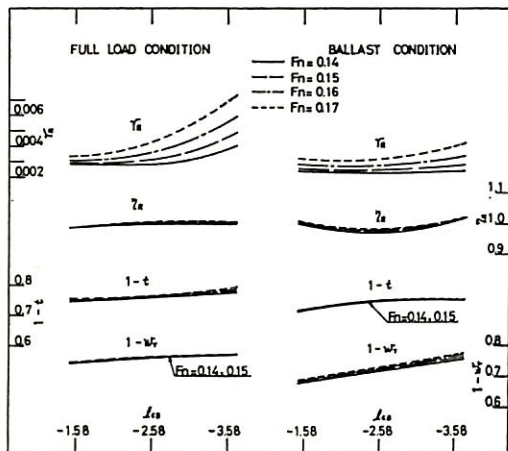


図10 r_R と自航要素に及ぼす l_{CB} の影響

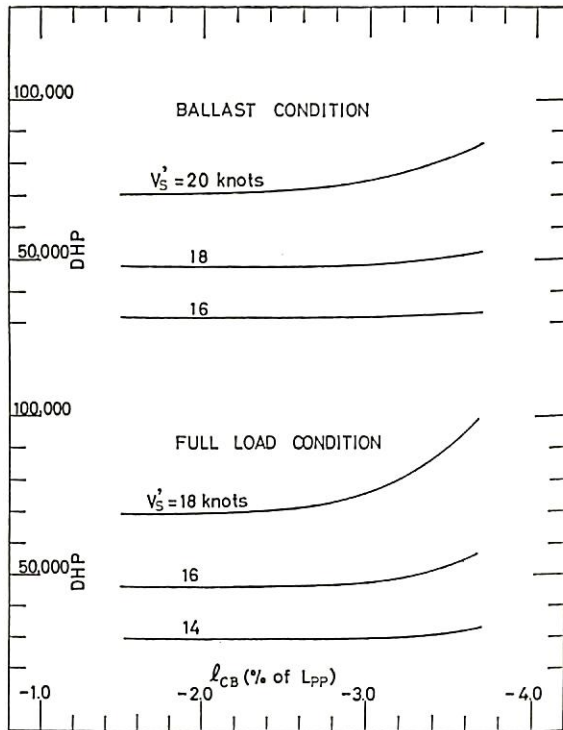


図12 l_{CB} の DHP に及ぼす影響

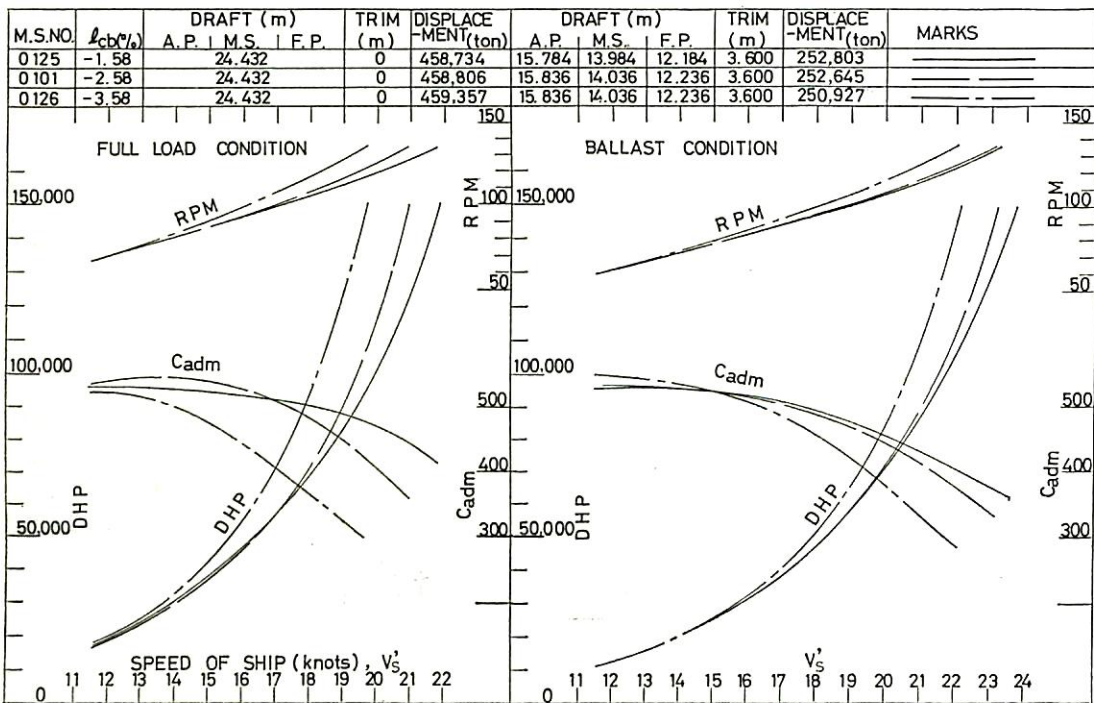


図11 馬力等曲線 (l_{CB} の影響)

3. l_{CB} の推進性能におよぼす影響

3-1 模型船および模型プロペラ

肥大船では推進性能に大きな影響を及ぼすと予想される浮心の縦位置 l_{CB} を変化させたシリーズで、原型は C_B および L/B シリーズ中の1隻、M.S. 0101 ($L/B=5.99$, $B/d=2.46$, $C_B=0.847$, $l_{CB}=-2.58\%$) とし、 $l_{CB}=-1.58\%$ および -3.58% の2船型を作成して試験した。

模型船の船型計画は以下のようにした：

- (1) 原型の横截面積曲線を 1-C_P 法で変形した。
- (2) フレームライン形状は同一となるようにした。
- (3) バルブについては、F.P. における断面およびプロフィールを同一とした。
- (4) 船尾のプロフィールは同一とした。
- (5) ボッソングおよび舵の断面形状は同一とした。
- (6) プロペラ位置は同じとした。したがって、船体とのクリアランスは船により多少異なる。

このようにして求められた模型船の主要目を表-3に、正面線図および船首尾部形状を図-8に、横截面積曲線を図-9に示す。

模型プロペラは、前同様 M.P. 0015 を使用した。

3-2 試験状態等

2-2 と全く同じである。

3-3 試験結果

剰余抵抗係数 r_R および自航要素を、2, 3のフルード数をパラメータにし、 l_{CB} を横軸にとつた形で図-10に

示す。

これによると、各状態とも l_{CB} が前になると、高速で r_R が急激に増加しているが、これは横截面積曲線で船体前半部が極端に肥大してくるためと考えられる。自航要素については、1-WT, 1-t, η_R とも l_{CB} が前に移るにしたがつて少し大きくなる傾向がみられる。

前と同様にして求めた馬力等曲線を図-11に、2, 3の速度における馬力の、 l_{CB} を横軸にしたクロスカーブを図-12に示す。

以上の結果からは、ベストの l_{CB} の位置は求められず、 l_{CB} 位置を後方へ移すほど良くなっていた。実際問題としては種々の制約上、 l_{CB} の値はある程度きまるものと思われるが、その範囲内でできるだけ l_{CB} の位置を後方にもつてゆく方がよいのであろう。

4. 結 言

船舶技術研究所で続けられてきた2軸肥大タンカーの一連の試験のうち主として主要目変化の推進性能におよぼす影響について報告した。

やがて70万~100万トン型の超大型タンカーの開発問題が進むであろうが、これまでに得られた結果だけでは、2軸巨大船の推進性能に関して未解決の部分が残されてはいるが、新しい問題に対処する一段階として活用される面も少なからずあるものと思われる。

最後に、この研究の遂行に絶大な御協力をいただいたLITAC各委員の方々その他関係各位に深く感謝の意を表する。

半没水式ドリリング・プラットフォームの技術導入 (三井造船)

三井造船では、このほどノールウェーのアーカス社との間に、同社開発の AKAR-H3 型半没水式ドリリング・プラットフォームの建造に関し技術提携を行なった。

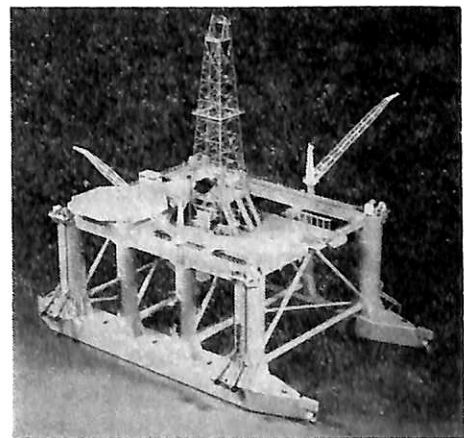
本プラットフォームの特長は、ひどい海象、気象条件のもとでも操縦できること、推進装置をもつていること、多量の機材を積めること、等である。

主 要 目

全	長	108.2 m
全	幅	67.4 m
上	甲 板 長	69.2 m
上	甲 板 幅	61.0 m
甲板下面までの高さ		36.6 m
スタビリティコラム直径		7.9 m
ポンツーン高さ		6.7 m
ポンツーン幅		11.0 m

使 用 状 態

試 掘 時	水 深	183 m
掘 削	深 さ	7,620 m



AKAR-H3 型模型

試掘状態吃水	21.3 m
試掘状態の水面と	
甲板下面との間隔	15.2 m
試掘状態排水量	19,000 t
移動状態排水量	12,500 t

1. ま え が き

船舶が波浪中を航行するとき、平水中における船速を維持するためには、主機出力の大幅な増加を必要とすることは古くから知られている。また、一般の船舶のように、主機出力に限界がある場合には、波浪中においては船速の維持は困難となり、一定の主機出力を保つとき著しく船速の低下することもよく知られた事実である。

しかしながら、このように船舶の運航面において経験的に知られた事実を造船学の立場から検討し、船舶の初期設計の段階で十分な配慮がなされているかと言えば、必ずしもそうではない。船舶の初期設計においては、静水中における計画船速を保証することにのみ注意が払われており、風や波による馬力増加あるいは船速低下に関する事項としては、sea margin という形で適当に余裕をみるることによつて処理されて来たと言える。

近年、波浪中における船舶の耐航性に関する研究は、いわゆる strip method の発展とともに急速に進歩した。その結果、船体運動、船体各部の加速度 slamming、海水打込み等の諸要素に関しては、適当な仮定の下にその短期分布、長期分布の予測が可能となり、船舶の初期設計の段階において、その検討がなされる例が見られるようになった。しかしながら、波浪中における抵抗増加あるいは推進性能の低下に基づく所要馬力の増加もしくは船速の低下に関しては、初期設計における配慮は依然として sea margin の形のまま残っているのが現状であろう。

最近、船舶の大型化、高速化が非常に進み、超高速のコンテナ船においては、航海速度 25 kt を越えるものも少なくない。このような船においては、航路もほぼ決定しているのであるから、波浪中における馬力増加、船速低下を考慮して、実船所要馬力の推定を行なうことが必要であると考えられる。

そこで、荒天中における、波による船体抵抗増加に関する、ここ数年の研究の状況、その成果の概要を紹介するとともに、今後に残されている研究課題にも少し触れておきたいと思う。

2. 波浪中における抵抗増加の理論的研究

2.1. 正面規則波中における抵抗増加

規則波中を航走する船の船体抵抗増加に関する研究に古くから行なわれており、漂流力の理論¹⁾²⁾、非定常抵

抗増加理論³⁾等の理論が提唱されて来たが、いずれも抵抗増加を完全に説明し得ていなかった。丸尾は、「エネルギー的考察に基づく抵抗増加理論」⁴⁾を提唱した。すなわち、船体が波浪中を航走するときは海洋波の存在によつて船体は動揺する。この船体運動が周囲の流体に対して新たな攪乱源となつて波を生ずる。また、海洋波中に船体が存在することによつて、船体表面において入射波が反射される。これらの動揺、攪乱によつて流体に与えられるエネルギーは波という形で、船体から遠く離れて船体を取り囲む調査面上において無限遠方に流出していく。このように、船体が周囲の水に対してなした仕事、船体抵抗に打ち勝つて船体を前進させる仕事に等しいという考察から、波浪中における抵抗増加理論を導いた。この丸尾理論に基づいて、抵抗増加の計算を行なうには、波浪中を、船体運動を伴つて航走する船体を何らかの流体力学的手法を用いて表現しなければならない。このような船体の表示には、流体力学的特異点分布を用いるのが最も一般的であり、丸尾理論においても、この流体力学的特異点分布の決定法（以下丸尾近似と略称する。）が示されている。この丸尾近似を用いて数値計算を行なつた結果、抵抗増加の波長に対する変化は水槽実験において得られた実験値と傾向的にはよく一致し、量的にも一部を除いて概ねその一致は良好であると確認された。

一方、近年の strip method の進歩によつて、波浪中における船体運動の計算が各所で行なわれるようになって来た。その結果、丸尾近似において示されている、船体の特異点表示法には問題のあることが指摘され、計算結果と実験結果の一致も数値的には必ずしも良好でないことが示されるに至つた。

現在では、丸尾近似を基にして、船体を表わす流体力学的特異点分布を修正、改良する方法が示されつつある。一方、主に外国においては、strip method の進歩に伴い、波浪中抵抗増加の近似計算が試みられている。

以下に、丸尾近似の修正、改良の方法、および抵抗増加近似計算法の概要を述べてみる。

2.2 丸尾近似の修正および抵抗増加近似計算法

丸尾理論によれば、正面規則波中における抵抗増加の基礎式は

$$R_{AW} = \frac{\rho}{2\pi} \left[- \int_{-\infty}^{-k} + \int_k^{\infty} \right] \frac{(m + K_0 Q)^2 (m + k)}{\sqrt{(m + K_0 Q)^2 - K_0^2 m^2}} \times |H(m)|^2 dm \quad \dots\dots (1)$$

* 大阪府立大学工学部

で与えられる。ここに、 $K_0 = g/V^2$, $\Omega = \omega_e V/g$, $k = 2\pi/\lambda$, $K' = \frac{1}{2}(1 + 2\Omega + \sqrt{1 + 4\Omega})$ であり、 V は船速、 ω_e は船と波の出会い円周波数、および λ は波長である。 $|H(m)|$ は船体を表わす流体力学的特異点分布によつて決まる関数であり、

$$H(m) = 2\pi \int_L [(\sigma_c - i\sigma_s) + im(M_c + iM_s)] \exp(k'x + imx) dx \dots\dots\dots (2)$$

のように表わされる。ただし、 $k' = \frac{rT}{K_0}(m + K_0\Omega)^2$, σ_c, σ_s は吹出し分布の強さ、 M_c, M_s は二重吹出し分布の強さを表わす。また、丸尾近似によれば、流体力学的特異点分布のうち、吹出し分布は、

$$\sigma = \frac{-1}{2\pi} B(x) \left\{ \dot{z}_G + (x - x_G)\dot{\theta} + kc\zeta_0 e^{-kyT} \cos(kx + \omega_e t) \right\} \dots\dots\dots (3)$$

で表わされる。ただし、 $B(x)$ は水線面幅、 \dot{z}_G は上下揺速度、 x_G は船長方向重心位置、 $\dot{\theta}$ は縦揺角速度、 c は波速、 ζ_0 は波振幅、 τ は断面積係数、および T は吃水である。

(1) 中村一新谷による修正⁹⁾

中村一新谷は、吹出し分布の決定に必要な、船体と流体の相対速度を求める際に、strip method を適用する場合、前進速度の影響が必要となることを指摘し、 $-V\theta$ を考慮して(3)式を修正し、

$$\sigma = \frac{-1}{2\pi} B(x) \left\{ \dot{z}_G + (x - x_G)\dot{\theta} - V\theta + kc\zeta_0 e^{-kyT} \cos(kx + \omega_e t) \right\} \dots\dots\dots (4)$$

となることを示し、数学船型を用いて数値的検討を行なつた。

(2) 藤井一高橋の方法⁷⁾

藤井一高橋は、船体を表示する特異点分布を、

$$\sigma = \frac{1}{4\pi} \left[\omega_e B(x) \dot{z}_r(x) + V \frac{\partial}{\partial x} \left\{ B(x) z_r(x) \right\} \right] \dots\dots\dots (5)$$

と表わして、抵抗増加の計算に必要な H 関数を決定し、Series 60 等の船型について抵抗増加を求め実験値との一致のよいことを示した。ここに、 $B(x)$ は水線面幅、 $z_r(x)$ は、 x の位置における船体断面と流体の相対変位である。

(3) 高木等による改良⁸⁾

高木等は、丸尾近似においてはゆるやかな船体運動を仮定して船体を表示する流体力学的特異点が求められているため、入射波の波長の短い場合には、このようにし

て決定された二次元特異点分布による進行波の振幅比が Ursell-田才法によつて得られる二次元疎密値とかなり異なつて来ることを指摘し、丸尾近似の修正をいくつか試みた上、孤立特異点法を用いて流体力学的特異点の強さ、位置、位相の修正を行なえば、抵抗増加の計算結果はかなり改良されることを示した。

丸尾理論に基づいた抵抗増加計算法の修正としては上記の3つが挙げられる。

一方、外国においては、抵抗増加の近似計算法がいくつか提唱されている。主な方法の概要を次に示す。

(4) Joosen の方法⁶⁾

Joosen は、正面波中の漂流力を求める方法として、船幅は船長に比べて小さい細長船であると仮定して、diffraction 問題を考えないで H 関数を決定できると仮定した。すなわち、船体の運動に伴う発散波のエネルギーが抵抗増加となることを示した。その結果、抵抗増加係数 K_{AW} は、

$$K_{AW} = R_{AW}/\rho g \zeta_0^2 (B^2/L) = A_{11}z_0^2 + A_{22}\theta_0^2 + A_{12}z_0\theta_0 \cos \varepsilon z \dots\dots (6)$$

で表わされる。ただし、 ζ_0 は入射波の振幅、 z_0, θ_0 はそれぞれ上下揺および縦揺の無次元振幅であり、 εz は上下揺と縦揺の位相差を表わす。 A_{11}, A_{22}, A_{12} は、船体が静水中で動揺する場合の radiation potential より導かれる係数である。

(5) Wahab の方法¹⁰⁾

Wahab は、(6)式で表わされる抵抗増加近似式の係数として、上下揺、縦揺の連成運動方程式の係数を用いた計算法を示した。船体に前進速度がない場合には、Joosen の近似計算法と一致することが新谷によつて示されている。

(6) Gerritsma の方法¹¹⁾

Gerritsma は、船体運動による発散波より抵抗増加を近似的に求める方法を示した。この方法では、抵抗増加は第1近似として、発散波によつて持ち去られるエネルギーによつて起るものであることを示している。抵抗増加計算の近似式は、

$$R_{AW} = \int_L b' V z_0^2 dx \dots\dots\dots (7)$$

で表わされ、式中の b' は船速のある場合の二次元減衰力係数で

$$b' = N' - V \frac{dm'}{dx} \dots\dots\dots (8)$$

で与えられる。ここに、 N' は船速のない場合の二次元減衰力係数、 m' は断面の付加質量である。 Vz_0 は船体と入射波の相対速度の振幅である。

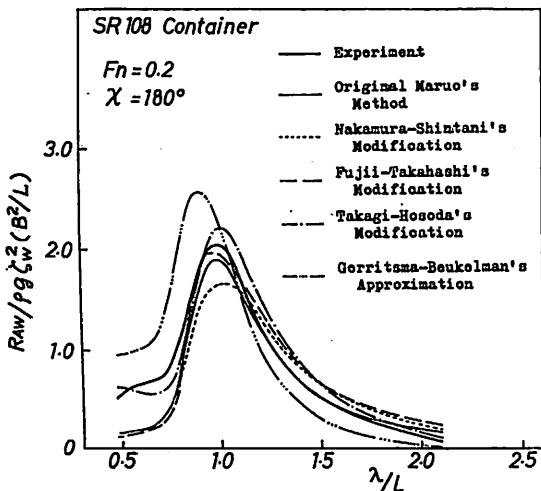


Fig. 1 Calculated Resistance Increase in Regular Head Waves

(7) Boese の方法¹⁹⁾

Boese は、抵抗増加を 2つの成分に分解し、1つは船体が縦揺するために船体に働く垂直方向の力が傾いて前進方向の力の成分が発生する、すなわち遠心力の前進方向成分によるものであるとし、他の 1つは、船体と水の相対水位の変化に伴って船体表面の圧力変化を生じ、

この圧力の前進方向成分によるものとして、この 2つの成分から抵抗増加近似計算法を示している。

以上に述べた抵抗増加計算式における丸尾近似の修正法、あるいは抵抗増加近似計算法による抵抗増加を、SR 108, $L/B=6.89$ の一軸コンテナ船型について計算した一例を Fig. 1 に示す。図中の太い実線は長水槽において行なわれた実験結果¹⁸⁾である。この図から、どの修正法に、あるいはどの近似計算式によつて抵抗増加の計算を行なうのがよいか適当な判断を下すことは難しい。その理由は、いずれの方法にも、前提となる仮定や近似が入っているためであり、この仮定、近似によつてそれぞれ部分的には改良されているためである。この図に明瞭に現われている点は、孤立特異点法を用いて丸尾近似の修正を行なえば、先にも述べたとおり波長の短い場合にその改善が著しい。また、Gerritsma の近似計算法を用いた計算値は、波長の短い部分において非常に高い計算結果を与える。この他の、中村一新谷の修正法、藤井一高橋の方法による計算値も、傾向としては実験値とよく一致しているが、波長の短い場合の流体力学的特異点の決定に問題が残るようである。

2.3 抵抗増加と船体運動の関連

前述したように、波浪中の抵抗増加は、海洋波の存在

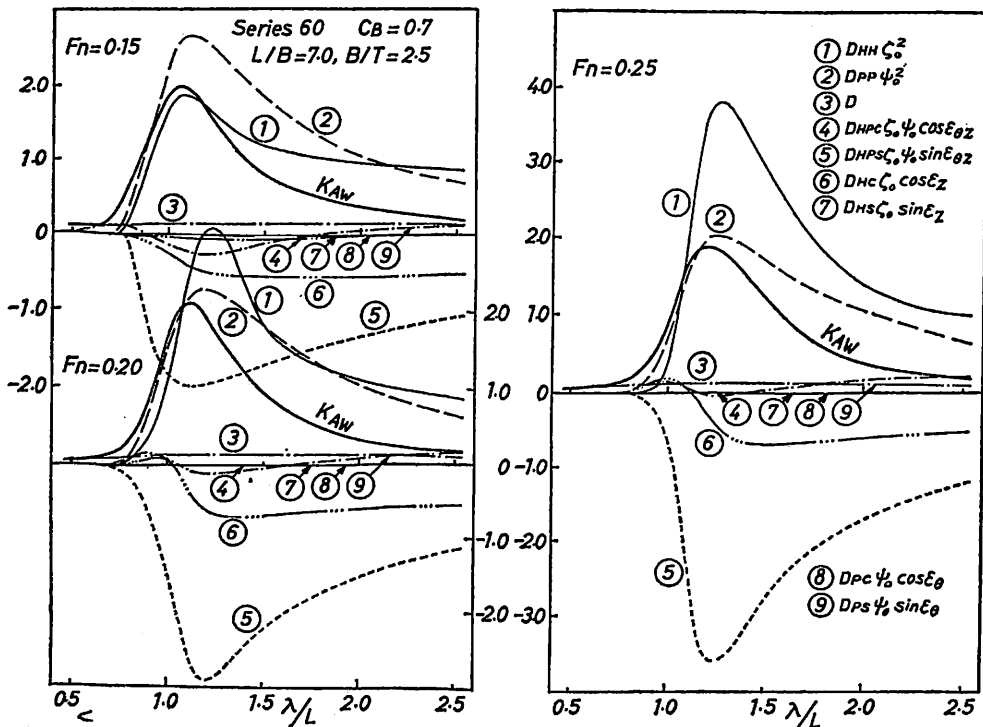


Fig. 2 Component of Resistance Increase in Regular Head Waves for Series 60 $C_B=0.7$ Ship Form (ref. 14)

およびそれに伴う船体運動がその原因である。

丸尾理論によつて抵抗増加を算出する場合、船体運動、入射波および波と船体運動の位相差に基づく項に分類することができる。無次元化表示を用いて表わすと、抵抗増加係数は、

$$\begin{aligned}
 K_{AW} = & D_{HH}z_0^2 + D_{PP}\theta_0^2 + D + D_{H^*c}z_0\theta_0\cos\epsilon z \\
 & + D_{HPS}z_0\theta_0\sin\epsilon z + D_{HC}z_0\cos\epsilon z + D_{HS}z_0\sin\epsilon z \\
 & + D_{PC}\theta_0\cos\epsilon\theta + D_{PS}\theta_0\sin\epsilon\theta \quad \dots\dots (9)
 \end{aligned}$$

のように表わすことができる。ここに、 z_0, θ_0 は上下揺、縦揺の無次元化振幅、 $\epsilon z, \epsilon\theta, \epsilon z\theta$ はそれぞれ、入射波と上下揺、入射波と縦揺および縦揺と上下揺の位相差を表わしている。Fig. 2 に Series 60, $C_B=0.70$ 船型について、入射波および船体運動が抵抗増加に対してどのように寄与しているかを調べた計算例¹⁴⁾を示す。図より、上下揺、縦揺の振幅は、抵抗増加に対して大きく寄与し、入射波が船体表面で反射されることによる成分の寄与は小さいことが明らかである。また、入射波と船体運動および上下揺、縦揺の位相差に基づく成分の寄与は比較的小さく、中には、位相の関係から負の抵抗増加を与える成分もあることは注目すべきことであろう。

2.4. 斜波中の抵抗増加理論

斜波中における抵抗増加に関しては、理論的取扱いの難しさ、あるいは、実用的には正面向い波の状態がもつとも過酷かつ重要であると判断されるため、確立された理論計算はなく、近似的な解法もなかつたと言える。筆者¹⁵⁾は、丸尾の抵抗増加理論を基に斜波中における抵抗増加理論を展開し、その計算法および数値計算例を示した。すなわち、抵抗増加の一般式は丸尾の理論によつて与えられているものとし、抵抗増加の計算に必要な H 関数は、船体中心面の適当な位置に置かれた流体力学的特異点の分布によつて求められるとしている。この流体力学的特異点の強さは、strip theory の仮定に基づいて、船体断面と流体との船体断面に平行な相対速度成分によつて定まり、無限遠方における進行波振幅比が、Ursell-田才法によつて得られる二次元波密度値と一致するように特異点の強さ、位相および深さ方向の位置を定める。この方法は、前述した孤立特異点法である。数値計算は、SR 108 一軸コンテナ船型を対象に行なつており、角水槽における自航試験の結果得られた、プロペラの推力増加¹⁶⁾¹⁷⁾との比較を行なうとともに、抵抗増加成分の寄与に関する理論的検討を行なつて、抵抗増加と船体運動、入射波との関連について調べた。計算結果の一例を Fig. 3 に示す。図より、向い波の状態 ($90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$) においては計算値と実験値は定性的、定量的にその一致がよい。しかし、横波 ($\alpha=90^\circ$) から追

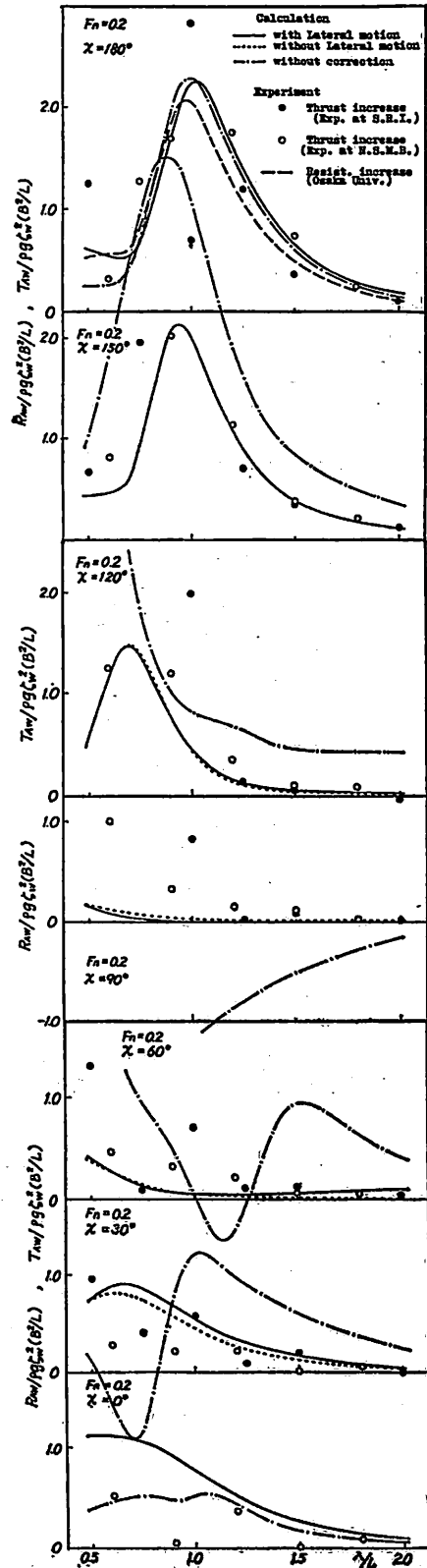


Fig. 3 Comparison of Calculated Resistance Increase in Regular Oblique Waves (ref. 15)

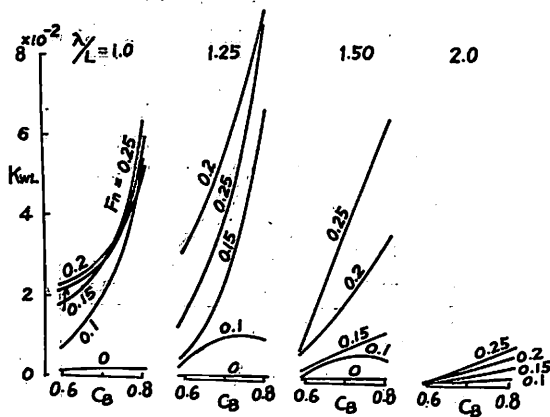


Fig. 4 Effect of C_B on Resistance Increase in Regular Head Waves

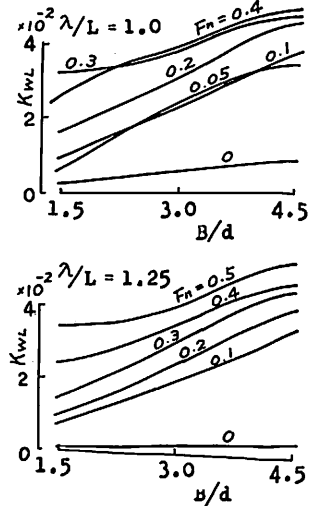


Fig. 6 Effect of B/d on Increase in Regular Head Waves (ref. 20)

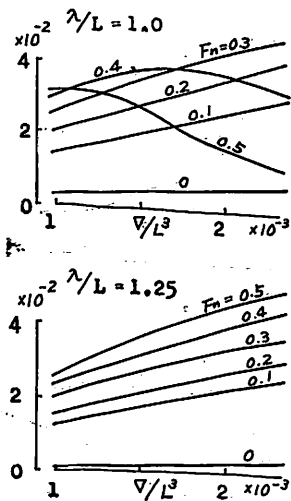


Fig. 5 Effect of ∇/L^3 on Resistance Increase in Regular Head Waves (ref. 20)

波の状態 ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$) においては、定性的な一致は認められるが、量的には問題が残るようである。また、抵抗増加の成分に関して、上下揺および縦揺の寄与が支配的であり、横運動の寄与は小さいことを示した。

この他には、数値計算式を与えるまでには至っていないが、Ankudinow¹⁹⁾は、圧力積分の方法を用いて斜波中の抵抗増加理論を展開している。

3. 抵抗増加の実験的研究および不規則波中の抵抗増加

3.1 抵抗増加の実験的研究

斜波中における抵抗試験を実施した例はまだ報告されていない。新谷¹⁹⁾は、正面規則波中において、数種

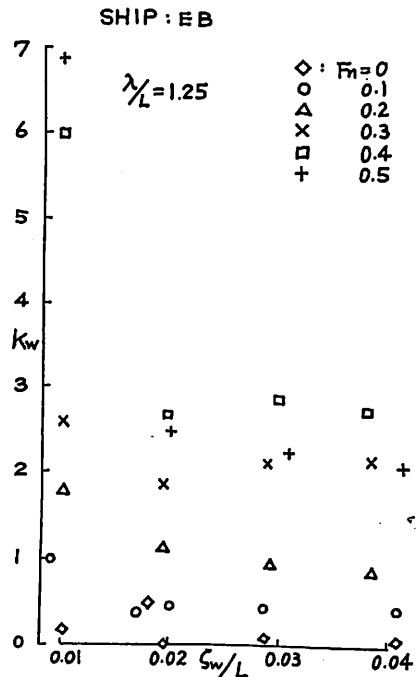


Fig. 7 Wave Height Non-linearity on Resistance Increase in Regular Head Waves for High Speed Ship. (ref. 19)

の船型について模型船による抵抗試験を、規則波の波高を変化させて実施し、船型要素と抵抗増加の関係を調べるとともに、波高と抵抗増加の関係について調べた。実験結果の一例を Fig. 4~Fig. 7 に示す。図より明らかであるが、結論的には次のように述べている。 C_B の

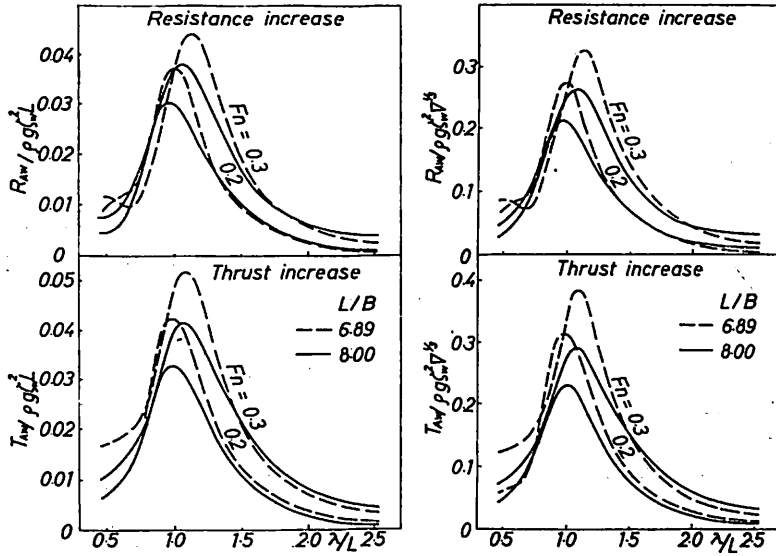


Fig. 8 Effect of L/B on Resistance and Thrust Increase (ref. 21)

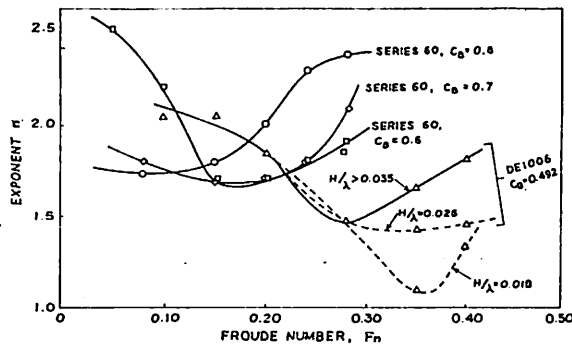


Fig. 9 Exponent n as a Function of F_n . (ref. 23)

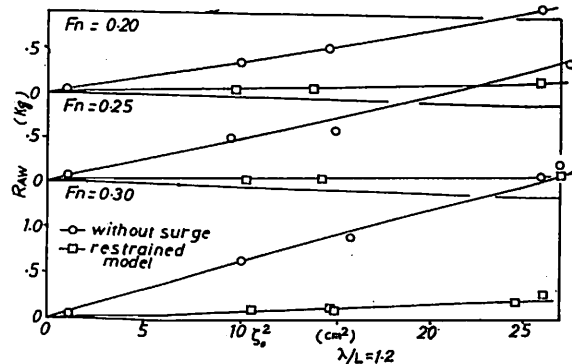


Fig. 10 Added Resistance in Waves with respect to the Square of the Wave Amplitude (ref. 11)

大きい船は、船体運動、抵抗増加ともに大きい。船幅吃水比の大きい船は、船体運動は小さいが抵抗増加は大きい。排水容積船長比の大きい船は、船体運動、抵抗増加ともに大きい場合が多い。抵抗増加に対する波高の非線形影響は、現われる場合と現われない場合があるが、一般に、波高を小さくすると抵抗増加は大きくなる傾向がある。一方、中村等²¹⁾は、SR 108 一軸コンテナ船の $L/B = 6.89$ および 8.00 の2種の模型を用いて実験を行なった結果、 L/B の小さい船の方が抵抗増加が大きいことを示した。(Fig. 8)

現在、一般に波浪中抵抗増加は波高の2乗に比例するとされている。Gerritsma²²⁾は、 $C_B = 0.653$ の客船の模型実験を行ない、この事実がほぼ正しいことを確かめたが、Sibul²³⁾は、Series 60 船型等の模型を用いて $\zeta_w/\lambda = 1/50 \sim 1/80$ の範囲で波高を変えた模型実験を行ない、抵抗増加は必ずしも波高の2乗に比例せず、波高の n 乗に比例するとした場合の指数 n は、 $1.1 \sim 2.5$ の範囲で変化することを示した。最近になつて、Gerritsma¹¹⁾は、 $C_B = 0.564$ の高速貨物船模型による抵抗試験を実施して、やはり、抵抗増加と波高の2乗はほぼ比例関係にあるということを示している。表示法は異なっているが、Sibul²³⁾およびGerritsma¹¹⁾の実験結果を Fig. 9, Fig. 10 に示す。

上にも述べたように、抵抗増加と波高の関係は、研究者によって意見が異なっているのが現状であり、今後に残された課題の一つである。

3.2 不規則波中の抵抗増加

一般に、船舶の航行する大洋は非常に複雑な様相を呈している。このような海象下における船の抵抗増加を知る方法としては、1) 水槽において発生させた不規則波の中で抵抗試験を行なう。2) 規則波中における抵抗増加の周波数応答を、理論的あるいは実験的に求め、この応答関数を用い、波のスペクトラムと掛け合わせることによつて不規則波中の抵抗増加を算出する、の2つの方法が利用される。しかし、ここに挙げた2つの方法はいずれも問題点を含んでいる。1)の方法による場合、きわめて複雑な海面の状態を水槽内の限られた水面に再現することは不可能である。また、2)の方法による場合、波のスペクトル表示が振幅の2乗の形であるところか

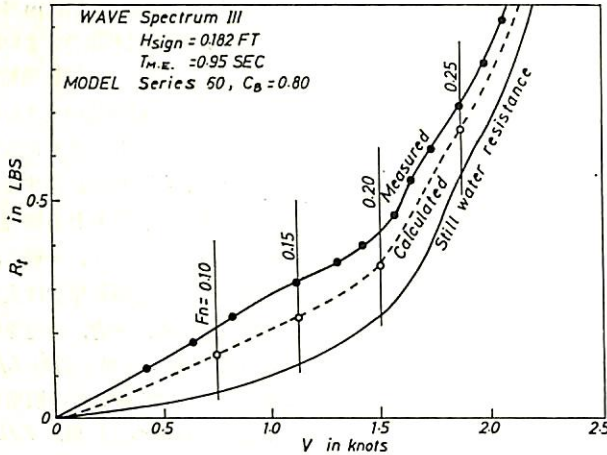


Fig. 11 Resistance in Irregular Waves (ref. 25)

ら、抵抗増加が波高の2乗に比例することが前提であるにもかかわらず、前述したように必ずしもそうはなっていない。このような問題点を残したまま、現在ではこの2つの方法が利用されている。

このような問題に関して、Sibul²⁰⁾、中村等²¹⁾、田才等²⁴⁾は、規則波中抵抗増加を実験的に求め、2)の方法を適用して不規則波中の抵抗増加の予測を行なうとともに、同じ波スペクトラムを有する不規則波中における模型実験を実施して、不規則波中における抵抗増加と有義波高の関係を調べた。結果の一例を、Fig. 11, Fig. 12に示す。図における計測値と予測値の差は、不規則波中における抵抗増加が波高の2乗には比例していないことによるものと考えられる。

4. 今後に残される諸問題について

波浪中における抵抗増加の理論的、実験的研究およびその成果の概要を述べて来た。まえがきにも述べている

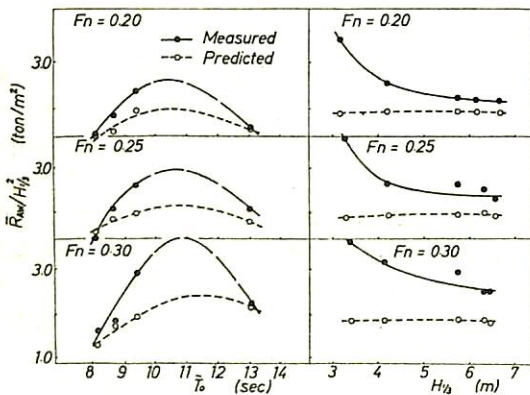


Fig. 12 Resistance Increase in Irregular Head Waves

に通り、波浪中における船舶の馬力増加、船速低下に対しては、波による船体抵抗増加がもつとも大きな要因である。この抵抗増加に関しては、抵抗増加の理論計算法あるいは、近似計算法に関する諸問題、抵抗増加に対する船型要素の影響に関する問題、抵抗増加と波高との関係、斜波中における抵抗試験法、不規則波中における抵抗増加推定の方法、精度に関する問題等、今後の課題として残されている部分は多い。

一方、波浪中における馬力増加、船速低下は、抵抗増加がその原因となつて起る。この場合には、プロペラの発生する推力で船体が前進しており、プロペラに加わる負荷の状態は、波、船体運動によつて絶えず変動していること考慮をしなければならない。この波浪中における推進性能に関する研究は、近年になつて重要視されては来たが、現在、波浪中の馬力推定を行なう場合には余り論理的でない仮定を用いているようである。すなわち、波浪中においてもプロペラの特性は時間的な平均として考えるとき、平水中に比べて変化がないとされている。また、自航要素に関しても、例えば推進器効率比 η_R は、やはり時間的な平均としては、平水中と同等もしくは1.0として差し支えないとされている。このような仮定が厳密に正しくないことはいうまでもないが、この分野における研究の成果は余り報ぜられていない。中村等²¹⁾は、模型船によつて正面規則波中、不規則波中における抵抗試験、自航試験を実施し、その結果を解析して、上のような仮定は必ずしも正しくなく、規則波中における自航要素は、プロペラの特性が平水中と変わらないとは仮定しても、入射波の波長によつて大きく変化し、また、不規則波中においては海が荒れて来れば、推進性能は低下することを明らかにした。

このように、波浪中推進性能に関しても、プロペラ特性の問題、自航要素の問題、さらに、プロペラの推力、トルクの変動に関する問題等数多くの諸問題が残されている。

以上のように、今後の課題として抵抗増加のみならず推進性能に関しても詳細な研究が必要である。

5. あとがき

浪の抵抗増加に関する最近の研究の概要とその問題についての意見を述べた。ここで挙げた例の他にも多くの研究成果が報ぜられていることはいうまでもない。

波浪中における実船の所要馬力を初期設計の段階で求めることは、まえがきにも述べたとおり必要かつ重要である。そのためには、波浪中における抵抗増加を精度よく推定することが前提であるが、前節にも述べた諸問題が残っているため、不規則波中における抵抗増加の推定には十分な考慮が必要である。

さらに、不規則波中の抵抗増加から実船所要馬力の推定を行なうについては、波浪中における推進性能に関する配慮がなされなければならない。

以上に述べた、波浪中抵抗増加、推進性能の諸問題が解決されて、初めて実船所要馬力の予測が精度よく行なわれるようになるであろう。

参 考 文 献

- 1) Havelock, T.H.: The Drifting Force on a ship among Waves, Phil. Mag., Vol, 33, 1942
- 2) 渡辺恵弘: Some Contribution to the Theory of Rolling, T.I.N.A., Vol. 80, 1938.
- 3) 花岡達郎: Non-uniform Wave Resistance, 造船協会論文集, 第94号, 昭29. 2
- 4) 丸尾 孟: 波浪中の船体抵抗増加に関する研究, 造船協会論文集, 第101号, 昭32.8, 第108号, 昭35. 12
- 5) 丸尾 孟: Researches on Seakeeping Qualities of Ships in Japan, Chapt. 5, Resistance in Waves, 造船協会60周年記念叢書, Vol. 8, 昭38
- 6) 中村彰一, 新谷 厚: 数学船型の規則波中における船体運動と抵抗増加, 造船協会論文集, 第118号, 昭40. 12
- 7) 藤井 齊, 高橋 雄: 正面規則波中における抵抗増加, 三菱重工技報, 第4巻, 第6号, 昭42. 11
- 8) 高木又男, 細田龍介, 島崎春子: 波浪中の抵抗増加に関する一改良, 関西造船協会誌, 第141号, 昭46. 9
- 9) Joosen, W.P.A.: Added Resistance of Ships in Waves, 6th Symposium on Naval Hydrodynamics, 1966.
- 10) 新谷 厚: 波浪中抵抗増加の近似計算法に関する諸問題, 関西造船協会誌, 第150号, 昭48. 9
- 11) Gerritsma, J. & Beukelman, W.: Analysis of the Resistance Increase in Waves of a Fast Cargo Ship, Proc. 13th ITTC, 1972.
- 12) Boese, P.: Eine einfache Methode zur Berechnung der Widerstandserhöhung eines Schiffes in Seegang, Schiffstechnik, 17 Band, 86 Heft, 1970.
- 13) 中村彰一, 細田龍介, 内藤 林: コンテナ船の波浪中推進性能に関する研究(第1報), 関西造船協会, 昭和47年度春季講演会梗概, 昭47. 5
- 14) 中村彰一, 細田龍介, 新谷 厚: 波浪中における推進性能に関する研究, 関西造船協会誌, 第134号, 昭44. 12
- 15) 細田龍介: 斜波中における船体抵抗増加に関する研究, 日本造船学会論文集, 第133号, 昭48. 6
- 16) 高石敬史: 波浪中の運動性能に関する模型実験, SR 108, 昭和45年度報告書, 資料 No. 110. 昭46. 3
- 17) Vossers, G., Swaan, W.A. & Rijken, H.: Experiments with Series 60 Models in Waves, T.S.N.A.M.E., Vol. 68, 1960.
- 18) Ankudinow, V.K.: The Added Resistance of a Moving Ship in Waves, ISP., Vol. 19, No. 220, 1972
- 19) 新谷 厚: 波浪中抵抗増加の計算と実験の比較, 関西造船協会誌, 第137号, 昭45. 9
- 20) 新谷 厚: 規則波中抵抗増加の船型要素による影響について, 関西造船協会誌, 第139号, 昭46. 3
- 21) 中村彰一, 細田龍介, 内藤 林, 根間 清: コンテナ船の波浪中推進性能に関する研究(第2報), 関西造船協会, 昭和48年度春季講演会, 昭48. 5
- 22) Gerritsma, J., Bosch, J.J. & Beukelman, W.: Propulsion in Regular and Irregular Waves, ISP, Vol. 8, No. 82, 1961
- 23) Sibul, O.J.: Increase of Ship Resistance in Waves, College of Engineering, Univ. of California, Report No. NA 67-2, 1967
- 24) 田才福造, 高木又男, 雁野昌明, 荒川広行, 栗原真人: 一軸高速コンテナ船の縦波中の耐航性能に関する研究, 西部造船会会報, 第41号, 昭46. 3
- 25) Sibul, O.J.: Ship Resistance in Irregular Waves, Proc. 12th ITTC, 1969

「船舶」のファイル



左の写真でごらんのよ
うな「船舶」用ファイル
を用意してあります。
御希望の方には下記の価
格でおわちいたしま
す。

頒価 400円(〒150)

1. ま え が き

水面に生ずる波の問題は古来から数多くの研究者によつて論ぜられ、船舶工学の分野にも華々しい応用成果があげられている。これは波高が船体の寸法に較べて小さいと仮定したいいわゆる線型近似が極めて明快な理論体系を形成することによるものと思われる。このような線型理論によつてほとんど全ての造波現象が網羅し尽された感もないではないが、このために最近では線型理論で説明し得ない二三の造波現象が注目されるようになった。例えば船体が一定速度で前進する場合に船首付近の波がくずれる現象（このエネルギーはいわゆる船首首飾り渦となつて後方に流れ去り砕波抵抗を生ずる）であるとか、また船体に入射する波の波頂が砕れてこれが船体に当る際に生ずる衝撃圧力の問題などである。あるいはこのように明らかな非線型現象でないにしても、入射波の波高や船体運動が大きい場合、定常造波抵抗理論における船尾波の問題など非線型理論が重要な役割を演ずるであろうと思われる問題が多々あるようである。もつとも、このように非線型理論といつても秩序だつた理論体系がある訳ではなく、こと造波現象に関しては、基礎方程式を電算機でやみくもに求解、計算することが現状であろうかと思われる。

筆者は最近日本造船研究協会第131部会において非線型波に関するこの種の計算を行なう機会に恵まれた。何分にも勉強を始めたばかりであり、この分野の専門家ではないのであるが、従来この種の計算結果をみるとかなり面白いものもあるので、この内の二三を紹介させて頂くことにする。本稿では主にこの種の計算法に関する国際会議(1970)*2の内容から抜萃することにするが、それ以後の研究成果について興味ある方は Journal of Computational Physics や Physics of Fluid など参照されるとよい。

2. 数値計算法の概要

ここで取扱う問題は連続の条件と Navier-Stokes 方

程式を満足する流体の非定常運動の数値解を求めることである。したがつて流体が圧縮性、粘性、表面張力等の影響を受ける場合も包含されており、また境界条件として自由表面、固体壁、振動壁、二層面が許され、さらに外力としては重力の外に任意の体力がある場合を想定してもさしつかえない。この種の問題の数値計算法には有限要素法と有限差分法とがあるが前者による流体問題についての成果は現状ではそれ程得られていないように思われるので以下では後者の有限差分法について述べる。これは領域内を有限個の格子点で代表させ、その点での流体の速度や位置を使つて基礎方程式を満足させようとする方法であり、変数の微分には隣接格子点での値の差(つまり差分)を用い、積分には隣接格子点で形成する要素 (cell) の体積平均値、あるいは面積平均値を用いる。境界が固定している場合には基礎方程式を直接差分近似して解けばよく、これは Navier-Stokes 方程式の低レイノルズ数における解法でしばしば利用される方法である。しかし自由表面のように任意に動き得る境界がある場合には格子点が流体粒子の動きにつれて移動すると便利である。この考えに基づいて開発された方法がここで述べる MAC 法や LINC 法などである。これらの違いは解くべき基礎方程式や座標が Euler 型であるか Lagrange 型であるかによる。

まず MAC 法について述べる。Harlow*3らによつて始められたこの方法では、固定格子点によつて形成される核あるいは要素 (cell) の上で Euler 型の基礎方程式を解き、次に任意の点における流体粒子 (Marker Particle) の動きを先に求めておいた速度を補間して求めることになるので MAC (Marker and Cell) という名称が付けられている。連続の式と Navier-Stokes 方程式は一般に次のように書くことができる。

$$\sum_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = -u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial}{\partial x_j} \Pi_{ij} + A_i \dots\dots\dots(2)$$

(i=1, 2, 3).....

ここで x_i は座標、 u_i は速度、 p は圧力、 Π_{ij} は歪テンソルの成分、 A_i は体力ベクトルの成分であり、また(2)式の添字 j は $j (=1, 2, 3)$ についての和を取ることを意味するものとする。 ρ, ν は各々流体の密度、動粘性係数である。ここでは簡単のため流体は非圧縮性とし、 A_i については単に重力加速度のみを考えることと

*1 大阪府立大学工学部

*2 J. Ehlers et al. ed: Lecture Notes in Physics, Vol. 8; Proceedings of the Second International Conference on Numerical Methods in Fluid Dynamics, Springer-Verlag, New York (1971)

*3 F.H. Harlow and J.E. Welch; Phys. Fluid, Vol. 8 (1965)

する。(1), (2) 式を適当な境界条件, および時刻 $t=0$ での初期条件のもとで解けばよい訳である。任意の時刻 $t=t$ において速度, および加速度が与えられているとすると (2) 式の中で未知数は圧力 p であり, (1) 式と (2) 式から p に関する方程式を作るとこれは Poisson 型の方程式となる。これをまず各々の格子点の値を使って差分近似し, 数値的に解くことになる。この段階が計算上最も時間のかかる所で, 何千元もの連立方程式を解く訳であるから電算機の方も大型の容量と高速性が要求される。圧力が求められるとこれを (2) 式の右辺に代入し, 次の時刻 $t=t+dt$ における速度場が求められる。一方流体粒子の位置を x_k ($k=1,2,3$) とすると

$$\frac{dx_k}{dt} = u_k(x_k) \dots\dots\dots(3)$$

であるから, これも与えられた速度場を使って次の時刻での位置が求められる。MAC 法では (1), (2) 式を解くのに固定格子点 x_i を用い, 流体粒子の位置 x_k はこれとは別個に定めるようになってい。したがって (3) 式の u_k は (2) 式で求められた u_i を補間して得られる値である。これらの操作を時刻 t について次々と繰返せば非定常運動の解が求められる訳であるが, 実際の適用に当つては境界条件の処理, 解の収斂性などかなり面倒な点があり必ずしも簡単な計算ではないのである。

次に Lagrange 座標を使う方法について述べる。これは先に述べた方法と異なり x_i と x_k を一致させる。すなわち格子点の位置や要素を流体粒子とともに移動し, 変形させる方法である。これは Brennen^{*4} らが開発した方法であるが特別な名称は施こされていないようである。Lagrange 座標 a_i ($i=1,2,3$) で基礎方程式を記述すると次のようになる。

$$\frac{\partial(x_1, x_2, x_3)}{\partial(a_1, a_2, a_3)} = 1 \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{\partial x_j}{\partial a_i} \cdot \frac{d^2 x_j}{dt^2} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial a_i} + A_j \frac{\partial x_j}{\partial a_i} \dots\dots\dots(5)$$

($i=1, 2, 3$)

x_i ($i=1, 2, 3$) は流体粒子の位置であり, また先と同様に添字 j は $j(=1, 2, 3)$ についての和を取るものとする。座標 a_i は領域を表すのに都合がよいように選んだパラメータで, 例えば時刻 $t=0$ の静止状態において, 各格子点に縦横につけた番号をそのまま座標とみなすこともできる。外力 A_j も先ほどと同様に重力のみを考えておく。(4), (5) 式から圧力 p を消去すると粒子の位

置 x_i と速度 dx_i/dt に関する連立方程式が得られる。これを前の場合と同様に各格子点での値で差分近似する。まず時刻 $t=t$ で粒子の位置すなわち格子点の位置 x_i が与えられると, 速度に関する差分方程式を解くことになる。しかしながら前の圧力方程式と違ってこの場合は方程式が楕円型でないので繰返し計算には特殊な工夫が必要であり, また収斂性に関する考慮も慎重に行なわなければならない。速度が求められると次の時刻 $t=t+dt$ での粒子の位置は前と同様に (3) 式を積分すればよい。この操作を繰返して全体の解が得られるがこの方法の利点は粒子の位置と格子点の位置が一致しているため固体壁が動いたり, 自由表面があつたりする場合にその境界条件の処理が簡単なことである。また欠点としては, 圧力が直接求められないことや粘性の影響を取り入れることが困難であるなどの点が考えられる。

以上述べた二つの方法の他に両者の混合ともいえる LINC 法がある。これは Hirt^{*5} らの開発した方法で名称の由来は原文によると new Lagrangian technique for incompressible fluids ということである。Lagrange 型の方法の利点であつた粒子の位置と格子点の位置を一致させるという点を生かし, かつ時々刻々変形する要素について Euler 型の基礎方程式 (1), (2) 式を解こうとするものである。こうすれば圧力場は直接求められるし, 粘性の影響も自由表面の条件も簡単な処理で済む訳であるが, 要素の形状が長方形でないので基礎方程式をいきなり差分近似するとかかなり複雑になる。これをさけるために基礎方程式を各要素について積分平均し, これを各要素の頂点, すなわち格子点での値で表現することになる。解法の手順は概ね第 1 の MAC 法の場合と同様に圧力方程式を解くことが主要な計算となる。

この他にも一様流の有無, 境界条件の特殊性に応じて様々な展開がなされているようであるが解法の基本は上の三つに代表されるように思われる。次にこれらの方法による二三の計算結果について述べる。

3. 計 算 例

ここでは 1 で述べた国際会議の Proceedings の中から我々にとつて興味のある計算例二三を抜挙して説明する。MAC 法による計算例として Nichols のものを図 1, 図 2 に示す。図 1 は球形の水滴が円形のプールに落下する場合の断面図である。図中の点は流体粒子の位置である。水滴の大きさは直径 0.23 cm, 落下速度は 320 cm/sec, プールの水深は 0.19 cm, そして動粘性係数は $1.0 \text{ cm}^2/\text{sec}$ としてある。要素の断面は正方形で辺の長さは 0.02 cm, 問題は軸対称であるので図の右半分につ

*4 C. Brennen and A.K. Whitney, 8th Symposium on Naval Hydrodynamics (1970)
 *5 C.W. Hirt, J.L. Cook and T.D. Butler, Jour. Comp' Phys., Vol 5 (1970)

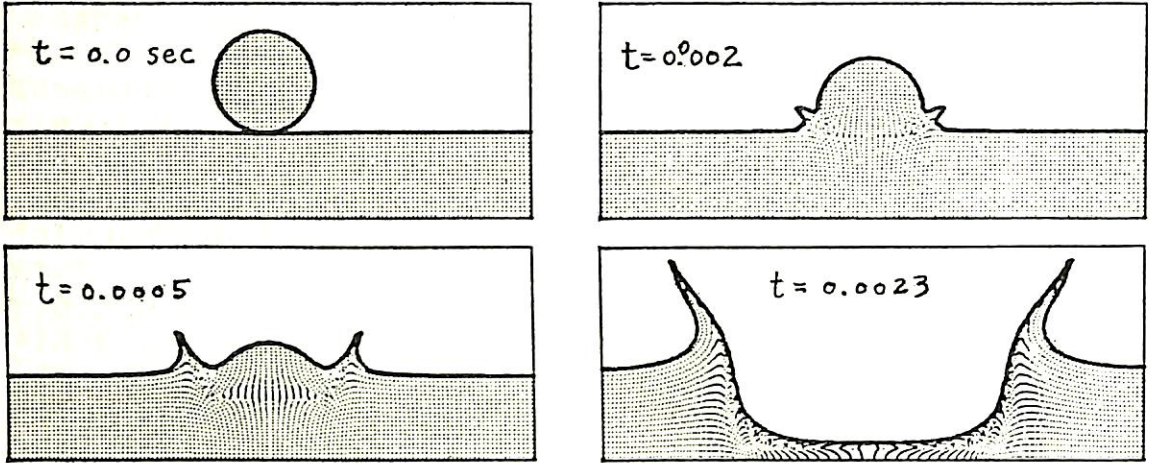


図1 水滴の落下 Nichols (1970)

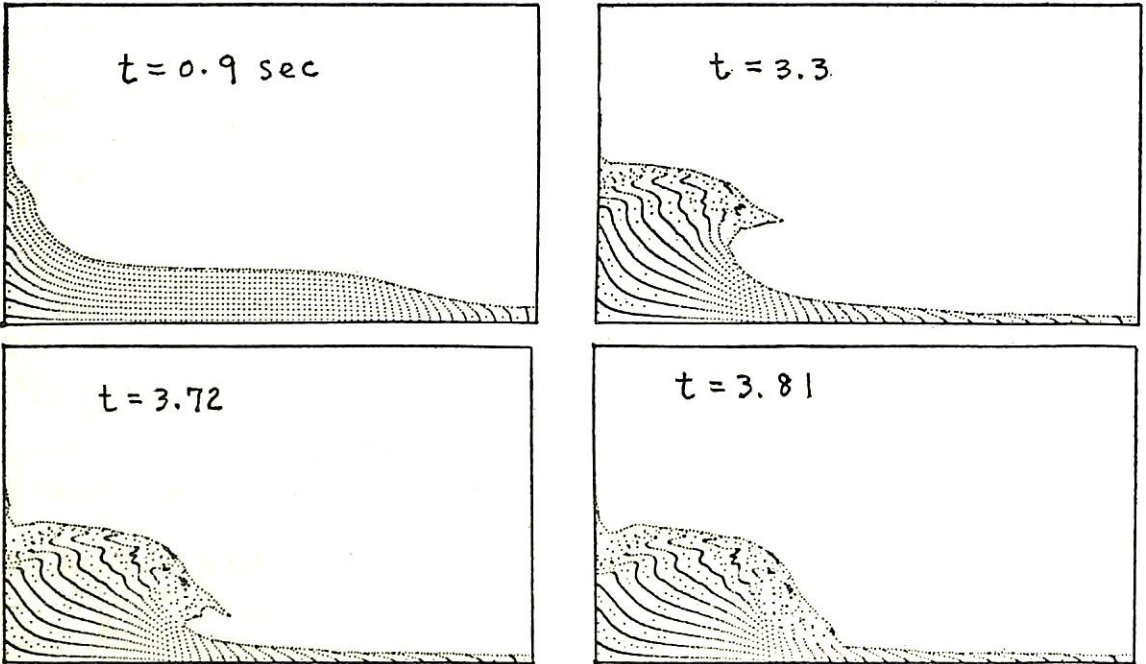


図2 砕波, Nichols (1970)

いてだけ計算が行われている。

図2はこれも Nichols の計算例で箱の内部の流体を初速度 1.0 で左に動かした場合である。流体は初めは左の壁を登るが重力加速度のために落下を初め、遂には砕波する ($t=3.3$)。砕波後は表面上の粒子の位置が次々に入れ替るが、それでも計算の続行が可能な理由は粒子の位置とは別個に取った正方格子で計算し、この解を補間して粒子の軌跡を求めているためである。

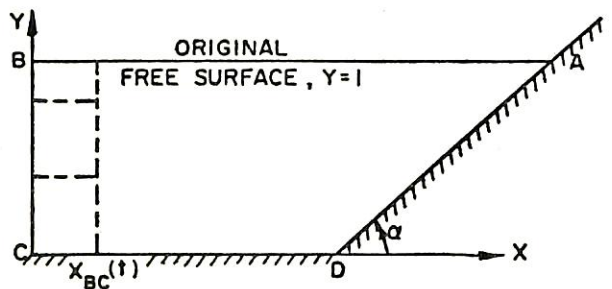


図3 計算領域, Brennen (1970)

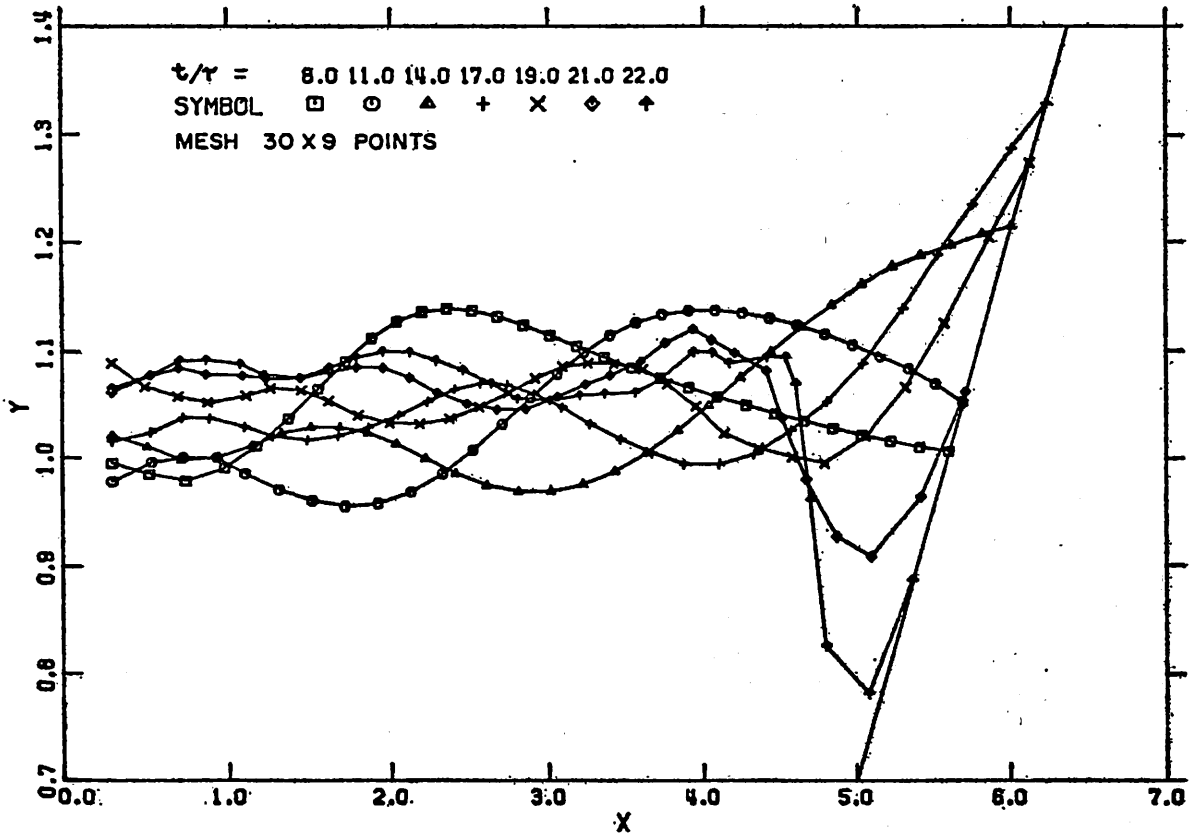


图4 Sloping beach, $\alpha=27^\circ$, Brennen (1970)

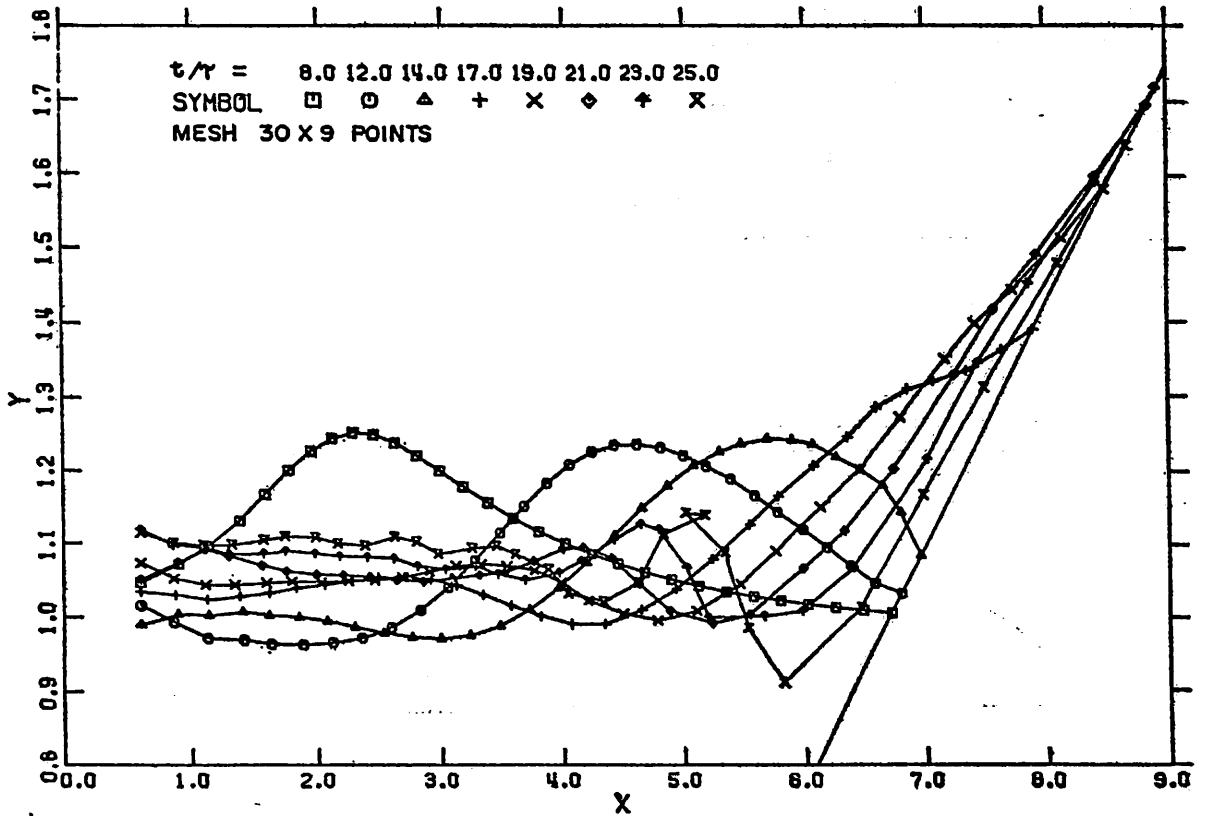


图5 Sloping beach, $\alpha=18^\circ$, Brennen (1970)

図3, 4, 5は Brennen による Lagrange 型の解法の例である。図3に示すように流体は四辺形 ABCD の中にあり, 左端の境界 BC の x 座標 x_{BC} を

$$\left. \begin{aligned} x_{BC} &= M \sin^2\left(\frac{\pi t}{2T}\right) \quad (0 \leq t \leq T) \\ &= M \quad (T \leq t) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

のように動かした場合にできる波が右のいわば海岸に当る様子を求めたものである。図4の例は $M=0.3$, $T=$

6τ , $\tau=0.571$, $\alpha=27^\circ$ である。ただし τ は time step (前節では Δt) である。図5の場合は各々 0.6 , 8τ , 0.571 , 18° である。波が海岸に当る場合はスムーズに壁に沿って水面が上昇するが下がって来た所でいわゆる downwash wave breaking が生じている。この計算法では一旦砕波すると砕波点での要素が崩壊するので計算は続行できなくなる。この例では自由表面条件は勿論非線型であるが Brennen は同じ状態で線型解を求めてお

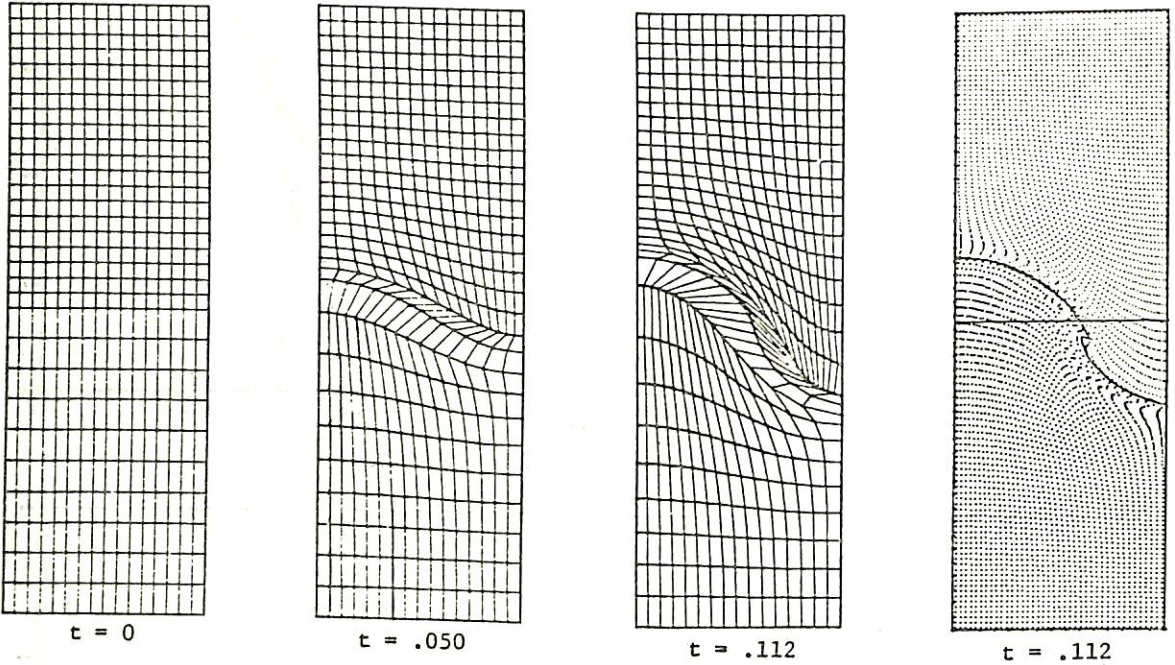


図6 Rayleigh-Taylor instability, Hirt (1970)

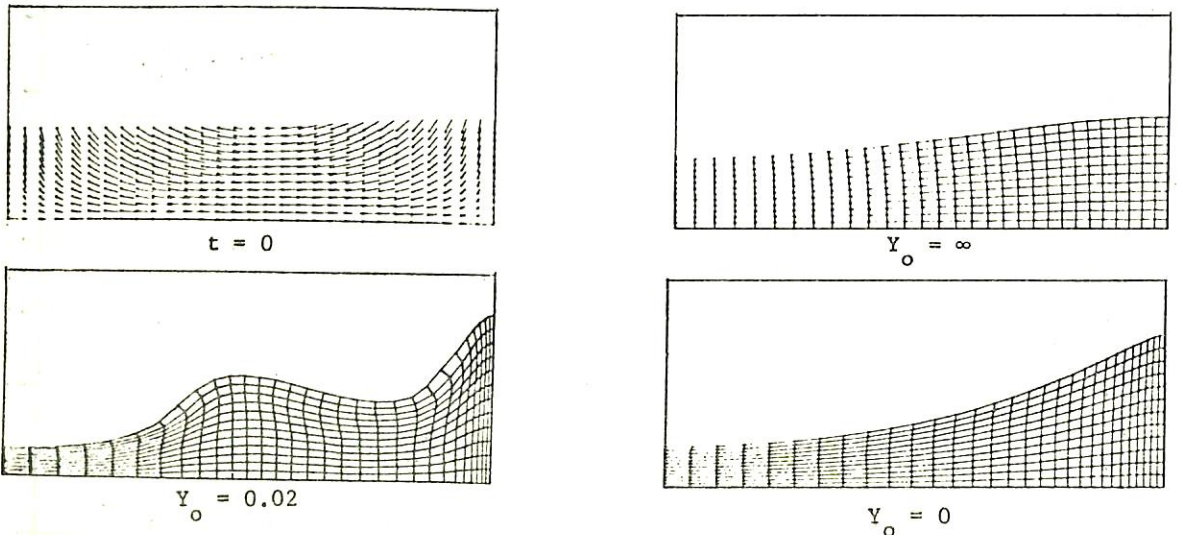


図7 板の弾塑性変形, Hirt (1970)

り、それと比較すると水面の形状はかなり相違している、線型解では砕波は生じていない。

図6, 7は Hirt ら (1970) の試みた LINC 法による解法例である。図6は比重の割合が2:1の二層の流体を上下に配置(上の方が重い)した場合の挙動でいわゆる Rayleigh-Taylor instability と呼ばれる現象である。二層の境界面は運動の初期には余弦関数の形状を成しており、これは線型理論と一致している。図には計算に用いた要素全部が画かれており、この要素の変形の様子が明瞭に示されている。図の右端は $t=0.112$ における Daly (1967)^{*6} による MAC 法の計算結果であり、両者の結果は非常によく合っている。図7は流体というよりも連続体の弾塑性変形を調べたものである。これは

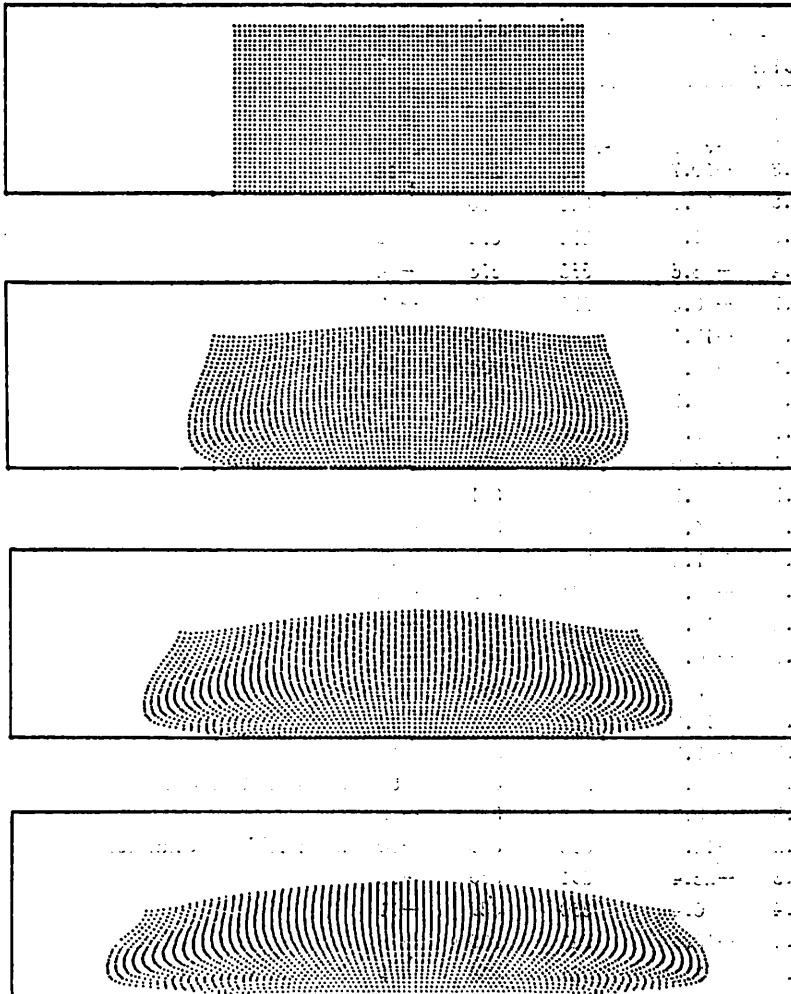


図8 粘性の大きい流体のクリープ変形 Pracht (1970)

*6 B.J. Daly; Phys. Fluid, Vol 10 (1967)

(2) 式の歪テンソル Π_{ij} に粘性係数を施した項の代りに連続体の応力カテンソルを加えればよく解法の基本は変わらない。そして要素の全応力が降伏応力 Y_0 を越えると塑性変形するものとしてある。同図は初期時刻 $t=0$ で図のような初速度分布が与えられた時、一定時刻経過した時の、各々の降伏応力における連続体の変形の模様を示してある。ただし変位量は10倍に拡大して画いてある。 $Y_0=\infty$ の場合は完全な弾性変形でこの時刻以後も弾性振動を続ける。 $Y_0=0.02$ では領域の端部で塑性変形し、中央部は未だ弾性状態でありこの付近に山谷が生じている。更に時刻が経過すると領域全体が塑性化し、山の部分は発達する。 $Y_0=0.0$ は完全な塑性変形でこれは理想流体の場合に一致する。ただしこの場合

重力は考えていないのでこの自由表面はいわゆる「波」ではなく、非線型波の計算という本稿の趣旨に添わない面もあるかも知れない。

図8は Pracht (1970) によつて行なわれた、粘性の極めて大きい流体の重力場における変形の計算である。計算の基本は MAC 法である。この場合は粘性と重力が釣り合っていて慣性力はほとんど無視できる状態であり、したがって自由表面の変形も我々が普通呼んでいるところの「波」ではない。図はコールドタルのような粘性の極めて大きい物体の塊を床に置いた時のクリープ変形の挙動である。

4. あとがき

前節の例でみて来たように流体の非線型運動に関する計算結果は非常に興味深いものがあり、線型理論とは別の意味で、ある種の美しさが感じられる面さえある。この紹介記事によつて非線型計算の魅力をいささかなりとも感じとつて頂ければ筆者にとつてこれ程の幸福はないと思つている次第である。

6	32-24S	28-52E	23-30	328	13.16	365	15.53	352.5	15.13	107.47	216	積算計故障 Reset 誤作動のため Data ナン	
7	28-26S	38-57E	23-45	321	13.52	355	14.95	336.8	14.18	104.92	135		
8	23-55S	37-11E	23-45	354	14.91	357	15.03	357.7	15.06	101.05	0		
9	18-37S	40-11E	23-45	360	15.16	338	14.23	335.2	14.11	93.11	0		
10	12-51S	43-06E	24-00	386	16.08	388	16.17	—	—	—	—		
11	6-47S	45-10E	23-45	385	16.21	379	15.96	379.0	15.96	98.44	0		
12	6-48S	47-37E	23-45	388	16.34	372	15.66	379.7	15.99	97.86	0		
13	5-12N	50-31E	24-00	399	16.63	378	15.76	392.7	16.37	98.47	0		
14	10-55N	54-03E	23-45	405	17.05	372	15.66	388.0	16.34	95.80	0		
15	16-45N	57-33E	23-45	405	17.05	364	15.39	375.4	15.81	92.69	0		
16	22-58N	59-42E	24-00	405	16.88	386	16.08	—	—	—	—		
17	26-22N	54-19E	24-00	392	16.13	384	16.00	391.8	16.32	99.95	170		
Total or Average			548-30	8702	15.87	8571	15.63	8609.0	15.70	98.93	1129		

表7-3 Doppler-Navigator 対水速力記録

DATE	Noon Position		Under Weigh			EM Log		Doppler Navigator		Dop. Nav. U.W. ×100	大略の大水速力表示 哩数	Remark
	Lat	Long	Hours	Dist	Speed	Dist	Speed	Dist	Speed			
Sept 27	3-53S	47-07E	24-00	365	15.21	360	15.00	345.1	14.38	94.5		
28	9-64S	44-28E	24-15	347	14.39	361	14.89	342.1	14.11	95.0		
29	14-22S	44-40E	24-15	363	14.97	377	15.55	359.2	14.81	99.0		
30	17-55S	38-46E	24-00	372	15.50	391	16.27	349.8	14.58	94.0		
1	24-52S	35-33E	24-15	348	14.35	393	16.21	358.3	14.78	103.0		
2	30-03S	31-30E	24-15	379	15.63	375	15.46	358.4	14.78	94.6		
3	11-06S	26-11E	24-15	370	15.26	329	13.59	(302.9)	(12.49)	(81.9)	80'	反射弱いために不採用とする
4	15-00S	20-02E	24-30	313	12.76	335	13.67	304.1	12.41	97.2	312'	
8	18-32S	3-33E	24-15	345	14.23	361	14.87	388.4	13.95	98.1	70'	
9	13-43S	0-11W	24-15	360	14.85	373	15.38	356.6	14.71	99.1		
10	8-26S	3-41W	24-00	354	14.75	365	15.21	346.0	14.42	97.7		
11	4-16S	7-16W	24-15	357	14.72	372	15.24	358.5	14.78	100.4		
12	0-46N	10-43W	24-15	362	14.93	371	15.30	362.3	14.94	100.0		
Total or Average			12-02.30	4267	14.67	4434	15.26	4178.8	14.38	97.9	'462'	

表7-4 Doppler Navigator 対地速力記録

1) 南阿附近

測定時間	O.G by Radar Position		Doppler Navigator		Error		Dop. Nav. \ O.G ×100
	Dist	Speed	Dist	Speed	差	差/Hk	
5/9 02.00							
04.00	30	15.00	29.7	14.85	⊖ 0.3	⊖ 0.15	99.0
08.00	58½	14.62	60.2	15.05	⊕ 1.7	⊕ 0.43	102.9
Noon	61½	15.38	59.6	14.90	⊖ 1.9	⊖ 0.43	96.9
16.00	60½	15.13	60.4	15.10	⊖ 0.1	⊖ 0.03	99.8
20.00	59½	14.88	57.6	14.40	⊖ 1.9	⊖ 0.49	96.9
M.N	54½	13.65	53.8	13.45	⊖ 0.7	⊖ 0.30	98.7
6/9 02.00	27¼	13.63	28.0	14.00	⊕ 0.75	⊕ 0.37	102.8

11.00							
Noon	14½	14.50	14.3	14.30	⊖ 0.2	⊖ 0.20	98.6
14.00	25¾	12.88	26.2	13.10	⊕ 0.45	⊕ 0.22	101.7
1600	22¾	11.38	22.7	11.35	⊖ 0.05	⊖ 0.03	99.8
Total or Ave	414¾	14.30	412.5	14.32	⊖ 2.25	⊖ 0.08	99.40

2) ペルシャ湾内

測定時間	OG by Rader Position		Doppler Navigator		Error		Dop./OG Nav/×100
	Dist	Speed	Dist	Speed	差/2Mts	差/Hk	
17/9 02.00							
04.00	34.3	17.15	33.0	16.50	⊖ 0.65	⊖ 0.23	96.2
06.00	33.0	16.50	33.2	16.60	⊕ 0.10	⊕ 0.05	100.6
05.00	35.0	17.50	33.5	16.75	⊖ 0.75	⊖ 0.28	95.7
10.00	26.1	13.05	26.0	13.00	⊖ 0.05	⊖ 0.03	99.6
Noon	34.0	17.00	34.0	17.00	N.L.	N.L.	100.0
14.00	35.5	17.55	33.9	16.95	⊖ 0.80	⊖ 0.40	95.5
Total or Ave.	197.9	16.49	193.6	16.13	⊖ 0.82	⊖ 0.36	97.8

表7-5 Doppler Navigator 対地速力記録

1) 南阿附近

測定時間	OG by Rader Position		Doppler Navigator		Error		Dop./OG Nav/×100
	Dist	Speed	Dist	Speed	差/2 Hms	差/Hk	
3/10 06.00							
08.00	25.5	12.75	24.0	12.00	⊖ 1.5	⊖ 0.75	94.1
10.00	24.5	12.25	23.2	11.60	⊖ 1.3	⊖ 0.65	94.6
Noon	24.5	12.25	23.9	11.95	⊖ 0.6	⊖ 0.30	97.5
14.00	25.6	12.80	24.2	12.10	⊖ 1.4	⊖ 0.70	94.5
16.00	24.5	12.25	24.3	12.15	⊖ 0.2	⊖ 0.01	99.1
18.00	25.0	12.50	24.5	12.25	⊖ 0.5	⊖ 0.25	98.0
20.00	25.5	12.75	25.1	12.55	⊖ 0.4	⊖ 0.20	98.4
22.00	32.5	13.00	32.0	12.80	⊖ 0.4	⊖ 0.20	98.4
MN	25.5	12.75	25.7	12.85	⊕ 0.2	⊕ 0.10	100.7
4/10 02.00	27.5	13.75	24.9	12.45	⊖ 2.6	⊖ 1.30	90.5
04.00	25.5	12.85	25.0	12.50	⊖ 0.5	⊖ 0.25	98.0
06.00	26.1	13.01	25.5	12.75	⊖ 0.6	⊖ 0.20	97.7
08.00	25.4	12.70	24.8	12.40	⊖ 0.6	⊖ 0.20	97.6
10.00	25.0	12.50	24.2	12.10	⊖ 0.8	⊖ 0.40	96.8
Noon	24.5	12.25	23.9	11.95	⊖ 0.6	⊖ 0.30	97.5
14.00	26.0	13.00	24.8	12.40	⊖ 1.2	⊖ 0.60	95.3
16.00	28.0	14.00	26.1	13.05	⊖ 1.9	⊖ 0.95	93.2
Total or Ave	441.1	12.79	426.1	12.35	⊖ 0.88	⊖ 0.44	96.5

表7-6 48年3月6日京浜港扇島シーバースから根岸まで「あどりあ丸」シフト中におけるタグポート「扇丸」の電磁ログとの比較表

15時40分—17時15分 扇島シーバース—根岸

時刻	あどりあ丸 電磁ログ	あどりあ丸 ドップラー	扇丸 電磁ログ
16.24	7.5ノット	7.3ノット	7.5ノット
31	6.5	6.2	6.5
39	5.4	5.4	5.7
44	5.5	4.7	5.3
49	5.5	5.0	5.0
53	3.7	3.8	3.7
17.01	2.9	3.1	3.2
05	2.2	2.1	3.0
08	2.2	2.4	2.7

時刻	あどりあ丸 電磁ログ	あどりあ丸 ドップラー	扇丸 電磁ログ
13	2.0ノット	2.4ノット	2.5ノット
16	1.8	2.1	2.2
22	1.7	1.8	2.0
25	1.7	1.8	1.7
28	1.5	1.5	1.5
30	1.3	0.9	1.0
41	0.7	1.3	1.0
43	0.7	0.9	0.8
45	0.5	0.5	0.5

備考 16.57 Took OHGI-MARU on Port Bow

あ と が き

以上簡単にドップラーナビゲーターの仕様ならびに海上運航および航海中のデータについてのべた。「あどりあ丸」のあと「鹿島山丸」「高倉山丸」にも本装置を装備し、良好な結果を得ている。なお、本装置の送受波器に音響測深機の送受波器を組み込んで試験を行い、支障なく使用出来る構造のものを完成することが出来た。今後この装置を装備する船では音響測深機の装備に船底タンクを切りあける必要がなく、測深機の送受波器回路のケ

ーブルを本装置に接続することで測深を行うことが可能である。また NNSS や衝突予防レーダー等のシステムの自船速度の信号の供給端子が設置してあり、更に本装置の広範な応用が期待されている。本機の開発に当つて限られた期間に所期の成果を達し得たのは、関係各位の御協力と一年余にわたり連日データをとつて連絡戴いた「あどりあ丸」各位の御協力の賜物であり、誌上を借りて厚く感謝する次第であります。(執筆責任者：海上電機株式会社計測機器部 有村 浩)

天 然 社 編 船 舶 の 写 真 と 要 目 第 21 集 (1973年 版)

昭和48年12月刊行 B5版上製画入 要目206頁 写真56頁 定価3,500円(千200)

第20集以後—昭和47年8月～48年7月における2,000トン以上の新造船206隻を収録。この1年における主たる新造船の全貌が詳細な要目および全景写真をもつて明かにされた本集は、かならず、船舶関係の技術者はもちろん、一般愛好者にとつても貴重な資料であることを疑わない。

国 内 船

- 〔客船〕 あるいは、ましう、えりも丸、あるばとろす、ごうるでん おきなわ、フェリー すみよし、おりおん、いせ丸、あるなする、にちなん丸、新さくら丸、おきなわ丸、さるびあ丸
- 〔貨物船〕 せーぬ丸、しわく、ほうらい丸、東興丸、新川丸、金扇丸、ころんぴあ丸、秀和丸、妙見丸、新宝丸、正徳丸、エイシアン フェニックス
- 〔油槽船〕 扇田川丸、高倉山丸、高宮丸、宗珠丸、登光丸、霞光丸、鳥取丸、清和丸、大光丸、高城山丸、海光丸、雷光丸、流春丸、東栄丸、ばしふいっくころな、第五福原丸、第八百若丸、ぐらんだあ、翠興丸、神裕丸、第一星宝丸
- 〔散積貨物船〕 銀河丸、新雄丸、恒光丸、容取丸、神祥丸、茨城丸、恒光丸、紀国丸、第二中興丸、菱東丸、渡島丸
- 〔特殊貨物船〕 宇佐丸、船田丸、あらふら丸、ばしふいっく丸、万喜川丸、山鶴丸、大津川丸、鎮和丸、こーかさす丸、八戸丸、乾登丸、べらざのぶりっじ、にゅーよーく丸、黒部丸、にゅーじゃーじ丸、東米丸、ジャパン アンブローズ、ばしふいっくあろう、白山丸、かすけーど丸、豊船丸、金寿丸、ジャパン プラム、さんたかたり丸、第七ぶりんす丸、SUN DIAMOND、相模丸、翠光丸、第三旭光丸、いそかぜ丸、大真丸、第八十七大盛丸、第一日本へ丸、さくら丸、MARIVELES
- 〔特殊船〕 銀河丸、第五天洋丸、第三天洋丸、吉野丸

輸 出 船

- 〔客船〕 高麗、CEBU CITY
- 〔貨物船〕 OCEAN HARVEST, ACROPOLIS, ALKYONIS, UNION BRILLIANCY, BUNGA ANGSANA, MERRY CAPTAIN, BUNGA SEROJA, SPES, FORTUNE VENTURE, SEA BIRD, PERICLES HALCOUSSIS, EVER PIONEER, OCEAN GADIS, LORD, CERRO GRANDE, LANSING ACE, SOUTH WORLD, UNITY, RESPLENDENT, UNION ADSTRALIA, CRIMSON CONCORD
- 〔油槽船〕 GLOBTIC TOKYO, VENOIL, BERGE PRINCESS, THORSHOLM, SINDE, IOANNIS CHANDRES, VIOLAND N. GOULANDRIS, OTTO N. MILLER, EASTERN DALE, UNIVERSE PIONEER, FERNMOUNT, MOBIL PETROLEUM, ATHINA S. NIARCHOS, JAPAN ITOCHU, AFRAN ZODIAC, ENERGY MOBILITY, GEORGE F. GETTY II, JEQUITIBA, TADOTSU, ACCLIVITY PRINCE, ANIA, NAVARCHOS MIAOULIS, MESSINIAKI ORMI, SEABORNE, ESSO KUMAMOTO, SOLEIL
- 〔散積貨物船〕 SEVERN BRIDGE, MOSFIELD, POLYVIKING, GENE TREFETHEN, MOSBROOK, TAKAMINE, VOYWI, KYRIAKI, CHALMETTE, STAMY, FEDERAL BULKER, ARMONIA, EASTERN TREASURE, KOLLE D, VICTORIA I, INVERSHIN, EASTERN LILAC, AVLIS, ANTENOR, DORIC FLAME, WAYFARER, ELLISPONTOS, MERCY, STAR CASTOR, SPRAYNES, WOERMANN SASSANDRA, ANTIOCHIA, PERGAMOS, SETE
- 〔特殊貨物船〕 NAESS AMBASSADOR, DOCECANYON, TANTALUS, TARTAR, ANDRS ANTARES, CYPRES KING, LARINA, GARDEN GREEN, SILVER BRIDGE, WORLD KINGDOM, AUTHENTIC, ROSS ISLE, AEGEAN SEA, ESSO FUJI, TOYAMA, OGDEN BRIDGESTONE, BUNGA TEMBUSU, GOHYO, SANKOMOON, MANDANG, STREAM BOLLARD, CAR CASTLE, ASIA DALE, LEO, CRYSTAL GARDENIA, REGENT CEDAR, GRAND CARRIER, SOUTHERN OCEAN, MANISTEE, INWANG
- 〔特殊船〕 PETROBRAS II, FUNG YANG

肥大船の水槽試験例(3)

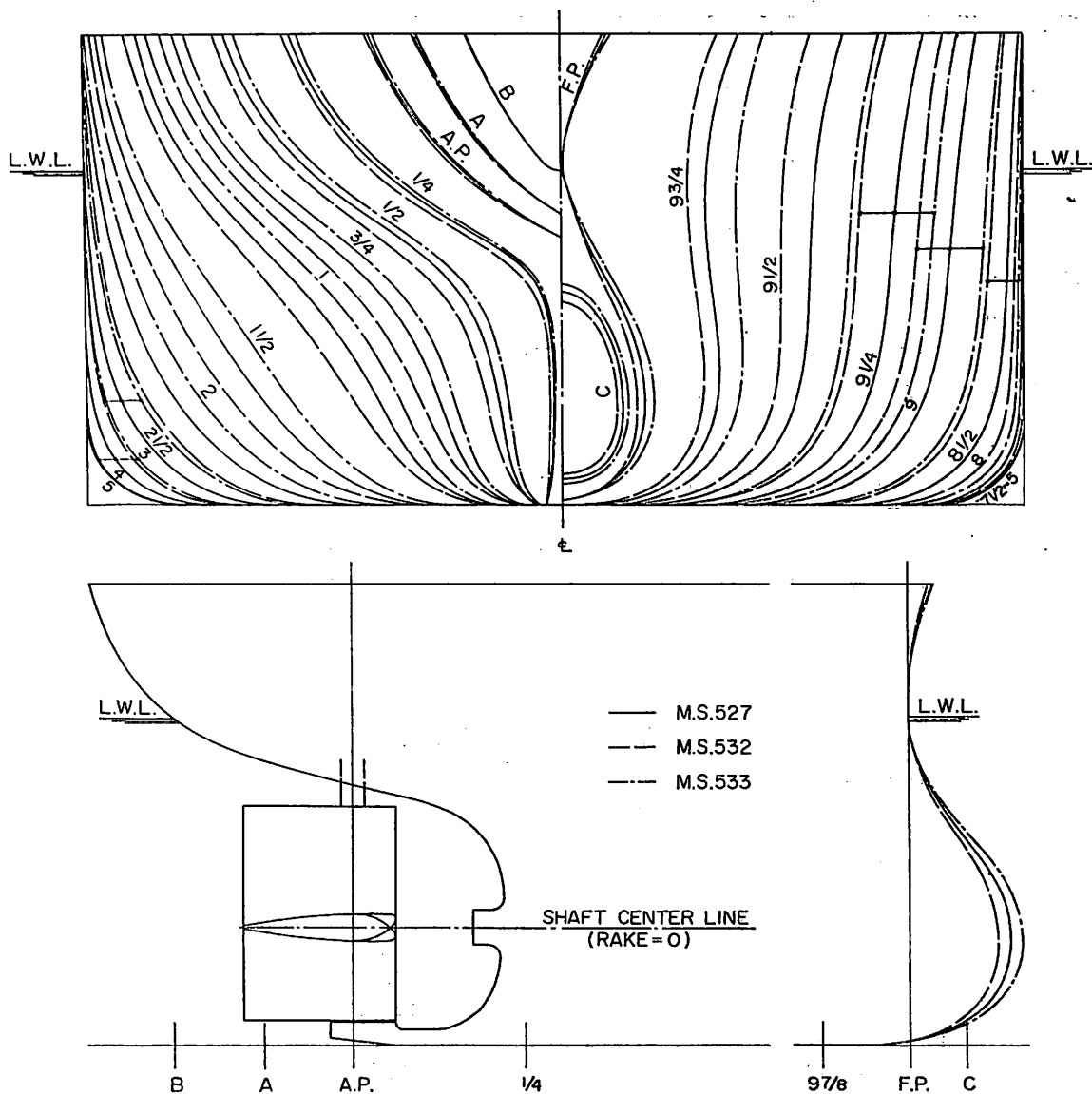
— l_{CB} の影響 —

「船舶」編集室

M.S. 527, 532 および 533 は垂線間長さ 240.00 m の油送船に対応する模型船で、模型船の長さおよび縮率は

6.0 m, 1/40.000 である。

各船の主要寸法等および試験に使用した模型プロペラ



第1図 正面線図および船首尾形状

の要目を、実船の場合に換算して第1表および第2表に示し、正面線図および船首尾形状を第1図に示す。舵としては反動舵が採用された。また、L/Bは7.5、B/dは約2.8である。

なお、主機としては連続最大出力で25,000BHP×114RPMのディーゼル機関の搭載が予定された。

試験はいずれも満載のほか2状態で実施された。試験により得られた剰余抵抗係数を第2図に、自航要素を第

3図～第5図に示す。これらの結果に基づき実船の有効馬力を算定したものを第6図に、伝達馬力等を算定したものを第7図に示す。

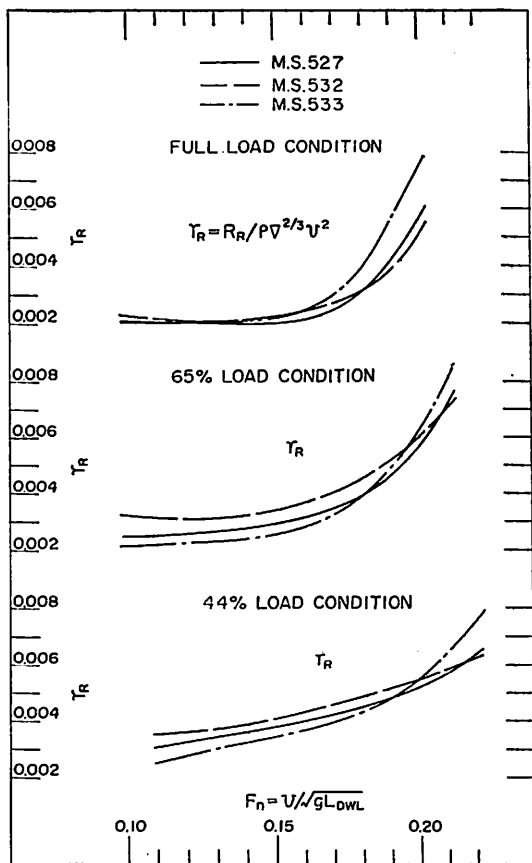
ただし、試験の解析に使用した摩擦抵抗係数はいずれもシェーンヘルのもので、実船に対する粗度修正量 ΔC_F は-0.0003とした。また、実船と模型船との間における伴流係数の尺度影響は考慮されていない。

第1表 船体要目表

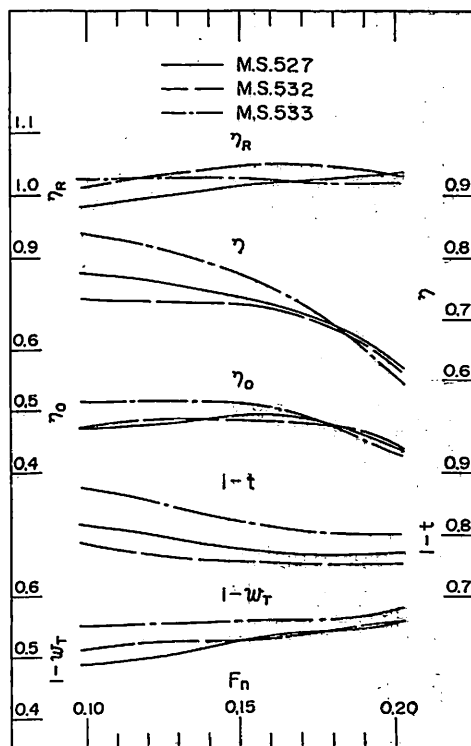
M.S. No.		532	527	533
長さ 幅 (外板厚を含む)	LPP (m)	240.000		
	B (m)	32.000		
満 載 状 態	喫水 d (m)	11.580		
	喫水線の長さ LDWL (m)	246.000		
	排水量 V_0 (m ³)	73,016	73,021	73,055
	C_B	0.821		
	C_F	0.829		
	C_M	0.990		
	l_{GB} (LPPの%にて 図より)	-1.61	-2.59	-3.56
平均外板厚 (mm)		0		
船首形状		突出バルブ		
バルブ	大きさ (船体中央断面積の%)	10.2	11.0	12.3
	突出量 (LPPの%)	1.25	1.45	1.61
	没水深度 (満載喫水の%)	68.0	67.0	68.0
摩擦抵抗係数		シェーンヘル ($\Delta C_F = -0.0003$)		

第2表 プロペラ要目表

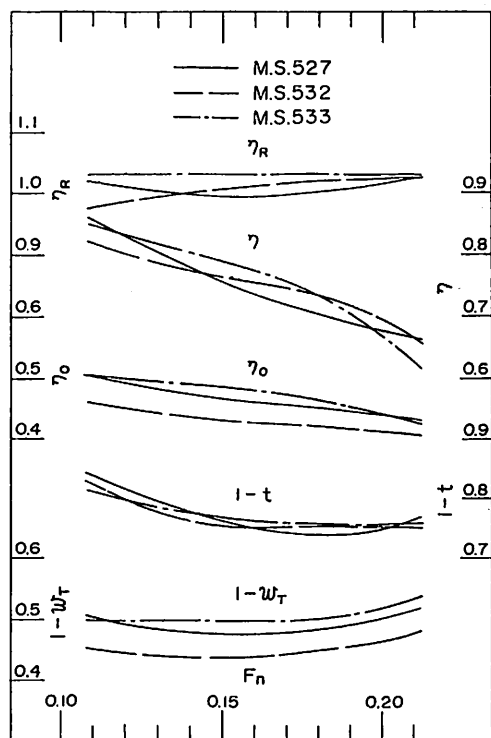
M.P. No.		427
直	径 (m)	6.200
ポ	ス 比	0.180
ピ	ッチ (一定) (m)	6.040
ピ	ッチ 比 (一定)	0.974
展	開 面 積 比	0.650
翼	厚 比	0.050
傾	斜 角	10°~0'
翼	数	5
回	転 方 向	右 廻 り
翼	断 面 形 状	MAU 型



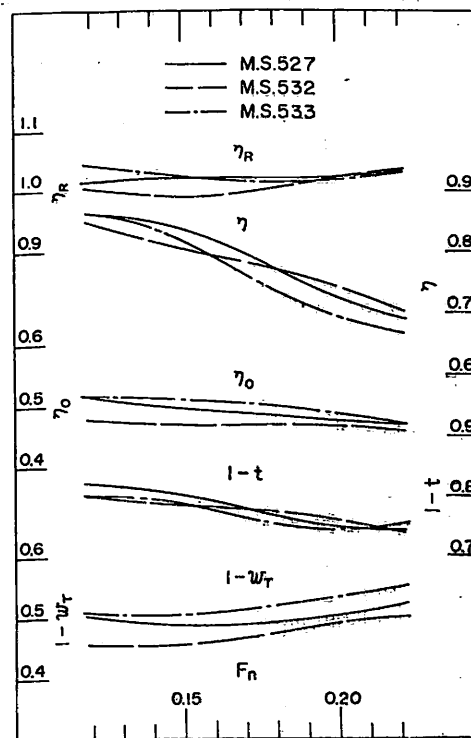
第2图 剩余抵抗系数



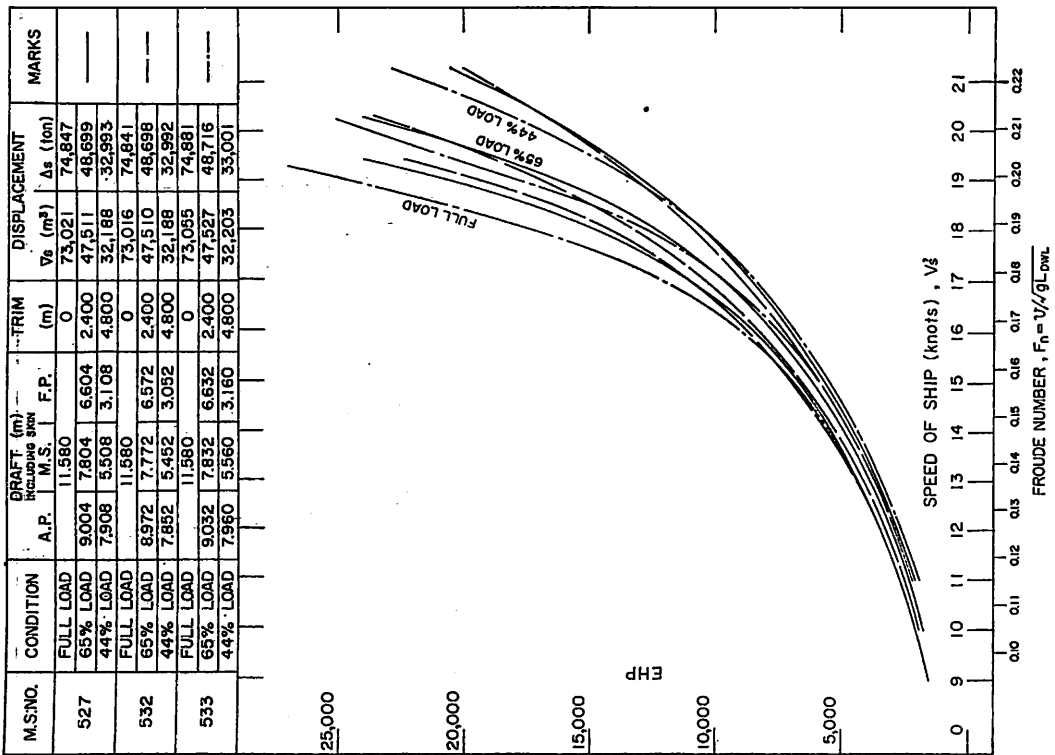
第3图 自航要素 (满载状态)



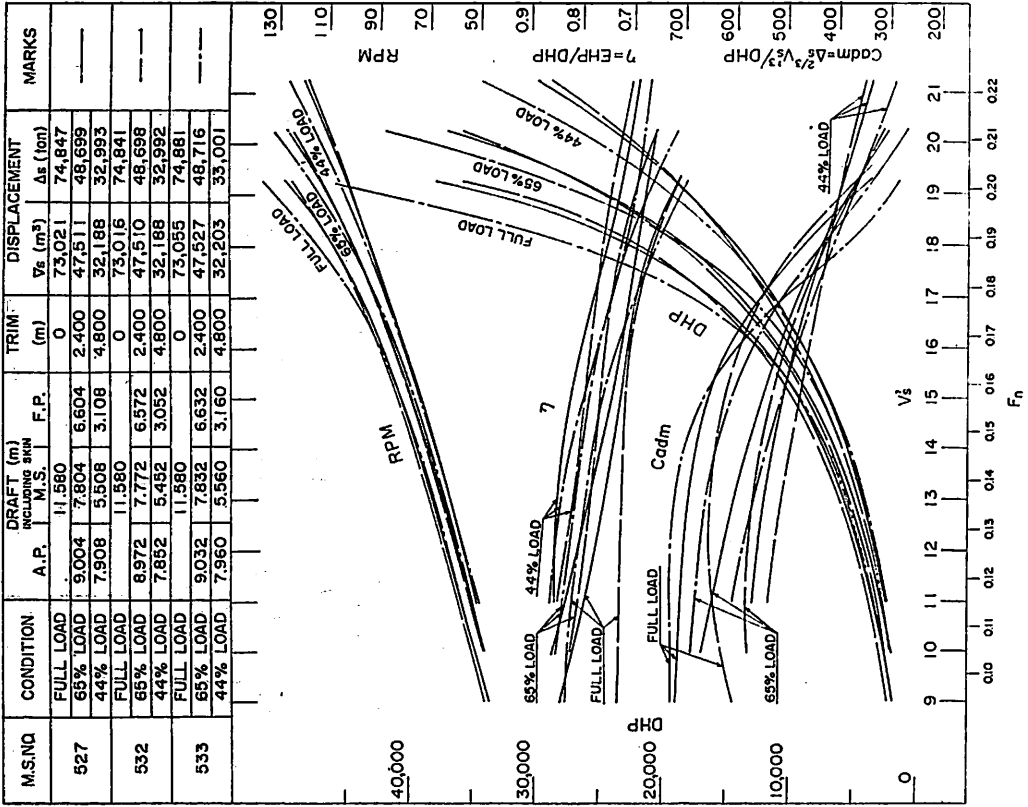
第4图 自航要素 (65% Δ_F 状态)



第5图 自航要素 (44% Δ_F 状态)



第6圖 有動馬力曲線圖



第7圖 伝達馬力等曲線圖

NKコーナー



鋼船規則の一部改正認可さる

かねて運輸大臣に認可を申請していた鋼船規則第34編内燃機関の一部改正及び第33、35編の関連改正が、昭和48年10月29日付けで認可された。

今回の改正の要旨は次のとおりである。

1. 国際船級協会連合 (IACS) において決定を見た統一見解に基づき、材料検査および安全装置について、一部を改正した。
2. 内燃機関の用語について、JIS F 4301 および F 4304 に準じて一部改正した。
3. 内燃機関のクランク軸径算定式の定数表について、一部定数を追加した。
4. 内燃機関の軸継手ボルト材の適用範囲について、全面的な見直しと、ボルト材の引張り強さが高い場合の取り扱いの一部を追加した。
5. 内燃機関の軸継手根元の丸味半径と、ボルト又はナットのための座ぐりとの関係について、見直しと問題点の一部改正をした。

なお、これらの一部改正の実施時期は、本年4月ごろの予定である。

LNG 船規準説明会開催さる

NK は、LNG 船規準を全面改正し、発行したのを機会に、東京（私学会館）および大阪（第一生命ビル）において、その説明会を開催した。

NK は、昭和46年に LNG 船規準を制定し、いち早く LNG 船の実現に備えたが、その後の日本における LNG 船建造体制確立のための調査、研究の進展および新技術の開発並びに NK 独自の調査、研究の成果に基づいて、今回全面改正を行つたものである。この規準は、現時点において LNG 船の構造および設備に関するもつとも整備した規則といふことができる。

今回の説明会には、この種の会合としては予想外の多数の出席希望者が集まり、そのすべての方々に出席していただくことができない状態であつた。

このことは、関係者がこの LNG 船規準に対し、非常に大きな関心を持っていることを示すものと言ふこと

ができてよう。

出席者は、造船、造機、鉄鋼、金属、溶接棒、防熱機、電気機器等の関連メーカーはもちろん、船主、商事会社、海上保険、電力、ガス、他船級協会等多岐にわたつた。

説明会当日は、定刻と同時に満員となり、熱心に NK の説明を聞き、また多数の出席者が討議に加わつた。

質問、討議を通じて出席者の関心は、NK の規則、検査が世界的にどの程度の水準にあるのか、IMCO、IACS の統一規則に対しどの程度の影響力があるのか、USCG の行つている検査との関連はどうか等、国際的に関連する事項が多かつた。

クウェイト政府から代行権限取得

NK は、1973年11月6日付けで、クウェイト政府から、同国籍船に対する下記の代行権限を取得した。

1. 1960年 SOLAS 条約に基づく、貨物船安全構造証書、貨物船安全設備証書、貨物船安全無線電信証書、貨物船安全無線電話証書の発行、更新および延期に関する業務
2. 1966年 ILL 条約に基づく、乾女の指定および国際満載喫水線証書の発行および更新に関する業務

なお、これにより、NK に対して国際条約等に基づく代行権限を付与している外国政府は、合計18箇国となつた。

次期大型電算機の機種内定

NK は、技術規則の近代化、設計審査の精密化と敏速化および各種損傷の統計解析等に、コンピュータ利用技術を積極的に活用している。

現在、FACOM 230/25 が設置されているが、最近その使用量が増大し、過剰の傾向となつてきたので、かねてから、次期の大型電算機の機種内の検討を進めてきた。その結果、本年2月 FACOM 230/55 を導入することが決定した。

新機種の主記憶装置の容量は、512KB で大幅にレベルアップになる外、マルチジョブやオンライン等、従来に比べて機能が一段と向上するので、今後の NK の業務の電算化の推進に、大いに貢献するものと期待されている。

試験機関係業者との懇談会開催

NK は、昨年6月材料試験機関係規則の大改正を行い実施したが、その後の実施状況等について、関係業者と意見の交換等を行うため、去る11月本部において懇談会を開催した。

当日は、試験機工業会関係22社、試験機懇親会関係19社の参加を得て、検査実施上の問題点、試験機の保守、自動化試験機の検査等について活発な討論が行われた。

〔製品紹介〕

大型船舶用ドップラー・ソナー第1号機

—旭交易が仏・トムソン-CSF 社から輸入—

かねてより船舶機械類の輸出・入、国内販売の商社として、造船需要の高まりと安全航海という社会的ニーズとともに業績を伸ばしてきた旭交易株式会社（東京都千代田区九段南3-29、社長武藤重雄、48年10月1日より旭機械計装株式会社から現社名に変更）は、フランスのトムソン-CSF社と昨年6月に日本での総販売代理店契約を締結したが、このほど航海用ならびに接岸用ドップラー・ソナー1号機を輸入し、三井造船株式会社へ納入することが決まった。

タンカーの超大型化と大型船の増加が著しい近年、港内に接岸する際の操船が一層難しくなっている。また、航海の安全性が強く望まれている折、海底に対する相対速度をたえず正確に把握する必要性が求められていた。

このほど旭交易（株）が三井造船へ納入するドップラー・ソナー T.S.M 5710 は超音波のドップラー効果を利用して真の対地速度（前後方向および船首・船尾での横方向速度）の計測が可能な装置である。

本装置の主な特徴は

(1) 海底に対する船の速度ならびに岸壁との相対速度が、風、潮流、ピッチングおよびローリングに関係なく1cm/secまで正確に確認でき、岸壁、他船との衝突の危険性が防止できる。

(2) 投錨の際に、慎重な操船が可能となり、アンカー・ケーブルの切断、逸走を防止できる。

(3) 狭い海峡を航行する際は常時横方向の速度をデジタル表示で読むことができ、海底に対する船舶の“ずれ”を正確に修正できる。

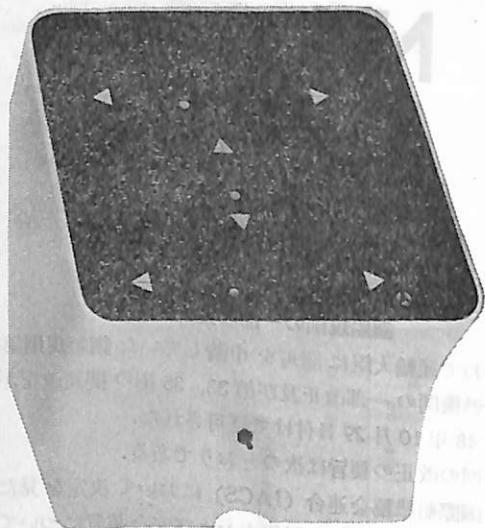
などがあげられる。

また、従来の同種の装置との大きなちがいで次の点があげられる。

(1) 海水温度および濃度が変化する場合でも、これらの影響を受けない特殊な構造（トムソン-CSF 特許）になっているので、より正確な測定が可能である。

(2) 発信信号は3種類の特殊な信号（トムソン-CSF 特許）をもち、超音波発信方式が従来の方式と異なるため、ドップラー・ソナーが発した音波と、その他各種の雑音とが容易に区別できる。

(3) 各スピードは対称方向の2種の音波により計測されるので、ピッチング・ローリングの影響は打消される。



ドップラー・ソナー T.S.M. 5710

(4) 総合精度が20ノット以下では0.5%以内に、20ノット以上40ノット以下では1.0%以内におさえられる。

なお、今回納入が決定したドップラー・ソナー T.S.M 5710の価格は、わが国で一般に販売されている一セット1,000万円前後に比べ若干割高となつている模様であるが、トムソン社では同程度の性能を有し、価格も2割以上低くなる小型ソナーの開発を終つており、T.S.M 5711, T.S.M 5720として、日本で建造する外国船主のタンカー3隻に明春納入が決定しているものもある。

この種の装置の設置対象として当面日本では、20万トン以上の船が対象にあがつている。

タンカーの大型化とそれに伴う大型船の著しい増加により、衝突や岸壁との接触の危険性と、それらの結果発生するさまざまな障害が問題となつている今日、安全航海を行う上から、今後の需要増が期待されている。

◇ ◇ ◇

旭交易は昭和25年、東京において日進興業（株）と称し、資本金50万円をもつて設立、内燃機の販売を開始、発足したものであるが、遂次業務は伸展し、増資を重ねて、現在の資本金は2億円である。

同社の事業内容は、陸・船用内燃機部品（部品部門）、陸船用内燃機および甲板機械（機械部門）、陸船用自動化計器（計装部門）ならびに船舶（船舶部門）の販売に大別されるが、その主要製品およびその売上高の割合は次のようになつている。（昭和47年度の実績による。売上高15,009,611単位千円）

部品部門：28.6%	機械部門：31.0%
計装部門：16.2%	船舶部門：24.2%

〔製品紹介〕

金子産業の新製品・ミニ 12PU シリーズ

防爆型・三方，四方空気圧用電磁弁

金子産業株式会社

防爆型電磁弁のコンジット即ち端子箱の電線管接続口が、360度自由に廻るといふ、従来にない画期的な構造をもつた防爆型電磁弁のミニ・12PU シリーズ（特許出原中）を発表する運びとなつた。防爆型の国家検定を取得し、国内他社には類例のない新製品である。発売は昭和49年1月の予定である。

本型式の電磁弁には次の三種類がある。

- (1) ミニ直動・三方電磁弁
- (2) ミニ・四方電磁弁
- (3) ミニ・デュアル・四方電磁弁

上記のうち(1)(2)はパイロット式となつている。サイズは三方電磁弁が $\frac{3}{8}B, \frac{1}{4}B, \frac{3}{8}B$ ，四方電磁弁が $\frac{1}{4}B, \frac{3}{8}B$ となつている。

ミニ三方，四方電磁弁に共通する特長

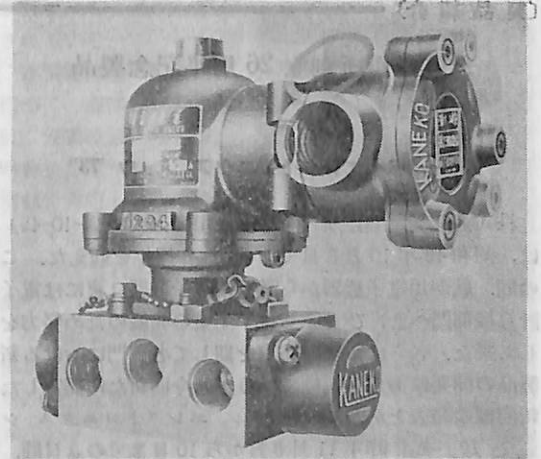
1. 電線管接続口（コンジット）は360度任意の方向に変えられるので、電線管配管の際に自由に位置ぎめできるので、設置や施工が極めて能率よくできる。
2. コンジットの位置が自由に定められるので、電線管の中でも特に鋼管配管には極めて有利である。配管だけの理由で電磁弁の設置する向きを不自然に変える必要がなくなった。
3. 端子管は従来よりも内容積を拡げ、引込み電線は 2mm^2 まで使用できる。と同時に結線がよりし易くなった。
4. 国家検定合格品である。即ち労働省産業安全研究所の耐爆発試験・防水試験に合格し、労検第13868号・d2G4を取得している。（注—d2G4は耐圧防爆構造と危険場所、爆発性ガスの等級を示す。d：耐圧防爆構造、2は第1種と第2種危険場所、G4はJISに規定されたガスの分類による）防爆構造であると同時に防水構造である。

他の特長は従来のミニ・シリーズと同様であるから省略するが、その中でも手動操作ボタンが付いているのは、この防爆型では非常に有利である。防爆型電磁弁を設置した場合、これに電気的なスイッチ（開閉器）を設置すると、このスイッチを防爆型にしなければならない。本電磁弁は、そのような心配はなんら必要としない。

またアルミ合金で作られているが、全体に耐食処理が施されているので、腐食に対する恐れは殆どない。

MOOU・12PU シリーズ標準仕様

ソレノイド部：防水型，防爆型



起 動 電 流： }
 励 磁 電 流： }
 周 囲 温 度： } M15 シリーズと同様
 コ イ ル： }
 電 圧： }
 許容電圧変動率： }
 作 動 圧 力： オリフィス径 1.6φ： 0~7 kg/cm²
 3.2φ： 0~4 kg/cm²
 Cv(オリフィス径)： 0.084 (1.6φ) 0.22 (3.2φ)
 重 量： 防水型 0.6 kg, 防爆型 0.9 kg

M15 G-12PU, M15 WG-12PU シリーズ

標準仕様

使用流体 空気（ゴミ，水分等を含まない清浄空気）
 使用空気圧力 1~10 kg/cm²
 Cv ファクタ 0.75
 流 体 温 度 -20~+40°C
 作 動 頻 度 300 サイクル/分 連続最高
 耐 久 性 500 万回以上
 応 答 時 間 0.05 秒
 電 気 定 格 AC： 100 V 50/60 Hz, 200 V 50 Hz,
 220 V 60 Hz, 連続
 DC： 24 V, 100 V, 110V, 連続

電 流 値

V / Hz	AC S42		DC S42	
	起動 A	励磁 A	V	A
100 / 50	0.23	0.14	24	0.33
100 / 60	0.19	0.12	100	0.07
200 / 50	0.12	0.07	110	0.08
220 / 60	0.12	0.07		

許容電圧変動 +10% -15%

コ イ ル 連続定格 B 種

(金子産業株式会社：東京都港区芝5-10-6)

【製品紹介】

光電製作所創立 26 周年記念製品
展示会

“コーデン エレクトロニクス ショウ '73”

株式会社光電製作所（東京都品川区上大崎 2-10-45）は、昭和 48 年 10 月 3 日で、創立 26 周年を迎えた。この間、航海用電子機器から漁撈用電子機器、更には電子計算機部門へと、ひたすら電子工業の発展のため努力をして来た。さらに一層の充実を期して各部門における新製品の開発に努力を続けているが、今回新たに制定した新商標の発表をかね、「コーデン エレクトロニクス ショウ '73」を、昨年 11 月 8 日から 10 日までの 3 日間、東京千代田区平河町、日本海運倶楽部で開催した。

このショウには、同社の主要製品は殆ど全部、新製品を中心として、次のようなグループ別に展示され、連日多数の参加者でにぎわった。なお下記の展示製品名のうち、太字になつているのが新製品である。

無線方位測定機

- KS-555** 電池式携帯用
 / 321 UA 小型全方向自動直視式
 / 500 中型
 / 507 150 MHz 専用
 / 510 全方向自動指示式
 / 516 A ラジオプイ、ホーシング用
 / 518 27 MHz 専用
 / 520 小型全方向自動直視式
 / 525 高級自動指示式（消音式併用）
 / 530 距離計付全方向自動直視式
 / 540 新型全方向自動直視式

ロラン、オメガ受信機

- OR-160** 高性能新型オメガ
LR-700 高性能標準型 (A+C)
 / 735 自動計数式 (A+C)
 / 745 近海用超小型 (A)
 / **746** 超小型自動式 (A+C)
 / 747 完全自動式 (A+C)
 / 748 高性能新型 (A) 0.1 マイクロ

船舶航路、位置記録装置

- LTP-600** 自動航路記録装置
 / 620 自動位置記録装置

レーダおよびレーダプイ

- MD-808** 8 kW 10 吋 レーダ
 / 809 10 kW 10 吋 レーダ
 / 819 25 kW 10 吋 レーダ

- / 827 50 kW 7 吋 レーダ
 / 505 5 kW 7 吋 レーダ
RB-502 レーダプイ専用受信機
 / 102 T レーダプイ

魚群探知機

- SR-385 A** 小型携帯用
 / 396 2 周波大型魚探
 / 654 高性能小型魚探
 / 656 強力中型魚探
 / 658 乾式中型魚探
 / **662** 乾式小型魚探
 / **663** 乾、湿式小型魚探
 / **665** 乾、湿式
 / **691** イカ魚探
 / **692** 2 周波大型魚探
 / **693** 2 周波 CRT 付大型魚探
SRM-681 マルチベンボトムスブレード
 / 672 AVG 大型マルチベン魚探
 / 873 マルチベンレンジスブレード
 / 673 マルチベンソナー

魚網監視装置

- ネットモニター NM-850, NM-850 T
 ネットメーター NM-852, NM-857

超音波応用機器

- バイオテレメーター **MBK-300** (ピンガー)
MBK-100 (受信機)
 側壁測定装置 **SRM-685 II**
 ドップラソナー 接岸装置
SDP-126 (スーパーメモリー) 超音波信号処理装置

特殊無線方位測定機

- KS-103** (中短波および 27 MHz 併用)
KS-117 (越短波用)

救難信号装置

- イカダ式 ERT-31, ERT-32
 完全自動式 ERB-52

コンピュータ応用機器

- 銀行用会計機
LKB-935 カードインタープリター
システム-7 インライン・システム
BSS-II ビリング・マシン
KODIC-103 ボーリングシステム

情報機器

- データ通信機器 小型ラインプリンター **DMP-251**
 コードコンバーター **CCU-225**

ファクシミリ受信機 FX-750 WR ドラム回転式
 〓 753 ベルト回転式
 〓 755 無臭ファックス

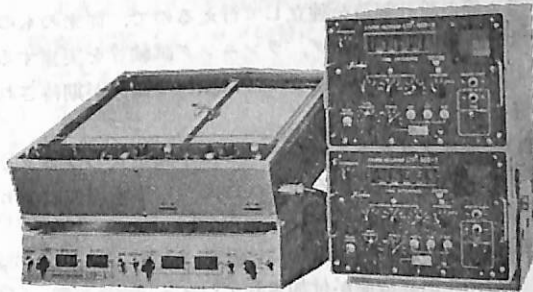
セクテード (秘話装置)

その他

次にコーデンの新製品のうち、自動航跡記録装置と船舶位置自動記録装置について略記するが、本装置の詳細、また他の展示品については、直接光電製作所に照会されたい。

自動航跡記録装置「LTP-600」

コースレコーダーは大型トロール船だけのものではあるが、従来のものは、場所を広くとり、値段も高く、操作もむずかしい。装備も大変で、特にアンテナの取付場所にひどく気を使うものである。やはり小型トロール船には無理であろうか。これらの難問に対応して開発されたのが、コーデンの新コースレコーダー「LTP-600」である。ロラン C はもちろん、A でも 0.1 μ sec の精度である。



LTP-600

アンテナ装備に制限を受ける船のためにインジュース防止対策、正確な航跡記録を行うための、コーデン独自の直交チャート、拡大比の大きなチャートが工夫されており、小型トロール船のためにコンパクトに設計されている。

重要性能

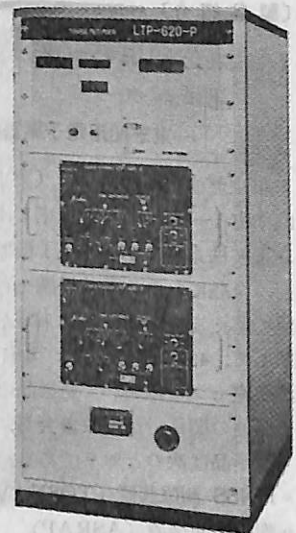
- 受信方式: A および C ロラン, オートマチックロラン受信機
- 測定方式: 自動および手動
- 測定精度: $\pm 0.1 \mu$ sec
- 記録方式: LOP が直交するコーデン独自のチャートによる
- 記録範囲: 1μ sec の精度で 4000 μ sec (XY 共)
 0.1μ sec の精度で 400 μ sec (XY 共)
- 記録精度: $\pm 0.1 \mu$ sec

船舶位置自動記録装置「LTP-620-P」

廃棄物を満載した船が毎日東京湾を出て行く。われわれの環境を汚染から守るために、これらの投棄船は、規

制海域内での投棄を禁止されている。

本装置は海の G メンに代つて、海洋投棄船の航跡、投棄位置、年月日、時刻を、ロラン受信機の情報を利用して自動的に記録する装置で、海洋汚染防止法施行規則第 12 条の 5、第 5 項および第 7 項の規定を満足する性能を持っており、操作简单、動作安定、構造は丈夫であり、船舶における過酷な使用に耐えるものである。次に構成、特長等を紹介する。



LTP-620-P 型

- (1) LTP-600 X, Y ロラン受信機および

LTP-620 自動印字装置

本機は自動追尾型の受信機で、ロラン A および C 電波を受信して、自動的に年月日およびその船舶の位置と投棄信号を印字記録する装置である。なお本機の特長は 0.1 μ s の単位で追尾を行うので、精度がすぐれている。本機は船室内に装備する。

- (2) 空中線結合器

本器は空中線とロラン受信機のインピーダンス整合を行うもので、空中線の基部近くに装備する。

- (3) 空中線 (ホイップアンテナ)

本空中線はホイップ型で基部を固定することによって自立するもので、できるだけ他の構築物から離れた高所、たとえばマスト上などに装備する。

- (4) 時計装置 (電源を含む)

本装置は水晶制御の標準時計を持ち、2 台のロラン受信機の位置情報を入力とし、次の動作をして、その出力をプリンターに提供する。

- 標準時間のデジタル化
- ロラン局名のデジタル化
- ロラン位置情報の中継

本装置はキャビネットに組込まれている。

- (5) プリンター

本プリンターは時計装置の出力情報によつて、次に示す数値を自動的に記録する。

- 年, 月, 日, 時, 分 廃
- ロラン局名……2組
- 時間差……2組

投棄実施中に赤字で印字する。

本プリンターはキャビネットに組込まれている。

- (6) 投棄開始ブザーが鳴る。(以下略)

〔製品紹介〕

東芝船用データロガーと船用機関部モニター

—東芝船用電子機器新製品展示会—

東京芝浦電気株式会社（東京事務所：東京都千代田区内幸町1-1-1日比谷電ビル）は、昭和46年以来、協立電波株式会社と船用電子機器部門において、営業、技術、全般にわたる業務提携を行い、海運、造船業界の要望に応える体制を整えて来たが、今般なお一層の躍進を期して、48年11月5日、6日の両日、東京都銀座、東芝銀座セブンにおいて新製品の展示会を開催した。業界その他の関係者が多数参会し、質疑応答でにぎわった。

展示品は次のとおりである。

- NSS 測位装置 (TOSNAV 703)
- 衝突予防装置 (ASRAP)
- 機関部モニター (TEWAK)
- ネオハロゲン投光器 (H-5001-QT)

次に同社の新製品「東芝船用データロガー」と「東芝船用機関部モニター」について略記するが、これら装置の詳細および他の製品については、同社に直接照会されたい。

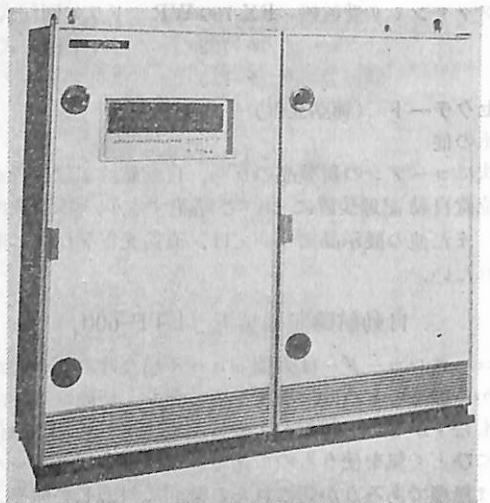
東芝船用データロガー TEWAK-200

東芝では、1956年よりオンライン用データロガーの製作、販売を開始している。それ以来多くの実績を積み重ね、1963年に全トランジスタ化された船用データロガー (ICD-200 シリーズ) を完成し、数多くの国内船、外国船に納入装備し好評を得ている。近年船舶の自動化、超自動化、機関室無人化等の近代化が進み、より高度の性能を有する集中計測装置が要求されている現状である。これらの要望に応じて、東芝ではユニークな技術を結集し、船舶全般にわたる自動化にも適合し得る TEWAK-200 (小型プログラムコントローラ内蔵) 船用データロガーを製作している。

TEWAK-200 データロガーの特長

□信頼性と性能について

- (A) 可能な限り広範囲にわたり、集積回路 (IC) を採用し、部品数の縮減を図ったことをはじめ、船用としての特長性を十分考慮し、使用部品を厳選し、標準化を大幅にはかつたので、信頼度が著しく向上した。
- (B) 操作盤には各種計測点設定用ピンボードを省略し、押釦操作のみで容易に設定できるようになったので、人為的誤操作による接触不良等の事故が皆無となった。



TEWAK-200

- (C) 本体 (ハードウェア)、入出力装置およびプログラム等の設計製造を独立して行えるので、従来のものより十分なエージング、ランニング試験等を実施することができるために、さらに信頼性の確保が期待される。
 - (D) 基本プログラムパッケージは半固定式のプログラム記憶部に内蔵されるので、作業員の通常操作に誤り等があつてもこわされることがない。
 - (E) 従来のデータロガーには装備されていなかったデジタル演算機能が付加されているので、機関室の無人化、および近代化に最適である。
 - (F) A.D 変換器に独特の積分方式を採用しているので、雑音などに対して安全な計測値が得られる。
 - (G) 書き込み可能記憶容量が大きいため、重要監視項目に関する NK-MO (監視周期が10秒以内であること) が走査監視方式のみで実現できる。すなわち、多項目が同時に異常になつても、高速で書き込み可能記憶部に記憶しておくため、監視作業は異常記録所要時間などに乱されることなく、続行することができる。
 - (H) その他次のような優れた性能を備えている。
 1. タイプライタは定時作表用と異常作表用に各1台使用しているので、ログシートの管理および互換性の点が非常に有利である。
 2. 上下限設定および各点休止の設定が操作盤でできる。
 3. 主軸回転数は1分間のパルス積算より算出するので、精度よく求められる。
- 保守性について
- (A) 各ユニットは完全に標準化したので、各ユニット

ごとに交換することができる。したがって保守が容易となつた。

(B) 完全前面保守式であるから、筐体の背面を壁面に密着して据えつけることができる。これにより、機関室の床面積を有効に活用することができるようになった。

□納期

本体（ハードウェア）、プロセス入出力装置、内蔵プログラム等の設計製造が独立にできるので、納期の短縮が可能となつた。

機能の概要

□監視警報機能

(A) 監視走査速度：約 10 計測点/1 秒

(B) 特定計測点の監視（機関室無人化船）

1. 走査監視：優先監視が可能で、指定した特定の計測点の走査監視数度を上げることができる。

2. 走査監視方式で時間的に問題がある場合は、連続警報設定器（アナログ信号による）を付加することができる。

(C) 異常発生

異常計測点（上限または下限異常）を発見すると、ランプをフリッカー点灯し、ブザーを鳴らすと同時にタイプ印字を行う。さらにその計測値をデジタル表示器に表示する。

(D) 異常確認

操作盤上の異常確認押釦スイッチを押すと、ブザーは鳴りやみ、ランプは連続点灯に切りかわる。

(E) 正常復帰

異常計測点が正常に復帰すると、ブザーは鳴りやみ、ランプは消灯されると同時に、タイプ印字を行う。

(F) 監視警報機能はすべての他の動作に優先して実行する（以下略）。

東芝船用機関部モニター TEWAK-100

概要

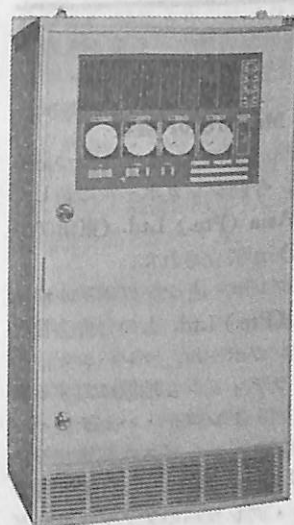
船用機関部モニター TEWAK-100 は、主機・補機などの運転状態を常時監視し、異常時には警報する機関部トータルアラームシステムである。

なおこのシステムにログブック作製機能を備えれば、船用機関部データロガー TEWAK-150 となる。

特長

・充実した機能

センサー断線の検出、アナンシェータランプ断線の検出、外部接点による自動監視休止およびランプレスト機能などを備えているので、機関部トータルアラームシ



TEWAK-100

テムとして充分機能を発揮する。

・見やすい警報表示

アナンシェータランプボードは、計測項目表を兼用する方式を採用しているため、グラフィックパネルに匹敵する見やすさが得られる。

・簡単で高精度の設定方式

上下限値の設定操作が簡単で、高精度の設定ができる。

・信頼性の向上

設計から出荷まで一貫した品質管理と半導体ス

イッチによる入力選択、IC 化されたアナンシェータおよび長寿命の発光ダイオードによる警報表示など、主要部の半導体化により信頼性の向上をはかっている。

機能

・アナログ入力信号の監視、警報

・接点入力信号の警報

・監視の休止

手動休止 各点ごと、各グループごと

外部自動休止 各点ごと、各グループごと

・警報表示

各点ごと表示

グループ別表示

一括表示

・連続表示（専用指示計）（オプション）

・連続記録（多ペンまたは打点式記録計）（オプション）

・グループ別第一原因表示

第一原因 ファーストフリッカー

第一原因以外 スローフリッカー

・自己点検機能（セルフチェック）

ランプテスト、ブザーテスト（手動テスト）

アラームテスト（手動テスト）

本体セルフチェック（自動テスト）

・選択表示（設定値および計測値）

アナログ表示（最大 3 重目盛のメーター 4 個まで）

単位記号表示器付

異常/正常および監視/休止のランプ表示

デジタル表示（オプション）

・延長警報（リモートアラーム）（オプション）

グループ別表示

一括表示

・特定点の無停電バックアップ（オプション）（以下略）

シンガポールに新 MacGregor 会社

東南アジアでは今や造船熱が急激に高まりつつあるが、その将来性にかんがみ、今回シンガポールに新しく MacGregor South East Asia (Pte.) Ltd. (東南アジア・マック・グレゴリー KK) が設立された。

この会社は国際マック・グレゴリーとシンガポールにある R. Jumabhoy & Sons (Pte.) Ltd. との合弁会社として、本年5月発足し、シンガポール、マレーシア、インドネシア、タイ、パングラディッシュ地域に対する海運、造船企業向けに、マック・グレゴリー・ハッチカバーおよび関係製品の販売、アフターサービスに従事する。

因みに R. Jumabhoy & Sons 社は、この3年間シンガポールにおけるマック・グレゴリーのアフターサービス・ステーション業務を行って来たものである。

B & W (Overseas) Ltd. 支配人の交代

パーマイスター・アンド・ウエイン(オーバーシーズ)リミテッド日本支社支配人としてクヌット・サークニハンセン氏が、昭和49年1月1日付で就任することになった。

サークニハンセン氏(42才)はノールウェー国ベルゲン市出身で、北アイルランド、ベルファースト市のクイーンズ大学で機械工学を修め、卒業後、コペンハーゲン市のパーマイスター・アンド・ウエイン社機関織装設計部に3年間勤務し、その後 B & W 型機関搭載の外航船で1年間海上勤務についた。昭和35年から45年にかけてはゲタベルケン社およびアーカークグループで、主として営業並びにサービス関係の仕事に携っていた。今回日本に勤務することになるまでは、同氏は英国サレー市のノーマリン(アーカークグループ)社の支配人であった。

昭和45年10月から、B & W (オーバーシーズ) Ltd. 日本支社支配人として赴任していたジョーゲン・ヘットマー氏は、コペンハーゲンに帰任し、B & W 造機 KK の船用主機営業部長に就任する。

B & W (オーバーシーズ) Ltd. 日本支社の支配人として、サークニハンセン氏は、B & W 造機 KK と、同社の技術提携先であり、B & W 機関全生産高の大きな部分を占める三井造船、日立造船および三菱重工業との間の関係をさらに深めるとともに、日本に寄港する B & W 型機関搭載船舶に対して、できる限りのサービスを提供することになる。

横河電機のフラットベッドレコーダ“テクニコ
ーダ F”新発売

株式会社横河電機製作所(東京都武蔵野市中町2-9-32)は、かねてより開発を進めていたフラットベッド

タイプのサーボレコーダ“テクニコ ーダ F”を第15回計測工業展で発表、10月26日から正式に発売を始めた。

本テクニコ ーダ F は、わが国におけるアナログレコーダ技術を、横河電機が集大成して完成した最新鋭レコーダであり、かつユーザのニーズにも応え得る数々の特長を持っている。なかでも最大の特長は測定機能にプラグインユニット方式を採用し、測定対象に応じたユニット交換により、直流電圧・交流電圧・温度などの記録計が1台の本体で構成できるという多目的設計となつていることである。この種のレコーダは、電気・機械・建築から理化学・生物・薬学・食品・農学・公害防止などの研究・分析に広く使用されているが、データの複雑化・高度化に伴い、ますます多機能性・高信頼性が要求されるよう。

さらに今後の課題としてユーザのニーズに合わせた積分ユニット、対紙紙送り、部分拡大紙送りなどユニークなプラグインユニットまたはオプション機構の開発が必要となつて来るが、本器はそれらに対処できるレコーダとして期待されている。月産300台の予定。

価格：本体1ペン ¥175,000 (プラグイン別価格)

本体2ペン ¥260,000 (プラグイン別価格)

代表的なプラグインユニット：

10 mV~100 VF.S マルチレンジ ¥18,000

0.5 mV~100 VF.S マルチレンジ ¥40,000

佐世保重工、LNG 船モデルタンク建造へ

佐世保重工業は LNG 船建造体制を確立するため、実用試験タンクを建造する、同社の計画では49年6月までに一連の実用化実験を終り、LNG 船建造に一応のメドをつける方針である。わが国大手造船業界における LNG 船建造は、川崎重工が LNG 船を2隻受注している外、各社とも実験船やモデルタンクなどを試作して実用化試験に取り組んでいる。このため佐世保重工がモデルタンクの試作に着手することにより、大手八社全部が出そろふことになる。さらに同社はブリヂストン液化ガスと共同研究することにしており、実験が終了すれば、即受注につながる公算が強いと見られる。

佐世保重工が実験タンク(モデルタンク)を建造することにしたのは、従来ブリヂストン液化ガスと進めて来た共同研究で理論および技術面でのツメを終了、安全や実際問題などの設計方針の再確認を行うためである。

このモデルタンク建造の計画概要は、試作研究費が3億円強、タンク規模が各辺10メートル(内容積が1,000立方メートル)使用材料が9%ニッケル鋼となつている。実際の実験は49年3月ごろまでにタンクを建造、それ以後6月ごろまでに液体窒素を使つて各種データをとる方針。

日立造船は LNG 実験船を建造、住友重機、日本鋼管はモデルタンクを建設して LNG 船の建造体制を整えており、三菱重工、石川島播磨はすでに LNG 船の各種試験を終了しており、佐世保重工がモデルタンクに着手すれば、大手八社が出そろふことになる。

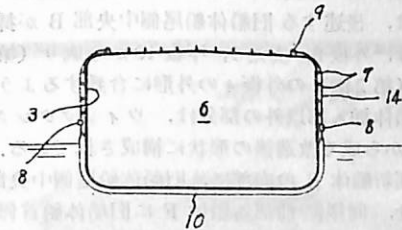
特許解説

大型海上構造物建造方法および該方法に使用する器具
(特公昭 48-29589 号公報, 発明者; 平山春雄, 出願人;
石川島播磨重工業株式会社)

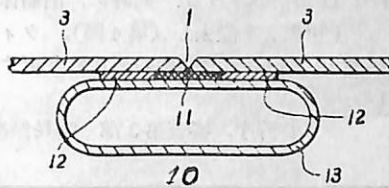
船舶の巨大化に伴う船台あるいは建造ドックの拡張は多大の費用と時間を必要とするだけでなく, 造船所の形態によつては, 船台あるいは建造ドックの新設拡張が不可能である場合もあり, たとえ船台の拡張が可能であつても船舶の巨大化による進水作業は困難をきわめ, またドック進水の場合は上記の困難はないがドック建設に巨額の設備投資を要する. このような点から, 巨大船舶を建造するにあたり, 既存の建造設備にて建造可能な程度の浮体に分割建造して進水した後, 洋上において各浮体を結合して一体に仕上げる方法が採られるようになった. しかし, この方法を採用する場合, その結合部を海水から遮断する必要がある.

そこで本発明は, 各分割された浮体の結合部を海水から遮断して溶接接合する方法およびそれに用いられる装置の改良に関する.

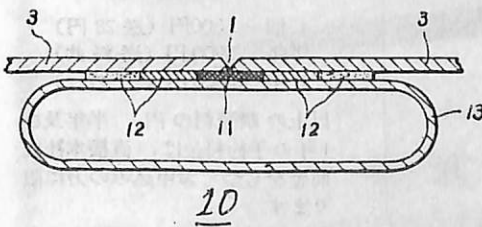
分割浮体 6 はそれぞれ吃水, トリムが調整されて, その接合部が一致するように海上に浮上させられる. その接合部には, ワイヤ 14 を介して防水帯 10 が取り付けられる. 防水帯 10 は, その接合外板 3.3 の溶接部間隙 1 の



第 1 図



第 2 図



第 3 図

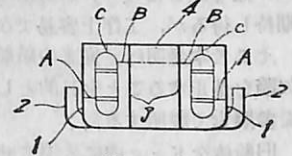
外側部を耐熱ガラスウール製 バックリングテープ 11 とその両側に密接して平行に単数または複数のゴム製バックリングベルト 12 とを, 断面長円形を有するゴム製空気入り可撓性水密チューブ 13 に接着剤により装置したものでより成る. この防水帯 10 を用いて接合部の水密を保ち, 浮体内の水を排除し, 乾燥した後, 浮体内側よりテープバックリング溶接を行なうことにより, 各分割浮体の結合を行なうことができる.

船体拡張方法 (特公昭 48-29590 号公報, 発明者; 加納正義, 出願人; 日立造船株式会社)

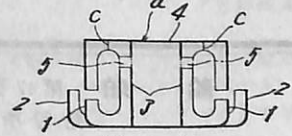
近年船体の有効な増トン方法として船体の幅を拡張することが実施されているが, 一般的に幅を拡張する場合は, 船首および船尾部を切り離した中央部船体をその幅方向中心部附近において縦方向に左右に切断し, その一方の半船体を横移動した後, 両半船体間に新造補充船体を挿入する方法が採られている. しかし, このような工法においては, ドック内で大重量の半船体を横移動するために大きな設備を必要とすると共に, この移動を適正に行なうには多大の困難を伴ない, 工費および工期の点に問題があつた.

そこでこの発明は, 船体の両舷に増幅部を新設して船体の幅を拡張する方法に関するもので, 上記のような問題を解決して, 船体の増幅拡張を迅速かつ容易に行なえるようにしたものである.

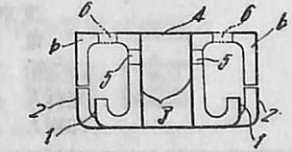
以下その実施例を示す図面について説明する. 船体の幅を拡張する場合は, 船首部と船尾部を除いた中央部船体において行なうもので, まず, ドック内において中央部船体の両舷外側 1 の下部に拡張する幅に応じた張出し外板 2 を付設する (第 1 図). この張出し外板 2 の上端は, 後述する船側外板 1 の切断線 A の高さより増深分だけ高くなるように設定しておく. ついで, 洋上に引航した状態で船側外板 1,



第 1 図



第 2 図

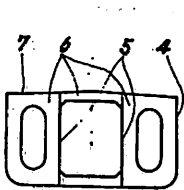


第 3 図

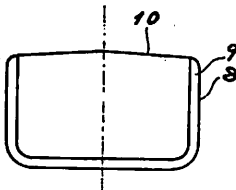
て、切離し部bを増幅船体の兩舷上部に利用する(第3図)。その後、甲板部4の切離し空間部に補充部材6を挿入し固着することにより、船体拡張を行なうことができる。

二重殻式船舶巨大化工法 (特公昭48-32834号公報、
発明者; 吉川長一郎外1名、出願人; 石川島播磨重工業株式会社)

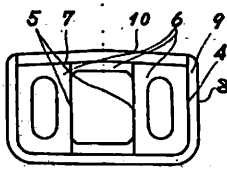
既存の船舶を大型船舶に改造する船舶の巨大化工法としては、(イ) 船長だけを長くする一次元的巨大法、(ロ) 船長と深さの二次元にわたって巨大化する方法、(ハ) 船長、船幅および深さの三次元にわたって巨大化する方法の三つの方法が考えられる。



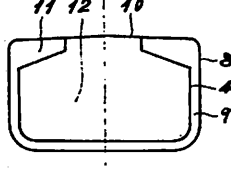
第2図



第3図



第4図

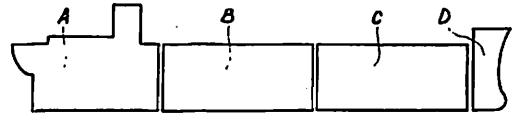


第5図

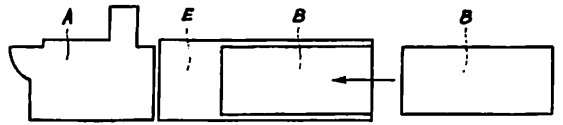
しかし、上記(イ)および(ロ)の方法は何れも材料費の増加に比べて、船体容積の増加が少なく経済的とはいえず、また(ハ)の方法では最大の船体容積増加を期待し得るが、工作上容易でないことが問題である。

そこで本発明は、従来の船舶巨大化工法のもつ上記諸欠陥を是正することを目的としたものであり、以下図面を参照して説明する。

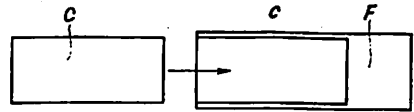
旧船体をドック内に入渠させ、船尾部A、船首部D、船尾側中央部Bおよび船首側中央部Cの4部分に分割



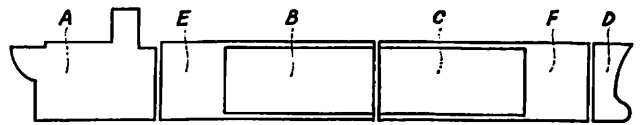
第6図



第7図



第8図



第9図

する。その後、ドック内に注水して、船首部D、中央部BおよびCを引き出し、後部新船体Eを入渠させ、旧船体船尾部Aの直前に位置させる。後部新船体Eの断面形状は、後述する旧船体船尾側中央部Bが挿入される部分は、外板8、支え9、甲板10から成り(第3図)、旧船体(第2図)の外板4の外形に合致するよう構成され、旧船体挿入部以外の部分は、ウィングタンク部11、船艙12から成る改造後の形状に構成されている。(第5図)後部新船体Eの内部に、旧船体船尾側中央部Bを挿入させ、同様に前部新船体Fに旧船体船首側中央部Cを挿入した後、船尾部A、後部新船体E、前部新船体F、船首部Dが結合される。同時に、旧船体の隔壁5、内部材6、上甲板7を撤去し(第4図)、ウィングタンク11、船艙12から成る改造船の形状に変更する作業が行なわれる。

(特許庁、審査第3部 幸長保次郎)

船 舶 第47巻第1号

昭和49年1月12日発行
定価500円(送28円)

発行所 天 然 社

郵便番号 162

東京都新宿区赤城下町50

電話 東京(269)1908

振替 東京79562番

発行人 田 岡 健 一

印刷人 高 橋 活 版 所

購 読 料

1冊 500円(送28円)

半年 2,900円(送料共)

1年 5,800円()

以上の購読料の内、半年及び1年の予約料金は、直接本社に前金をもってお申込みの方に限り

THOMAS MERCER — ENGLAND —



ESTABLISHED - 1858 -

一世紀にわたる…
輝く伝統を誇る!



全世界に大きな信用を博す! 英国・トーマス・マーサー製 マリン・クロノメーター

デテント式正式クロノメーター

二日巻・八日巻・検定保証書付(温度補正書・等時性能書・日差書付)

マリン・クロック

八日巻・デテント式正式クロノメーター
8時(200%)真鍮ラッカー
仕上 ダイヤルは白色エナ
メル仕上

総代理店 ● 村木時計株式会社

東京都中央区日本橋江戸橋3の2 TEL(272) 2971(代表) 〒103
大阪市南区安堂寺橋通2-42 TEL(262) 5921(代表) 〒542

デジタル気圧計 4-461型



これまで、気圧測定に使用されていた水銀柱やダイヤルゲージ・バロメータは、操作に高度な技術と熟練を要しますが、本装置の操作はきわめて簡単になっております。

装置はコンパクト化され、軽量であるとともに、高度補正の必要もなく、6ヵ月に一度の較正で、安定した、信頼性の高い測定ができます。較正は後面にあるゼロアジャストスイッチで簡単にできます。

大気圧は直接に精度 0.025%で連続表示ができ、同時にその信号を中央コンピュータやデータ集録装置に接続することもできます。

用途としては、気象観測所をはじめ調査船、風洞実験、管制塔やエンジンテスト施設などに使用でき、用途に応じて、ラックマウント型とポータブル型を使い分けすることができます。

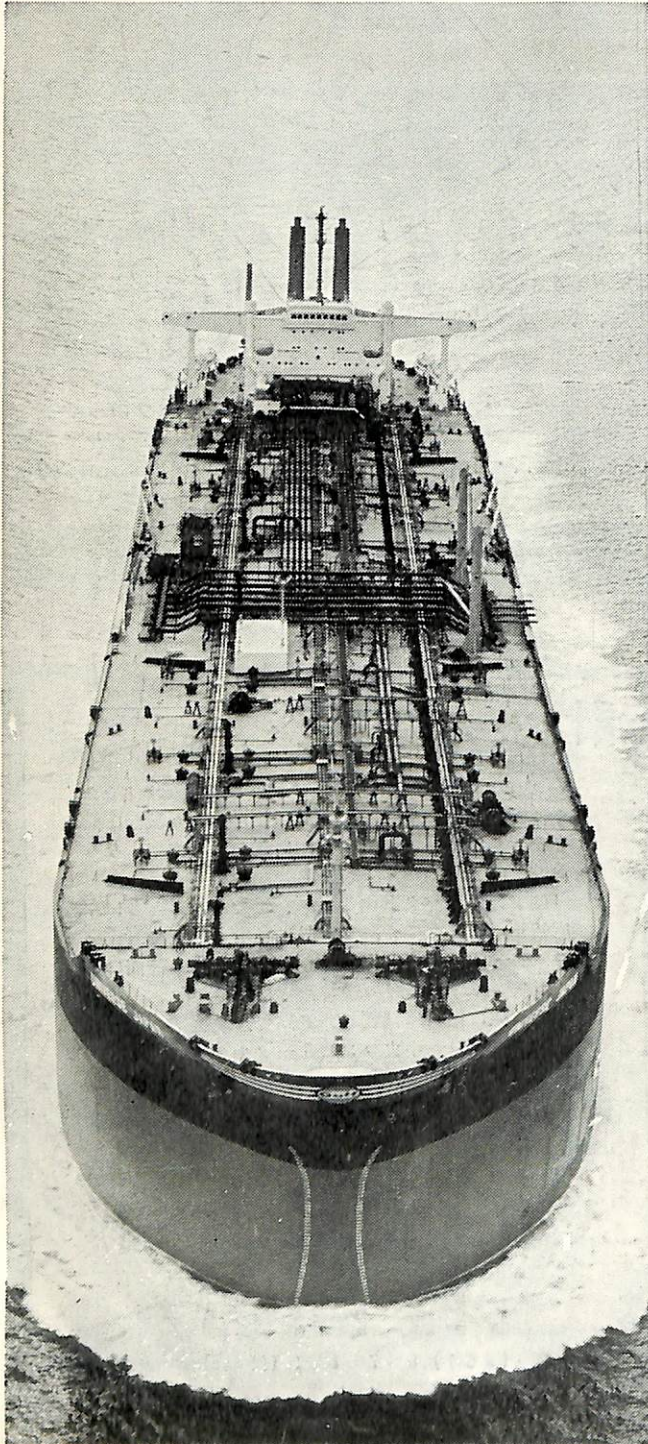
製作会社 Bell & Howell

輸入元 コロンビヤ貿易株式会社

販売代理店 株式会社 玉屋商店

本社 東京都中央区銀座4-4-4 電・(561) 8 7 1 1(代表)
(和光裏通り)
支店 大阪市南区順慶町4-2 電・(251) 9 8 2 1(代表)
工場 東京都大田区池上2-14-7 電・(752) 3 4 8 1(代表)

あの巨大船のわずか28平方メートルを タッチアップしただけ……



世界最大級タンカー〈ユニバース・ジャパン号〉建造にあたり、船底から上甲板までダイメットコートとアマコートで防食塗装された面積は14万平方メートル。3年たったのち、塗装のタッチアップを要した面積はその5,000分の1、わずか28平方メートルでした。この〈ユニバース・ジャパン号〉をはじめ6隻のマンモスタンカーの塗装を施工したのは井上商会です。

ダイメットコートがどのように優れた防食塗装であるか以上の事実が端的に示していますが、より具体的な調査結果をお伝えいたしましょう。まず、ダイメットコートNo.3無機亜鉛塗料を塗った甲板はきわめて良好な状態を保っていました。またダイメットコートNo.3にアマコートを上塗りした上部構造物は最良の状態でした。さらに特筆すべきことは外舷の状態です。わずかな部分に藻が付着していた他、まったくきれいであったことです。したがって、航海中の速力の低下もなく、燃料消費量の増大もありませんでした。そして苛酷な3年の航海のあとタッチアップを要したのは点在する部分をトータルしてわずかに28平方メートル。船主や用船者は莫大な経費の節約ができたわけです。

巨大船から原子炉まで、あらゆる鋼構造物の防食塗装は、豊富な経験と実績を持つ井上商会の専門家にご相談下さい。

ダイメットコート アマコート

販売 株式会社 井上商会

製造 株式会社 日本アマコート

取締役社長 井上正一

本社 / ☎231 横浜市中区尾上町5-80

☎(045)681-1861(代)

資料請求券 A-1

詳しい資料ご希望の方はハガキで——

保存委番号：

221045

雑誌コード 5541-1

船舶
昭和四十九年三月二十日
昭和四十九年一月十二日
発行(毎月一回)第三種郵便物認可

編集兼印刷人 田岡健一
印刷所 高橋活版所
東京都新宿区赤城下町五〇番地

定価 五〇〇円 発行所

東京都新宿区赤城下町五〇番地
電話・東京(〆)一九〇八番
電話・東京(〆)一九〇八番