

SHIPPING

# 船舶

1975 VOL. 48

# 2

昭和五十五年三月二十日第三種郵便物認可、昭和四十九年十二月十七日国鉄首都特別  
扱承認雑誌第二〇六五号、昭和五十五年二月十二日発行（毎月一回十二日発行）



オイル・タンカー

“ESSO KAWASAKI”

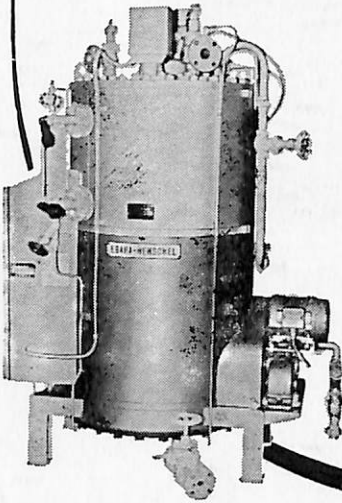
船主	ESSO TANKERS INC. (LIBERIA)
G/T	138,114トン
D/T	302,576トン
最大出力	36,000PS
航海速度	15.9ノット
引渡	1974年12月10日
建造	川崎重工業俵坂出工場

 川崎重工

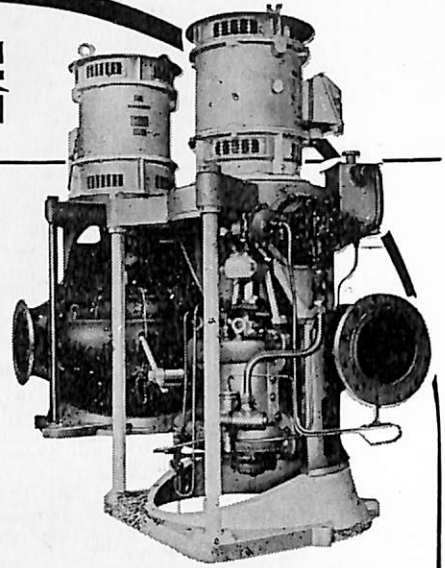
天 然 社

# エバラの船用機器

船舶用  
エハラヘンジェル・ボイラ



各種船用ポンプ  
送排風機  
空調機器  
甲板機械用油圧装置  
サイドスラスト装置  
ヒーリングポンプ装置



エハラ船用ポンプ



荏原製作所

本社：東京都大田区羽田旭町 741-3111  
東京支社：東京都中央区銀座6丁目 朝日ビル 572-5611  
大阪支社：大阪市北区中之島2丁目 新朝日ビル 203-5441  
営業所：名古屋221-1101・福岡77-8131・札幌24-9236  
出張所：仙台25-7811・広島48-1571・新潟28-2521・高松33-6611

## 精度を誇る♡印の航海用六分儀



Cat No. 637 MS-3

玉屋航海用六分儀は四十年にわたる経験と卓越せる技術、精選した材料とによって製造したもので、測角精度はもとより反射鏡、シェードガラスの優秀なこと、構造の堅牢なことは定評のあるところです。

分度目盛、-5~125° 1'目盛  
マイクロメーター 1'目盛  
単眼鏡 7×50m.m.

登録♡商標 株式会社 玉屋商店

本社 東京都中央区銀座4-4-4 (和光裏通り) 電・(561) 8 7 1 1 (代表)  
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)

ユニークなセンサを採用した

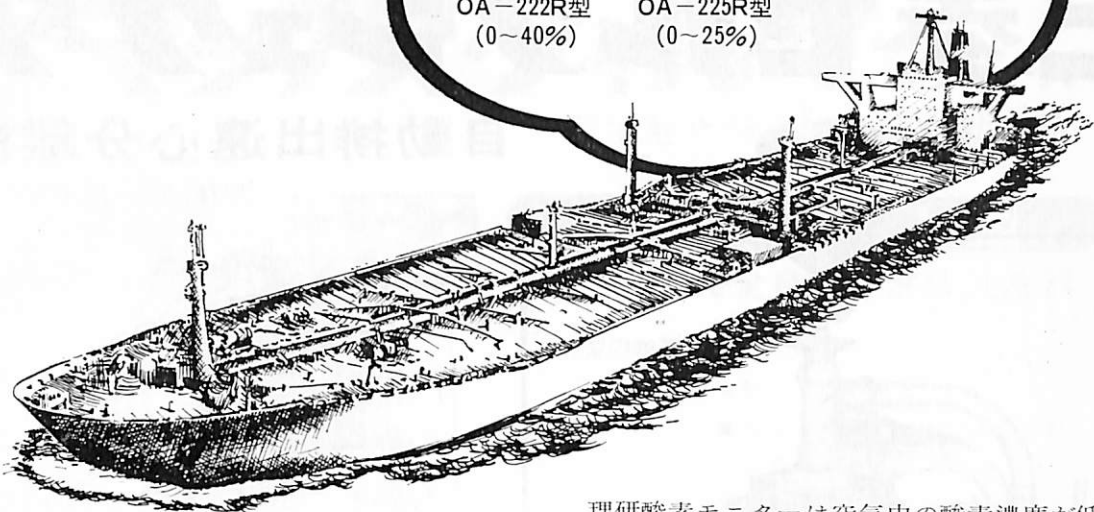
酸素欠乏又は過剰による事故防止用

# 理研酸素モニター

労働省産業安全研究所検定合格品(合格番号第3134号)

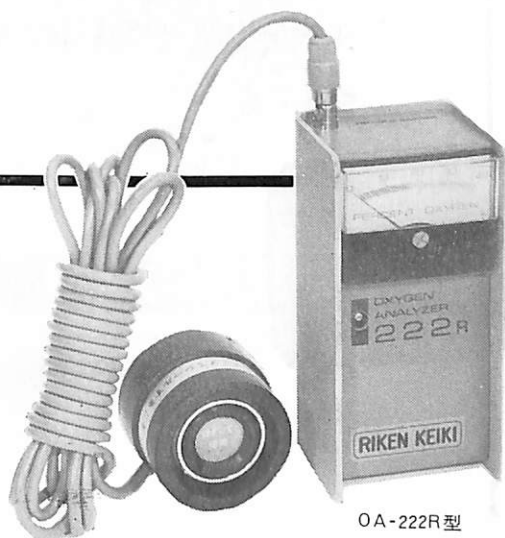
OA-222R型  
(0~40%)

OA-225R型  
(0~25%)



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。

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



OA-222R型

## 携帯式 OA-222R型 OA-225R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。
- 電池不必要
- 長寿命で堅牢なセンサー  
(180,000%・時間又は1年間)
- 高精度ですばい応答
- 小型軽量で携帯に非常に便利
- 湿度100%にも影響なし
- 必要に応じて300mまで延長コード取付可能(標準3m)
- 取扱いは簡単に保守点検が容易



# 理研計器株式会社

本社/営業本部 東京都板橋区小豆沢2-7-6 ☎(03)966-1111(大代表)

横浜営業所 ☎(045)322-5181~2

大阪営業所 ☎(06) 312-5521~3

札幌営業所 ☎(011)231-1644

広島営業所 ☎(0822)21-8671(代)

名古屋営業所 ☎(052)262-1686(代)

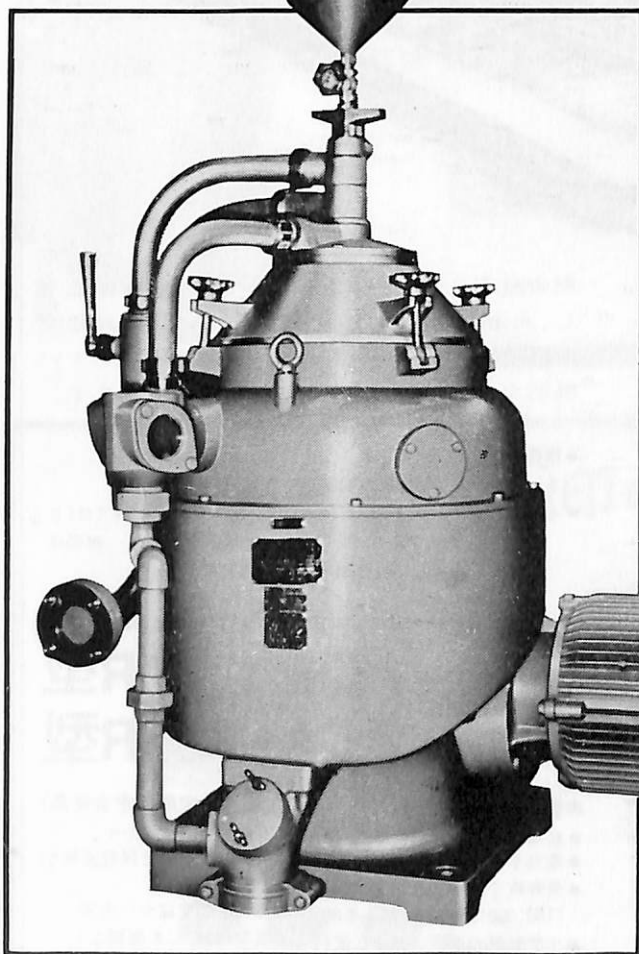
理研九州販売 ☎(092)431-2558

船舶機関部の合理化に

# 三菱セルフジェクタ

自動排出遠心分離機

7機種(700~12,000ℓ/h)



三菱セルフジェクタはその独特の機構により運転を停めることなくスラッジの排出を連続自動的に行なうことができますから稼働率が非常に高くその優秀な分離機能と併せて清浄度を最高に維持できます。



遠心分離機の総合メーカー

三菱化工機株式会社

機器営業部 〒100 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号(日比谷国際ビル)

電話番号 東京(03)508-8911代

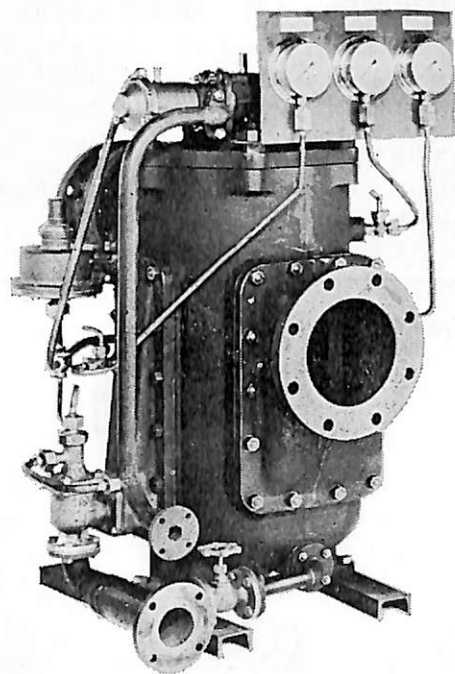
油汙過作業の省力化…

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

完全自動逆洗式油漉器

LS型の特長

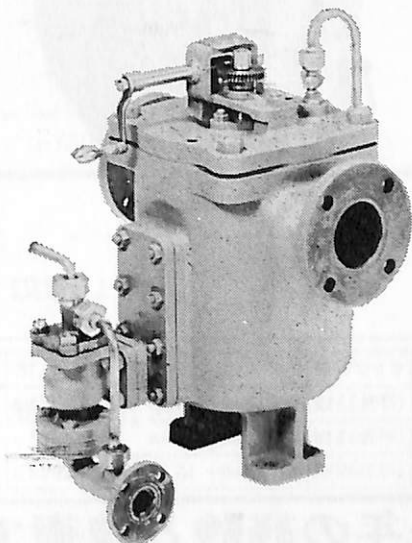
- 動力一切不要
- 設定された差圧になると自動逆洗
- 手動逆洗もワンタッチで可能
- 世界特許・液圧往復運動機・ハイドロシプロケーターを採用

## MAX-FILTER LSM型

手動逆洗式油漉器

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

 **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 大阪市北区梅田町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

●光の王様、ボタンで自在!!

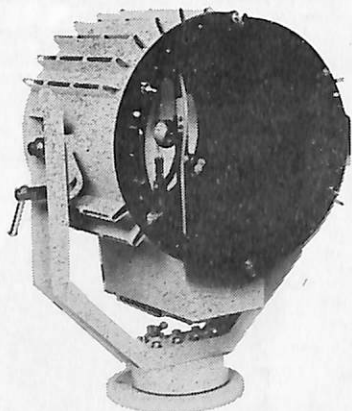
三信の高性能リモコン式

## キセノン探照燈

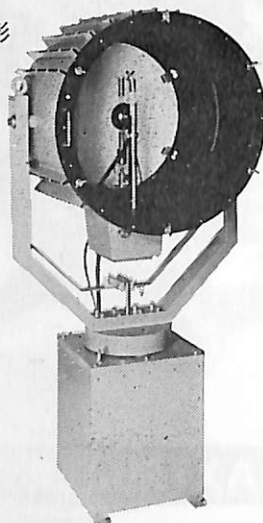
■特許 3件 ■実用新案 3件  
■特許出願中 3件 ■意匠登録済

- 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。

X-40形



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
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

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 ●北海道配送センター / ☎函館(0138)43-1411代  
 ●福岡営業所 / ☎福岡(092)771-1237代 ●室蘭営業所 / ☎室蘭(0143)22-1618  
 ●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

第 48 卷 第 2 号

昭和 50 年 2 月 12 日 発行

天 然 社

## ◇ 目 次 ◇

LPG 運搬船“ばれすとうきょう”	日立造船株式会社船舶事業本部	(35)
機関部タービンプラントの総合自動化シミュレーターの概要	富田 幸雄	(41)
無人潜水船について	芦野 民雄	(48)
小型船舶用船燈について	小池 正衛, 竹沢 節雄	(57)
UBE-IMT 船用遊星減速装置について	小林 清	(63)
開発協会の昭和49年度海洋開発計画について	細井 茂	(66)
日本造船研究協会の昭和48年度研究業務について(1)	(社)日本造船研究協会研究部	(73)
実船試験用計測コンテナシステム II 解析装置	竹沢 誠二	(83)
LNG 船(その4 材料・溶接および破壊工学)(6)	恵美洋彦, 伊東利成	(91)
NK コーナー		(101)
【特許解説】		(102)
昭和49年(1月~12月)新造船進水、竣工実績 (住友重機械工業株式会社)		(56)
” (三井造船株式会社)		(62)
” (日立造船株式会社)		(72)
” (三菱重工業株式会社)		(100)
竣工船	☆春光丸 ☆昭成丸 ☆大旺丸 ☆神悠丸 ☆日興丸 ☆第二観幸丸 ☆飛龍 ☆いしかり ☆鏈101 ☆HEMLAND ☆POLYBRITANNA ☆CHINON ☆BRITISH RESOLUTION ☆WORLD NISSEI ☆WORLD RENOWN ☆CHEVRON FREEPORT ☆GREY FIGHTER ☆AMOCO TRINIDAT ☆EVERRAY ☆BUNYU/PERMINA 1009 ☆TYCHE ☆DONA ANGELA ☆MELON KING ☆MANGO KING ☆WORLD FINANCE ☆ARCHON ☆LUSTRE VENTURE ☆TSURU ARROW ☆KALLIOPIL ☆SHING ON ☆MOUNT PINDOS ☆OCEAN FRESS ☆GRIGORY ALEKSEEV	

## 船舶外板・タンク の

### 電気防蝕に関する調査・設計は

専門のエンジニアリングコンサルタント

中川防蝕工業株式会社に

御相談下さい。

当社は技術士(金属部門)20名を擁する  
ユニークな防蝕専門会社です。

## 中川防蝕工業株式会社

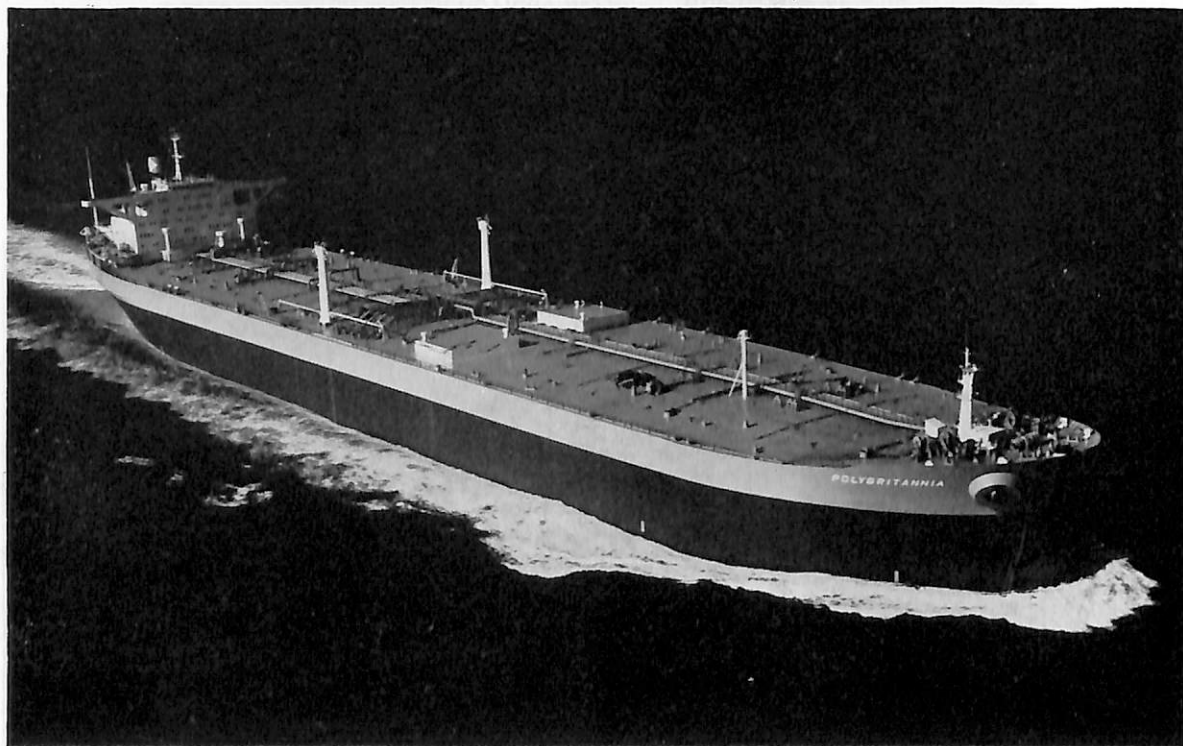
本社・東京都千代田区鍛冶町2-2-2 ☎(252)3171  
支店・大阪市東淀川区西中島5-101 ☎(303)2831  
営業所・名古屋☎(962)7866・広島☎(48)0524・福岡☎(77)4664  
出張所・札幌・仙台・新潟・千葉・水島・高松・大分・沖縄



アルミ陽極取付 バラストタンク



**HEMLAND** (油槽船) 船主 Tirfing Steamship Company. (スウェーデン) 造船所 三井造船・千葉造船所  
 総噸数 190,367.16噸 純噸数 152,733.68噸 遠洋 船級 LR 載貨重量 372,200噸 全長 363.657 m 長(垂)  
 348.000 m 幅(型) 63.400 m 深(型) 28.700 m 吃水 22.654 m 満載排水量 424,571噸 平甲板船 主機 三井  
 造船スタルラバルスチームエンジン 1基 出力 45,000 PS×80 RPM 燃料消費量 232 t/d 航続距離 25,900海里  
 速力 16.40ノット 汽罐 三井FW, MSD型×2 発電機 1,400 KW×1, 750 KW×2 貨油倉 459,132.2 m<sup>3</sup> 清水倉  
 490.6 m<sup>3</sup> 燃料油倉 16,996.2 m<sup>3</sup> 乗員 51名 工期 49-2-26, 49-10-5, 49-12-20



**POLYBRITANNIA** (油槽船) 船主 Einar Rasmussen. (ノルウェー) 造船所 三井造船・千葉造船所  
 総噸数 140,205.90噸 純噸数 108,811.54噸 遠洋 船級 LR 載貨重量 268,960 Lt 全長 331.500 m 長(垂)  
 318.000 m 幅(型) 56.000 m 深(型) 26.400 m 吃水 20.586 m 満載排水量 306,296 Lt 平甲板型 主機 三井  
 スタルラバル AP型スチームエンジン 1基 出力 36,000 PS×85 RPM 燃料消費量 189.6 t/d 航続距離 20,940  
 海里 速力 16.1ノット 汽罐 三井FW, ESD III型 83,000 kg/h×2 発電機 1,100 KW×1, 1,100 KW×2 貨油倉  
 328,172.4 m<sup>3</sup> 清水倉 864.6 m<sup>3</sup> 燃料油倉 12,019.4 m<sup>3</sup> 乗員 41名 工期 49-3-11, 49-8-24, 49-11-26

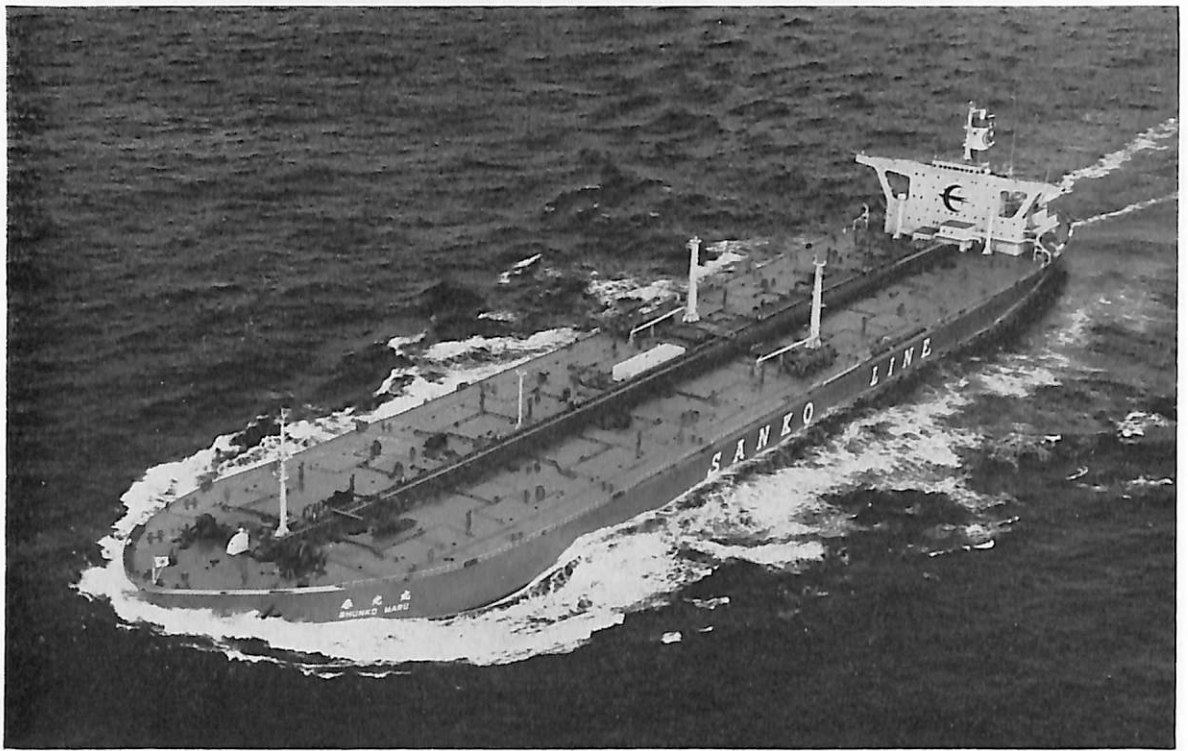




**CHINON** (油槽船) 船主 Societ De Development De Transport.(仏) 造船所 三菱重工業・長崎造船所  
 総噸数 131,627.58噸 純噸数 114,335.40噸 遠洋 船級 BV 載貨重量 269,709噸 全長 338.612m 長(垂)  
 323.00m 幅(型) 53.60m 深(型) 26.40m 吃水 20.6805m 平甲板船 主機 三菱2段減速裝置付タービン1基  
 出力 34,000PS×90RPM 燃料消費量 172t/d 航続距離 24,660海里 速力 15.4ノット 汽罐 三菱CE, 2VM  
 8W型×2 発電機 1,400KW, AC450V×1,800rpm×2 貨油倉 347,618.0m<sup>3</sup> 清水倉 422.5m<sup>3</sup> 燃料油倉 12,604.0  
 m<sup>3</sup> 乗員 39名(外8) 工期 49-5-29, 49-9-3, 49-12-10



**BRITISH RESOLUTION** (油槽船) 船主 Bp Midway Tanker Co.Ltd.(英) 造船所 三菱重工業・長崎造船所  
 総噸数 133,034.80噸 純噸数 108,853.28噸 遠洋 船級 LR 載貨重量 270,668噸 全長 338.612m 長(垂)  
 323.00m 幅(型) 53.60m 深(型) 26.40m 吃水 20.6795m 平甲板型 主機 三菱2段減速裝置付タービン1基  
 出力 30,000PS×88RPM 燃料消費量 152t/d 航続距離 24,650海里 速力 14.8ノット 汽罐 三菱CE, V2M  
 2W型×2 発電機 1,400KW, AC450V 1,800rpm×2 貨油倉 347,617.8m<sup>3</sup> 清水倉 422.5m<sup>3</sup> 燃料油倉 12,874.4  
 m<sup>3</sup> 乗員 46名(外7) 工期 49-3-12, 49-7-5, 49-11-8



春光丸 (油槽船) 船主 三光汽船株式会社 造船所 日立造船・有明工場

総噸数 120,525.94噸 純噸数 91,935.63噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 238,058噸 全長 324.00m 長(垂) 310.00m 幅(型) 53.00m 深(型) 25.00m 吃水 19.455m 満載排水量 272,103噸 主機 日立UA-360型タービン1基 出力 35,000PS×89RPM 燃料消費量 173.1t/d 航統距離 15,600海里 速力 15.7ノット 汽罐 2胴 水管強圧送風式×2 発電機 1,875KVA×450V×1, 925KVA×450V×2 貨油倉 289.282m<sup>3</sup> 清水倉 609.2m<sup>3</sup> 燃料油倉 8,137.2m<sup>3</sup> 乗員 40名 工期 48-11-14, 49-8-19, 49-12-11



WORLD NISSEKI (油槽船) 船主 Liberian Peony Transports Inc. (リベリア) 造船所 日立造船・堺工場

総噸数 124,870.93噸 純噸数 107,506噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 268,468噸 全長 331.00m 長(垂)316.00m 幅(型) 51.20m 深(型) 28.30m 吃水 22.007m 満載排水量 306,179噸 平甲板型 主機 日立US-360/90型タービン1基 出力 35,000PS×89RPM 燃料消費量 173.1t/d 航統距離 16,700海里 速力 16.378ノット 汽罐 日立UMG76/55型, 62kg/cm<sup>2</sup>G×515°C×76t/h×2 発電機 1,750KW×AC×60Hz×450V×1,800rpm×2 貨油倉 332,765.2m<sup>3</sup> 清水倉 448.6m<sup>3</sup> 燃料油倉 9,053.4m<sup>3</sup> 乗員 40名(外2) 工期 49-4-10, 49-9-10, 49-12-27



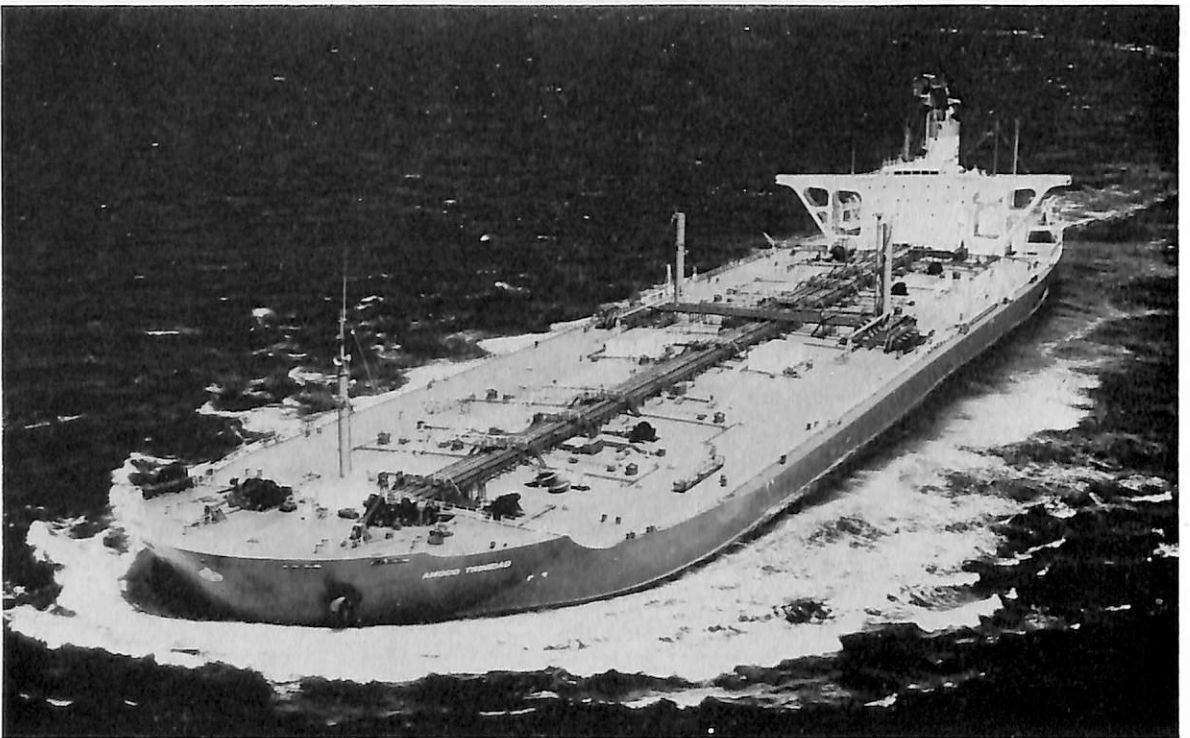
**WORLD RENOWN** (世銘) (油槽船) 船主 Liberian Jaguar Transports Inc. (リベリア) 造船所 日本鋼管・津造船所 総噸数 118,475.06噸 純噸数 99,119.34噸 遠洋 船級 LR 載貨重量 262,222噸 全長 332.668 m 長(垂) 314.000 m 幅(型) 54.800 m 深(型) 26.400 m 吃水 20.576 m 満載排水量 299,709噸 平甲板船 主機 三菱クロスコンパウンド2段減速スチームタービンMS36-2型ディーゼル機関1基 出力 36,000PS×85RPM 燃料消費量 179.4t/d 航続距離 22,660海里 速力 15.64ノット 汽罐 85,000kg/h×61.5kg/cm<sup>2</sup>g×2 発電機 1,880kW×450V×1, 1,000kW×450V×2 原動機 タービン, ディーゼル 貨油倉 319,366.5m<sup>3</sup> 清水倉 593.4m<sup>3</sup> 燃料油倉 11,882.6m<sup>3</sup> 乗員 50名 工期 49-4-8, 49-7-18, 49-11-11



**CHEVRON FREEPORT** (油槽船) 船主 Chevron Navigation Corporation. (リベリア) 造船所 三菱重工業・長崎造船所 総噸数 118,209.02噸 純噸数 100,300噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 264,000噸 全長 338.629 m 長(垂) 320.00 m 幅(型) 53.60 m 深(型) 26.40 m 吃水 67'-5<sup>3</sup>/<sub>8</sub>" 船首楼付平甲板船 主機 三菱2段減速機付タービン1基 出力 34,000PS×90RPM 燃料消費量 165t/d 航続距離 25,300海里 速力 15.4ノット 汽罐 三菱CE, V2 M-8 W型×2 発電機 1,500kW, AC450V, 1,800 rpm×2 貨油倉 320,552.1m<sup>3</sup> 清水倉 272.5m<sup>3</sup> 燃料油倉 12,296.6m<sup>3</sup> 乗員 41名(外8名) 工期 49-4-25, 49-7-11, 49-11-27



**GREY FIGHTER** (油槽船) 船主 I. C. B (Ltasing) Ltd. (英) 造船所 三菱重工業・広島造船所  
 総噸数 67,201.76噸 純噸数 46,256.13噸 遠洋 船級 LR 載貨重量 123,894噸 全長 260.62m 長(垂)  
 247.00m 幅(型) 40.60m 深(型) 22.30m 吃水 16.834m 満載排水量 143,534噸 平甲板船 主機 三菱スル  
 ザー9 RND90型ディーゼル機関1基 出力 23,490PS×118RPM 燃料消費量 86.3t/d 速力 15.80ノット 汽  
 罐 三菱CE-2 発電機 450KW, 937.5 KVA, 750KW, 60Hz, 720rpm×3 貨油倉 147,755.3m<sup>3</sup> 清水倉 486.6m<sup>3</sup>  
 燃料油倉 6,868.1m<sup>3</sup> 乗員 40名 工期 49-6-25, 49-9-19, 49-12-20



**AMOCO TRINIDAD** (油槽船) 船主 Mammoth Bulk Carriers Ltd. (リベリア) 造船所 三菱重工業・神戸造  
 船所 総噸数 76,484.77噸 純噸数 58,140噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 153,295噸 全長 280.157m 長(垂)  
 268.00m 幅(型) 53.60m 深(型) 20.00m 吃水 15.357m 満載排水量 182,057噸 三菱スルザー10RN  
 D90型ディーゼル機関1基 出力 26,100PS×118RPM 燃料消費量 95.2t/d 速力 15.2ノット 汽罐 三菱CE  
 Z胴大管ボイラー16kg/cm<sup>2</sup>G×35t/h×2 発電機 1,087.5KVA(870KW), AC450V×60Hz×3 貨油倉190,502.3m<sup>3</sup> 清  
 水倉 368.7m<sup>3</sup> 燃料油倉 8,068.4m<sup>3</sup> 乗員 42名 工期 48-12-13, 49-5-31, 49-10-2 特徴 浅吃水船タ  
 ンカーの第1船



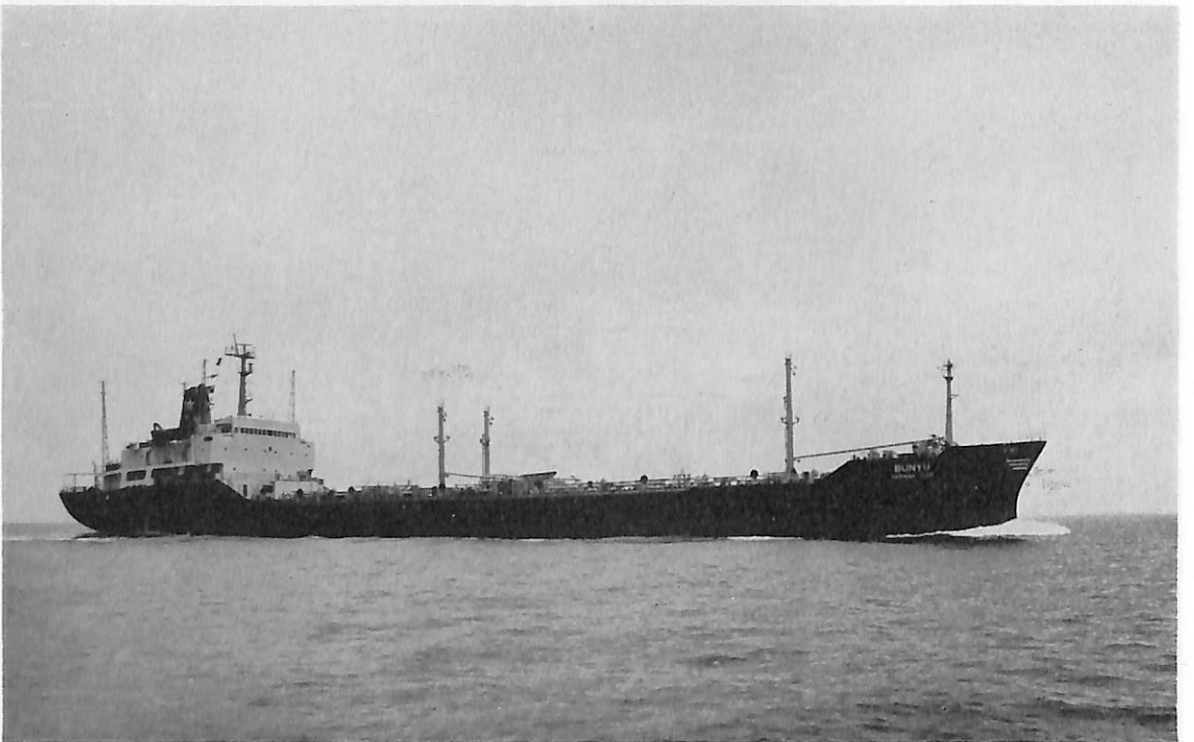
**EVERRAY** (貨物船) 船主 Marine Fortune Ltd.(パナマ) 造船所 石川島播磨重工業・東京工場  
 総噸数 13,197.62噸 純噸数 9,463.90噸 遠洋 船級 LR 載貨重量 22,622噸 全長 164.33 m 長(垂) 155.448 m  
 幅(型) 22.86 m 深(型) 13.56 m 吃水 9.849 m 平甲板型 主機 IHI-ビールスタック16PC-2V型ディーゼル機関1基 出力 7,200PS×482 RPM 燃料消費量 28.1t/d 航続距離 15,000海里 速力 15.0ノット 汽罐 8.5kg/cm<sup>2</sup>G×2.5 t/h 発電機 260KW×AC450 V×900 rpm×1, 360KW×AC450 V×900 rpm×2 貨物倉(ベール) 29,950.9m<sup>3</sup> (グレーン) 30,907m<sup>3</sup> 清水倉 201.4m<sup>3</sup> 燃料油倉 1,540m<sup>3</sup> 乗員 37名 工期 49-7-31, 49-10-1, 49-12-5



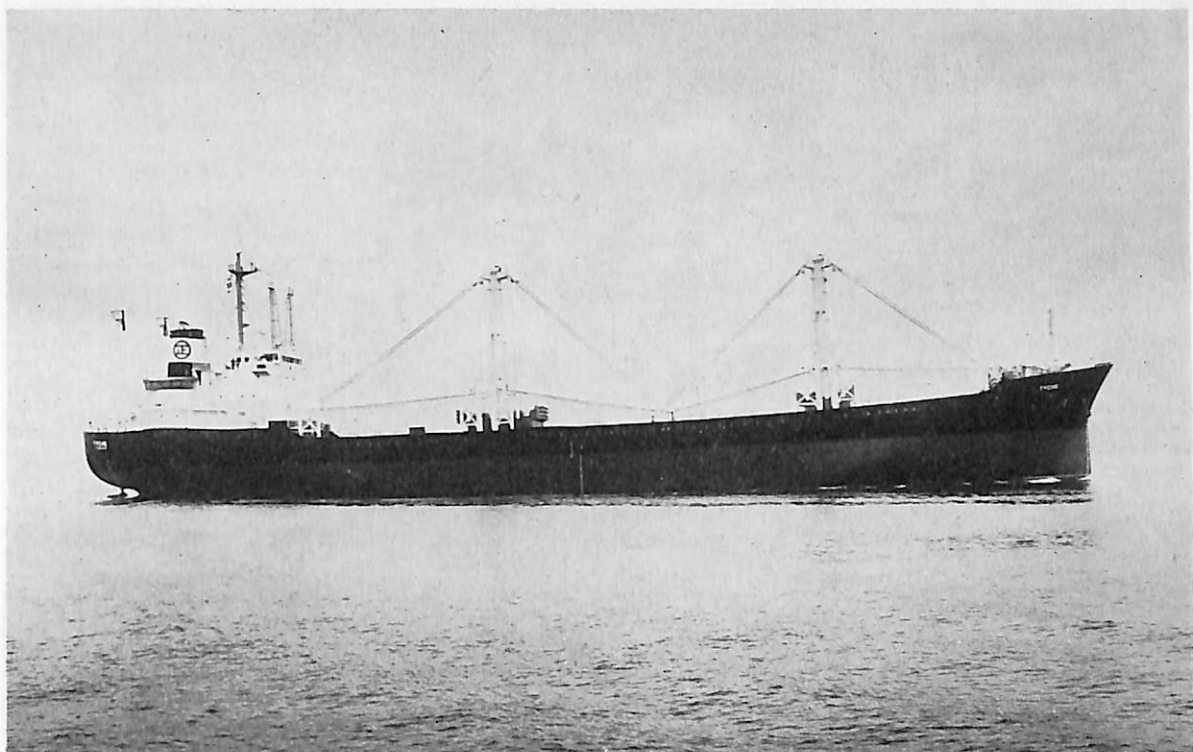
**昭成丸** (貨物船) 船主 一成汽船株式会社 造船所 尾道造船株式会社  
 総噸数 16,319.56噸 純噸数 10,397.27噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 27,709.40噸 全長 172.35 m 長(垂) 163.00 m  
 幅(型) 24.60 m 深(型) 14.20 m 吃水 10.224 m 満載排水量 34,220.00噸 主機 三菱スルザー7R ND68型ディーゼル機関1基 出力 10,400PS×140 RPM 燃料消費量 39.6t/d 航続距離 13,180海里 速力14.6ノット 汽罐 立円筒型 発電機 AC450 V, 3φ, 60Hz, 380 KW×3 貨物倉(ベール) 38,468.49m<sup>3</sup> (グレーン) 34,393.04m<sup>3</sup> 清水倉 382.51m<sup>3</sup> 燃料油倉 1,649.60m<sup>3</sup> 乗員 29名 工期 49-6-9, 49-9-16, 49-12-14



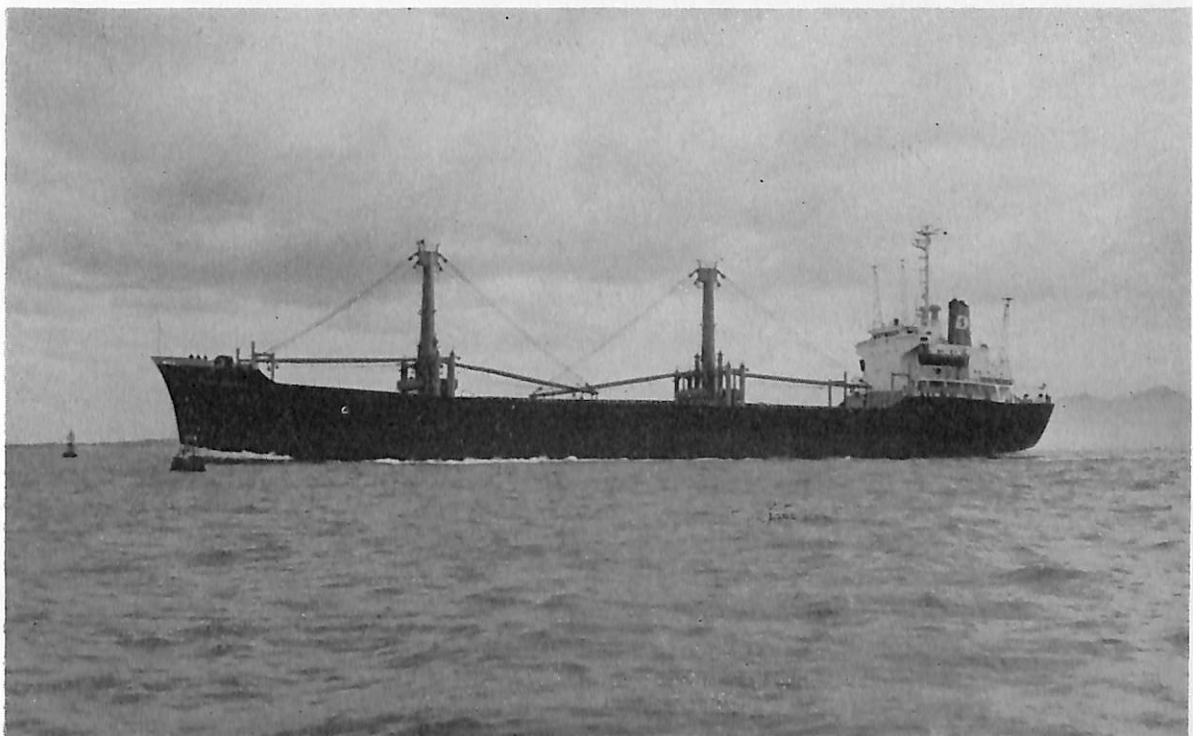
大 旺 丸 (貨物船) 船主 丸紅株式会社 造船所 檜崎造船株式会社  
 総噸数 10,131.39噸 純噸数 5,932.49噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 15,931.2Lt 全長 139.960m 長(垂)  
 129.500m 幅(型) 21.400m 深(型) 12.550m 吃水 9.535m 満載排水量 20,856.9噸 凹甲板船 主機 神戸発  
 動機 8 UEC52/105 D型ディーゼル機関 1基 出力 7,200PS×169RPM 燃料消費量 28.6t/d 航続距離 14,710海  
 里 速力 14.1ノット 汽罐 コクランコンポジット型 7kg/cm<sup>2</sup> 800kg/hr 発電機 360KVA×AC445V×2 原動機  
 470PS×900rpm×2 貨物倉(ベール) 19,851.4m<sup>3</sup> (グレーン) 20,782.4m<sup>3</sup> 清水倉 415.0m<sup>3</sup> 燃料油倉 A 193.6  
 m<sup>3</sup> C 1,320.9m<sup>3</sup> 乗員 29名 工期 49-6-12, 49-9-19, 49-12-9



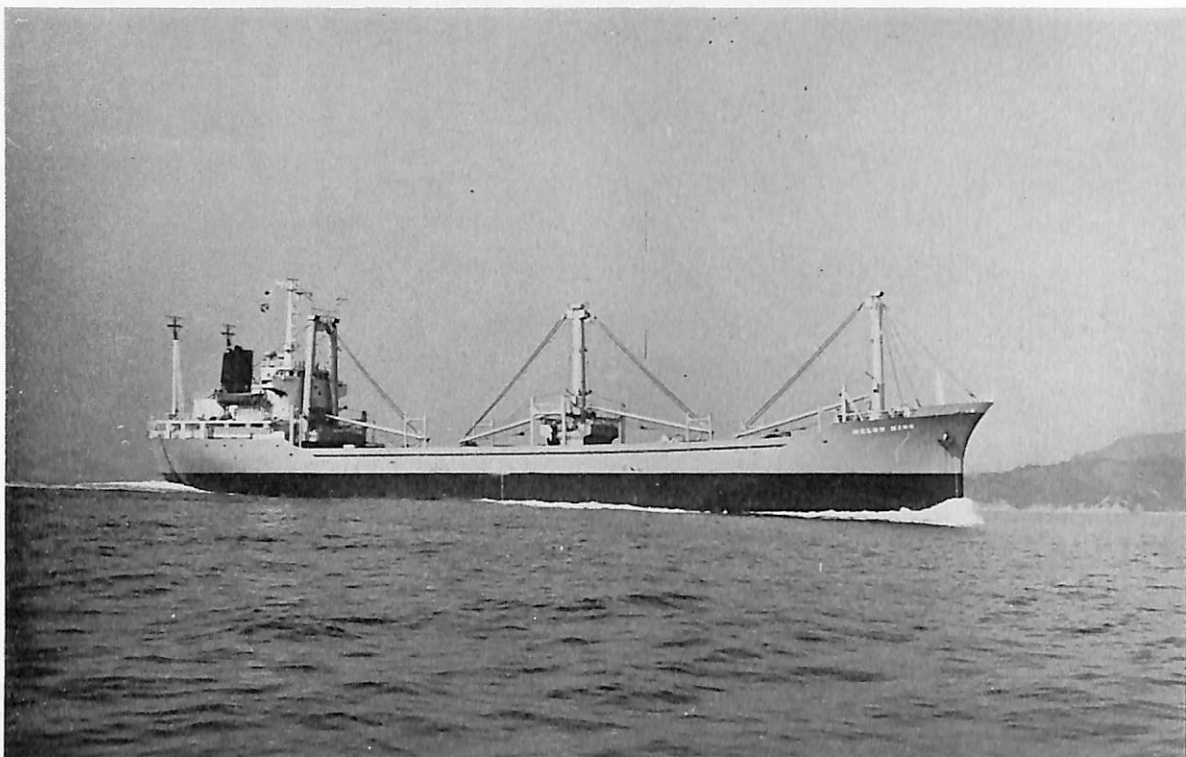
BUNYU/PERMINA 1009 (貨物船) 船主 Greenock Shipping Co.,Ltd.(リベリア) 造船所 林兼造船・下関  
 造船所 総噸数 9,491.03噸 純噸数 5,886.16噸 近海 船級 LR 載貨重量 12,903Lt 全長 144.50m 長(垂)  
 135.00m 幅(型) 21.40m 深(型) 10.30m 吃水 7.30m 満載排水量 17,417噸 凹甲板船 主機 日立B&W  
 8 K42EF型ディーゼル機関 1基 出力 4,550PS×220RPM 燃料消費量 18t/d 航続距離 13,000海里 速力12.4  
 ノット 汽罐 2ドラム水管 16kg/cm<sup>2</sup> G×20,000kg/h 発電機 615KVA×450V×2 原動機 750PS×750R/M×2 貨  
 油倉 18,410m<sup>3</sup> 清水倉 511m<sup>3</sup> 燃料油倉 1,094m<sup>3</sup> 乗員 45名 工期 49-6-5, 49-9-3, 49-12-23,  
 設備 主荷油ポンプ 500m<sup>3</sup>/h×4



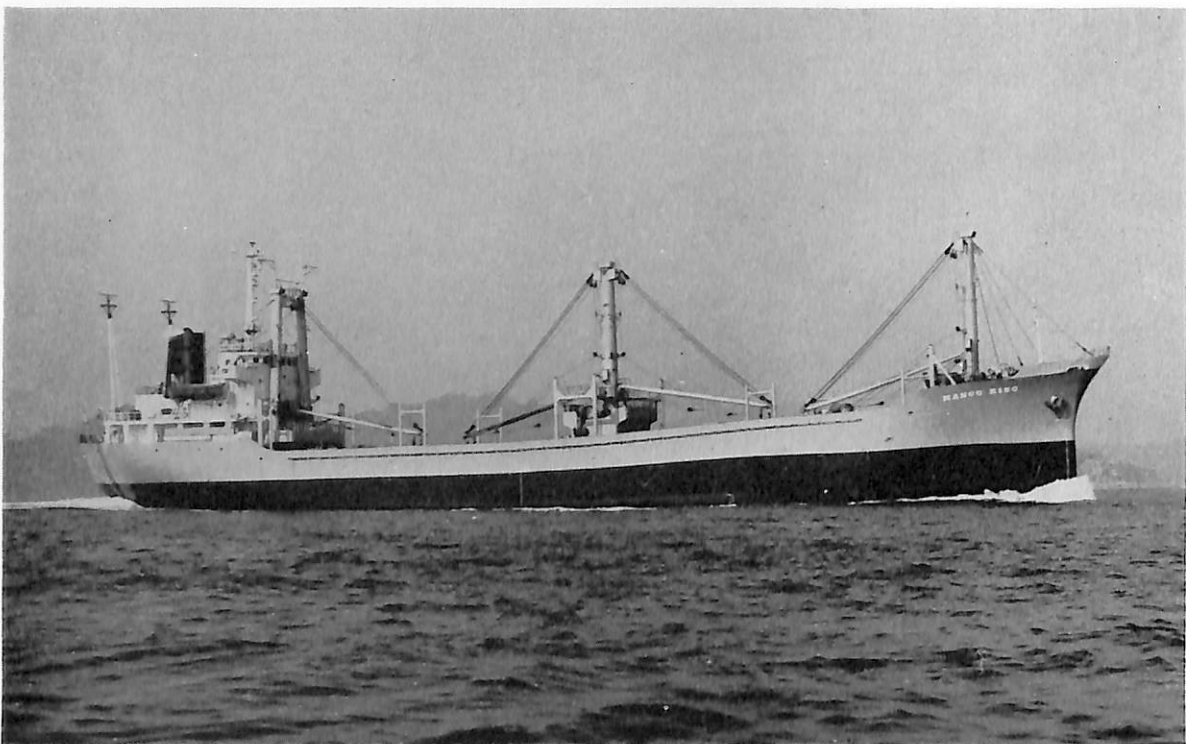
**TYCHE (貨物船)** 船主 Tyche Transport Ltd. Inc. (パナマ) 造船所 高知県造船株式会社  
 総噸数 6,034.50噸 純噸数 4,181.92噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 10,193.46噸 全長 127.97m 長(垂) 119.00  
 m 幅(型) 18.30m 深(型) 9.90m 吃水 7.755m 満載排水量 13,148噸 凹甲板船 主機 赤坂6UET52/90 D型  
 ディーゼル機関1基 出力 5,100PS×187.5 RPM 燃料消費量 21.4t/d 航続距離 12,000海里 速力 13.3ノット  
 汽罐 コクランコンポジット型 発電機 300KVA×2 原動機 360PS×2 貨物倉(ベール) 12,894.40m<sup>3</sup> (グレー  
 ン) 13,332.92m<sup>3</sup> 清水倉 263.53m<sup>3</sup> 燃料油倉 A 177.78m<sup>3</sup> C 1,073.18m<sup>3</sup> 工期 49-7-24, 49-11-7, 49-  
 12-18



**DONA ANGELA (貨物船)** 船主 Demeter Shipping Co., Ltd. (リベリア) 造船所 福岡造船株式会社  
 総噸数 7,020.96噸 純噸数 4,654.73噸 遠洋 船級 BV 載貨重量 11,693.55噸 全長 127.80m 長(垂) 119.00  
 m 幅(型) 20.50m 深(型) 10.30m 吃水 8.050m 満載排水量 15,158.00噸 凹甲板型 主機 神戸発動機6UEC  
 52/105 D型ディーゼル機関1基 出力 5,270PS×166 RPM 燃料消費量 21t/d 航続距離 13,500海里 速力 13.2  
 ノット 汽罐 コクラン型 0.6t/h×1 発電機 250KW×AC60Hz×450V×720rpm×2 貨物倉(ベール) 13,911.75  
 m<sup>3</sup> (グレーン) 14,721.84m<sup>3</sup> 清水倉 585.89m<sup>3</sup> 燃料油倉 1,613.57m<sup>3</sup> 乗員 38名 工期 49-4-26, 49-8-  
 30, 49-11-15

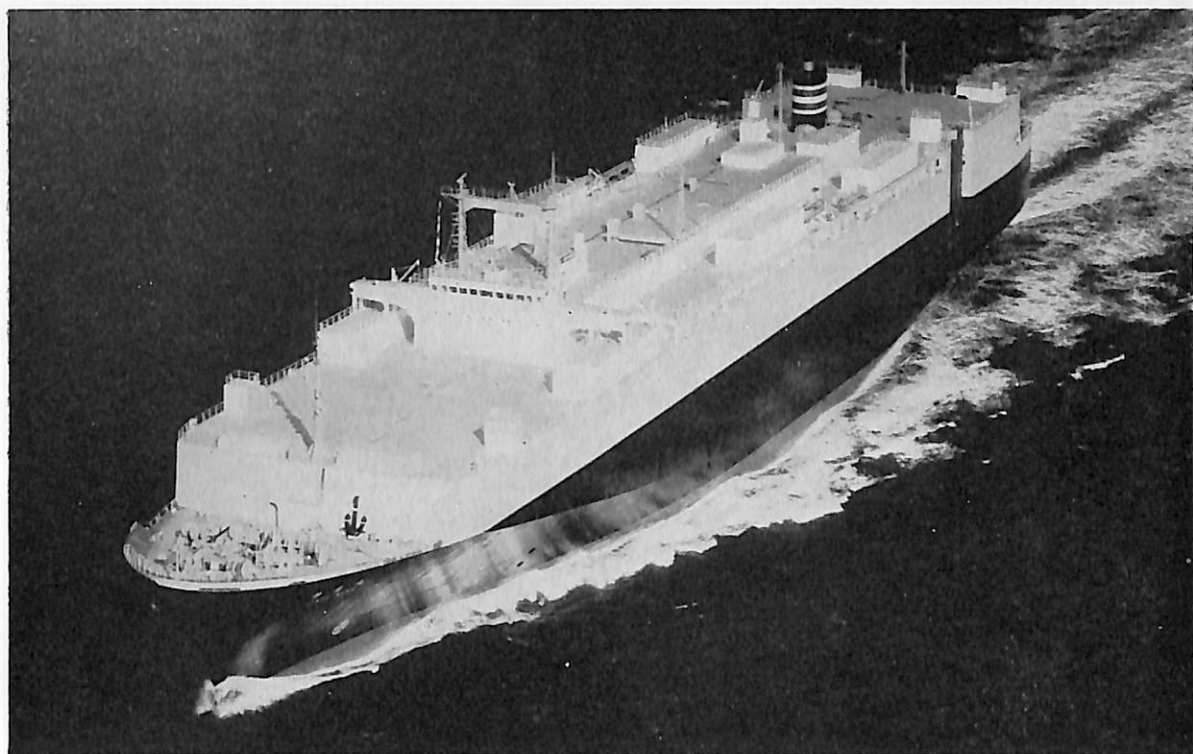


**MELON KING** (貨物船) 船主 Melon King Shipping Incorporated. (リベリア) 造船所 渡辺造船株式会社  
 総噸数 4,815.73噸 純噸数 3,063.68噸 遠洋 船級 BV 載貨重量 7,908.73噸 全長 115.65m 長(垂) 107.10m  
 幅(型) 17.40m 深(型) 8.70m 吃水 7.009m 満載排水量 10,281.03噸 凹甲板船 主機 神戸発動機 6UET45/  
 80D型ディーゼル機関 1基 出力 3,825PS×218RPM 燃料消費量 15.2t/d 航統距離 10,000海里 速力 12.80  
 ノット 汽罐 クレイトン WHO-50型 発電機 250KVA×445V×2 原動機 300PS×720RPM 貨物倉(ベール)  
 10,220.92m<sup>3</sup> (グレーン) 10,695.39m<sup>3</sup> 清水倉 516.62m<sup>3</sup> 燃料油倉 660.88m<sup>3</sup> 乗員 35名 工期 49-8-11, 49-  
 10-20, 49-12-3



**MANGO KING** (貨物船) 船主 Mango King Shipping Incorporated. (リベリア) 造船所 渡辺造船株式会社  
 総噸数 4,815.73噸 純噸数 3,063.68噸 遠洋 船級 BV 載貨重量 7,906.93噸 全長 115.65m 長(垂) 107.10m  
 幅(型) 17.40m 深(型) 8.70m 吃水 7.009m 満載排水量 10,281.03噸 凹甲板型 主機 神戸発動機 6UET45/  
 80D型ディーゼル機関 1基 出力 3,825PS×218RPM 燃料消費量 15.2t/d 航統距離 10,000海里 速力 13.850  
 ノット 汽罐 クレイトン WHO 50型 発電機 250KVA×445V×2 原動機 300PS×720RPM×2 貨物倉(ベール)  
 10,220.92m<sup>3</sup> (グレーン) 10,659.39m<sup>3</sup> 清水倉 516.62m<sup>3</sup> 燃料油倉 660.88m<sup>3</sup> 乗員 35名 工期 49-9-19, 49-  
 11-18, 49-12-28





神 悠 丸 (自動車運搬船) 船主 日本郵船株式会社, 大阪商船三井船舶株式会社 造船所 三菱重工業・神戸造船所 総噸数 16,109.32噸 純噸数 7,678.82噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 16,343噸 全長 224.985m 長(垂) 210.00m 幅(型) 32.20m 深(型) 22.60m 吃水 9.30m 満載排水量 32,889噸 全通船楼型 主機 三菱9 UEC85/180 D型ディーゼル機関1基 出力 22,950PS×112RPM 燃料消費量 83.7t/d 航続距離 23,000海里 速力 20.6ノット 汽罐 2.3t/h, 7 kg/cm<sup>2</sup> 飽和1台 発電機 962.5KVA×450V×4 自動車搭載数小型乗用車6,000台 清水倉 293.9m<sup>3</sup> 燃料油倉 4,774.4m<sup>3</sup> 乗員 33名(外3) 工期 49-4-9, 49-9-30, 49-12-25



WORLD FINANCE (自動車兼ばら積貨物船) 船主 Liberian Athene Transports, Inc. (リベリア) 造船所 株式会社大阪造船所 総噸数 20,513.25噸 純噸数 14,481噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 33,034噸 全長 185.371m 長(垂) 175.000m 幅(型) 26.000m 深(型) 16.100m 吃水 11.385m 満載排水量 42,732噸 船首楼付平甲板船 主機 IHI スルザー6RND76型ディーゼル機関1基 出力 10,800PS×117.8RPM 燃料消費量 43.25t/d 航続距離 15,600海里 速力 14.8ノット 汽罐 堅型横煙管式コクラン型コンボジットボイラー1台 発電機 AC450V×500KVA×3 原動機 ヤンマー6UL-UT 590BHP×720rpm×3 貨物倉(ベール) 40,088m<sup>3</sup> (グリーン) 41,396m<sup>3</sup> 清水倉 465.4m<sup>3</sup> 燃料油倉 2,137.9m<sup>3</sup> 乗員 38名 工期 48-7-10, 49-10-9, 49-12-13



**ARCHON** (油槽船) 船主 Inca Compania Naviera S.A. (リベリア) 造船所 日本鋼管・鶴見造船所  
 総噸数 56,988.03噸 純噸数 44,777.58噸 遠洋 船級 LR 載貨重量 121,500Lt 全長 264.000m 長(垂) 252.000  
 m 幅(型) 38.000m 深(型) 23.000m 吃水 57' -1" 満載排水量 143,195噸 船主樓付平甲板船 主機 住友スル  
 ザー8 RND90型ディーゼル機関1基 出力 20,800PS×118RPM 燃料消費量 76.4t/d 航続距離 21,000海里  
 速力 15.25ノット 汽罐 2 胴水管ボイラー 15.5kg/cm<sup>2</sup>飽和 発電機 640KW×450V×3 原動機 ディーゼルエンジン  
 貨油倉 149,784m<sup>3</sup> 清水倉 459m<sup>3</sup> 燃料油倉 4,873m<sup>3</sup> 乗員 41名 工期 49-5-13, 49-8-9, 49-11-28



**LUSTRE VENTURE** (油槽船) 船主 Lustre Carriers Inc. (リベリア) 造船所 三井造船・玉野造船所  
 総噸数 31,863.12噸 純噸数 22,269.64噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 67,120噸 全長 215.000m 長(垂) 205.000  
 m 幅(型) 35.500m 深(型) 17.500m 吃水 13.0305m 満載排水量 80,322噸 船首樓付平甲板船 主機 三井 B  
 &W 7 K84EF型ディーゼル機関1基 出力 14,900BHP×108RPM 燃料消費量 69t/d 航続距離 13,200海里 速  
 力 15.0ノット 汽罐 三井 2 胴式水管ボイラー 40,000kg/h×16kg/cm<sup>2</sup>×1 発電機 760KW×2 原動機 ヤンマー 6GL  
 ST 1,100BHP 貨油倉 79,358.9m<sup>3</sup> 清水倉 397.4m<sup>3</sup> 燃料油倉 3,119.7m<sup>3</sup> 乗員 51名 工期 49-6-27, 49-  
 9-6, 49-12-20



**TSURU ARROW** (ばら積貨物船) 船主 Kriship Shipping Co., Ltd. (英) 造船所 三井造船・藤永田造船所  
 総噸数 24,997.36噸 純噸数 13,293.36噸 遠洋 船級 NV 載貨重量 38,069Lt 全長 182.000m 長(垂) 174.000  
 m 幅(型) 29.000m 深(型) 16.100m 吃水 11.611m 満載排水量 49,509噸 凹甲板船 主機 三井B&W 7 K74  
 EF型ディーゼル機関×1基 出力 11,900BHP×120RPM 燃料消費量 A 3.15t/d C 48.07t/d 航続距離 15,000  
 海里 速力 14.5ノット 汽罐 HS 159m<sup>2</sup>, 1,600kg/hr×7kg/cm<sup>2</sup> 発電機 1,000BHP×3 原動機 タイハツ8PSHT  
 b-26 D型 貨物倉(ランバー) 40,745m<sup>3</sup> (グレーン) 41,684m<sup>3</sup> 清水倉 258.5m<sup>3</sup> 燃料油倉 2,205.2t 乗員 37名  
 工期 49-6-21, 49-9-10, 49-12-10 設備 25t ガントリークレーン×2



**KALLIOPI L.** (ばら積貨物船) 船主 Sunrise Co., Ltd. (ギリシャ) 造船所 株式会社村造船所  
 総噸数 15,938.23噸 純噸数 11,158噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 26,650Lt 全長 178.52m 長(垂) 167.00 m  
 幅(型) 22.90m 深(型) 14.50m 吃水 10.403m 満載排水量 33,490噸 凹甲板型 主機 三菱スルザー7RND68  
 型ディーゼル機関1基 出力 9,820PS×142RPM 燃料消費量 A 2.0t/d C 36.8t/d 航続距離 18,400海里 速力  
 15.0ノット 汽罐 7kg/cm<sup>2</sup>, 1,200kg/h, 169.6°C 1台 発電機 AC 500KVA×450V×3 原動機 625PS×600RPM  
 貨物倉(ペール) 32,595m<sup>3</sup> (グレーン) 34,247m<sup>3</sup> 清水倉 126.9m<sup>3</sup> 燃料油倉 2,034.1m<sup>3</sup> 乗員 36名 工期 49-5  
 -28, 49-9-11, 49-12-17



**SHING ON** (ばら積貨物船) 船主 Rose Wood Navigation Company, S.A. (パナマ) 造船所 日本鋼管・清水造船所 総噸数 12,692.33噸 純噸数 8,388噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 22,070噸 全長 155.76m 長(垂) 145.70m 幅(型) 22.86m 深(型) 13.60m 吃水 9.99m 満載排水量 26,901噸 凹甲板船 主機 住友スルザー 6 RND68型ディーゼル機関1基 出力 8,100PS×133RPM 燃料消費量 31.5t/d 航続距離 14,100海里 速力14.7ノット 汽罐 コンポジット罐1基 発電機 310KW×AC450V×720rpm×2 貨物倉(ベール) 25,067.1m<sup>3</sup> (グレーン) 29,098.5m<sup>3</sup> 清水倉 84.00m<sup>3</sup> 燃料油倉 1,383.00m<sup>3</sup> 乗員 37名 工期 49-7-25, 49-10-15, 49-12-17



**MOUNT PINDOS** (ばら積貨物船) 船主 Netropolitan Bulk Carriers Corp. (ギリシャ) 造船所 日立造船・舞鶴工場 総噸数 33,147.19噸 純噸数 26,125噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 60,428Lt 全長 225.055m 長(垂) 215.00m 幅(型) 32.20m 深(型) 17.80m 吃水 40'-10 1/2" 満載排水量 71,815噸 船首楼付平甲板型 主機 日立スルザー 7RND76型ディーゼル機関1基 出力 12,600PS×118RPM 燃料消費量 48.07t/d 航続距離 23,530海里 速力 14.80ノット 汽罐 日立フレミングボイラー×3 発電機 475KVA×AC450V×60Hz×3 貨物倉(グレーン) 82,507.3m<sup>3</sup> 清水倉 15,552ft<sup>3</sup> 燃料油倉 127,051ft<sup>3</sup> 乗員 39名 工期 49-2-25, 49-9-4, 49-11-20



日興丸 (フルコンテナ船) 船主 日興海運株式会社・トーセイライン株式会社 造船所 株式会社三保造船所 総噸数 4,448.04噸 純噸数 2,625.49噸 近海 船級 NK 載貨重量 5,659.25噸 全長 119.00m 長(垂) 109.00m 幅(型) 17.80m 深(型) 8.20m 吃水 5.921m 満載排水量 8,228.47噸 船首尾楼付一層甲板船 主機 横田鉄工堅型単動4サイクルバンクピストン型、可逆転排気ターボチャージ及び空気冷却器付ディーゼル機関1基 出力 4,420軸PS×213RPM 燃料消費量 14t/d 航続距離 7,900海里 速力 14.0ノット 汽罐 水管式 4.6~6.5kg/cm<sup>2</sup> 発電機 300PS×2 原動機 AC 445V×324A×2 清水倉 210.16m<sup>3</sup> 燃料油倉 A 76.93m<sup>3</sup> B 391.70m<sup>3</sup> 乗員 30名 工期 49-5-29, 49-10-4, 49-12-9



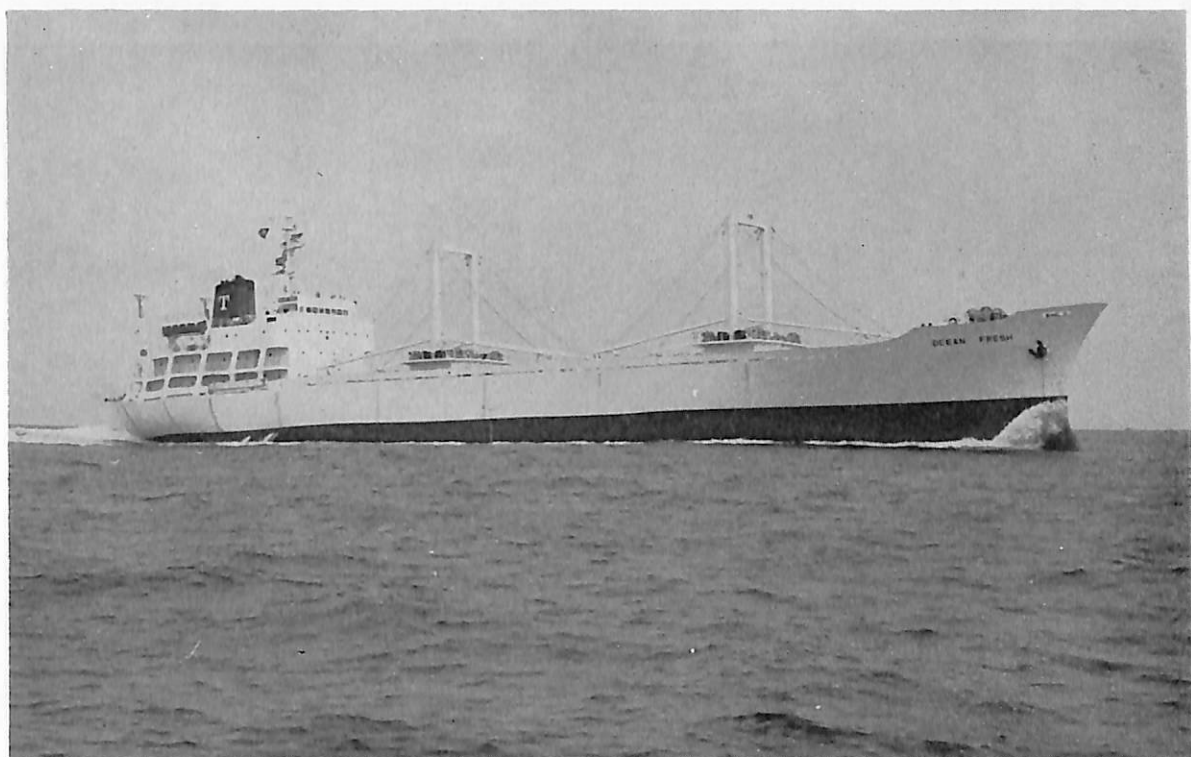
第二観幸丸 (油槽船) 船主 船舶整備公団・丸幸海運株式会社 造船所 徳島造船産業株式会社 総噸数 999.16噸 純噸数 702.99噸 沿海 載貨重量 2,387.00噸 全長 77.90m 長(垂) 71.00m 幅(型) 12.00m 深(型) 5.50m 吃水 5.011m 満載排水量 3,131.00噸 凹甲板型 主機 横田KSLH-633型ディーゼル機関1基 出力 1,700PS×332RPM 燃料消費量 6.1t/d 航続距離 2,000海里 速力 11.5ノット 汽罐 タクマWHO50型619kg/h 発電機 100KVA×2 貨油倉 2,871.18m<sup>3</sup> 清水倉 81.07m<sup>3</sup> 燃料油倉 79.86m<sup>3</sup> 乗員 12名 工期 49-8-5, 49-10-29, 49-12-17



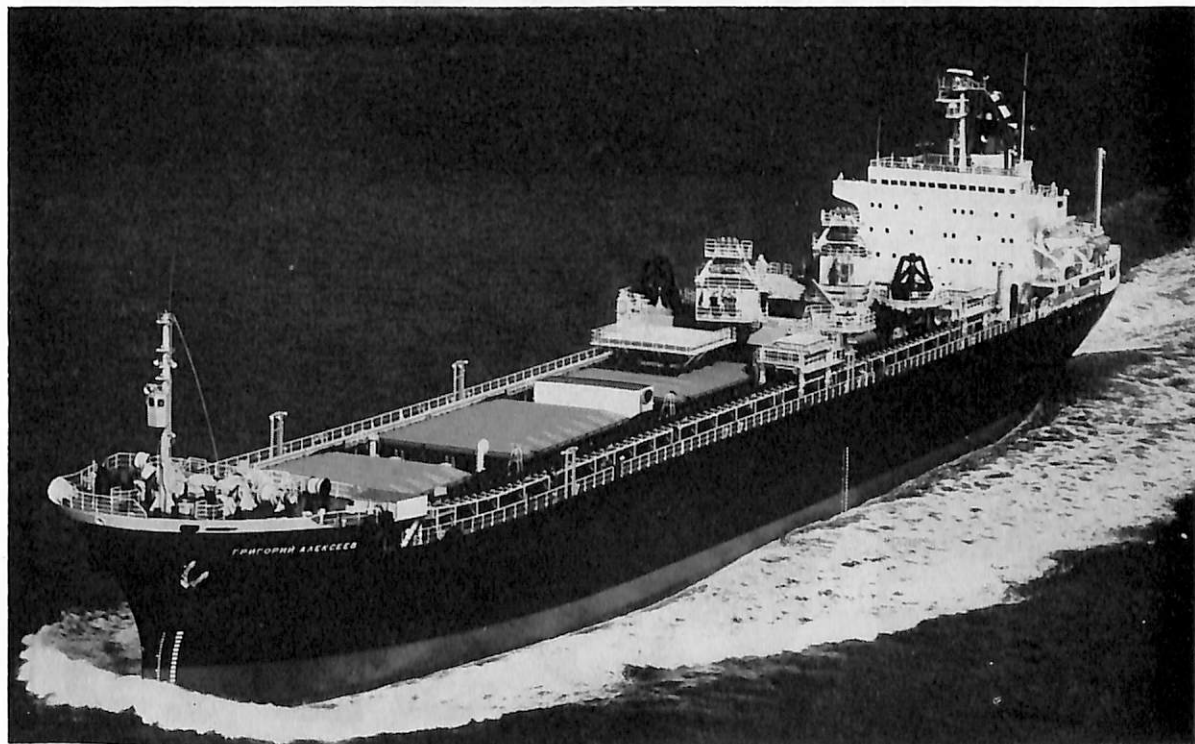
いしかり(自動車航送旅客船) 船主 太平洋沿海フェリー株式会社 造船所 内海造船・瀬戸田工場  
 総噸数 11,880.37噸 純噸数 6,075.19噸 近海 載貨重量 4,092噸 全長 175.565m 長(垂) 162.00m 幅(型) 24.00m 深(型) 9.70m 吃水 6.472m 満載排水量 12,880噸 全通船楼二層甲板型 主機 三菱MAN-V7V52/55 型ギヤードディーゼル機関2基 出力  $2 \times 11,720 \text{ PS} \times 407/181.5 \text{ RPM}$  燃料消費量 94t/d 航続距離 3,406海里 速力 23.0ノット 汽罐 乾燃式船用丸ボイラー  $7 \text{ kg/cm}^2 \times 3,950 \text{ kg/h} \times 1$  発電機  $1,100 \text{ KVA} \times \text{AC}450 \text{ V} \times 3$  原動機  $1,300 \text{ PS} \times 720 \text{ RPM} \times 3$  旅客定員 905名, 車両 8tトラック 130台, 乗用車 105台 清水倉 859m<sup>3</sup> 燃料油倉 740 m<sup>3</sup> 乗員 70名 工期 49-4-3, 49-9-19, 49-12-23 航路 大分-名古屋-仙台-苫小牧



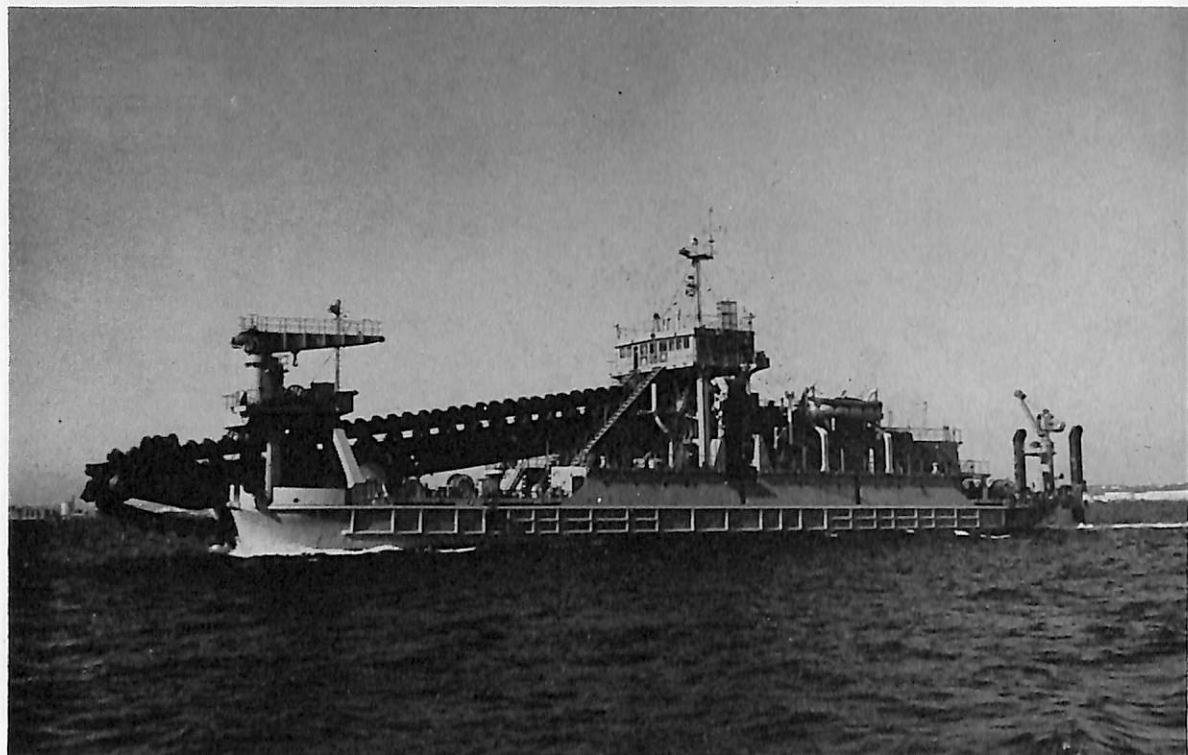
飛 龍(自動車航送旅客船) 船主 有村産業株式会社 造船所 三菱重工工業・下関造船所  
 総噸数 8,156.07噸 純噸数 3,261.10噸 近海 載貨重量 294.7噸 全長 166.63m 長(垂) 156.00m 幅(型) 22.00/21.20m 深(型) 8.00m 吃水 5.80m 満載排水量 10,943噸 全通船楼船 主機 三菱MAN-V8V52/55単動V型ディーゼル機関1基 出力  $14,400 \text{ PS} \times 415 \text{ RPM}$  燃料消費量 113t/d 航続距離 5,000海里 速力 25ノット 汽罐 クレイトンRH6-300型  $7 \text{ kg/cm}^2 \times 4,000 \text{ kg/h} \times 1$  発電機  $812.5 \text{ KVA}, \text{AC}440 \text{ V} \times 60 \text{ Hz} \times 4$  自動車搭載数 8tトラック 76台, 乗用車 97台, 旅客 1,007名 清水倉 421.9m<sup>3</sup> 燃料油倉  $1,131.7 \text{ m}^3$  乗員 47名 工期 48-12-19, 49-6-22, 49-11-29 航路 阪神-沖繩



**OCEAN FRESH** (冷凍運搬船) 船主 Ocean Fresh Lines Co., S.A. (パナマ) 造船所 岸本造船株式会社  
 総噸数 3,572.39噸 純噸数 1,977.61噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 5,726.12噸 全長 124.10m 長(垂) 115.00m  
 幅(型) 17.40m 深(型) 10.50m 吃水 6.922m 満載排水量 8,657.81噸 全通船楼甲板型 主機 日立B&W12U  
 50HU型ディーゼル機関1基 出力 8,200PS×450/223RPM 燃料消費量 35.92t/d 航続距離 12,542海里 速力  
 17.4ノット 汽罐 堅型 1,000kg/h 発電機 450KVA×3 原動機 800PS×900rpm 貨物倉(ベール) 6,766m<sup>3</sup>(グ  
 レーン) 6,867m<sup>3</sup> 清水倉 232.6m<sup>3</sup> 燃料油倉 1,110.9m<sup>3</sup> 乗員 26名 工期 49-5-17, 49-10-1, 49-12-24

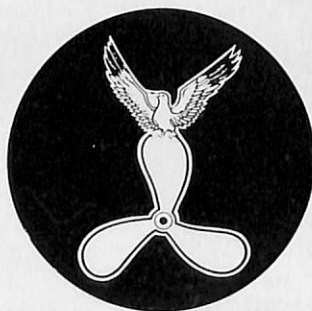
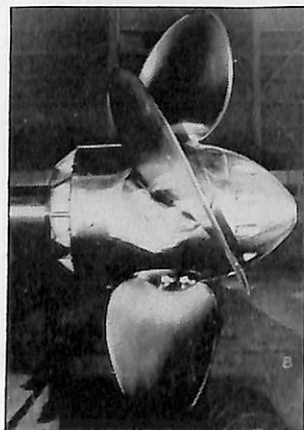


**GRIGORIY ALEKSEEV** (チップ専用船) 船主 Sudoimport. (Russian) 造船所 日立造船・向島工場  
 総噸数 18,347.73噸 純噸数 12,679.19噸 遠洋 船級 RS 載貨重量 23,600噸 全長 169.452m 長(垂) 158.00  
 m 幅(型) 24.60m 深(型) 16.40m 吃水 9.922m 満載排水量 30,607噸 船首楼付一層甲板船 主機 日立B&W  
 6K62EF型ディーゼル機関1基 出力 7,600PS×140RPM 燃料消費量 31.1t/d 航続距離 10,900海里 速力  
 14.0ノット 汽罐 1,900kg/h×7kg/cm<sup>2</sup>G×1 発電機 750KVA, AC 400V×3, 125KVA, AC 400V×1 貨物倉(グ  
 レーン) 41,170m<sup>3</sup> 清水倉 322m<sup>3</sup> 燃料油倉 1,203m<sup>3</sup> 乗員 41名 工期 49-5-6, 49-8-24, 49-11-27, 設  
 備 耐氷構造, 機関部自動化



**鏈** 101 (浚渫船) 船主 China National Machinery Import & Export Corporation. (Chinese) 造船所  
 日本鋼管・鶴見造船所浅野ドック 総噸数 1,732.06噸 純噸数 495.50噸 沿海 船級NK 載貨重量 306.1噸 全  
 長 74.1m 長(垂) 69.9m 幅(型) 14.0m 深(型) 5.1m 吃水 3.113m 満載排水量 2,224.3噸 主機 DC電動機  
 1基 出力 700kW×300 RPM 燃料消費量 5.54t/d 速力 7.40ノット 汽罐 3kg/cm<sup>2</sup>×20°C×300kg/h×1 発電機  
 DC 780KW, 450V×600rpm AC 370KW, 450V×600rpm 清水倉 104.1m<sup>3</sup> 燃料油倉 169.0m<sup>3</sup> 乗員 47名 工期  
 49-4-3, 49-7-18, 49-12-18

機動性の向上と燃料の節減に!!



**かもめ**  
**可変ピッチ**  
**プロペラ**

かもめ可変ピッチプロペラ・かもめサイドスラスト  
 かもめ固定ピッチプロペラ・軸系装置一式

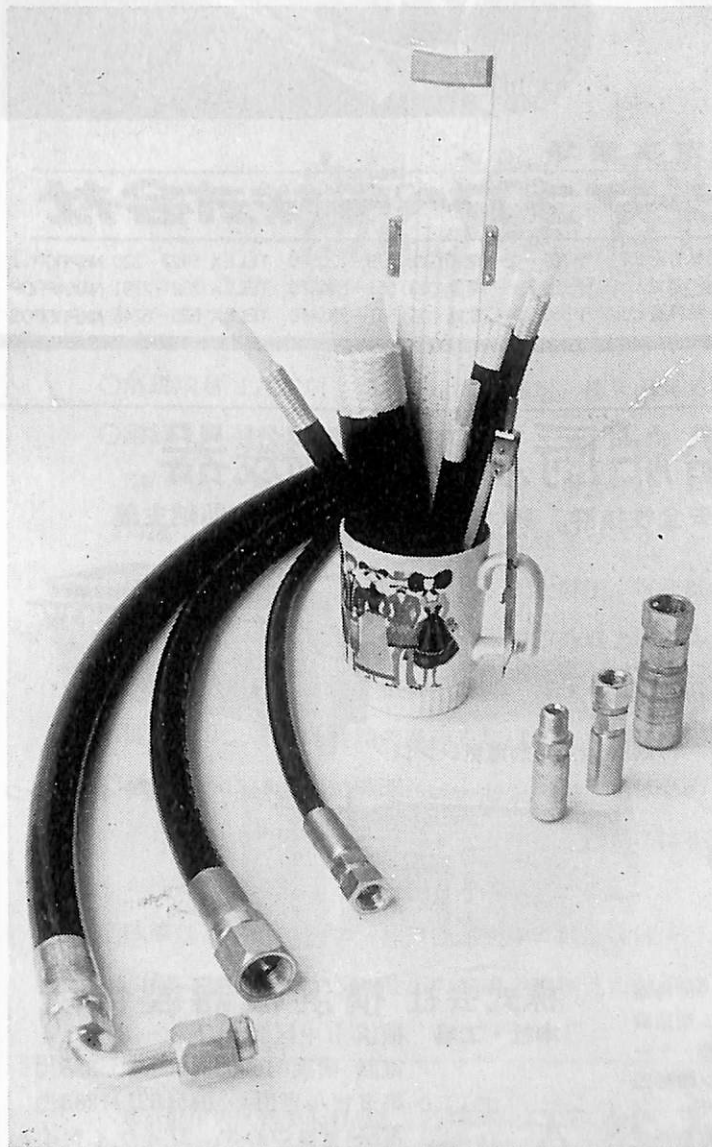
《運輸大臣認定製造事業場》

かもめプロペラ株式会社

本 社：〒244 横浜市戸塚区上矢部町690  
 TEL (045) 811-2461 (代表)  
 東京事務所：〒105 東京都港区新橋4-14-2  
 TEL (03) 431-5438・434-3939



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  
**シンプルホース**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………**シンプルホース**  
空圧用………**シンプル N2チューブ**  
空気計装用…**テコロン**  
**デカボーン1300**



**ニッタ・ムラカミ・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 1 7 2  
TEL (07435) 6-1251(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 1 4 番 2 8 号  
TEL (0762) 65-6235(代)  
広島出張所 広島市上東雲町 1 5-1 9  
TEL (0822) 81-7 3 5 0  
富士サービス 静岡県富士市横割 1 丁目 1-22  
センター TEL (0545) 61-7 7 5 2

# 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・撤積船  
各種専用船プロペラの設計及び  
製作、各種銅合金鋳造品・船尾  
装置一式

## ■新開発システム

### ○キーレスプロペラ

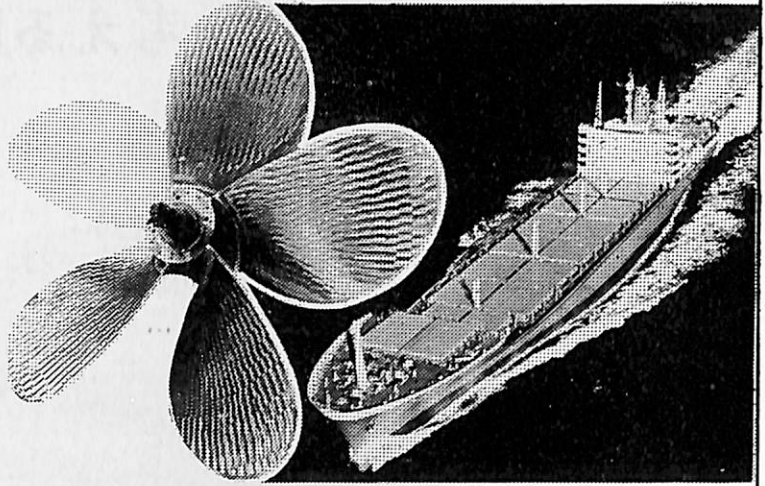
キーなしのシャフトにプロペ  
ラを油圧にて装着する新方式  
取付・取外し簡便

### ○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OPPシステム一式  
(XS・XK・XX三種)



運輸省認定事業場



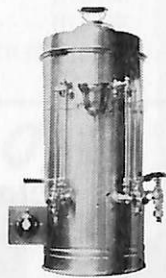
## **ナカシマスプロペラ株式会社**

本 社 工 場 岡山市上道北方688-1(岡山中央郵便局私書函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 大阪市西区靱本町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

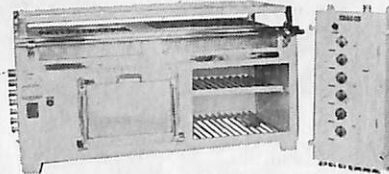
堅牢性、経済性、効率性、安全性抜群。高い信頼納期業界最短、即納主義

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-  
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-ザ-  
食器洗浄機・竪型蒸気炊飯器・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」ワイケイケイ

希望条件を指示下さい。即時見積、設計、納品致します。



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  
東京商船大学名誉教授 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 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。

東京都中央区銀座5-11-13  
ニュー東京ビル

株式 天然社  
会社

振替 東京 79562番  
電話(03)543-7793番

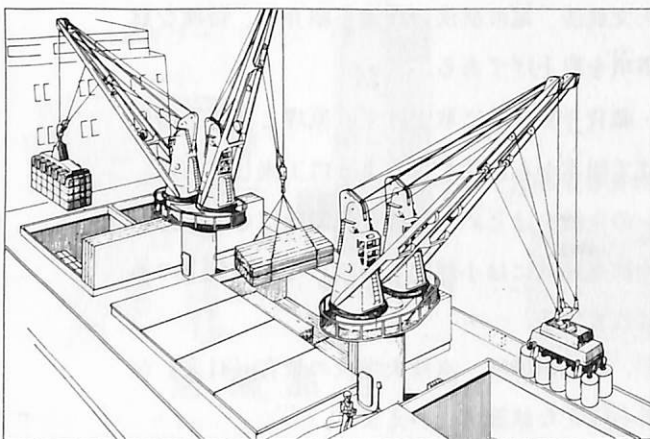
# NIKKO-HÄGGLUNDS TWIN CRANES

## Electro-hydraulic deck cranes



日鋼—ヘグランド標準電動油圧デッキクレーンには、シングルタイプとツインタイプがあり、各タイプ共各種力量（シングルは3—25t、ツインは5t×2—25t×2）のものか標準化されています。

作動はヘグランド社特製による高トルク低速油圧モータで行われ、減速用歯車装置は不要です。ツインクレーンは単独で別々に操作ができますし、又両者一緒に片方の運転室から操作することもできます。リモートコントロール装置も取付可能です。尚各種の貨物に適したアクセサリも豊富に用意しています。

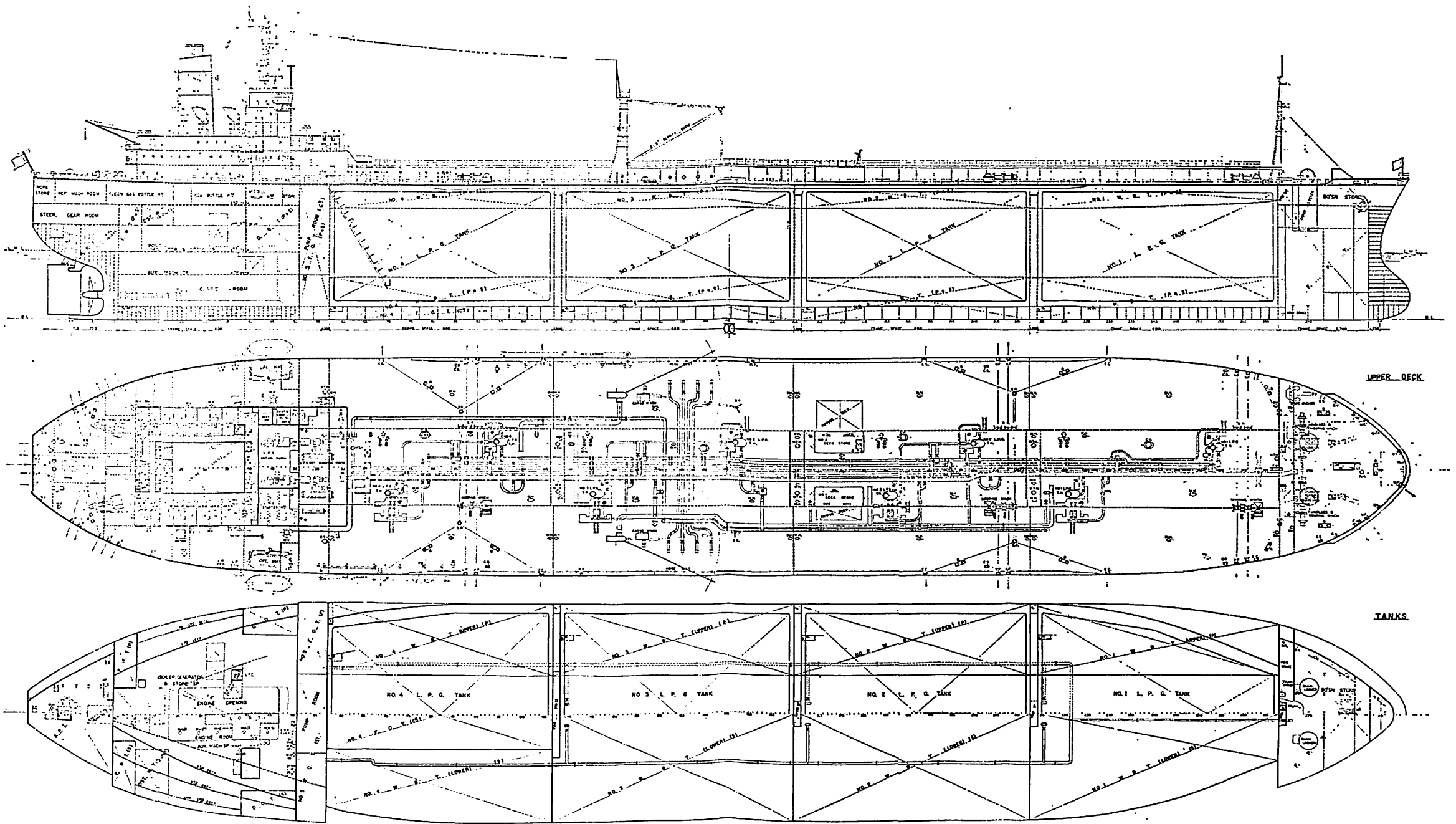


一例 Crane type(twin)TDI522

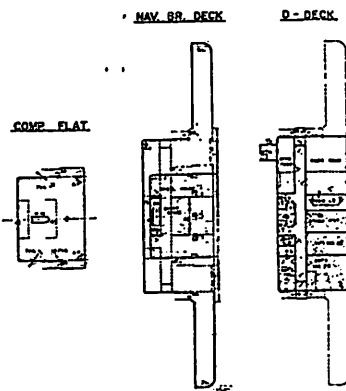
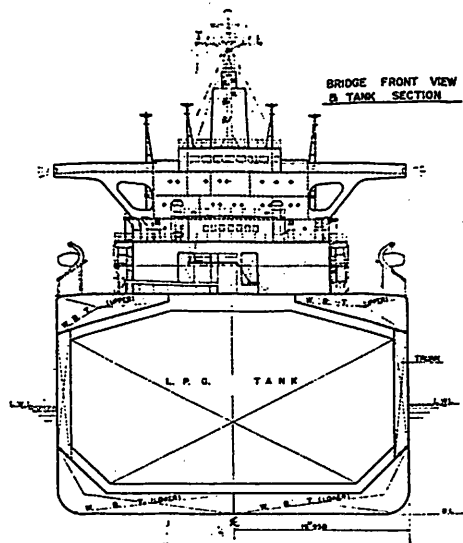
Hoisting capacity	2×15 ton
Hoisting speed, low	40 m/min.
Hoisting speed, high <sup>1)</sup>	80 m/min.
Luffing from max. min. jib radius	33 sec.
Slewing speed	1.0 r.p.m.
Jib radius max. L	22.0 metre.
Jib radius min. L	3.0 metre.
Power input cont.	2×144 h.p.
Power input 10% duty cycle	2×260 h.p.
Total weight incl. platform	70.4 ton


 株式会社 日本製鋼所

東京都千代田区有楽町 1-1-2 (日比谷三井ビル) 電話 (03) 501-6111  
 営業所 大阪 (06) 203-3661・福岡 (092) 74-0561・名古屋 (052) 211-4541  
 広島 (0822) 28-6541・札幌 (011) 241-2271・新潟 (0252) 41-6301  
 仙台 (0222) 94-2561



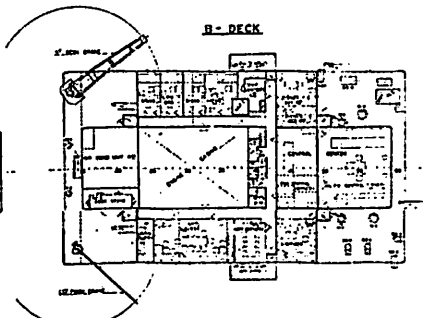
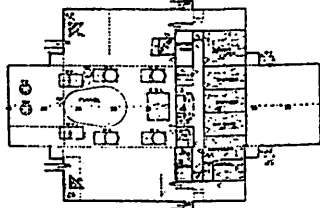
ぱれすとうきょう 一般配置図 (1)



DECK HOUSE TOP

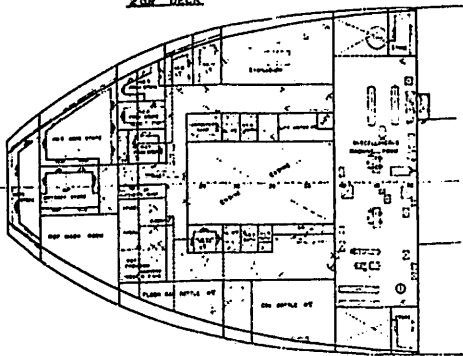
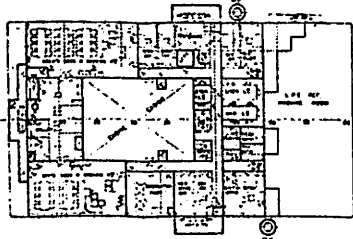
C-DECK

B-DECK



A-DECK

2ND DECK



PRINCIPAL PARTICULARS

LENGTH OVERALL	244.128
REGISTERED LENGTH	238.50
LENGTH BR	234.00
BREADTH M/S	35.50
DEPTH M/S	23.50
DESIGNED LOAD DRAFT M/S	12.50
ASSIGNED SUMMER DRAFT (EXCL)	12.228
DRAUGHT	23.218 M
DEADWEIGHT	68,324 T
L.P.G. TANK CAPACITY	100,181,504 M <sup>3</sup>
OFFICIAL NUMBER	116432
SERIAL LETTER	JRM
GROSS TONNAGE (JAPANESE)	64,376.510 T
NET TONNAGE (JAPANESE)	41,283.261 T
CLASSIFICATION	
NO. IN TANKER UNIFORM FLAMMABLE GAS	
MINIMUM TEMPERATURE (°C) AND MMS	
SEWER (TRIAL)	18.2 MMS
(AT SEA)	16.4 MMS
MAIN ENGINE	
DETAILS B & W PRESSURE DESIG. ENGINE	
MAX. CONTINUOUS 23,000 P.S.I. 112.1 PPM	
COST SERVICE 21,100 P.S.I. 112.1 PPM	
MAIN BOILER	
MARINE OIL COMBUSTION CYLINDER TYPE	
12,500 H.P. / M	1.0 M
L.P.G. GASES PUMP	
ELECTRICAL SURCHARGED TYPE 8 MMS	
900 H.P. / M (BUTANE BASE)	
BALAST PUMP	
VERTICAL CENTRIFUGAL TYPE 2.4 M	
1,000 H.P. / M 20 P.S.I. SEA WATER	

COMPLEMENT

DECK	ENGINE	PILOTS
BRIDGE	1	2
1ST DECK	1	1
2ND DECK	1	1
3RD DECK	1	1
4TH DECK	1	1
5TH DECK	1	1
6TH DECK	1	1
7TH DECK	1	1
8TH DECK	1	1
9TH DECK	1	1
10TH DECK	1	1
11TH DECK	1	1
12TH DECK	1	1
13TH DECK	1	1
14TH DECK	1	1
15TH DECK	1	1
16TH DECK	1	1
17TH DECK	1	1
18TH DECK	1	1
19TH DECK	1	1
20TH DECK	1	1
21TH DECK	1	1
22TH DECK	1	1
23TH DECK	1	1
24TH DECK	1	1
25TH DECK	1	1
26TH DECK	1	1
27TH DECK	1	1
28TH DECK	1	1
29TH DECK	1	1
30TH DECK	1	1
31TH DECK	1	1
32TH DECK	1	1
33TH DECK	1	1
34TH DECK	1	1
35TH DECK	1	1
36TH DECK	1	1
37TH DECK	1	1
38TH DECK	1	1
39TH DECK	1	1
40TH DECK	1	1
41TH DECK	1	1
42TH DECK	1	1
43TH DECK	1	1
44TH DECK	1	1
45TH DECK	1	1
46TH DECK	1	1
47TH DECK	1	1
48TH DECK	1	1
49TH DECK	1	1
50TH DECK	1	1
51TH DECK	1	1
52TH DECK	1	1
53TH DECK	1	1
54TH DECK	1	1
55TH DECK	1	1
56TH DECK	1	1
57TH DECK	1	1
58TH DECK	1	1
59TH DECK	1	1
60TH DECK	1	1
61TH DECK	1	1
62TH DECK	1	1
63TH DECK	1	1
64TH DECK	1	1
65TH DECK	1	1
66TH DECK	1	1
67TH DECK	1	1
68TH DECK	1	1
69TH DECK	1	1
70TH DECK	1	1
71TH DECK	1	1
72TH DECK	1	1
73TH DECK	1	1
74TH DECK	1	1
75TH DECK	1	1
76TH DECK	1	1
77TH DECK	1	1
78TH DECK	1	1
79TH DECK	1	1
80TH DECK	1	1
81TH DECK	1	1
82TH DECK	1	1
83TH DECK	1	1
84TH DECK	1	1
85TH DECK	1	1
86TH DECK	1	1
87TH DECK	1	1
88TH DECK	1	1
89TH DECK	1	1
90TH DECK	1	1
91TH DECK	1	1
92TH DECK	1	1
93TH DECK	1	1
94TH DECK	1	1
95TH DECK	1	1
96TH DECK	1	1
97TH DECK	1	1
98TH DECK	1	1
99TH DECK	1	1
100TH DECK	1	1
GRAND TOTAL	100	100

ばれすとうきょう一般配置図(2)

# LPG 運搬船 ぱれす とうきよう

日立造船株式会社  
船舶事業本部

## 1. ま え が き

本船は、パレス SHIPPING 株式会社殿の御注文により当社因島工場において建造されたもので、昭和 49 年 10 月 18 日、各種テスト完了後無事船主に引渡されたものである。本船は、当社建造の方形独立タンク方式の冷却式液化石油ガス運搬船としては 7 隻目であり、去る昭和 48 年 2 月完工された同型船 ESSO FUJI とともに世界最大であり、雄洋海運（株）が長期用船し、日本～ペルシャ湾間に就航している。

なおパレス SHIPPING 株式会社は昭和 48 年 12 月日立造船株式会社 80%、雄洋海運株式会社 20% の出資により設立された船舶保有会社で、本船はその 1 番船である。

## 2. 船 体 部

### 2.1 主要目

#### 主要寸法

全 長	246.13 m
垂線間長	234.00 m
幅 (型)	39.90 m

深さ (型)	25.00 m
計画満載吃水 (型)	12.70 m
トン数	
総トン数	64,378.85 T
純トン数	41,295.26 T
容 積	
LPG タンク	100,181.304 m <sup>3</sup>
バラスタタンク	33,144.44 m <sup>3</sup>
燃料油タンク	4,807.20 m <sup>3</sup>
速力等	
試運転最大速力	18.796 ノット
満載航海速力	16.4 ノット
航続距離	約 18,100 海裡

#### 乗組員

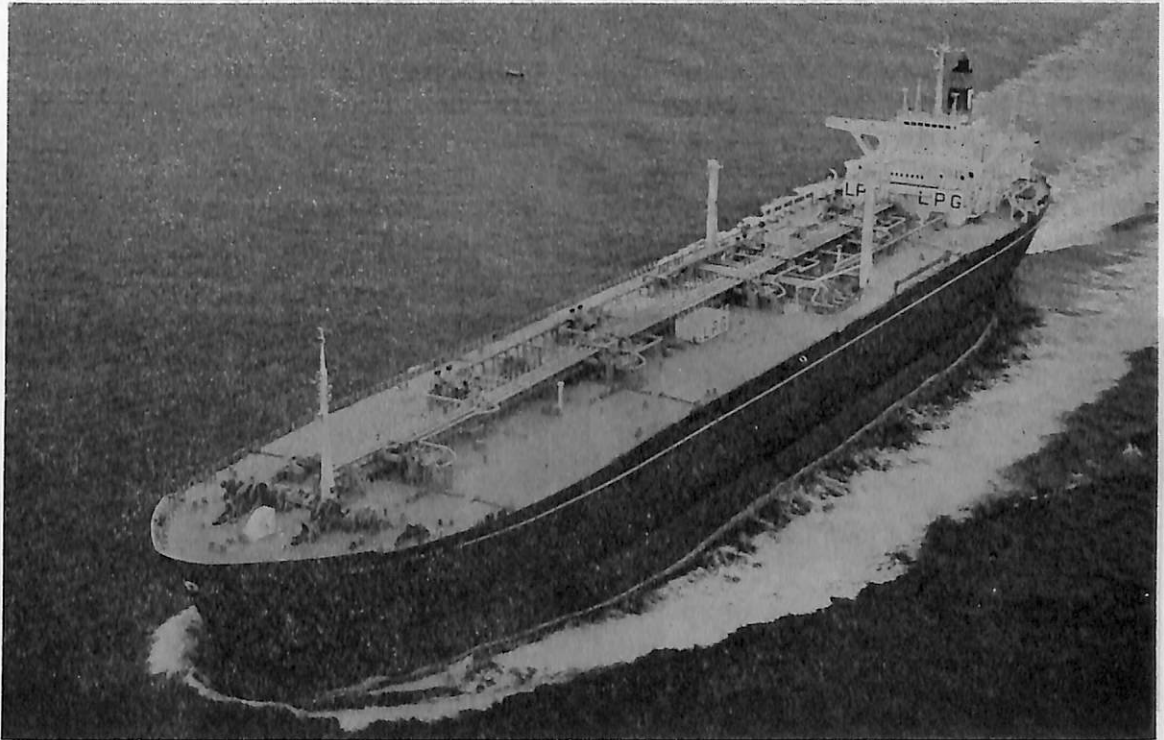
職員 11 名、部員 19 名、予備 9 名、合計 39 名

#### 船 級

日本海事協会

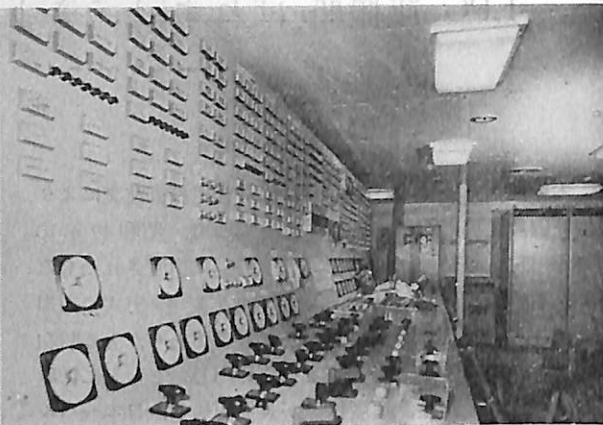
NS\* (Tanker, Liquefied Flammable Gas Minimum Temperature  $-46^{\circ}\text{C}$ )

MNS\*, "M0"





主 機



主 機 操 縦 室

## 2.2 一般計画

本船は常圧低温にて液化したプロパンガス、またはブタンガスを、外部に防熱が施された4個の方形の独立タンクで輸送するように計画され、これらのいずれのタンクにも任意にプロパン、またはブタンを搭載できるようになっている。

## 2.3 一般配置

LPG タンク部の船体断面形状は上翼部タンクおよびホッパー付二重底を有する撒積船タイプである。上翼部タンクと二重底は、トランクおよびパイプで結ばれ、バラスタタンクとしている。

機関制御室を船橋前部冷凍機室上B甲板に設けられた荷役制御室と隣接して設け、甲板部・機関部乗組員が相互に自由に往来できる構造・配置とし、両室をあわせて「コントロールセンター」と称し、荷役並びに機関の遠隔操作・集中監視のための各種計測器・制御装置・警報類を装備して、文字どおり本船制御中樞としてのコント

ロールセンターと呼ぶにふさわしい機能を持たせていると同時に、甲板部・機関部乗組員の交流の場ともしている。

## 2.4 船殻構造

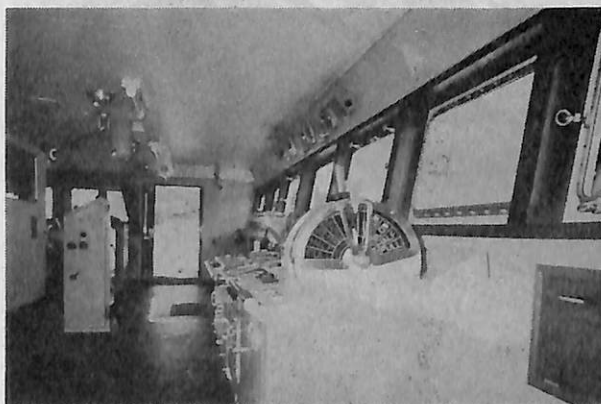
本船の一般船殻構造は撒積船型とほぼ同様で、船側構造、機関室二重底構造、船尾構造、上部構造を横肋骨方式とする外は縦肋骨方式としている。

LPG タンクに面する二重底内底板、船側外板、上翼部タンク底板および横置隔壁は、LPG タンクの二次防壁として良質の鋼材を使用している。

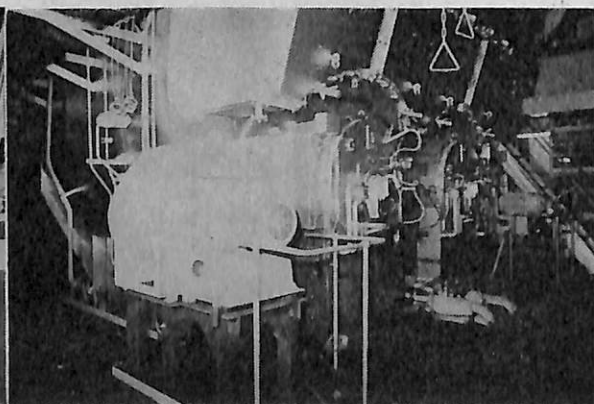
## 2.5 船体機装

LPG 関係機械室の通風、通風筒の位置・高さについては特に規則要求以上に安全面（防爆）を考慮のうえ計画した。

	換気回数	
LPG ポンプ室	20回/時	排気
LPG 冷凍機室	20回/時	排気

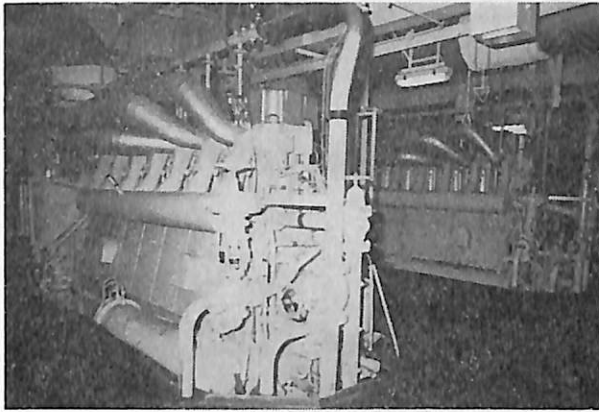


船 橋 操 舵 台

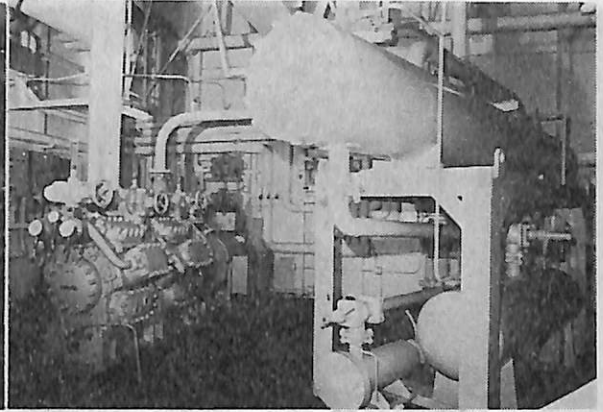


補 助 ボ イ ラ





ディーゼル発電機



冷凍機

補助機械室 20回/時 給気

LPG 電動機室 30回/時 給気

上甲板上的交通および LPG 各タンクハッチへの交通を容易にするため、上甲板上的配管は十分高い位置に配置し、また居住区より No.1 LPG タンクまで、電設路トランクを利用して常設歩路を設け、作業性を高めている。

### 3. 機関部・電気部および自動化装置

#### 3.1 概要および特徴

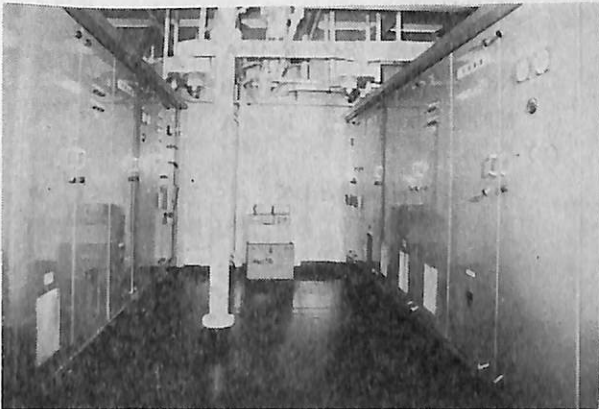
本船は主機関として日立 B&W 9K84EF 型ディーゼル機関1基を備え、発電機としては LPG 冷凍機、LPG ブLOWER、LPG カーゴポンプなど多種多量の電気関連装置を有しており、かつ LPG 船特有の電力負荷特性のため、ターボ発電機を装備せず、日立 B&W 726 MTH 40 型ディーゼル機関駆動の主発電機 1,075 KVA (860 KW) 4 基を装備している。主発電機には連続給電

対策として自動起動装置、自動同期投入装置および自動負荷分担装置などを装備している。通常航海時 2 台または 3 台、積荷中 3 台、揚荷中 4 台、停泊中 2 台を使用する。

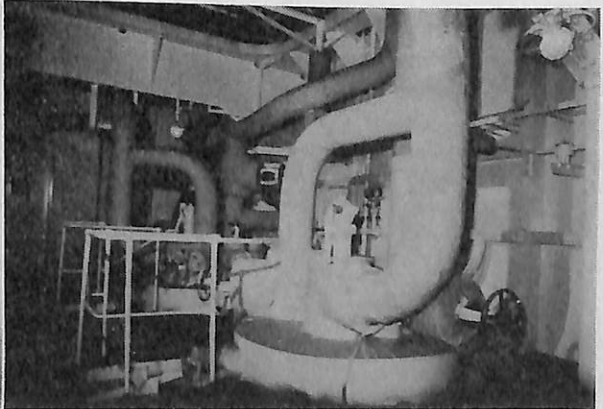
蒸気発生装置は船用乾燃丸ボイラ 1 基および排ガスエコノマイザー 1 基を有し、それぞれ甲板機器、LPG 関連機器および通常航海時の燃料油加熱、暖房、雑用などの蒸気を供給している。

本船の制御系統は、機関部プラントの制御監視ならびに LPG 冷凍装置・LPG 荷役装置などの LPG プラントの制御監視を行なうためのコントロールセンター、主機遠隔操縦を含む操船場所としての船橋操舵室の 2 カ所からなっている。

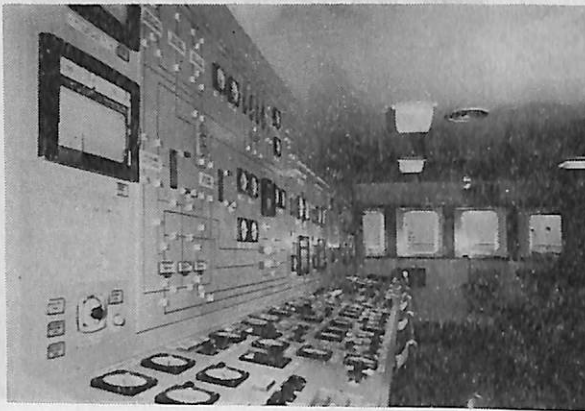
機関制御室には主制御盤、温度・圧力などの監視を行なう常時監視式データログなどを備え、機関プラント全体の集中監視および主機関の遠隔操縦を行なうことができる。また、このデータログにより LPG 冷凍機等の



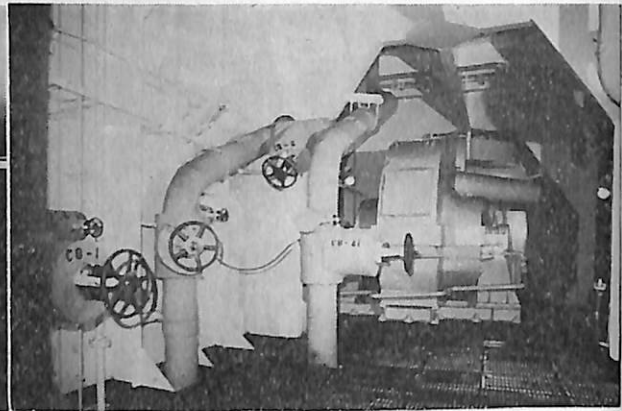
LPG 冷凍機クレーマ装置制御盤



LPG Receiver



LPG コントロール室



Gas free blower

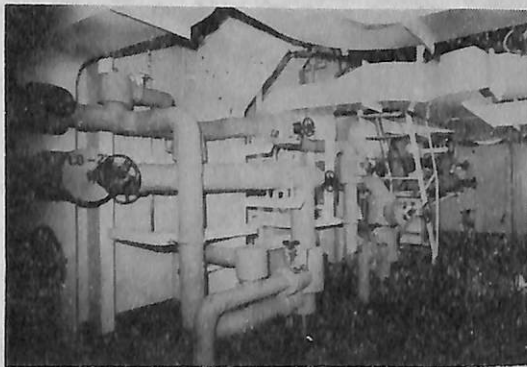
LPG 関係機器および系統の温度・圧力その他の監視ならびに計測記録も行なうようにしている。これらの他に前述の発電機自動起動装置、自動投入装置、自動負荷分担装置およびボイラ ACC、各種温度圧力調整装置、主要補機の遠隔発停装置、自動切換装置を有している。

本船機関部の自動化設備は、推進装置が常用航海状態のもとで、少なくとも24時間連続して無人運転できるものであつて、NK-MO 規則の要求を満足するものとしている。

なお本船の電気機装にあつては、LPG タンク内に MI ケーブルを使用するなど、LPG 運搬船としての特別な考慮が払われている。

### 3.2 主要目

- (1) 主機関 日立 B&W 9 K 84 EF 型ディーゼル機関  
連続最大<sup>1</sup> 23,200 PS×114 rpm  
常用 21,100 PS×110 rpm
- (2) プロペラ エアロfoil 5 翼一体型 D=6.7 m
- (3) 補助ボイラ 強圧送風重油専焼船用乾熱式丸ボイラ 1 基



LPG ポンプ室 最上段

- 蒸気状態 9 kg/cm<sup>2</sup>g (飽和)  
最大蒸発量 12,500 kg/h
- (4) 排ガスエコマイザー 排気ガス加熱強制循環式  
1 基  
蒸気状態 9 kg/cm<sup>2</sup>g (飽和)  
蒸発量 2,000 kg/h

#### (5) 発電装置

- 主ディーゼル発電機 1,075 KVA (860 KW)  
AC 450 V 60 Hz  
自動防滴式 4 基
- 同上原動機 日立 B&W 726 MTBH 40型ディーゼル機関 4 基  
1,260 PS×600 rpm

- (6) 変圧器 50 KVA×3 基 (一般用)  
10 KVA×1 基 (前部用)

#### (7) 無線装置

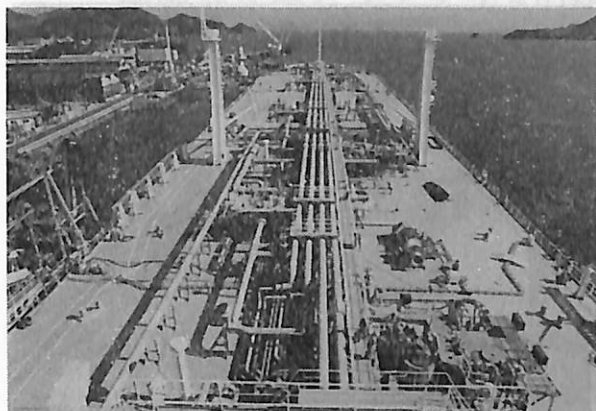
- 主送信機 安立 TK 15 B-800 W  
SSB 送信機 安立 TS 01-1.2 KW  
補助送信機 安立 TK 13 A-75 W  
No. 1 受信機 安立 R-11 A  
No. 2 受信機 安立 RGOIB  
補助受信機 安立 R-53 A

#### (8) その他

機関室内一般補機として、ポンプ類はすべて、カゴ型誘導電動機駆動であり、熱交換器類は直管表面冷却(加熱)式を使用している。

また、甲板機械としては下記のを装備している。

- |         |                      |     |
|---------|----------------------|-----|
| 揚錨機兼係船機 | 2-38/16 t×9/20 m/min | 1 台 |
| 係船機     | 16t×20 m/min         | 6 台 |
| 揚貨機     | 3t×30m/min           | 2 台 |



甲 板



娛 楽 室

操 舵 機 235 t-m 70 KW×2 1台

#### 4. LPG 関 係

##### 4.1 タンクおよびタンク支持構造

4つの独立式LPGタンクは、上下面が舷側に向つて傾斜した角形断面で、中央部 No. 2 および No. 3 タンクの大きさは、長さ40m、幅36.8m、深さ20.2mでタンク容積は約27,000m<sup>3</sup>である。LPGタンクにはそのセンターラインおよび長さ方向の中央部に制水隔壁が設けられ、LPG液が船体運動に同調するのを防止している。深さ方向には3条の水平棚板、長さ方向には12条のトランスが設けられている。

タンク上面には長円形のハッチが設けられ、このハッチの頂部は上甲板板上に突出している。ハッチ頂点と上甲板の鋼製コーミングとの間には、ガスタイトの伸縮継手が設けられており、タンクの熱変形によつて生ずる船体との相対変位を許しながら空所の気密性を保つようになっている。

タンク自重とその中のLPG液の上下荷重はタンク底部と船体二重底との間に設けられた支持台によつて支えられる。船体運動時に生ずる水平方向の荷重はLPGタンクの頂部と底部に設けられたストッパーによつて支えられる構造となつている。

これら支持台ならびにストッパーはLPGタンクの熱による収縮・膨張には抵抗しない構造となつている。

なおLPGタンクの材質は日本海事協会規程の第二種低温用鋼材(KT-50)相当材が使用されている。

##### 4.2 防熱および冷却装置

###### (1) 冷却機器要目

LPG 冷凍機 544,000 kcal/h (180 USRT) 2基

LPG ブロワー 40 m<sup>3</sup>/min×2,000 mmAq 2基  
 LPG レシーバー 4.5m<sup>3</sup> 2基  
 LPG コンデンセイトポンプ  
 15 m<sup>3</sup>/h×100 m 3基  
 LPG 冷却水ポンプ 320 m<sup>3</sup>/h×30 m 2基  
 ブタン専用冷凍機  
 100,000 kcal/h (33 USRT) 1基

###### (2) 防熱および冷却方式

各タンクおよび管はポリウレタン樹脂による防熱を施し、夏期熱帯における航海時およびペーパー均圧管装置のある積地では冷凍機1基の連続運転によりLPGタンクを所定の温度および圧力に保持する。ペーパー均圧管装置のない積地においては、冷凍機2基の連続並列運転によつて積込みLPG液量に見合ったペーパーの液化回収処理およびLPGタンクの圧力保持ができるよう計画されている。冷凍機に導き冷却液化されたLPGはLPGレシーバーを経てLPGコンデンセイトポンプによりLPGタンクへ回収されるようになってい

タンク内のコンデンセイト管は常時循環用下部スプレイ管とタンク急冷用上部スプレイ管とを装備している。

##### 4.3 荷役装置

###### (1) 荷役用機器要目

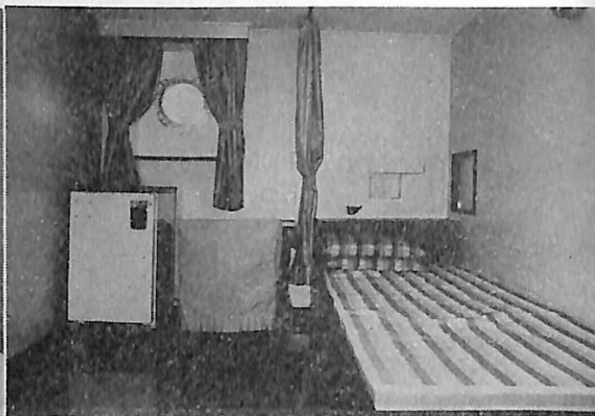
LPG 荷役ポンプ・サブマージド型  
 50 m<sup>3</sup>/h/120 m 8基  
 LPG 非常汲出し用エダクター 200 m<sup>3</sup>/h 4基  
 LPG ペーパーヒータ 1基  
 パラストポンプ 1,000 m<sup>3</sup>/h×35 m 2基

###### (2) 荷役方式

本船のLPGタンクにはプロパンおよびブタンの2種の貨物をいずれのタンクにも搭載できるよう2系統の液



船長居室



船長寢室

管および均圧用ベーパー管を配管している。

積荷は陸上ポンプを使用して LPG 液を本船 LPG タンク内に積込み、揚荷は本船の荷役ポンプを使用している。なお万が一いずれかの荷役ポンプが使用不能になった場合は他の LPG タンク内の荷役ポンプにより LPG 非常汲出し用エダクターを駆動して揚荷を行なえる。

バラスト主管は積地、揚地における本船の吃水調整をすみやかに行なえるよう、2系統配管している。

入渠前などに必要な LPG タンク内残液の蒸発、LPG タンクの加熱などの作業を効率的に行なうため、LPG ベーパーヒータおよびタンク内に加熱ガス吹込み管を設けている。

### (3) LPG 荷役制御

LPG 制御室には LPG 制御盤、バラスト制御盤、バラストタンク液面計測盤および可燃性ガス検出および指示記録装置を設け、グラフィックパネルを配置した。これらの制御盤からは各ポンプの発停、遠隔操作弁の遠隔

操作・監視ならびに LPG タンクおよびバラストタンクの液面監視が可能である。

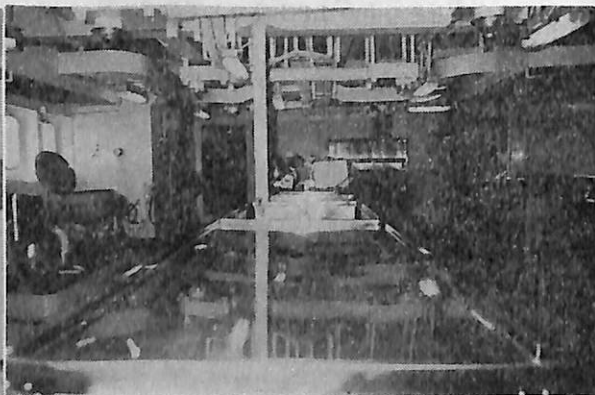
### 4.4 LPG 制御、計測および安全

LPG 装置は前記の LPG 荷役制御盤に加えて、冷凍装置の制御、LPG レシーバー液面自動調整、LPG タンク圧力計測および記録、LPG タンク温度計測および記録、可燃性ガス検出および指示・記録ができるようになっている。また各 LPG タンクハッチ附近に圧力真空逃出弁を設けるとともに、LPG タンクに万一破損が生じ、LPG タンク周囲空所に LPG が漏洩した場合に備え、上甲板上に圧力真空逃出弁を設け独立ベント管を経て大気中に放出させることができる。漏洩した LPG 液は LPG タンク周囲空所内に設けられたビルジエダクターにより排出し、取外し式 LPG ホースを經由して海中に投棄、または他の LPG タンクに移送することもできる。

(完)



船員休憩室



艙室

# 機関部タービンプラントの総合自動化 シミュレータの概要

富田 幸雄\*

## 1. はし が き

機関室の24時間無人化を採用した船舶が、建造船の半数を占め、また、コンピュータ搭載船も実験の段階から実用化へと移行しつつある。

しかし、自動化技術の実利的な発展は、今後、海上輸送とその運航形態を含めたシステム設計を行なうことによつて、もたらされるのではないかと考える。そのためには、メンテナンスフリーを可能にする自動化システムが要望されることになり、少くともその期間は1航海サイクル(約40日)位の範囲で考える必要があろう。

当社では、すでに1航海サイクル・メンテナンス・フリー・システムの機関プラントの試設計を行つたが、これを実用化するためには、幾つかの問題点がある。たとえば、これらの機関部自動化システムを実船に適用して、安全に所期の成果を収めるには、単なるデスクワークだけでは、もちろん危険であり、あらかじめ実際の機関部機器の運転において、その機能を十分確認しておく

必要がある。実際問題として、全部が全部実船実験によりアプローチすることは、経済的に不可能であるから、ここにシミュレータの必要性和価値が生ずることになった。

この主旨に沿つて、まず、機関部タービンプラントの総合自動化シミュレータの導入検討を船舶事業本部造機基本設計部が中心となり、陸機設計所、各工場、技術研究所の協力のもとに開発を行ない、実用の運びとなつた。49年7月15日、シミュレータの完成設置が行なわれ、技術研究所の管理のもとに、船舶事業本部の研究チームが行なわれている。

ここに、機関部タービンプラントの総合自動化シミュレータの概要について述べ、ご参考に供したい。

## 2. 機関部タービンプラントのシミュレーション方式

### 2-1 シミュレーションの基本構想

シミュレータを使用した実験研究の特徴は、(1) 実船

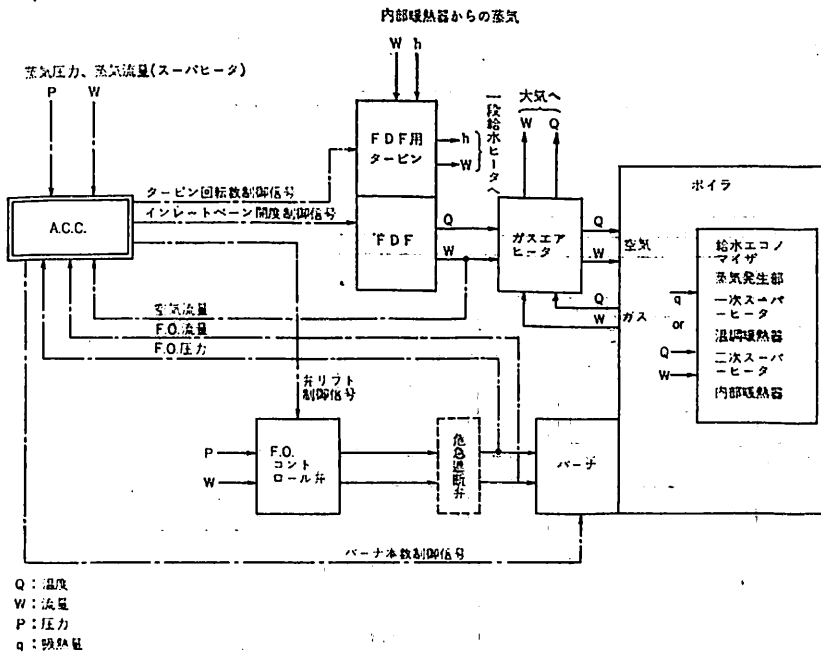


図-1 模擬ブロック系統図(その1)ボイラー系

\* 日立造船株式会社船舶事業本部造機基本設計部長

では実施できない条件での運転データの把握, (2) 同一条件での繰返し実験の再現による信頼性の高いデータの確認, (3) 模擬実験のタイムスケールを自由に選べることによる短期間に作られた豊富なデータをもとに, 実験研究の内容が充実されたものとなり, また, 信頼度の高い結論が得られることにある。

このような観点から, 機関部タービンプラントの総合自動化シミュレータの開発を実施することにした。そして, 図-1に示すようなモデル範囲を選定し, 実施につ

いては, 図-2に示すような方法を採用した。これらの基本条件として, 実際の対象機器またはプラントを忠実なモデルに模擬することが重要である。このためには, (1) 模擬方程式の理論面からの検討と同時に, (2) 実船の運転状態のデータによるデータ解析を行なうことにより, 研究目的に適したモデルの作成が必要となる。

まず, 実船でのデータを収集して, 対象モデルの通常運転状態では得ることができない諸元ならびに動特性を把握するために, データ集録装置を製作することにし

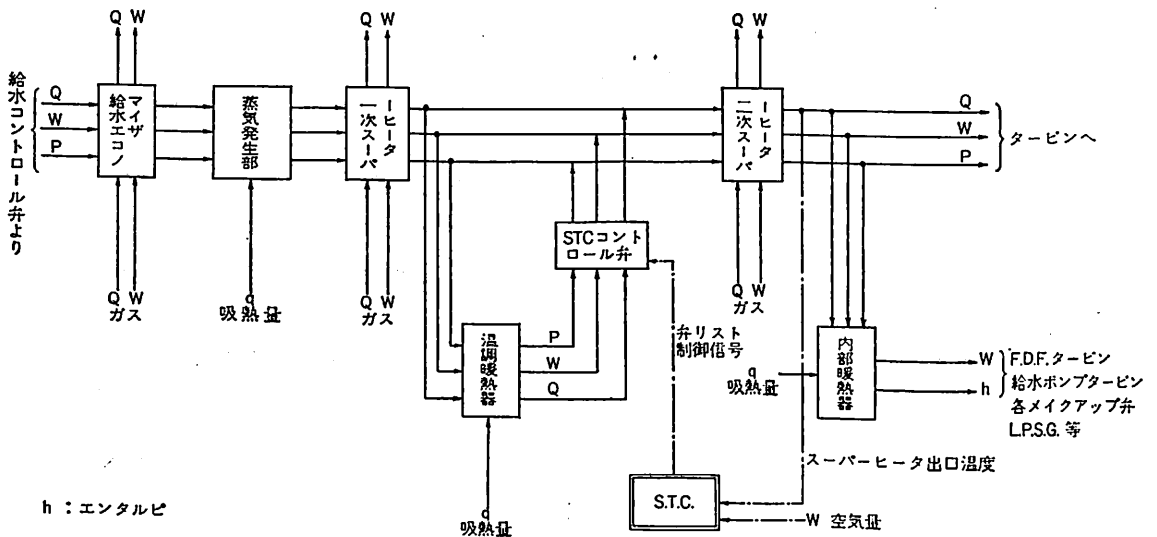


図-1 模擬ブロック系統図(その2) ボイラー系

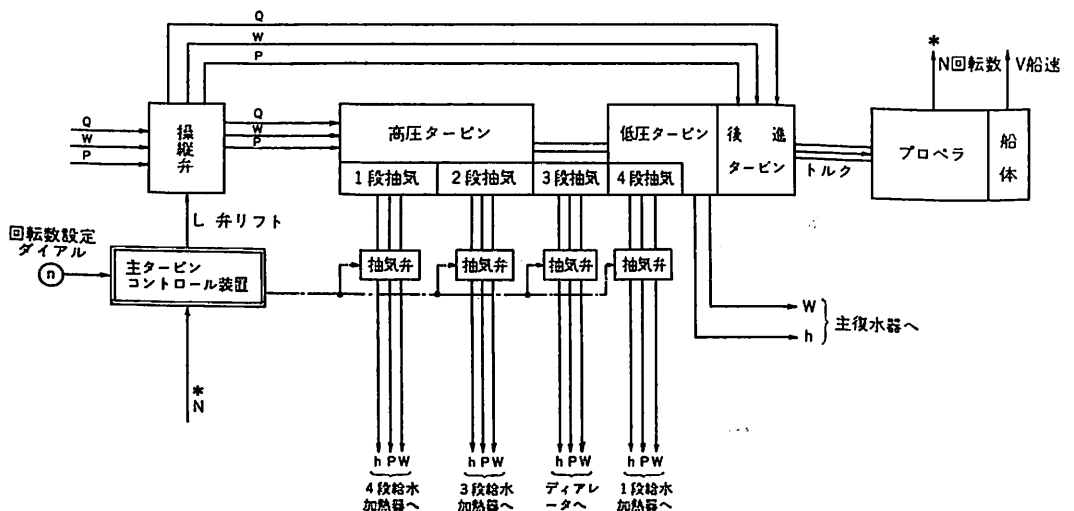


図-1 模擬ブロック系統図(その3) タービン, 軸・プロペラ系

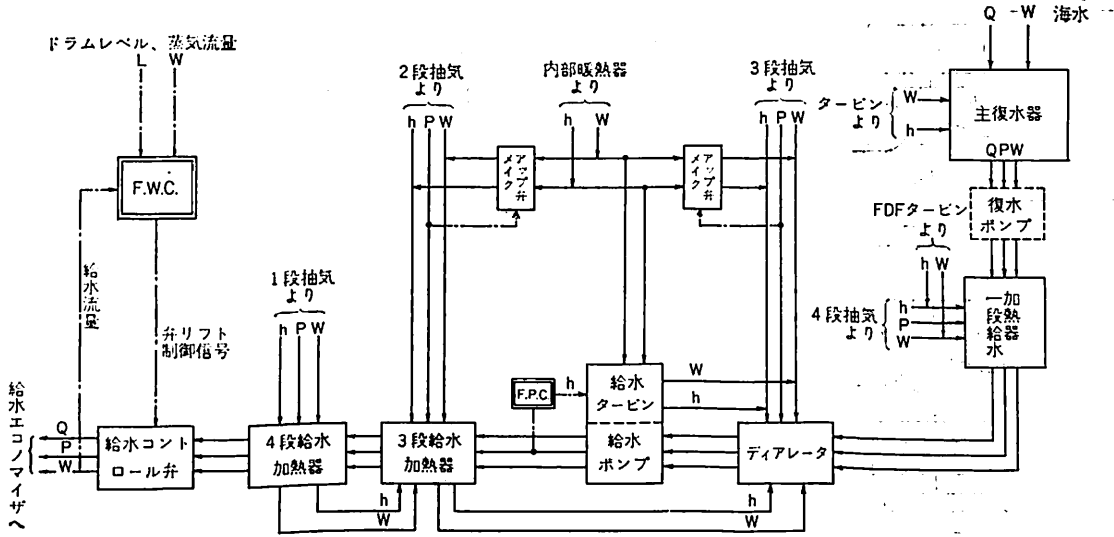


図-1 模擬ブロック系統図(その4) 熱交換器・給水系

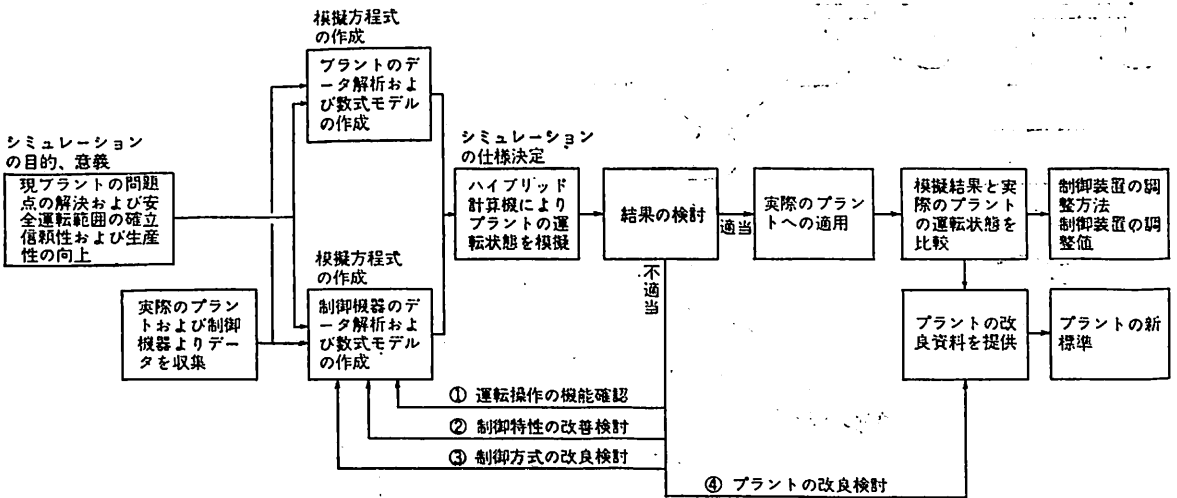


図-2 シミュレーションの実施概要

た。そして、これらデータ処理に必要なソフトウェアも開発しており、その処理システムの概要を図-3に示す。また、これらの処理結果の一例を図-4および図-5に示す。

次に、シミュレーション方式についてであるが、図-1に示す機関部タービンプラントの模擬ブロックは、大規模で非常に複雑なものであり、また、モデルに使用される模擬方式が次のような特徴を有している。

- (1) 起動、停止、逆転を含む広い範囲にわたって模擬する必要があるため、模擬方程式は非線形とな

り、従来アナログシミュレーションで行なわれていた基準値からの偏差値について、求めた線形形式では不満足であり、絶対値について求めねばならないこと。

- (2) プラントの熱収支の計算を行なう場合、広範囲にわたる蒸気の状態量、すなわち、エンタルピ、比容積などが必要となる。そして、その値の精度やシミュレーターの経済性を考えると、いくつか分割した状態量のテーブルを補間法によりデジタル処理するのが適している。

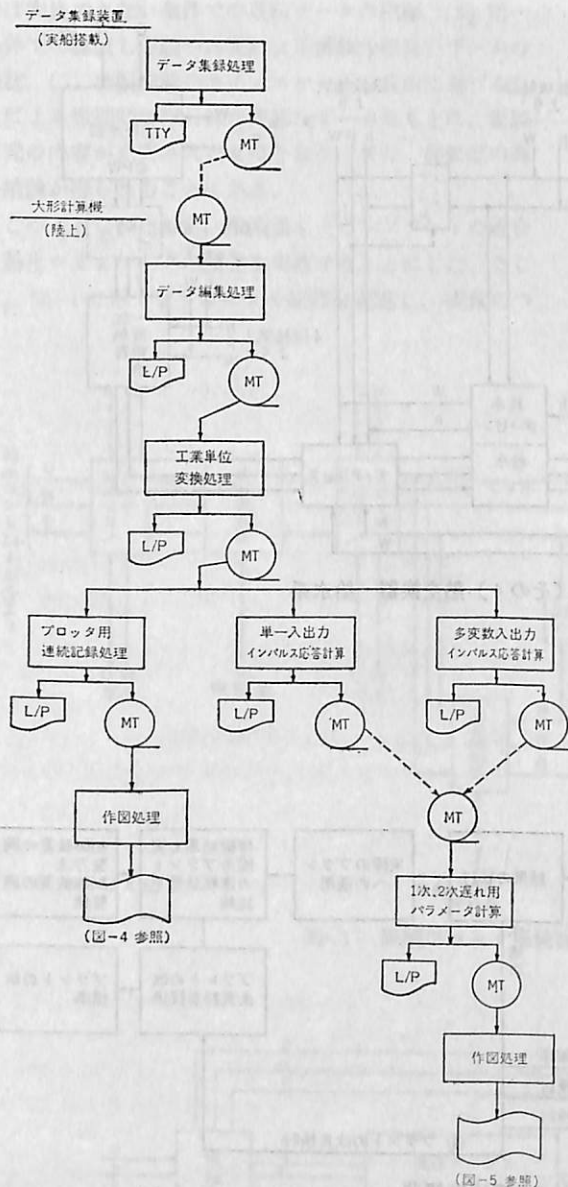


図-3 データ処理システム

- (3) 模擬回路およびプログラムの効率、計算結果の精度などの点から、模擬ブロック単位ごとに検討した結果、タービン、軸プロペラ、給水系ではデジタル処理を主とし、ボイラ系では、デジタル、アナログ混合型とする必要があること。
- (4) 実際の制御機器や計測器との接続が容易であること。また、入出力信号が連続である方が、シミュレータとして適していること。

このように、機関部タービンプラントの模擬系を単純にアナログまたはデジタル単独の方法によつてシミュ

レーションすることは、きわめて難しい。このため、アナログ・デジタルの各々の長所を生かしたハイブリッド計算システムを採用することとした。

## 2-2 シミュレーションソフトウェア

シミュレータの管理制御は、デジタルコンピュータで行なわれている。このために、ディスク・オペレーティング・システム (DOS-M) の管理下のもとに、ハイブリッド管理システムを開発している。

このシステムの機能は、概略下記のとおりである。

- (1) アナログコンピュータの運転制御
- (2) アナログデータの設定と読取り
- (3) コマンド・コンソールからのイニシヤル (初期設定)、ラン (模擬の開始実行)、ホールド (途中停止) など、押ボタンによるシミュレータの管理制御
- (4) タイムベースジェネレータによる AD-DA 入出力処理の管理
- (5) 模擬プログラムの管理制御
- (6) データのファイル管理
- (7) 周辺機器の入出力管理

これらのハイブリッド管理システムは、データタイプライタおよびキーボードディスプレイを介して、オペレータと会話形式で実行される。

なお、プログラムは、主としてアセンブラ言語で記述しているが、これは、ハイブリッド演算におけるデジタル時間遅れの影響による誤差を小さくするためである。

## 3. シミュレータの構成 (写真-1)

ハードウェアの構成は、図-6のとおりである。アナログコンピュータ2台とデジタルコンピュータおよび



写真-1 シミュレータ全景



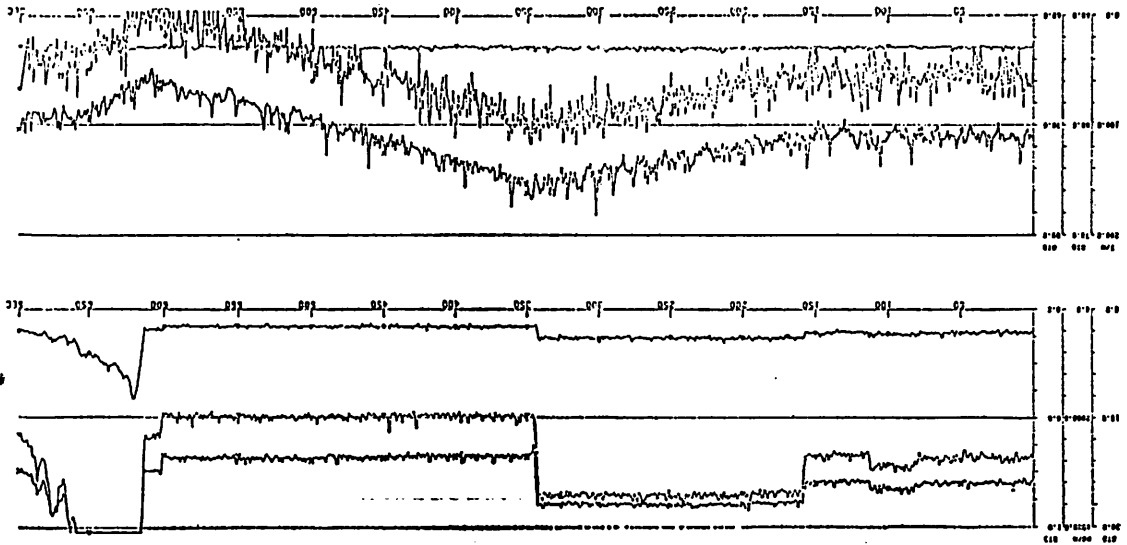


図-4 連続記録結果

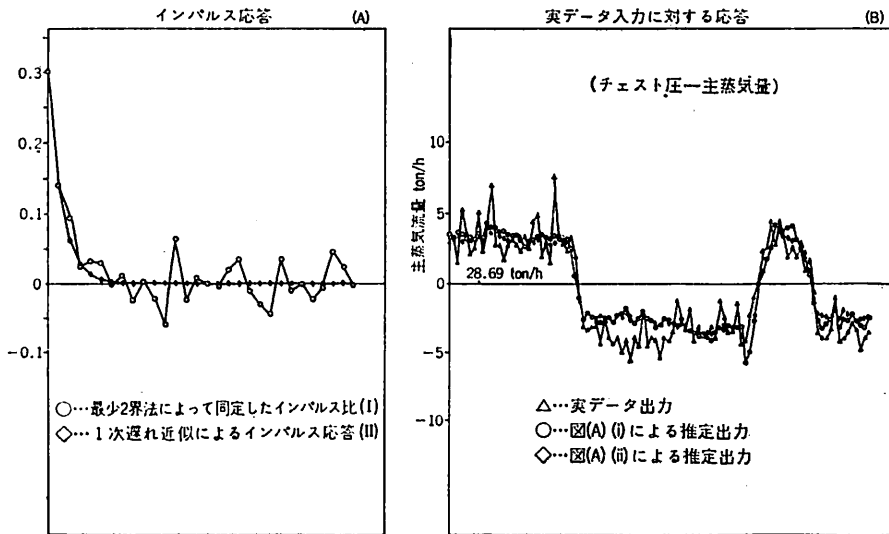


図-5 データ解析結果（主タービン装置）

リンケージ装置からなるハイブリッドコンピュータとコマンドコンソールにて構成されている。

ハイブリッドコンピュータは、多目的用途としても利用可能なるように、各コンピュータ単独でも使用できるように設計されている。また、コマンドコンソールには、実船搭載予定の空気式および電子式のいずれの制御装置とも接続でき、これらの試験および調整を搭載前に行なうことができる。

なお、就航船のプラントデータの収録のためのデータ集録装置は、可搬型として設計されており、すでにデー

タ収録をタービン船で行ない、所期の成果が得られている。

各機器の概要は、次のとおりである。

1) アナログコンピュータ（写真-2）

演算増幅器	344 台
積分器素子	100 台
乗算器素子	18 台
サーボ乗算器	20 台
サーボ係数設定器	160 台
デジタル係数設定器	60 台

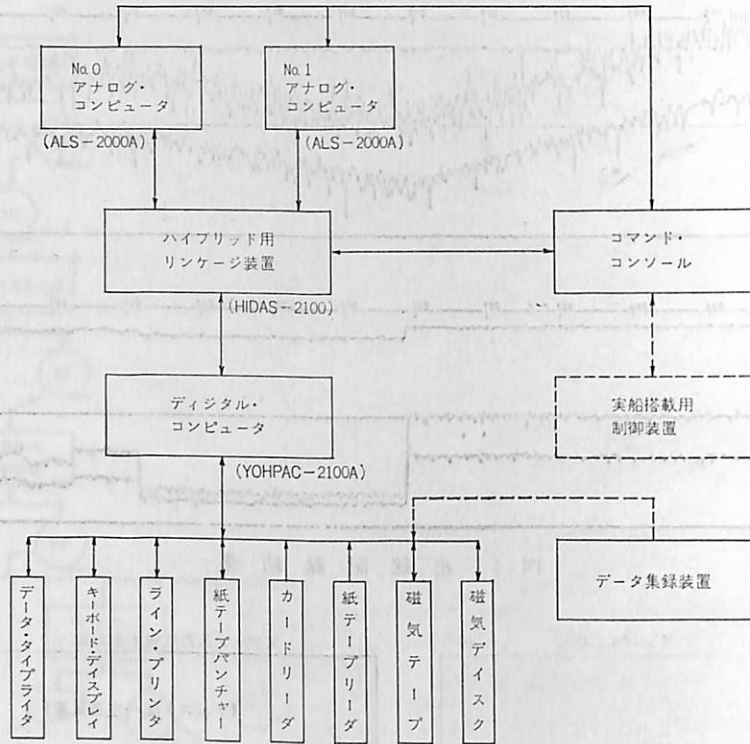


図-6 シミュレータ機器構成

関数発生器	28 台	アナログ出力チャンネル	40
演算ロジック	1 式	デジタル入力チャンネル (内プロセス用 48)	64
附属機器	1 式	デジタル出力チャンネル (内プロセス用 32)	48
8 素子ペン書き記録計	2 台	デジタルポテンショメータ設定盤	1 式
オシロスコープ	2 台	演算モード制御チャンネル	2
雑音発生器	1 台	ハイブリッド制御チャンネル	2
XY レコーダ	2 台		
2) ハイブリッド用リンケージ装置 (写真-3)			
アナログ入力チャンネル (A/D 変換器 5 台)	120		



写真2 アナログコンピュータ

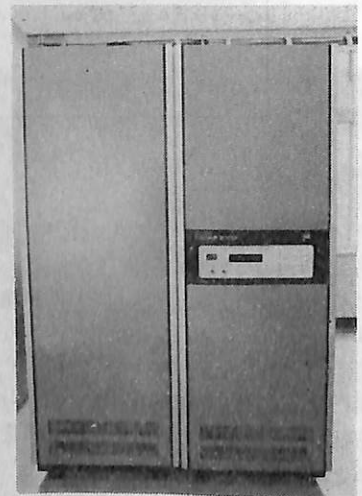


写真3 アナログ・デジタルコンピュータを結ぶリンケージ装置

- |                     |   |
|---------------------|---|
| アナログ要素選択チャンネル       | 2 |
| サーボ設定ポテンシオメータチャンネル  | 2 |
| サーボ設定任意関数発生器設定チャンネル | 2 |
| 附属機器制御チャンネル         | 2 |
- 3) デジタルコンピュータ (写真-4)
- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| 中央処理装置 (語長 16ビット) | 1式             |
| コアメモリ             | 32 K 語         |
| 浮動小数点演算機構         | 1式             |
| タイムベースジェネレータ      | 2式             |
| 磁気ディスク            | 1.25 M 語       |
| 磁気テープ             | 800 BPI, 9トラック |
| キャラクタディスプレイ       | 12インチ          |
| 光電式紙テープリーダー       | 500字/秒         |
| 高速紙テープせん孔機        | 75字/秒          |
| データタイプライタ         | 10字/秒          |
| ラインプリンタ           | 200行/分         |
| カードリーダー           | 600枚/分         |
- 4) コマンドコンソール (写真-5)
- ポテンシオメータ, デジタルディスプレイ, ダイヤルスイッチ, 目盛計器, 表示ランプ, 押ボタンスイッチなどをコンソールにまとめている。また, 実船搭載用制御装置と結合可能なるように空電, 電空変換器なども設置されている。
- 5) データ集録装置 (写真-6)
- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| 中央処理装置 (語長 16ビット) | 1式             |
| コアメモリ             | 8 K 語          |
| タイマ               |                |
| 磁気テープ             | 800 BPI, 9トラック |
| デジタル設定器           | 1式             |
| データタイプライタ         | 1式             |
| アナログ入力            | 128点           |
| スキッピングスピード        | 1000点/秒        |
| デジタル入力            | 16点            |

#### 4. む す び

このシミュレータは, 現在開発中の超自動化船「メインテナンスフリーシステム」の機能確認のために利用されることになっている。当面, タービンプラントでの(1)実船ではテストできない事故を想定し, その対策を設定するなどの安全運転の確認を行なうこと。(2)機器の改良ならびに制御装置の調整作業の合理化などの効果を期待している。

さらに, 今後の利用方面として, 船舶の航法や荷役システムの新技術開発, 乗組員の操作訓練, 陸上プラント



写真4 デジタルコンピュータ



写真5 コマンドコンソール



写真6 データ集録装置

や原子力船などの制御機器の開発など, 多目的に活用されるものと考えている。(完)

# 無人潜水船について

芦野 民雄\*

## 1. Umbilical Cable を持つ無人潜水船

地球物理学的な広い範囲の探査を行なう場合、無人潜水船に比べ、有人潜水船は非常に不経済である。すなわち地震探床、地磁気、重力調査、音響調査、写真撮影等を連続的に短時間に行なうためには、無人潜水船の方が遙かに有利である。また Life Support System が不要なことは、それだけ重量軽減に役立ち、人間を収容する圧力殻も不必要となり、Umbilical Cable (命綱) を使えば重たい電池が不要となり、しかも無限の動力供給が可能となる。

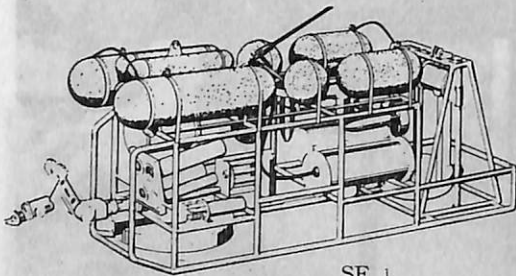
地球上の海底の占める割合は71%で、水深と海底面積の比は次の通りである。

深 さ (m)	500	1,000	3,000	4,000	6,000
海 床 (%)	10	13	25	45	97

全海床の50%は4,000m深度までに分布していることが分る。従つて海床の資源開発等は、当面4,000mまでを覗くことも考えられる。こういう無人潜水船としては、Umbilical Cable を持つもの、つまり Tethered type ともいうものと、支援船等からの遠隔操作による単独航走するものがある。

Umbilical Cable を持つ無人潜水船の比較的知られているものを列挙すると表1の通りである。

### (1) SF1 (西ドイツ)



SF 1

Dornier System 社が作ったもので長さ 3,760 m 幅 1,550 m 高さ 2,100 m で全重量 1.9 t である。マニプレーターとコアドリリングを持ち、1,000 m 深度までの海底作業、海底資料採取に使われる。

装備機器としては、

イ) センサーユニット (温度、塩分、音響、圧力の

\* 日本船用機器開発協会

計測)

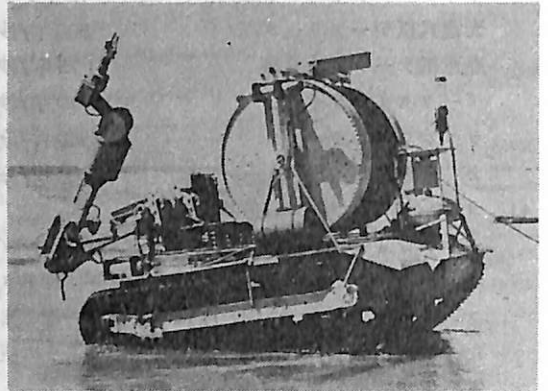
ロ) カメラおよび T.V.

ハ) マニプレーター

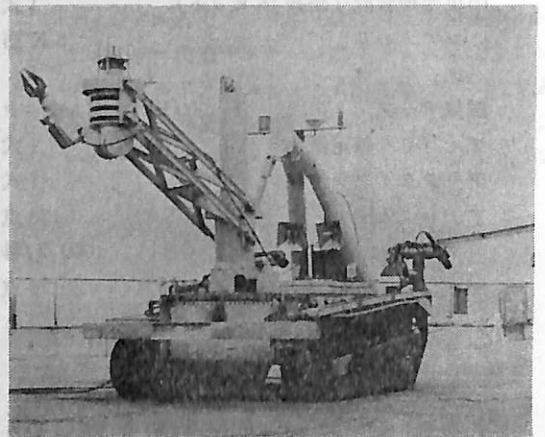
ニ) セジメント・コアドリル

等を備え、垂直方向のモーター 3.5 HP 1 個、水平方向のモーター 3.5 HP 2 個で 2~3 kt で移動する。

### (2) RUM (アメリカ)



RUM I



RUM II

カリフォルニア大学 Scripps 海洋研究所で考案製作されたもので、RUM というのは Remote Underwater Manipulator の頭文字を取つたもので RUM I は 1958 年から開発されたが、その後改造されて 1968 年から RUM II の開発が始まった。RUM II は ORB (Oceanographic Research Bouy) と組合せて 1 つの System となつて稼動するもので、ORB は 45 ft 角で Heliport

表1 Umbilical Cable を持つ無人潜水船

名前	国	使用深度 (m)	推進器	寸法 (m) 重量 G (t)	速度 (kt)	テレビ	カメラ	マニピュレーター	使用目的
CURV I	米	650	3×10 HP			○	○	○	回収
CURV II	米	800	3×10 HP	B=2.1 H=1.8 L=4.5		○		○	
CURV III	米	2,000	3×10 HP			○	○	○	
Telenaute I	仏	300	2×3.5 HP(水平) 1×3.5 HP(垂直)	B=1.5 H=1.5 L=3.0 G=1.0	3	○	○	○	資料採取
Telenaute II	仏	1,000	2×3.5 HP 1×3.5 HP	L=4.05 B=1.50 H=1.52 G=1.0	3	○	○	○	同上
RUFAS	米	100			5	○	○		海底観測
Work-Sub	米	650	5 HP e. motor 6 HP hydro motor	L=2.15 G=0.32	3	○		○	同上
SOLARIS	米	220	曳航					○	魚雷回収
RUM II	米	3,300		L=4.5 H=3.3 B=2.6 G=10	0.85			○	海底作業
SF 1	独	1,000	3×3.5 HP Hydro-motor	W=1.5 H=2.1 L=3.7 G=1.9	3	○	○	○	海底作業 資料採取
Sea Bottom Vehicle	独	500		G=0.5	3	○		○	海底観測 資料採取
ERIC	仏	1,000	水平モーター 垂直モーター	B=1.7 H=1.7 L=4.0 G=2.0		○	○	○	回収
CAP Sub	仏	2,000				○			海底作業
MASER I	独	5,000	電動油圧 キャタピラー	B=3.0 H=2.8 L=3.65 G=16.0	1.2				資料採取
SFO	独	500	曳航	B=0.45φ L=2.65					海底観測
Batfish	カナダ	200	曳航	L=1.8 H=0.9 W=0.7	14				海中観測

までの深さ 24 ft で、使用海面まで曳航し RUM II に引っぱられて漂流するようになっている。中央に 15 ft × 20 ft の孔があつて油圧で開閉する扉がついている。下部は 8 区別されていて、実験室が 2 つ、発電機室、ウインチ室、RUM 管制室、居住区 3 つ（乗員 12 人）がある。

RUM II が着定すると自動ケーブル張力一定保持の装置が働き、同時に接地圧を適当に加減する。

### (3) ERIC (フランス)

System ERIC (Engine de Recherche et d'Intervention à Câble) は支援船から Umbilical Cable でつながれていて、難破船等をテレビで調査しかつ物体回収を目的とした無人機で、深度 500 m ~ 1,000 m まで稼動できる。要目は

寸法 4 m × 1.7 m × 1.7 m

重量 2,000 kg

出力 50 KW, 60 Hz 3 相

推進 水平モーター 2 個、垂直モーター 2 個

装備としては、TV カメラ、普通カメラ、音響サウンダー、深度計、傾斜計、磁気ヘッド等。Umbilical Cable の外径は 30 mm で、支援船のクレーンは 2,700 kg 吊しる 7 m である。

建造所は D.T.C.N. (Direction Technique des Construction Naval) である。(2, rue. Royale-Paris 8°)

### (4) CURV I~III (アメリカ)

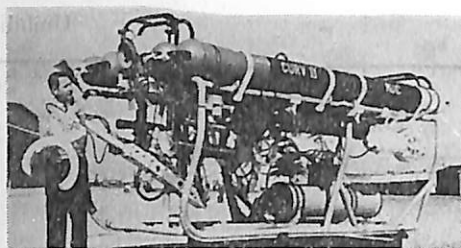
U.S. Naval Undersea Warfare Center (Pasadena, Cal. U.S.A.) で開発されたもので、稼動水深は

CURV I 2,000 ft

CURV II 2,500 ft

CURV III 7,000 ft

Cable-Controlled Underwater Research Vehicle の



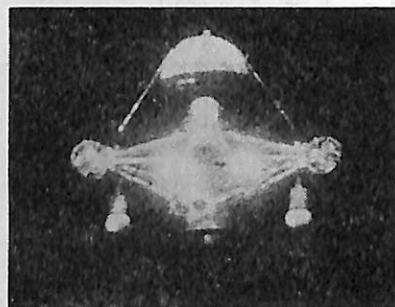
CURV 型

頭文字を取つたもので、スペイン沖の水素爆弾回収に活躍した。CURV 自体はアルミニウムフレーム構造で正浮力を持ち、垂直スラスタで沈降する。水平スラスタ 2 個が前後進を司り、テレビとカメラと照明とが前部にあつて、強力なマニプレーターも持っている。支援船から遠隔操縦されるが、目的物を探すには SONAR を使う。

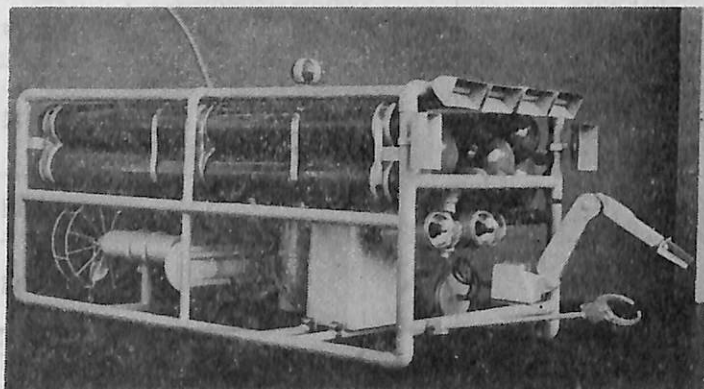
CURV の寸法は、長さ 4.5 m、高さ 1.8 m、幅 2.1 m、重量約 1 t である。

CURV はアメリカ海軍の Standard YFN Barge という支援船から操縦される。YFN Barge は、自動船位保持装置を持ちディーゼル電気推進式で Cycloidal Propellers を持っている。この支援船は、乗員 25 名が 1 か月間生活できる施設をそなえている。

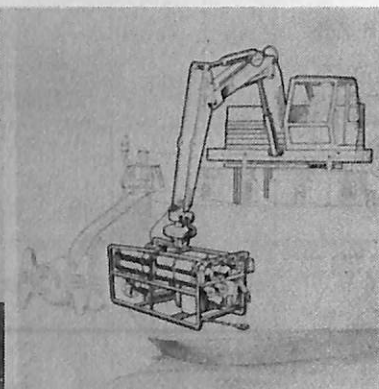
### (5) Work-Sub (アメリカ)



Work-Sub



ERIC



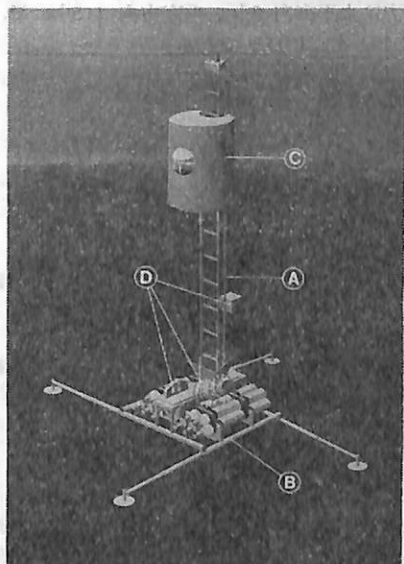
Sperry Rand Corporation で建造されたもので、形は3角形で一辺の長さ 7 ft, 自重 690 lb で、深度 2,000 ft まで使える。前進 3 kt, 沈降 2 ft/sec. で、12.5 KVA, 3相 208 V の発電機と 5 HP モーター、6個の水圧モーターを内蔵している。モーターはいずれもスラスタと直結している。

搭載マニプレーターは上下左右 45° まで動き到達距離 54 inch, 腕のトルクは 150 ft. lb で、1,500 lb のものを押しまたは引くことができる。

現在更に 8,000 ft 深度用のものを作っている。

#### (6) Capsub 2000 (フランス)

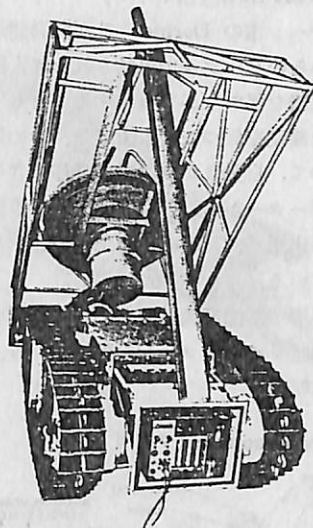
フランス Granville にある Louis Menard Oceanographic Research Center で設計建造されたもので、ダイバーの到達できぬ深海で、パイプの敷設、ウェルヘッドの移動、貯蔵タンクの設置その他の海洋調査に使用される。ケーブルでリモートコントロールされるロボットで、電子頭脳と圧縮空気で作動する仕組みで、360°回転可能なスライド式のマスト ④ の上部にファイバーグラスのタンク ③ があり、この中にリモートコントロール機械と圧縮空気が入っている。⑧ は作業いかんによって変わるシャーシで、⑨ はコントロールシステムの計器盤、投光器、テレビジョン等である。



Capsub 2000

#### (7) Sea Bottom Vehicle (西ドイツ)

西ドイツのキール市に在る HAGENUK 社が開発建造した海底作業機器で、使用水深 500 m で支援船から



Sea Bottom Vehicle

のケーブルでリモートコントロールされる。本体は 500 kg (水中重量 300 kg) で、スプロケットによりキャタピラーを廻して移動する。

本体には電気信号に応答するエレクトロニクスを備えていて TDM (時分割多重伝送) 方式で遠隔操作される。

また Side-Scan-Sonar およびテレビも装備している。また海底潮流を計測するための流速計や、圧力、温度を調べるセンサー等も備えている。マニプレーターは油圧遠隔操作である。

#### (8) MASER 1 (西ドイツ)

西ドイツ Demag 社 (Duisburg) が建造した、海底のシリーズサンプラーで、要目は下記の通り。

稼働水深	0~5,000 m
速力	2.2 km/hr
寸法 (L×W×H)	3.65 m×3.00 m×2.8 m
重量 (サンプラーとも)	16 t
動力 (船上より)	150 KW, 3,000 V

海底から掘り上げる資料と、コアサンプリングとの2種類の資料採取に使われ、キャタピラーで移動し、30°までの傾斜を登ることが出来る。連続採取するサンプルは12組宛が2つのドラムに組込まれていて、これとは別に、コアサンプリングは、前部に8個取付けてあって、直径 50 mm 長さ 500 mm のコアを採取する。

機器の作動は母船上でケーブルを通じて行い、進行方向等は搭載しているエコーサウンダーで決める。作動はすべて油圧式でシリーズサンプラー採取には超音波探査システムで行なう。

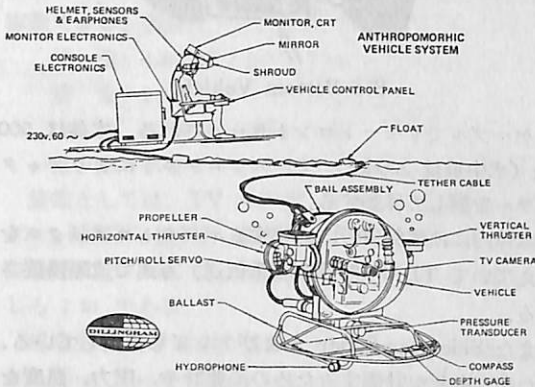
### (9) DORNIER SFO (西ドイツ)

西独ミュンヘン市の Dornier 社が開発建造したもので、支援船からのケーブルで曳航される無人機器で、海底から一定距離を保ちながら曳航することもできるが、予め指示した深度を保つこともできる。予め組んだプログラムに従って、自動または手動で操作できる。

一般海象データから、測深、海底地形等広範囲に利用することが出来て、Side-Scan Sonar、テレビジョン等も装備している。

本体は流線形で、深度調整のための可動翼を持ち、最後部にはスタビライザーフィンを付けている。常用深度は 500 m である。

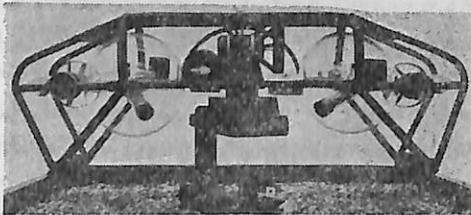
### (10) Anthropomorphic (アメリカ)



Anthropomorphic

Hydro Products, a Dillingham Co., San Diego で開発されたもので、海底にテレビやセンサーを入れた無人船を入れ、支援船上から Umbilical cable で remote-control しながら水中探査をするもので、Anthropomorphic (神人同形同性) 略して Anthro と呼ぶ。直径 20 inch (0.5 mφ) の透明なプラスチック球内にテレビを置き遠隔操縦でスラスタを動かして移動する。現在試作中であるが完成すれば極めて便利なものとなる。

### (11) PHOCAS (フィンランド)



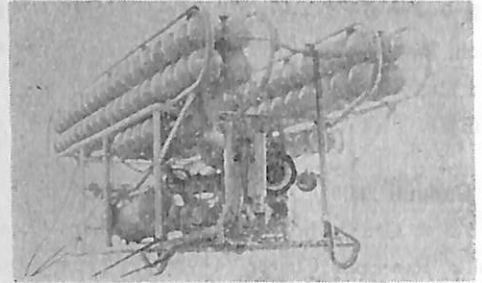
PHOCAS

PHOCAS (Photo Optical Cable Controlled Submersible) はフィンランドで 1969 年に建造されたもの

である。

CURV や Télénaute より小型であるが、3 個のモーターとマニプレーターと投光照明と T.V とを持っている。Finnish の地質調査海洋研究所所属のものである。

### (12) Télénaute I (フランス)



Télénaute I

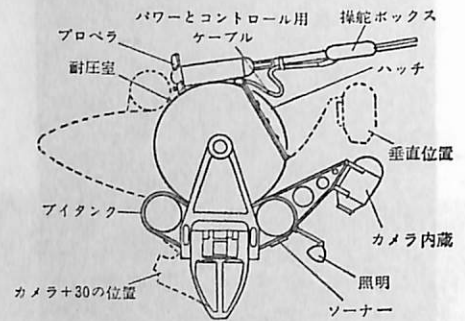
フランス IFP だけが所有している Umbilical Cable を持つ無人機で大きさは 4 m × 1.5 m × 1.5 m で、テレビおよびマニプレーターを持っている。

推進は 3.5 HP のモーター 3 個で行なわれ、方向は内蔵ジャイロコンパスで、支援船の指示に従って行なわれる。深度計は超音波方式で、常に海表と海底の距離を計りながら進行する。

1965 年以来、大西洋、地中海の海床調査に延 1,000 時間以上稼働している。使用深度 300 m。

最大速力は水平方向 3 kt、垂直方向 1.5 kt で、Umbilical Cable dia 1 1/8 である。

### (13) SOLARIS (アメリカ)



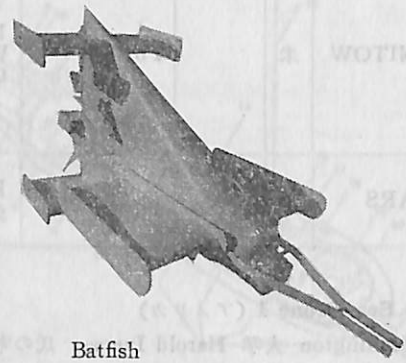
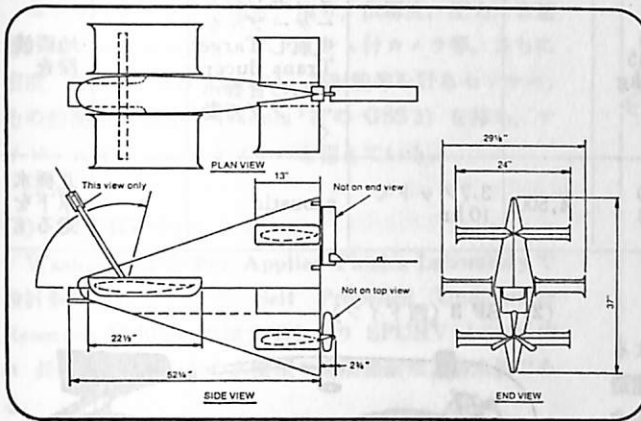
SOLARIS

Submerged Object Locating And Retrieving Identification System の頭文字をとって SOLARIS と称されるもので、アメリカ海軍がミサイル回収に使うために開発されたもので、海中重量 2 t 以内のものを回収できる。

使用深度 220 m といわれ、マニプレーターも各種のものに取替えて使用できる。



(14) Batfish (カナダ)



Batfish

カナダ Bedford Institute で開発されたもので、海上から曳航して海洋データを集めるものである。海中深度は 200 ft~650 ft まで曳航索によって加減され、沈下速度は 1 meter/sec で上昇速度は 5 meter/sec である。長さ 1.3 m、高さ 0.9 m、ウィングスパンは 0.7 m で空中重量 70 kg である。材料はファイバークラス、ステンレス、アルミ、真鍮等で出来ており、センサーを内蔵していて、塩分、温度、深度等を正確に読みとること

が出来る。

2. 遠隔操縦で航走する無人潜水船

リモートコントロールで航走する無人潜水船の主なるものは次の表に示す通りである。現在は、海底調査、海底観測等に主として使われているが、将来は深海調査のための有人潜水船の一部にとつて代り、大いに開発されるものと予想される。

名前	国	現状	エネルギー源 推進	寸法 (m) 重サ (t)	深度 (m)	作業範囲 速度 (kt)	コントロール システム	計器	目的
Sea Drone 1	米	開発中	Pb 電池 後部推進	L=4 φ=0.6 G=820	6,500	行動半径 10km 作業範囲 65km V=6	acoustic telecommand	60 KP までの 計器搭載	海洋調査、 観測
SPURV	米	作業中	後部推進	L=2.5 φ=0.3	4,500	5h V=6	〃	90 KP	海洋調査
Deep Mobile Target	英	〃	SN, Ag 電池 30 Ah 20 HP 後部推進	L=3.2 φ=0.3 G=250 KP	400	9 kt 100分 15〃 30分 2〃 10分	プログラム	各種音 響機器	魚雷回収
Sea Phobe	米	〃	後部推進		3,300	3h V=1.8	プログラム および acoustic telecommand	45 KP	
SF-3	独	プロジェクトの段階	Pb 電池 後部推進 3×0.5 HP	L=5 φ=1 G=250 KP	1,000 ~ 6,000	行動半径 65km 2 kt 18時間 4〃 8.7〃 6〃 3.9〃	〃	140 KP	海洋調査 (開発中)
Penguin	独		Pb 電池 または Walter Engine	L=3.69 W=2.00 φ=1.060 G=2.09	300	3 kt で 75 哩 5 kt で 125 哩 (ワルターエンジン使用)	プログラム または acoustic telecommand		海洋調査 モデル テスト 終了
スコルベナ	ソ連	作業中		L=1.5 H=3.5	1,000	モーター連続 作動のときは 1 時間	プログラム	各種	

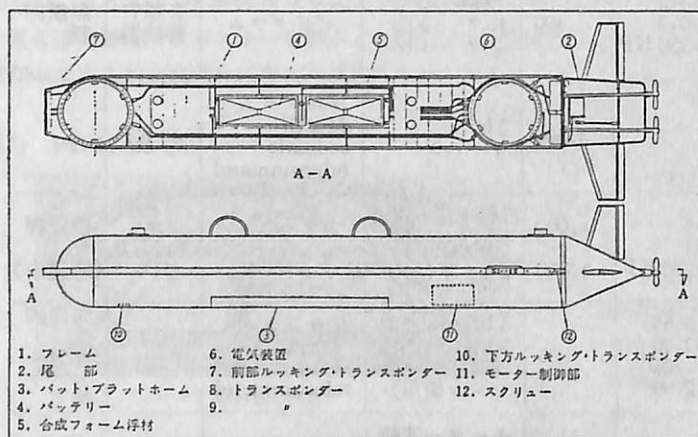
UNITOW	米	Pb 電池	L=3.6 W=0.45 G=91 kg				100m 長さのメッセンジャーケーブルを曳航し Target Transducer からの音響ホーミングで動く	地震波探査
UARS	米	鉛電池	L=3.0 Φ=4.8	4,500	3.7ノットで 10 hr	acoustic		北極水原下を走る

### (1) Sea Drone 1 (アメリカ)

Washington 大学 Harold Iversen 氏の考案による無人潜水船で Oceanic Industries Inc., Seattle で建造されたもので、6 kt の速力で 6,500 m 深度まで航走することが出来る。制御は水中音響を用い、母船のコンピューターによつても、内蔵プログラムによつても出来るし、両者併用で行なうことも出来る。

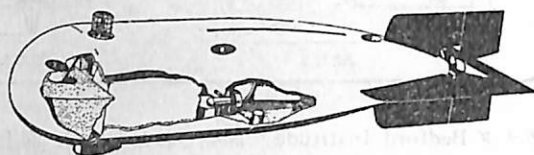
0.6 mφ の 2 個の Al 製圧力球の間に lead acid 電池を挿み、全体を FRP の外殻で包んで前後部にシタックチックフォームを入れる。全長は 4 m となる。32 V (325 amp. hr) の電池が 1½ VDC モーターを廻し 1,800 lbs (8.2 t) の航走体を推進する。無人操縦用エレクトロニクスの 30% とジャイロ 1 個が後部圧力球に内蔵されている。命令は、面舵、取舵、上舵、下舵等で針路、深度を予め設定して自動航走させることも出来る。

母船上のトランスデューサー 2 個で交互にトランスポンダーを叩き、両方のシグナルを実時間と時間差で照合して 2 チャンネルレコーダーでプロットする。この計算を毎秒一回行なうので位置誤差は数フィートの範囲である。



Sea Drone 1

### (2) SF 3 (西ドイツ)



SF 3

西ドイツ連邦教育科学省 (Bundesminister Für Erziehung und Wissenschaft) が Dornier Systems 社に命じて設計させたものである。

要目は下記の通り。

運行深度	1,000 m (設計上は 6,000 m まで可能)
行動範囲	最大 約 35 mile
速力	計測時間中 2~4 kt 最大 6 kt
行動時間	18 時間 (2 kt 時) 8.7 時間 (4 kt 時) 3.9 時間 (6 kt 時)

#### 主要寸法等

長さ	5.0 m
機体幅	1.2 m 1.4 m (スラスター含めたとき)
機体高	1.0 m
高	1.2 m
水平幅	1.4 m
重量	2,300 kg

電子機器用耐圧容器はアルミ合金で、船体につけてある舵は FRP 製である。動力として出力 28 KWH の鉛電池 2 組を持ち 1 組は推進用で他の 1 組は計測器用としてある。

データ送信や命令信号等は acoustic で行なわれ、支援船からの送信、同時ローケーションには 15 km レンジのトランスポンダー方式である。コースや深度等は予めコマンド・コントロールブロックにセット

しておく。計測機器としては、

センサーユニット（温度、塩分、伝導度、圧力、音速等）エコーサウンダー、フラッシュ付カメラ等、さらに密度、螢光性、PH 値、CO<sub>2</sub>、放射能等を計るセンサー。その他海中重力計（Askania 社の GSS3）を持ち、サイド・スキャンニングソナーも備えている。

### (3) SPURV (アメリカ)

Washington 大学の Applied Physics Laboratory で設計製作されたもので Self Propelled Underwater Research Vehicle の頭文字をとり SPURV と云い 10 ft 長さ、8 in 直径の水雷型の遠隔操縦無人潜水船である。

排水量 1,000 lb で D.C. モーターで駆動され、深度 150 ft~9,000 ft（アルミニウムハルの破壊深度 14,000 ft である）。

詳細は図の通りである、

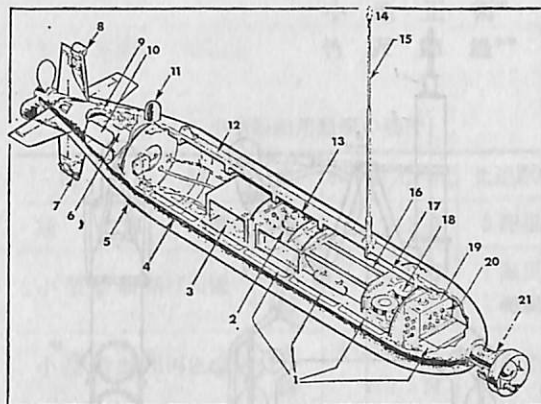
1 バッテリー、2 制御筐、3 トランスポンダー筐、4 圧力殻、5 深度計トランジューサー、6 推進ユニット、7 サーミスター検知部、8 速度計、9 海水浸潤部、10 水圧イクオリザラー、11 トランスポンダートランジューサー、12 回収パッケージ、13 ジャイロ、14 フラッシュライト、15 ビーコンアンテナ、16 データ記録電子機器、17 ラジオビーコン、18 磁気テープレコーダー、19 走行プログラマー、20 制御パネル、21 計器類。

内蔵しているセンサーとパラメーターは下記の通り、

Parameter	Recording Frequency	Resolution
Temperature (thermistor or oscillator)	12 per sec	0.4 m deg C at 0° C 0.9 m deg C at 25° C
Temperature (quartz) oscillator	1 per 2 secs	0.56 m deg C
Velocimeter	12 per sec	0.014 m/sec
Pressure	12 per sec	0.042 m at 0 psi 0.02 m at 4,500 psi
Fathometer	1 per sec	0.13 m

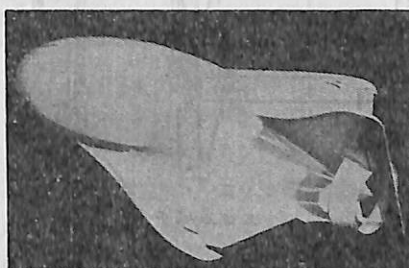
支援船からの超短波操縦で 15,000 ft の範囲まで可能である。動力は 16 個の銀、亜鉛電池 2 組で行なう。予定深度を超えると圧力計が働きモーターを停止させ、20 lb の正浮力によつて徐々に上昇するようにしてある。

今後、塩分、渦流、螢光センサーをも取付ける予定である。



SPURV

### (4) Penguin (西ドイツ)



Penguin

V.F.W. Fokker of Bremen で開発中のもので現在モデルテストが終了したが、実船についての詳細は未発表である、予定プログラムをセットして置いて動くか、支援船からの遠隔操縦によるかいずれでも出来る。Pb 電池で走航する場合は 3 kt で 75 哩、Walter Engine で走航する場合は 5 kt で 125 哩の能力がある。使用深度は 300 m で一般海洋学調査の目的で作られたもので寸法は

全長 11 ft (約 3.3 m)

幅 (安定翼を含んで) 6.5 ft (約 2.0 m)

である。

### (5) スコルペナ (ソ連)

ソ連科学アカデミーシベリア支部で 1972 年に製作された。プログラム内蔵の無人自動潜水装置で、海中生物、地質、水理等を撮影できるもので、調査対象に近くと超音波センサーか深度圧力センサーで感知して作動を始める。作業を終了して深度 1.5~2 m まで上浮すると深度センサーが働き閃光信号灯がつき無線ビーコンを送信した。

重量 410 kg (空気中)

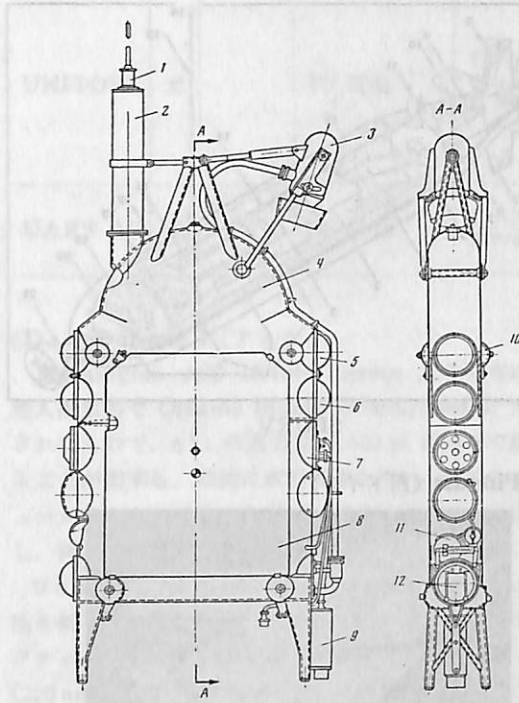
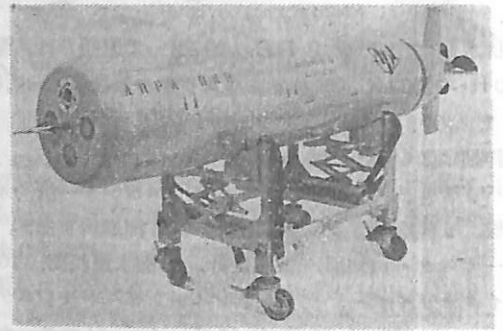
長さ×幅×高さ 1.5 m×0.38 m×3.25 m

排水量 515 kg  
 潜水深度 1,000 m

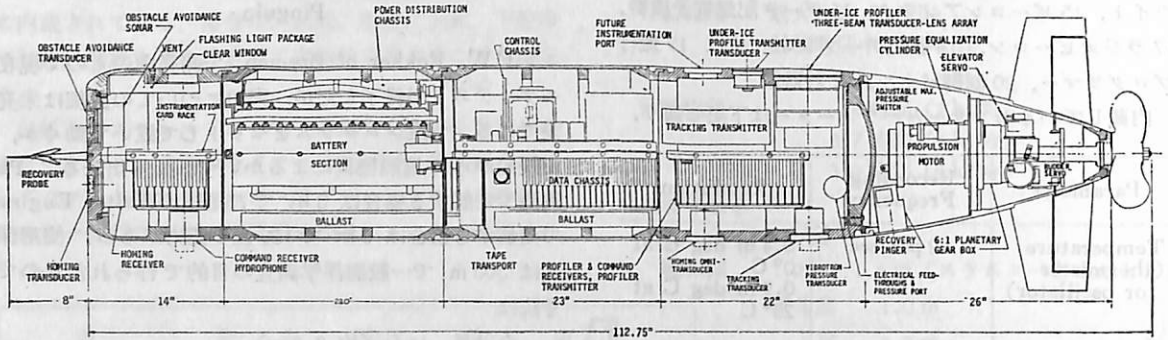
(6) UARS (アメリカ)

ワシントン大学が海軍研究所のスポンサーで作ったもので船体はアルミ合金と硝子繊維のフィラメントワインディング製である。長さ 3 m, 直径 4.8 m, 空中重量 408 kg, 鉛電池を動力として深度 4,500 m まで潜航出来, 速力 3~3.7ノットで 10 時間航続可能である。超音波で遠隔操縦されるもので 1972 年 2 月完成して 5 月にテストを終了した。

北極の氷原下の航走を目標に作られたものである。



スコルペナ



UARS

昭和 49 年 (1 月~12 月) 新造船進水, 竣工実績 (住友重機械工業株式会社)

進水実績

工場	内外別	隻数	DWT	GT
浦賀	国内船	1	36,700	32,000
	輸出船	5	540,000	291,800
	計	6	576,700	323,800
追浜	国内船	—	—	—
	輸出船	6	1,619,200	729,000
	計	6	1,619,200	729,000

竣工実績

工場	内外別	隻数	DWT	GT
浦賀	国内船	2	36,700	32,000
	輸出船	5	540,000	(内1隻艦艇) 291,800
	計	7	576,700	323,800
追浜	国内船	—	—	—
	輸出船	6	1,618,200	729,000
	計	6	1,618,200	729,000

# 小型船舶用船燈について

小池正衛\*  
竹沢節雄\*\*

## 1. ま え が き

昭和49年8月27日に、船舶安全法第2条第1項の規定に基づき小型船舶安全規則が定められ、運輸省令第36号として公布された。(官報・号外第73号)そのため、今まで船舶安全法の適用を除外されていた、長さ12メートル未満の船舶で漁船および国際航海に従事する旅客船以外の船舶は、この小型船舶安全規則の適用を受けることになった。

この小型船舶安全規則の内容は、第1章(第1条~第4条)総則、第2章(第5条~第20条)船体、第3章(第21条~第40条)機関、第4章(第41条~第42条)排水設備、第5章(第43条~第45条)操舵、保船および揚錨の設備、第6章(第46条~第64条)救命設備、第7章(第65条~第74条)消防設備、第8章(第75条~第81条)居住および脱出の設備、第9章(第82条~第84条)航海用具その他の属具、第10章(第85条~第99条)電気設備、第11章(第100条~第104条)復原性、附則より成っている。

船燈に関しては、第9章航海用具その他の属具の中で第82条に、小型船舶用船燈の要件および構造基準を定め、第84条に小型船舶に掲げるべき燈具を規定している。

この小型船舶安全規則は、昭和49年9月1日より発効したが、発効された時点において、一定の技術基準に適合し小型船舶安全規則に定める要件を満足する小型船舶専用の船燈がなく、その開発が急がれていた。

今回小型遊漁船用として試作された船燈について、小型船舶用品型式承認のための性能基準に基づいた、特性試験を行なったので、小型船舶用船燈に要求される技術基準を紹介し、またその特性試験結果の1例を報告する。

## 2. 小型船舶用船燈の要件と技術基準

小型船舶安全規則第9章第82条に、前部燈、小型船舶用げん燈、小型船舶用両色燈、後部燈および小型船舶用白燈の適合要件を表-1のように定めている。

また、同条の第2項に、船燈の構造基準を次のように規定している。

小型船舶用船燈は、次に掲げる構造のものでなければならない。

表-1 小型船舶用船燈の要件

種 類	色	水平射光角度	光達距離
前 部 燈	白	225度	3海里
小型船舶用げん燈	赤 緑	112.5度	1海里
		112.5度	1海里
小型船舶用両色燈	赤 緑	左右各げん 112.5度	1海里
後 部 燈	白	135度	2海里
小型船舶用白燈	白	360度	2海里

備考 電球は耐震性の透明電球でなければならない。

- 1) 耐久性材料を使用したものであり、かつ、なるべく軽量小型のものであること。
- 2) 耐震性のものであること。
- 3) 小型船舶用白燈以外の小型船舶用船燈は、船体との相互位置を容易に確認できる取付け基準面または船尾基準線が設けられたものであり、かつ、船体に確実に固定できるものであること。
- 4) 燈窓保護のためのわく棒により射光が著しく妨げられないものであること。
- 5) 防滴構造のものであること。
- 6) 電球の取替えおよび燈内掃除が容易にできるものであること。

以上に述べた、小型船舶安全規則第82条の要件および構造規定に基づいた、船舶等型式承認のための試験方法および性能基準(小型船舶用)が局長通達として出されている。その試験項目、試験方法および性能基準は次の通りである。

- 1) 外觀検査  
部品材料、構造、寸法、重量ならびに工作の良否を仕様書または図面と照合確認する。
- 2) 高温多湿試験  
供試品を温度  $66 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度  $90 \pm 1\%$  の槽内に48時間保持し、異常のないことを確認する。
- 3) 温度繰返し試験  
供試品に対して  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  から  $66 \pm 1^\circ\text{C}$  まで変化させる試験を1サイクル3時間で20回繰返し、かつ、相対湿度なりゆきの状態とし、温度を  $0^\circ$  から  $-30^\circ\text{C}$  に変化させる試験を1サイクル3時間で20回繰返し異常のないことを確認する。

\*船舶技術研究所 大阪支所長  
\*\*船舶技術研究所大阪支所 主任研究官

表-2 振動試験方法

		全振幅	加速度	振 動 数	掃引周期	振 動 の 方 向	試験回数	合計試験時間
共振々動試験	(i)	2 mm		5~16 Hz まで連続的に変化させる	10分	物件の通常取付姿勢に対して直角なる方向	各方向に対して3回ずつ	1.5 H
	(ii)		± 1 G	16~60 Hz まで連続的に変化させる	同上	同 上	同 上	同上
耐 振 々 動 試 験	共振々動試験で共振のある場合			共振々動試験における振幅または加速条件		同 上	同 上	4.5 H
	共振のない場合	2 mm		16 Hz		同 上	同 上	同上

4) 塩水噴霧試験

JIS Z 2371 に定める方法により、72時間行なう。ただし真鍮、FRP 若しくはガラスまたはこれと同等以上の耐食性を有する材料のみで構造されたものについては、この試験は行わない。

5) ウェザーリング試験

サンシャインカーボンアーク燈またはこれと同等の効力を有する機器で200時間の照射を行う。ただし、金属およびガラスのみで構造されたものについては、この試験は行わない。

6) 振動試験

振動試験機の台板上に供試品を固定し、点燈状態で表-2のとおり共振振動試験を行い、共振点があれば共振点の振動数で、共振点のない場合は、振動数 16 Hz で耐振振動試験を実施し、消燈または電球、ガラス類、リベット、ボルトなどの脱落、破損、半田、接着剤などの亀裂等異常のないことを確認する。

7) 配光試験

暗室の回転台中心位置に船燈を置き、適合電球を設計電圧で点燈のまま水平方向に徐々に回転させ、光源から1メートル以上の距離においた照度計により、10° 毎の各角度における光度を測定し、さらに水平射光限界付近内外5°の範囲は1° 毎の角度における光度および射光角度外の余光限度における光度を測定し、次のとおりであることを確認する。

(イ) 水平配光

ラ ン プ	最小光度	射 光 角 度
前 部 燈	12.0 cd 以上	225°
小型船舶用げん燈	0.86 〃	112.5°
小型船舶用両色燈	0.86 〃	各げん 112.5°
後 部 燈	4.3 〃	135°
小型船舶用白燈	4.3 〃	360°

なお射光角度外側については

射光角度外側角度	光 度
22.5°	最小光度の 12.5% 以下
45°	〃 2% 以下

(ロ) 垂直配光

角 度	光 度
上下 5°	射光角度内で最小光度を維持すること。
上下 7.5°	射光角度内で最小光度の 60% 以上であること。

8) 光達距離算定試験

規定射光角度内の測定光度を次式に代入し、光達距離を計算し、規格値を満足することを確認する。

$$I = 3.43 \times 10^6 \times T \times D^2 \times K^{-D}$$

但し、I : 燈火の光度 (cd)

T : しきい係数  $2 \times 10^{-7}$  (Ix)

D : 光達距離 (海里)

K : 大気の透過率 = 0.8

規格値

ラ ン プ	光 達 距 離
前 部 燈	3 海里以上
小型船舶用げん燈	1 〃
小型船舶用両色燈	1 〃
後 部 燈	2 〃
小型船舶用白燈	2 〃

9) 防水試験

船用電気器具の防水検査通則 (JIS F 8001) の第1種散水検査の方法による試験を行い、浸水が導電部に達しないことを確認する。

10) 絶縁抵抗試験

防水検査直後に直流 500 V の絶縁抵抗計により導電部と接地間の絶縁抵抗を測定し、10 MΩ 以上

であることを確認する。

### 11) 射光角度試験

角度計または測定用ゲージを用いて燈窓ガラスの両端となす角度を測定し、下記のとおりであることを確認する。

ラ	ン	ブ	射光角度
前	部	燈	225°
小	型	船	112.5°
小	型	船	各げん 112.5°
後	部	燈	135°

### 3. 小型船舶用船燈の試験結果

本試験に用いた船燈は小型遊漁船用に試作された各種の船燈で、前述の技術基準に基づいた試験を行い、小型船舶用船燈として適当であるか否かの判定資料を得るために行つたものである。

#### 3-1 供試船燈

試験に供した船燈は、前部燈、げん燈（赤）、げん燈（緑）、両色燈、後部燈および白燈の6種で、形状、構造および主要寸法を図-1に示す。本体およびカバーの材質は、BsPを使用し、グローブは半硬質ガラスを使用している。

電球は運輸省型式承認第2474号の24V 20W船舶用電球を使用した。使用電球の諸特性は下表の通りである。

型 式	定格消費電力	定格電圧	ガラス球		長 さ	口 金	過電圧振動耐久時間	定 格 停 止 寿 命
			形 式	径				
KB 24V 20W	20W	20V	S 35	35 mm	57±m/m	BA 15 D/19	25時間	1500時間

### 3-2 試験結果

#### 1) 外観検査

現品と図面の照合結果、部品材料、構造および寸法は図-1の通りであり工作も良好であつた。各船燈の重量は約1kgであり、その計測結果を下表に示す。

	前部燈	げん燈 (赤)	げん燈 (緑)	両色燈	後部燈	白燈
重量 [kg]	1.00	1.06	1.03	1.06	1.05	0.98

#### 2) 高温多湿試験

#### 3) 温度繰返し試験

高温多湿試験および温度繰返し試験は、試験設備の都合で、船舶磁装品試験所で行つたが、いずれも異常は認められなかつた。

#### 4) 振動試験

定格電圧で点燈し振動試験を行つた結果、各燈具とも、全振幅2mm振動数5~16Hz、加速度1G振動数16~60Hzの範囲内に共振点はなく、また振幅2m/m、振動数16Hzの耐振々動試験結果にも異常は認められなかつた。

#### 5) 配光試験

水平配光試験の結果得られた、各燈具の配光曲線を図-2から図-7に示す。表-3は射光角度内における最低光度と、射光角度外22.5°、45°における光度および垂直配光5°、7.5°の時の射光角度内の測定結果である。

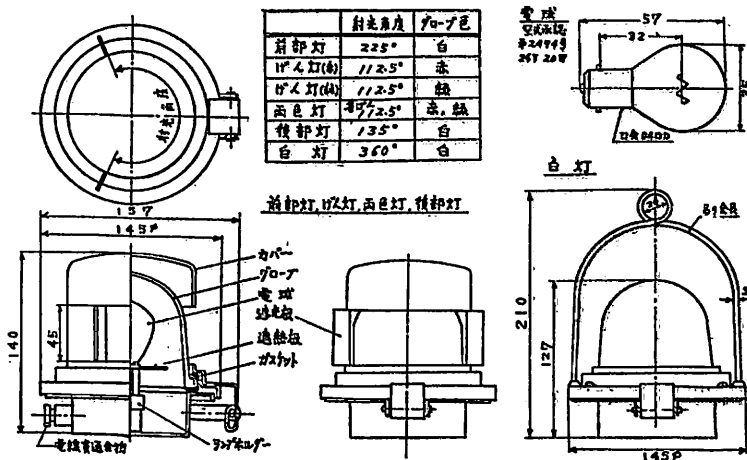


図-1 供試船燈

配光曲線 (水平)

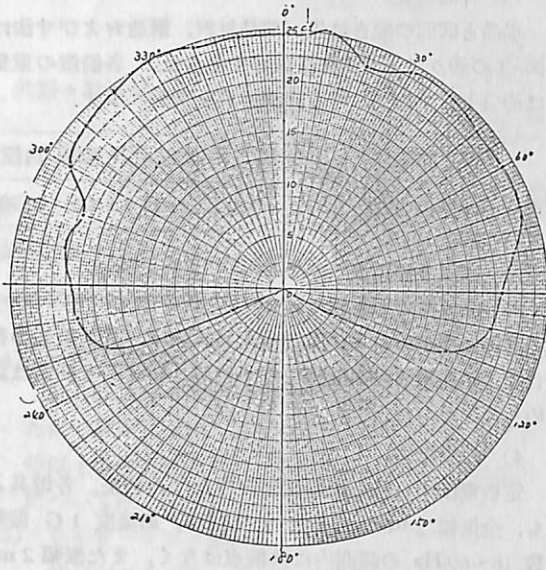


図-2 前部燈 24 V

配光曲線 (水平)

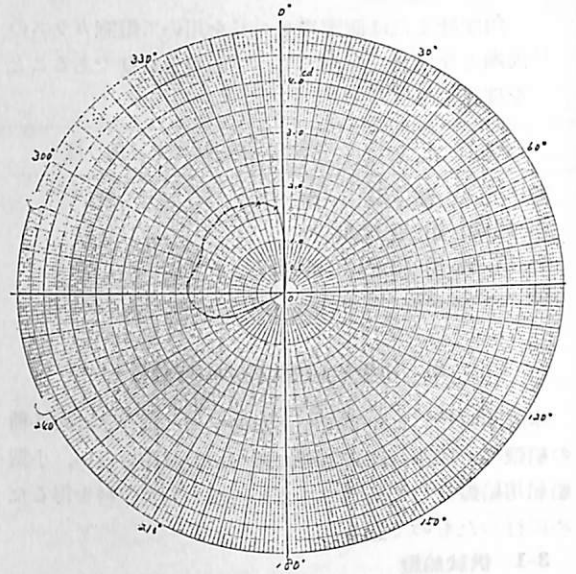


図-3 小型船舶用げん燈 (赤) 24 V

配光曲線 (水平)

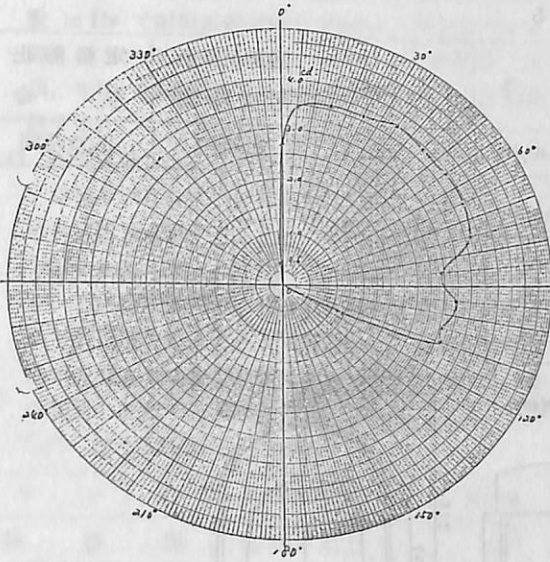


図-4 小型船舶用げん燈 (緑) 24 V

配光曲線 (水平)

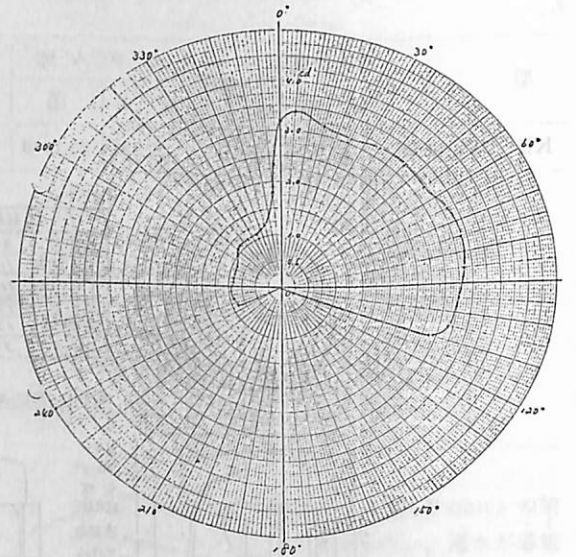


図-5 小型船舶用両色燈



配光曲線（水平）

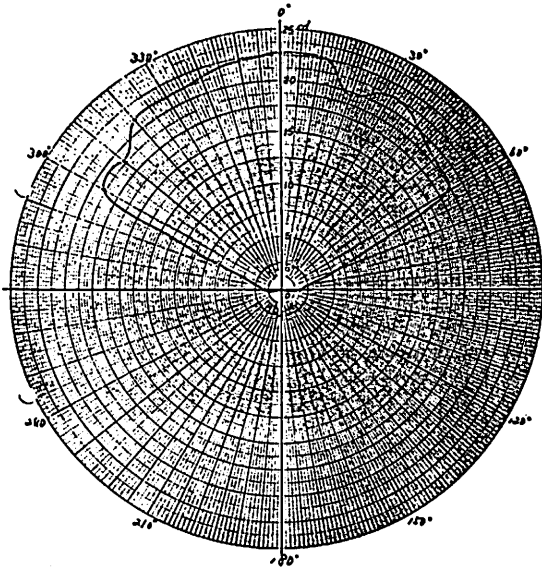


図-6 後部燈 24 V

配光曲線（水平）

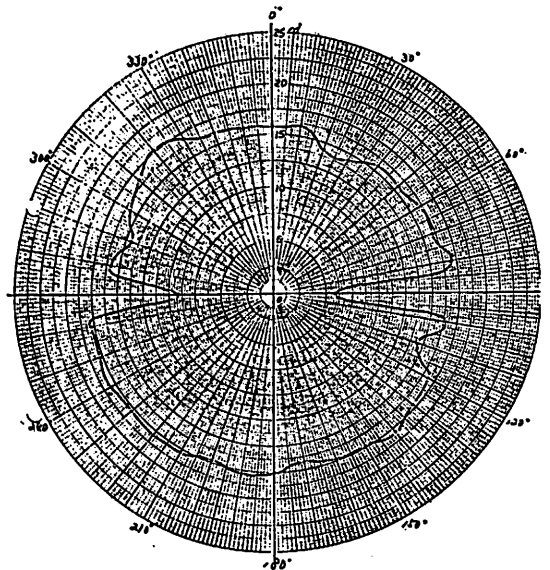


図-7 小型船舶用白燈 24 V

表-3 配光試験結果 単位 cd

	水平配光			垂直配光			
	射光角度内最低光度		射光角度外	上 向		下 向	
	22.5°	45°	5°	7.5°	5°	7.5°	
前 部 燈	12.5	0.10	0	12.9	12.6	12.9	12.6
げん燈(赤)	0.9	0	0	0.9	0.9	0.9	0.9
げん燈(緑)	2.3	0	0	2.6	2.6	2.6	2.1
両 色 燈	0.9	0	0	0.9	0.9	0.9	0.9
後 部 燈	6.5	0.20	0.01	5.7	4.8	6.9	6.6
白 燈	5.9			7.0	7.4	5.4	5.5

表-4 余光限度と垂直配光必要光度 単位 cd

	射光角度内必要光度	射光角度外側余光限度		垂直配光必要光度	
		22.5°	45°	5°	7.5°
		必要光度の125%以下	必要光度の2%以下	射光角度内で必要光度を維持すること	射光角度内で必要光度の60%以上
前 部 燈	以上	以下	以下	以上	以上
げん 燈	12.0	1.5	0.24	12.0	7.2
両 色 燈	0.86	0.11	0.02	0.86	0.5
後 部 燈	0.86	0.11	0.02	0.86	0.5
後 部 燈	4.30	0.54	0.10	4.3	2.6
白 燈	4.30			4.3	2.6

規則で定められている光達距離から各燈具の射光角度内の最低光度を求め、これによつて余光限度と垂直配光必要光度を求めると表-4に示す値となる。表-3に示した、射光角度外における余光限度と垂直配光の試験結果は、いずれも表-4に示した規定値を満足する値である。

表-5 各燈具の光達距離

	測 定 結 果		規 定 値
	射光角度内最低光度	光達距離	
前 部 燈	12.5 cd	3.06 海里	3.0 海里以上
げん燈(赤)	0.88 cd	1.01	1.0 〃
げん燈(緑)	2.32 cd	1.51	1.0 〃
両 色 燈	0.90 cd	1.01	1.0 〃
後 部 燈	6.50 cd	2.42	2.0 〃
白 燈	5.90 cd	2.29	2.0 〃

6) 光達距離の算定

水平配光試験の結果得られた射光角度内の最低光度を、光達距離算定式  $I = 3.43 \times 10^6 \times T \times D^2 \times K^{-D}$  に代入して求めた各燈具の光達距離を表-5に示す。

7) 防水試験

JIS F 8001 第1種散水検査（器具を正規の取付状態から垂直軸に対し、いずれの方向に15度傾けてその上

表-6 重量, 絶縁抵抗, 温度上昇の各試験結果

	重量 (kg)	絶縁抵抗 (MΩ)	温度上昇値 deg		
			ランプホルダ端子	窓ガラス外面	上部外面
前部燈	1.00	15	30.5	17.5	9.5
げん燈(赤)	1.06	100	35.0	34.0	16.0
げん燈(緑)	1.03	60	28.0	43.0	19.0
両色燈	1.06	90	31.0	32.0	16.0
後部燈	1.05	500	29.0	33.0	15.0
白燈	0.98	∞	23.5	17.5	45.5

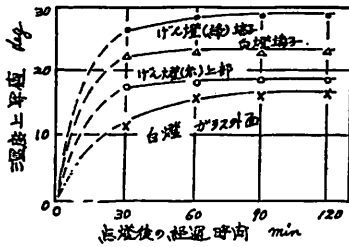


図-8 温度上昇試験結果

方高さ 1 m から 5 分間水を散布しても内部に有害と認められる浸水の形跡があつてはならない。

ただし、散水器具は、直径 50 mm の板に径 1 mm の穴 10 個を有するジョロ口とし、ジョロ口における水圧は、水頭 0.2 m 以内とする。)により、防水試験を行

つた結果、内部に浸水の形跡は認められなかつた。

8) 絶縁抵抗試験

防水試験直後に直流 500 V 絶縁抵抗計を用いて、導電部と接地間の絶縁抵抗を計測した結果、各燈具とも 10 MΩ 以上の値であつた。計測結果を表-6 に示す。

9) 射光角度試験

測定用ゲージを用いて測定した結果、各燈具の燈窓ガラスの両端となす角度が、規定射光角度であることを確認した。

10) 温度上昇試験

試験の最後に、参考のため燈各部の温度上昇試験を行った。その結果を表-6 に示す。

図-8 は、温度上昇を時間経過と共に計測した結果の 1 例である。

4. あとがき

海上における人命安全の見地から、小型船にも安全規則の適用をうける時代となつた。

小型船用の船用品は、従来の大型船舶用のものにくらべ、ユーザーの幅が広く、苛酷な経済的制約のもとで、取扱いが簡易でしかも耐久性機能と共に在来のものに劣らない性能のものが要請される。

今回の供試品はその試金石の 1 つともいえるものと思うが、その意味で、この資料がいささかの役に立つならば幸いである。

昭和 49 年 (1 月 ~ 12 月) 新造船進水, 竣工実績 (三井造船株式会社)

進水実績

工場	輸出国内	隻数	総トン数	載貨重量 トン数
玉野造船所	輸出	7	416,354.8	844,517
	国内	3	92,455.35	146,849 (1,470 排水トン)
	計	10	508,810.15	991,366 (1,470 排水トン)
千葉造船所	輸出	5	745,326.95	1,489,931
	国内	2	247,967.7	468,400
	計	7	993,294.65	1,958,331
藤永田造船所	輸出	8	141,474.23	227,147
	国内	0	0	0
	計	8	141,474.23	227,147
合 計	輸出	20	1,303,155.98	2,561,595
	国内	5	340,423.05	615,249 (1,470 排水トン)
	計	25	1,643,579.03	3,176,844 (1,470 排水トン)

竣工実績

工場	輸出国内	隻数	総トン数	載貨重量 トン数
玉野造船所	輸出	6	360,603.56	730,736
	国内	3	69,072.73	67,672 (1,470 排水トン)
	計	9	429,676.29	798,408 (1,470 排水トン)
千葉造船所	輸出	5	738,615.3	1,454,778
	国内	3	383,488.76	741,625
	計	8	1,122,104.06	2,196,403
藤永田造船所	輸出	8	150,274.13	238,552
	国内	2	36,558.1	50,225
	計	10	186,832.23	288,777
合 計	輸出	19	1,249,492.99	2,424,066
	国内	8	489,119.59	859,522 (1,470 排水トン)
	計	27	1,738,612.58	3,283,588 (1,470 排水トン)

## 1. ま え が き

最近、フェリー・ポートや中形貨物船に中速・ギヤード・ディーゼル機関を使用するものが次第に増加している。また、大形超高速船に対する運輸技術審議会の答申でも、それに使用すべき中速・ギヤード・ディーゼル機関の開発が緊急を要するとされている。

中速・ディーゼル機関の減速歯車装置は、従来はほとんどが平行軸型のコンベンショナル・タイプのものであったが、最近遊星歯車の研究が進んで、その特性である小形、軽量、高性能が注目され始めた。船舶の場合、艀装の面からみて、一機一軸船、二機二軸船において、遊星歯車は特に有利であり、コスト的にみても安価で、安全性についても全く問題ないことが一般に認められるようになった。

これらの点に注目して、当社では従来からの平行軸減速歯車装置に加えて、東洋精密造機（株）との技術提携のもとに、種々の陸上用の大形 UBE-IMT 遊星減速歯車装置の製作を進めてきたが、このたび初めて船用として宇部船渠（株）建造の同栄運輸（株）殿 6,300 DWT セメント・タンカに搭載する 4,800 PS 中速・ディーゼル機関（宇部三菱 16 UEV 30/40 C 型）用遊星減速

歯車装置を完成し、このほど機関と結合して陸上負荷試験を完了し、良好な成績を得た。よってここに、UBE-IMT 船用遊星減速歯車装置の構造、特長および標準仕様などについて、その概要を紹介する。

## 2. 4,800 PS 船用遊星減速歯車装置の構造と仕様

本機は 16 UEV 30/40 C 型機関と高弾性継手で結合してプロペラ軸を駆動するものであるが、停泊時に船首側に設置した荷役用コンプレッサを主機関によって駆動する必要があるので、プロペラ軸駆動時には固定している内歯歯車をソフトして嵌脱を行なう構造になっている。このような構造にすることによってクラッチ付高弾性継手を使用する場合に比較して安価で、しかも全長を短かくすることができる特長を有している。

写真 1 に主機関とのカップル運転中の全景を、表 1 に減速装置の仕様を、図 1 に断面図をそれぞれ示す。

## 3. 負荷運転の結果について

本機は陸上で主機関とのカップル運転を行ない、等配機能の確認、変動負荷の減衰、その他の諸計測を行な

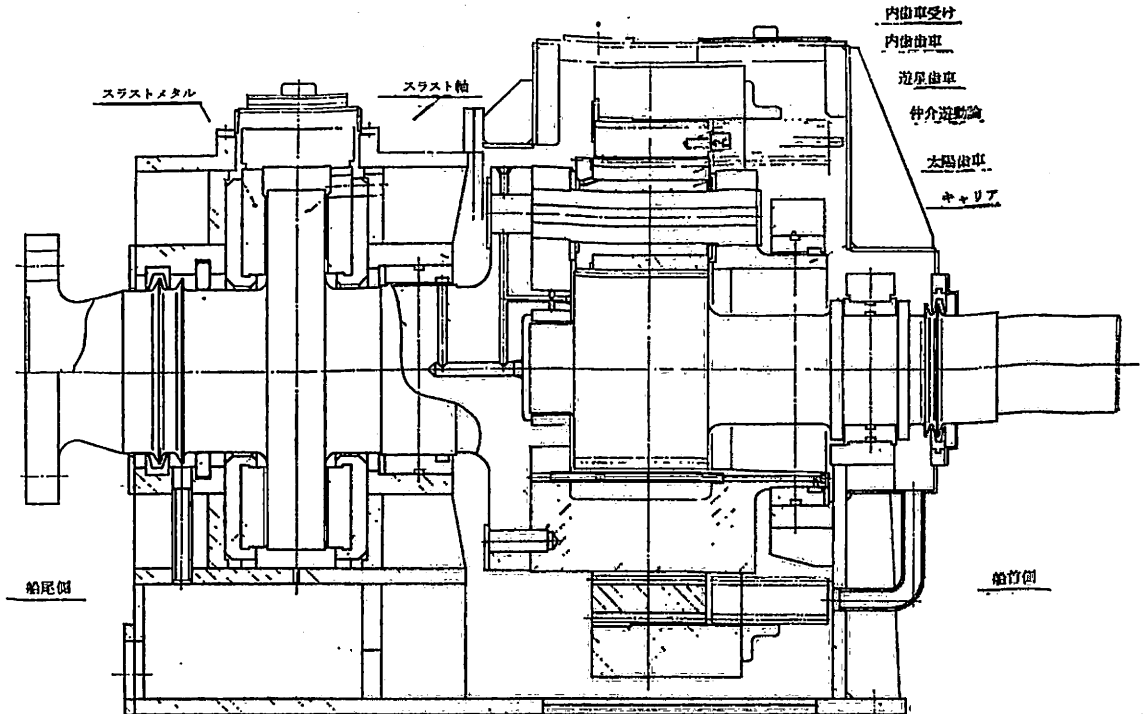


図 1 4,800 PS セメントタンカ用 UBE-IMT 船用遊星歯車構造図

\* 宇部興産株式会社 設計第 3 部長

表1 遊星減速装置の仕様

型 式	一機一軸型 MPS-112S
伝 達 馬 力	4,800 PS (MCR)
回 転 数	540/170 rpm (MCR)
減 速 比	3.175
推 力	50 本
船 級	NK

い、運転後全解して歯当りおよび軸受メタルの点検を行なった。

図2に100% 負荷運転時における遊星歯車の等配率の計測記録を示す。本計測は内歯歯車の円周5等分位置の歯元に歪ゲージを取付け、その応力によつて求めた。

〔計測結果〕

等配率は理論計算値とほぼ一致し、入出力軸応力より求めた仲介遊動輪の油膜による減衰も十分満足するものであつた。

〔解放点検結果〕

各歯車の歯当りおよび軸受メタルの当りも良好であつた。〔写真2に歯当りの一例を示す〕

4. UBE-IMT 船用遊星減速歯車装置の標準構造

UBE-IMT 船用遊星減速歯車装置は、従来の部材の弾性変形を利用したものに代つて、遊星歯車と遊星軸間

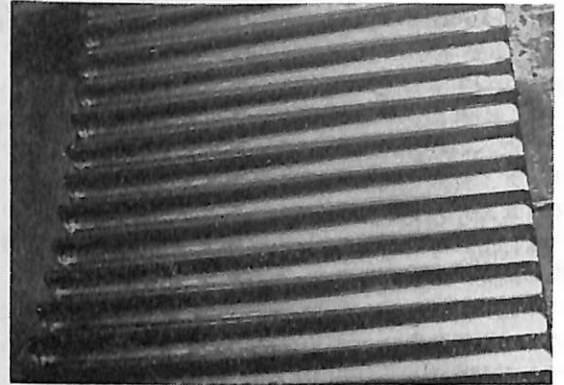


写真2 陸上試運転後の歯当りの一例

に仲介遊動輪を使用し、そこに形成される油膜の理論的等配作用を応用した、きわめて安定した等配機構をもっている。また、歯幅を二列に分割することにより、歯面の荷重分布の均一化と、二列の内歯歯車を支持するバランスピンによるトルク変動の吸収を計るなど歯車装置全体の信頼性の向上に力点をかけた構造である。

図3にプラネタリ型の標準歯車の断面図を示す。

5. あとがき

今回初めて製作した4,800 PS 船用遊星減速歯車装置は、陸上負荷運転で満足すべき成績や種々の有益なデータを得ることができ、今後の製作に対する大きな自信と

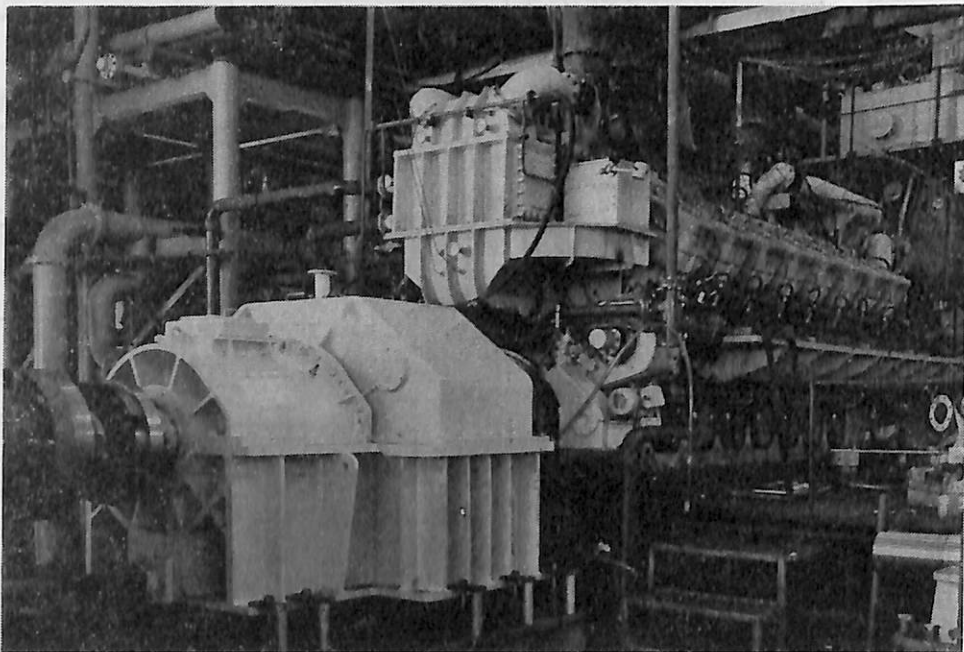


写真1 セメントタンカ用4,800 PS UBE-IMT 船用遊星歯車全景

なつた。

本機を搭載するセメント・タンカは本年3月に就航するが、実船における成績を今後追跡調査する予定である。

なお、当社では現在引続きカーキャリア船用として、10,000 PS 級のプラネタリ型および 8,000 PS 級のスタ型の標準型 UBE-IMT 船用遊星減速歯車装置7機を受

注し、目下、設計、製作を進めている。

〔註〕 本船用中速・ディーゼル機関用 IMT 遊星減速歯車装置はモーターボート競争法の交付金による(財)日本船舶振興会(会長笹川良一氏)の補助事業として、昭和41年度に(財)日本船用機器開発協会と東洋精密造機(株)の共同開発事業として開発されたものである。

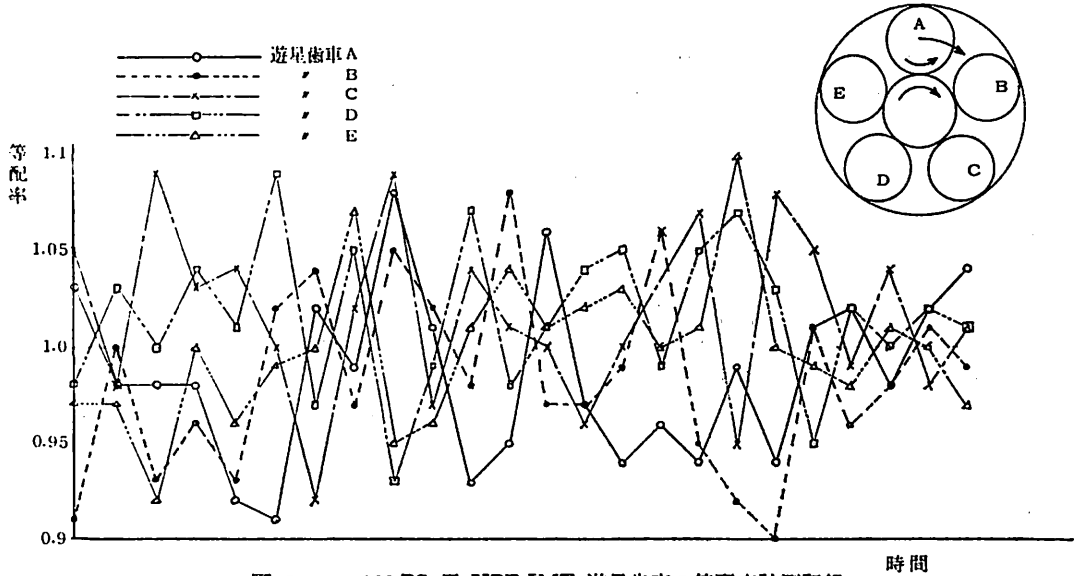


図2 4,800 PS 用 UBE-IMT 遊星歯車の等配率計測記録

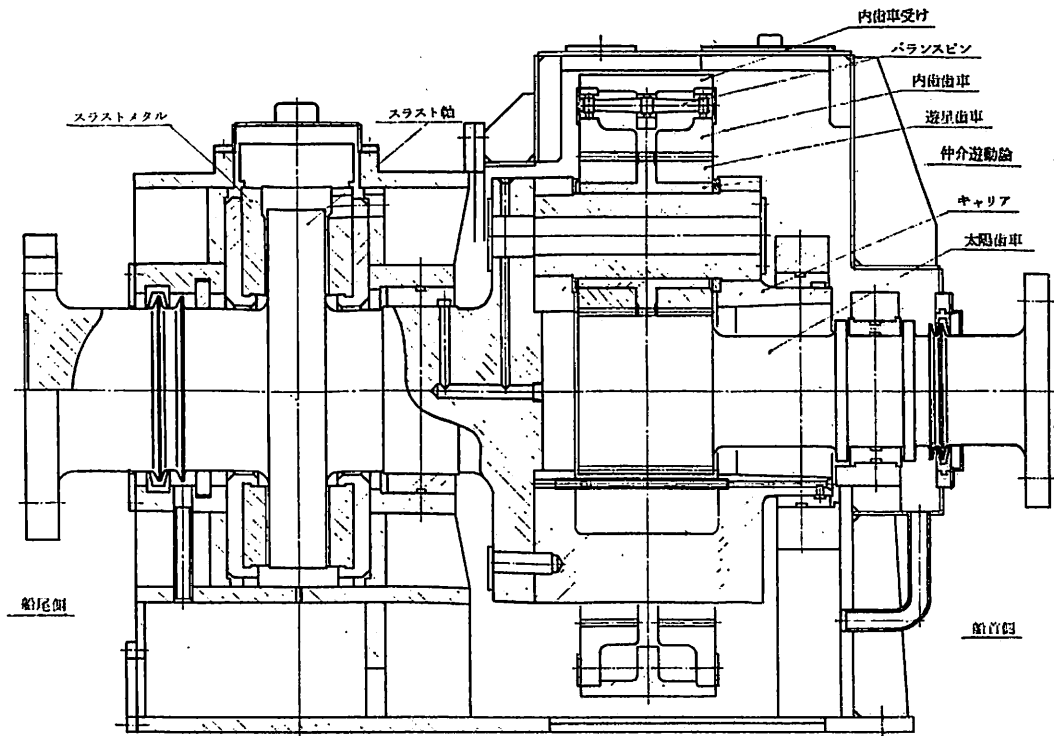


図3 標準型 UBE-IMT 船用遊星歯車(プラネタリ型)構造図

# 開発協会の昭和49年度海洋開発 事業計画について

細 井 茂\*

## 1. ま え が き

運輸技術審議会は海洋技術開発および海洋調査の目標とその実施方策に関する答申を昭和47年5月に行っており、海洋開発審議会はわが国海洋開発推進の基本的構想および基本的方策について昭和48年10月答申を行って政府の方針を明確にしている。

(財)日本船用機器開発協会は発足以来8年になり、この間運輸省および(財)日本船舶振興会のご指導、ご援助によつて海洋開発、研究は着実に実績をあげつつある。

ここに昭和49年度の海洋開発の事業計画の内容を報告して諸賢のご批判を仰ぎたい。これらの事業はモーターボート競走法の交付金による(財)日本船舶振興会の補助をうけて行われているものであることを付記する。

## 2. 共 同 開 発

### 2-1. 水中アイ・ロボットの開発

海洋開発の進展に伴ない、海中・海底のリアルタイムで正確な映像情報の必要性が高まっている。本開発は、三井海洋開発(株)、三井造船(株)および(株)ナックの3社との共同により、従来の海中・海底の映像観察・記録方式の非能率、不確実性を改善するため、無人のテザード式潜水艇にカラーテレビ・カメラを搭載し、船上の遠隔監視・制御装置により艇体の運動、カメラの俯仰、旋回制御および映像の監視・記録を行う“海中の目”とも言うべき水中アイ・ロボットシステムの開発を目的とし、48年度に基本設計、水槽模型実験、各部の要素設計および本システムの総合的な検討を行つた。引き続き本年度は、総合組立設計、装置試作および総合組立・調整を行い、50年度に陸上実験および海中総合実験を行つて本システムの開発・実用化を図る。

本システムの構成装置およびその主要目は次のとおりである。

#### 1) アイ・ロボット

##### ① 潜水艇

型	式	テザード式
全	長	約2.4 m
全	高	約1.5 m
全	幅	約1.8 m

重 量	約 800 kg
最大実用深度	約 100 m
可 動 半 径	約 100 m
最 大 速 力	約 2 kt

#### ② TV 装置

TV 装置	3 管式カラー
レ ン ズ	ズームレンズ (比 4 倍)
カメラ旋回装置	パンチルト光学系補正式
〳 旋回角度	パン±90°, チルト±30°
〳 旋回速度	20°/sec
〳 旋回制御	サーボコントロール

#### ③ 姿勢制御装置

推 進 機	電動駆動・ダクトプロペラ式、水平 2 基 (俯仰式)
俯仰装置	サーボ・コントロール、俯仰角 ±90° 2 基

#### ④ 航海装置 1 式

#### ⑤ 安全装置 1 式

#### ⑥ 照明装置 ハロゲン 500 W×8 灯

#### ⑦ 電源通信装置 1 式

### 2) 船上支援装置

#### ① TV 監視・制御装置

映 像 監 視	カラーモニター 2 台
〳 記 録	V.T.R. 1 台
カ メ ラ 制 御	波形スイッチ・サーボコントロール
〳 旋回・制御	ジョイスティック・サーボコントロール

#### ② 艇体監視・制御装置

艇体運動制御	ジョイスティック・レバー
相対位置検出	超音波ブラウン管
航海情報監視	1 式
ケーブル巻取装置	1 式

#### ③ 通信・電源装置

#### ④ ケーブル巻取装置

本システムが開発されれば、機器、構造物の設置に伴う海底状況の予備調査、設計作業の管理、船舶・航空機等の遭難時における救難監視、巨大船の船底検査等、リアルタイムで正確な映像情報を得ることが可能になろう。

\* (財)日本船用機器開発協会常務理事

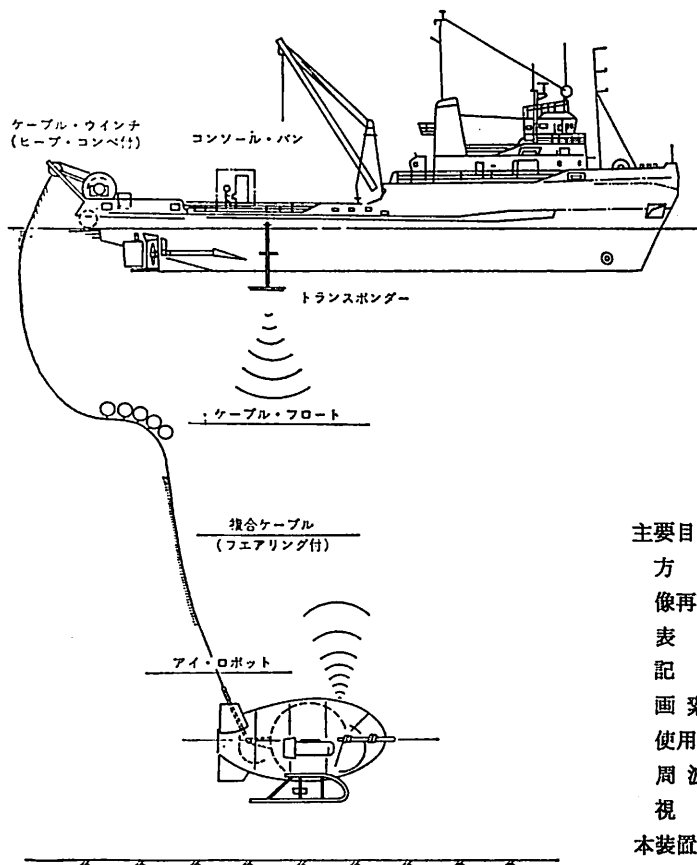


図1 水中アイ・ロボットの開発

## 2-2. 音響ホログラフィを用いた水中観察装置の開発

現在海洋開発で大きな障害となっているのは、水中状況を観察する適当な方法がないことである。光学的な方法では澄んだ浅海しか見えず、可視範囲も5m位に限られ、またソナーを使用した場合でも解像度が十分ではない。本開発は、音響ホログラフィの技術を用い、濁水中でも十数mの距離で水中および海底にある物体の映像を得る水中観察装置を50~52年度の3カ年に亘り沖電気工業(株)との共同により開発するものである。

本装置の画像再生の方法は、音響ホログラフィの原理によるものであるが、さらに開口面合成の技術を併用することにより受波器を低減し、経済性を図っている。

構成装置は次のとおり。

- 1) 送受波部
  - ① 送波器アレイ
  - ② 受波器アレイ
- 2) 周辺電子回路
  - ① 受信部

- ② 送信部
  - ③ タイミング回路
  - ④ 復号器
- 3) 水中ケーブル
- 4) 信号処理部
    - ① 演算ユニット
    - ② 演算メモリ
    - ③ 操作パネル
    - ④ インターフェイス
  - 5) 記録表示部
    - ① 表示メモリ
    - ② CRT表示器
    - ③ MT(磁気テープ)
    - ④ 記録器

主要目は次のとおり。

方式	開口面合成音響ホログラフィ
像再生法	デジタル
表示	CRT (TV スキャン)
記録	MT および記録紙
画素数	128×128
使用距離	最大 100 m ただし常用は 3~30 m
周波数	200 kHz (波長 7.5 mm)
視野	±20°

本装置が開発されれば、港湾内の浚渫作業等の各種工

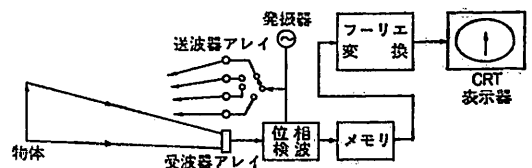
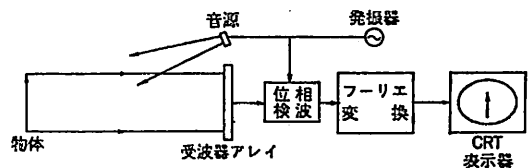
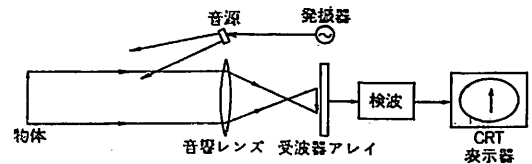


図2 水中撮像方式の比較

事の検査、沈没船の発見および事故の原因究明、潜水夫の監視等に大きな需要が期待される。

### 2-3. 水中位置測定装置の開発

本開発は、(株)光電製作所との共同開発で、45年度事業「海中移動機器と海上支援船間の相対位置検出装置の試作」を基に、50, 51年度2カ年で実施するものである。

本装置は、水上の支援船または作業船と、水中の移動または固定物体との相対位置の検出を行うもので、超音波パルス信号を用いて、海上から呼び出し信号を送り、海中移動または固定機器に取り付けた送受波装置からの応答信号を海上支援船において、直交するように配置された2組4個の超音波受波器により受信信号の時間差を計測し、これより方向を求める。また、呼出信号発信から応答信号受信までの時間により相対距離を求め、相対位置を検出するものである。

本装置は、表示器・受波器・発振器・充電器より構成されているが、要求性能は、次のとおりである。

- ① 使用範囲 最大水深 300 m  
最大水平距離 500 m
- ② 精度 相対距離の1%以内
- ③ 装置の大きさ 持ち運び可能な大きさ

本装置の基本的技術は、45年度事業で確立されているので、本年度は、雑音の除去等の改良を加え、小型で安価な実用機の開発を目的としている。本装置の使用先としては、本四架橋等の海洋構造物の正確な位置検出、

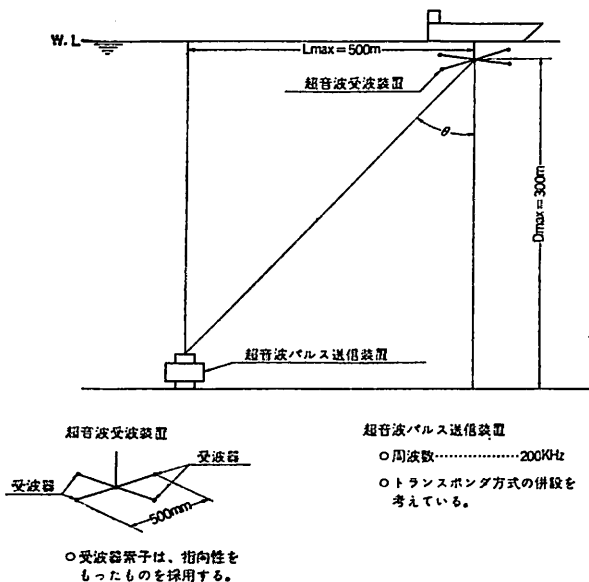


図3 水中位置測定装置の開発

水中ブルドーザ、水中ロボット、潜水艇等と海上支援船との相対位置検出等、海上と海中または海底の相対位置検出装置として、海洋開発に大いに貢献するものと期待される。

### 2-4. ダイバーロックインロックアウト潜水艇用ガスコントロールシステムの開発

本開発は、川崎重工(株)と共同で実施するものであるが、開発の目的は、近年、海洋開発が進むにつれ増加した、多種多様な海中作業には、ダイバー作業と潜水艇技術を総合したダイバーロックインロックアウト方式潜水艇が極めて有効であると考えられる。日本には、この種潜水艇が建造された実績はなく、ロック室のガスコントロールシステムについては、近い将来この種の潜水艇が建造されることを前提として、本装置を開発するものである。

本装置の要求性能は、次のとおりである。

- ① 使用深度 100 m
- ② 潜水艇に搭載可能な小型軽量なもの
- ③ 信頼性の高いもの

上記の要求性能に基づき、酸素分圧計測装置、酸素分圧制御装置、炭酸ガス分圧計測装置、炭酸ガス吸収装置を試作し、各種実験を行う。なお、本装置の信頼性については、ダイバーの生命に係わることなので、十分な配慮を行つている。

本装置の開発により、この種潜水艇の建造が可能となり、ダイバーによる多種多様な海中作業に極めて有効であると期待される。

### 2-5. 浮消波堤の開発

沖合からの波浪を消波減衰させるためには、従来築堤、潜堤等によつてなされてきたが、水深が30mを超える海域ではこれらの工事はほとんど不可能になる。本開発は浮消波堤の構想により浮構造物を連結係留して消波を行い、護岸施設、船舶停泊施設、海洋土木の支援等に広く使用でき、しかも水深に無関係に設置できうる浮消波堤を開発することを目的とし、石川島播磨重工業(株)との共同により実施するものである。

構成装置は次のとおりである。

- 1) 浮体本体 8基
- 2) 係留装置
  - ① ブイ 4個
  - ② 主アンカーブロック (53 t) 20個
  - ③ 荷重アンカーブロック (52 t) 16個
  - ④ 重錘 (6 ton) 16個
  - ⑤ 係留ロープ
- 3) 自沈装置 2組



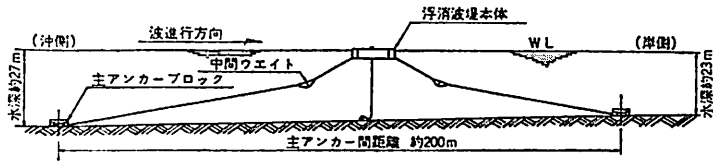


図4 浮消波堤の開発

4) 保安用マーカーブイ

5) 計測装置 1式

主要目は次のとおりである。

浮体本体寸法 L×B×D=15×7×3.25 m

重量 約 26 ton

設置水深 約 25 m

消波効率 (目標値)

波長 20 m～約 80%

45 m～約 50%

本浮消波堤は設作・組立完了後、岩手県宮古湾に設置し、消波効率、係留ロープの張力測定および耐久性の確認を行い、実用化の目的を得る予定である。

これが開発されれば、護岸施設、船舶停泊施設に留まらず、港湾内を大養殖施設として使用することも可能となり、その波及効果は多大なものがある。

## 2-6. 全自動遠隔制御水中溶接システムの開発

超大型海洋構造物のブロック建造等に関し、水中溶接は必要不可欠な技術であるが、現在の水中溶接法は乾式法を除き全て潜水夫による手溶接に頼っており、溶接部の信頼性に乏しいうえ、作業能率は陸上に比べ大幅に低下する。また乾式法は対象に応じた排水室が必要となり経済的にかなりコストアップとなるなど従来法に多くの問題があり、その飛躍的發展は望み難い。

これらの現状にかんがみ、従来より水中自動溶接法の開発・研究の結果、新溶接法として独創的アイデアによる「局部乾式水中溶接法」の基礎開発に成功したので、これを機会に完全自動化・遠隔制御化による水中溶接システム実用化開発を計るものである。

本開発は三菱重工業(株)との共同開発で、49年度に下向自動システムを、50年度に横・立向自動化システムを、51年度に実用化試験

を行って本システムを完成する。

1) 仕様

完全自動遠隔制御化による水中溶接システム

使用最大水深 100 m

2) 主要装置

(1) 実験水槽

運転水槽 4.5×4×4 m

給水装置 給水能力 3.6 m<sup>3</sup>/min

(2) 自動水中溶接装置

水密構造台車 (下向自走式)

(3) 制御装置

集中遠隔制御

水中施行技術の一つとして、本システムの完成により海洋開発の発展に寄与するところ極めて大きく、本四橋

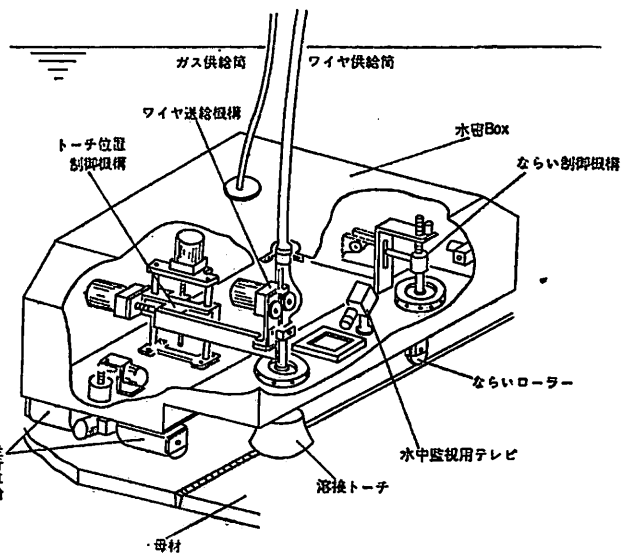
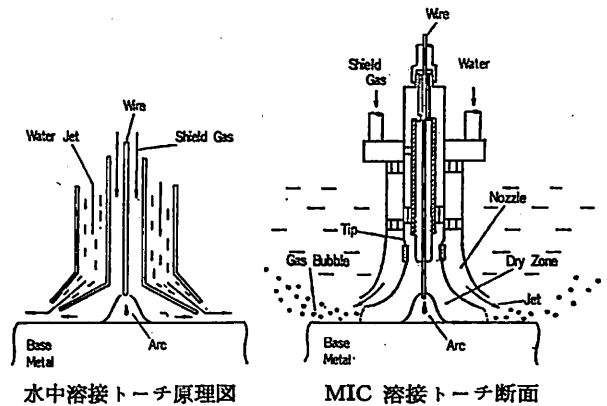


図5 水中溶接用装置モデル

のような長大橋のケーソン部の組立の他各種海洋構造物の水中組立建造が可能となり、またこれらの補修改造も能率的に施行可能となる。

### 2-7. 深海用潜水器の開発

本開発は、47年度から技術調査を始めたが、本年度は、共同開発して深海用潜水器の開発を、自主事業とし

て深海用潜水器試験装置の開発を実施しており、共同開発先は、川崎重工業(株)である。

本開発の目的は、深海で人間が自由に作業するために必要な安全な呼吸装置を開発することである。潜水器の開発とともに、その安全性向上のために、潜水器試験装置も併せて開発する。

表 1 深海用潜水器の基本条件

項 目	摘 要
型 式	自給気式(閉鎖式)潜水器
潜 水 深 度	0~300 m
潜 水 時 間	4~8 H
重 量	約 20 kg (空), 約 25 kg (全備)
使用温度範囲	-2~40°C (使用時), -20~50°C (保管時)
使用ガスおよび組成	O <sub>2</sub> および希釈ガス (N <sub>2</sub> or He)
酸素分圧の制御方法	酸素センサーで呼吸ガス中の酸素分圧を検出し、電磁弁を ON-OFF 制御す
酸素分圧設定範囲	0.4~0.6 ata, 0.8~1.2 ata, 2段切替式
酸素センサー	ガルバニ式またはポーログラフ式
炭酸ガス分圧の制御	炭酸ガス吸収剤により呼吸中の CO <sub>2</sub> を除去
炭酸ガス分圧の許容量	最大 7 mmHg (通常 5 mmHg)
炭酸ガス吸収剤	ソーダライムまたはパラライム
酸素消費量	0.8~1.5 l/min, 最大 3 l/min
呼吸気流量	最大 180 l/min
呼吸抵抗	-90 (吸気)~+90 (呼気) mmH <sub>2</sub> O

表 2 陸上試験装置の基本条件

項 目	摘 要
相当最大深度	500 m
環境温度	0~40°C
加圧減圧速度	0~30 m/min
呼吸ガス制御	酸素消費量 炭酸ガス生成量 呼吸ガス湿度 0.5~3 l/min 酸素消費量×(0.7~1.0) 95~100% R.H.
呼吸量設定	呼吸気流量曲線 呼吸数 1回換気量 サインカーブ 14~30回/分 0.5~6.0 l
測定項目	環境圧力, 温度 呼吸抵抗 呼吸ガス酸素分圧 呼吸ガス炭酸ガス分圧 呼吸ガス温度 呼吸ガス湿度 呼吸数 1回換気量 呼吸気流量 0~100 kg/cm <sup>2</sup> , 0~50°C -200~200 mmH <sub>2</sub> O 0~1.520 mmHg 0.1~30 mmHg 0~50°C 35~100% R.H. 14~30回/分 0.5~6.0 l 10~180 l/min

### 1) 深海用潜水器の開発

深海用潜水器は、潜水時ダイバーの生命を維持するための機器で、特にその信頼性・安全性が重要であるとともに、潜水方法・潜水作業に合致した性能を有し、かつ、運用上の取扱い、保守管理等の容易なものでなければならない。

48年度は基本設計を行った。深海用潜水器の基本条件を表1に示す。本年度は、基本条件を基に詳細設計を行い、一部試作にとりかかる。

本装置の開発により、深海で人間が自由に作業でき今後の海洋開発に大きく貢献するものと期待される。

### 2) 深海用潜水器試験装置の開発

本装置は、前記の深海用潜水器の安全性を向上するために、深海用潜水器を深海と同様の環境条件下に置いて、機械的に諸性能を検査するものである。

48年度の詳細設計に基づき、本年度は試作を行い、50年度に改造を行って完成させる。

試験装置の基本条件を表2に示す。

この種試験装置は日本になく、また諸外国にも例を見ない。本装置の開発により、今まで人間にたよっていた潜水器の試験を、機械的にを行い、潜水器の安全性を向上することになり、これからの海洋の深海作業に大いに貢献するものと期待される。

## 3. 自主開発

### 3-1. 大型浮遊式海洋構造物の調査、研究

浮遊式海洋構造物の中、近い将来実現の可能性のある次の3項目を対象とし、47年から各要素技術の研究を行っている。

- 都市廃棄物処理のための沖合工場
- 沖合発電所
- 沖合基地（港湾）

49年度の開発内容は次のとおりである。

#### 1) ハイブリッド構造に関する研究

48年度はハイブリッドパネル（矩形）の力学的特性の調査を行ったが、49年度はこのようなパネルの代りに部分球殻構造を採用し、構造特性を調査する。

#### 2) ブロック結合方式の調査研究

48年度はブロック結合方式に関する拡充調査および実用化のための諸計算を行ったが、49年度はこれらの成果にもとづき、ブロック結合における継手内力について、小型の模型実験により計算値と実験値との相関性を明確にする。

### 3) 係留システムの理論計算

49年は係留システムの基本的問題の要素技術の取りまとめと3次元流体力の計算を実施する。

#### 4) 特殊係留システムに関する理論解析および水槽実験

48年度は係留ラインはカタナリーとして計算されていたが、49年度はこの成果を発展させ、シンカーあるいはブイを併用した特殊係留システムについて、不連続カタナリーとしての理論解析および実験を行う。

#### 5) 海洋で使用する高張力チェーンの開発研究

48年度に続いてチェーンの無負荷と負荷の状況下における浸漬曝露試験と耐蝕・耐摩耗試験を行う。

#### 6) 都市廃棄物処理沖合工場のためのアクセスの研究

48年度はアクセスに関する既存の各種方式の調査・基本設計を行ったが、49年度はアクセスと構造物との結合部の強度の調査の実験を行う。

#### 7) 浮遊式消波装置に関する研究開発

48年度は実用化にあつての適用範囲、問題点、開発項目について検討を行ったが、49年度はこれらの調査結果に基づいて代表的消波形式を選定し、消波効果と係留力との関係などについて模型実験を行う。

苛酷な条件でも定位置を保持することが必須の要件である浮遊式構造物に関して、構造、係留、消波、設置等の分野において着々と成果をあげており、技術開発の波及効果はきわめて大きい。

### 3-2. 6,000 m 深海潜水調査船の開発研究

潜水能力6,000 mを有する潜水調査船の開発の必要性が国家方針として強くうたわれ、現在、科学技術庁を中心として数年後の建造を目標として具体化しつつある。

開発協会は、これらに対処するため、45年度から49年度まで、調査、船殻、浮力材、艤装の各小委員を設け、それぞれの専門的問題点を取りあげて調査研究を実施した。49年度の内容は次のとおりである。

#### 1) 調査

深海潜水調査船用母船に関して、任務と活動海域の条件、具備すべき機能と活動海域の条件等を調査する。

#### 2) 船殻近接開口を有する球殻の耐圧強度の研究

近接した覗窓開口付のものと、集合電線貫通開口付のもの計3個の調質高調力製縮尺模型の圧壊実験を行う。

3) 機 装

① 直流電路制御装置の研究 (第2次)

直流しや断試験装置を使用して、各種条件下でのしや断試験および通電試験を実施する。

② 交流電動機艇外制御装置の研究 (第2次)

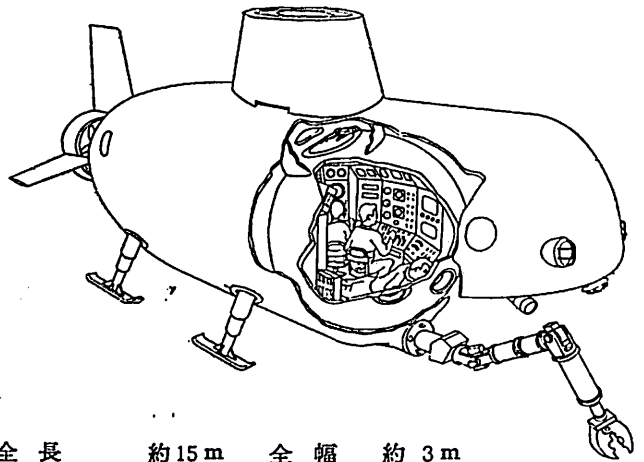
艇外制御装置の問題点として、耐水絶線方式、制御回路の構成、主要回路部品、使用材料、高信頼性、小型軽量化等があるが、49年も48年は続いて研究開発を行う。

③ 耐水圧多芯コネクタの研究

深々度において浸水のしないよう安全性、信頼性を向上させ、また耐圧部貫通の数を少なくするため多芯化、軽量化を計った耐水圧多芯コネクタを開発する。

④ バラスト緊急離脱装置の開発

緊急の場合ショットバラスト用ホッパー等の重量物を離脱して緊急に上浮する装置を開発する。49年度をもつて研究開発を一応終了する。開発成果は各年度の事業報告書にまとめられてかなりの容量となるので、この



全長  
排水量  
潜航持続時間  
作業装置

約15m 全幅 約3m  
約50T 速力 約3Kn  
48H 乗員 3P

投光器、窓、マニピュレータ、サイドルッキングゾナー、重力計、TDS、光度計、コアサンブラ等(目的に応じ取換)

図 6

研究成果をさらに一冊の報告書にとりまとめて、建造促進の有力な資料とする考えである。(完)

昭和49年(1月~12月)新造船進水、竣工実績(日立造船株式会社)

進水実績

工場	種類	隻数	総トン数	重量トン数
有明工場	国内船輸出船	1	120,526	238,058
	計	1	120,526	238,058
堺工場	国内船輸出船	5	623,255	1,302,315
	計	5	623,255	1,302,315
因島工場	国内船輸出船	1	64,379	65,454
	計	6	391,886	764,265
舞鶴工場	国内船輸出船	5	164,320	321,456
	計	5	164,320	321,456
向島工場	国内船輸出船	8	110,751	166,994
	計	8	110,751	166,994
合計	国内船輸出船	23	1,225,833	2,489,576
	計	25	1,410,738	2,793,088

竣工実績

工場	種類	隻数	総トン数	重量トン数
有明工場	国内船輸出船	1	120,526	238,058
	計	1	120,526	238,058
堺工場	国内船輸出船	6	725,738	1,525,265
	計	6	725,738	1,525,265
因島工場	国内船輸出船	2	87,837	90,752
	計	6	376,450	695,948
舞鶴工場	国内船輸出船	5	154,485	302,049
	計	6	189,322	362,934
向島工場	国内船輸出船	8	104,327	166,288
	計	8	104,327	166,288
合計	国内船輸出船	23	1,273,163	2,598,798
	計	27	1,516,363	2,988,493

注一. 艦艇と500トン以下の船舶を除く。

注二. 一部予定トン数を含む。

# 日本造船研究協会の昭和48年度 研究業務について(1)

(社)日本造船研究協会  
研 究 部

本協会研究部は、内外の造船技術の開発状況、海上輸送方式の推移、造船技術開発協議機構選定の重要課題および前年度までの実績等を考慮し、また、運輸省の決定された45年度の「船体構造計算法の開発計画」、46年度の「大型超高速船の開発計画」および「船舶の防食防汚研究開発計画」の3計画の線に沿い、47年度～49年度にわたる次の5項目の重要開発研究について3か年計画を策定した。

- (1) 造船技術開発に関する基礎的研究
- (2) 船体の構造計算方法の精密化に関する開発
- (3) 大型超高速船の開発に関する研究
- (4) 船舶の防食防汚方法の開発に関する研究
- (5) 原子力船の開発に関する研究

昭和48年度は、本3か年計画の第2年度として、次記一覧表に示す研究課題について研究を行つたが、このうち18課題は前年度以前からの継続課題であり、7課題が48年度から開始した新規課題である。

以下に各課題の内容・成果の概略を記述することとするが、今回は大型超高速船の開発に関する研究に属する「超高速コンテナ船の耐航性に関する研究」(SR 125)、「高速コンテナ船の馬力推定法の精度向上に関する研究」(SR 138)、「船尾構造の剛性、変形量、船尾形状に関する研究」(SR 142)、および「軸系アライメントの設定基準に関する研究」(SR 143)の4課題をとりあげることとする。

昭和48年度研究課題一覧表

研 究 課 題	研究部番号	実 年 施 度	備 考	
(1) 造船技術開発に関する基礎的研究	船殻部材歪量の船体強度に及ぼす影響に関する調査研究	SR 127	46～49	船舶振興会補助事業
	船殻の腐食と腐食疲れによる損傷の防止対策に関する研究	SR 128	46～48	
	排気ターボ高過給船用中小型ディーゼル機関の性能シミュレーションの研究	SR 130	46～48	〃
	船体構造部材の許容応力に関する研究	SR 134	47～51	〃
	造船工作における適応制御に関する研究	SR 135	47～49	〃
	船用ディーゼル機関燃焼室壁部材の強度設計法に関する研究	SR 136	47～49	〃
	船用ディーゼル機関用排気弁の吹抜け防止および燃料弁の長期無開放化に関する研究	SR 137	47～49	〃
	高馬力船の船尾構造に関する研究	SR 144	48～49	〃
	静止気象衛星による気象情報の自動送受信システムに関する研究	SR 145	48～52	〃
	諸管材料腐食に関する調査研究	SR 146	48～52	〃
(2) 船体の構造計算方法の精密化に関する研究	船体用高張力鋼板大入熱溶接継手の脆性破壊強度評価に関する研究	SR 147	48～50	〃
	タービン船機関部自動設計法に関する研究	SR 148	48	〃
	造研が実施せる研究成果の有効な利用方法に関する調査	SR 200	47～	自主事業
	大型鉦石運搬船の船首部波浪荷重および鉦石圧に関する実船試験	SR 124	45～49	船舶振興会補助事業
(3) 大型超高速船の開発に関する研究	波浪外力に関する水槽試験	SR 131	46～49	〃
	実船搭載用波浪計に関する研究	SR 132	46～49	〃
	船体構造強度に関する研究	SR 133	46～49	〃
	超高速コンテナ船の耐航性に関する研究	SR 125	46～49	〃
高速コンテナ船の馬力推定法の精度向上に関する研究	SR 138	47～49	〃	
船尾構造の剛性・変形量、船尾形状に関する研究	SR 142	48～50	〃	
軸系アライメントの設定基準に関する研究	SR 143	48～50	〃	

(4) 船舶の防食防汚方法の開発に関する研究	船体塗装法等の開発に関する研究	SR 139	47 ~ 49	船舶振興会 補助事業 /
	バラストタンクの腐食原因および防食方法に関する研究	SR 140	47 ~ 51	
	安全性の高い長期防汚塗料の開発研究	SR 141	47 ~ 51	
(5) 原子力船の開発に関する研究	船舶用一体型加圧水炉の概念設計に関する試験研究	NSR 7	46 ~ 49	科学技術庁 委託事業

超高速コンテナ船の耐航性に関する研究

研究部会：SR 125（部会長 中村彰一氏）

超高速コンテナ船の波浪中就航時における船体運動や推進性能等の計測と、これに併行して模型実験および理論計算を行ない、船体運動によつて勝起される海水打込み、プロペラ露出、スラミング、シャダーなどの現象や馬力増加、波浪荷重を解明して、この種船舶の波浪中特性を船型、海象、運航状態と関連づけて把握し、基本設計時に主要寸法、一般配置や抵抗推進性能に関する要目等を決定するために必要な資料を求める。また機装品の損傷防止や積荷の安全輸送を図るために必要な資料を得る。さらに大波浪中における過激な船体運動あるいはそれに伴う諸現象を回避するための意識的な減速や変針など荒天時における操船上の諸問題についても検討を加え、操船資料の一助とすることを目的として、昭和46年度より4か年計画で研究を行なつており、本年度は第3年度として次の研究を実施した。

(1) 理論計算

(a) 波浪中における Nominal speed loss の計算

昭和47年度までに実施した斜め規則波中における船体抵抗増加の理論計算法にもとづき、 $L/B=6.89$ の1軸コンテナ船型について斜規則波中抵抗増加、短波頂不規則波中馬力曲線、風抵抗、軸馬力等の数値計算を行ない、これらの結果を用いて長さ175mの実船の短波頂不規則波中における Nominal speed loss を推定した。

向波状態の Nominal speed loss は大きく、特にビューフォート9、10となると10ノット位の船速低下が起つている。しかし、このような荒海では向波の状態では航行することはほとんどなく、また主機の危険

回転数、激しい船体応答などを考慮して船速低減が行なわれるであろう。

(b) ウェザールーチンに関する計算

前年度までに実施した最適航路計算法を改良し、冬期北太平洋航海について、次の3方法によつて計算し、比較検討を行なつた。

- i) 大圏を通る場合（海象の変化を予測しない場合）
- ii) 前年度までに実施した計算法による場合
- iii) 中間の目的地を数点指定し、それらを通る航路のうちから最良のものを選ぶ場合

航跡をみると iii) の方法によるものは往航でよく一致し、復航では ii) によるものが割合似ている。

(c) 耐航性に関するシミュレーション計算

(b) の計算プログラムを用い、冬期の PSW 航路のシミュレーション計算を行なつた。航路の計算方法は次の5ケースである。

- i) 出発点と目的地が与えられたときに決まる大圏航路
- ii) 出発点と目的地の他に中間の1点を指定したときのそれら3点を通る円航路
- iii) 最終目的地の他に中間の目的地を1点指定する方法
- iv) 前年度までと同じポイントリャーギンの最大原理を用いる方法
- v) 中間の目的地を数点指定し、そのうちの最良のものを選ぶ方法

航行日数、航程係数などが計算方法でどう変わるかを比較してみると、航行日数では往航は v) によるものが一番良い。復航では向波状態が多く、おだやかな海象を選んで航行しているために v) の方法では日数が多くかかっている。航程係数、平均船速などの計算結果は次のとおりである。

項 目	往 航					復 航				
	i)	ii)	iii)	iv)	v)	i)	ii)	iii)	iv)	v)
航行日数の平均（日）	8.9	9.3	8.9	8.8	8.5	8.9	10.8	10.2	9.5	9.0
航程係数の平均	1.00	1.05	1.05	1.02	1.02	1.00	1.05	1.07	1.03	1.03
平均船速の平均（ノット）	22.2	22.1	23.3	22.8	23.5	22.0	19.5	20.9	21.7	22.6
遭遇海象の平均（ビューフォート）	3.9	4.2	3.7	3.7	3.5	3.9	4.6	4.1	3.9	3.5

また、速度低下の原因を調べてみると次のとおりである。

速度低下の原因		往 航					復 航				
		i)	ii)	iii)	iv)	v)	i)	ii)	iii)	iv)	v)
Nominal speed loss		86.3	89.3	96.3	91.2	98.0	82.6	61.1	71.7	78.0	84.8
Deliberate speed loss	上下揺れの有義両振幅 $\leq 6^\circ$	2.9	3.6	0.8	2.0	0	1.6	7.5	5.3	3.0	1.6
	横揺れの有義両振幅 $\leq 24^\circ$	0.2	0.8	0.4	0.5	0	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2
	F.P.の上下加速度の有義両振幅 $\leq 0.6g$	9.4	4.8	2.1	5.0	1.6	13.9	30.0	22.3	17.7	13.2
	S.S.8の横加速度の有義両振幅 $\leq 0.2g$	1.2	1.5	0.4	1.3	0.4	1.5	1.2	0.4	1.1	0.2

## (2) 模型実験

### (a) 斜め波中の波浪圧力

船研角水槽において、SR 108 型 1 軸コンテナ船模型を用い、斜め波中を自由航走する場合に船体表面に働く変動圧および船首フレア部に働く衝撃的水圧を計測した。

水線下の変動水圧については、圧力と相対水位あるいは船体動揺との関連、船側水面直下の圧力の船長方向分布、代表的な 2 つの断面における圧力のガース分布などを、出会角、波長、船速などをパラメータとして考慮した。その結果、船体動揺との関連では単に振幅だけでなく位相を含めた考察が必要であることが明らかにされた。すなわち、船首 S.S. 8 ½ 付近の変動水圧は向波、斜め向波中で大となるが、これは縦揺れに支配され、また、この時の船体中央部 S.S. 5 付近の変動水圧は上下揺れに支配される。斜め追波の短波長の場合、S.S. 5 の船側部に波高の 2 倍の変動水圧が出るが、これは船体動揺のほか、波のディフラクションがきいてくるためである。

本線上の船首フレア部に働く衝撃的な水圧については、計測された波形は衝撃といつても立上りが鋭い鋸歯状波形を示すにすぎないが、その解析から、船首ステムでは波高の 3 倍程度、S.S. 9 ½ では波高程度のピーク値が出たこと、ピーク値は縦揺れの船首下げが最大となる時点より  $\pi/4$  程度位相が進んで現われたこと、立上り時間は 30 ミリ秒程度であつたことなどが明らかになった。

### (b) 波浪中における抵抗増加および推進性能の実験

阪大水槽において SR 108 型に類似な  $L/B=6.81$  の 1 軸コンテナ船模型を用い、正面規則波中の抵抗試験、自航試験を行ない、推進性能に対する波高影響およびプロペラの推力、トルク変動を調べるとともに強制縦揺れプロペラ単独試験を実施し、平水中特性との比較を行なつた。

#### i) 波高一定、波長を変えた場合

Ordinary Strip Method による計算値と実験値とを比較すると縦揺れについてはかなりよく一致しているが、上下揺れではあまりよくあわない。

前後揺れは波長による変化の傾向は両者よく一致しているが、速度による変化の様子は必ずしも一致していない。

船尾の波面に対する相対運動振幅の実験値は抵抗・自航試験時であまり差はないが、計算値と比較すると波長の長いところで全般に高く、短いところでは低く、しかもその差は大きい。

船体運動と波との位相差は上下揺れでは計算値とかなりよくあつているが、前後揺れでは波長の長いところで縦揺れの位相差の計算値と一致しており、波長と船長がほぼ等しいところで急激に変化する。また、位相差は速度によつてあまり変化しない。

抵抗増加、プロペラの推力、トルクおよび回転数増加の無次元値曲線の波長および速度による変化の様子は 46 年度の実験結果とよく似ている。

プロペラの推力、トルクおよび回転数変動は速度の高いほど小さく、傾向的には波長の長い場合に大きくなる。この変動原因はプロペラ面における前後方向の流入速度変動であると思われる。

#### ii) 波高を変えた場合

上下揺れ、縦揺れ、前後揺れの振幅の線型性は波高が極端に大きい場合を除いて非常によい。

抵抗増加およびプロペラの推力、トルク、回転数増加は波高が小さい場合には値が大きく、大きい場合には小さくなる傾向がある。

推進効率は波高の増加とともに低下する。

プロペラの推力、トルク、回転数変動は波高の極端に高い場合を除いてほぼ波高の 1 乗に比例する。

#### iii) 平水中強制縦揺プロペラ単独試験

強制動揺させても推力、トルクの平均値は平水中試験時の値とほとんど変わらない。また、強制縦揺試験では推力変動はきわめて少なく、トルク変動が

なり大きいこと、さらに、推力変動とトルク変動とが逆位相のためプロペラ効率の変動がかなり大きいという結果が得られた。

### (3) 実船試験

#### (a) J.A. 号による実船試験結果の解析

##### i) 統計極値解析結果

###### 1. ピッチ

Heading の場合にはレーレー分布に Following の場合にはガウス分布に近い。

本船の実験航海時における最大のピッチ角は両振幅で6度程度であった。

7.2~8.3秒の周期が計測されているが、これは本船について予測した固有周波数とよく一致している。

###### 2. ロール

Heading, Following の場合ともガウス分布に近い。

25~13秒の周期が計測されており、本船の予測値と一致する。

###### 3. 船首上下加速度

大半がレーレー分布に近い。

ピッチに比べガウス分布に近いものが少なくなつたのは、ピッチの変動に比べ加速度は $\omega^2$ 倍されているので、高周波数の項が大きく、低周波数の項が小さくなるためと思われる。

###### 4. 船速

ガウス分布に非常に近い。

##### ii) 目視波高波周期による計測値と理論計算との比較

###### 1. ピッチ

全般的に目視によるものはばらつきが多いが、1/3有義波高等に修正するとばらつきが少なくなる。この修正波高の頻度分布は約2m程度中心よりはずれて分布している。

###### 2. ロール

Following はピッチと同様の傾向をもっているが、Heading と Beam は理論の範囲にかなりよくおさまっている。

###### 3. 船首上下加速度

全般的にピッチと同様の傾向がある。

##### iii) 応答の計測値のパワースペクトラムと計測した波高のパワースペクトラムによる理論計算との比較

###### 1. ピッチ

計測値と計算値はかなりよく一致している。

###### 2. ロール

計測値と計算値には大きな差がある。この原因

は波高計の計測精度にも問題がある。

##### (b) S.A. 号による実船試験結果の解析

データの解析はピッチ角、ロール角、上下加速度、左右加速度、前後加速度、ヨーレート、船首上下・左右加速度、船尾上下加速度の8現象について行なつた。

レーレー分布の適合範囲内にあるものは上下加速度、船尾上下加速度の2つで、逆に範囲外のものヨーレートである。他はほぼレーレー分布の適合範囲内に入っているが、ピッチ角、ロール角、前後加速度、船首上下加速度はレーレー分布とガウス分布の両範囲にまたがって広範囲に分布しており、左右加速度、船首左右加速度は海洋波のノイマンスペクトラムに近い分布をしている。

ロール角、上下加速度、船尾上下加速度はゼロクロス平均周期とピーク周波数の頻度分布のピークの位置がほぼ一致しているが、左右加速度、船首左右加速度、ヨーレートではピーク周波数の頻度分布のピークはかなり低周波域にずれている。

また、ピッチ角、船首上下加速度ではピークを示す周波数はゼロクロス平均周期のピーク付近の他に低周波域にもピークが存在している。

##### (c) PNW 航路コンテナ船 H.T. 号による実船試験

###### i) 供試船主要目

LPP×B×D×d: 183.00×27.60×16.60×9.60 m

D.W.T.: 20,400

主機: ディーゼル 30,400 PS×1セット

速力: 22ノット

コンテナ積載数: 700個

###### ii) 実施時期

昭和48年12月~昭和49年1月

###### iii) 計測内容

計測コンテナにより次の諸項目を計測した。

ピッチ、ロール、上下加速度(コンテナ位置)、前後加速度、左右加速度、ヨー角、船首上下加速度、船中央上下加速度、船尾上下加速度、船首左右加速度、船速、舵角、船中央左右舷ストレス、船首衝撃水圧2点、主機回転数、波高

###### iv) 計測経過

PNW 航路としては比較的南側の航路をとつたが、低気圧の影響を受け、大きな斜追波に会い片舷10°以上のローリングが続いた。その後別の低気圧の影響で大時化(推定波高10m)となり、ローリングは両振幅で最大約43°、ピッチングは約9°であった。このため本船は針路変更および減速をして



航行した。往復は以上のように大部分がビューフォート6以上の荒天下航海であった。

復航はほとんど荒天には遭遇しなかつた。これらのデータは今後解析装置により解析される。

(d) ニューヨーク航路コンテナ船 N.J. 丸による実船試験

i) 供試船主要目

$L_{PP} \times B \times D \times d$ : 247.00 × 32.20 × 19.80 × 11.50 m

D.W.T.: 33,000

主機: ディーゼル 34,800 PS × 2セット

速力: 26.15ノット

コンテナ積載数: 1,887個 (8'-8'-20'換算)

ii) 実施時期

昭和49年2月～3月

iii) 計測内容

計測コンテナにより次の諸項目を計測した。

ロール, ピッチ, 上下・左右加速度, 波高, 舵角, 変動水圧, 衝撃水圧2点, 縦曲げ応力2点, ヨー角, 船首方位, 回転数(右・左舷), トルク(右・左舷), 船速

計測経過および解析結果は次年度に報告される。

(谷)

高速コンテナ船の馬力推定法の精度向上に関する研究

研究部会: SR 138 (部会長 笹島秀雄氏)

速力および馬力推定の計画には模型試験の結果を適用するが、実船と模型船との相関すなわち相似則の問題が根本的に明確にされていない。そのために長さの異なる模型船数隻による同種試験の実施、結果の解析により相似則を解明する必要がある。また実船性能を直接正確に測定する必要もあり、このための対水速度計, スラストメータ, トーションメータ等の開発が要求されている。対水速度計については肥大船による実船実験でかなりの精度で計測可能な計器を開発したが、推力測定 of 機器には高精度のものはない。そこで、肥大船型に続いて高速コンテナ船型をとりあげ、相似模型船4隻による水槽試験、実船によるトルク・スラスト計測ならびに標準試運転を実施して、計画時の馬力推定精度の向上を図ることを目的として昭和47年度より3か年計画で研究を行なうこととし、本年度は第2年度として次の研究を実施した。

(1) 抵抗成分分離に関する研究

本年度は2mおよび10m模型船に対する試験を実施し、これをもつて4隻の模型船による相似模型試験は

終了した。供試船型, 試験条件などは昨年度の報告書に報告済のため省略する。4隻についての総合解析は次年度に行なわれる。

(a) 試験の種類

試験種類	2 m	10 m
抵抗試験	○	○
自航試験	—	○
プロペラ単独試験	—	○
後流計測	○	○
プロペラ位置伴流計測	○	○
波形計測	○	○
流線観測	○	—

(b) 主な試験結果

i) 2m 模型船

1. 抵抗試験

昨年度実施した7m模型船の結果と比較すると、剰余抵抗係数は全般的に大き目に出たが、造波抵抗係数は層流影響が現われたと見られる低速域を除き実験誤差範囲内でよく一致した。このことは2m程度の小型模型でも形状係数を適当に選ぶことにより、少なくともEHPの算定には十分精度の良い結果が得られることを示している。

2. 後流計測

大型模型の結果と比較して測定点の間隔が相対的に大きいこと、計測時間が短いために精度はあまり高いとはいえない。しかし、粘性抵抗係数のオーダーはほぼ妥当であると認められる。

3. 流線観測

Wet paint法を用いたため三次元はくりやcross flowの発生を探知することはできなかったが、顕著なはくり現象は存在しないように思われる。ただし、模型後端付近では塗料が流れ難く相対流速がかなり減少しているように見えた。

ii) 10m 模型船

1. 抵抗試験

7m模型船の結果と比較してみると、フルード数0.1以下の低速では10m模型船の剰余抵抗係数が満載でわずかに低く、試運転状態で幾分高くなっているほかは全体によく一致している。

2. 自航試験

7m模型船の結果との比較ではほぼ一致した結果となつている。試運転状態の $K_P$ の低速における傾向が幾分異なり、10m模型船では幾分起伏のある曲線になつているが、このhump, hollow

の速度は抵抗試験結果にみられるものと一致している。1-W<sub>T</sub>について7 m 模型船の結果と比較すると満載で0.02、試運転状態で0.01とほぼ一様に10 m 模型船の方が大きくなっている。1-tは1-W<sub>T</sub>ほどの差異はなく、ほぼ一致しているが、 $\eta_r$ は一様に両状態とも0.015ほど10 m 模型船の方が小さい。

### 3. プロペラ単独試験

昨年度の試験結果とよく一致しているが、 $\eta_0$ の最大値で scale effect をみると、10 m 模型船にくらべて3.3%高く、4 m 模型船に対して9.5%高い。

### 4. プロペラ位置伴流計測

昨年度の計測結果と傾向はよくあっている。満載にくらべて試運転状態の方は伴流域の広がり大きい、流速ベクトルはプロペラ軸上部で若干異なっているほかは両状態ともよく一致しており、この傾向はSR 107の試験結果にみられたとおりである。伴流のコンターカーブは4 m および7 m 模型船のコンターカーブを中心線に圧縮したような形となっており、1-W=0.9の線は逆に外側に広がっている。

### 5. 後流計測

head loss 分布のパターンは7 m 模型船のものと全体によく一致しているが、総じてほぼ一様に小さくなっている。また、昨年度報告にも指摘されているように試運転状態における head loss の分布が水深の深い方に集中している特徴をよく示しており、この傾向はフルード数の増加とともに著しくなっている。

### 6. 波形計測

7 m 模型船の波形と比較してみると、波形のパターンは細部に到るまでよく一致しているが、波高の高いところでは約5%前後10 m 模型船の波高が大きくなっており、この傾向はSR 107においてもみられたとおりである。また、抵抗および自航試験時に波形を計測したが、自航波形の方が波高が若干高く、位相が後方に幾分ずれている。

## (2) トルク・スラストの計測

### (a) スラストメータの製作

昨年度決定した仕様書に若干の改良を加えて阪大式および新興通信式2組のスラストメータを製作した。いずれも軸に装着してスラストを検出するものであるが、ストレングージを直接軸に貼付するものではなく、歪伝達棒にゲージを貼付する歪拡大方式を採用し

ている。

### (b) スラスト計測

コンテナ船の試運転時を利用してスラストを計測した。

#### i) 阪大式による計測結果

検定曲線を見るとバラツキも少なく、また日による傾きの変化も数%程度とあまり問題はない。

各航走中のスラスト変動カーブはトルク変動カーブとよく一致した挙動を示している。しかし平均値はあまりよい結果とは思われない。各航走時の計測値の差が大きすぎ、ゼロ点移動が大きい等まだ信頼性に欠ける点がある。今回の計測値は抵抗、推進の面から要求される精度(誤差数%以下)には達し得なかつたが、今後の改良と実績の積みかさねにより目標に近づけることが望まれる。

#### ii) 新興通信式による計測結果

測定結果をみると阪大式にくらべてやや小さ目である。これは歪拡大機構の伝達効率が良くなかつた結果と考えられる。すなわち、起歪部のダイヤフラムの強度が大きすぎること、マウンティングフランジのエッジがフランジの端部にあるため、マウンティングフランジが倒れるのではないかなどが考えられる。

### (c) トルク計測およびその結果

トルクの計測には研野式トーションメータおよびパルス式トーションメータを使用して主機負荷1/2MR、3/4MR、NOR、MRについてそれぞれ1往復ずつの計測を行なった。研野式によるトルクよりもパルス式によるトルクの方が若干高い値となっており、これは従来の実績から判断して特に大きな差とはいえない。(谷)

## 船尾構造の剛性、変形量、船尾形状に関する研究

研究部会：SR 142 (部会長 西嶋輝彦氏)

運輸省船舶局が策定された大型超高速船開発計画の一環として、船尾構造と軸系の研究開発が採り上げられた。これは過去に例のない多軸高出力船における軸系の設計および工作にあつては、大出力という点から検討すべき問題点が多く、特に船尾構造、軸受支持との関連、船尾部の剛性、振動等について検討の要があるためである。そこで、船尾まわりの流れ、プロペラフォース、軸系および船体の振動等に関する動的挙動を把握するとともに、軸系アライメントに関しても建造過程に対

応する静的アライメントと航走中における動的アライメントに関する理論と実際との両面から船尾剛性、軸受支持、軸系にかかる荷重、軸心の挙動等に関する総合的な設計および工作基準を作ることが必要である。

本研究は多軸船の軸系アライメントの設定基準を確立するために必要な船尾構造の剛性、変形量、船尾形状について研究することを目的として、昭和48年度より3か年計画で研究を行なっており、本年度は第1年度として次の研究を実施した。

#### (1) 理論計算

供試船は長さ248mセミアフトブリッジをもつコンテナ船で、軸系の全長が長い船台上での軸心見透しの時点で想定した軸心(直線)は進水後軸系を装備した状態では軸系の自重、ポッシングに働く浮力および船体変形により、また、航走時には動的流体力も付加されるために曲線となり、しかも、長いポッシングを有するため曲率は一定でなく、部分的に大きくなるのが想定される。この場合、軸受に働く荷重は許容値内におさまらないことも考えられる。

そこで、本計算では上記荷重のうち船台上、進水直後、載荷時の静的荷重を受ける場合のポッシング挽み曲線を得ることを目的として船体構造をも考慮に入れて実施した。

解析計算に使用したプログラムはPASSAGEの汎用プログラムで、機関室の後部隔壁より後方は構造についてモデル化を行ない計算を行なつた。主な結果は次のとおりである。

- i) 船体主構造の変位量およびその形状は梁理論による縦強度計算の結果とほぼ一致しており、本計算は正確に行なわれたと考えられる。
- ii) ポッシングの船体主構造に対する上下方向の相対変位はフレーム23の断面位置で自重により約0.5mm下方に変形し、浮力によりこの点が約0.4mm上方に変形した。この数値はポッシングの骨組構造計算結果とほぼ一致する。したがって本計算におけるポッシングのモデル化は妥当であつたと考えられる。
- iii) ポッシングの船体主構造に対する相対変位は0.1mmのオーダーであり、その形状は船体主構造の変形にほぼ等しく、なめらかな形状となっており、特に大きな曲率の変化は認められない。本計算において0.1mmの単位で変形を論ずることは正確ではないが、少なくとも軸系アライメントに悪影響を及ぼす変形は生じていないと考えられる。また、供試船においても軸系の事故は発生していないことか

らみて本ポッシングは強度的に問題ないものと考えられる。

#### (2) 模型実験

実船とのスケール比1/31すなわち $L_{FP}=8m$ の模型船により、抵抗試験および伴流計測を実施した。実験状態は実船における振動計測時の状態と相似な吃水で、初期トリムは約2.3%船尾トリムとなつている。主な結果は次のとおり。

- i) 船速が増加するにつれて船尾沈下量の方が船首のそれより大きくなり、その結果初期船尾トリムを一層増大させる傾向を示す。この主原因は初期トリムが過大であつたためと思われる。
- ii) 抵抗試験結果はシェンヘル・ベースの剰余抵抗係数曲線で整理した。
- iii) 伴流のピーク値は $\theta=300^{\circ}\sim 320^{\circ}$ の間にあらわれているが、このピーク値は2軸船特有のプロペラ前方にあるポッシングの影響による。
- iv) ピーク付近の伴流分布幅は比較的せまく、Anti-clockwise領域の方がClockwise領域より優勢である。
- v) 平均伴流値は0.13で値としてはかなり小さい。
- vi) 船底からの上向きの流れは水面に近づくにつれてその方向を変え、ポッシング後方においてポッシング両面よりの流れが衝突する如き状態を経て下向きの流れへと変化している。

#### (3) 実船実験

本船の進水前から海上試運転にわたつて、軸系計測、ポッシング振動計測、船尾部水圧変動および外板振動の計測の3種類の実船実験が行なわれ、結果の解析が行なわれた。以下にその要点を述べる。

##### (a) 軸系計測

###### i) ポッシング変形および船体変形

高速多軸船において軸心見透しを行なつた後、居住区および機関室ぎ装、プロペラ軸やプロペラのごとき重量物のとりつけ、進水前の盤木の撤去、進水後の浮力などで船体およびポッシングが変形したが、供試船の場合、軸ならびに不都合を生じたり、航走時軸受性能に悪影響を及ぼさないことが判明した。また、供試船の場合、航走時ポッシングまわりの伴流分布により外力を受けてポッシングが変形し、そのために船尾管軸受性能に悪影響を及ぼしているというようなことのないことが判明した。

- ii) 軸受に対する軸の相対変位および軸受温度分布  
船尾管船尾軸受船首端では軸が回転しているとき、軸受に対する軸の相対位置が軸受潤滑理論で予

測されるのとは逆の位置であることが判明した。船尾端での軸の相対位置の計測には失敗したので、明確なことは言いえないが、仮に船尾端部でも軸受潤滑理論と逆の位置になっていたとすれば、すなわち、船尾管船尾軸受全長にわたって軸受潤滑理論と逆の位置になっていたとすれば、油膜が形成されず、軸受は焼損していたはずである。しかし、現実には軸受焼損は発生しておらず、また、船尾管船尾軸受船尾端部温度分布計測結果から軸受下部がもつとも高く、左側および右側が特に高いという傾向がないので、少なくとも船尾管船尾軸受船尾端で軸受潤滑理論と逆になっていたとは考えられない。

なお、プロペラに加わる外力については、50年度に供試船の姉妹船でプロペラおよびプロペラ軸に生ずる応力を計測する計画なのでその際解析したい。

### iii) 軸系の固有横振動数

供試船のボッシングおよび軸系の固有横振動数は起振実験より明らかに 460 cpm (92 rpm 相当) 付近にある。ところが海上運転時軸回転数を 2 rpm ずつ徐々に上げて計測したが、92 rpm 付近でボッシングと軸との相対位置に共振らしき現象は呈しなかった。

### iv) 低速回転時の発熱

極低速回転時は軸と軸受との摩擦係数は大きい、周速が小さいため発熱量が少ないし、高速回転時は周速が大きい油膜ができるため、摩擦係数が小さいので発熱もさして問題とならない。ところが、たとえば、20 rpm 前後の低速回転時には油膜が不完全なため摩擦係数が割合大きく、しかも周速も決して小さくないので、発熱量が大きくなり軸受トラブルの発生が懸念されている。供試船の遊転回数が 15 rpm ぐらいのとき摩擦係数は 0.07 以下であり、発熱量も問題のないことがわかった。

## (b) ボッシング振動計測

ボッシングの振動特性を調べるために A, B の同型船 2 隻を対象に起振実験および海上試運転時の振動計測を行なった。以下にその主要な結果を示す。

### i) 起振実験

#### 1. A 船起振実験

水中起振時には起振方向、吃水の変化にかかわらず 460 cpm 近傍にピークがある。このピークの振動モードは上下起振時には左右同相、左右起振時には両舷ボッシング間に 90° の位相差がある。

260, 360 cpm もピークがあり、このピークの

振動モードは左右逆相である。

#### 2. B 船起振実験

起振方向の如何に拘らず 450 cpm にピークがある。このピークの振動モードは上下起振時には左右同相であり、しかも、ボッシングの付け根部はほとんど動いていない。また、左右起振時には両舷ボッシング間に 90° の位相差があるが、ボッシング付け根部近傍での船体中心線の傾斜は微少であり、ボッシングの付け根部は固定に近い状態にあると考えられる。

351 cpm のピークの振動モードは左右逆相であり、ボッシング付け根部より下の部分が一体となつて振動している。

374 cpm のピークの振動モードは船体中心線が傾斜したいわゆる非対称型となつている。

### ii) 海上試運転

#### 1. A 船海上試運転

ボッシング、船体ともにプロペラ軸回転に対する 5 次振動が主体的であり、75, 82, 91, 105 rpm においてそのピークがみられる。

75, 82, 105 rpm においては船体振動が主体となつているのに対し、91 rpm では船体とボッシングは同等の振れとなつており、振動数は 455 cpm である。

#### 2. B 船海上試運転

起振実験時のピークに相当するピークを探すとシンクロフェーサを Out of phase (両舷プロペラ翼間位相差 36°, 5 次成分の上下方向プロペラ起振力は左右逆相) にセットした状態で 90 rpm (450 cpm) 近傍に、また In phase (両舷プロペラ翼間位相差 0°, 5 次成分のプロペラ起振力は左右同相) にセットした状態で 70 rpm (350 cpm), 90 rpm (450 cpm) 近傍にある。

90 rpm 近傍のピークは In phase 時には左右同相であり、ボッシング付け根部の動きは小である。また、Out of phase 時には左右逆相であるが、船体中心線の傾斜は微小である。

In phase 時の 70 rpm のピークは左右逆相であるが、Out of phase 時には 70 rpm 近傍にはピークは存在しない。

### (c) 船尾部水圧変動および外板振動

2 軸の高速コンテナ船について、プロペラ直上付近の水圧変動および外板振動を計測し、若干の解析を行なった。主な結果は次のとおり。

#### i) 水圧変動の波形は高次成分を含み (Blade frequ-

ency (B.F.) $\times 2\sim 4$ ), ローパスフィルタを通した結果, またフーリエ解析を行なった結果 B.F. $\times 1$ の成分は見かけ全振幅にくらべてかなり小さくなる. また, 波形が幾分不規則である.

- ii) ほぼプロペラの直上位置での水圧は高次成分が多く, B.F. $\times 1$ , B.F. $\times 2$ が同じオーダーであり, 変動水圧分布の形にすると小さすぎる.
- iii) B.F. $\times 1$  (=5) の変動水圧分布をある仮定のもとにえがくと, High wake zone ( $\theta=50^\circ$ , ほぼボッソングの付け根の方向) に近い点をほぼピークとして, 釣鐘形に分布していると考えられる. この変動水圧分布をもとに圧力を積分してサーフェスフォースを計算すると, B.F. $\times 1$  で上下片振幅 15 トン, B.F. $\times 2$  で 5.5 トンとなる. (谷)

### 軸系アライメントの設定基準に関する研究

研究部会: SR 143 (部会長 井上宗一氏)

運輸省船舶局が策定された大型超高速船開発計画の一環として多軸高出力船における船尾構造および軸系に関する研究開発をすすめるにあたり, 建造過程における適正な静的軸系アライメントおよび航走時における動的軸系アライメントの設定基準を確立することが要求される. そこで本研究は, 3 年計画をもつて多軸船の軸系アライメントの設定基準を設計, 工作の両面について研究し, その基準を確立することを目的とするものであつて, 第 1 年度である 48 年度は次の研究を実施した.

#### (1) 軸系アライメントに関する実情調査

##### (a) アンケート調査

軸系アライメントに関する現状を把握するため, 軸系アライメントに関する基準及び計算法, 設計出図内容, 軸系据付要領の 3 点について国内の主な造船会社等に対しアンケート調査を行つた.

アンケート回答をとりまとめた結果は次のとおりである.

- 基準および計算法については, 会社の軸受位置決定法, 軸たわみ計算法, 軸受長さおよび軸受クリアランスの決定法, 機関室二重底たわみの及ぼす影響に対する配慮の仕方, 主機メーカの要求事項の取扱方法の実情が明かとなり, 特に船尾管軸受と中間軸受のオイルクリアランスについては各社の軸径—オイルクリアランスの関係を線図の形にとりまとめた.
- 設計出図内容は, 各社で多少の差はあるが, 軸継手結合前のサグおよびギャップの値, 軸受のオフセッ

トおよび反力の値, 軸受反力影響係数, ジャッキアップ法計測値から軸受荷重を求めるための修正係数, 軸のたわみ曲線および曲げモーメント分布について設計指示をしている例が多いことがわかり, さらに各目標値を出した考え方についての設計計算条件に関する追加調査では, 計算方法としては軸系をプロペラと軸の自重が作用する連続梁とし 3 モーメント法により軸のたわみ曲線を求めている点は各社同じであるが, 具体的な計算に対する入力値の考え方については各社で差違があることがわかつた.

- 軸系据付要領については軸心見透しから軸系最終検査までに至る諸工程における各社のプラクティスを調査し, 各社標準日程を一覧表の形でまとめた. その結果, 軸心見透し時期, 船尾管ボーリング時期, 軸系アライメントの調整法, 軸受反力の計測の有無, アライメント再調整の有無, 軸受反力の許容誤差範囲を明らかにできた.

#### (b) 実船計測

軸系アライメントの実状を調査把握するため (a) 項に述べたアンケート調査と併行して, 実船について軸系アライメントに関する各種の計測を行つた. 計測は石川島播磨重工業, 三菱重工業, 三井造船, 日立造船, 日本鋼管および川崎重工業の 6 社で, コンテナ船およびタンカー等の高出力船について, 建造中, 浮上時あるいは航走中等種々の状態において実施した.

計測項目は, 機関室二重底の撓み, 軸受荷重, タービン主減速装置第 2 級ホイールの軸心変位, 歪ゲージ使用のジャッキアップテスト, 軸と船体との相対変位, 船体力の速度, 軸受温度, プロペラ軸の軸心変位, ボッソングの変形, 軸系の固有横振動数等多岐にわたるものであつた. なお, 機関室二重底の撓み等についての各社の計測結果の傾向は必ずしも同じではなかつたが, これは各社のドック盤木の状態の違い, 各船の船尾構造等の違いによるものと思われる.

#### (2) 軸系アライメント設定に関する計算基準の研究

##### (a) 機関室二重底の変形量の実船計測および理論計算

270,000 DWt タンカーについてレーザー光線法による機関室二重底撓みの実船計測を軽荷, バラスト, 満載の 3 状態について行つた. また, 一方, 機関室二重底の撓みについて, 1) 比較的簡単な計算, 2) やや精度の高い計算を行つた.

1) は, 船体を機関室前壁で固定された一本のビームと考え, さらに各ウェブの変形を縦部材の影響を考慮せず二次元 FEM で求めるものである.

2) は, 二重底のみを取り出し, 三次元 FEM で解

		プロペラが内廻り回転の場合		プロペラが外廻り回転の場合	
伴平均流値	内外半円面について	内側（船体側）にて $w'$ 大		外側（反船体側）にて $w'$ 若干大	
	上下半円面について	上側にて $w'$ 大		上側にて $w'$ 大	
	プロペラ全面について	内側、上方部にて $w'$ 大		やや外側、上方部にて $w'$ 大	
軸に働く力		横方向	上下方向	横方向	上下方向
BEARING MOMENT による力		内向き 大	上向き 大	外向き やや大	上向き 大
BEARING FORCE による力		僅 小	上向き 大	内向き やや大	上向き やや大
合成結果		内向き 大	上向き 大	僅 小	上向き 大

くもので、船体全体の剛性は Tank Top と Side Shell との交点に入れて考え、また、ウェブの剛性はモデル化して取りこもうとするものである。

実船計測結果と計算結果とを比較したところ、必ずしも一致しているとはいえなかつたので、この不一致の原因と考えられる計測ミス、計算モデル上の問題点、外力条件設定上の問題点について検討を行った。

(b) 軸系外力の理論計算

i) 三軸船 E 丸の両舷プロペラ軸に加わる力の計算  
 模型船により計測された伴流分布を用い、三軸コンテナ船 E 丸の両舷プロペラ (D: 5.9m, P: 7.635 m) が伴流中で作動する場合のプロペラ軸に加わるベアリングフォースの計算を行った。

計算の結果、推察されるベアリングフォースの大小関係およびその作用方向について、定性的にまとめたものが上の表である。

ii) 一軸コンテナ船 H 丸のプロペラ軸に加わる力の計算

三軸船 E 丸の方法と同様に一軸コンテナ船 H 丸のプロペラ (D: 6.7m, P: 6.7m) によるベアリングフォースの計算を行った結果、上方部の伴流係数が大きいと、軸を上方に持ち上げようとする力が大きいと重力と適当に釣り合うであろうこと、回転方向の伴流の影響により右舷側でプロペラ翼に働くスラストが増加し軸を右舷側に曲げようとする傾向があることが明かとなった。

(3) 軸受支持方法および船尾管軸受の型式の違いによるアライメントの変化の研究

(a) 多軸コンテナ船の軸系配置実績調査


就航中および建造中の 20,000 DWt 以上の多軸コンテナ船の軸系配置について海外の船主および造船所、国内造船所に対しアンケート調査を行った結果、14 隻のコンテナ船の軸系要目およびその内 10 隻の軸系配置図を得ることができた。

(b) 三軸船について

旧日本海軍および海外諸国の艦船の実績を主にして、三軸船採用の理由、一軸で吸収できる馬力の限界等について調査し、「本邦建造の三軸船」、「馬力・軸数と吃水」の 2 表にまとめ、さらに測量艦建築の計画および三軸船の船尾形状と推進器位置について調査した。

(c) 旧海軍多軸船のプロペラ関係について

旧海軍多軸船のプロペラ関係等の要目を一覧表の形でレシプロ主機艦、タービン主機艦にわけてまとめた。(潮田)



古き歴史と  
新しい技術を誇る

## 三ツ目印 清 罐 劑

登録 罐水試験器  
実用新案

一般用・高圧用・特殊用・各種

最新の技術、50年の経験による特許三ツ目印清罐劑で  
汽罐の保護と燃料節約を計って下さい。  
罐水処理は何んでも御相談下さい。

営業  
品目

三ツ目印清罐劑 三ツ目印罐水試験器  
 罐水試験試薬各種 燐酸根試験器  
 BR式PH測定器 試験器用硝子部品  
 PTCタンク防蝕剤

### 内外化学製品株式会社

本 社 東京都品川区南大井5-12-2 電(762)2441(代)

大 阪 支 店 大阪府西区南堀江大通2-43 電(541)0331(代)

札幌営業所 札幌市南九条西2丁目12 電(521)6267(代)

仙台営業所 仙台市青葉区1-70小林ビル 電(23)2-8-55

名古屋営業所 名古屋東区地味町1-17 電(26)0-2-33

福岡営業所 福岡市大手門1-9-27 電(72)1631(代)

広島営業所 広島市国泰寺町2-3-1 電(43)1-4-42

II 解 析 装 置

14. 実 測 例

以上の計測コンテナを使用して実測されたアナログデータレコーダ記録の生の再生例を Fig. 4, 5 に示した。

Fig. 4 は昭和 48 年度の HT 丸試験の際に得られた追波状態での大角度ローリングの典型例である。図の横軸は時間であるが、データレコーダへはタイムコードジェネレータの信号が記録されているので、図中に示したように、時刻までわかる。この例では図示の点が出港以来の積算時間で 22 日 8 時間 46 分 40 秒後の時刻であることを意味している。タイムコードジェネレータの初期値を出港時にゼロゼロに合せておけばこのような積算時間表示になるが、グリニッジ標準時刻に合せて置けば記録をログブックなどと対照するのに便利である。ロール角は両振幅で約 30° に達し、またロールの周期がほぼ 20 秒で一定しており、この値は本船の固有周期に近いことを思い起すと興味深い。

Photo. 8 にはデータレコーダの記録と同期してビデオテープレコーダ (VTR) に録画した Fig. 4 の時点での外界状況を示した。各々の写真はローリング角がほぼピークに達した時刻の画面の複写である。写真中の右肩の数字はそのときの時刻の秒の桁を示している。時刻

は画面中の数字の上段に 022084640 のように表示されているが、印刷時には細かくて見にくくなる事を予想して右肩の数字を番号の代りに記入しておいた。これらの写真は希望時刻の画面を停止画面にしておいて 35 m/m カメラで撮影して製作したものである。

右側には右舷下り (STARB. DOWN), 左側に左舷下りのピーク時の写真を並べてある。これらの写真の時刻を Fig. 4 に記入しておいたが、このようにアナログ記録と外界状況の連続写真を対応させた例は珍しい。このような処理が出来る事も計測コンテナシステムの特色の一つである。Photo. 8 を一見して気がつく事は著しく左舷下り方向のローリングが大なる事である。ちなみに画面中に示されているロール角は左舷下りでは上から順に 15.8, 25.5, 26.1, 19.3 度であるに対し、右舷下りでは上から順に 2.5, 6.8, 3.4, 2.0 度に過ぎない。画面中の水平線の傾きからも左右舷の揺れ角の差が判るが、その傾向とよく一致している。一方 Fig. 4 のロール角に記録にはゼロ線が入っていないので、前述のように両振幅で約 30° のローリングとしか読めない。したがって片振幅では約 ±15° のローリングであると解釈してしまうのが普通である。ところが、画面の状況および画面中の数字から、この場合は明らかな非対称横揺れで左

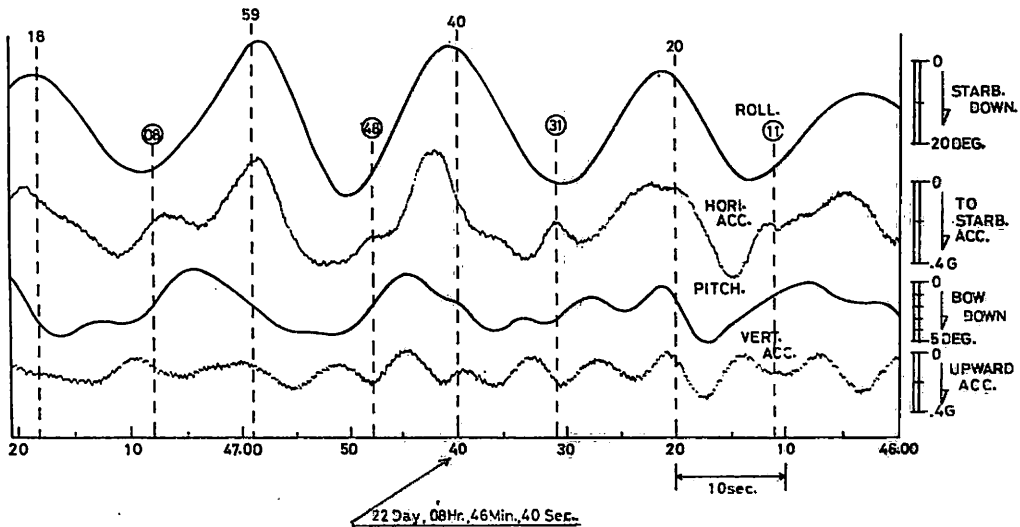


Fig. 4 横運動の大なる実測例 (HT 丸), 図中の番号は Photo. 8 に対応

\*横浜国立大学工学部造船工学科

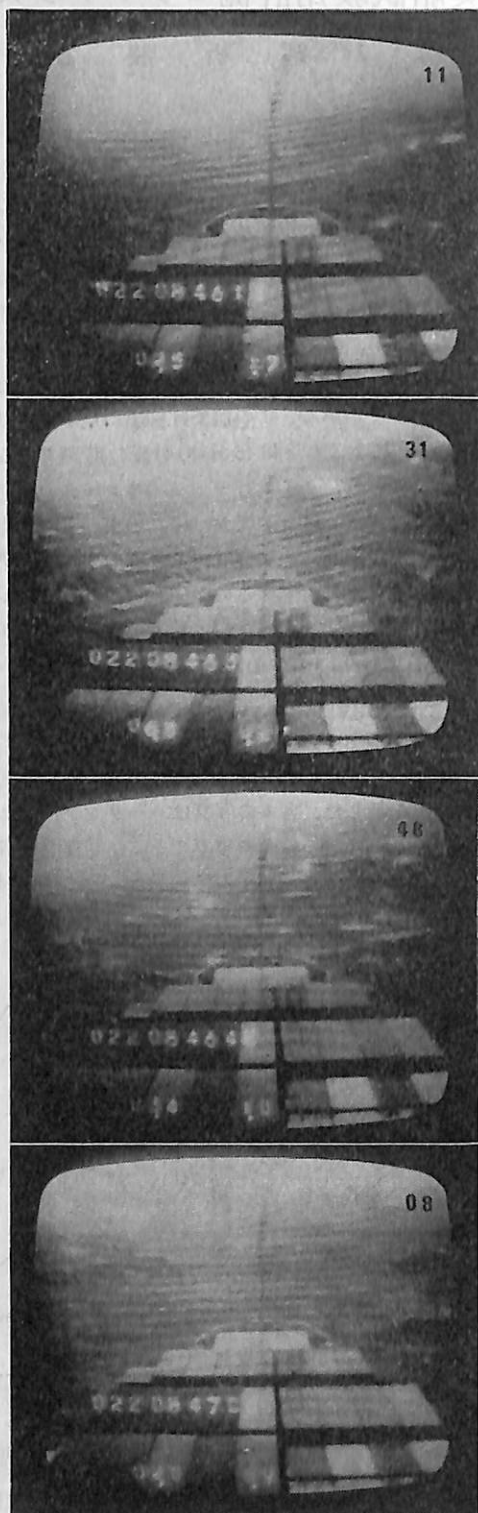
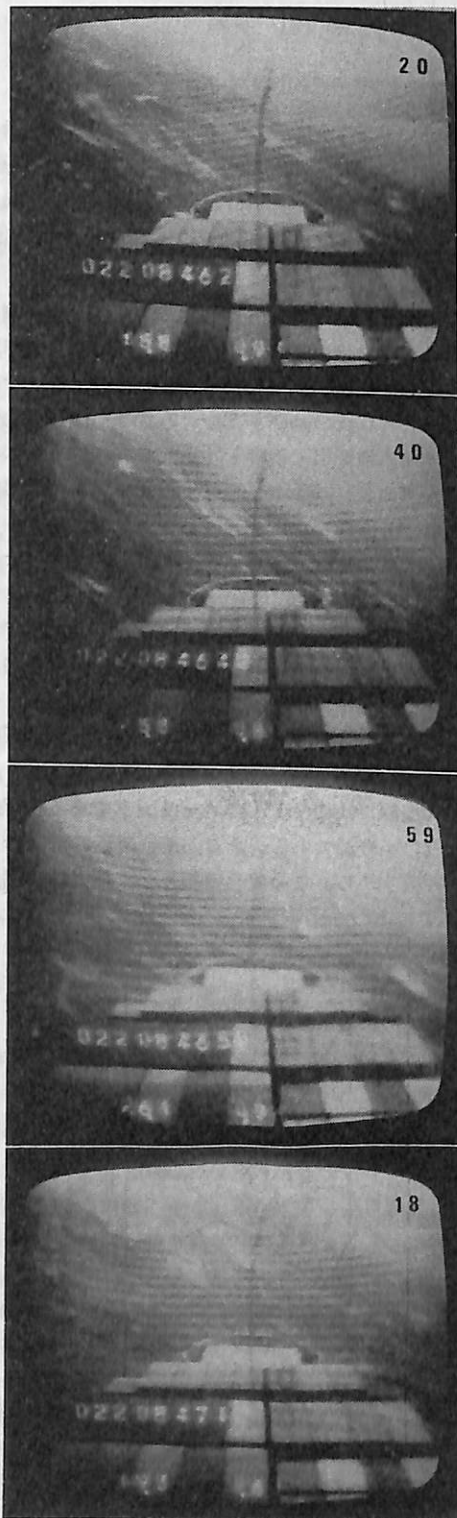


Photo. 8 VTR 画面のコピー, Fig. 4 の場合



舷下り方向では約  $25^\circ$ 、全振幅の約 85%にも達していることが判る。計測コンテナシステムの運動測定用ジャイロ出力はきわめて安定しており、ロール角のゼロレベルが明確であり、かつ信頼できることが、この記録と写真の対比から証明できたと言えよう。なんとすれば画面中のロール角のデジタル表示は、アナログデータレコーダに記録されるジャイロからの出力信号を A-D 変換した値に過ぎないからである。なお、本例では船首マスト上端は ITV システム不調のため画像に歪みが出ている。

Fig. 5 および Photo. 9 には昭和 46 年度 K 丸の実験時に得られた大時化時の向い波状態で縦運動が大なる場合の例を掲げた。Photo. 9 では Photo. 8 と異なり、2 秒おきの等時間間隔の連続写真として、外界状況を示した。

したがって、Fig. 5 に示されている時系列の一部分の外界状況を詳細に見ている事になる。

Fig. 5 からピッチ角の全振幅が約 7 度、ミッドシップより船尾よりにおかれた計測コンテナ位置での上下加速度 (VERT. ACC) が約 0.6 G に及び、典型的な大縦運動時である事が判るが、この例でもつとも特徴的な事は上下加速度記録に明確に現われている船体の 2 節振動である。

実際の状況としては、このようなときには船橋は主として前後にユサユサと揺れ“シャダー (shudder, 震動)”と呼ばれている現象が起る。

Photo. 9 と Fig. 5 を対比して見ると、写真番号 4 と 6 の間でシャダーの原因となつた衝撃を船首部に受けたことが判る。したがって、船は船首上りの運動に移つ

て間もなく衝撃を受けており、写真 6, 8, 10, 2 と本船の前半部が船橋から全く見えなくなるほどのスプレーを巻き上げている。そして写真 14 にいたつて、すなわち、次の船首下げのピーク時をやや過ぎた時刻で、もう一度衝撃を受けた事が、画面および加速度記録から判断できる。これ以後の画面は、しばらく真白で前方が見えない状況が続いているので写真を省略したが、再度のショックによりシャダーが長く続いている事が Fig. 5 からわかる。

ほんの 2 例の極端な場合を示したに過ぎないが、SR-125 の実船試験が計測コンテナシステムの使用によつて成功裡に進行している事を推察いただけたものと思う。

Fig. 4, 5 に示したような貴重な大運動の記録については、現象間の相関、時系列と画面との関係などを徹底的に究明し、また、決定論的な手法によつて現象と生因の関係などを検討する事は解析の一方方向であろう。しかし、一般的には実船試験によつて得られた記録は不規則現象であり、基本的には確率過程として考えられているので、統計学的な解析処理を一次解析として行なうのが常道である。

## 15. 解析に対する考え方

波浪中実船試験でアナログ計測を行なうと、不規則な生のアナログ記録が無数に得られる。特に不規則現象の記録では、これらの未処理の記録を積み上げて置くだけでは、その重量が何百キログラムになつても、重大なデータとは言えない。丁度、鉱山から金鉱石を苦勞して掘り出して来ても、精練して金にしなければ経済的にはは

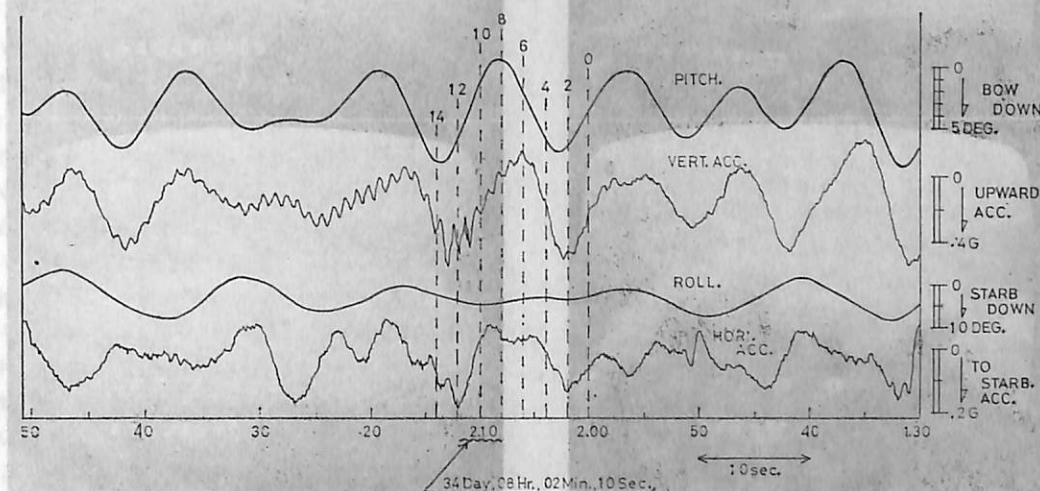


Fig. 5 縦運動の大なる実測例 (K 丸), 図中の番号は Photo. 9 に対応

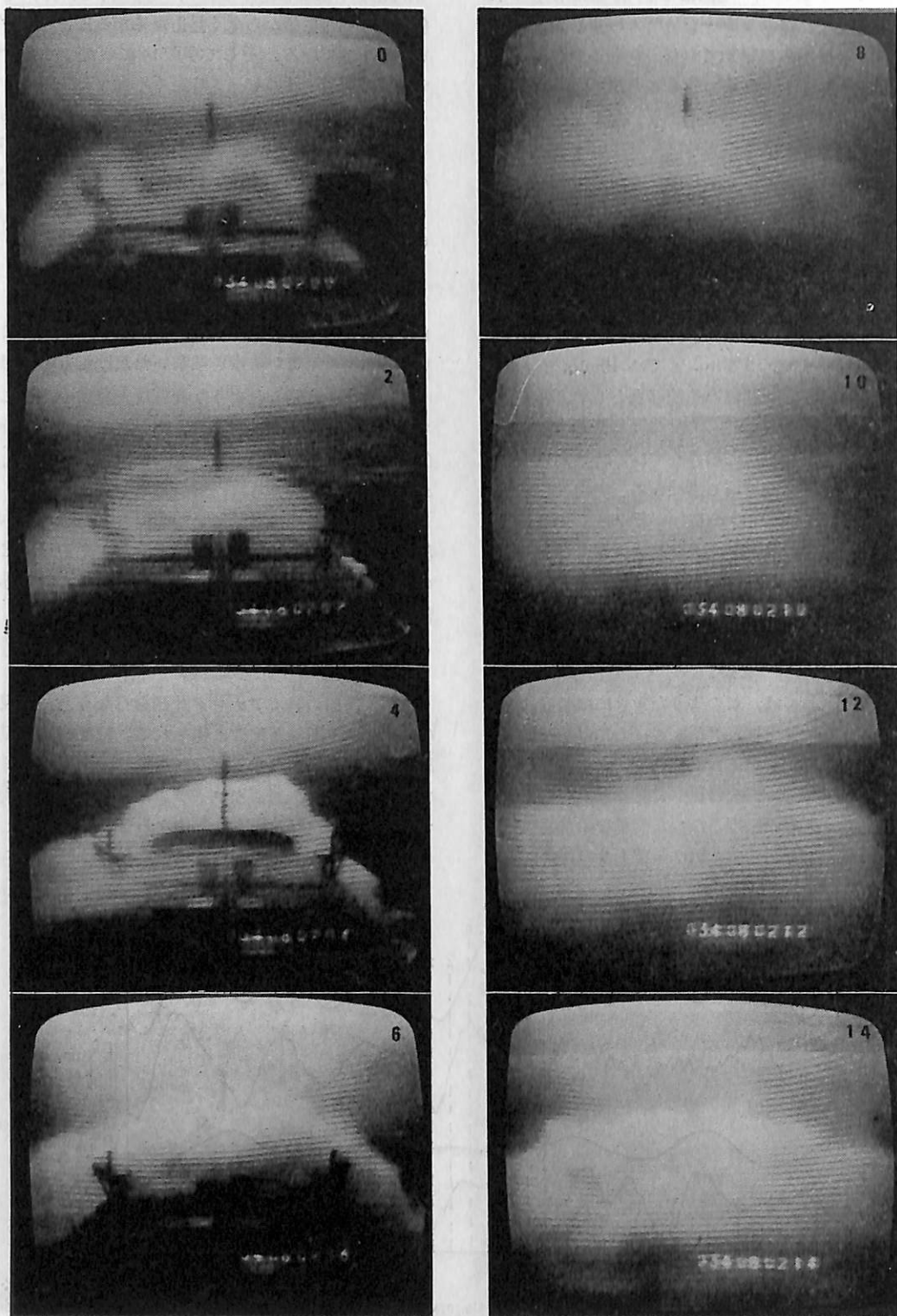


Photo. 9 VTR 画面のコピー, Fig. 5 の場合

Table 1 SR-108 解析結果用紙

PHENOMENON Roll(Y-39-H) unit deg

Team Yokohama-U. M.V. Haruna-Haru Home-Ward (1) (2) (3) (4)

Exp. No.	Ordinary Method	[Sp. Val. Exp. n]	Analyser	Error of Display
1 N [No. of Double Amp.]	94		71.5	N
2 $\bar{H}$ [Mean Double Amp.]	1.950		1.62	H(1.)
3 Hrms [Root Mean Sq. D.A.]	2.227		(2.13)	(H.VAR)
4 H% [H%]	3.214		2.87	H(.3)
5 H% [H%]	4.057		4.00	H(.1)
6 Hmax	4.983		5.50	H(MX)
7 $\bar{T}_0$ [Zero Cross Mean]	13.994	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	13.90	T.ZCR
8 $\bar{T}_m$ [Peak to Peak Mean]	7.933	[ $-\bar{T}_m$ ]	8.97	T.PTP
9 Hrms/ $\bar{H}$	1.142	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	(1.31)	
10 H% / $\bar{H}$	1.648	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	1.77	
11 H% / $\bar{H}$	2.081	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	2.47	
12 Hmax/ $\bar{H}$	2.555	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	3.40	
13 $\sigma_s$ / $\bar{H}$	0.456	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	0.65	
14 $\bar{T}_m$ / $\bar{T}_0$	0.567	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	0.65	
15 $\sigma_s = (\frac{1}{\sqrt{2}}) \cdot Hrms$	0.787	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	(0.75)	
16 $c^* = \sqrt{1 - (\bar{T}_m / \bar{T}_0)^2}$	0.824	[ $-\bar{T}_{90}$ ]	0.76	
17 Sampling Time	1.000		1.0	
18 No. of Data	1341		1024	
19 No. of Leg	130		(256)	
20 $\bar{Q}_L$ ( $\bar{T}_0$ ) [Lower Limit of Invg.]	0		0	
21 $\bar{Q}_H$ ( $\bar{T}_0$ ) [Higher Limit of Invg.]	1.208		2.16	
22 $\bar{Q}_P$ ( $\bar{T}_0$ ) [Peak Freq.]	0.387		0.39	PF
23 $\sigma_s = \sqrt{2} \int \bar{S}(\omega) d\omega$	0.889		0.896	P.STD
24 $\epsilon_s = \sqrt{(\text{min. } m) / (\text{max. } m)}$	0.692	NO RAY, D. or Gau. D.	0.797	BWP
25 $(T_{90})_s = 2\pi / \omega_s$	17.33		--	--
26 $(T_{90})_s = 2\pi / \omega_s$	15.49		14.4	T(Z)
27 $(T_m)_s = 2\pi / \omega_s$	11.18		8.69	T(P)
28 $\bar{H}_v$ [Mean Double]	1.9			
29 $\bar{T}_v$ [Mean Period]	15.8			
30 $\bar{H}_v / \bar{H}$	0.97			
31 $\bar{T}_v / \bar{T}_0$	1.13			

P.

とんど無価値であると同様に、精練すなわち解析して、金すなわち貴重な含有成分を具体的な型で抽出しなければ無意味である。波浪中の船体運動などは確率統計現象であつて、得られた生のタイムヒストリー記録は二度と再び全く同一タイムヒストリーとしては発生しないと言われている。このように生の記録そのものに全く再現性あるいは一般性がないので、いわば一般性のある内に含まれている統計的特性を抽出し、数値化して初めてデータとしての真の意義が生じる。

この隠された一般特性の抽出法として、広く用いられている方法としてスペクトル解析が先ず挙げられる。スペクトル解析法については山内博士の数々の名解説にその意義、理論、数値計算法が詳述されているので、今さら多言を要しないが、1現象のスペクトル解析結果としてオートパワスペクトラムが得られ、現象の周波数領域での特性が判ると同時に、このスペクトラムから簡単な計算で平均周期や平均振幅、最高振幅の期待値などが算出され、不規則現象の一義的な特性の殆どを知り得る。

これに対し、より簡単な解析法としてあるタイムヒストリーが与えられたときにその平均振幅、有義振幅あるいは平均周期などを直接に算術的計算で求める方法がある。あまり適切な表現ではないが、この方法を時系列の統計解析と呼んでおこう。スペクトル解析はいわば理想的な計算であるが、計算工数が大なるので、もつとも必要とする直接的統計数値のみを差し当り算出してみるときに使用されることが多い。

前述した SR-108 の実船試験時の解析結果整理表として筆者が作製した表を Table 1 として掲げた。この上半分はここで言う統計解析による結果を記入する欄で、下半分はスペクトル解析によつて得られた結果の記入欄である。SR-108 では各チームが使用可能なデータ処理装置、デジタル計算機および独自に組んだプログラムによつて得られた計算結果を、本表の型式に統一して整理した。本表は統計解析の教科書的な考え方によつて纏められており、一見造作なく記入可能のように思われるが、この計算が意外に手間ひまが掛かる。しかし、一方ではせつかくの貴重なデータであるから、この程度の特性は第一次解析結果として出しておかねばならないであろうということから、本稿で述べる専用解析装置の話が持ち上つたことは前述の通りである。

不規則現象を解析するとき、現象のオーダを知るだけでよいならば、振幅および周期の平均値、有義値、最大値などを求めればその目的を達成し得る。この範囲の計算すなわちここでいう統計解析は簡単であるが、現象の生因とか実験と理論の対応などを知る事を欲するならば

スペクトラム解析が必要になり、数値計算は途端に著しく複雑になる。Table 1 下半分では、単なるスペクトラム計算だけでなく若干の計算が追加されているが、この程度の追加計算はスペクトラム計算の工数に較べると問題ではなく、またここまで追加計算する事の意義は大であるので補足されている。また、本表での統計解析はスペクトラム解析の結果と対照するため通常の場合に比しやや複雑な計算内容になつている。

計測コンテナシステムの専用解析装置によつて得られる結果も、Table 1 と同等であれば実用上充分であろうとの見解のもとに解析装置の計画を開始した。

16. テータ処理

一般にデータレコーダ上へ記録された現象をデジタルコンピュータで解析するとき、記録されているアナログ電圧を単位を附した現象のデジタル数列に直す事をデータ処理と言つているようである。具体的に計測コンテナシステムの場合には、アナログデータレコーダ (ANALOG-7) で磁気テープ上にアナログ電圧として

記録されている現象を、例えば1秒ごとに20分間読み取り、それに電圧を現象に換算する係数(較正係数、例えばピッチ角に対して10度/ボルトのような値)を乗じて現象としての単位を持つデジタル時系列を得る。

これらのデジタル数値は、メモリーにストアされるか、磁気テープあるいは紙テープにもう一度記録される。多チャンネル解析の場合に、同一時刻で多チャンネルの時系列をスライスする必要がある場合にはサンプルホールドなる回路を要し、高級仕様になる。データ処理装置とはこのようにA-D変換および並べ替えをするような装置であり、この種の装置は大型デジコンの附加設備として重要な役割を持つので、市販品が多数ある。しかし、これらの既製の装置は大型でかつ高値である。また、大型計算機本体とマッチングをとっているため、この処理装置の出力を任意の大型計算機への入力とする事はできないので、共同利用を前提として考えている本システムには不向きである。

このような事から、大型データ処理装置程度の価格で出来るA-D変換器付きの小型専用高速解析装置の試作購入が線上に浮び上つて来た。

### 17. 専用高速解析装置

以上のような理由から、専用解析装置を試作する事になつたが、いざとなると要求はエスカレートしてきて、製作方針の大綱は下記のようになつた。

#### 1) リアルタイム解析

現象が終るとは同時に解析結果が得られるという事で、連続して解析を行なっている場合には、現象と同じように解析結果がリアルタイム(実時間)で進行しているように思われる。実時間相関計とか実時間スペクトル解析器と称する市販品がある位で、実時間(リアルタイム)なる単語は当分流行の術語であるばかりでなく、確かに高速フーリエ変換(F.F.T., Fast Fourier Transformation)のアルゴリズムを使用すると従来の算法のパーセントオーダの時間でスペクトラムの計算ができ、正にリアルタイム解析が可能である。したがつて、本システムでもF.F.T.を基本にした解析装置になつた。

#### 2) グラフィックディスプレイおよびハード・コピー

如何にリアルタイムで解析ができて、普通のコンピュータ出力のように数表で結果が出て来るのでも、その内容をリアルタイム的に素早く理解できない。また普通のプリンターではその出力に要する時間も大であり、折角リアルタイムで計算した意味も薄れる。X-Yプロッタによる図化はさらに時間を要する。

そこで本システムでは、従来法に比しきわめて高速であるブラウン管によるグラフィックディスプレイ(図化表示)を行なうとともに、この画面をそつくりそのままコピーするハードコピー装置を附加することにした。したがつて、高速演算された結果は直ちにブラウン管上に判りやすい図になつて示される。たとえばスペクトラムの図を重ねて図化させると、スペクトラムが時々刻々に変化する様子がわかり、正に実時間解析の名に恥じない総合機能を有することになる。

本装置の完成時には、このような小型の専用解析装置で、ブラウン管によるディスプレイを持つ装置は国内にはほとんどなかつた。ましてやハードコピー装置を持つ小型装置としては国産1号機ではないかと思われる。またもや、自画自説になつて恐縮であるが、ディスプレイされる図すなわちコピーされる図の基本的な割り振り、およびデザインは筆者によつてなされているが、このまとまりの良さも見逃がせない特色であろう。

#### 3) 可搬、船載型

現象の解析結果がリアルタイムで図化される事になると、さらに欲が出てその結果をその時点での操船に役立たせたい。従つて、ついでに解析装置を可搬型として、各実験船に持ち込めば、記録と同時に解析が出来、その結果を操船者にその場で知らせて荒天航行時などには運航の指針として利用してもらうことが可能である。

本装置はPhoto. 10に示したように、実際に可搬型として製作され、正式の名称も“船載型船体運動高速解析装置”となつている。また、昭和47年度のSA号の実験(川崎重工担当)では、本装置をホールハウス内に、リモートコントローラと並べて設置して、記録と同時に解析を実施し、船載型としての実用試験を行なつた。

しかし、本装置の解析結果を操船者が理解するためにはある程度の訓練期間が必要である事がわかつた。一方、SR-125部会では被実験船が毎回変る事になつているので、ある船に本装置を固定しておく事はできない。また、本装置は一式しかないので船に載せてしまうと、陸上での解析がストップしてしまう事になり、部会全体の解析効率がかえつて落ちる事にもなつてしまう。

さらに、本装置は極力小型軽量にしたのであるが、人力での船橋内への搬入が困難な程度に重くなつてしまつた事、また高安定、高信頼性に留意して製作したのであるが、主要部分はデジコンとその関連機器であ

り、陸上では空調された部屋に入っている代物であるからその故障に一抹の不安感が残った事と、故障してしまうと乗船している計測員では全く手がつけられないであろう事、などの理由からそれ以後は船載を中止している。しかし、本装置は船載を前提として製作したので、各機器の絶縁処理は船用規格に準じており、

ケースも堅牢なものになっており、耐震、耐湿、耐温度特性も充分である。その故に今までの実績ではコンピュータを主体にした機器にしては非常に故障が少ない。

このような要求事項を受けて立つた数社が真剣な技術的および価格競争をした後に、日本無線 K.K. に発注が決まり、約8カ月後に完成したのが Photo. 10 として外観を示した装置である。そのブロックダイアグラムを Fig. 6 に示す。

外観上の特色は船載型であるので筐体を低くし、計測コンテナ用リモートコントローラーと高さ、幅、奥行を合せてある。キャンパーのある甲板でも垂直に立てられるように調節高の大なる脚がついている。また、船橋への釣り上げに便なるようにコンピューターには不釣合なアイボルトがついている。さらに大動揺時につかまれるように握り手までついている周到さである。筐体は A, B, C, D の4箇に分かれているが、各筐体に入っている部分を Fig. 6 中に枠で囲って示した。A はミニコンの筐体で、現在、メモリーは 12K ワードとなっている。B の筐体には 2チャンネルのサンプルホールドつき A-D コンバータと各種のコントロール部およびハードコピーユニットが入っている。C は既製のグラ

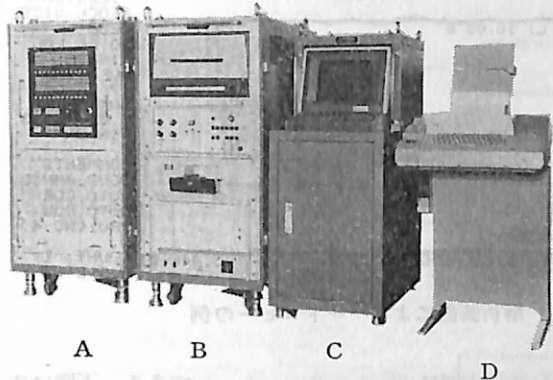


Photo. 10 専用高速解析装置

A: ミニコン, B: コントロール部とハードコピー器 (最上段), C: ディスプレーと対話キーボード, D: 紙テープパンチャー (主としてプログラムテープ作成用, 通常は使用しない。

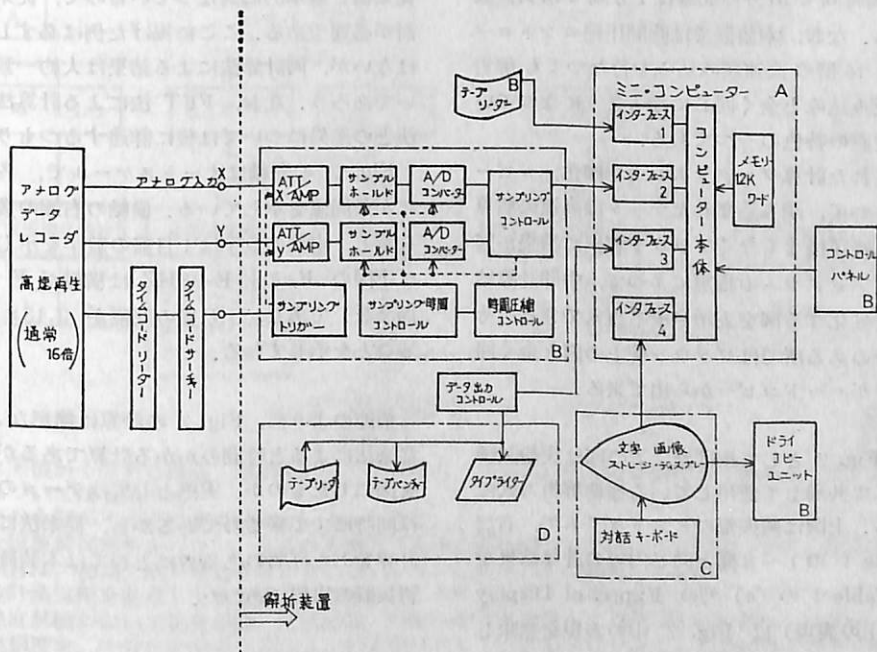


Fig. 6 専用高速解析装置のブロックダイアグラム

フィックディスプレイを船載型として安定を良くするため困った筐体である。Dは普通のリーダー付きの紙テープパンチャで、プログラムテープの作製時にしか使用しないので、船には搭載しないことになっている。

Fig. 6 に示されているように、本装置は2チャンネルの解析装置である。いかに多チャンネル記録でも2現象間の相関を何回もとれば、相互の関係は明らかになるであろうという事から、チャンネル数は必要不可欠な最低の2チャンネルにおさえた代りに他の機能は最高のものにした。

標準的な解析の様子を概説すると、まず解析する現象をたとえばピッチ角とロール角という具合に選ぶ、データレコーダの1, 2チャンネルにその現象が記録されているとすると、1, 2チャンネルの再生出力を解析装置の入力コンセントに接合する。次に解析開始時刻をタイムコードサーチャにセットし、データレコーダを高速再生する、実船試験の解析では通常16倍の高速再生にしているので、実時間で16分の記録は1分間で解析装置に読み込まれる。なお、本装置では時間圧縮コントロール回路により、16倍の高速読み込みを行なっても解析結果は実時間読み込みと全く同じになるようになっていいる。これも本装置の特色の一つである。

予めセットされた計算プログラムおよび図化、コピープログラムによつて、読み込まれたデータは高速に演算され、読み込み終了後まもなくブラウン管上に結果が図示される、図化プログラムの指定によつて、中間計算結果の図や刻々と変化する図を表示させる事もできる。そしてコピー指令のある所ではブラウン管上の図と全く同じドライコピーがハードコピーから出て来る。

その一例を Fig. 7 として掲げた。この図は実船試験の一次解析として共通して使用している標準解析方式の図の一つである。上図は両振幅のヒストグラムで、右肩の表示は Table 1 の1~8欄と同じ内容の計算結果を示している。Table 1 の(4)列の Expre. of Display (ディスプレイ上の表現)は Fig. 7 中の表現を意味し

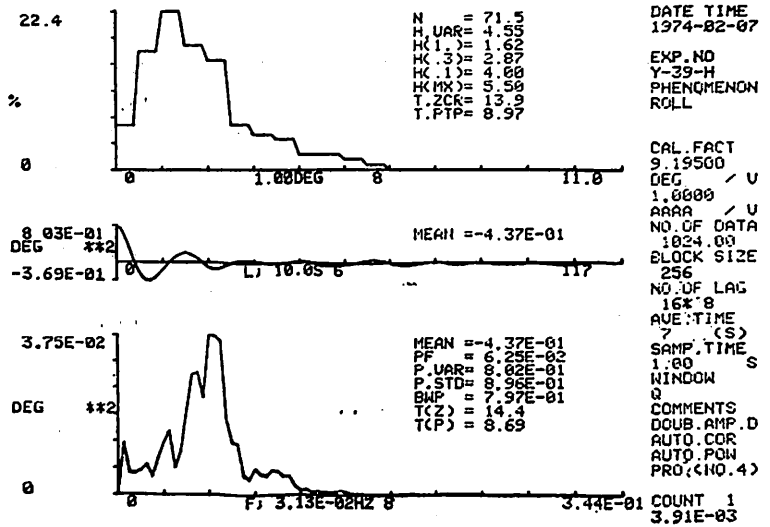


Fig. 7 解析装置によるハードコピーの例

ている。中図はオートコリレーションである。下図はオートパワースペクトラムで右肩の表示は Table 1 の 22~27 欄の計算に対応している。Table 1 の (3) 列には Analyser (FFT) として Fig. 7 中の結果が記入されており、(1) 列には Ordinary Method として、従来法による船用計算機での計算結果が示されている。本装置での計算法は FFT 法で、スペクトラムの計算法が従来法と基本的に異なっているので、従来法との比較検討が必要である。ここに掲げた例は必ずしも適切な例ではないが、両計算法による結果は大約一致すると見てよいであろう。なお、FFT 法による計算法の解説、従来法との差異については後に詳述するつもりである。

Fig. 7 の縦軸はオートスケールで、各図の上端の数字が最高値を示している。横軸の右端の数字は右端の値を示し、中程の数字は1目盛の数字を示しており、例えば下図の F, 3.13E-02 HZ は横軸が F (Frequency, 周波数) であり、1目盛の間隔が  $3.13 \times 10^{-2}$  HZ であることを示している。

前述のように、Fig. 7 の計算は簡単なようであるが、従来法によると時間のかかる計算であるが、さらにそれを図にしたものが、実感としてはデータの読み込みとほぼ同時にでて来るのであるから、従来法によつて同種の計算をした経験のある者にとっては本装置は正に驚異の新兵器の出現であった。

(つづく)

## (その 4 材料・溶接および破壊力学) (6)

### 9-4 疲労と破壊力学

#### 9-4-1 疲労設計と破壊力学

疲労を考慮した設計手法を LNG 船のタンクについて

示すと図 9-55 のようになる。また、図 9-56 に NK 規則に示すタンクの種類とこれらに対応する疲労強度解析および破壊機構解析の適用を示す。

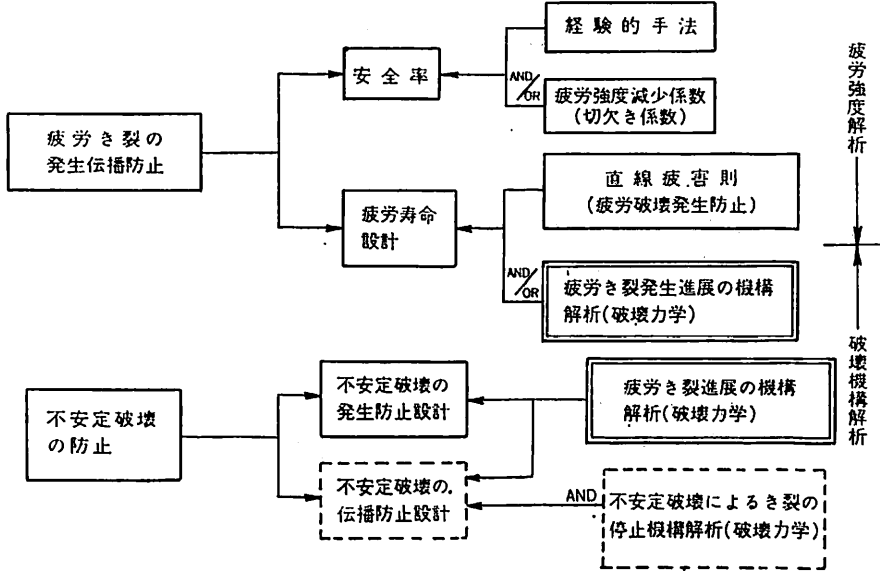
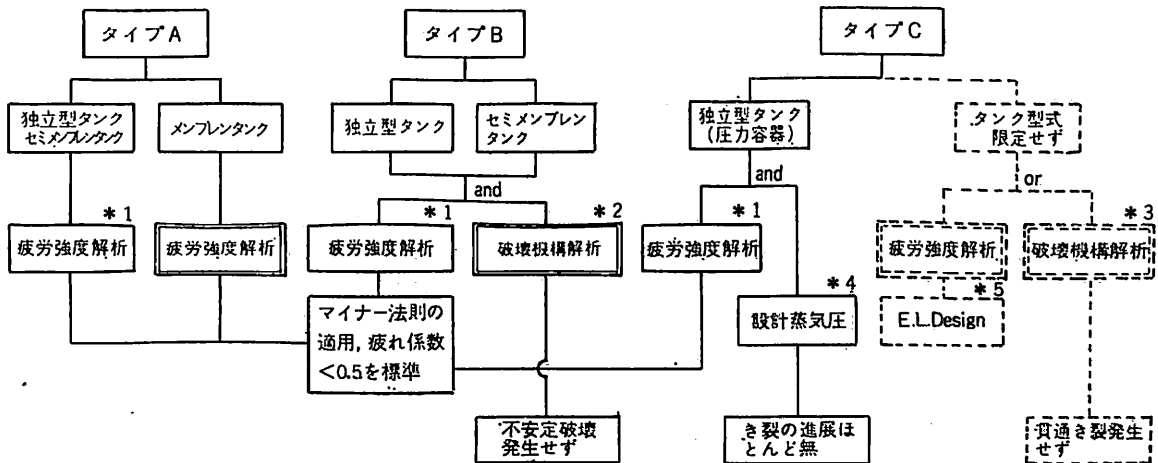


図 9-55 疲労を考慮した LNG 船の設計手法



- \*1 良好な実績が十分ある構造・形状に対しては省略可。ただし、応力の解析の不可能なタンク、あるいは部分については省略不可
- \*2 貫通後のき裂が不安定破壊に到らないような設計
- \*3 完全な破壊機構解析を行ない、あらゆる箇所での貫通き裂が発生しないような設計 (逆に、压力容器タンクの場合は、初期欠陥が貫通き裂とならないような設計蒸気圧を採用しても可)
- \*4 高い設計蒸気圧を採用し、変動応力の影響がほとんどないような設計
- \*5 疲労強度試験において切欠係数、形状係数、溶接欠陥等を考慮して S-N 曲線を求め、マイナー法則の累計傷損度を、十分な安全率を見込んで従来採用されている値より少なくとも 1 桁以上小さくする。

図 9-56 NK 規則による LNG タンク疲労強度解析の概要

これらの図からも分るように、例えば、メンブレン方式タンクのように破壊機構解析の困難なものについては、直線被害則を適用した疲労寿命設計が要求されているが、不安定破壊防止設計が要求されているタイプBタンクに対しても疲労寿命設計が要求されている。これは安全性の観点よりむしろ商品としての信頼性を考慮した新しい構造物に対する設計方針と考えられる。

同じ疲労の問題をとりあげるにしても疲労破壊の発生に着目して繰返し荷重試験を行ない、所要の  $S-N$  曲線を求める方法（疲労強度解析）と主として疲労き裂伝播の機構を解析（破壊力学による疲労解析）とがある。タイプBタンクに要求される不安定破壊防止設計には後者の手法が採用されるが、疲労き裂の伝播過程が大きな割合を示める場合は、後者の手法を疲労寿命設計（例えば、貫通き裂発生までに十分余裕をもたす等の設計手法）にも適用することができる。ここでは、主として疲労き裂伝播の機構解析すなわち、破壊力学による疲労き裂の進展に関する解析について説明する。

例えば、LNG 船のタイプBタンクは、NK 規則（文献1）では、独立型方形方式タンク、独立型压力容器方式タンク、およびセミメンブレン方式タンクを想定しているが、これらのタンクのうち、応力解析が十分に行えない部分、ピーク応力の生じるごく狭い範囲例えば、ドームのタンク貫通部、防撓材の趾端部等について直線被害則による疲労寿命推定（疲労強度解析）が要求されると考えてよい。図9-55からこの疲労強度解析と全く同じ段階で、疲労強度解析にかえて破壊力学による疲労き裂進展解析による疲労寿命推定が適用できることが分る。

疲労問題に対する破壊力学的解析とは、先在き裂またはき裂状欠陥による疲労き裂の発生または疲労き裂の進展について応力拡大係数  $K$  またはき裂開口変位  $C.O.D$  による解析を行なうものである。

LNG 船のタンク設計上、破壊力学を疲労の面で応用できる例としては、次のようなものが挙げられる。

- (1) き裂発見時（主として貫通き裂）のき裂の大きさおよび形状の推定；タイプBタンクの設計条件；不安定破壊防止設計
- (2) 前(1)のき裂の進展および一定期間後のき裂の大きさおよび形状の推定；タイプBタンクの設計条件；不安定破壊防止設計
- (3) 先在き裂またはき裂状欠陥の進展；許容欠陥，許容誤差，工作基準，タイプBまたはCタンク設計基準，定期的検査間隔，等の決定；不安定破壊防止設計または疲労寿命設計

(4) 前(3)と同じ；疲労寿命設計に使用できる  $S-N$  線図の作成

#### 9-4-2 き裂進展速度に関する基本事項

##### 1. 一般

き裂の疲労荷重による進行は、き裂端の小塑性域の応力、歪み、変形によりもつとも多く影響されると考えられる。すなわち、疲労き裂の進展にもつとも大きな影響を与えるものは応力振幅（または歪振幅）であり、応力拡大係数  $K$  は、き裂先端付近の応力および変位の分布を表わすことができる。したがって疲労き裂の挙動を  $K$  またはその関連パラメータの関数で解析しようというのが、疲労き裂に対する線形破壊力学適用の根本的な考え方である。

構造物の中にあるき裂を  $K$  により評価する場合、9-2-2 で示したように  $K$  は荷重（応力）の大きさと分布およびき裂長さという変動量のため当然変化する。したがって、荷重の繰返しとその結果進展するき裂長さによる  $K$  の変動により、き裂進展速度  $da/dN$ （き裂長さ  $l=2a$  で示す）を表わすことになる。

実際の構造物には、多軸応力が生ずるが、疲労き裂ではもつとも影響の多い引張りの疲労き裂は単軸応力（9-2-3 に示した開口型き裂変形様式、モードI）が主として研究されており、荷重も一定振幅が主としてとりあげられている。したがって、本節では主として一定荷重振幅に対する単軸引張応力についての研究結果により説明し、2軸応力、開口型変形様式以外の変形様式ランダム荷重振幅等は、後にその影響についての取扱い方法を考慮する。

まず最初に疲労き裂進展解析によく使用される応力拡大係数  $K$  のパラメータを参考までにまとめて示す。

$K_{max}$ ,  $K_{min}$ ; 図9-57 (b) に示すように各荷重または応力サイクルにおける  $K$  の最大または最小値。

$\Delta K$ ; 荷重の繰返しに対応する  $K$  の範囲  $= K_{max} - K_{min}$

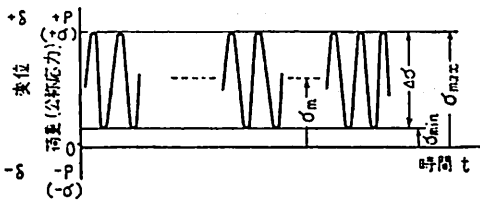
$K_a$ ;  $K$  の振幅  $= (K_{max} - K_{min})/2$

$K_m$ ;  $K$  の平均値  $= (K_{max} + K_{min})/2$

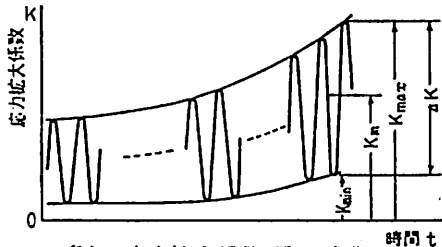
$K_{th}$ ,  $\Delta K_{th}$ ; 繰返し荷重が加わる時のき裂が進展するか否かの限界の  $K$  または  $\Delta K$  で、 $K$  または  $\Delta K$  の下限値 (threshold) という。

$K_{fc}$ ; 疲労破壊靱性ともいわれ、疲労き裂が進行して  $K_{max}$  がこの  $K_{fc}$  値になると  $\log \Delta K \sim \log (da/dN)$  の直線関係から離れて（図9-57 参照）き裂の急速な進展または不安定破壊に至る。 $K_{fc}$  は、脆性材料では  $K_c$  にほぼ等しく、延性材料では、全断面降伏時のき裂長さに





(a) 定振幅疲労荷重 (応力)



(b) 応力拡大係数 K の変化

図 9-57 定振幅疲労荷重と応力拡大係数 (文献 54)

対する  $K$  値とするのが一般的といわれている。

例えば、図 9-57 (a) のような一定振幅の繰返し荷重が加わった場合、 $K$  の変化は図 9-57 (b) のようになる。したがって、 $K_{max}$ 、 $K_{min}$ 、 $\Delta K$ 、 $K_m$ 、 $K_a$  等は、1 サイクルごとに変化する。

## 2. 疲労き裂進展速度

疲労き裂進展速度  $da/dN$  (1 サイクルあたりのき裂進展) は図 9-58 (a) ないし (d) および 59 から分るように  $\Delta K_{th}$  および  $\Delta K_{fc}$  の上下領域を除き、一般的に  $10^{-7} \sim 10^{-6}$  ないし  $10^{-2} \sim 1$  mm/cycle の速度域で次式のように表わすことができる。

$$\frac{da}{dN} = f(K) \dots \dots \dots (9.38)$$

ただし、 $K$  は応力拡大係数のパラメータで  $K_{max}$ 、 $K_{min}$ 、 $K_a$ 、 $\Delta K$  等。

上式に対して、応力拡大係数を使わないで表わすと次式のようになる。

$$\frac{da}{dN} = f(\sigma_m, \sigma_{max}, \sigma_{min}, \Delta\sigma, a) \dots \dots \dots (9.39)$$

(9-39) 式で、一般的なものは  $da/dN = c\sigma_m^n a^n$  であるが、この場合、 $n=1$  として  $c\sigma_m^n$  は材料、応力などによる定数として表わすことが多い。

疲労き裂進展速度を示す (9-38) 式の関数  $f$  は、Paris により与えられた  $\Delta K$  に依存する次式がもつとも有名であり、よく使われている。

$$\frac{da}{dN} = c (\Delta K)^m \dots \dots \dots (9.40)$$

この  $c$ 、 $m$  は定数で、 $m$  の値は、4 とするのが広域特

性をもつともよく表わすといわれ、これが Paris の 4 乗則である。すなわち、

$$\frac{da}{dN} = c (\Delta K)^4 \dots \dots \dots (9.40')$$

これらの  $c$ 、 $m$  は材料定数といわれているが、この値は、平均応力、板厚、試験板形状、試験条件等により異なり、同じ材料についての実験でも異なる値となることが多い。したがって、実際の構造物における疲労き裂の進展に、(9-40) 式または次に説明する平均応力を考慮した関係式を適用する場合、 $c$ 、 $m$  の定数は、使用材料に応じて実験的に求めることが多い。図 9-58 に  $da/dN$  と  $\Delta K$  の関係の 1 例を示す。

(9-40) 式は、その形から分るように、 $c$  および  $m$  を材料定数とすると、応力振幅に関係する。一般に引張側応力は、き裂の進展に対し加速効果を与え、圧縮側の応力は、き裂の進展に減速効果を与える。このように疲労き裂は、引張荷重と圧縮荷重に対し非対象条件を与える。したがって、平均応力が異なる場合について (9-40) 式を適用するには、応力比 ( $\sigma_{min}/\sigma_{max}$ ) ごとに  $c$  を与えよとか、圧縮側応力に対する減速効果を無視するとかの配慮を払う必要がある。

## 3. 平均応力の影響を考慮した関係式

あらかじめ平均応力の影響を考慮にいたれた  $da/dN$  と  $K$  の関係式が与えられれば、応力比が異なる場合でも、同じ  $c$ 、 $m$  等の定数により疲労き裂進展速度が計算できる。

このような関係式は、種々のものが提案されている。以下、その 1 例を示す。

(Forman の式)

$$\frac{da}{dN} = \frac{c (\Delta K)^m}{(1-R)K_c - \Delta K} \dots \dots \dots (9.41)$$

ただし、 $R = K_{min}/K_{max}$

$c$ 、 $m$  は定数

$K_c$  は定数で、材料の破壊靱性を表わす材料定数特性値または  $K_{fc}$  で表わされる材料の最終急速破壊時の応力拡大係数值

(Tall の式)

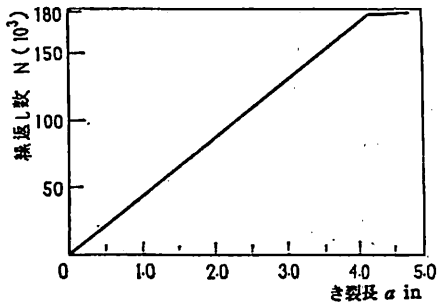
$$\frac{da}{dN} = c \frac{K_{max}}{\Delta K} (\Delta K)^m = \frac{c}{1-R} (\Delta K)^m \dots \dots \dots (9.42)$$

ただし、 $R = K_{min}/K_{max}$

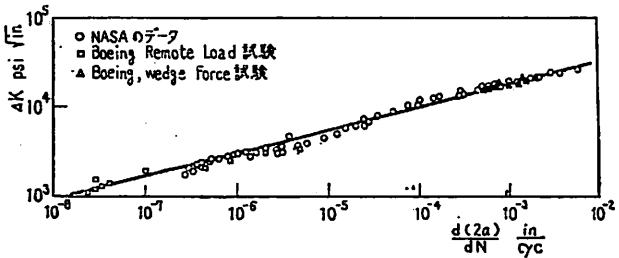
$c$ 、 $m$  は定数

(Robort, Erdegan の式)

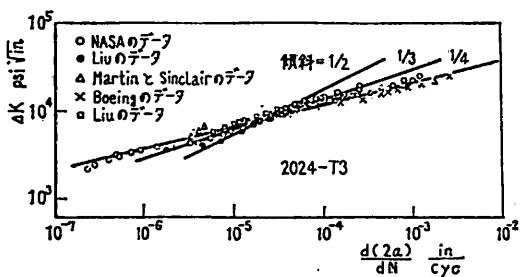
$$\left. \begin{aligned} \frac{da}{dN} &= c \cdot K_a^m \cdot K_{max}^n \\ \frac{da}{dN} &= c' \left( \frac{K_{max}}{\Delta K} \right)^m \cdot \Delta K^n \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9.43)$$



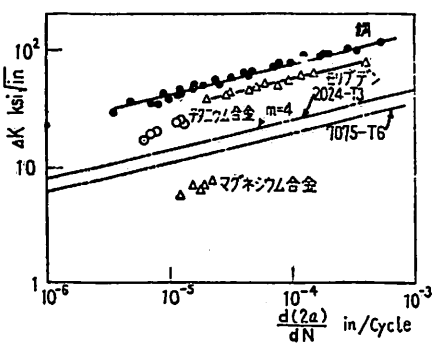
(a) 定 K 制御疲れ試験によるき裂成長曲線 (アルミニウム合金 7079-T6)



(b) き裂成長速度の広域特性 (7075-T6)



(c) 諸研究者による疲れき裂成長速度の広域整理による一致



(d) 各種金属材料の  $\Delta K \sim \frac{d(2a)}{dN}$  特性直線の比較

図 9-58  $\frac{da}{aN}$  と  $K$  の関係 (文献 54)

ただし,  $c, m, n, c', m', n'$  は定数  
〔石田の式〕

$$\frac{da}{dN} = \frac{cK_a^m K_{max}^n}{(1-R)K_c - \Delta K} \dots\dots\dots(9.44)$$

ただし,  $c, m, n$  は定数  
 $K_c$  は最終急速破壊時の応力拡大係数值,  
不安定破壊発生時の応力拡大係数值 (材料  
特性値である破壊靱性値) 等

〔James, Walker の式〕

$$\frac{da}{dN} = c \{K_{max}(1-R)\}^m \dots\dots\dots(9.45)$$

ただし,  $c, m, n$  は定数  
 $R = K_{min}/K_{max}$

〔豊貞の式〕

$$\frac{da}{dN} = \frac{\Delta\delta_1}{\Delta\delta_0} c (\Delta K)^m \dots\dots\dots(9.46)$$

ただし,  $\Delta\delta_0$ ; 引張完全片振り振幅のき裂端の  
開口変位量  
 $\Delta\delta_1$ ; 引張領域内での部分片振り振幅  
のき裂端の開口変位量  
 $c, m$ ; 定数

無限板のときの  $\Delta\delta_1$  を  $\Delta\delta_{1i}$  とし,  $\Delta\delta_0$  を  $\Delta\delta_{0i}$  と  
すると,

$$\frac{\Delta\delta_{1i}}{\Delta\delta_{0i}} = \frac{\ln \left[ \frac{\cos \{(\pi\Delta\sigma_1/2)(1-R)\sigma_1\}}{\cos \{(\pi R\Delta\sigma_1/2)(1-R)\sigma_1\}} \right]}{\ln \cos \left( \frac{\pi\Delta\sigma_1}{2\sigma_Y} \right)}$$

ただし, (9-46) 式の  $c, m$  は, 無限板における引張  
完全片振りに対する材料定数とする. 有限板の試験結果  
から, 無限板に対する定数の求め方は (文献 55) 参照.

$\Delta\sigma_1$ ; 応力振幅  
 $R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$

〔長谷川, 川田の式〕

$$\frac{da}{dN} = c(K_{max})^{m_1}(K_{max} - DK_{min})^{m_2} \dots\dots\dots(9.47)$$

ただし,  $c, m_1, m_2$  は定数.  $(m_1 + m_2) = m$

〔北川, 三角の式〕

$$\frac{da}{dN} = cK_e^m = c(K_{max} - K_{com})^m \dots\dots\dots(9.48)$$

ただし,  $c, m$  は定数  
 $K_e$ ; 等価応力拡大係数 (effective intensity) =  
 $K_{max} - K_{com}$   
 $K_{com}$ ; 補正応力係数 (compensatory intensity)  
 $c_1 K_m (\sigma_m > 0$  の場合),  $c_1$  は鋼で 0.6, アル  
ミ合金で 0.5  
 $= c_1 K_{m0} (\sigma_m \leq 0$  の場合),  $K_{m0}$  は,  $K_m$  の初期  
値.

上式のうち、(9-40)ないし(9-46)式は、引張側の応力領域に対するものであり、(9-47)および(9-48)式は、引張および圧縮側の応力領域に対するものである。また、 $c$ 、 $m$ 等の定数は、材料、試験片形状等により異なるのでこれらの影響を考慮して定める必要がある。

これらの疲労き裂進展速度は、疲労荷重によりき裂が安定成長する段階に対するものである。 $K$ または $\Delta K$ が小さい場合( $K_{th} > K$ または $\Delta K_{th} > \Delta K$ )、き裂は停止し、進展しない。また、 $K$ は増加する場合( $K > K_{fc}$ または $K_c$ )、安定成長( $\log \Delta K$ と $\log da/dN$ の直線関係)から、急激なき裂進展に移行する。これらの関係を示したのが図9-59である。

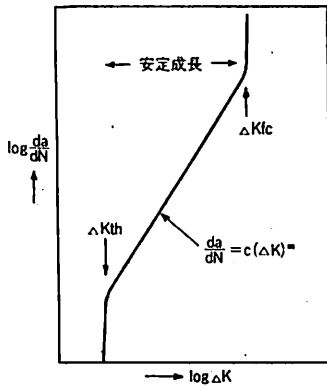


図 9-59

### 3. 疲労き裂進展の限界

図9-57に示したような疲労き裂の上限界については、先に $K_{fc}$ の説明で述べたとおりであり、設計上、脆性材料では、 $K_c$ (または $K_{Ic}$ )、延性材料では、延性不安定破壊時の $K$ 値を考慮して決めればよい。

また、下限界は、例えば式(9-40)式を満足していた $da/dN$ がある $\Delta K$ 以下で急に小さくなる。ときの $\Delta K$ 、すなわち、 $da/dN$ が図9-59のような直線関係を外れる下限の $\Delta K$ を $\Delta K_{th}$ とすることにより求められる。 $\Delta K_{th}$ は、主として材質により定まると考えられるが、き裂形状、平均応力、応力履歴等の影響をうけるので実際の設計に使用する場合は、慎重に $\Delta K_{th}$ を定める必要がある。この $\Delta K_{th}$ の一応の目安としては、鋼で $10 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3/2}$ 程度、アルミ合金で $3.5 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3/2}$ 程度を考えればよい。

平滑材の疲労限度と結晶粒直径の関係が、一般に $\sigma_w^m D = c$ ( $\sigma_w$ : 疲労限度、 $D$ : 結晶粒の直径、 $m$ 、 $c$ : 定数)で表わされる場合と同様にき裂材の疲労限度(き裂の進展応力ともいう)は、次式で表わすことができる。

$$\sigma_w^m l_0 = c \dots \dots \dots (9.49)$$

ただし、 $\sigma_w$ : 疲労限または疲労によるき裂の進展応力

$l_0$ : き裂長さ

$m$ 、 $c$ : 定数、 $m$ は一般に3または4で表わされる。

上式は、無限板中のき裂に対する脆性破壊の条件式である(9-14)式において $c = K_{Ic}^2/\pi$ または $K_{Ic}^2/\pi$ 、 $m=2$ とすると $\sigma_w^2 l_0 = c$ となり、破壊の一般条件式ともいえる。

Frostの実験によれば(9-43)の一般式は、次式で示されている。

$$\sigma^2 l = c \dots \dots \dots (9.50)$$

ただし、 $\sigma$ は、き裂進展応力を公称応力(試験片の幅を $2b$ としたとき、 $l/b < 1/8$ のとき $\sigma = \sigma_{gross}$ 、 $l/b > 1/8$ のとき $\sigma = (\sigma_{gross} + \sigma_{net})/2$ )で表わしたものの

$c$ は、定数、例えば、軟鋼、低合金鋼で550、18-8オーステナイトステンレス鋼で580

き裂長さがある程度以上長いものとした場合、中川ら(文献54)により疲労限度を応力拡大係数によつて表わすことができる実験の整理結果を図9-60に示す。これは、Frostおよび中沢らの炭素鋼についての実験結果を応力拡大係数の振幅 $K_a$ ( $K_a = \sigma/\sqrt{\pi l}$ など)により表示したものである。図9-60から分るようにき裂長さがある程度大きくなると各材料ごとに $K_a$ が一定になると見做せ、この一定 $K_a$ 値をき裂材料に対する疲労の限界値( $\Delta K_{th}$ はこの一定 $K_a$ 値の2倍)と考えることができる。

さらに、中沢らにより、

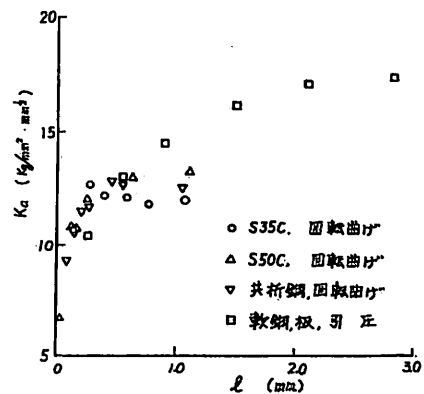


図 9-60 応力拡大係数とする疲労き裂開始条件の表示(文献16)

$$\sigma_a^{2+k}l = \frac{c}{(1 + \frac{\sigma_m}{\sigma_a})^2} = c_m \dots\dots\dots(9.51)$$

ただし、 $\sigma_a$ ; 応力振幅  
 $\sigma_m$ ; 平均応力  
 $l$ ; き裂長さ  
 $k, c$  は定数

が、平均応力が存在するときの疲労限度の条件式として与えられている。したがって、上式の  $\sigma_a$  の代わりに  $K_a, \sigma_m$  の代わりに  $K_m$  を用いて疲労限度の条件式を応力拡大係数  $K$  を用いて表わすこともできる。

平均応力が存在する場合、平均応力が高いほど  $\Delta K_{Ih}$  は小さくなる傾向にある。例えば(文献64)によると次のような結果が示されている。

[Mild Steel]

$R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$	-1	0.13	0.35	0.49	0.65	0.75
$\Delta K_{Ih} (kg \cdot mm^{-3/2})$	20.6	21.3	16.7	13.8	10.3	12.4

[Aluminum]

$R$	-1	0	0.33	0.53
$\Delta K_{Ih}$	3.3	5.3	4.6	3.9

#### 4. 塑性疲労によるき裂進展

延性の高い材料では、疲労き裂の進展にともないき裂先端の塑性域が大きくなるため、9-2-3で述べたように高応力領域の低サイクル疲労では疲労き裂の進展を応力拡大係数  $K$  で評価するのは必ずしも正確とはいえない。しかし、実用的には  $da/dN$  と  $\Delta K$  で整理した関係が直線的に成立する範囲までは、前1ないし3に示した疲労き裂の進展について線形破壊力学による取扱いを行なつて差しつかえないであろう。

一方、靱性の高い材料では、高応力(すなわち  $K$  値の大きい領域)では、 $da/dN$  と  $\Delta K$  の関係が直線性から離れて、 $da/dN$  が増加する方向にわん曲することがある。この場合、応力拡大係数  $K$  に代わるものとして  $C.O.D(\phi)$ 、塑性域の大きさ ( $r_p; p \cdot z \cdot s$ )、歪拡大係数範囲(応力拡大係数範囲の応力の代りに歪を与えたもの;  $\epsilon_r \sqrt{a}$ ,  $\epsilon_r$  は歪範囲)等で整理すると広い範囲で直線性を得ることがある。たとえば、

$$\frac{da}{dN} = c (\epsilon_r \sqrt{a})^m \dots\dots\dots(9.52)$$

ただし、 $c, m$  は定数。

で表わす。例えば、図9-61によると上式の  $m$  は2と表わすことができる。

9-2-4で述べたような小規模降伏 (small scale yield-

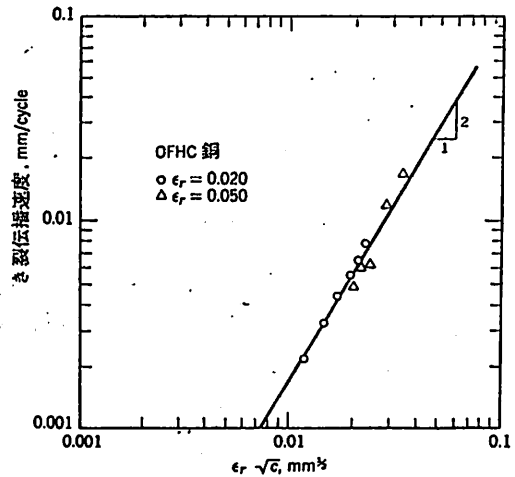


図 9-61 歪拡大係数と疲労き裂伝播速度 (文献15)

ding) の適用範囲は、単調荷重(静または動荷重)に比べ、疲労荷重(繰返し荷重)は2倍となり、かなりの高応力拡大係数領域まで(9-38)式が使える。したがって、LNG 船のタンクの疲労き裂進展速度は、応力拡大係数  $K$  を用いて解析されており、低サイクル高  $K$  領域に対して線形破壊力学の適用は、実用上問題ないようである。

#### 5. 疲労き裂進展速度に影響を及ぼす諸因子

基本的な荷重状態に対する疲労き裂進展速度  $da/dN$  と応力拡大係数  $K$  との関係については、前に説明した。

実際の構造物に生ずる複雑な疲労き裂進展を調べるにあたっては、疲労挙動に何等かの影響を及ぼすであろう諸因子、すなわち、き裂を含む構造物の形状寸法、荷重または応力状態(応力分布、平均応力、応力の方向等)、不規則変動荷重の振幅および順序、材質(溶接部含む)、残留応力、温度、環境雰囲気、荷重速度、き裂進展の上限界または下限界、コンプライアンスの変化(コンプライアンス; ばね定数の逆数で剛性変化、荷重再配分等を生ずる)等について検討する必要が生ずる。これらの因のうち、 $da/dN$  と  $K$  の関係式でその影響を考慮できるものもあるが、実際の構造物の疲労進展解析を行なう場合、(9-40)ないし(9-48)式の定数  $c, m$  等は、一般に、これらの因子の影響を考慮して疲労き裂進展実験で求めることが多い。

以下、疲労き裂進展速度に対する諸因子の一般的な影響について述べる。なお、LNG 船の使用材料に対する具体的な例は、第10章で紹介する。

##### (1) 残留応力

残留応力の効果は、残留応力が平均応力と同じ影響を与えると考えれば、前述の(9-41)ないし(9-48)式を

適用することができる。

したがって、残留応力は、その分布が明確化され、かつき裂の進展と残留応力を含めた応力の分布に応じた  $K$  値が正確に計算できれば、 $da/dN$  と  $K$  の関係式を用いて疲労き裂進展速度を求めることができることになるが、実際にはむづかしい問題である。

また、前述の  $da/dN$  と  $K$  の関係式中の  $c, m$  等の定数も実験ではかなりばらつくが、これの一因として残留応力の影響を挙げることができる。したがって、疲労き裂進展を増加させる引張残留応力については溶接条件、材質、熱処理等の条件を検討してその影響の程度を考慮する必要がある。

(2) 曲げ応力による疲労き裂進展

曲げ応力、すなわち板厚方向に応力分布が異なるときの影響は、その応力分布に応じた応力拡大係数  $K$  を求めることができれば、前述の (9-40) 式等の疲労き裂進展速度の関係式を使用できることになるが、各種の実験によると曲げの方が、き裂進展速度は遅いようである。進展速度の関係式の適用にあたって、曲げ荷重が加わる時、曲げの  $K$  に  $1/2$  を乗じたものを用いると引張りと同じ関係式が使えらるといわれている。

図 9-62 に 9% Ni 鋼の表面き裂の引張または曲げ試験の比較を示す。この図から分るように同じ  $\Delta K$  に対して引張り試験より曲げ試験の方がき裂進展速度が遅くなる傾向を示している。

貫通き裂がある板の面外曲げでは、 $K$  の評価がむづ

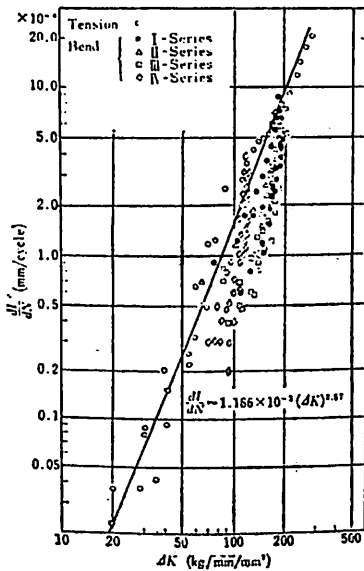


図 9-62 引張試験と曲げ試験によるき裂伝播比較 (文献 58)

かしく実際問題としては、現在のところ安全側であることから、繰返し引張荷重が加わるものとしてき裂の進展速度、伝播長さを求めることが多い。

(3) き裂の変形様式および 2 軸荷重

き裂の変形様式は、開口形 (モード I)、面内せん断形 (モード II) および面外せん断形 (モード III) があるのは、前述したとおりであるが、疲労き裂でも同じである。

実際のき裂は、これらの 3 つの様式が複合したもので、実際の  $K$  は、それぞれの様式を合成したものと考えるべきである。しかし、一般にき裂でもつとも問題となり主対象となるのは、モード I の変形様式であり、疲労き裂もその例外ではない。

平板の初期傾斜き裂に軸荷重が加わる場合、モード I とモード II の変形様式となるが、その後の疲労き裂成長は、図 9-63 に示すように  $K_I$  が最大となる方向に成長し、荷重方向に直角な面への射影速度  $da/dN$  と  $K_I$  の関係は、(9-41) 式等の関係が成立する。き裂に沿つての切線速度は、射影速度より大きいから、これは  $K_I$  の影響でき裂の実際の進展速度が増加したことになる。

実際問題としては、疲労強度の推定と同じく 2 軸応力等の多軸応力を第 8 章で説明したような 1 軸応力に対する等価応力として評価を行ない、その結果によりき裂進展速度を求める取扱いとしている。しかし、1 軸応力を対象としたき裂進展速度関係式の適用に関する多軸応力の評価方法については、今後の研究に待つところが多い。

(4) 形状寸法

形状寸法の効果は、応力拡大係数  $K$  に含まれると考

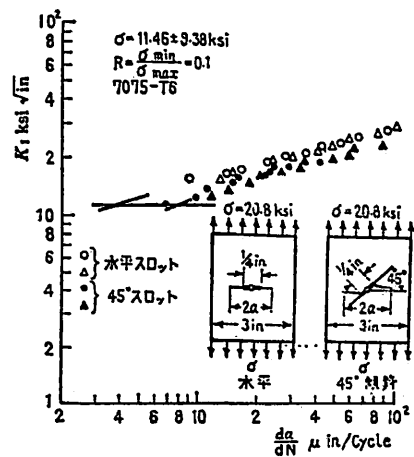


図 9-63 傾斜き裂および水平き裂より成長した疲れき裂の射影速度 ( $da/dN$ ) とモード I と  $K_I$  の関係 (文献 54)

えると、形状寸法の相異による影響を生じないこととなるが、寸法が大きくなると塑性拘束等がき裂進展に影響を与える。例えば、表面半だ円き裂からのき裂の進展は、板表面ででは塑性拘束のない平面応力状態のき裂伝播、深さ(板厚)方向へは塑性拘束の大きい平面歪状態のき裂伝播となり、一般に平面歪状態のき裂進展速度が大である。

(5) 荷重速度

荷重繰返し速度の影響は、実用上の範囲では余り影響がないと考えてよさそうである。アルミ合金 2024-T3 では、低繰返し速度で進展速度は速いが高い  $\Delta K$  領域でその影響がなくなり、また、アルミ合金 7075-T6 (2024-T3 より降伏比が高い) では、1,800 cycle/min まで繰返し速度の影響はないという実験結果(文献54)がある。軟鋼でも余り繰返し速度の影響はないようで、(文献53)によれば 300 cycle/min と 3,600 cycle/min の実験では、余り差がないとのことである。

(6) 温度

LNG 船のタンク材料、または船体構造材料の何れの場合でも高温での進展速度は余り問題とならない。

常温と低温での実験結果によると一般的に  $\Delta K$  が小さい値では、低温の方がき裂進展速度は遅いが、 $\Delta K$  が高い領域では、低温の方がき裂進展速度が速くなる傾向にある。

軟鋼、50キロ高強度鋼の実験によると、低温と常温とのき裂進展速度は余り差がない(文献53)。また、9% Ni 鋼、アルミ合金(5083-0)では低温と常温でき裂進展速度に多少の相異がある。9% Ni 鋼の場合、 $\Delta K$  が低い領域(およそ  $\Delta K = 100 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3/2}$  が境界となる)では、常温に比べて低温(-180°C)の方が疲労き裂進展速度が遅く、 $\Delta K$  が高い領域ではこの関係が逆になる(文献59)。アルミ合金の場合、 $\Delta K$  が  $100 \text{ kg} \cdot \text{mm}^{-3/2}$  より低い領域の実験(文献60)では、やはり低温の方が、疲労き裂進展速度は遅い。

何れにしても、疲労き裂進展速度に及ぼす温度の影響はあるが、実用上は常温の実験結果により推定しても差しつかえないようである。

(7) 材質

材質(溶接部含む)の相異または同じ材料でもその方向の相異により疲労き裂進展速度は、変化すると考えられ、以下に紹介する検討が行なわれているが、材料ごとに疲労き裂進展速度の関係式の定数を基底的に与えたものではなく、したがって、実際の設計ごとに使用材料およびその溶接ごとに定数  $c, m$  等を求めているのが現状である。

材質の影響に対する一般的傾向は、北川(文献54)により説明されている。以下(i)ないし(v)は、(文献54)の引用である。

(i) 同系統の材料については、一般に  $(da/dN)$  と  $\Delta K_{th}$  は材質の差に対し鈍感で、 $K_{Ic}, K_{Jsc}$  は敏感である。

(ii) 上記の結論は、高じん性の高強度材料、材質変化に残留応力の発生を伴う場合には必ずしもあてはまらないようである。

(iii) 一般に縦弾性係数  $E$  の増加は、 $K$  の効果を弱めるごとく作用する。

(iv) (9-40) 式の  $C$  は平均して  $(E\sigma_y K_{Ic})$  に反比例する傾向をもつという。それは一般材質鈍感性を予想させると同時に、今後の材質改善の方途を示すとも言えよう。

(v) ぜい性破壊に見られるような低降伏点材料における  $K$  依存性の限界は安定成長領域の特性にはまだ見られない。

北川によると、(9-40) 式の定数  $c, m$  を材料定数とすると、

$$c = A/B^m \dots\dots\dots(9-53)$$

ただし、 $A \approx 0.5 \times 10^{-4}$  (鋼材),  $4 \times 10^{-4}$  (アルミ合金)

$$B = 55 \text{ (鋼材およびアルミ合金)}$$

という関係が示されている。この関係は、図9-64に示されている。また、越賀(文献57)により、構造用鋼板の  $\log c - m$  のプロットは、強度、材質、溶接熱履歴、

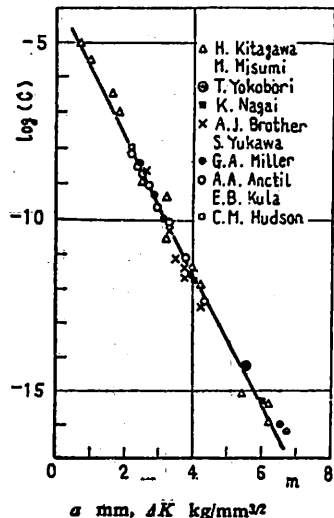


図9-64 疲れき裂の成長速度式  $da/dN = C(\Delta K)^m$  における  $m$  と  $C$  との関係(文献54)

応力比等に関係なく、ほぼ1本の直線上にのることが示されている(図6-65参照)。

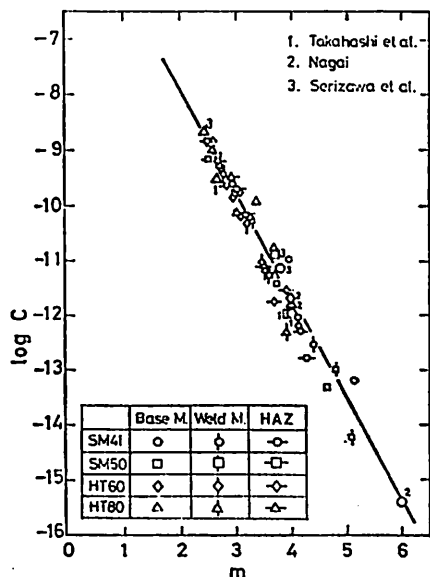


図 9-65 構造用鋼板における  $c$ - $m$  相関関係(文献 57)

実際の LNG タンク使用材料のアルミ合金 (5083-O) および 9% Ni 鋼について材料の方向, 溶接部等についての疲労き裂進展速度を求めた 1 例を表 9-5 に示す。この表からなても, 母材と溶接部, または材料の圧延方向等により疲労き裂進展に差があるようである。

また, 鉄鋼材料 (S35C, FCD45 および SNC2) の疲労き裂の進展特性と材料の靱性 ( $K_{IC}$ ) の相関性につ

いての研究(文献 61)があるが, その結果によると  $K_{IC}$  と定数  $c, m$  とのよい相関関係があり, 一般的に  $K_{IC}$  が大きくなると  $m$  は小さく,  $c$  は大きくなり, また  $K_{IC}$  の値から,  $c, m$  の値が推定できることが示されている。

このように材質による疲労き裂進展の特性に関する研究は, 現在もかなり行なわれており(例えば, LNG 船については造研第 8 基準部会等), いずれ実的にまとまったデータもでてくるものと思われる。

### (8) 環境雰囲気

材料が腐食雰囲気中で疲労荷重を受けた場合, き裂進展度は増加する傾向にあるが, この問題は, まだ研究が始まったばかりの段階であり, かつ, LNG 船のタンク用材料では腐食雰囲気にはないので問題とならないので詳細説明は省略する。

また, 最近では, 静的荷重または疲労荷重のもとでのき裂に対する環境の影響を把握するのに破壊力学が応用され, 環境強度への破壊力学の適用(腐食われ, 遅れ破壊等の問題)として不安定破壊および疲労破壊と並んで破壊力学の応用の 1 つとしてとりあげられている。

以上, 疲労き裂進展速度に影響を及ぼす諸因子について述べたが, この他, 実際の適用にあたっては実働荷重状態, すなわち不規則変動疲労荷重に対する影響も考えなければならない。この影響に対する考察は後に述べる。

前述したような諸因子の影響は, 実際の設計に適用する場合, 少なくともその程度を把握しておく必要がある。現在, すでに LNG 船のタンクの設計において, 破壊力学による疲労き裂進展の解析が, タンクの安全性の確認手段等に適用され, 諸因子の影響は, 個々の設計において研究されており, いずれ公表されるであろう。

### 6. 疲労き裂伝播特性試験

破壊力学に基づいて疲労き裂進展の解析を行なうためには, 使用材料の疲労き裂伝播特性を明確にする必要があり, その代表的なものは,  $c, m$  および  $\Delta K_{Ic}$  である。これらは, 材料定数と考えることもできるが, 前述したようにき裂の形状, き裂進行方向, 応力分布, 応力振幅, 応力履歴, 平均応力等々の因子により異なる。この場合, 使用する  $K$  値あるいは進展速度の計算式の妥当性も検討しなければならないが, 疲労き裂進展解析に使用する定数を新しく求めるため, または実際の構造物に加わる実働荷重状態に対して適当な定数か否かを確認する

Material <sup>1)</sup>	$\sigma$ mean kp/mm <sup>2</sup>	Test temp. °C	$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m$		
			$C^2)$	$m$	$\Delta K$ -range kpmm <sup>-3/2</sup>
Aluminium Alloy 5083-O					
Plate L	7	RT	$1.1 \cdot 10^{-9}$	3.5	3.4 - 42.2
»	7	-162	$2.0 \cdot 10^{-10}$	3.7	7.8 - 41.2
» LT	5	RT	$8.9 \cdot 10^{-10}$	3.6	4.3 - 30.6
»	7	RT	$3.1 \cdot 10^{-9}$	3.2	5.2 - 70.9
»	7	RT	$1.1 \cdot 10^{-11}$	14.7	4.3 - 5.7
»	9	RT	$7.5 \cdot 10^{-10}$	3.6	4.5 - 40.5
			$3.2 \cdot 10^{-11}$	11.7	< 4.5
Extruded section LT	7	RT	$6.2 \cdot 10^{-9}$	2.9	5.1 - 41.8
Weld metal	7	RT	$6.0 \cdot 10^{-9}$	2.9	4.1 - 63.2
			$8.8 \cdot 10^{-12}$	7.5	< 4.5
9 per cent Ni-steel					
Plate L	16	RT	$5.8 \cdot 10^{-9}$	2.3	10.3 - 152.8
»	16	-162	$5.6 \cdot 10^{-10}$	2.7	15.3 - 152
» LT	16	RT	$1.5 \cdot 10^{-9}$	2.6	5.9 - 179
»	25	RT	$5.9 \cdot 10^{-10}$	2.9	7.4 - 62.5
Weld metal	16	RT	$2.3 \cdot 10^{-10}$	3.0	10.2 - 152
HAZ	16	RT	$5.4 \cdot 10^{-11}$	3.4	9.9 - 173.5

1) L: Specimen axis oriented in longitudinal direction  
LT: » » » long transverse direction

2) Metric units (mm, kp)

表 9-5 疲労き裂進展の定数; (9-40) 式と対するもの。(文献 63)

ために疲労き裂伝播試験を行なうことが多い。

したがって、試験方法、試験片も目的に合わせて多種多様であり、試験結果を参照する場合、その試験方法に気をつける必要がある。例えば、各種靱性試験に使用される図9-49、図9-52のような試験片は、疲労き裂伝播試験としても一般的なものである。

また、表面切欠きからの伝播特性を求めるための表面切欠き付き試験片、目ちがい等の工作誤差の影響を調べる試験片、曲げと引張り応力の重ね合わせの応力状態を再現する試験片等々種々の試験片が採用されている。

LNG船タンク材料では、低温時の疲労き裂特性を調べるための低温試験も必要となる。図9-66にその1例としてNK技術研究所の低温疲労試験装置を示す。このように低温特性を求めるものは、所定の温度を制御するのが重要であり、図9-66の装置は、常温から $-196^{\circ}\text{C}$ の範囲のどの温度でも試験でき、 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ に温度が制御さ

れるようになっている。

LNG船用の各種材料についての疲労き裂伝播試験は、現在、数多く行なわれているが、それらについては、第10章で紹介する。

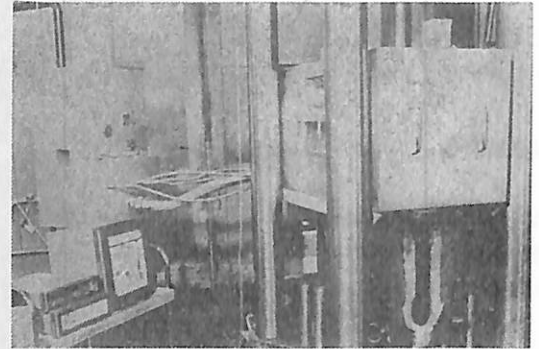


図 6-66 低温用疲労試験装置

昭和49年(1月~12月)新造船進水、竣工実績 (三菱重工業株式会社)

進水実績

( )内は前年実績

	国内船			輸出船			合計		
	隻数	G/T	DWT	隻数	G/T	DWT	隻数	G/T	DWT
長崎造船所	1 (6)	130,670 (701,888)	254,163 (1,421,468)	18 (10)	2,211,764 (1,246,078)	4,714,244 (2,647,295)	19 (16)	2,342,434 (1,947,966)	4,968,407 (4,068,763)
神戸造船所	2 (2)	47,422 (32,115)	43,403 (31,998)	6 (8)	327,757 (322,681)	606,853 (573,544)	8 (10)	375,179 (354,796)	650,256 (605,542)
下関造船所	3 (3)	16,443 (10,863)	8,495 (10,544)	5 (5)	52,735 (65,007)	70,100 (95,112)	8 (8)	69,178 (75,870)	78,595 (105,656)
横浜造船所	0 (2)	0 (140,504)	0 (242,299)	5 (4)	378,869 (264,493)	672,970 (505,099)	5 (6)	378,869 (404,997)	672,970 (747,398)
広島造船所	0 (1)	0 (68,171)	0 (122,433)	8 (7)	526,087 (448,003)	986,533 (853,233)	8 (8)	526,087 (516,174)	986,533 (975,666)
合計	6 (14)	194,535 (953,541)	306,061 (1,828,742)	42 (34)	3,497,212 (2,346,262)	7,050,700 (4,674,283)	48 (48)	3,691,747 (3,299,803)	7,356,761 (6,503,025)

竣工実績

( )内は前年実績

	国内船			輸出船			合計		
	隻数	G/T	DWT	隻数	G/T	DWT	隻数	G/T	DWT
長崎造船所	2 (6)	248,242 (700,429)	491,183 (1,423,026)	15 (10)	1,835,093 (1,237,979)	3,921,218 (2,657,278)	17 (16)	2,083,335 (1,938,408)	4,412,401 (4,080,304)
神戸造船所	2 (4)	47,422 (117,047)	43,403 (167,039)	7 (5)	331,403 (192,346)	603,855 (339,971)	9 (9)	378,825 (309,393)	647,258 (507,010)
下関造船所	3 (3)	14,965 (14,410)	6,746 (18,370)	5 (4)	54,309 (51,792)	74,218 (75,498)	8 (7)	69,274 (66,202)	80,964 (93,868)
横浜造船所	0 (3)	0 (186,006)	0 (317,687)	6 (2)	349,889 (162,493)	639,042 (336,099)	6 (5)	349,889 (348,499)	639,042 (653,786)
広島造船所	0 (2)	0 (136,364)	0 (245,081)	8 (6)	533,208 (381,889)	995,302 (725,479)	8 (8)	533,208 (518,253)	995,302 (970,560)
合計	7 (18)	310,629 (1,154,256)	541,332 (2,171,203)	41 (27)	3,103,902 (2,026,499)	6,233,635 (4,134,325)	48 (45)	3,414,531 (3,180,755)	6,774,967 (6,305,528)



# NKコーナ-



## 昭和49年度第4回技術委員会

昭和49年度第4回技術委員会は、12月9日日本工業クラブで開催され、鋼船規則及び同検査要領の改正案について審議が行われ、いずれも承認されたほか、次回技術委員会提出予定の規則改正方針などについて報告された。

鋼船規則及び同検査要領の改正については、次のとおり。

- (1) 規則B編2章中、製造中登録検査における水圧試験及び水密試験時の水頭について、設計時の水頭、工作法の変化等を考慮して改正する。なお、塗装別溶接部の検査を行うことにより、水圧、水密試験は塗装後でも可能なように改める。
- (2) 規則C編1章中、縦肋骨等への形鋼の断面係数を算定する場合、有効鋼板の取り扱い方を実情に即したように改める。
- (3) 規則C編15章中、縦強度を曲げ強度とせん断強度とに分け、今までの縦強度を曲げ強度とし、新たにせん断強度の規定を設ける。この規定によつて、船側外板、縦通隔壁のせん断力に対する厚さが決定される。なお、これに関連して検査要領も一部改正する。
- (4) 規則C編29章中、油送船の船底及び船側の縦通肋骨の寸法決定方法を合理化する。これに関連して、検査要領も改める。
- (5) 検査要領C29及びC30中、直接強度計算を行う場合に適用する許容応力を「標準値」に改め、弾力的な運用をする。
- (6) 規則D編の全般にわたり、規則の簡素化を図る目的で、一部規定の改正、新設、削除および検査要領への移設を行う。主な事項は次のとおり。
  - (a) 蒸気タービンの一般構造及び安全装置の規定改正
  - (b) 蒸気タービンロータの強度計算式を平均切線応力式のみにして、弾性応力式(ドナードの解法)を削除
  - (c) プロペラ押し込み計算式の検査要領への移行
- (7) 規則E編の全編見直しを行い、使用の便、簡素化及び合理化を図る目的で、一部規定の配列変え及び改正、新設、削除並びに検査要領への移設を行う。主な事項は次のとおり。

- (a) ボルト接合の平らなふた板の構造及び熱交換器管の算式に関する規定の検査要領への移行
  - (b) 安全弁のばねに関する規定及び溶接後の応力除去に関する規定の検査要領への移行
  - (c) 管板の算式に関し、管支柱が不規則配置の場合の計算方法追加
  - (d) ボイラ安全弁の固着防止を図るために、弁箱のドレン排出に関する規定を改め、安全弁排気管と他管系との接続を規制
  - (e) 溶接施行試験のうち、自由曲げ試験及び溶着金属引張試験の廃止
  - (f) 放射線試験に代え得るものとして、超音波探傷試験の追加規定
  - (g) 冷間加工の後熱処理の規定新設
  - (h) ボイラ及び圧力容器付着弁の材料品質に関する規定の新設
  - (i) ボイラ安全弁として、パイロット弁付き安全弁の規定の新設
  - (j) ボイラの低水位安全装置の規定新設
  - (k) ボイラ用圧延鋼板 KP 46, 49, 56 に対する許容応力の設定
  - (l) 水圧試験時のつち打ち試験の廃止
- (8) 規則J編中、船級登録原簿に符号M0を記載しようとする船舶については、3箇月以上使用の後、符号取得検査を行うことになっているが、技術の進歩に即応し、船舶の完工と同時に符号M0を船級登録原簿に記載し、「M0(機関無人化符号)証明書」を発行するように改め、これに関連する検査要領も改正する。
- (9) 規則H編中、試験検査関係の規則合理化の一環として、同一形式の電気機器に対しては、NKが適当と認めた場合、温度試験及び過負荷試験を省略し得よう関連規定を改め、各機器についての同一形式とみなすための条件については検査要領に示す。

## 新造船の建造工事の検査について造船所との懇談会

NKの新造船の建造工事の検査は、その造船所におけるQC体制と、各工程終了段階における構造物の検査(減点法検査)の二本の柱から成り立っている。NKでは、QC体制が完備し常に検査結果が良好な造船所に対しては、工程中の検査を重視したパトロール検査法に漸次転換し、各工程終了段階における品質確認のための検査は、そのかなりの部分を造船所の社内検査にゆだねてもよいという見解を持っている。

この新しい検査方式に関連して、大手造船所の工作部長、検査部長とNKとの懇談会が、昨年12月NK本部において開催された。

現在、造船所においては、工程の流れの円滑化が大きな命題であり本会のこのような検査方式に対し各社とも積極的な賛意を表した。本検査方式を適用するに当たっては、それぞれの造船所の実情に応じて立ち合い検査の回数が増減が行われるが、そのためにはNKと造船所との事前の十分なコミュニケーションが必要で、実態に即したフレキシブルな運用が要望された。

# 特許解説

過去1年余りにわたり、造船工法および設備についての、最近の特許を紹介してきた。今回今までの個別的な特許の解説に代えて、造船工法および設備についての全体的な特許の分布状況、さらには出願公開公報による最近の出願傾向について解説してみることにする。

現在、特許庁から発行されている、特許（実用新案も含む）に関する公報には、次の2種類がある。

①出願公開公報：出願内容の早期公開という趣旨から出願の日から1年6ヵ月経過後に、審査の有無にかかわらず発行されるもの。

②出願公告公報：審査官が先行技術調査等の審査を行わない、拒絶理由を見出すことができないものについて発行されるもので、そのほとんどが特許権となるもの。

上記①、②の各公報には、何れも詳細な特許分類が附与されており、公報の整理、サーチといった情報の加工、管理が容易に行われるよう配慮されている。その特許分類としては、現在、日本特許分類（J.P.C; Japan Patent Classification）および国際特許分類（I.P.C; International Patent Classification）の2つが併記して用いられている。

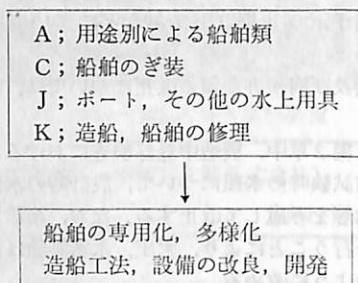
造船工法および設備に関する技術は、J.P.Cにおいて第84類「船舶、潜水」の中の補助類Kの「造船、船舶の修理」に展開されて分類づけされている。（第1表を参照のこと）

この分類を手がかりとして、今までに発行された、84 Kに関連する公報を収集して、分析を加えることにより、冒頭で述べた、造船工法および設備に関する全体的な特許の分布状況、さらには最近の出願の傾向が捉えられるわけである。

## 量的分析

第1図をみてみよう。この図表は、船舶に関する特許、実用新案の出願数の、それぞれの項目についての経年変化を示したものである。全体として、昭和35年以降、それぞれの出願は増加しているが、さらに検討してみると、次のことがいえるだろう。

とくに出願が増加している項目

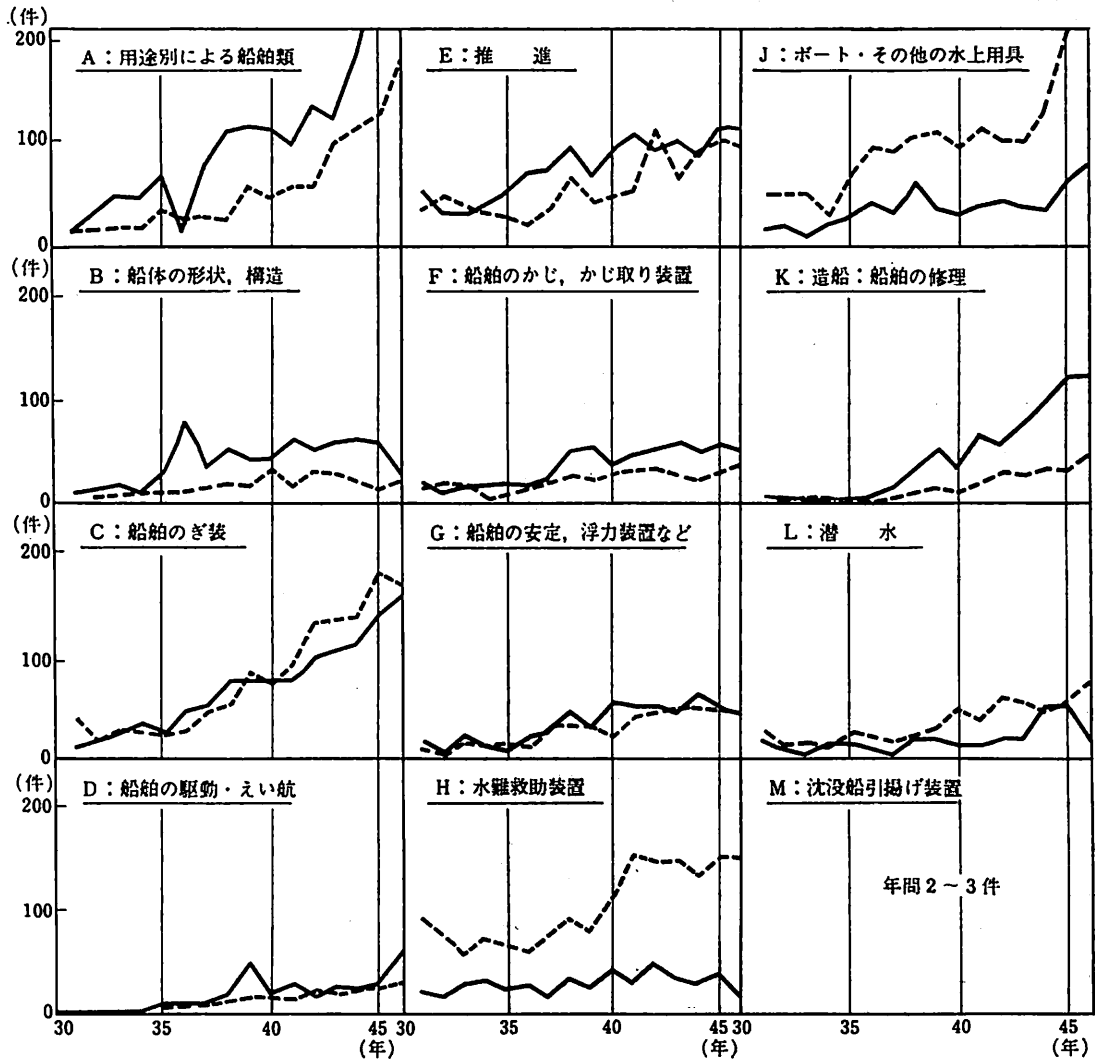


オイルタンカー、LNG 運搬船、フェリーポート、レジャー用快速ポートなどにみられるように、従来の汎用性のある貨客船に代わって、船舶が専用化、多様化してきている。

それに対応して、造船工法、設備についても各種の改良がなされてきている。それには、船舶そのものの大型

第1表 第84類 船舶、潜水

A	用途別による船舶類	0	造船、船舶の修理
B	船体の形状、構造	1	造船法
C	船舶のぎ装	2	ドック
D	船舶の駆動、えい航	21	乾ドック
E	推進	22	浮きドック
F	船舶のかじ、かじ取り装置	3	船台、その他の造船設備、進水装置
G	船舶の安定、浮力装置等	4	船体陸揚げの装置（ころ→82 D 3）
H	水難救助装置	5	修理
J	ポート、その他の水上用具	51	応急修理具（コリジョンマット等）
K	造船、船舶の修理	52	船体外壁掃除器
L	潜水	53	水中塗装装置（船体外壁掃除を兼備するもの→K 52）
M	沈没船引揚げ装置		・ 試験水槽→105 B 12
			・ 船底塗料→24 F 2
			・ 船体塗装装置→24 H



第1図 船舶、造船設備の出願傾向 (——特許, ----実用新案)

化、あるいは造船技術の省力化という要素も強く関係しているだろう。

この造船工法、設備についてさらに検討してみよう。

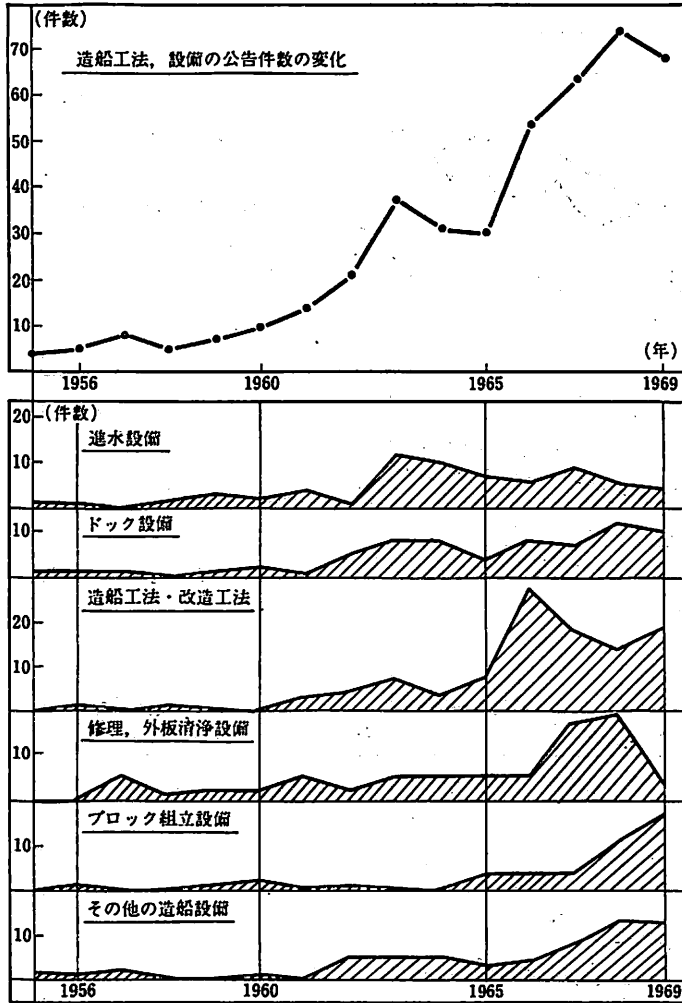
第2図は、造船工法、設備について、昭和30年以降出願公告された数を、その出願年度に置き換えて、経年変化を示したものである。上段のグラフは、造船工法、設備全体についての特許、実用新案の出願公告数の変化を示している。下段のそれぞれのグラフは、造船工法、設備についての個々の技術の変化を示したものである。

第2図をみると、造船工法、設備全体において、昭和38年頃に一つの区切りがあり、その後、一段落して昭和41年以降急増していることがわかる。

そして、昭和38年頃の一つの区切りは、主として進水設備に関する発明によつて引き起こされ、昭和41年以降の増加は、まず造船工法、改造工法についての発明によつて引き起こされ、次いでブロック組立設備、進水設備およびブロック組立設備以外の設備によつて行なわれている。

次に第3、4図をみよう。第3図は、船舶の近年とくに著しい大型化の傾向を示した図表である。第4図は、わが国造船量の推移と、上記の大型船の建造を可能にした、各社の大型造船所の建設の推移を表わした図表である。

さきに示した第2図の造船工法、設備に関する特許の



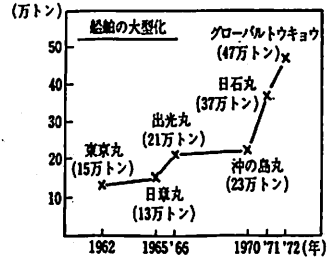
第 2 図

公告件数の経年変化は、昭和 38 年頃の一つのピークを除くと、この第 3、4 図の、船舶の大型化の傾向を示す図および造船量と各社の大型造船所の新設の推移を表わす図と、時期的にほぼ 1 年のズレでもつて一致している。

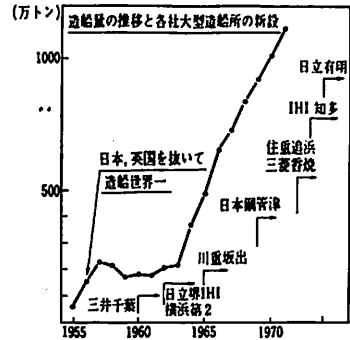
いつぼう、大型造船所の新設に伴い、従来の概念をまったく変えた造船工法の採用、あるいはブロック組立設備などの造船設備の開発といった発明が、昭和 41 年以降の増加の要因となっているわけである。

昭和 38 年頃のピークは、主として進水設備、ドック設備によつて引き起こされているが、これは既存の造船設備の改良によつて行なわれたものと考えられる。

以上のことを考え合わせると、造船工法、設備についての、これまでの技術的変化のパターンは、次のように

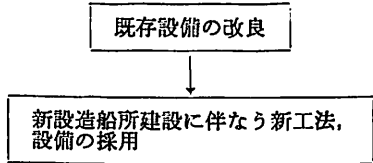


第 3 図



第 4 図

なると考えられるだろう。



### 内容的分析

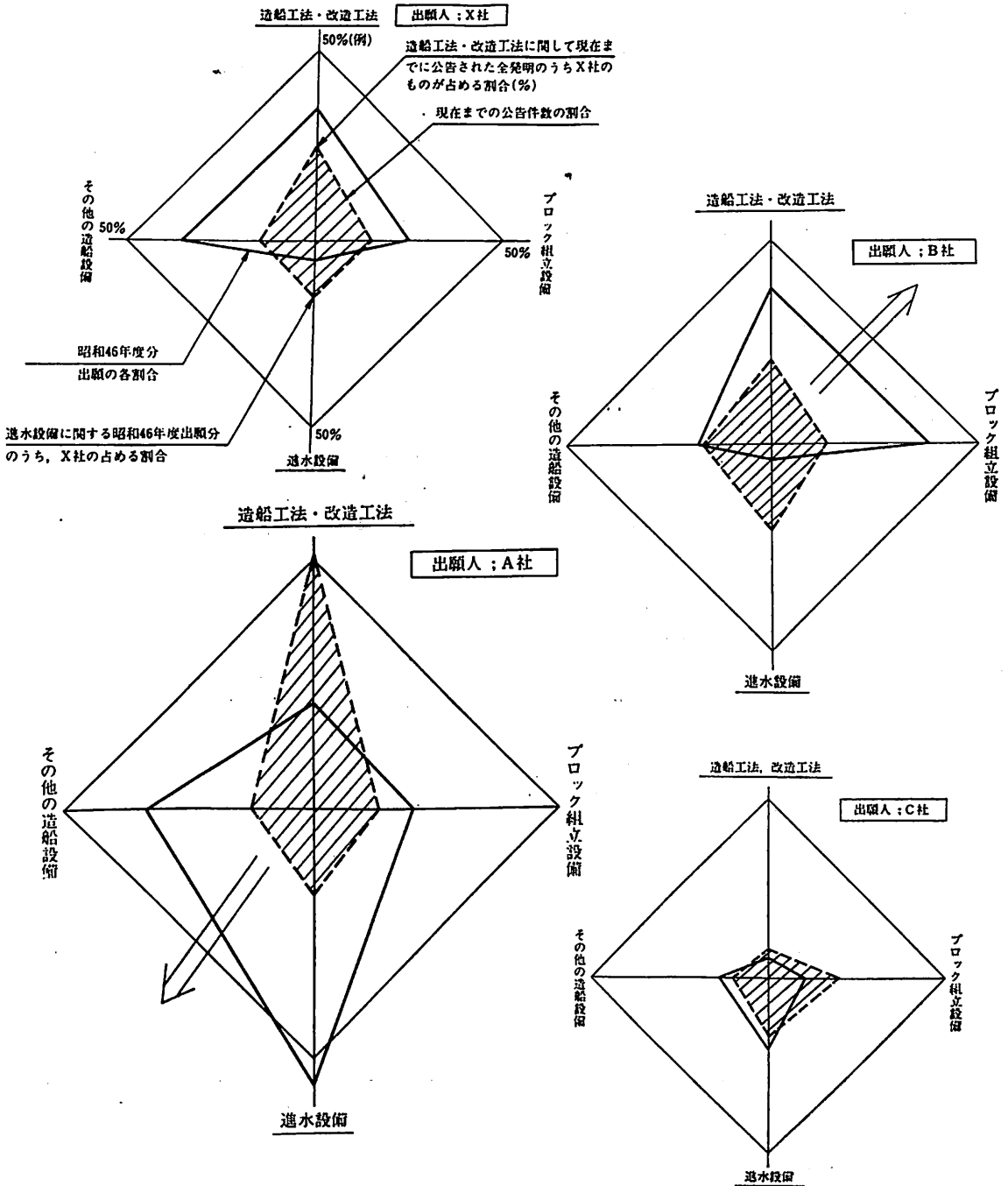
造船工法、設備に関する従来の技術発展パターンについてさきにも述べたが、近い将来の問題として、それらの造船技術はどのような形態を志向しようとしているのだろうか。

第 5 図をみてみよう。この図は、出願公告公報と出願公開公報をもとにして、造船工法および改造工法、ブロック組立設備、進水設備、その他の造船設備のそれぞれの技術分野の分布状況を各社別にまとめたものである。

破線は、現在までのそれぞれの技術分野についての各社の累積公告件数の割合を示しており、いわば各社のそれぞれの技術分野に関するポテンシャルを表わしているものと考えられる。

実線は、昭和 46 年出願分の公開公報をもとにして、各社の昭和 46 年度出願分のうち、造船技術に関するそれぞれの技術分野に、どの程度分布しているかを示しており、これは各社の昭和 46 年度の造船技術に関する技

このグラフの見方



第 5 図

術開発において、どの分野が重点的に行なわれたかを示しているといえるだろう。

そして、これら破線と実線によつて得られる四角形の

図形を、同一の図上に描くことにより、その四角形の図形のヒズミ具合から、各社の近い将来における造船技術についてのその動向の一端を知ることができよう。

第5図においては、破線と実線によつて得られる四角形の変化の度合が、特異な3社だけを挙げている。

まずA社の場合をみてみよう。A社は従来、造船工法および改造工法について、主としてその技術開発がなされてきており、造船工法および改造工法に関する特許のうち56%を占めている。ブロック組立設備、進水設備、その他の造船設備については、それぞれ10~20%を占めているにすぎない。

ところが、昭和46年度の公開公報でみると、進水設備、その他の造船設備に関する出願が急増しており、図中矢印で示すような技術開発のパターンを採りつつある。

いつぼう、このA社と逆の傾向を示しつつあるのがB社である。

従来、B社は造船技術に関するそれぞれの技術分野に、平均的に特許を占めていたが、昭和46年度の公開公報でみると、造船工法および改造工法、ブロック組立設備に関する出願が多くなっており、図中矢印で示すような、技術開発のパターンを採りつつある。

次にC社の場合をみてみよう。C社は従来においても、昭和46年度の出願分においても、全体としてそれぞれの技術分野の分布状況にたいした変化はない。

ここで、さきに示した第4図の各社大型造船所の新設状況（前月号を参照のこと）をみてみよう。A社およびB社はそれぞれ1972年、1973年にかけて大型造船所の新設を行なっており、さきに示した技術開発のパターンは、この造船所のためのものであると考えられる。

そして、さきの技術開発のパターンが、A社、B社両社まったく相異していることは、両社の新造船所建設に対する姿勢の相違を示しているといえよう。

すなわち、A社は、進水設備、その他の造船設備の比重が高いことより、造船工程における外業工作面を重視していることがわかる。

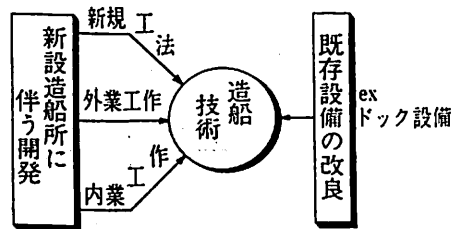
これに対して、B社は、ブロック組立設備、造船工法、改造工法の比重が大であることから、新規工法の採

用そして内業工作面を重視していることがわかる。

そして、C社は、第4図をみてわかるように、昭和46年頃に新規造船所の建設はなく、そのため、さきに示した技術の発展パターンに顕著さは見られず、造船技術全般について、平均的な分布を示している。このことは、昭和46年度、C社は既存設備の改良を通じて、技術の開発を行なつたことを示しているといえよう。

### まとめ

以上のことを考え合わせると、造船工法、設備についての、これからの技術的变化のパターンは第6図に示されるように、これまでのパターンと大きく相違することはないと考えられる。



第6図

ただ、これからの新造船所建設にあつては、従来の造船所の規模を単に大きくしたというだけではなくして、従来の概念をまったく変えた新工法の採用であるとか、ブロック組立設備にみられるような造船所設備の無人化といった、それぞれの新設造船所が特色をもつていくものと考えられる。

以上で、約1年余にわたつての造船工法、設備についての特許解説を終る。次回からは、船型、基礎船体構造について解説していく予定である。

なお、本文中A社は三菱重工業(株)、B社は日立造船(株)、C社は日本鋼管(株)である。

(特許庁審査第3部 幸長保次郎)

船舶 第48巻第2号 昭和50年2月12日発行  
2月号・定価600円(送料28円)

本誌掲載記事の無断転載・複写複製をお断りします。

編集兼発行人 土肥勝由

発行所 株式会社天然社

〒104 東京都中央区銀座5-11-13

ニュー東京ビル

電話・(03)543-7793 振替・東京79562

### 船舶・購読料

1カ月 600円(送料別28円)

6カ月 3,600円(送料別168円)

1カ年 7,200円(送料共)

本誌ご注文は書店または当社へ、なるべくご予約購読ください。

# 業界待望の書ついに完成!!

電子航法研究所衛星航法部長……………木村小一  
 東海海運局前任船舶検査官……………芹川伊佐男  
 (社)日本船舶品質管理協会技師 }……………土川義朗  
 (社)日本旅客船協会調査役 }

## — 編 集 —

# 船用品便覧

(1974年版)

B5判 8ポイント横組 300頁函入上製本 定価5,500円 千140円

### 内容目次

- |             |                      |
|-------------|----------------------|
| 第1章 総説      | 第7章 舷窓類              |
| 第2章 救命器具    | 第8章 錨, 鎖, 索          |
| 第3章 信号器具    | 第9章 航海器具, 航海装置, 無線装置 |
| 第4章 消防設備と器具 | 第10章 新製品, 新技術, トピック  |
| 第5章 船燈      | 第11章 諸表              |
| 第6章 船口閉鎖器具  | 第12章 業務資料            |

### 執筆者

船舶技術研究所艤装部環境研究室……………翁長一彦  
 前船舶技術研究所艤装部船用品研究室長……………緒方辰人  
 神戸海運局相生支局長……………  
 (社)日本船舶品質管理協会船舶艤装品研究所……………奥山信一  
 船舶技術研究所艤装部航海機器研究室長……………小黒英男  
 上記……………木村小一  
 財団法人日本船用品検定協会……………高橋邦敏  
 株式会社高工社取締役……………清水正二  
 上記……………芹川伊佐男  
 前船舶技術研究所艤装部長……………曾根功  
 日本海事協会大阪支部……………田淵隆之  
 (社)日本船舶品質管理協会船舶艤装品研究所……………玉虫英五郎  
 上記……………土川義朗  
 船舶技術研究所艤装部船用品研究室……………土屋正之  
 前船舶技術研究所艤装部船用品研究室長……………福森正直  
 日本海事協会広島支部……………安田健二

東京都中央区銀座5-11-13  
 ニュー東京ビル

株式 天然社  
 会社

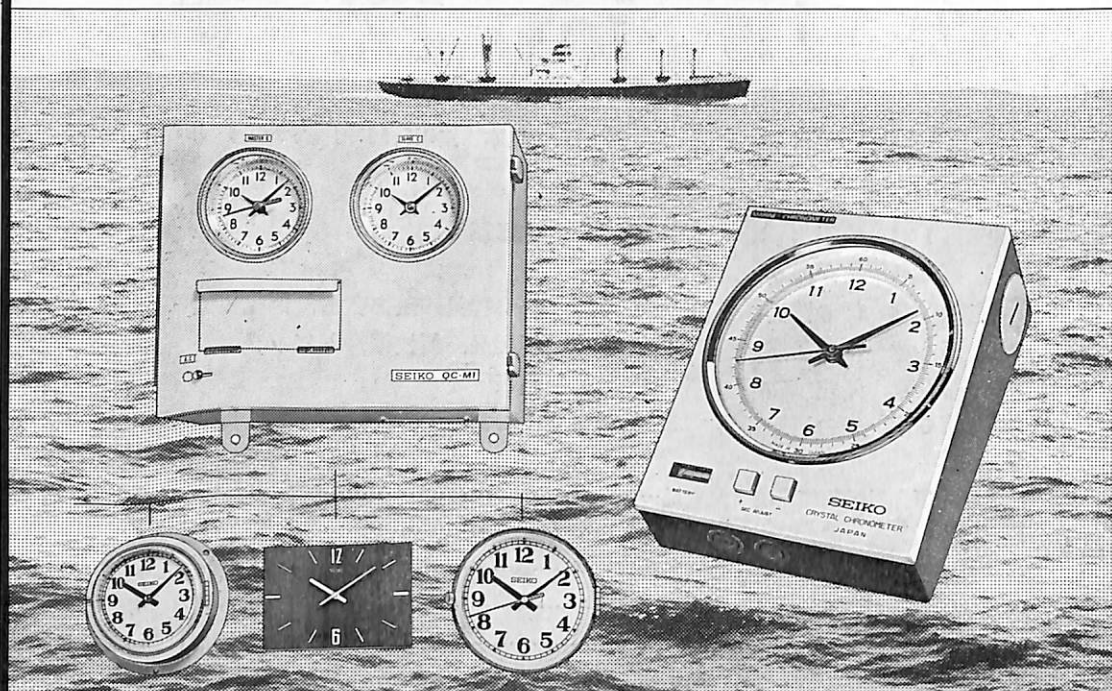
振替 東京 79562番  
 電話 (03)543-7793番

# 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 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