

船の科学 1981 10

VOL. 34 NO. 10



日産専用船運航向け

自動車運搬船“九州丸”

載貨重量17,650t 自動車積載数5,591台
速力試運転最大21.445kn 満載航海19.30kn

日立造船・広島工場因島建造

 日立造船株式会社

356 SUNNY DAYS!!

修繕と改造はカリブ海“キュラソー”で…
降雨量は年間わずか400ミリ。



設 備

- 修繕ドック 2基
150,000dwt 1基
28,000dwt 1基
- 1,800m(総延長)修繕岩壁
- 各種クレーン(ドックサイド)9基
- 年中無休サービス
- ジェット便は北米、南米、ヨーロッパ各地へ直行便、毎日運航

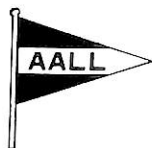
事業内容

- 船舶の修繕・改造
- 発電機・モーターの修繕と巻換え
- 電子機器及び自動化装置の修繕



**CURACAO DRYDOCK
COMPANY INC.**

Curaçao NETHERLANDS ANTILLES



総代理店

オールランドコンパニー リミテッド

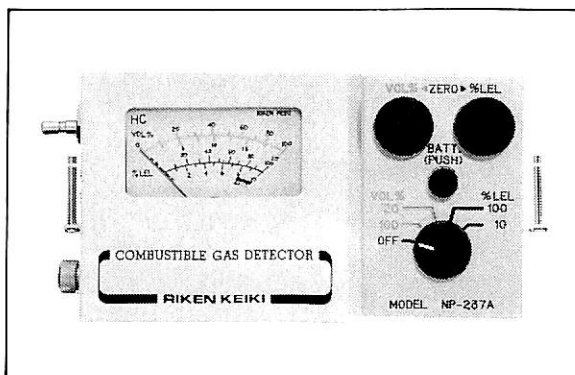
〒105 東京都港区西新橋1-1-3(東京桜田ビル) 電話(03)(503)2030(代)
テレックス222-3266“AALL J”

〒650 神戸市中央区東町113-1(大神ビル) 電話(078)(391)7801(代)
テレックス5622-401“AALL KB J”

新型可燃性ガス検知器 NP-237H型

特長

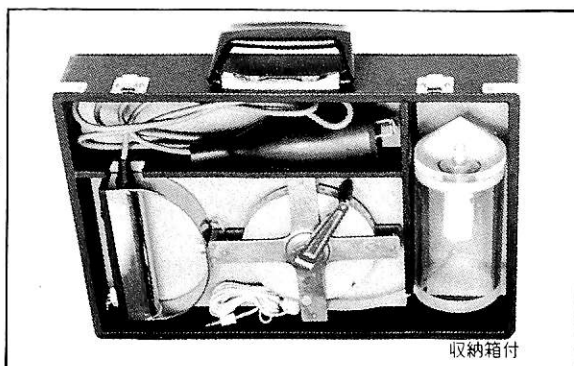
- イナートガス中のHCガス濃度が酸素濃度に関係なく測定できます。
- 熱伝導式による 0～100 VOL%
0～20
- 接触燃焼式による 0～100 %LEL
0～10
- 小型・軽量の防爆型
- 日本海事協会形式認定申請中



油水境界面検出器 MODEL DC-3A

概要

- 本器は、IMCOによる1973年の「船舶からの汚染の防止のための国際条約」(MARPOL 1973)および、同条約の1978年議定書(PROTOCOL 1978)に基づく油水境界面検出器です。
- 日本舶用品検定協会検定合格品
- 日本海事協会形式認定



製造元 理研計器株式会社

営業種目

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. ガス検知器 2. 水晶時計装置 (T.I.C. CITIZEN) 3. クロノメーター TSC-7700 4. 船用液面計 5. 船用ワイパー・旋回窓 6. 天文航法計算機 | <ul style="list-style-type: none"> 7. 航海計器
六分儀・双眼鏡・気圧計・風圧計
傾斜計・各種時計 8. 海洋観測機器 9. 電子ロック テクロシステム
その他各種計測器 |
|--|--|

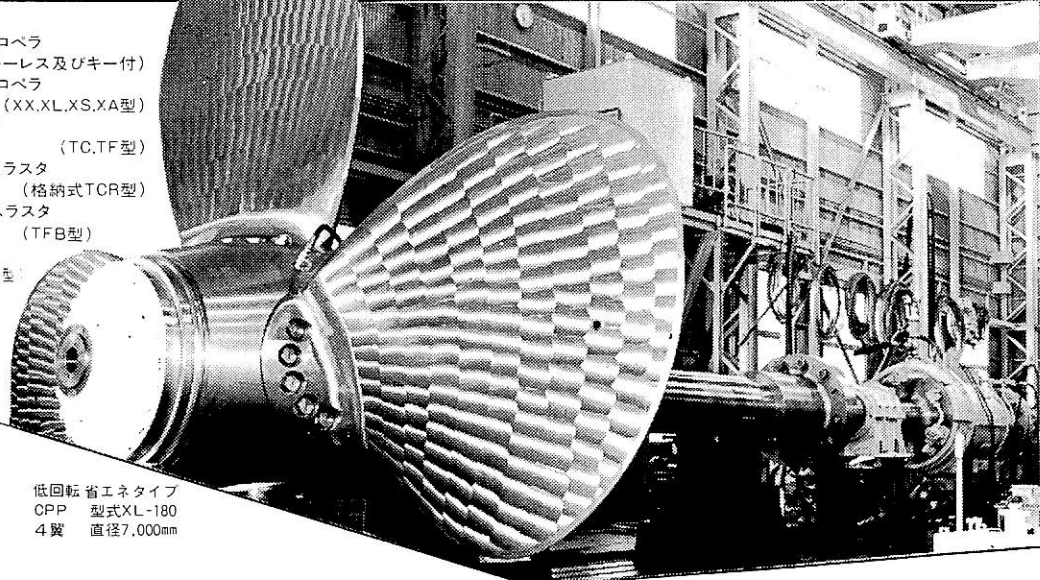
東京測器株式会社

〒101 東京都千代田区外神田1-3-3 電話 (03) 253-2991

可変ピッチプロペラ 100PS ⇒ 40,000PS

製造品目

- 固定ピッチプロペラ
(キーレス及びキー付)
- 可変ピッチプロペラ
(XX, XL, XS, XA型)
- サイドスラスト
(TC, TF型)
- ダイナミックスラスト
(格納式TCR型)
- 船底吸込式スラスト
(TFB型)
- シャフト
カップリンク(NKS型)
- ヘッカー
フラップラタ
(KSR, S, L型)
- 船尾装置
エンシニアリンク



低回転省エネタイプ
OPP 型式XL-180
4翼 直径7,000mm



ナカシマ・ストーン・マリン株式会社



ナカシマプロペラ株式会社

〒700-91 岡山市上道北方688-1 岡山中央郵便局私書箱167号 TLX.5922320

- 本社工場 岡山 <0862> 79 5111代
- 東京支店 東京 <03> 553-3461代
- 大阪営業所 大阪 <06> 541-7514代
- 福岡営業所 福岡 <092> 461-2117代
- 仙台営業所 仙台 <0222> 23-8353代
- 札幌営業所 札幌 <011> 821-8382

新鋭試験設備を駆使して明日の技術開発を...

■ 主要業務

受託試験、研究
施設設備の貸与
技術相談

環境(耐候・振動)・防火・防爆・情報処理
音響・化学分析・材料・加速度ピックアップの
校正等・試験研究設備が整備されています



船舶艀装品研究所

所長 芥川 輝孝

RESEARCH INSTITUTE OF MARINE ENGINEERING
HIGASHIMURAYAMA TOKYO JAPAN

〒189 東京都東村山市富士見町1-5-12
TEL 0423-94-3611~5

(競艇益金事業)

一目瞭然

複雑な面積測定をデジタル表示。TAMAYA PLANIX

タマヤプランクスは複雑な図形をトレースするだけで、面積を簡単に測定することができます。

従来のプランメーターの帰零装置、読取機構のメカニカル部分が全てエレクトロニクス化され、積分車に組み込まれた高精度の小型エンコーダーが面積をデジタル表示する画期的な新製品です。



PLANIX

新製品 / デジタルプランメーター

- プランクスの特徴：
- 読み間違いのないデジタル表示
 - ワンタッチで0セットができるクリアー機能
 - 累積測定を可能にしたホールド機能
 - 手元操作を容易にした小型集約構造
 - 図面を損傷する極針を取り除いた新設計
 - 低価格を達成したPLANIXシリーズ

PLANIX2-¥55,000 PLANIX3-¥59,000 PLANIX3S-¥56,500

※カタログ・資料請求は、本社まで
ハガキか電話にてご連絡ください。

 TAMAYA

株式会社 玉屋商店

本社：〒104東京都中央区銀座3-5-8 TEL. 03-561-8711(代)
工場：〒143東京都大田区 也上2-14-7 TEL. 03-752-3481(代)

実績、経験を誇る日防の電気防蝕！

Capac[®] エンゲルハルド=日防

自動制御式外部電源電気防蝕装置

本装置はエンゲルハードインダストリーズ社製品にて、過去12年間に30,000台が船舶に取付けられております。

防蝕用Al入りZn流電陽極

ZINNODE

PAT. NO 252748

M.G.P.S. 三菱=日防

海洋生物付着防止装置

船舶の海水配管を海洋微生物や貝類の付着から守るため、海水の電気分解法による本装置“M.G.P.S.”を完成いたしました。

防蝕用Al合金流電陽極

ALANODE

PAT. NO 254043



調査=設計=施工

日本防蝕工業株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目6-4番地(交通公社ビル8階) 〒100 ☎東京(03)211-5641(代表)
大阪事務所☎443-9271~5・名古屋☎231-1698・広島☎43-2720・福岡☎431-8421・長崎☎22-9185・仙台☎25-0916

電流の作用で鉄のさびを防ぐ

電 気 防 食

船舶、港湾施設、水中構造物、埋設施設、タンク・配管、その他

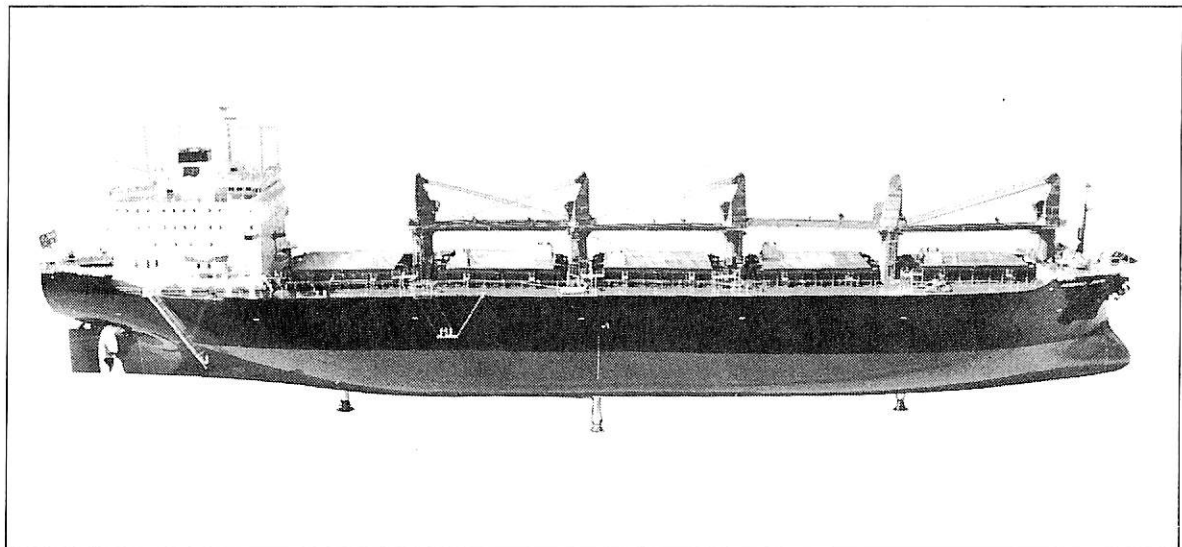
技術の中川が責任をもって調査、設計および施工をします



中川防蝕工業株式会社

本 社 (〒101) 東京都千代田区鍛冶町2-2-2 03(252)3 1 7 1
支 店 (〒532) 大阪市淀川区西中島5-9-6 06(303)2 8 3 1
営 業 所 千葉・京浜・名古屋・広島・福岡・沖縄
出 張 所 札幌・仙台・新潟・水島・高松・大分・鹿児島

進水記念贈呈用に 不二の船舶美術模型を



37,300DWT 撒積貨物船
M.V. "HOWARD SMITH"
模型縮尺 1/100



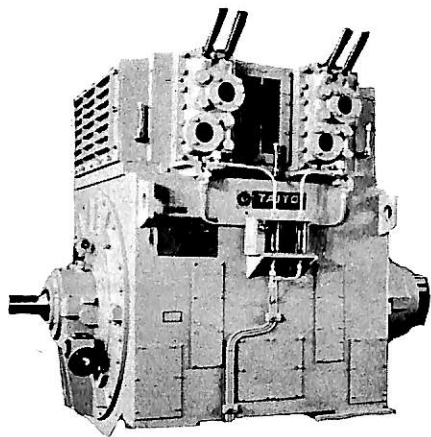
株式会社 不二美術模型

代表取締役社長 桜庭 武二
東京都練馬区高松2丁目5の2 TEL. 東京 (998)1586

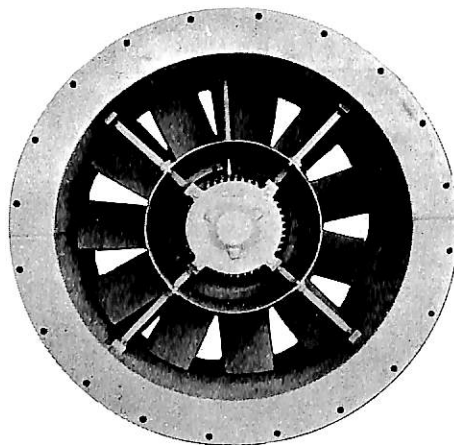
ながい経験と最新の技術を誇る！



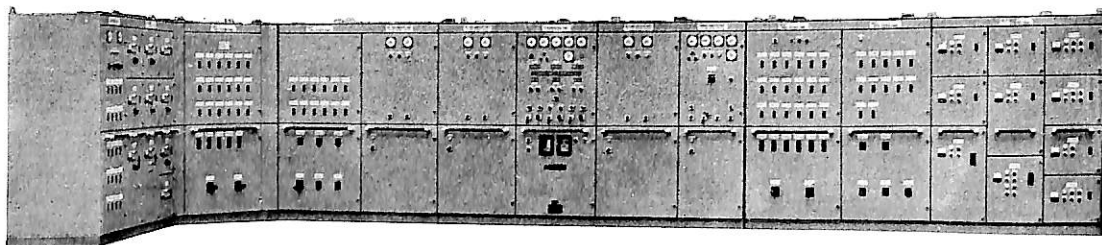
大洋の船舶用電気機器



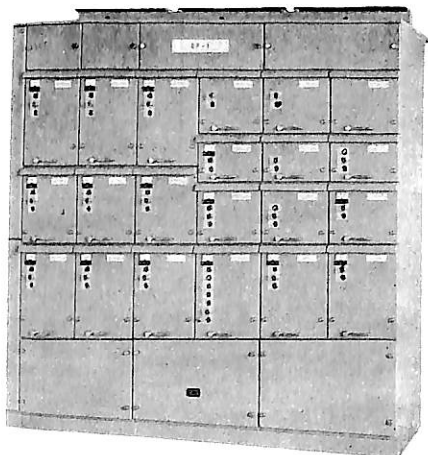
排ガスタービン2極発電機



低騒音軸流通風機



自動化装置組込配電盤



ドロアアウト式集合始動器

主要生産品目

- 発電機
- 電動機
- 配電盤
- コンソールパネル
- 自動化電源装置
- 各種送風機

 **大洋電機** 株式会社

本社 東京都千代田区神田錦町3-16

電話 03-293-3061 (大代)

工場 岐阜・岐阜羽島・伊勢崎・群馬

営業所 下関・札幌・大阪・釧路

海外 Chicago・Jakarta・Dubai・Abu Dhabi

船の科学

1981

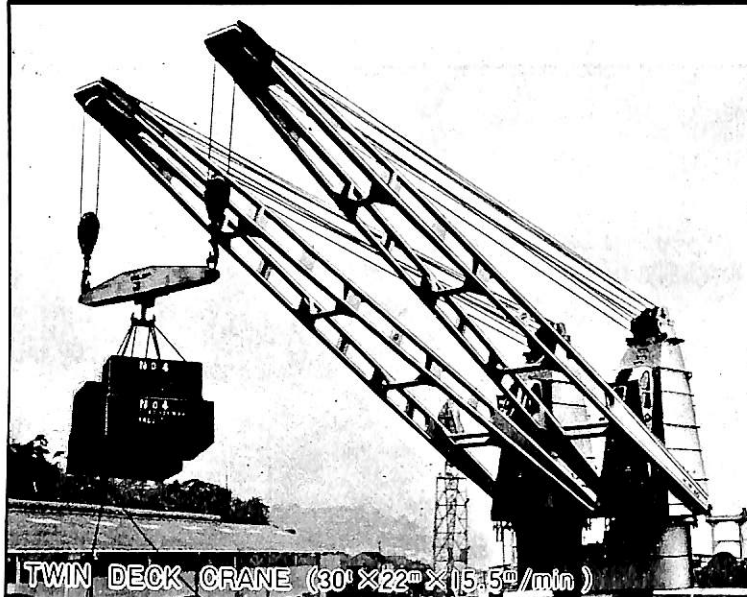
10

Vol. 34

目 次

- 9 新造船写真集 (No. 396)
- 22 日本商船隊の懐古No. 28 (しあとる丸, 朝日丸)山 田 早 苗
- 25 9月のニュース.....編 集 部
- 26 省エネルギー船用機関の普及促進について.....編 集 部
- 28 超浅喫水船 (US DV) の開発と経済性について.....三 菱 重 工 業
- 35 “新愛徳丸” の追跡調査とその成果
コンピューターでよみがえった帆船.....船 舶 技 術 開 発
- 42 私の戦後海運造船史 (22).....米 田 博
- 46 高速艇の構造についての二三の考察 (2)岩 井 次 郎
- 55 LNG 船の就航記録から (その5)
貨物オペレーションの実際 (上)編 集 部
- 69 船舶基本設計用データファイルシステム.....日 本 鋼 管
-
- 74 ケミカルタンカー (54).....恵美洋彦・曾根 紘・角張昭介
- 82 船舶電子航法ノート (60).....木 村 小 一
-
- 13 大阪商船三井船舶・澤山汽船“青葉山丸”に装備されたソーラー給湯システム
- 技術短信 海底石油生産システム (SPS) プロジェクト, ライザ管の海中設置試験に成功 三井造船
- 統計資料 世界主要造船国手持工事量 (1981年第2四半期末) ロイド船級協会
- 製品紹介 壁掛けタイプ超薄型船用ファクシミリ 古野電気

最新の技術と実績を誇る 福島甲板機械



- 油圧・蒸気・電動各種
甲板機械
- デッキクレーン
- アンカー・ハンドリング
ウィンチ
- 電動油圧グラブ

Fukushima

株式会社 **福島製作所**

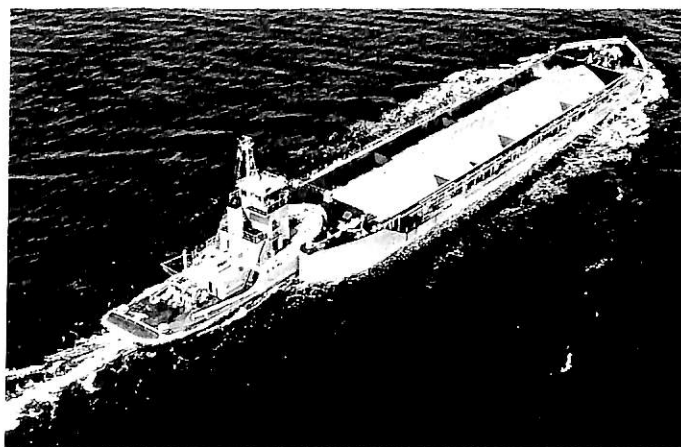
本社・工場 福島市三河北町9番80号 ☎0245(34)3146
 営業部 東京都千代田区西船町4-9 ☎03(265)3161
 大阪営業所 大阪市東区南本町3-5 ☎06(252)4885
 出張所 札幌・石巻・広島・下関・長崎
 海外駐在員事務所/ロンドン

TWIN DECK CRANE (30°×22°×15.5°/min)

“押船—舳船団に”アーティカップル

ピンジョイント式
自動連結装置

ボタン操作による
全自動方式



☆ 荒天時も就航可能!

☆ 連結—切離し作業の無人化とスピード・アップ!

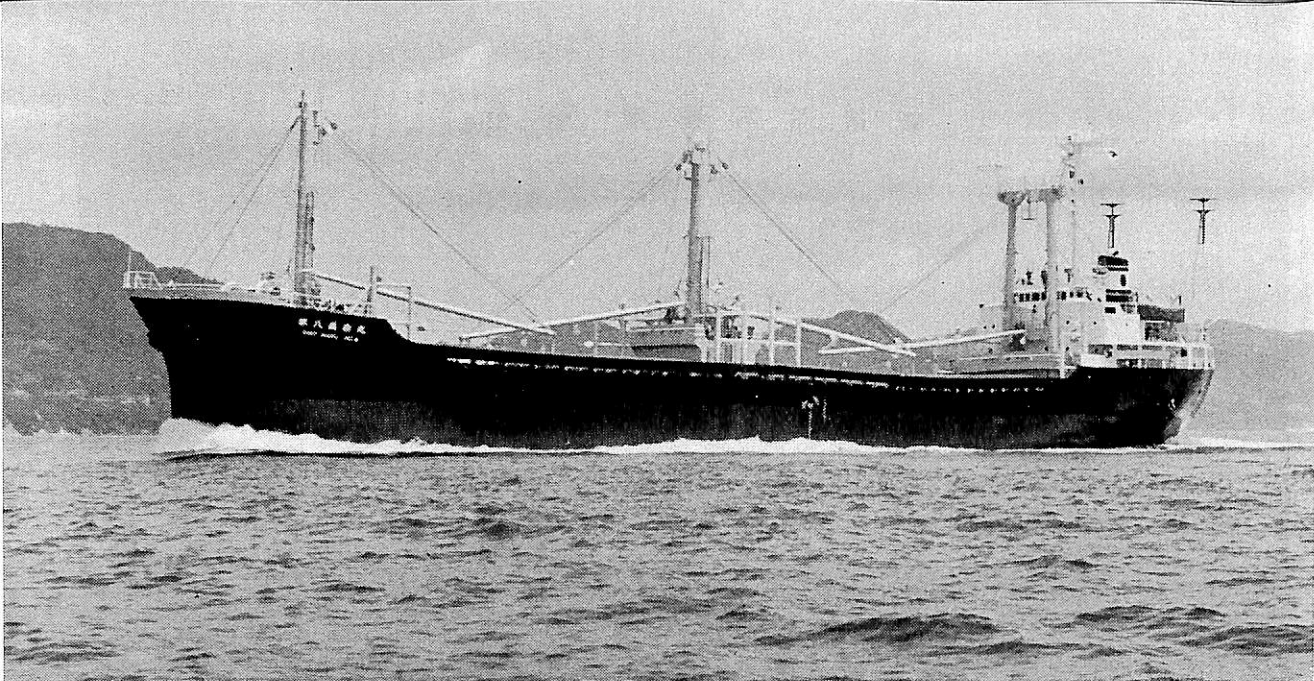
大成設計工務株式会社

東京都千代田区岩本町1-6-7
 宮沢ビル703号 電話03(851)3837
 テレックス 2655164 TAIENG J



36次散積貨物船 **新加古川丸** 山下新日本汽船株式会社
SINKAKOGAWA MARU

日立造船株式会社有明造船所建造(第4665番船)	起工 55-8-27	進水 56-4-3	竣工 56-6-26
全長 259.51m	垂線間長 248.00m	型幅 43.00m	型深 23.50m
満載排水量 144,081t	総噸数 71,792.14T	純噸数 49,391.47T	満載喫水 16.10m
貨物艙容積 146,583m ³	艙口数 9	燃料油槽 F. 4,124.8m ³ D. 299.5m ³	載貨重量 124,292t
清水槽 2,030.4m ³	主機機 日立B&W6L90GFCA型(デ)機関×1	出力 (連続最大) 19,900PS (83rpm)	燃料消費量 59.1t/day
(常用) 16,900PS (79rpm)	プロペラ 5翼1軸	補汽缶 大阪ボイラー	油焚き 7,300kg/h × 8.5kg/cm ² G
× 飽和	発電機(タ) 神鋼電機 900kVA × AC 450V × 60Hz × 3,600rpm × 1 (原) 新興金属 720kW × 3,600rpm × 1		無線装置 送(主)
(デ) 神鋼電機 900kVA × AC 450V × 60Hz × 900rpm × 2 (原) ダイハツ 1,100PS × 900rpm × 2			海事衛星装置 VHF
NSD-26 × 1 (補) NSD1175B × 1	受(主) NRD-73 × 2 (補) NRD 1003A × 1		
航海計器 デッカ ロラン NNSS レーダー		速力 (試運転最大) 17.091kn (満載航海) 14.6kn	
航続距離 24,400浬	船級・区域資格 NK 遠洋	船型 シングル甲板型	乗組員 28名

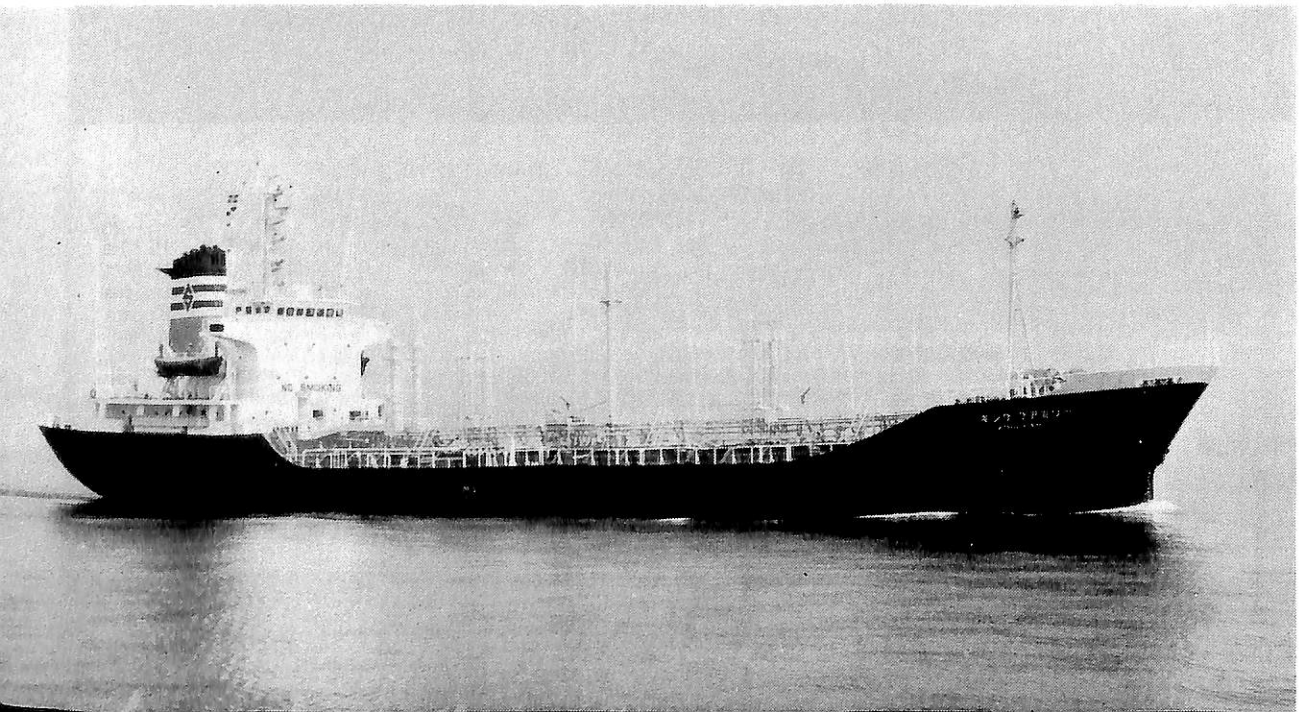


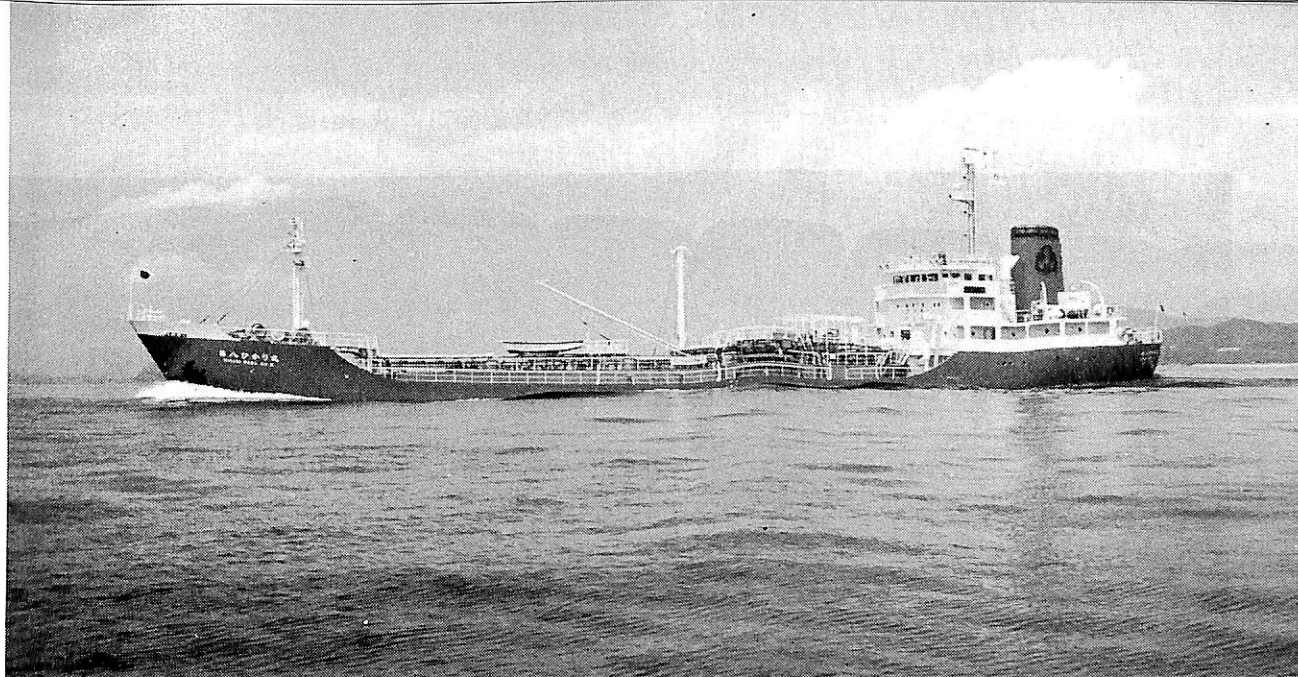
貨物船 **第八義宗丸** 船舶整備公団
奥地汽船株式会社
GISO MARU No.8

松垣造船株式会社建造(第261番船) 起工 56-3-24 進水 56-5-23 竣工 56-7-3
 全長 105.57m 垂線間長 98.61m 型幅 16.33m 型深 8.40m 満載喫水 6.81m
 満載排水量 8,532t 総噸数 3,723.41T 純噸数 2,521.89T 載貨重量 6,496.52t
 貨物艙容積(ベ) 8,055.89^m (ク) 8,529.43^m 艙口数 2 デリック 15t×3, 22t×1
 燃料油槽 592^m 燃料消費量 12.0t/day 清水槽 410^m 主機械 阪神 6EL44型(テ)機関×1
 出力(連続最大) 4,000PS(220rpm) (常用) 3,400PS(208rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶
 800kg/h×7kg/cm²×1 発電機 西芝 180kVA×2 (原) ヤンマー 225PS×900rpm×2 無線装置
 送(主) 500W×1 (補) 75W×1 受(主) 全波×1 (補) 全波×1 航海計器 NNSS レーダー 速度力
 (試運転最大) 15.463kn (満載航海) 12.5kn 航続距離 12,000浬 船級・区域資格 NK 近海
 船型 全通一層甲板船尾機関型 乗組員 22名 同型船 汐春丸 主機関 低速4 サイクル搭載第1船

ケミカルタンカー **キング ファミリー** 三井リース事業株式会社
KING FAMILY

本田造船株式会社建造(第689番船) 起工 55-11-1 進水 56-4-4 竣工 56-6-1
 全長 97.92m 垂線間長 90.00m 型幅 15.30m 型深 7.90m 満載喫水 6.50m
 満載排水量 7,083.84t 総噸数 1,594.8T 純噸数 2,936.67T 載貨重量 5,275t 貨物油槽容積
 5,441.720^m 主荷油ポンプ 150^m/h×80m×1, 400^m/h×80m×2, 300^m/h×80m×2 燃料油槽
 C. 468.82^m A. 77.74^m 燃料消費量 553ℓ/h 清水槽 277.36^m 主機械 赤阪DM47型(テ)機関×1
 出力(連続最大) 3,400PS(250rpm) (常用) 2,890PS(237rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶
 6,700kg/h×7~8kg/cm² 発電機 大洋電機 450V×220kVA×1,200rpm×2 (原) ヤンマー 420PS,
 270PS×2 無線装置 送(主) 0.5kW×1 (補) 130kW×1 受(主) 全波×1 (補) 全波×1 VHF
 航海計器 ロラン レーダー 速度力(試運転最大) 13.506kn (満載航海) 12.3kn 航続距離 7,500浬
 船級・区域資格 NK 遠洋 船型 船首尾楼付一層甲板型 乗組員 18名





油槽船 第八ひかり丸 船舶整備公社
関電阪急商事株式会社

HIKARI MARU No. 8

内海造船株式会社田熊工場建造(第468番船)	起工 56-2-5	進水 56-4-23	竣工 56-7-22
全長 87.45m 垂線間長 80.00m	型幅 13.80m	型深 6.70m	満載喫水 6.198m
満載排水量 5,078.73t	総噸数 2,154.06T	純噸数 1,142.61T	載貨重量 3,747.94t
貨物油槽容積 3,899.485 ^m	主荷油ポンプ 1,200 ^m /h×100m×2	燃料油槽 134.13 ^m	燃料消費量 8.2t/day
清水槽 105.32 ^m	主機械 ダイハツ 6DSM-26 F型(テ)機関×2	出力 (連続最大) 1,100PS×2	
補汽缶 ヤンマー 6HAL-N 150PS×1,800rpm×2	プロペラ 4翼1軸	補汽缶 横煙管丸型 10kg/cm ² ×4,350kg/h×1	
発電機 西芝 225kVA×445V×60Hz×2 (原)ヤンマー 270PS×1,200rpm×2		停泊用 西芝 30kVA×445V×60Hz×1 (原)ヤンマー 38PS×1,800rpm×1	
無線装置 無線装置	船舶電話	航海計器 レーダー	
速力 (試運転最大) 12.693kn (満載航海) 12.2kn	航続距離 3,940浬	船級・区域資格 NK 沿海	
船型 膨張トランク付凹甲板型	乗組員 14名		

漁業取締船 清 風 島根県

SEIFU

有限会社福島造船鉄工所建造(第300番船)	起工 56-1-29	進水 56-4-2	竣工 56-5-20
全長 38.77m 登録長 33.31m	型幅 6.20m	型深 2.99m	総噸数 141.43T
純噸数 41.43T	燃料油槽 55.10 ^m	清水槽 14.60 ^m	主機械 ヤンマー-T260-ST型(テ)機関×1
出力 (連続最大) 1,400PS (700rpm)	ヤンマー減速逆転機 減速比 2.44/3.69	プロペラ 5翼1軸	
補汽缶 ヤンマー 6HAL-N 150PS×1,800rpm×2	発電機 大洋電機 125kVA×225V×60Hz×3φ×1,800rpm×2		
無線装置 主送受信機 NSD-1782B, 100W, 25W, 1W	緊急自動受信機 JXA-8A	ハイブリッド航法装置	
(ロラン NNSS テッカ) レーダー	速力 (試運転最大) 14.53kn (満載航海) 14.06kn	航続距離 2,500浬	
船級・区域資格 JG 第三種漁船	船型 長船首楼型	乗組員 15名(乗組員9名 取締員2名 他4名)	
測深機器各種 かもめ サイドスラスター 0.7t	搭載艇 ヤマハFRP製"はやて" 6.69m×2.44m×1.20m		
主機械 ボルボ 228PS×4,600rpm	速力 28.8kn	ロランC, 1W	DSB送受信機を搭載





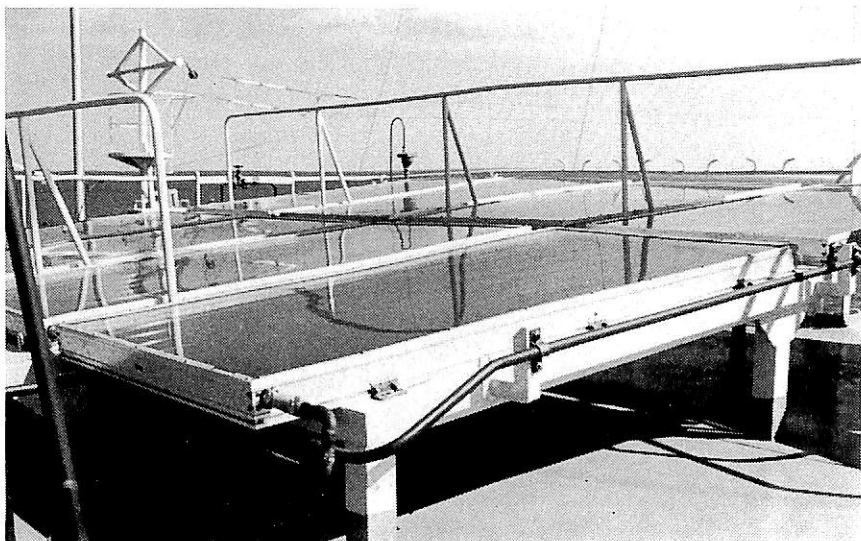
36次撒積貨物船 **青葉山丸** 大阪商船三井船舶株式会社
AWOBASAN MARU 澤山汽船株式会社

石川島播磨重工業株式会社第一工場建造(第2755番船)	起工	56-1-12	進水	56-5-9	竣工	56-8-25
全長 271.25 m	垂線間長	260.00 m	型幅	43.00 m	型深	22.80 m
総噸数 72,264.22 T	純噸数	50,542.96 T	載貨重量	138,655 T	滿載喫水	16.807 m
艙口数 9	燃料油槽	5,579.6 m ³	燃料消費料	58.55 t/day	貨物艙容積(グ)	155,842.9 m ³
IHI Sulzer 6RLA 90型(テ)機関×1	出力(連続最大)	20,400 PS (90rpm)	(常用)	17,340 PS (85.3rpm)	清水槽	601 m ³
プロペラ 5翼1軸 補汽缶 IHI 丸型	9.0 kg/cm ² × Sat. × 7.3 t/h	排エ	強制循環 2段圧力式			
5.5 kg/cm ² G × 248 °C × 4.8 t/h × 1	発電機 (主)(夕)	720 kW × 60 Hz × AC 450 V × 1,800 rpm × 1	(補)(テ)	720 kW		
× 60 Hz × AC 450 V × 720 rpm × 2	無線機器 (主)	1.2 kW × 2	(補)	75 W × 1	VHF	
航海計器 ロラン レーダー	速度(試運転最大)	17.35 kn	(滿載航海)	14.87 kn	航続距離	29,200 浬
船級・区域資格 NK 遠洋	船型 平甲板型	乗組員	30名	。ソーラーシステム(給湯用) 装備		

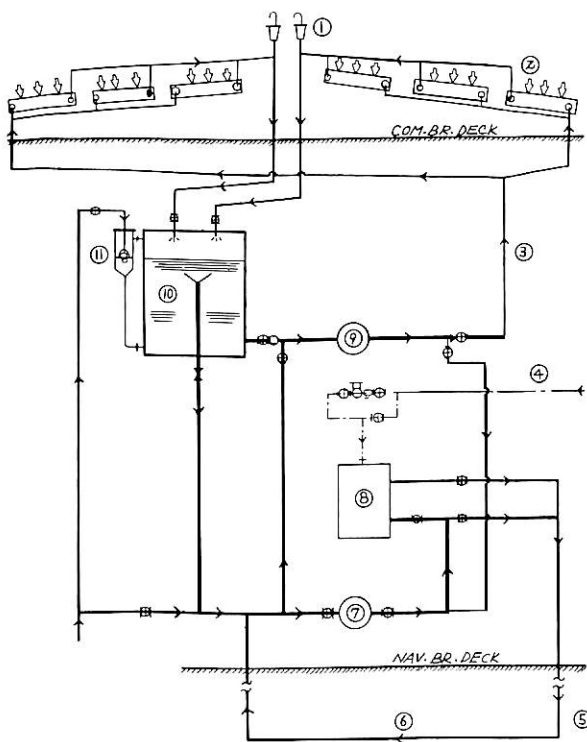
“青葉山丸”に装備された省エネ ソーラー給湯システム

ソーラーシステム（給湯用）を青葉山丸に装備した事に関しては、新日本製鐵㈱の提案により、大阪商船三井船舶㈱と石川島播磨重工業㈱の3社の共同研究によるものである。

写真 コンパス船橋甲板上に装備されたソーラーコレクター

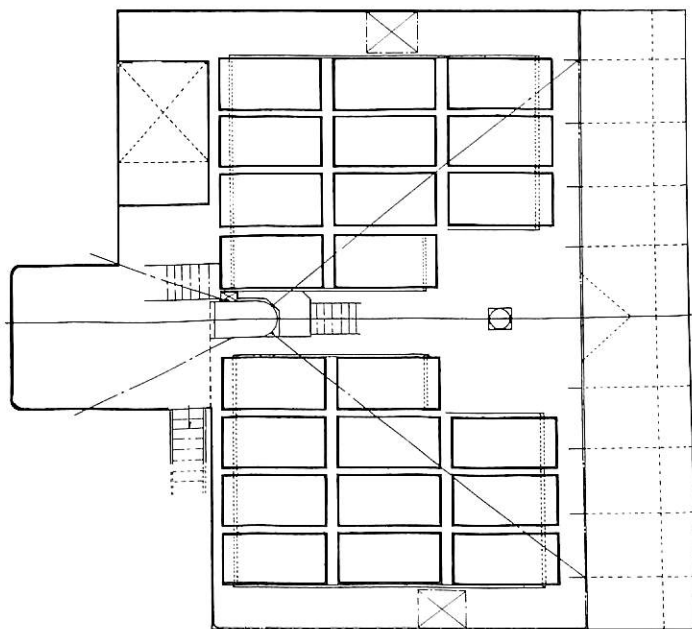
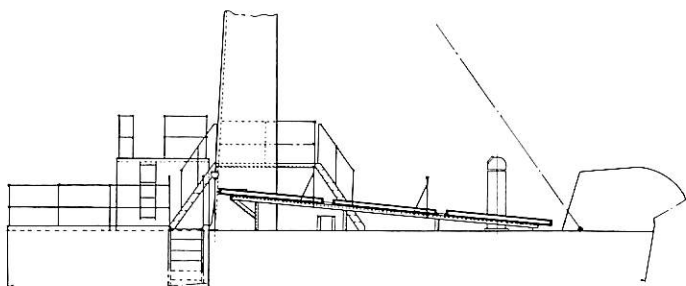


1 コレクター寸法 2.03 m × 1.03 m
 22 個配列での有効面積 42.68 m²
 1日に 3t (60℃)の温水が出来る。



- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| ① エアー排出弁 | ⑦ 温湯循環ポンプ |
| ② コレクター | ⑧ カロリーファイヤー |
| ③ ソーラー システム
循環ライン | ⑨ ソーラー循環ポンプ |
| ④ スチーム ライン | ⑩ タンク (2.5 m ³) |
| ⑤ 居住スペース | ⑪ 自動給水弁 |
| ⑥ 温湯循環ライン | |

ソーラー給湯システム図



ソーラーコレクター配置図 (コンパス船橋甲板上)
 22 個配列のコレクターは太ワクで示す。
 (中央はレーダーマスト)



ワールド ライト
輸出撒積貨物船 **WORLD LIGHT**

船主 World Logan Shipping Ltd. (Hong Kong)
 川崎重工工業株式会社坂出工場建造(第1330番船) 起工 55-11-4 進水 56-2-27 竣工 56-8-8
 全長 270.14 m 垂線間長 260.00 m 型幅 43.00 m 型深 23.60 m 満載喫水 16.827 m
 総噸数 72,940.25 T 純噸数 54,718.79 T 載貨重量 136,211 t 貨物艙容積 (グ) 158,051.8 m³
 艙口数 9 燃料油槽 4,444.3 m³ 燃料消費料 50.1 t/day 清水槽 499.6 m³ 主機械
 日立B&W6L 80 G F C A型(デ)機関×1 出力 (連続最大) 16,200 PS (102 rpm) (常用) 14,580 PS (98 rpm)
 プロペラ 5翼1軸 補汽缶 強制循環水管式, 豎円筒強制通風式各1 発電機 西芝600 kVA×900 rpm×3
 (原)ダイハツ 710 PS×900 rpm×3 無線装置 送(主) 1.5 kW×1 (補) 400 W×1 受(主) 全波×1 (補) 全波×1
 海事衛星装置 VHF 航海計器 デッカ ロラン NNSS レーダー 速度 (試運転最大) 16.283 kn
 (満載航海) 13.72 kn 航続距離 27,000 哩 船級・区域資格 LR 遠洋 船型 平甲板型
 乗組員 35名 同型船 WORLD EDEN

- 14 -

ケップ ウェーブ
輸出撒積貨物船 **KEPWAVE**

船主 Kapal Management Pte. Ltd. (Singapore)
 三井造船株式会社玉野事業所建造(第1227番船) 起工 55-11-29 進水 56-3-12 竣工 56-6-25
 全長 263.003 m 垂線間長 253.000 m 型幅 42.000 m 型深 22.800 m 満載喫水 16.46 m
 総噸数 59,396.96 T 純噸数 46,811.40 T 載貨重量 129,237 T 貨物艙容積 (グ) 141,604.8 m³
 艙口数 9 燃料油槽 4,870.8 m³ 燃料消費量 57.9 t/day 清水槽 506.6 m³ 主機械
 三井B&W 6L 80 G F C A型(デ)機関×1 出力 (連続最大) 18,400 PS (106 rpm) (常用) 16,700 PS (103 rpm)
 プロペラ 4翼1軸 補汽缶 三井HS V-MK II型 豎型横煙管式 7 kg/cm²×2,000 kg/h×1 発電機
 AC 450 V×3φ×60 Hz×680 kW×3 (原)ヤンマー6GL-UT 1,000 PS×720 rpm×3 無線装置 送(主) 1.5 kW×1
 (補) 1 航海計器 デッカ ロラン レーダー 速度 (試運転最大) 16.48 kn (満載航海) 14.27 kn
 航海距離 26,270 哩 船級・区域資格 LR 遠洋 船型 平甲板型 乗組員 34名



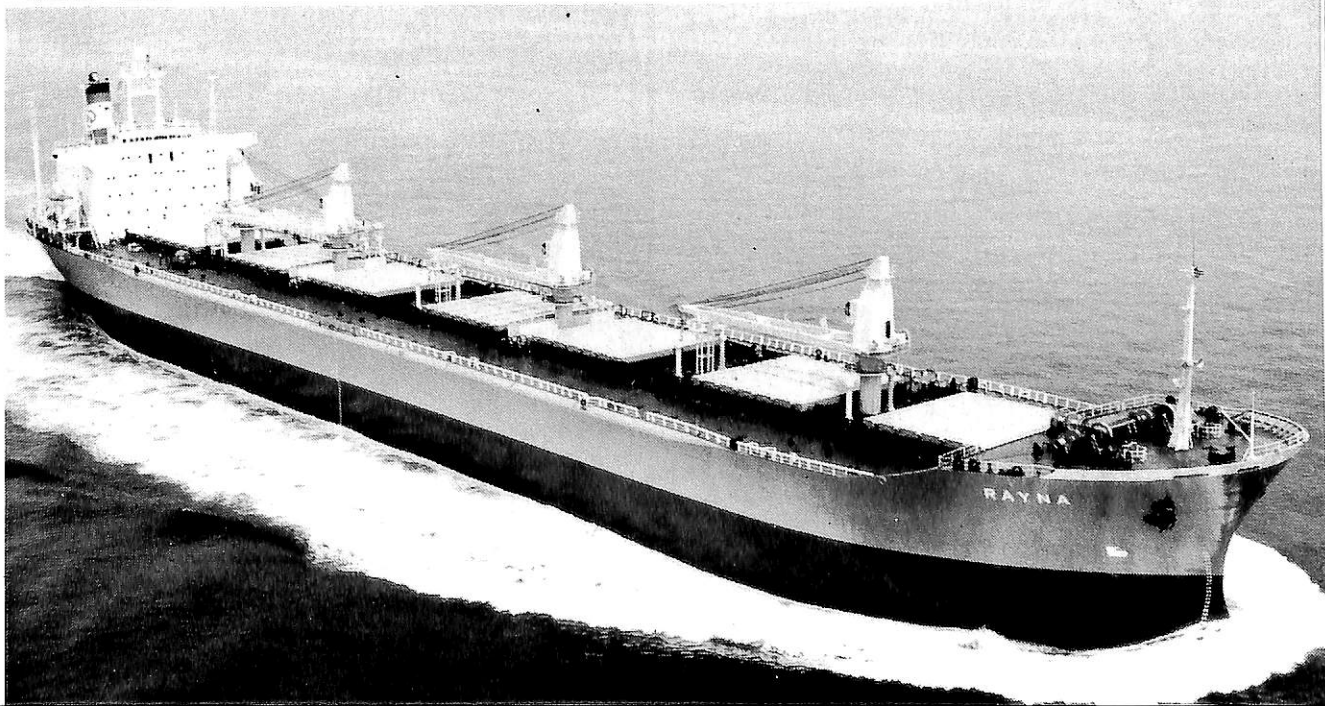


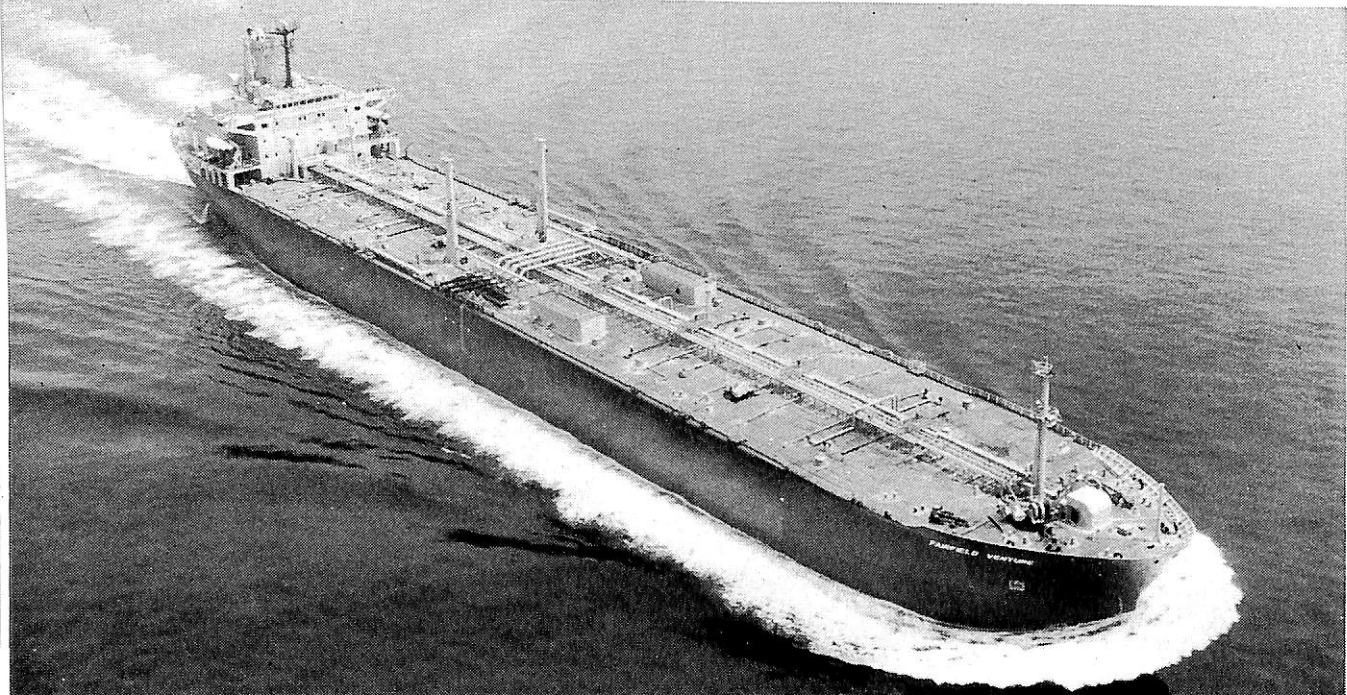
グランド イーグル
輸出油槽船 **GRAND EAGLE**

船主 Bracknell Shipping Limited (Panama)
住友重機械工業株式会社追浜造船所建造(第1084番船) 起工 56-1-8 進水 56-4-4 竣工 56-8-6
全長 241.978m 垂線間長 232.0m 型幅 42.0m 型深 18.4m 満載喫水 12.039m
総噸数 38,945.00 T 純噸数 30,931 T 載貨重量 79,997 T 貨物油槽容積 100,675 m³
主荷油ポンプ 2,500 m³/h × 120m × 3 クレーン 15t × 2 燃料油槽 2,738 m³ 燃料消費量 46.2t/day
清水槽 345 m³ 主機械 NKK-SEMT Pielstick 10PC4V型(デ)機関×1 出力 (連続最大) 15,000 / 14,700 PS (406.82 / 80 rpm) (常用) 13,230 PS (77.2 rpm) プロペラ 5翼1軸 補汽缶
重油専焼2胴水管式 55t/h × 16kg/cm²G × 飽和×1 発電機(デ)(大洋電機・ダイハツ) 550kW × 2 排ガス(タ)
(大洋電機・三菱重工) 570kW × 1 無線装置 送(主) 1.5kW × 1(補) 130W × 1 受(主) 1(補) 1 VHF 航海計器
デッキ ロラン オメガ NNSS 衝突予防装置 レーダー 速度(試運転最大) 15.47kn (満載航海) 14.46kn
航続距離 19,000 哩 船級・区域資格 AB 遠洋 船型 平甲板型 乗組員 42名

レイナ
輸出木材 / 撒積貨物船 **RAYNA**

船主 Epos Marine Corporation (Greece)
日立造船株式会社広島工場因島建造(第4672番船) 起工 55-12-16 進水 56-3-10 竣工 56-6-19
全長 224.50m 垂線間長 215.00m 型幅 32.20m 型深 17.80m 満載喫水 12.457m
総噸数 32,292.76 T 純噸数 25,653 T 載貨重量 60,010 L t 貨物艙容積(グ) 83,071.8 m³
艙口数 7 デリック 5.0t × 2 クレーン 25t × 4 燃料油槽 3,227.3 m³ 燃料消費量 44.6t/day
清水槽 447.8 m³ 主機械 日立 Sulzer 6RND 76 M型(デ)機関×1 出力 (連続最大) 13,500 PS (122 rpm)
(常用) 12,150 PS (118 rpm) 補汽缶 壺型水管 1,350kg/h × 7kg/cm²G × 1 発電機(デ) 625kVA (500kW)
× AC 450V × 60Hz × 3 無線装置 送(主) 1.5kW × 1(補) 130W × 1 受(主) 1(補) 1 速度(試運転最大) 16.845kn
(満載航海) 14.6kn 航続距離 22,800 哩 船級・区域資格 AB 遠洋 船型 船首楼付平甲板型
乗組員 37名





フェアフィールド ベンチャー
FAIRFIELD VENTURE

輸出油槽船

船主 Leyton Shipping Limited (Liberia)	起工 56-1-20	進水 56-3-30	竣工 56-7-14
幸陽船渠株式会社建造 (第1011番船)	垂線間長 218.00 m	型幅 32.20 m	型深 19.00 m
全長 228.72 m	総噸数 29,791.33 T	純噸数 20,657 T	満載喫水 11.92 m
満載排水量 70,508 t	主荷油ポンプ 2,000 m ³ /h × 125 m × 3	艙口数 11	載貨重量 57,352 t
貨物油槽容積 71,433.8 m ³	清水槽 338.8 m ³	主機械 三井B&W 7 L 67 GFC型(デ)	燃料油槽 2,652.8 m ³
燃料消費量 39.0 t/day	(常用) 11,900 PS (115 rpm)	プロペラ 5翼1軸	出力 補汽缶
(連続最大) 13,100 PS (119 rpm)	発電機(デ) ダイハツ 850 kVA × 2	無線装置 送(主) 1.5 kW × 1 (補) 50 W × 1	速力
40 t/h × 16 kg/cm ² × 1	航海計器 ロラン NNSS 衝突予防装置 レーダー	航続距離 21,600 浬	船級・区域資格 AB 遠洋
受(主)全波 × 1 (補)全波 × 1			
(試運転最大) 16,309 kn (満載航海) 14.3 kn			
乗組員 38名			

日本アイキャンの小型船用クレーンは、すぐれた設計と、安定した製造技術により標準化をしています。

9タイプの基本形式とそのバリエーションは、高い信頼を得ていろいろな用途に活躍しています。

この安定の“P.Cシリーズ”は、油圧、空気圧、電気のどれかを使用して高能率に荷役作業ができ、メンテナンス・サービスは簡単、すべてがとても安心な設計です。

● P.C Series

Principal Standard Specification

Safety Working Load	[Ton]	1.0~10
Slewing Radius	[m]	2.5~20
Hoisting Speed	[m/min]	5~30
Lift	[m]	10~40

注目の **SERIES** **小型船用クレーン**
 確かな構造、安心の機構です。



● 標準仕様のほか、ご要望に応じて製造もいたします。

NIPPON ICAN LTD.

東京都中央区新富1-1-5 (新中央ビル8F) 〒104
 TEL: 03(552)7781 TELEX: 2523688 ICANSPJ Cable: ICANSHIP TOKYO
 神戸営業所: 兵庫県神戸市中央区中町通り3-1-23(桑田ビル4F) 〒650 TEL: 078(351)6870



ブラジル ベンチャー
輸出木材/撒積貨物船 **BRAZIL VENTURE**

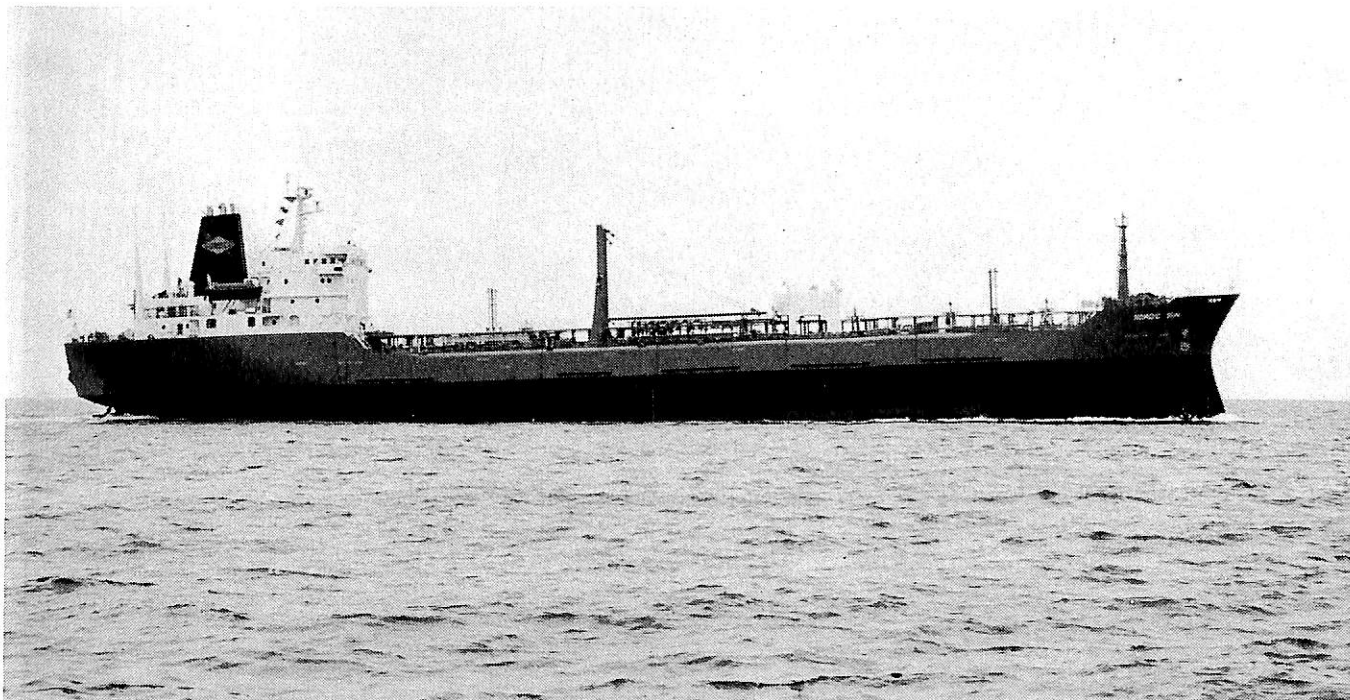
船主 Boston Shipping Limited (Liberia)
 株式会社 神田造船所建造 (第256番船) 起工 55-9-18 進水 55-12-6 竣工 56-3-24
 全長 183.00m 垂線間長 170.00m 型幅 27.60m 型深 15.10m 満載喫水 10.873m
 満載排水量 41,600.98t 総噸数 18,610.43T 純噸数 13,250.15T 載貨重量 32,680.11t 貨物艙容積
 (ベ) 38,614.53 m³ (グ) 41,173.39 m³ 艙口数 5 クレーン 25 Lt × 2, 25 LT (II) × 1 Cont. 搭載数 917 TEU
 燃料油槽 C. 1,788.69 m³ A. 218.84 m³ 燃料消費量 40.8t/day 清水槽 422.92 m³ 主機械
 IHI Sulzer 7 RND 68M型 (デ) 機関 × 1 出力 (連続最大) 12,600 PS (137rpm) (常用) 11,340 PS (132.3rpm)
 プロペラ 5翼1軸 補汽缶 大阪ボイラー-堅型横煙管式 1,500kg/h × 8kg/cm² 発電機 西芝ブラシレス
 AC 450V × 637.5kVA × 3 (原) ダイハツ 750 PS × 720rpm × 3 無線装置 送 (主) 1.5kW × 1 (補) 75W × 1 受 (主) 1
 (補) 1 船舶電話 VHF 航海計器 ロラン NNSS 衝突予防装置 レーダー 速力 (試験運転最大) 18.201 kn
 (満載航海) 15.0kn 航続距離 13,500 浬 船級・区域資格 LR 遠洋 船型 凹甲板型 乗組員 35名

- 18 -

サン グロリアス
輸出撒積貨物船 **SUN GLORIOUS**

船主 Mount Enterprise Corporation S.A. (Panama)
 今治造船株式会社今治工場建造 (第398番船) 起工 55-12-15 進水 56-2-15 竣工 56-4-2
 全長 160.38m 垂線間長 150.00m 型幅 24.60m 型幅 13.60m 満載喫水 9.947m
 満載排水量 29,703t 総噸数 13,403.71T 純噸数 9,866.07T 載貨重量 24,005t
 貨物艙容積 (ベ) 29,840.70 m³ (グ) 31,233.37 m³ 艙口数 4 クレーン 25t × 4 燃料油槽 1,422.01 m³
 燃料消費量 30t/day 清水槽 428.84 m³ 主機械 三菱 Sulzer 7 RLA 56型 (デ) 機関 × 1 出力
 (連続最大) 9,380 PS (170rpm) (常用) 8,440 PS (164rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶 排ガス併用横煙
 管式縦型 7kg/cm² 発電機 ヤンマー 450kVA × 360kW × 900rpm × 2 無線装置 送 (主) 1kW × 1
 (補) 130W × 1 受 (主) 全波 × 1 (補) 全波 × 1 船舶電話 海事衛生装置 VHF 航海計器 ロラン レーダー
 速力 (試験運転最大) 16.668 kn (満載航海) 13.7kn 航続距離 11,500 浬 船級・区域資格 NK 遠洋
 船型 ウェル甲板型 乗組員 27名 同船型 HUANGPU CAREER





輸出石油化学製品運搬船

ノルディック サン
NORDIC SUN

船主 Welland Shipping Co., Inc. (Liberia)
 林兼造船株式会社下関造船所建造 (第1244番船) 起工 55-10-15 進水 56-1-20 竣工 56-7-15
 全長 154.00m 垂線間長 145.00m 型幅 22.70m 型深 13.80m 満載喫水 9.65m
 満載排水量 26,048t 総噸数 11,781.42T 純噸数 7,342T 載貨重量 19,954t 貨物油槽容積
 23,671m³ 燃料油槽 158m³ 燃料消費量 25t/day 清水槽 412m³ 主機械 三井B&W6L55GFC型
 (デ)機関×1 出力(連続最大) 8,040PS (150rpm) (常用) 7,320PS (145rpm) プロペラ 4翼1軸
 補汽缶 サンロッド壘円筒式 CPH-100型 7kg/cm²G×1,000kg/h×1 発電機 防滴自己通風型 625kVA×
 450V×3, (原) 750PS×720rpm×3 無線装置 送(主) 1.5kW×1 (補) 150W×1 受(主) 1 (補) 1 VHF
 航海計器 ロラン NNS 衝突予防装置 レーダー 速度(試運転最大) 15.004kn (満載航海) 14.0kn
 航続距離 12,000浬 船級・区域資格 LR 遠洋 船型 凹甲板型 乗組員 30名
 同型船 SUNCOR CHIPPEWA

ラテックスタイプ
 エポキシタイプ
 マグネシヤタイプ
 ウレタンタイプ

デッキ舗床材

B. O. T承認番号

MC25/8/0113

IMCO214-VII&A-60承認

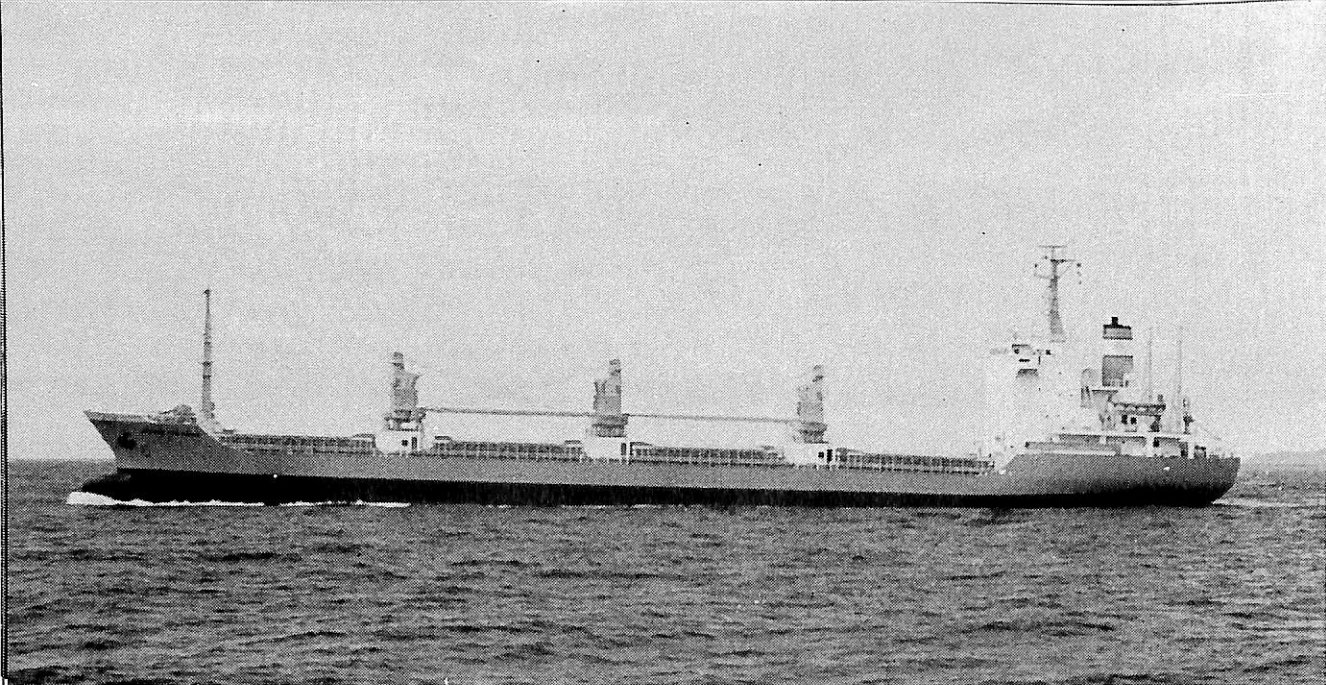
N. K
 N. V
 A. B
 L. R
 B. V
 C. R
 N. S. C

施工実績数百隻

カタログ見
Tightex
 タイテックス

 太平洋工業株式会社

本社 京都市右京区三条通り西大路西入 電話(311)1101(代)
 出張所 東京都港区白金台4-9-19K.T.Cビル 電話(446)6283
 出張所 広島・神戸・呉・長崎



輸出撒積貨物船

アフリカン エバーグリーン
AFRICAN EVERGREEN

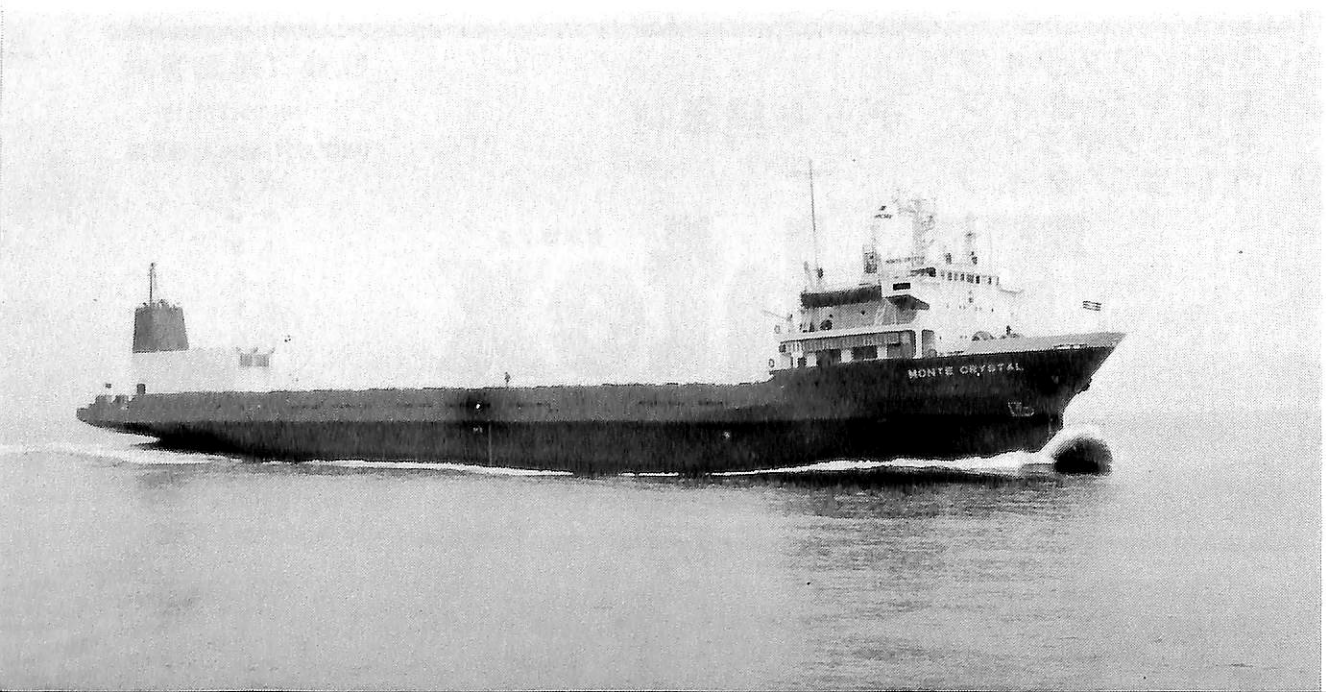
船主 African Evergreen Shipping Ltd. (Liberia)
 下田船渠株式会社建造 (第315番船) 起工 55-10-13 進水 56-3-2 竣工 56-5-29
 全長 135.50m 垂線間長 128.00m 型幅 19.00m 型深 8.50m 満載喫水(型) 6.297m
 満載排水量 12,329t 総噸数 5,222.20 T 純噸数 3,292 T 載貨重量 9,122.62t 貨物艙容積
 (ベ) 11,086^m (グ) 11,338^m 艙口数 4 クレーン 5t×3 Cont. 搭載数 10'×24個又は 20'×12個
 燃料油槽 1,030^m 燃料消費量 16.5t/day 清水槽 181^m 主機械 赤阪8 UEC 37 / 88H(デ)機関×1
 出力(連続最大) 5,200 PS (210rpm) (常用) 4,680 PS (202.8rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶
 コンポジット型 8 kg/cm²×600kg/h 発電機(主) 450V×60Hz×400kVA×2 (原) 470 PS×900rpm×2
 (非) 450V×60Hz×55kW×1 (原) 72 PS×1,800rpm×1 無線装置 送(主) 1.5kW×1 (補) 130W×1
 受(主) 1 (補) 1 VHF 航海計器 ロラン NNSS レーダー 速度(試運転最大) 15.68kn
 (満載航海) 13.0kn 航続距離 13,500浬 船級・区域資格 AB 遠洋 船型 平甲板型 乗組員 31名

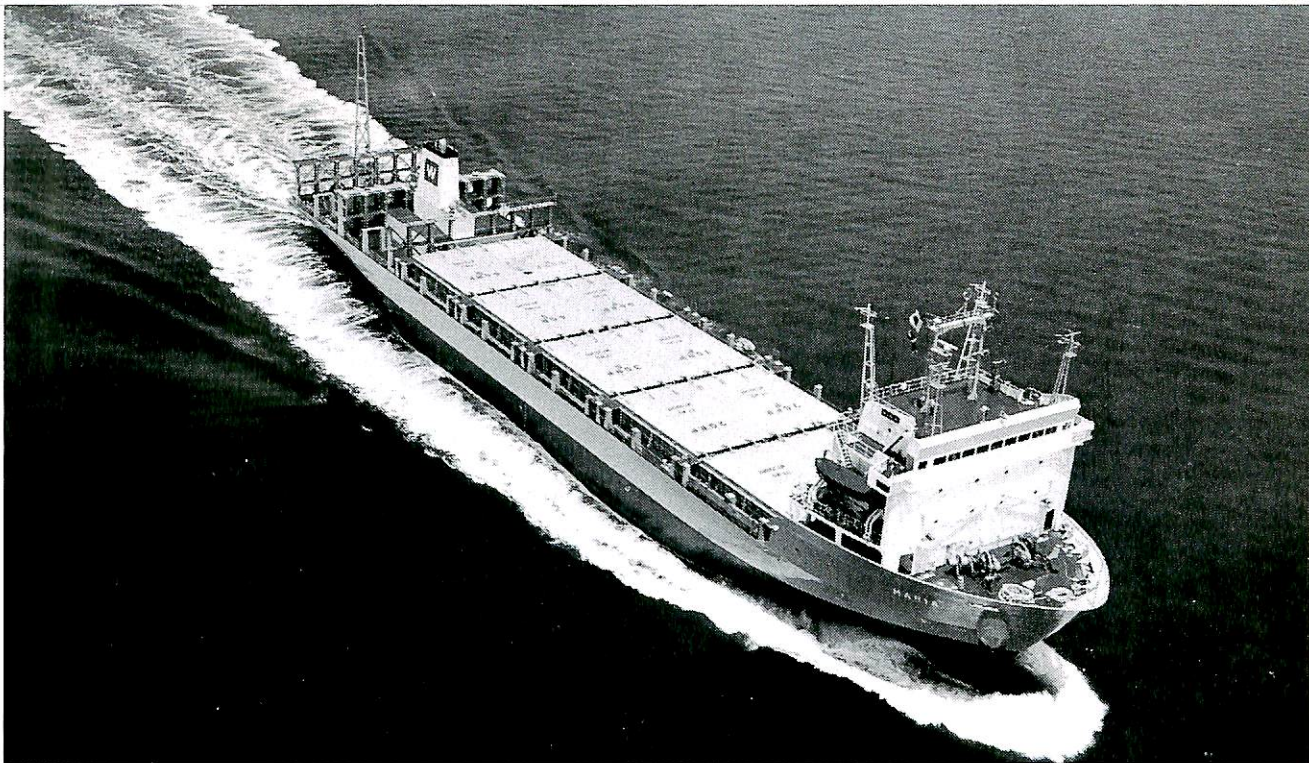
- 20 -

輸出コンテナ船

モンテ クリスタル
MONTE CRYSTAL

船主 Eastsea Shipping Co., Ltd. (Panama)
 高知重工株式会社建造 (第2181番船) 起工 56-2-16 進水 56-4-28 竣工 56-6-25
 全長 113.50m 垂線間長 100.00m 型幅 20.00m 型深 8.70m 満載喫水 6.764m
 満載排水量 9,746.72t 総噸数 4,499.76 T 純噸数 2,541.06 T 載貨重量 7,115.47 T
 Cont. 搭載数 418 TEU 燃料油槽 694.22^m 燃料消費量 20t/day 清水槽 245.38^m 主機械
 IHI SEMT Pielstick 12 PC 2-2 V型(デ)機関×1 出力(連続最大) 6,000 PS (520/204.7rpm)
 (常用) 5,100 PS (493/193.9rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶 コクラン コンポジット型 CPC 70/70
 発電機 大洋電機 450V×300kVA×3 (原) ヤンマー 360 PS×900rpm×3 無線装置 送(主) 500W×1
 (補) 50W×1 受(主) AF×1 (補) AF×1 VHF 航海計器 ロラン レーダー
 速度(試運転最大) 16.861kn (満載航海) 15.0kn 航続距離 7,994浬 船級・区域資格 NK 遠洋
 乗組員 26名





輸出コンテナ船
マリア
MARIA

船主 Panwind Shipping Ltd.

(Liberia)

三重造船株式会社建造 (第198番船)

起工 55-10-24 進水 56-1-24

竣工 56-5-20 全長 120.814m

垂線間長 110.900m 型幅 20.800m

型深 10.500m 満載喫水 6.462m

満載排水量 10,440.69T 総噸数

3,528.87T 純噸数 1,945.76T

載貨重量 6,954.70t 艙口数 10

Cont. 搭載数 S/L 35'×288個, ISO

20'×522個 燃料油槽 614.45m³

燃料消費量 21.9t/day 清水槽 156.93m³

主機械 神発7UEC 45/115H型(デ)機関×1

出力(連続最大) 7,000 PS (165 rpm)

(常用) 6,300 PS (159.3 rpm)

プロペラ 5翼1軸 補汽缶

豎型水管油焚き 7kg/cm²×1,076kg/h×1

排エコ 7kg/cm²×1,250kg/h×1

発電機 富士電機 500kVA×450V×3

(原) ヤンマー 600PS×900rpm×3 無線装置

送(主) 1.5kW×1 (補) 130W×1 受(主) 1

(補) 1 VHF 航海計器

ロラン レーダー 速力

(試運転最大) 16.79kn (満載航海) 15.60kn

航続距離 8,400浬 船級・区域資格 LR 遠洋

船型 船首楼付平甲板型 乗組員 24名

船尾甲板上セルガイド, バウスラスタ

FLUME SAVES FUEL
EASY AS 1 *Rolling increases resistance and fuel consumption*

2 *Bilge keels increase resistance and fuel consumption*

3 *The Flume Stabilization System reduces rolling more effectively than bilge keels, without loss of cubic or deadweight and provides substantial savings in fuel cost.*

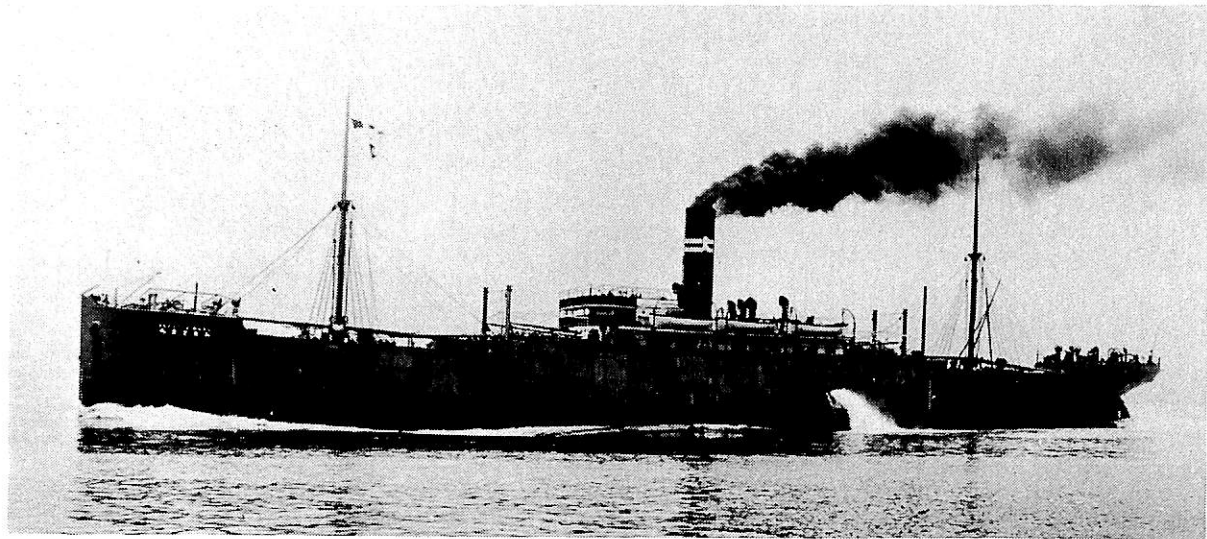
For free fuel saving brochure, write:



FLUME
STABILIZATION
SYSTEMS

Suite 3000
One World Trade Center
New York, New York 10048

貨客船 しあとる丸 大阪商船株式会社



(株)川崎造船所建造(第298番船) 進水 42-5-3 型深 9.93m 主機械 三聯成レシプロ機関×2 (試運転最大) 15.486 kn (満載航海) 11.71 kn ロイド 100A1 LMC 鋼船 しかご丸(以上 川崎造船), かなだ丸, ばなま丸, めきしこ丸(以上 三菱長崎)	船舶番号 12143 竣工 42-7-26 満載喫水 7.74 m 総噸数 6,182.12T 出力 (連続最大) 5,066 PS (計画) 3,000 PS 旅客 1等9名, 2等46名, 3等395名	船舶信号 LHMS→JSTD 全長 124.97m 純噸数 3,832.0T 船級・区域資格 通信省 船級・区域資格 通信省	起工 明41-5-14 型幅 15.54m 載貨重量 7,625.0t 速力 第1級船 遠洋区域 姉妹船 たこま丸 船籍港 大阪
--	--	--	---

大阪商船が日露戦争後の我が国の大躍進に应运本格的な遠洋航路進出の主力となった“たこま丸”型の第2船として川崎造船所で建造された当時の優秀船で、6隻をもって香港～タコマ線の定期航路に配船された。

本船は船首楼、船橋楼、船尾楼を有する三島型船で、端艇甲板前部右舷に船長室、左舷に海図室があり、両舷に合計6隻の大型救命ボートを装備した。船橋楼甲板の前後に第3艙口及び第4艙口があり、中央の甲板室には最前部両舷に一等客室各1室(定員1名)があり、その後方に高級士官室などを配し、これらの部屋に囲まれた中央が食堂となって居り、1コの長テーブルに9コの椅子が配置されていた。さらに後方の機関室囲壁の周囲はすべて士官室となっていた。

上甲板上には前方より第1艙口、前部マスト、第2艙口、小型デリックポスト、3等客室、小型デリックポスト、第5艙口、後部マスト、第6艙口の順に配置されていた。上甲板上船橋楼右舷最後部の3等客室の一部に病室2室が装備され、同じく左舷には3等婦人室があり4名定員となっていた。第2甲板上第2貨物艙の周囲に4コのシルクルームを有していた。

本船は、明治29年10月に施行された造船奨励法の適用をうけて建造された。明治42年8月、香港～タコマ船の定期便第3船として就航した。

大正4年10月、日本～サンフランシスコ線に就航。

大正6年6月、第1船笠戸丸、第2船たこま丸にひきつゞき南米線の第3船として就航した。

大正9年12月 ガルベストーンにて綿花2,000俵を積取る。

大正14年12月 はわい丸の就航により、日本～南米線を撤退。

昭和3年10月 日本～カルカッタ線に就航。

昭和4年11月 南洋自由線に就航。

昭和8年5月 大連航路に就航。

昭和12年7月 日中戦争と共に陸軍病院船として活躍、後に輸送船となり同年10月27日塘沽にて第6師団を乗せ木浦西方の八口浦に集結、32隻の船団で12月2日同地を出撃、12月5日午前5時15分抗州湾に敵前揚陸した。

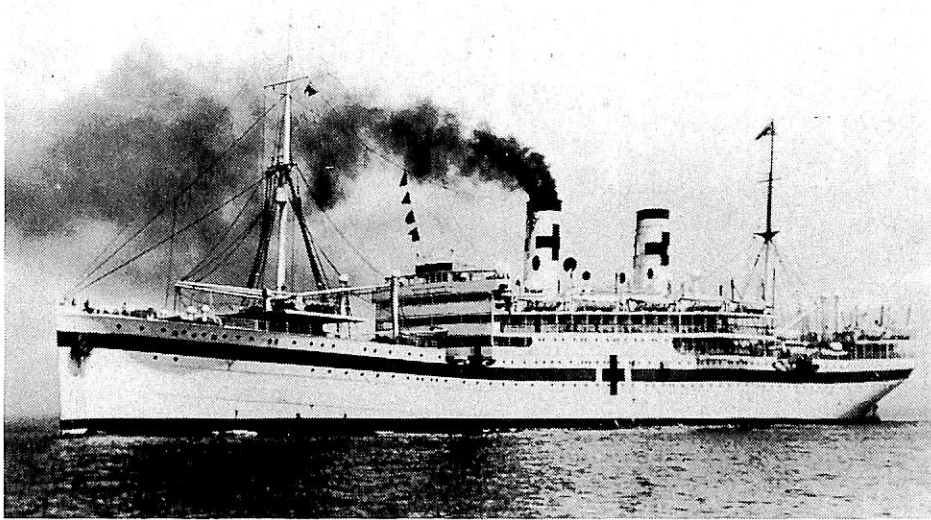
昭和13年10月より大阪～青島線に就航。

昭和16年9月陸軍軍用船として徴備され開戦準備のため主として台湾の高雄を中心に行動し、開戦後も主として釜山、台湾、香港方面で活躍したが、昭和17年後半から昭和18年にはパラオ、マニラ、ラバウル方面にまで進出した。昭和19年7月16日高雄よりマニラに向け航海中、北緯19度17分・東経120度15分のルソン島北方海面にて米潜 Piranha (SS-389) の雷撃を受け沈没した。

この写真は明治42年7月神戸沖での公試運転時のもので船体の塗装は未完成である。

(写真提供 川崎重工業株式会社)

貨客船 朝 日 丸 近海郵船株式会社→日本郵船株式会社



Soc. Esercizio Bacini (ゼノア・イタリア)建造 船舶番号 33770 船舶信号 TPKH→JQQB
 進水 大3—9 竣工 大4 全長 153.52m 垂線間長 147.21m 型幅 18.07m
 型深 11.34m 満載喫水 8.01m 総噸数 9,326T 純噸数 5,645T 載貨重量 5,838t
 主機械 四聯成レシプロ機関×2 出力 (連続最大) 9,300 PS (計画) 8,200 PS 速力
 (試運転最大) 17.3kn (満載航海) 16.0kn 船級・区域資格 逓信省 第1級船 遠洋区域 鋼船
 旅客 1等63名, 2等220名, 3等672名 姉妹船 大和丸(Giuseppe Verdi)
 船籍港 東京

近海郵船の日台航路は、大正末期から昭和初期にかけて次第に乗客、貨物ともに増加し、6,000トンクラスの備後丸など3隻では需要に応じきれなくなってきた。

そのため同社では、昭和3年になってこれを改善するためにイタリアの貨客船 Dante Alighieri号を購入し朝日丸と改名した。本船の命名に際しては一般公募により5,000名の応募者の中から台北の一人婦が命名者となった。

昭和3年7月21日午後3時より神戸第4突堤にて一般公開され、23日神戸を出港、基隆へ初航海に向う。

日中戦争の勃発により昭和12年8月17日海軍に徴傭され呉に回航。呉海軍工廠にて特設病院船に大改装され8月25日完成。呉鎮守府所属、連合艦隊の直属となって直ちに呉を出港。8月27日には純白の船体に緑色の一線が舷側に引かれ煙突及び舷側中央に大赤十字を画いた船体を上海沖に現わし500名の傷病兵を乗せて8月30日には呉にもどる。その後、昭和13年2月まで日中間をピストン航海して患者の輸送に当たった。その後同年3月25日付で支那方面艦隊附属第2特務隊に配属となったが、翌26日船体の定期検査及び設備改善のため神戸三菱造船所第1岸壁に係留中、突然左舷に急傾斜を始め、本船と岸壁の間のポンツーンを枕にして55°18'傾斜して左舷船底は海底に接し、左舷遊歩甲板室まで水中に没した。

原因は元來復元力の悪い船といわれていた上に、甲板上に多数の重い医療器具を積載したため、直ちに日本

サルベージの救援を得て救助作業を開始、5月3日浮揚、6月9日修理完了して同日午後呉に向け出港した。

昭和14年9月8日 軍徴傭のまま日本郵船に移籍。

昭和15年、横浜船渠での改造修理でダミーファンネルを除去して復元力を改善した。

昭和15年11月まで支那方面艦隊附属として同方面の医療任務、防疫、患者輸送に従事する。

同年11月15日連合艦隊附属となり、翌16年10月31日まで内地と南洋、台湾方面の間で医療任務に従事していたが、開戦とともに内地、パラオ間で、昭和17年中は主としてフィリピン、セレベス、ボルネオ、マレー、南洋群島、台湾方面との間で医療任務に従事していた。

昭和18年11月10日6年間にわたる病院船の任務をとかれ、呉鎮守府所属の特設運送船となる。

昭和19年2月5日呉から神戸に向け航海中、午前2時53分備讃瀬戸半島西方の海上で海軍の特設給油船満珠丸と衝突、満珠丸の船首が本船の左舷中央部機関室に食い込み、舷側に幅80センチ、長さ5メートルに及ぶ破口を生じ沈没にひんしたので、沖の洲東北端に任意擱坐せしめた。その後いろいろ救出の方法がとられたが、2月19日午前9時頃から船体にき裂が発生、24日には船底にまで及び遂に船体を放棄した。瀬戸内・牛島の西1マイル、北緯34度21分・東経133度46分の地点であった。

(写真提供 三菱重工業神戸造船所)



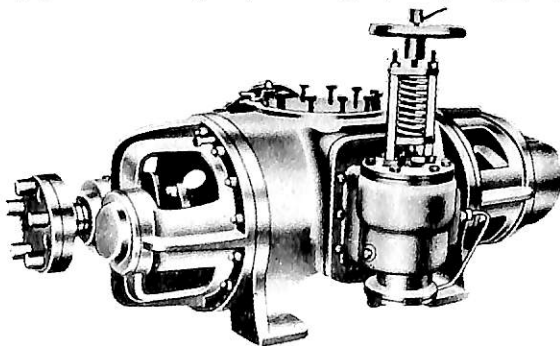
輸出 ケミカルタンカー

アイコン デュライ
IKAN DURI

船主 Duri Shipping Private Limited (Singapore)
 福岡造船株式会社建造 (第1088番船) 起工 56-2-10 進水 56-4-7 竣工 56-7-15
 全長 94.02m 垂線間長 87.00m 型幅 14.40m 型深 7.50m 満載喫水 6.335m
 総噸数 2,502.67T 純噸数 1,362.12T 載貨重量 4,259.68t 貨物油槽容積 4,331.083m³
 主荷油ポンプ 300m³/h×80m×4 (Center), 150m³/h×80m×9 (Wing Slop), デリック 1.0t×2
 燃料油槽 A. 114.15m³ C. 541.34m³ 燃料消費量 12.0t/day 清水槽 167.70m³ 主機械
 IHI SEMT Pielstick 6PC2-5L型 (デ) 機関×1 出力 (連続最大) 3,900PS (520rpm) (常用) 3,510PS
 (502rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶 堅型水管式NTV-560 5,600kg/h×7kg/cm²×1 発電機 西芝
 300kW×445V×3φ×60Hz×1 (原) ヤンマー 480PS×1,200rpm×3 無線装置 送 (主) 0.4kW×1 (補) 0.4kW×1
 受 (主) 50W×1 (補) 130W×1 航海計器 ロラン オメガ NNSS レーダー 速度 (試運転最大) 14.465kn
 (満載航海) 13.6kn 航続距離 10,700浬 船級・区域資格 LR 遠洋 船型 船尾機関凹甲板型 乗組員 22名
 。センタータンクの構造材料はステンレススチールLR316Lを使用

SNM - S & P スクリューポンプ (二軸スクリューポンプ)

プロダクトキャリアーやケミカルタンカーの
カーゴオイルポンプとして最適



新日本造機株式会社

本社 東京都港区芝2丁目1番28号(成旺ビル) ☎東京(03)454-1417(代)
 大阪(06)538-1731(代)・広島(0822)48-2280・九州(093)551-3213・
 札幌(011)664-3241・名古屋(052)951-6875

- 自吸能力に秀れ、ストリッピングポンプも兼用できる。
- 外部軸受型でタイミングギヤーが着いており、ローターはメタル接触しないのでオールステンレスで製作可能である。
- 海水から高粘度液まで種々の流体を1台のポンプで兼用できる。
- 高速小型で騒音・振動も小さく、脈動や攪拌もない。
- 磨耗部品が少なく長寿命で保守が容易である。

9月のニュース解説

○海運造船問題

●一般政治経済問題

8月21日～9月20日

編集 部

8月26日●資源エネルギー庁長官の私的諮問機関である

(水) 海外炭問題懇談会は、今年1月から海外炭の長期的な供給確保策について検討してきたが、このほど中間報告をまとめた。報告では世界各国の石炭の輸入量は1990年には現在の2.5倍に増えたとし、このままでは我が国は1990年頃手当不足になると予想している。このため供給を今後増やしていくには供給先の多様化と低品位炭の利用拡大が重要であり、特に最近注目されている米国の西部炭の開発輸入を早急に進めるべきだと提言している。また具体的な対応策としては産炭国のインフラストラクチャー整備への積極的な協力を進めるとともに業界が協調し合って秩序ある買い付けをするよう強調している。

●環境庁の諮問機関「石炭転換に伴う環境影響検討会」は、石油代替エネルギーとしての石炭による環境影響とその公害対策を検討してきたが、このほど提言をまとめ環境庁に報告した。同提言では石炭利用による大気汚染問題は技術的に解決が可能だとし、むしろ石炭灰処理のための海浜埋め立てなどによる自然破壊について十分な配慮が必要であるとしている。

8月27日○川崎重工は米国の石油掘削会社ザパタ・オフ

(木) ショア社から半潜水型石油掘削リグを受注契約したことを明らかにした。同リグは発注先と共同開発していたもので、川重としては初めてのリグ受注となる。

8月28日○運輸省は57年度の概算要求を決めた。一般会

(金) 計は総額1兆4374億円で、56年度に比べ0.2%増加、このうち海運助成については、LNG船、石炭船等石油代替エネルギー輸送船を対象として利子補給制度を3カ年間継続することを要求している。

○ジュネーブで開かれていた第三次国連海洋法会議再開第十会期は、これまで大きく意見が対立していた大陸架の境界線確定問題について、「国際法に基づいて、関係国間の外交交渉で決める」という原則を大勢が受け入れる意向を示したため、事実上妥協が成立し、

来年3、4月のニューヨークでの最終会議、同9月のカラカスでの最終議定書調印などの段取りを確認して閉会した。

8月31日○第5回日米海洋会議が2日間の日程で東京で

(月) 行われた。同会議は両国国会議員、財界・学界関係者らが参加し、海洋問題を主要テーマに日米関係のあり方を話し合うもので、今回は安全保障、エネルギー、海底資源、漁業、海運等について意見交換を行った。

●国民経済研究協会は「1980年代の世界と日本」と題する1990年までの長期経済予測を発表した。それによると石油情勢は安定を続けるものの、各国の軍事費の拡大や先進国での労働需給の不均衡などが世界の経済、物価に悪影響を与えるものとみており、OECD加盟国の90年までの実質経済成長率は年平均2.5%となる見通し。これに対して我が国は産業界の技術革新が最も進むことから、比較的高い成長を維持し、90年には一人当たりGNPは米国を抜くと予想している。

9月2日○かもめプロペラは船体振動を大幅に低減でき

(水) るハイスキュード可変ピッチプロペラを完成し、内航貨物船向けに納入することとしている。同社では昭和54年からこの開発に取り組んできたが、三翼CPPの模型による各種性能試験の結果、ほぼ実用化の目途がつき、今年4月から初号機の製作にかかっていたもの。

9月4日○川崎重工ではわが国で初めて建造したLNG

(金) 船をノルウェー船主ゴタス・ラーセンに30日引渡すこととなった。同船は1973年に受注した世界でも最大規模(125,000 m^3)のLNG船で8年間にわたって係船状態にあったもの。

9月7日●日本エネルギー経済研究所は当面の石油情勢

(月) についての見通しを発表した。同研究所によると、自由世界の石油需給は今年前半期の余剰在庫による原油のたぶつき感から、今年第四・四半期にはOPECの供給減、季節的需要増等の理由から急速に締め始め、来年第一・四半期には余剰在庫が消滅する公算が大きいとしており、原油価格も来年中に5～15%程度引き上げられると予想している。

省エネルギー船用主機関の普及促進について

昭和49年の石油ショック以来、エネルギーの省力化は世界的に最重要課題として取り上げられ、これをテーマとした研究・開発は今日各分野において積極的に行われている。船舶関係の分野においても船舶の推進・抵抗、船用主機関等についてエネルギーの省力化の観点に立った研究・開発の努力が続けられ、大きな成果が得られている。しかしながら船舶を建造するに際し、その各部門についてエネルギーの省力化の立場から客観的かつ定量的に比較検討を行い、それぞれ異なった用途目的で建造され、厳密には一隻一隻その形式の違った船舶に対し、適切な選択を行い、船舶の省エネルギー化を企めることは非常に困難な問題であり、船舶建造時の最大の課題となっている。

運輸省では、各部門の問題の中で船用主機関の問題を取り上げ、そのうち最も利用度の高い船用水冷4サイクルディーゼル主機関について比較的容易なかつ客観性を持った選択基準を一般に示し、省エネルギー船用主機関の普及促進を図ることを目的として、現在の船用主機関に関する規格(JIS F 4301 船用水冷4サイクルディーゼル主機関)の改正を決定し、その改正原案を(財)日本船舶標準協会に委託しその作業を進めているところである。また、同協会は、その作業と平行して、船用主機関に関する陸上試験方法に関する規格(JIS F 4304 船用内燃主機関陸上試験方法)の改正原案作成作業を自主事業として行っている。

これらの規格が改正された際には、船用主機関の省エネルギー化がより明確に定量化されることになるので、その概要を以下記述する。

1. 船用主機関の燃料消費率について

現在船用主機関の陸上試験は、そのほとんどがJIS F 4304の陸上試験方法に基づき行われているが、同試験方法によると、燃料消費量は一定時間に消費された燃料の量と定義されている。しかしながら、この定義は、陸上試験が実施される周囲状態(気圧、温度、湿度等)により燃料消費率が異なるという欠点を持っており、前述した船用主機関の省エネルギー化の指標とすべき燃料消費率の定義としては、不十分である。

一方、ISOでは、国際的な出力、燃料消費量等の定義及び測定方法の統一化を目的として、1975年にISO 3046/1(Reciprocating internal combustion engines: Performance Part 1: Standard refer-

ence conditions and declarations of power, fuel consumption and lubricating oil consumption)が国際規格として制定された。この規格は、船用主機関のみでなく、全ての分野で使用されている内燃機関を対象として、その定義及び測定方法を厳密に規定したものである。この国際規格によると燃料消費率は、標準大気条件注(Standard reference condition)の条件下で計測されるか、又は異なった条件下で計測された場合には、この条件下の値に次式を用い修正されることになる。

$$b_x = \beta b_r$$

$$\beta = K/\alpha$$

ここで、

b = 燃料消費率

α = 出力修正係数

β = 燃料消費係数

K = 図示出力の比

r : 標準大気条件下での値

x : 任意の試験条件下での値

(注) 標準大気条件は次のように定義されている。

大気圧 $P_r = 100 \text{ kPa} (100 \text{ kN/m}^2, 750 \text{ mmHg})$

温度 $T_r = 300 \text{ K} (27^\circ\text{C})$

湿度 $\phi_r = 60\%$

過給空気冷却水温度 $T_e = 300 \text{ K} (27^\circ\text{C})$

また、この規格の中で、ISO燃料消費率が定義されているが、これは、内燃機関相互における燃料消費率の同条件下における比較を目的としたもので、標準大気条件のもとで連続最大出力で試験された場合の内燃機関の燃料消費率として定義されたものである。

国内においては、内燃機関の陸上試験方法に関する規格はJIS F 4304に見られるように、各分野ごとに異なったJIS規格を制定しているが、この国際規格が制定された当時より、これを統一化し共通のJIS規格を制定しようとする動きが出始め、今日各分野の代表者により内燃機関の陸上試験方法に関するJIS規格制定のための審議が続けられており、来年3月末にはその原案が作成される予定である。

原案の内容は、大筋では前述したISO 3046/1に基づくことになるが、何分内燃機関を扱っている分野が非常に広範囲に及ぶため、統一JIS規格だけでは各分野の特殊性、詳細等についての規定が困難となるため、それらについては、各分野における内燃機関の陸上試験方法に関するJIS規格で規定することになる。船用主機関に関

するJIS規格については、統一規格の原案作成作業と平行して、(財)日本船舶標準協会がJIS F 4304の改正原案の作成作業を行っている。これらの規格が制定又は改正された際には、燃料消費率は、船用主機関の省エネルギー化を示す指標として現在よりも遥かに客観性を増すことになる。

2. 省エネルギー船用主機関の普及促進について

省エネルギー船用主機関の普及は、現在では社会的ニーズとなっており、その強力な促進が望まれているところである。運輸省は、この要求を認めかつ前述した船用主機関の陸上試験方法の改正作業を確認し、今回省エネルギー船用主機関の普及促進を目的として、JIS F 4301の改正を決定し、その改正原案の作成作業を(財)日本船舶標準協会に委託した。

現在、改正原案の作成作業は、その改正内容を次の二点の骨子に基づき行われている。

- 1) 現行のJIS F 4301に示されている燃料消費率(表1参照)の数値を高めること。
- 2) 船用主機関の選定にあたり、ユーザーが省エネルギー化の立場から利用できる燃料消費率に関するデータを解説すること。

改正内容の骨子をこの2点に選定した経緯は、1)のみにより省エネルギー船用主機関を普及促進することになると、JISマークの対象となる船用主機関が省エネルギー化の最先端を行く船用主機関だけになってしまう可能性があり、船舶の用途によっては、全くJISマークの付いた船用主機関がないという事態が予想され、JISマーク

製品の普及という面からは、むしろマイナスになってしまふからである。また、2)を新たに追加するのは、1)による省エネルギー船用主機関の普及促進を補い、省エネルギー化の最先端を行く船用主機関の燃料消費率を掲示することを目的としている。ただし、船用主機関の機構を全く無視して、省エネルギー船用主機関を定義することは無理があり(例えば高速船用主機関が低速船用主機関より燃料消費率で劣るのはその機構上の問題である。)これも何らかの要素として考慮する必要がある。

今回の改正では、1)については、そのパラメータとして、シリンダ内径と機構(無過給、過給機付又は過給機及び空気冷却器付の別)をとりテーブルにして示すことになる。ここに示す燃料消費率の数値はJISマーク製品としての最低機能を確認するためのものに止める予定である。2)については、1)のパラメータに更に船用内燃機関のシリンダストローク及び回転数を追加し、より使用状態に近い形で船用内燃機関の省エネルギー化を比較検討するためのデータとして、記載される燃料消費率の数値は省エネルギー化技術の最先端を行く船用内燃機関のそれに近いものとなる予定である。

3. 結 言

JIS規格の制定及び改正を通じた省エネルギー船用主機関の普及促進の現状を述べてきたが、省エネルギー船用主機関の普及が増進することになれば、それが省エネルギー船用主機関の技術開発の刺激剤として作用し、より活発な技術開発を促すことになる。従って、今回の普及の成果がどの程度のものとなるかは、十分興味深い問題であり、今後の動静を見守って行く必要がある。

表1 機関の回転数と1シリンダ当たり出力に基づく燃料消費量

単位 g/PSh(g/kWh)

1シリンダ当たり出力 \ 機関の回転数	500 rpm 以下のもの	500 rpmを超え 1000 rpm以下のもの	1000 rpmを超え 1300 rpm以下のもの	1300 rpmを超えるもの
5PS (3.7 kW)以下	—	240 (326.3)	245 (333.1)	255 (246.7)
5PS (3.7 kW)を超え 10PS (7.36kW)以下	—	230 (312.7)	235 (319.5)	245 (333.1)
10PS (7.36kW)を超え 20PS (14.7 kW)以下	210 (285.5)	215 (292.3)	220 (299.1)	230 (312.7)
20PS (14.7 kW)を超え 30PS (22.1 kW)以下	195 (265.1)	200 (271.9)	210 (285.5)	215 (292.3)
30PS (22.1 kW)を超え 50PS (36.8 kW)以下	185 (251.5)	190 (258.3)	200 (271.9)	205 (278.7)
50PS (36.8 kW)を超え 70PS (51.5 kW)以下	180 (244.7)	185 (251.5)	195 (265.1)	200 (271.9)
70PS (51.5 kW)を超え 100PS (73.55kW)以下	175 (237.9)	180 (244.7)	190 (258.3)	195 (265.1)
100PS (73.55kW)を超えるもの	170 (231.1)	175 (237.9)	185 (251.5)	190 (258.3)

超浅喫水船(USDV)の開発と経済性について

三菱重工業株式会社
長崎造船所造船設計部

1. 背景

高度経済成長期において海上輸送量の増加に伴い大量輸送を目指し、大型船の建造が特定の航路を対象に盛んに行われたが、大型船を他へ転用するのは水深の関係で航行、入港が制限されるケースが少なくない。このため制限喫水下の大型船はやむなく瀬取り（沖合に停泊して小型船やSBMを利用したパイプラインで荷を揚げ、喫水のある程度浅くしてから入港する）を行なっているのが現状である。大型船の入港を可能にするには、航路・港湾を浚渫すればよいが、浚渫費用、環境保全、漁業権などが障害となって困難な場合が多い。そこで、水深の浅い航路・港湾用として、喫水が浅くしかも積載量が多くとれる経済船を要望する声が強くなってきた。

日本の石油コンビナート、製鉄一貫設備の投資は昭和40年代に全国的に行なわれ、それらの中には港湾設備の水深が十分になくとも比較的高速な中小型船を数多く使って原料を輸入すれば経済的に成り立っていた設備も数多くある。これらの港湾においては原油価格高騰に伴う船用燃料油の価格上昇の影響をものに受け、揚荷する原料の海上輸送費が上昇し設備全体の経済性におよぼす輸送コストの上昇は看過できないまでになっている。

他方、大型コンビナートなど大量生産設備においても、全体の経済成長の鈍化により能力以下の操業を余儀なくされているが、その立地条件の不利さ（大部分が都市など需要地から遠隔地にある）が目立ち、旧式ではあるが製品輸送に便利な地に存在する中小設備が輸送コストの節約の面から新たに見直されつつある。

このような経済情勢に対応して浅喫水でかつ輸送原価の低廉な船型を求めて模索した結果、開発に成功したのが今回の超浅喫水船、USDV（Ultra Shallow Draft Vessel の略）である。社会のニーズにあった新世代船としてのUSDVの出現により水深の浅い航路、港湾にも経済性の高い大型船が投入でき、さらには設備の大型化がむづかしい既存設備の経済性の蘇生にUSDVが役立つものと考えている。

2. 開発経緯

海上輸送の経済性向上のため、船舶設計のなすべき開発上のポイントは、いくつかあるが、これまで専用船の設計は常に制限喫水での最大船型の開発を最大の課題として進んで来た。

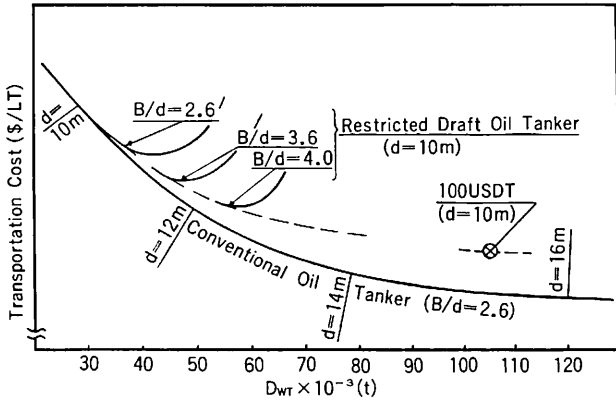
例えば、タンカーについて考えてみると船型動向に影響を与える世界的な喫水制限として、

- (1) Europort (Rotterdam)
- (2) Malacca 海峡
- (3) 英仏海峡
- (4) 米国東岸

などがあり、その他にも当然のことながら就航する港湾の喫水制限がある。しかるに海上輸送に携わる船は大型化する程、D/W当りの船価の低減、船員費及び燃料費の低減が計られ、運航採算が向上する。従って制限喫水で、どこまで大きな船型ができるかが問題であるが、当社は、とりわけこの分野の船型開発を世界に先がけて着手し、浅喫水船型の研究を長い間続けて、浅喫水船特有の推進性能、操縦性能上の問題を次々に解決してきた。

昭和49年以来建造した15万トンタンカー、40万トンタンカー（ULCC）、8万トンタンカーシリーズはその代表的なもので、これらの浅喫水船は高経済、高性能船として各船主の好評を博している。これら浅喫水船の開発は、その経済性を高めるため、常に大きなB/d（船幅/喫水）の船型開発が主体であった。すなわち、船長を大きくして載貨重量を増す計画は所要鋼材量が急激に増加し建造コストへの影響が大きいので出来るだけ船幅を増大することになるが、喫水に比べあまり船幅を大きくするとプロペラへの水流が不十分になり、推進効率が悪化すると共に船長に対し船幅が過大になると操縦性（針路安定性）にも問題が生じるからである。

このB/dの値が通常船の2.3～2.8から3.0、3.5と開発が進められ、その度に制限喫水下の輸送原価の改善がなされてきたが（第1図参照）、現在まで1軸浅喫水船として実績があるのは、B/d = 3.5程度までであり、B/d = 4.0が1軸船として成り立つ1つの限界と



第1図 原油タンカーの輸送コスト

考えられる。これ以上 B/d を大きくすると推進性能、操縦性能等の問題が発生するのみならず、その対策として C_0 を極めて小さくせねばならず専用船としての経済性を著しく損うことになる。

従って、従来の浅喫水船型で、1軸船を基本に考えている限り、 B/d が制限されるため 大型化にも許容喫水に応じた上限がある訳である。

今回開発したUSDVはこれら浅喫水船の実績及び諸問題の検討結果を基盤に後述の新しい概念を融合して生まれたもので、昭和53年に開発着手以来、3年の年月を要する大がかりな試験研究を実施し、総合的な検討を積み重ねて来た結果、従来困難とされて来た技術の壁を破り、飛躍的に輸送量の大きな船型を得ることに成功したものである。すなわち、USDVは $B/d = 6.4$ までの可能性を確認したものであり、従来の1軸船では到底実現出来ぬ領域の船型であることが理解されよう。

新船型の実用化にあたっては各種性能の検証の他、配置、構造を含めて、あらゆる面での技術検討が必要である。なかでも本船の様な特異な船型のものについては、技術的フィージビリティスタディの段階から、性能の改善とその確認をするために水槽試験をシリーズで実施する必要があるが、当社の技術者と設備をフルに利用し、これを可能とした。このため、実用化の目的をたてるまでに多大な労力と時間を費した。

まず、技術的フィージビリティを検討するため、総合的見地から推進性能、操縦性能、波浪中性能等1ラウンドの各種試験を実施した。これにより、実用化の目的がたったため、特許申請を行なった。この後2次的な船型改善を行ない、船首形状、船尾形状をリファインしていった。更にこれと同時に後述の様に10m喫水10万トンタンカーについて配置、艤装を含めた諸検討を行ない、試設計を行なったものである。

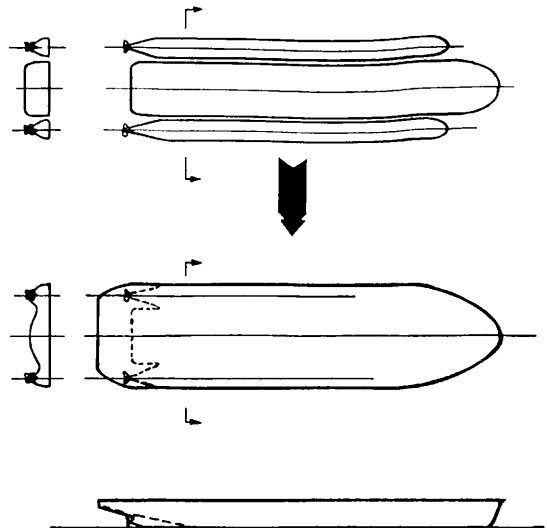
USDVの試設計は、タンカーでなされたが、本船型の特徴（浅喫水、広い甲板面積、2機2軸等）を生かしていけば、タンカー以外の船種にも応用できるものと考えられる。また船体主要目比にもバラエティを拡げ、大型船から小型船まで幅広く準備し、多様化する海運業界のニーズに合った製品として育成していく所存である。

3. USDVの概要

3.1 船型

本船型は、2隻の細長い船の間に主船体である浮体を挟んだ形（第2図参照）を基本構想としている。特徴としては、

- (1) プロペラを左右舷に寄せて設け、プロペラへの水の流れを円滑にするためのトンネルを船尾船体に設けることにより、極端に幅広、浅喫水肥大船型にもかかわらず、推進性能は非常に良好である。
- (2) プロペラを左右舷に寄せて設けることにより、プロペラの推力は船が直進しやすい様に働き、短船長、幅広船にもかかわらず、針路安定性が極めて良好である。
- (3) 船体中心線に排水量を十分に持ったBarge型船体を有することにより幅広船型にもかかわらず肥大度の大きい（ D/W の大きい）船型となっている。
- (4) 旋回性能も良好であり港内、狭水道での操船が容易である。更に可変ピッチプロペラを採用すれば、左右舷プロペラの推力を変えることにより、従来の大型船では想像できない良好な操船性が得られる。



第2図 USDV概念図

- (5) 2基2軸なので片方の主推進機関が故障しても1軸にても漂流することなく直進可能であり、信頼性、安全性が高い。(プロペラが舷側に近くても1軸航行可能な事確認済み)
- (6) 船首船体形状は扁平、幅広にもかかわらず平水中のみならず波浪中にも抵抗増加が少なく済むよう工夫されている。

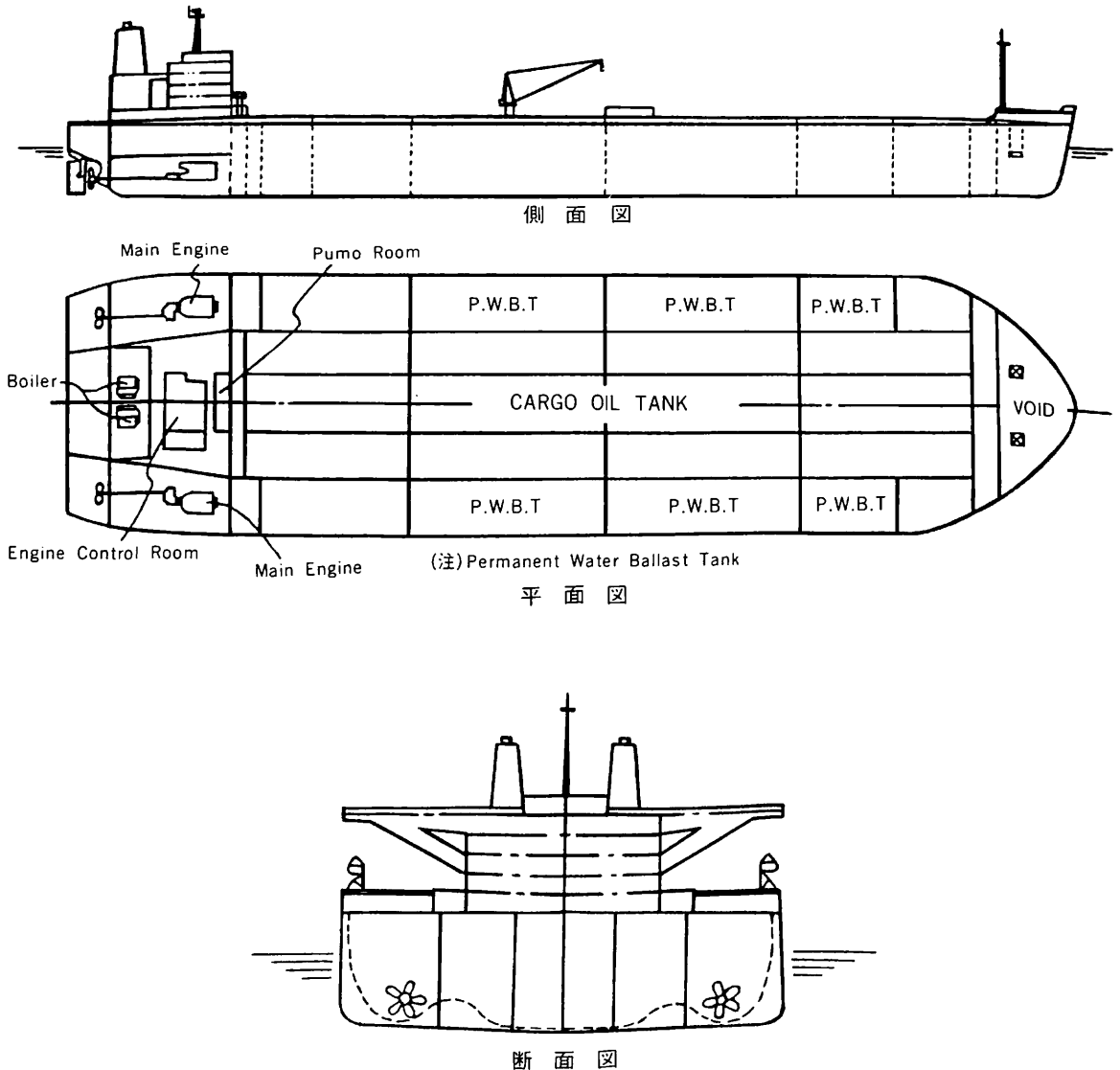
3・2 配置

本船の最大の特徴である超幅広を最大に活用し来船の常識を覆えし、居住区は主機室の直上をさけて配置できる。主機とポンプ類・ボイラその他の補機を幅方向に

独立に配置できる。

これによる利点は、

- (1) 主機、プロペラ、発電機等の振動、騒音源を両船側寄りの主機専用区画に収め、機関制御室、上部構造物を船体中心線近くに設けて隔離することにより、振動、騒音も少なくまたローリングによる上下加速度を緩和して、快適な乗り心地を満足できる。
- (2) また、これに伴い居住区から機関制御室の通行性も良くなる。
- (3) 機関室を構成する要素の配置において前後方向の相互の複雑な干渉をなくし、機関室長さを大幅に短



第3図 100,000トン型超浅喫水タンカー 一般配置図

縮し、その分カーゴスペースとして有効に活用することが出来る。

(4) 機関部工事, 居住区工事が完全に分離できる。

一例としてタンカーの場合の主機, ボイラ, ポンプ室, また広々とした環境条件の良い機関制御室の配置例を一般配置図(第3図)に示す。

3・3 構造/強度

一般船と同じく縦強度, 横強度, 局部強度の他波浪外力(Slamming)等構造面に関してもオールラウンドの検討を行ない, 実用化に支障のないことを確認した。

偏平な中央横断面を有するが, バランス良く縦通隔壁を配置し, 少なくとも2条は機関室を貫通し船長全体に通るといふ, 特異な形状の構造ではあるが, 機関室配置との兼ね合いも良好で, 強度的にも信頼度の高い部材配置が可能である。

3・4 試設計例

現在の浅喫水船建造実績からは1軸船で喫水10メートルのタンカーで載貨重量は42,000トン前後が限界で, これを上回る大型船の建造は技術的に困難とされている。

今回開発した超浅喫水船は, 新しい概念の2基2軸双船尾船を採用したことにより船幅を大きく取ることが出来, 喫水10メートルの1軸浅喫水タンカー(船幅36メートル)に比べて超浅喫水船では船幅は約1.8倍の64メートルになり, 載貨重量も2.5倍の約105,000トンを得ることが可能となった。

第1表にUSDVと従来型浅喫水船型(1軸船)との比較を示す。両者は喫水10メートルのタンカーであり1つはUSDV船型を適用し10万トンクラスとしたもの, 1方は従来の1軸船でも実績上最も浅喫水型とし載貨重量を4万トンまで大きくしたものである。

超浅喫水船は種々の船種に応用できるが, ここではタンカーの適応例を紹介しておく。第3図には一般配置図, 第4図には全体図を示す。本船の特徴としては,

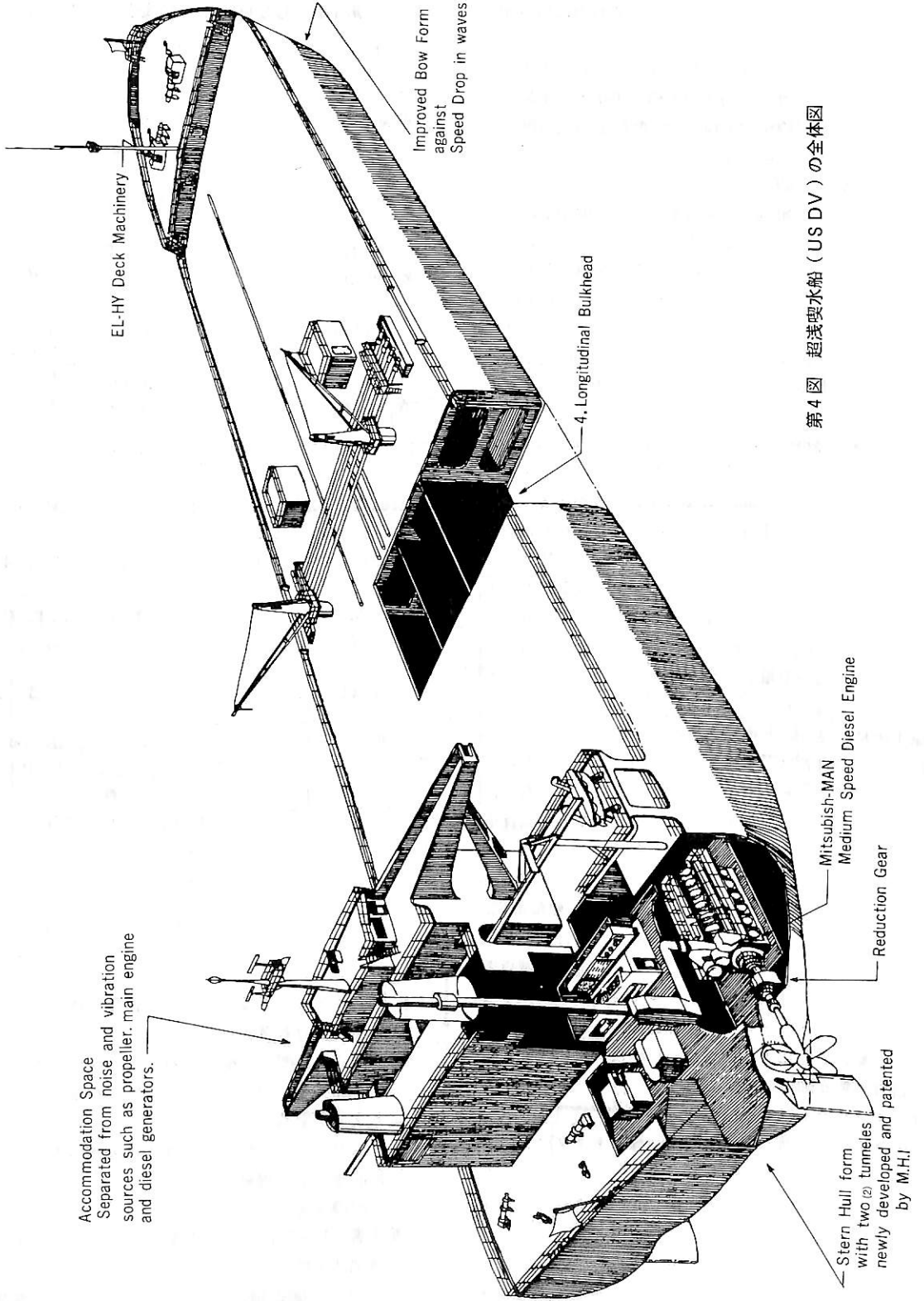
- 1) 喫水10メートルにおいて10万トンを超える載貨重量がとれる(従来船型の2.3~3倍)。
- 2) 偏平, 幅広ながら性能良好の船首, 船尾形状
- 3) 2軸, 2舵による安全かつ良好な針路安定性, 操縦性(第5図参照)。
- 4) コンパクトな主機, 発電区画
中速主機を装備し変速機で低回転にギヤダウンしプロペラ効率の向上を図っている。
- 5) 上記区画とは独立し広々とした補機・ボイラー区画
- 6) 環境条件の良い機関制御室
- 7) 幅広の利を生かし主機プロペラ・発電機直上のス

第1表 USDV と 1 軸浅喫水船の比較

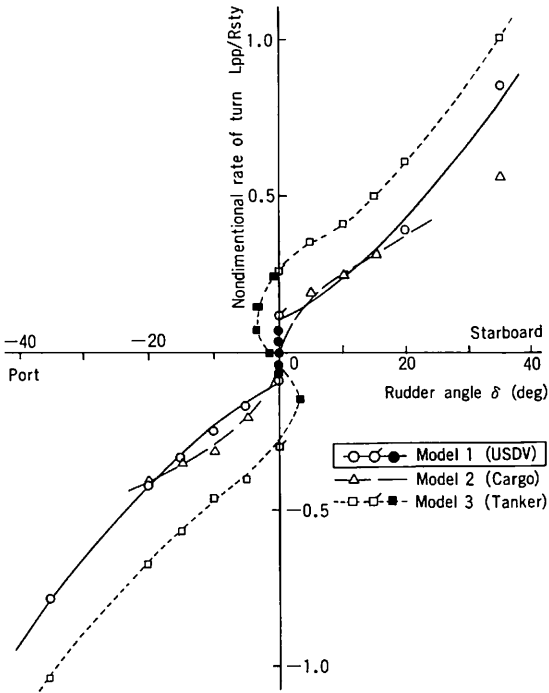
主 要 目	USDV	1 軸浅喫水船
全 長	約 236.2 m	約 190.0 m
垂線間長	230.00 m	180.00 m
型 幅	64.00 m	36.00 m
型 深	16.50 m	15.30 m
型 喫 水	10.00 m	10.00 m
総 噸 数	57,000 T	24,600 T
載貨重量	約 105,200 t	約 42,300 t
貨物油槽容積	約 128,400 m ³	約 53,300 m ³
バラストタンク	約 63,500 m ³	約 20,800 m ³
燃料油槽	約 3,900 m ³	約 1,800 m ³
清 水 槽	約 600 m ³	約 450 m ³
船 級	ABS, ACCU	ABS, ACCU
航海速度(満載)	約 15.0 kn	約 14.6 kn
(10%シーマージン)		
航海速度(バラスト)	約 15.4 kn	約 15.4 kn
(10%シーマージン)		
航続距離	約 17,000 浬	約 12,000 浬
燃料消費量	70.5 t/day	44.9 t/day
乗 組 員	35 人	35 人
主 機 関	三菱-MAN 12V 52/55型 2 基	三菱-Sulzer 6 RLB 66 型 1 基
出 力	MCR 12,000 ps × 430/100rpm × 2 NOR 10,800 ps × 415/97rpm × 2	MCR 11,850 ps × 135 rpm NOR 10,665 ps × 130rpm

ベースを避けて設けられた振動及び横揺れによる乗心地を十分考慮された快適な居住区

- 8) 構造上合理的に配置された4縦通隔壁を有するタンク部。IMCOのSBT/PLを満足するバラストタンク配置
 - 9) 広々とした甲板上に合理的に配置された最新の電動油圧型甲板機械
- (1) 本船の主要目
第1表“USDVと1軸浅喫水船との比較”を参照
- (2) 機関部主要目
主機関 三菱MAN 12V 52/55型ディーゼル機関 2基



第4図 超浅喫水船 (US DV) の全体図



第5図 航路安定性、操縦性試験結果

連続最大出力	12,000 PS × 430rpm/100rpm
常用出力	10,800 PS × 415rpm/100rpm
プロペラ	5翼 固定ピッチ 2個
直径	6.4 m
材質	ニッケルアルミ青銅
補助ボイラ	三菱CE MARINE 水管型(MAC 30 A) 2基
最大蒸発量	30 t/h
蒸気条件	16kg/cm ² 飽和温度
排ガスエコマイザー	
強制循環式(二段蒸気圧方式)	2基
蒸発量(主機関常用出力時)	4 t/h
蒸気条件	7.5/3kg/cm ² 飽和温度
主タービン発電機	850kW × AC 450 V × 3φ 1基
主ディーゼル発電機	850kW × AC 450 V × 3φ 2基
自動化	機関部自動化は機関無人化規則に基づいて設備されている。
(3) 荷役装置	
貨物油ポンプ	壺型蒸気タービン駆動渦巻式 3台 3,000 m ³ /h × 125 mTH (S.W.)
貨物油残油ポンプ	蒸気式往復動型 1台 200 m ³ /h × 12.0 kg/cm ² g D.P
浚油装置	
三菱式ジェット・ストリップング・システム	2台

ジェットポンプ	abt 650 m ³ /h	2台
バラストポンプ	壺型蒸気タービン駆動渦巻式	2台
	2,500 m ³ /h × 30 mTH	
バラストエダクター	200 m ³ /h	

(4) 甲板機械

甲板機械は電動油圧方式とし係船機は舷側からの遠隔操作可能とした。

ウインドラス兼ムアリングウインチ	2台
チェーンホイール力量	46.5t × 9 m/min
ホーサードラム力量	20 t × 15 m/min
ムアリングウインチ	6台
(船首部1台, 中央部2台, 船尾部3台)	
ホーサードラム力量	20 t × 15 m/min
キャプスタン(固定エアモータ駆動)	3台
	250 kg × 25 m/min
デッキクレーン(カーゴホース取扱用)	2台
	15 t × 10 m/min
操舵機	2ラム4シリンダー型 2台

3・5 汎用性

この船型の特徴とする広大な甲板面積, 十分な安定性を利用して, 今回紹介したタンカー以外にも, バルクキャリア, プラント運搬船, RO/RO船, LPG・LNG船など数多くの船種に应用することが出来るものと考えている。

4. 経済性

USDV船型の経済的優位性を確認するために, 従来型の1軸浅喫水船型と, 喫水一定の条件において輸送コストの比較計算を行なった。

比較対象としては, 3・4の試設計例において紹介した105,200トンUSDV型タンカーと42,300トン型タンカーとした。即ち, 航路・港湾設備により喫水が10mとの制限を受ける場合の比較を行なったものである。

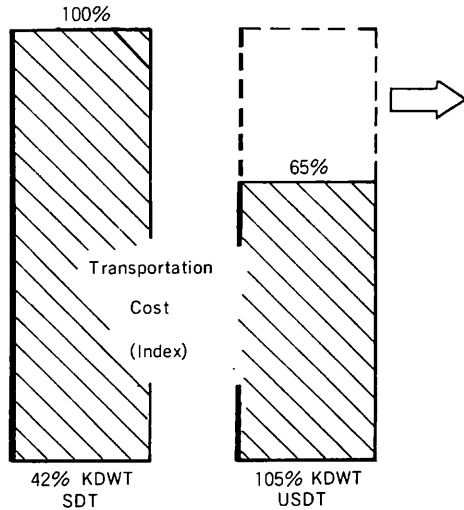
その結果, 輸送原価を比較すると3割以上の採算の向上が見込まれ, 非常に大きな経済効果が生まれることが判明した(第2表参照)。

これは一般に, 2軸船は推進性能面, 船殻重量面より不利と言われているが, 船型改善, 構造合理化等で極力カバーしたことにもよるが, 最大の理由は新しい概念により従来の浅喫水船の2.5倍もの載貨重量を得ることを可能にしたことである。

輸送コスト(年間総運送原価/年間総運送貨物量)の比較を第6図に示す。

計算条件の主なるものは下記の通りである。

- 1) 燃料油価格: 200 \$/LT



第2表 輸送原価節減の内訳

節減項目

15%	燃料費
2%	港湾費・雑費
17%	運航費
8%	船員費
3%	潤滑油代・保繕費 店費・P I 保険・消耗品代
11%	直接費
7%	間接費
35%	輸送原価

2) 航路：6,800～12,000 SM

3) 船速：航路年間平均の海象を考慮した波浪による船速低下，経年変化，船体汚損による船速低下についても考慮している。

4) 船員費：2億円／年／隻

5) 減価償却：12年等額方式

6) 年間稼働日数：340日

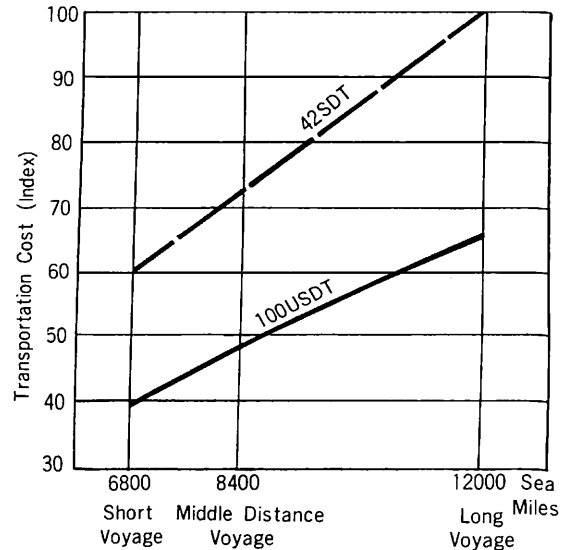
USDV の投入によってもたらされる大きな経済効果は，また見方を変えると海上輸送プロジェクトのトータルの燃料消費を押し下げることにもなる。即ち，貨物トン当りの輸送に要する所要燃料も大型船の投入により大幅な低減を図ることが出来るため，省エネ時代にマッチした新世代船ということが出来よう。

5. 今後の課題

USDV という船型は，環境保全，漁業権問題などの社会性，公共性を重視し，その限られた条件のなかで如何に経済性を向上させるかに取り組んだ産物である。今回紹介した試設計例(10万トンタンカー)にとどまらず，船主のニーズに合った船種，船型の開発に取り組むつもりである。

本船の運航により船主の享受するメリットは採算の他居住性，操船性，航海の安全性の向上が挙げられる。また省エネルギーの時代にふさわしい新しい船舶といえるだろう。

海上輸送は船のみで成り立つわけではなく，システムとして考える必要がある。つまり，船側と陸側の整合性を考慮する必要がある。すなわち，航路，港湾，港規則，安全性，陸上設備等との整合が重要な検討課題であり，



42SDT : 42,300DWT Conventional Shallow Draft Tanker

100USDV : 105,200DWT Ultra Shallow Draft Tanker

第6図 経済性の比較

すぐにUSDVをどの港にも投入できるわけではない。

こうした点において，USDVの経済性を発揮させるには船主，荷主，当局等関係筋の理解が必要である。実用化するに当たっては関係筋の助言，協力を得ながら取進める所存であるので関係筋の御鞭達を切にお願いする次第である。

“新愛徳丸”の追跡調査とその成果

“コンピューターでよみがえった帆船”

船舶技術開発株式会社

1. まえがき

石油ショックの度重なる攻撃により、石油資源有限時代を肌感させられる昨今である。このような時代を迎えるに当たり、無限のエネルギーである風力エネルギーを、航空力学で発達した空気力学と、コンピューター或は家電業界で発達したエレクトロニクス技術とを採用することにより活用する新しい船の構想が誕生した。

この構想に基いて、日本船用機器開発協会の研究委託を受けて、機主帆従型699総トンのタンカーとして、省燃費目標を50%とした新愛徳丸が就航し、オペレーター旭タンカー株式会社の運航により、内航船として就航1ヶ年が経過した本年8月に今村造船所にて補償ドックが完了した。ここにその成果を記述する。

2. 本船の特色

本誌55年12月号に、P. 36～P. 42に涉り、省エネ帆船商船“新愛徳丸”として、建造仕様等は詳しく記載して居るので、仕様等は12月号を御参考にされたい。

船舶は水の上を航海するものであるから、水の抵抗を考慮しておけばよろしいと思っていた我々にも、1世紀前の風即ち空気の抵抗及びその利用を考えていた帆船の世界へ遡ることを考える機会がおとずれた。

空気と水の境界面を推進する船舶が受ける抵抗或は障害は、平水状態時の水抵抗に、風力と波が追加されて来る。この風を味方にし、波と友達になる方法があれば、誠に面白い話となる。この手段として、揚力を利用する層流型硬帆を採用し、且つ造船所、関連機器メーカー並に船主が、乗組員と意思疎通を計り、共に省エネルギーシステムへタイアップする方法として、全船的制御システムを装備した。このシステムを介して、基本計画において立案企画され、建造されたものが、完成後就航した時に、その運航性能が当初予想された以上の成果が得られることを願った。

省エネルギーとしては、減速運転による効果は最も取組み易いものであるが、その一方では輸送機関である船舶は定時運航性能を向上し、鉄道並みの定時性信頼度を併せ持つことも忘れてはならぬことであり、荷主、オペ

レーターに対して、3S（即ちスピーディ、セイフティ、シュアリー）輸送を行うことも大切である。3S輸送を行なって、且つ省エネルギーが出来れば最高の輸送方法であり、その船が始めて高経済船であると言えよう。

新愛徳丸は帆装を行うと共に、その船型は理想的なスリム船型を採用し、各機器はそれぞれ業界最高の省エネルギー機器を載せ、その省エネルギー総合効果が最高になるように設計、建造された。

3. コンピューターシステムについて

本船には合計5基のコンピューターが装備されている。この5基のコンピューターは、次の3つの目的に区分されて使用され、1ヶ年の実績を経て、ほぼ初期の目的が満足されたものと思われる。

3・1 定時制運航制御システム

本船の定時制運航を行うことは、船は帆まかせ、舵まかせと昔がたりに言われていることから脱却し、船は鉄道やトラックと同じように、定時制が向上したと言われることになるが、その方法、手段として、本船では一つのシステムとしてまとめ上げた。

このシステム要素は次の3つの主要素から成立している。

- ① 操帆コンピューター（写真1）
- ② ALCコンピューター（船速計を含む）（写真2）
- ③ 電子ロラン（コンピューター内蔵）（写真3）

一般に船は対水船速によって、主機関の所要馬力が決

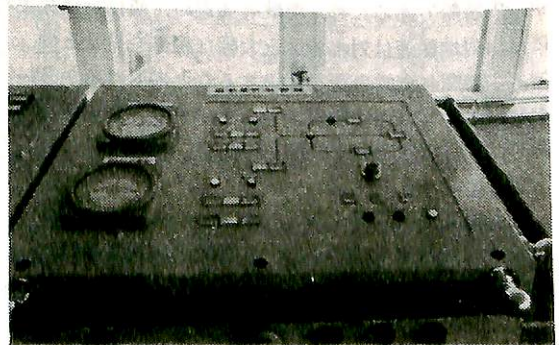


写真1 操帆コンピューター

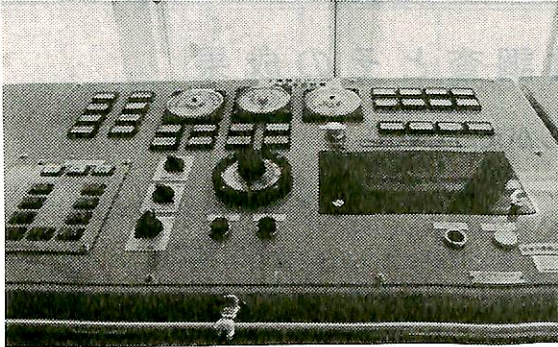


写真2 ALCコンピューター (含む船速計)



写真3 電子ロラン (コンピューター内蔵)

定される。然し東京～神戸間を同一船が同一排水量で航海すると、黒潮の流れにより10時間程度も所要時間の差が生ずると言われているように、汐流、風速、風向、波浪等によって影響を受け、対地船速は大きく異って来るものである。そこで船の定時制の確保と言うことは、対地船速を如何にしてとらえるかと言うことが一つの重要な要素となる。

一般に対地船速を知る為のコンピューターは、非常に高価であり、内航船には手が届かない高嶺の花と言われて来たが、幸にも在来型の3倍程度の低価格で入手出来る電子ロランが得られたので、この電子ロランにより、本船の現在位置と対地船速の確認を行うことに成功した。

本船の推進力は、機主帆従であり、主機関の推進力により船速を維持するが、主機関の出力は、船の対水船速により左右される。そこで船速計をつけることにより、急激な変化が比較的少ない情報源として対水船速を採用することとした。勿論対水船速も刻々に変化しているので、一定時間の計測値を積分してアウトプットするようにした。

対水、対地両船速を求めずに、直に対地船速でもって、主機関の出力を制御すればよいとの考え方もあったが、内航船であるため、海峡等通過時、或は針路変更時には、対地船速は対水船速と大幅な相違を見せるので、主機関に異常負荷を要求することにもなるから、本船においては対水船速でもって、主機関の負荷制御を行い、実績としては満足された。

情報の流れとしては、

〔主機関 ALCコンピューター〕により定められた対水船速へ達するように、主機関の負荷を適昇し、所期船速(例えば11.8kn)に達すると、船速ロックボタンを押す。船は対水船速11.8knを維持しながら航海を始める。

次に〔操帆コンピューター〕の適帆ランプが点灯

していれば、展帆の上、自動操帆に移す。帆はコンピューターにより最大の帆走力が得られるように帆角を調整してくれる。この最大帆走力によって、当然のことながら、合計推進力が増加し、船速は増加して来る。

〔主機関 ALCコンピューター〕は、増加船速により例えば、11.8knが12.3knに増加するような帆走力が得られているとすれば、直に主機関の負荷を低減し、船速が11.8knになる負荷迄減速する。然し主機関の回転数を低下して負荷を低減しても、船速は相変わらず11.8knであるから、プロペラのスリップが減少して効率が低下するので、その対策として、プロペラのピッチは大きくする必要がある。本船の ALCコンピューターはこの目的に合うように製作されている。

このようにして船が港外に出て、直線コースを保持し始めると、〔電子ロラン〕も安定して来て、点滅もなくなるので、その時点で電子ロランの示す対地船速を確認して、主機関 ALCコンピューターの対水船速との差を読む。この差により、対水船速を例えば、11.8knから追分0.8kn減少させて11knにするとか、或は逆分0.3kn増加させて12.1knにするとかの手段を構ずる。情報の流れについては、表1を参考にされたい。

表1 新愛徳丸のコンピューターシステム

コンピューターシステム	主たる作動内容等	情報の流れ
復原性確認コンピューター	○各タンクの積付材重量投入。トリム、排水量、G ₀ M等が自動的に算出され、その数字がプリントされる。	トリム、G ₀ M、排水量等の確認
運航マニュアルコンピューター	○コンピューターと省エネの会話をを行い、到着時刻及び Lt/Mile を予定する。	船速の決定 - 主機出力手前 省エネルギーデータのプリント
自動負荷制御コンピューター	○船速を指定し、船速一定で航走するように、ロックする。 ○帆走力が得られた時には、船速一定の条件の下で主機出力を自動的に低減させる。	実出力 = 手前出力 - 帆走力 船速ロック 対水船速の修正
自動操帆コンピューター	○展帆中は最適帆角を検出して作動させ、自動的に最大帆走力を得るように制御する。	展帆 帆走力
電子ロラン	○本船の現在位置の緯度表示。 ○対地船速の算出を行う。 ○船長はこの結果により本船の対水船速を修正する。	対地船速

3・2 復原性確認コンピューター (積付け)

帆船に対しては、旅客船に匹敵する復原性を要求されているので、船長、一等航海士が出港前の各タンクへの積付け重量による復原性の確認が大切な仕事となって来るが、とても造船所の設計の行うような精密且つ正確な計算を要求することは不可能である。そこで簡単な操作で、船長等が積付け計算をすることが可能とし、安全性の確保を行なって、安心して航海が出来るように考えて装備したのが、このコンピューターである。

表1に示す例を基にして説明する。先ずコンピューターを作動可能状態にもっていく。次に、PROVから始めて、各燃料タンク、荷油タンク、バラストタンクへの積付け重量をインプットすると、約10秒待てば、各タンク別のG, KG, 各モーメント、慣性モーメントを算出し、GM, GoM, ドラフト等を計算して、ドットプリンターへプリントアウトして来る(表2)。

この表によって、安全性の確認を行うが、万一C係数が $C \geq 1$ を切る場合には、ブザーが鳴ると共に、プリンターに "GoM ガ スクナイ。COT ニ ハンサイ ナイカ? BOT.T ニ ツミワスレナイカ? ケントウシテクダサイ" と表示して来る(表3)。

帆があるので、復原性が悪いのではないかと、言う危惧をいだきながら航海するのと、反対に、本船は客船並みのC係数 $C \geq 1$ を満足していて、復原性は安全であると言う自信を持って操船するのは、乗組員の安心感が全然異なって来る。

冬の日本海の荒天下、黄海及び東支那海の冬期航海、或は6月の台風5号に遭遇した台湾行き等々最高風速30m/s、波高8mになっても、安心して船長が操船して来たことは、このコンピューターによる安全性の確認も大きく貢献している。

このコンピューターにより判明したことであるが、空船時に、GoMが1.5mもある場合でも、喫水が少い時には、 $C \geq 1$ を満足していない場合があるので、本船のように積付けコンピューターのない、クリーンタンカーにおいては、案外とこの辺りに海難の原因があるのではないかと思った。

このコンピューターは、出港時の積付けを行う時ばかりでなく、次の積込地での積込量(全量)が予め判明している時には、前もって試算を行い、最も適当と思われる配分で積込めばよいわけで、その点からいっても行き当たりばったりの事は防止出来る。更に、積荷時、出港

表2 新愛徳丸のトリムとGoMの計算書

DATE	ITEM	WEIGHT (KT)	M G (M)	H. MOMENT (KT-M)	K G (M)	U. MOMENT (KT-M)	P I (KT-M)
L/W		741.2	5.24	3884	4.6	3410	
D/W CONST		19.5	25.0	488	6.0	117	
PROV.		0	23.86	0	8.5	0	
F.W.T.(F)		0	-25.86	0	1.85	0	0
F.W.T.(PS)		17.04	27.52	468.94	4.65	79.27	0
A.P.T.		25.06	31.14	760.45	4.73	116.59	18.73
SUB. TOTAL		42.1		1249.39		197.86	
NO.1F.O.T		75	12.48	936.57	3.29	246.91	29.27
NO.2F.O.T		32	17.61	563.54	3.29	185.34	5.54
D.O.T.		13	17.88	232.55	0.61	7.98	83.15
SUB. TOTAL		120		1732.68		360.25	117.98
NO.1C.O.T		112.092	-21.8	-2443.61	3.63	407.09	69.2
NO.2C.O.T		303.185	-14.7	-4455.8	3.09	939.59	22.5
NO.3C.O.T		328.312	-5.4	-1772.89	2.94	968	22.5
NO.4C.O.T		327.663	4.2	1772.02	2.97	974.4	22.5
NO.5C.O.T		182.452	12.6	2298.89	3.06	559.72	16.3
SUB. TOTAL		1253.9		-4996.37		3848.82	153
F.P.T.		0	-29.94	0	0.01	0	0
NO.1T.S.T		0	-14.85	0	4.13	0	0
NO.2T.S.T		0	-5.4	0	4.17	0	0
NO.3T.S.T		0	4.2	0	4.15	0	0
NO.1BOT.T		0	-23	0	0	0	0
NO.2BOT.T		0	10	0	0	0	0
NO.3BOT.T		0	0	0	0	0	0
SUB. TOTAL		0		0		0	
TOTAL		2176.7		2357.71		7933.94	289.72
DISP. MENT (KT)		2176.704			B G (M)		1.494
M G (M)		1.053			TRIM (M)		1.338
K G (M)		3.644			F. DRAFT (M)		3.755
CORR. DISP (KT)		8.284			A. DRAFT (M)		5.693
M B (M)		-0.412			M. DRAFT (M)		4.444
M F (M)		0.914			TGM (M)		0.956
M T C (KT-M)		24.312			TGM (M)		0.822
T K M (M)		4.6			PROP. IMM. (2)		1.28
L K M (M)		76.365			K B (M)		2.419
T P C (M)		5.956			CO-SPGR		1.0159

表3 新愛徳丸のトリム、GoMの計算書

DATE	ITEM	WEIGHT (KT)	M G (M)	H. MOMENT (KT-M)	K G (M)	U. MOMENT (KT-M)	P I (KT-M)
L/W		741.2	5.24	3884	4.6	3410	
D/W CONST		19.5	25.0	488	6.0	117	
PROV.		0	23.86	0	8.5	0	
F.W.T.(F)		0	-25.86	0	1.85	0	0
F.W.T.(PS)		17	27.52	467.84	4.65	79.05	0.24
A.P.T.		21	31.12	653.66	4.64	97.51	67.7
SUB. TOTAL		38		1121.5		176.56	67.94
NO.1F.O.T		40	12.4	496.25	2.54	101.87	4.89
NO.2F.O.T		30	17.6	526.19	3.2	96.66	5.38
D.O.T.		5	17.86	82.31	0.31	1.57	31.98
SUB. TOTAL		75		1113.76		199.5	42.26
NO.1C.O.T		0	-21.8	0	1.82	0	0
NO.2C.O.T		0	-13.4	0	1.43	0	0
NO.3C.O.T		0	-5.4	0	1.52	0	0
NO.4C.O.T		0	4.2	0	1.25	0	0
NO.5C.O.T		0	12.6	0	1.11	0	0
SUB. TOTAL		0		0		0	0
F.P.T.		24	-30.83	-739.73	2.62	63.08	3.46
NO.1T.S.T		0	-14.85	0	4.13	0	0
NO.2T.S.T		0	-5.4	0	4.17	0	0
NO.3T.S.T		0	4.2	0	4.15	0	0
NO.1BOT.T		0	-23	0	0	0	0
NO.2BOT.T		0	10	0	0	0	0
NO.3BOT.T		0	0	0	0	0	0
SUB. TOTAL		24		-739.73		63.08	3.46
TOTAL		897.7		5867.54		3968.16	113.67
DISP. MENT (KT)		897.7			B G (M)		7.258
M G (M)		6.536			TRIM (M)		3.967
K G (M)		4.418			F. DRAFT (M)		0.168
CORR. DISP (KT)		-5.467			A. DRAFT (M)		4.136
M B (M)		-0.723			M. DRAFT (M)		2.107
M F (M)		-0.707			TGM (M)		0.999
M T C (KT-M)		16.423			TGM (M)		0.872
T K M (M)		5.417			PROP. IMM. (2)		0.919
L K M (M)		120.242			K B (M)		1.164
T P C (M)		5.13			CO-SPGR		0.78

GoM ガ スクナイ。COT ニ ハンサイ ナイカ? BOT.T ニ ツミワスレ ナイカ? ケントウシテクダサイ

時には種々の作業が重なって来るので、積付け計算から短時間で解放されることは、その他の重要作業への注意力が豊富になり、安全性が向上することとなった。

3・3 運航マニュアルコンピューター

積付けコンピューターで計算完了すると、同じコンピューターにプログラムを入れかえて、運航マニュアルコ

表4 新愛徳丸のLt/Mileの計算書

KT	HR	FOC/LT	L/MILE	FOC/YEN	FS
9.8	21.4	1950	9.28	106090	573.3
10	21	2069	9.85	112573	625.1
10.2	20.5	2195	10.45	119456	680.3
10.4	20.1	2329	11.09	126737	739.2
10.6	19.8	2470	11.76	134416	801.9
10.8	19.4	2619	12.47	142493	868.7
11	19	2775	13.21	150971	939.6
11.2	18.7	2938	13.99	159853	1014.8
11.4	18.4	3109	14.8	169140	1094.6
11.6	18.1	3287	15.65	178839	1179.2
11.8	17.7	3473	16.54	188954	1268.6
12	17.5	3667	17.46	199490	1363.1
12.2	17.2	3868	18.42	210454	1463
12.4	16.9	4078	19.41	221852	1568.3
12.6	16.6	4295	20.45	233691	1679.4
12.8	16.4	4521	21.53	245978	1796.4

From TOKUYAMA To Nagasaki 210 Miles
Start 56.6.1.17.00. Arriv.Limit 56.6.2.14.20.

コンピューターとして使用する。運航マニュアルコンピューターとしては、次に示すようなプログラムがある。

- ① 出港、入港両時刻より所要船速、燃費等の算出
- ② 入港時刻変更による省エネメリット計算
- ③ 帆走力による省エネメリット計算
- ④ 在来船との燃費差の算出
- ⑤ 所要時間とLt/Mileの算出

この中で、本船が最も好んで使用していたプログラムを一つ紹介することにする。

"⑤ 所要時間とLt/Mile"が最も好まれた。このプログラムを説明すると次の通りである。

まずインプットするものは、次のデータである。

- ① 出港の年月日時分 (紀元2,000年迄の万年暦がプログラムされている。)
- ② 入港の許容される最もおそい年月日時分
- ③ 航海距離 (マイル)
- ④ 排水量 (積付け計算で算出されている。)
- ⑤ 軸発電装置の発電量 (kW/hr)
- ⑥ 汐流 (追い汐は⊕, 向い汐は⊖)
- ⑦ 風速 (m/s)
- ⑧ 風向
- ⑨ 燃料比重, 燃料価格 (円/リットル)

これらをインプットすると、所要到着時刻に適する、船速、所要航海時間、所要馬力、燃料油量、Lt/Mile、燃料費が、9.0knから13.0kn迄0.2knとびでプリントアウトされる(表4参照)。

この表4に示される範囲内で、且つ船主、オペレーターより指示されている範囲に従って、燃料時間、船速を決めればよいことになる。

これはあくまでも一応の目安であるが、乗組員の側からすると、これが最も望ましいものであると答えている。船速を上げれば、いくらでも早く到着出来るが、やはり省エネルギー的な視点から見ると、余り早く航海することは好ましくない。一方的に陸上から〇〇ノットで走れ

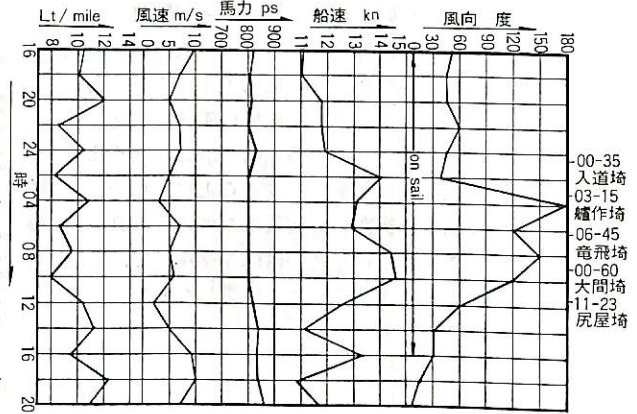


図1 利得馬力図

と言う指令を出すより、このようにして、乗組員の自主的判断により省エネ努力が払われ、更にその努力の証しが陸の人々にも認められ、双方で手をたずさえて目的に近づくことは、今後とも大切なことだと思った。

3・4 総合コンピューターシステム

以上に述べてきた3つのコンピューターシステムを総まとめにすると、図1に示すような情報の流れとなる。コンピューター間に自動的に情報が流れるのは、自動負荷制御と自動操帆の両コンピューター間だけであり、それ以外は全て手動である。

この点については、当初計画時に日程的余裕がなかった点と金額的に莫大なものになるので、一部に手動を残して全システムをまとめざるを得なかった。一部手動を残すことは、乗組員から好まれないのではないかと心配したが、その心配は杞憂にすぎなかった。乗組員がコンピューターに抵抗を感じないようにと藤原社長の発案で、テレビゲームのお遊びプログラムのテープを沢山与えておいたところ、乗組員全員がこれによってコンピューターのコンプレックスを拭い去ってしまっていた。今ではお遊びについては、彼等には勝てない。又その産物として、乗組員は誰でもコンピューターを操作する迄に成長し、社長の狙いは的中したことが判った。

これらのコンピューターシステムにより、定時制運航の確保という大目標の達成は実験上成功と認められる。その要因は帆によって、ローリング・ピンチングの性能が飛躍的に向上したので、風速30m/s、波高7~8mであっても安全航海が出来る事が実績として得られたので、これらのコンピューター群により適切な確認及び検討が行なわれれば、その最適プランを実行しようという点にあると思う。

表5 昭和56年4月～5月運航データー

df min./max.	1.90/3.80 m	
da min./max.	3.35/5.00 m	
dm min./max.	2.25/4.375m	
排水量	980/2120 ton	
航海時間	682.333 hr	
展帆時間	262.583 hr	
展帆時間比	38.49 %	
主機平均	全出力	861.73 ps
	発電出力	71.82 ps
	推進出力	781.91 ps
燃料油消費	C oil 合計	92793.7 lit
	A oil 合計	2776 lit
	C oil l/mile	12.55 lit/mile
	C oil l/hour	135.99 lit/hr
	C oil FOC	144.87 gr/ps/hr
航海距離	7393.5 miles	

4. 運航データー

本船側の努力により、毎航海共、2時間毎に詳しい計測をしていただき、これは解析して、膨大なデーターが得られた。これは藤原社長の統率力と、全乗組員の協力の賜物と思う。この中から幾つかのデーターを抜粋して取上げることとした。

4・1 月間運航データー

昭和56年4月～6月の3ヶ月間の運航データーを、表5に示す。所要時間については、岸壁より岸壁又はアンカー迄を示している。航海速度は、9.0～12.1knの間で航海している。従って、リッター/マイルの値も、10.70～14.1Lt/Mileの間に点在している。通常の場合は、

$$Lt/Mile = f(D, \text{船速})$$

となるものであるが、本船の場合は風力の利得がある時には、例えば11.95kn/D=1,200tで航走していても、10.7Lt/Mileという値を示し、帆船特有の姿を示している。

主機関の燃料消費量については、メーカーも驚く値を示しているが、機関長の話では、この数字でも尚C重油が残り気味である由にて、誠に素晴らしい主機関と言えよう。勿論ホモジナイザーを使用しているので、通常ならば廃棄すべきスラッジも燃焼させているので、この方の効果もあると思う(目下調査中)。

4・2 展帆時の利得馬力

展帆時と縮帆時の差を確認するために、2回のテスト結果を示す。表6は向風時のテスト、表7は追風時のテストにおける諸データーであり、展帆より縮帆に変ると、向風時の方が馬力の増大も著しく、船速の下落も著しいことが判ると共に、向風、横風時の帆の効果がよく判る(表6、表7参照)。風向が変わった時に、帆走馬力がどのように変化するかという状況を図1に示す。

表6 向風時の帆走力テスト (S. 55. 12. 23)

帆の状態	馬力	回転数	CPPピッチ	対水船速	風向	風速	波高	時刻
	PS	rpm	°	Kt	°	m/s	m	h m
展帆中	800	200.0	17.6	12.6	左70	15	1	23-30
縮帆中	900	202.0	17.6	11.2	左70	15	1	23-40

表7 追風時の帆走力テスト (S. 56. 8. 26)

帆の状態	馬力	回転数	CPPピッチ	対水船速	風向	風速	波高	燃費
	PS	rpm	°	Kt	°	m/s	m	lit/hr
展帆中	1120	218	17-30	13.15	R-100	8.0	1.0	162
縮帆中	1190	218	17-30	12.4	R-95	8.0	1.0	178

df=3.62m da=5.02m Cargo oil=1160.16 KL

表8 運航実績

月日	時分	エンジン				発電 KW	風向	風速	波高 m	ヒール角 °	船速 Vs
		馬力	発電	推進	rpm						
4-20	16-00	857 ps	89 ps	768 ps	220	43	0°	25 m/s	5 m	0°	80 Kt
	18-00	850	79	771	218	38	0°	20	5	右-0.5°	43
	20-00	857	101	756	220	49	左-15°	24	5	左-0.5°	45.5
	22-00	728	97	631	205	47	左-15°	22	5	左-2°	42.5
	24-00	795	89	706	210	43	右-15°	20	5	左-2°	34.5
4-21	02-00	845	83	762	222	40	右-20°	20	5	左-1°	35.0
	04-00	865	83	782	220	40	右-15°	20	5	左-1°	40.0
	06-00	755	93	662	220	45	右-15°	17	4	左-1°	50.5
	08-00	742	89	653	220	43	右-10°	14	4	左-1°	62.5
	10-00	930	79	851	197	38	右-20°	11	1+	左-2°	88.5
	12-00	930	83	847	197	40	左-15°	13	2	左-1°	87.0
	14-00	896	72	824	195	35	左-10°	13	2	右-2°	100.0
	16-00	875	87	788	196	42	左-5°	13	1+	右-1°	105.5
	18-00	875	87	788	196	42	左-5°	13	1+	右-0.5°	111.0
	20-00	825	83	742	196	40	左-10°	12	1	右-1°	108.0

表9 台風遭遇時の計測値 (S. 56. 6. 21～22)

日/時	21/10	21/12	21/14	21/16	21/18	21/20	21/22	22/00	22/02
主機 rpm	193	193	193	193	193	193	193	193	193
主機 PS	860	880	800	800	810	800	820	950	870
発電機 KW	52	48	47	47	35	35	42	40	35
風速 m/s	18	24	23	20	23	22	23	20	17
風向 °	-20	-30	-30	-40	-45	-40	-40	-60	-40
波高 m	5	6			6	6	6	6	5
対水 Kt	4.75	4.75	4.75	2.9	4.7	5.25	4.7	4.7	5.75
対地 Kt	10.4	3.5			3.0	2.2	4.3	6.8	8.0
ヒール角 °	-4				-2.5	-2.0			-5
排ガス温度 °C	319	331	311	313	307	303	295	335	332
燃料油	C	C	C	C	C	C	C	C	C

(注) 縮帆時

4・3 荒天時の航海

空船時の船脚の少い時には、帆があるからさぞ安定が悪いであろうということに対しては、表8に示す運航データーの示す通り、20m/sの風を斜め前から受けても、ヒール角が2°程度となるにすぎず、ローリングも少く、軸発を不安なく継続している。

満船時は、復原性のC係数がC=1に近づくので、かえって復原性は悪くなるが、この例として表9に示す運航データーの如く、斜め45°から23～24m/sの強風を受けても、ヒール角2.5～4°であり、ローリングも少く、193rpm(最低速)で軸発をつづけている。

5. 入渠時のデーター

56年8月1日今村造船所に入渠したが、その時の重要点をピックアップして次に示す。

表10 船底部表面粗度測定結果

	立上り部		平底部		船底部 平均表面粗度
	右舷	左舷	右舷	左舷	
新造時	136μ (24μ)		106μ (16μ)		121μ
水洗後	122μ (47μ)	113μ (43μ)	123μ (67μ)	133μ (70μ)	123μ
AF塗装後	119μ (50μ)	123μ (48μ)	122μ (64μ)	125μ (57μ)	122μ

() 内の数値は、標準偏差

5・1 船底塗料

中国塗料製シーフローZ-100を塗装しているが、新造時と、入渠時のデータを表10に示す。1年経過しても附着物は全然見受けられず、海水取入口にも附着物はなかった。船底部は特に完全であり、写真4に示す。

5・2 プロペラ

回転数を下げて、大径ペラとしているので、プロペラがスマートである。キャビテーションは発生しておらず、青草が附着していたが、洗滌後は生れたままの地肌があらわれた。入渠直後の青草の附着は、写真4を参照されたい。展開面積には未だ余裕があるように思う。

回転数が高いと馬力吸収に難があるので、展開面積を満すためにオタフク型にしても、尚キャビテーションを発生するのが在来型であるが、様相が全然異っている。

5・3 帆装置

停泊中に40m/sの台風を、又航海中に30m/sの台風を受けているが、いずれも問題はなかった。今後の問題点となったのは、塗装の補修対策であった。この点については、帆メーカーで検討することとなった。

5・4 主機関

一般的に問題点は見当らなかった。

シリンダーカバー …… 爆発面はカーボン附着少し
 吸排気弁 …… 2,000時間抽出時、排気弁に異物噴出
 みあるも、その後問題なし

ピストンリング …… 摩耗量少し

シリンダライナー …… 全筒良好

メタル …… 各メタル共良好

ギヤー、カム …… 共に当り良好

噴射弁 …… 当り良好

LO消費量 …… 26.6ℓ/day

ホモジナイザー処理のC重油で、スラッジや水分を除去しないで使用しているが、特異現象は見当らなかった。

5・5 ホモジナイザー

全オーバーホールを行い、摩耗度を調べたが、次に示すような数字であり、異常なし。

タイヤ摩耗量 0.003～0.024 mm

ディスク摩耗量 0.003～0.025 mm

スピンドル摩耗量 0.004～0.026 mm

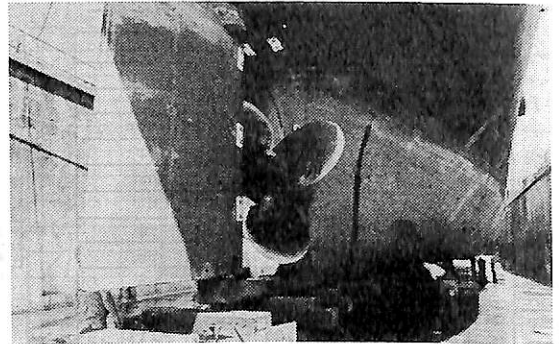


写真4 ドック入りした新愛徳丸の船底状況

ベアリングのゴムシールドも良好。1年間のメンテナンスフリーの自信を持った。尚附着タンクをC重油のサービスタンクに使用しているが、スラッジ等の溜りなくきれいなものであった。

5・6 新動力システム(油圧発電)

作動油も変化なく、作動油中の異物もなく、発電性能も良好であり、殊に台風下の航海中も軸発続行のデータは貴重であった。

5・7 クリーンサーモエコ

クリーンサーモエコについては、問題点は全然発見出来なかった。熱媒油は出光ダフニーサーミックオイル68を使用しているが、下記の如く良好であった。

色 L1.0 → L3.5

動粘度 100℃ 9.42 → 8.95

全酸価 0.06 → 0.08

加熱熱量は充分であり、未だ余裕があった。

5・8 迅速たるみ取り式ウインドラス・ウインチ

内田油圧の可変容量ポンプと可変容量モーターを使用し、軽負荷捲上速度が定格負荷捲上速度の3倍の速さを持っている装置のお陰で、15m/sの強風下で、且つ帆装を有しながら、他船より短時間に着岸、離岸出来たことは、荷主側の工場担当者の皆様からも喜ばれた。

5・9 コンピューター

船型が良好なため、強風、波浪下でのシーマージンの対策として、ALC自動プログラムをI(常用)、II(強風下)とし、IIは10%のシーマージンを考えてプログラムしたが、10%も必要ないことが判り、5%に変更することとなった(船型が良好のためと思う)。

マイクロコンピューターは、プリンターが作動不良となったので、ドック時に陸揚げクリーニングを行った。

5・10 ドック出し後の回航写真

8月6日にドック出し後の回航写真を写真5に示す。

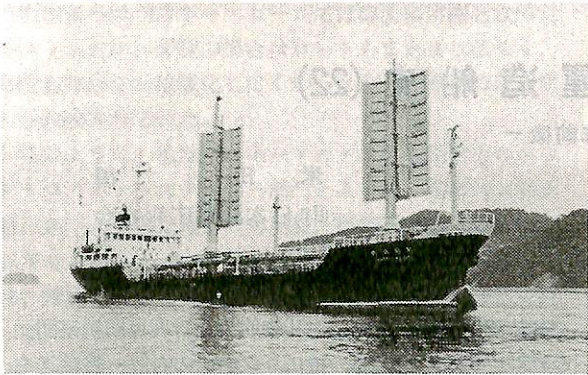


写真5 ドック出し後の新愛徳丸

6. 帆走タンカーの効用と今後の課題

6・1 荒天時の安定走航

先に述べたように、荒天時の安定走航については素晴らしい結果を示している。この要因を考えてみると次の通りとなるのではなからうか？

- ① 復原性の向上
- ② 帆によるローリング、ピッチング抑制
(ヒール角は或程度致し方ないが、問題なし)
- ③ 船体の海水面把握性の向上
(腹を波にヒドクぶつけない特性)
- ④ 保針性の向上
- ⑤ 各機器の円滑作動
- ⑥ 船長の卓越せる操船技術

幸なことに、本船は荒天下においても、これらが全て満足した状態にあったことが、このような成果を挙げ得る原因となったように思う。

6・2 シーマージンについて

一般に、シーマージンと考えられているものについては、次の要素に分けられると思う。

- ① 風による抵抗増加
- ② 波による抵抗増加
- ③ 潮流による抵抗増加(正確には所要時間の増大)
- ④ 船底汚損による抵抗増加
- ⑤ 当舵による抵抗増加
- ⑥ プロペラのキャビテーションによる損失
- ⑦ 主機関の性能劣化による発生馬力の減少

これらの問題点について、その解決への緒口を見出したと思う。各項目別に述べる。

① 風によるシーマージンの増加に対しては、帆によって、進向方向 $\pm 20^\circ$ 以外は、帆走力を得ることに成功した。風速 20 m/s 以上では、ローリング、ピッチングの抑制作用が現れ、荒天下の安全走航に役立った。

② 波による抵抗増加については、帆があるためと思われる水面把握性の向上により、船腹を強打しないので、船長が安心して操船し、且つ船速も向上している。

③ については、運航マニュアルコンピューターにより、事前対策を打つことが計られている。

④ 船底汚損は、中国塗料シーフローによりセルフポリッシング効果が著しく、出渠直後と入渠直前の船体抵抗に差異が認められなくなった。

⑤ 当て舵による損失は、本船の場合、横風下で展帆中でも、 2° を越えない。船尾形状と舵面積に負う所が大きいと思う。

⑥ プロペラは、低回転数大径ペラのお陰で、スリムな翼型にかかわらず、展開面積も充分にある為か、キャビテーションの発生なく、プロペラ表面の粗面化による抵抗増大がなかった。

⑦ 主機関も各部異常なく、C重油加熱も電熱を使用せず、熱煤油加熱のため、加熱器にスケールの発生なく、所定の温度で燃料供給が続けられ、その他の熱交換器も劣化していないので、今のところ経年変化は認められない。

今後共、これらのシーマージンを減少させてゆくことを理想とし、耐航性の向上を計って行くことが、我々一同の念願である。

7. あとがき

本船には帆装置のみならず、実績不足ではあるが、その性能は優れていると言われる機器、構造物が沢山装備されたが、各関係会社、担当者の方々、並に乗組員の方々の御熱意の賜かと思うが、結果が全て良い方へと出て来たことは、関係者の一員として心から感謝している次第である。

各機器についても、メーカー側関係者の方々の予想よりも良い結果が出て来るので、当惑させられることが多かったことは、その努力が神に認められたのではなからうか。

未だ理論的解析或は裏付けテストの未完のものもあるが、今後益々研究開発を行って、更に素晴らしい帆走商船が誕生することを願って止まない。

船の科学ファイル

定価 700円(千共)

船の科学がゆったりファイルできます。

株式会社 船舶技術協会

私の戦後海運造船史(22)

— 昭和42年前後 —

米 田 博
(財)日本海事広報協会

ユニット・ロード・システム^{1) 2)}

ユニット・ロード・システムとコンテナ輸送

第3次中東戦争勃発¹⁾

1967年(昭和42年)6月5日、イスラエルはエジプト、ヨルダン、シリアのアラブ連合を攻撃し、シナイ半島、ヨルダン川西岸、ゴラン高原を席捲した。この戦闘は6月11日に終結したが、アラブ連合によりスエズ運河が閉鎖され1975年まで再開されなかった。このため昭和42年にはタンカー市況は昭和31年以来11年ぶりに大暴騰し、一般貨物船市況も之につられて高値をよんだ。

昭和42年3月18日、リベリア籍の油送船トリー・キャニオン号が英国南西部海岸で座礁し、積み原油が大量に流出して世界の海運造船界に大きな問題を投げかけた。船舶から排出される油による海水の汚濁は、早くから国際的に問題とされ、昭和29年にすでに「油による海水の汚濁の防止のための国際条約」がロンドンで採択されたが、わが国は従来、この条約上の義務を履行するための国内体制の整備について多くの問題があり、これに加盟することができないでいた。昭和42年には「1954年の油による海水汚濁防止のための国際条約」を批准するとともに、「船舶の油による海水の汚濁に関する法律」が制定され、油の排出規制が行なわれ、その他に廃油処理施設の整備、船主責任保険制度の整備等いわゆる油濁防止対策充実のスタートラインに立った。また国際的にもIMCOを中心として真剣な検討が続けられることとなった。

この年11月16日、日本原子力船開発事業団は難航の末、その第1船(ふじ)の船体建造契約を石川島播磨重工業と、原子炉製造、据付け等の契約を三菱原子力工業と各締結した。コンテナ船関係でも後に述べるように大きな進展を示したが、国際的にはケネディ・ラウンド(関税一括引下げ交渉)妥結、英ポンド14.3%切下げの年であり、(財)日本海事科学振興財団、(財)日本造船技術センターがそれぞれ4月、5月に設立認可された。

本史(21)にふれたように「物的流通管理専門視察団」でアメリカの物的流通、特にコンテナの海陸一貫輸送を勉強してきた私は、一方ではアメリカの実情を紹介しつつ、他方ではユニット・ロード・システムの理論組み立てを行なってきた。

帰国後昭和41年6月に行なった運輸省での最初の報告会¹⁾の内容は(1)CL, TLとLCL, LTLおよびFreight Station, (2)協調輸送(Coordinated Transportation), (3)流通倉庫(Distribution Warehouse), (4)パレットとフォークリフトの発達, (5)コンテナによって完成しつつあるユニット・ロード・システム, (6)バージ・ラインについて, (7)シカゴ周辺の最適輸送手段問題, (8)アメリカにおける物的流通近代化の構想を日本へ適用するときの問題点:であったが、そのすべてについての解説をする紙面はないので以下ユニット・ロード・システムに焦点をあてて、当時の私の物流観を紹介しておきたい。

運輸近代化における

ユニット・ロード・システムのポジション²⁾

ユニット・ロード・システムは主として雑貨に関する運輸の近代化と認識されている。しかし、いわゆるバルキー・カーゴにおいては、このユニット化が極めて容易に行なわれるために、早くから「専用化」という名前でユニット・ロード・システムが行なわれてきたとみるべきである、と私は考えている。

ユニット・ロード・システムはまとまったロットと高度に機械化された荷役手段がなくては成立しないが、石油、鉄鉱石、石炭、穀物のような大量貨物の場合はこのロットがまとまり易く、且つ高度に機械化された荷役手段がそれぞれの物資に応じて開発されたのでユニット・ロード・システムの手段として専用船、専用車等がこれらの部門で発達したとみたい。タンカー、オア・キャリア、グレイン・キャリア等の専用船、タンク車、石炭車等の特殊鉄道車両、タンクローリ、セメント運搬車などの特殊自動車は各々の分野においてユニットにしたい考え方のあらわれとみる。

このようにバルキー・カーゴでは容易に可能となったユニット化が、雑貨の場合はロットもまとまりにくく、荷役もなかなか機械化しにくかったため、運輸の近代化から取残されていた。

このように、私はバルキー・カーゴの専用化もユニット・ロード・システムの一部門とみるし、逆にコンテナ船、コンテナ車は雑貨の専用船、専用車とみているが、以下でユニット・ロード・システムを述べるにあたっては、雑貨輸送の近代化に焦点をあてたいので、通念に従って、バルキー・カーゴの場合は専用化、雑貨の場合はユニット・ロード・システムという運輸の近代化が行なわれているとして組立てる。

すなわち、以下に述べようとするユニット・ロード・システムの運輸近代化における位置づけとその内容は下表に示すとおりと認識する。

コンテナ海上輸送体制の確立³⁾

(1) 海上コンテナ輸送研究会

昭和40年秋以来のコンテナ海上輸送の進展を最も推進してきたのは、やはり関係船会社であって、40年10月に設立された日本海上コンテナ協会(41年12月に社団法人となった)がその中心となった。

公のグループとしては41年7月に、コンテナ輸送に関する基礎的研究調査を行なう目的で、運輸省および海運業界の実務担当者をメンバーとして設けられた「海上コンテナ輸送研究会」の功績が大きい。

(2) 海運造船合理化審議会

41年4月「わが国の海上コンテナ輸送体制の整備について」諮問を受けた海運造船合理化審議会は「海上コンテナ輸送部会」および「経営体制小委員会」を設けて慎重審議の結果、(1)コンテナ化の進展、(2)コンテナ規格の統一、(3)コンテナ船、(4)コンテナ・ターミナル、(5)連絡国内輸送、(6)海上コンテナ輸送の経営体制、(7)政府の助成、(8)関税制度、(9)運送人の責任および保険に関する制度、の各項を内容とする答申を41年9月12日行なった。これがその後のコンテナ輸送体制整備のガイドラインになっている。

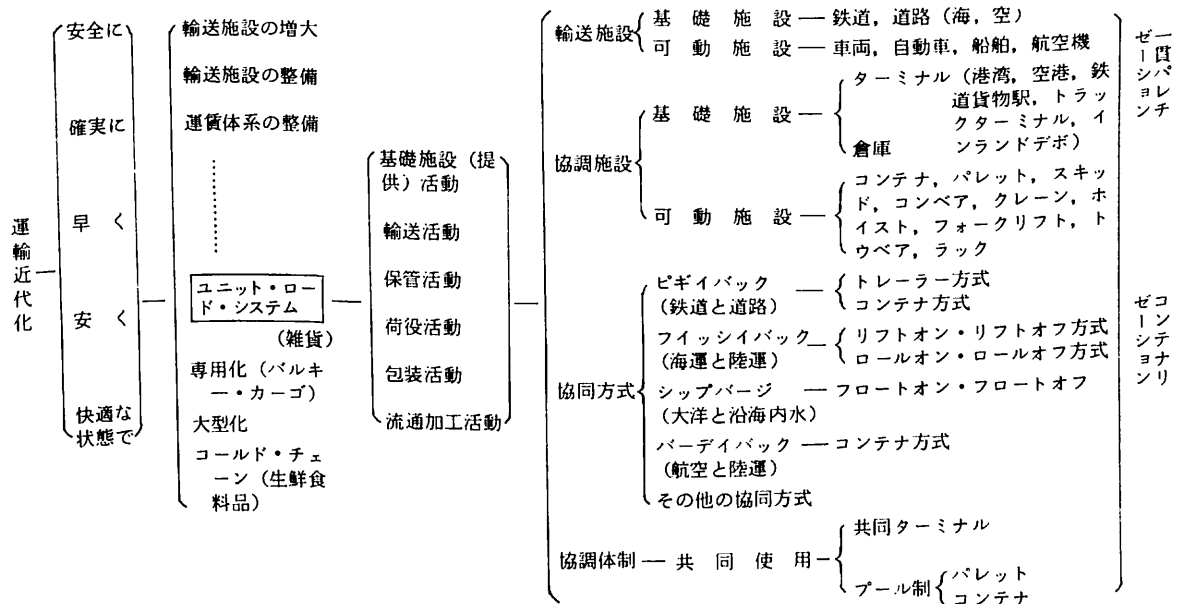
(3) コンテナ船運航のグループ化

海運業界では、この答申に沿って、差しあたり日本〜北米西岸航路に関してコンテナ船運航のための努力をした結果、41年12月14日、運輸省の斡旋によってつぎのような合意に達した。

(A) 大阪商船三井船舶、川崎汽船、山下新日本汽船およびジャパンライン

大阪商船三井船舶と山下新日本汽船と川崎汽船とジャパンラインはそれぞれ提携し、グループを形成する。さらにコンテナ輸送の発足時における効率的運営を図るため、当分の間、両グループ間においてウィークリー・サービスを目途として、コンテナの共同使用、ヤードの共同使用、配船調整、グループ間の運賃プール、ターミナル・オペレーションの一元化などの協調体制を確立して運営する。

運輸近代化とユニット・ロード・システム



(B) 日本郵船、昭和海運

日本郵船および昭和海運は、日本郵船がマトソン社と提携することを前提として提携し、グループを形成する。

(4) 外貿埠頭公団の設立とターミナル建設計画

運航体制に関する動きと併行して、コンテナ・ターミナルの建設についても昭和41年に大きな動きがみられた。すなわち急速な進展を始めたコンテナ化に対処して、コンテナ専用埠頭を建設するためには、従来の国や地方公共団体の投資のみに依存する方式ではとても間に合わなくなり、民間資金も導入して公団方式によって外国貿易用の埠頭を整備することが必要となってきた。そこで運輸省は昭和42年度予算の最重要事項として、京浜、阪神の両外貿埠頭公団の設立を強力に推進した結果、42年度予算で昭和50年度までに東京に8バース、横浜に3バース、大阪に5バース、神戸に6バースのコンテナ・ターミナルを建設するほか、一般外貿埠頭も建設するための、京浜外貿埠頭公団459億円、阪神外貿埠頭公団454億円の初年度予算が認められた。

一方、貿易埠頭公団の設立を決定的に裏づけるための措置として外貿埠頭公団法が42年7月に第55国会で成立し、同年10月20日に正式に発足した。

(5) 流通近代化会議

国際コンテナ輸送は、海陸一貫してはじめて効果をあげることができ、この考え方は海運造船合理化審議会の答申中にも重大な考慮として諸処方々にあらわれている。

しかしながら現実には昭和41年中は海運、港湾サイドのみが進展し、陸上側およびその周辺の体制は一向に整備されないままに年末を迎えた。

そこで、運輸省は大臣官房の運輸政策調整本部の下部機構として設けた流通近代化会議の第1議題として、昭和41年12月14日から10回にわたって、コンテナの海陸一貫輸送に関する諸問題の検討を行なった。私は本議題に関する幹事役をおおせつかったが、この報告はその後海陸一貫輸送を考える上の指針となっているので、検討の概要をご紹介します。

流通近代化会議はわが国に特有なコンテナ貨物の流動を背景とし、かつ現在進行中の外貿埠頭公団のコンテナ・ターミナル建設に続くものとして、当面コンテナ輸送によってどのような問題が発生するか、およびコンテナ輸送の有利性を発揮させ、戸口から戸口への一貫輸送を円滑に行なうために考慮すべき事項を検討した結果、概要つぎのような結果を得ている。

(A) わが国はアメリカ、欧州と異なって後背地が深くなく、京浜、中京、阪神の各圏内から大部分のコン

テナ貨物が発生するのでターミナルからかなり離れた場所に本格的なインランド・デポが設置される必要は、当面ないと考えてよい。トラック・ターミナル、鉄道貨物駅、倉庫の一部またはこれに隣接して造られた建物がコンテナ貨物集散場所にあてられるのが妥当であろう。

(B) 道路輸送には若干の法規の改正と道路の整備が必要となるが、とくに港湾地区から幹線道路への取付け道路の整備に重点を置く必要がある。

(C) わが国の輸送においては鉄道は重要な輸送手段となっているので、港頭ターミナルに臨港線を引き入れる必要があり、一方、国鉄としてもコンテナ輸送に貢献する方策について検討し、1C(8'×8'×20')のコンテナ輸送について運賃制度の弾力的な適用を考慮すべきであろう。

(D) 海上における支線サービス(フィーダー・サービス)の確保を図って、荷役面を考慮してロールオン/オフ方式に焦点をあてた検討が望まれる。

(E) 倉庫がコンテナ貨物の集散所となる可能性があるため、この点について検討を要する。

(F) 国内輸送の末端において少量のコンテナを取扱う場合の簡易な荷役手段の開発が望まれる。

(G) コンテナの規格について、コンテナ相互流通のための最大必要条件である寸法、固定方法、総重量については普及以前に決定し、強度、構造などについては、十分の検討を経て最終的な決定をすべきである。

(H) 国際通し複合輸送を円滑にするために、運送契約、運送書類の統一化、運賃、保険制度、通関制度等相互に関連した制度の確立が望まれるが、これらはわが国だけで解決できる問題ではないので、十分な検討を行なって、積極的に国際会議に参加する必要がある。

この頃、貿易界、海運、港運、倉庫、自動車輸送、鉄道輸送、通運、道路、海上保険、造船、コンテナ・メーカー、税関などで、コンテナ輸送をめぐって種々の動きがみられたが、これらはおおむねこの流通近代化会議の報告の線に沿っていたといえよう。

(6) 運輸経済懇談会物的流通部会

その後運輸省は大臣の私的諮問機関である運輸経済懇談会(会長中山伊知郎氏)で物的流通近代化の方策を検討し、私もワーキング・グループの一員となったが42年12月6日その物的流通部会(会長都留重人氏)報告を承認して、今後の流通合理化は、陸、海、空の各種輸送機関をコンテナなどによって一貫させる「協同一貫輸送」

(インターモーダル・トランスポーション)が主眼となり、その体制を実現するためには、政府が運賃制度など輸送事業内部の条件を再検討し、各種輸送機関が最も効率的に結びつくような再編成を促す必要があり、同時に道路、鉄道、港湾など輸送事業の外部条件を整備するため、合理的な公共投資を進めなければならない、との線を打出した。その後コンテナの海陸一貫輸送体制の整備はこの線に沿って進められてきた。

その後のコンテナ海上輸送⁴⁾

このように国をあげてコンテナ輸送体制の整備が図られた結果、わが国においては過去の遅れを一挙にとりかえす進展を見て今日に至っているのではこの機会に概観しておくこととする。

先に述べたように41年末には早くも北米太平洋岸航路について日本船会社のグループ化が行なわれ、42年7月外貿埠頭公団法が制定され、同年10月に京浜外貿埠頭公団と阪神外貿埠頭公団が設立された。両公団は49年度までに東京および横浜に計11バース、大阪および神戸に計11バースをそれぞれ建設する予定であったが、その後の実績は次表のようになっている。

公団名	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	計
京浜	2	1	1	3	-	2	3	-	-	-	1	1	0	14
阪神	2	1	2	3	1	2	2	-	-	-	1	0	3	17

公団以外にも港湾管理者が建設したコンテナ・ターミナルもあるので、昭和56年9月現在では次表のようになっている。

東京湾	東京港	11バース	(公団8, 東京都3)
	横浜港	9 "	(公団6, 横浜市3)
駿河湾	清水港	2 "	(静岡県)
	名古屋港	4 "	(管理組合2, 埠頭会社2)
伊勢湾	四日市港	1 "	(埠頭会社)
	大阪港	6 "	(公団5, 大阪市1)
大阪湾	神戸港	14 "	(公団12, 神戸市2)
	関門	北九州港	4 "
計	8 港	51バース	

コンテナ・ターミナルの運営および国内輸送体制としては、まず郵船グループでは42年6月1日、日本郵船と三菱倉庫の共同出資による、コンテナ埠頭管理運営会社「日本コンテナ・ターミナル株式会社」が、また42年6月15日には日本郵船と日本通運の共同出資による海上コンテナ業務担当会社「日本コンテナ輸送株式会社」がそれぞれ設立し、また商船三井など四社グループ側としてはコンテナ・ターミナル会社は「東京コンテナ・ターミナル株式会社」「神戸コンテナ・ターミナル株式会社」

となり、陸上輸送の担当者としては商船三井と全国通運が出資して43年5月6日に設立した「国際コンテナ輸送株式会社」が担当することになった。

日本におけるコンテナ輸送は、42年9月マツソン社の改造コンテナ船の配船から始まったが、43年8月わが国の第1船が日本/加州航路に就航し、その後同年11月までに合計6隻のコンテナ船が同航路に就航した。これらは42、43年度の計画造船で建造されたものでその代表的な船型・性能は16,240総トン、16,306重量トン、752個積(8'×8'×20'の標準型コンテナ)、27,800馬力、22.6ノットといったところであった。

その後コンテナ輸送は急速に拡大され、44年9月に豪州ニュージーランド航路、45年9月に北米北太平洋岸航路、46年12月に欧州航路、47年8月にニューヨーク航路、47年10月に地中海航路、53年8月に中東航路に新規配船されて今日に至っている。

この結果昭和55年1月1日現在各航路に就航しているわが国のフルコンテナ船は加州航路(P SW)13隻、北米北太平洋航路(P NW)6隻、北米大西洋岸航路(ニューヨーク)8隻、欧州航路8隻、地中海航路2隻、濠州・ニュージーランド航路6隻、中東航路4隻、合計47隻を数えており、20フィート換算のコンテナ積載能力の合計は63,490個に達し、一隻当たり平均は1,351個となっている。

現在コンテナ船が寄港している港は8つあるが、昭和54年における定期航路貨物に占めるコンテナ化率は次表のようになっている。

項目 港名	輸 出		輸 入	
	コンテナ貨物数(千トン)	コンテナ化率(%)	コンテナ貨物数(千トン)	コンテナ化率(%)
東京	4,563	98.8	4,411	92.6
横浜	4,581	40.7	3,072	59.9
清水	478	65.5	86	74.1
名古屋	1,845	38.8	1,234	56.9
四日市	8	25.1	206	34.8
大阪	2,005	66.1	1,672	51.0
神戸	10,368	57.8	8,512	81.6
北九州	27	1.8	20	7.2
合計	23,875	54.5	19,214	71.8

参考文献

- 1) 米田 博『(出張報告書)アメリカにおける物的流通の近代化』昭和41年5月23日
- 2) 米田 博「ユニット・ロード・システムとわが国におけるコンテナの海陸一貫輸送」『交通学研究1967年研究年報』日本交通学会 1967年10月刊
- 3) 米田 博「わが国海運によるコンテナ船就航を迎えて『船の科学』第21巻第7号 1968年7月
- 4) 日本船主協会『日本船主協会30年史』昭和55年6月刊

高速艇の構造についての二三の考察(2)

岩井次郎

前号の記事で述べたように、ヴァーチカルキール(V.K, センターガーダーのこと)やデッキセンターガーダーなど左右対称の構造配置と荷重を持つ縦通材の所は固定条件となる。この中心線ガーダーはそれと直交する船底フレームやデッキビームのような横材のスパンを半分にするという重要な役目を持っている。等分布荷重の場合、同一大きさの荷重と支持条件に於て、スパンが半分になれば最大曲げモーメントは $1/4$ 、最大撓みを同一とすればその梁の断面の慣性モーメントは $1/16$ となり、かなり軽い構造でよいことになる。船幅が大きい場合の効果は特に大きい。この場合中心ガーダーは縦方向には区画の前後端の二横隔壁間にわたる。そして各フレームの所で船底フレーム、或いはデッキビームが分担する荷重をうける。即ち等間隔の多くの集中荷重を受ける長いスパンのガーダーである(図1)。集中荷重 W は、横材のうける荷重の強さ $w = ps$ (p : 圧力, s = フレームスペース)を基にして $5/8psB$ となる。これらの多数の集中荷重をうける長いスパンの梁であるから、かなりヘヴィなものとなる。

或いは次のように考えてもよいであろう。縦割りで考えれば、設計圧力から来る区画全体の全荷重 pBL を両側BBと中心ガーダーの3本で分担するから、各ガーダーの分担荷重は図1(b)から反力 R_1, R_2 を求め、それから R_2 に対応する中心ガーダーの分担荷重は全荷重の $5/8$ 、両側部には各々 $1.5/8$ であることがわかる。故に縦方向には荷重の強さは $5/8psB$ と $1.5/8psB$ となる。フレームスペース s 間では $5/8psB$ と $1.5/8psB$ となる。平面図の図1(a)にこれら三縦材の荷重分担の範囲を点線で示してある。

V. K. やサイドボトムガーダーには上述のような外部からの水圧荷重のほか、主補機その他の装備品、積荷などの内部荷重が水圧荷重とは反対方向に作用する。故に、これらのガーダーの設計は、これら内外荷重から結局の荷重分布を作り、それを縦に積分して剪断力、次に曲げモーメントを求めるといふ、船体縦強度計算と同様な手順を行うのが真の方法である。

著書を通じてであるが筆者の畏敬する一人である軍艦設計の権威者 W. ホヴガード博士(元デンマーク海軍造

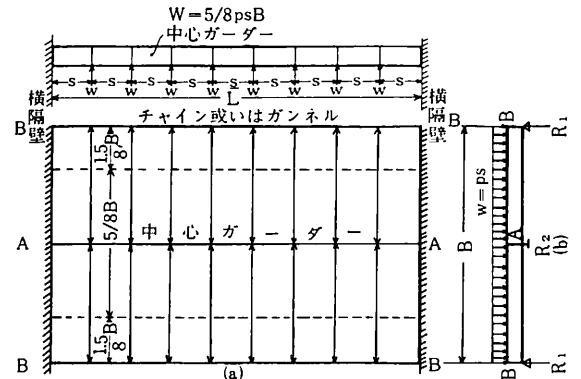


図 1

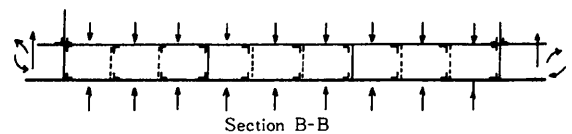
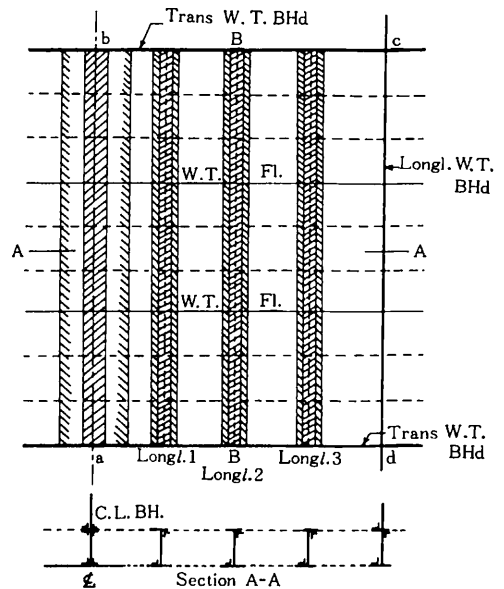
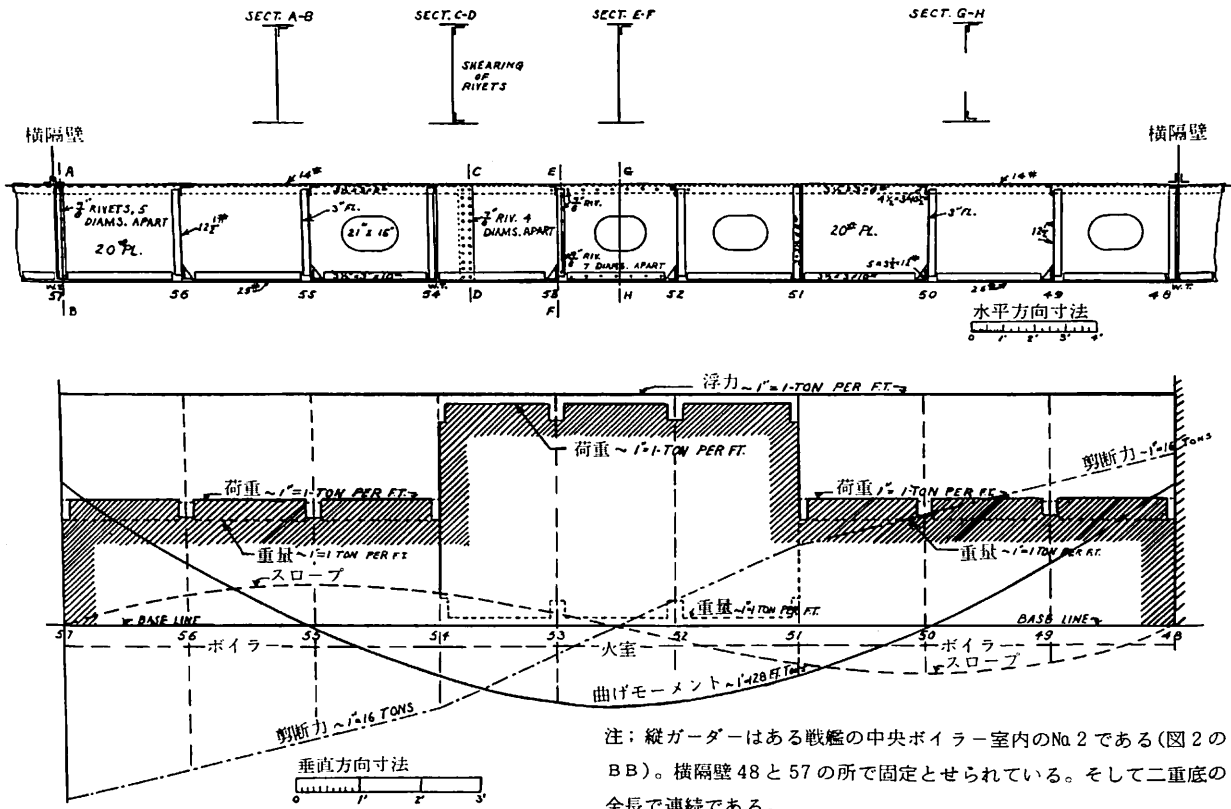


図 2

船中佐、マセチューセッツ工科大学教授)の著書中に、ある戦艦のボイラー室内のNo.2 船底ガーダーの設計例が述べられている(図2, 図3)。鋸接手の鋸の剪断強度が



注：縦ガーダーはある戦艦の中央ボイラー室内のNo 2である（図2のBB）。横隔壁48と57の所で固定とせられている。そして二重底の全長で連続である。

図 3 縦通材の強度図

重要であった旧時代の鉄構造の一例であるが、船底ガーダー、V. K. などの設計の基本的な考え方はこの通りである。現今の全溶接構造ではより簡単で合理的な構造となる。しかし内部装備品や積荷は区画によって違い、またプレーニング艇では船の縦位置によって外部水圧荷重も異なるから、船の全長を通じての一般化したV. K. の設計式を作ることは不可能と思われる。ある特定の苛酷な条件を想定して定める外はなかろう。船級協会のこの部材についての規定式はどういう根拠から出て来たものか関心が持たれる。

エンジンガーダーもこれらガーダーの一つであり、同様の考えで設計されるべきものであるが、更に振動のことも充分考慮されねばならぬ。もっと全体的に考えて、縦横に防撓された所謂グリレヂ（grillage）として扱うのが正しいと思う。普通は上のようなオーソドックスな方法にはよらず、先例に基づいて経験的に寸法が決められる。しかし、一度はこのような方法でやっておくと良い参考になるであろう。

船幅が非常に大となり、厚い舷側装甲板を持つ大戦艦では片舷の横船底フレームに加えられる荷重は喫水による浮力を遙に超過して非常にシヴィアになる。これらを中心で固定条件で支えるV. K. は余程頑丈でなければならぬだろうと直覚されるが、あの有名な「大和」級戦艦の中央切断図（図4）で明らかのように、V. K. は普通型の一本ではなく、二條の箱型構造であり、合理的に大きなIを与えているのは首肯出来る。これは同時に船体縦強度にも大きくプラスする。また、このような重い巨艦の入渠時にはキール盤木の所の船底構造への荷重は極めて苛酷となり、充分頑丈な構造で対処しなければならぬが、この箱型V. K. はこれに対しても極めて有効である。hovガードは16,300トンのある戦艦がある特別シヴィアな条件で入渠する際の横強度の数値計算例を示している。

この「大和」級戦艦の箱型V. K. については、筆者が東大造船学生時代に平賀教授（造船中将、当時東大工学部長であった。）が軍艦の講議中で「近代の大戦艦のV. K. にはこうあるべきだ」と述べられたのをノートしていた

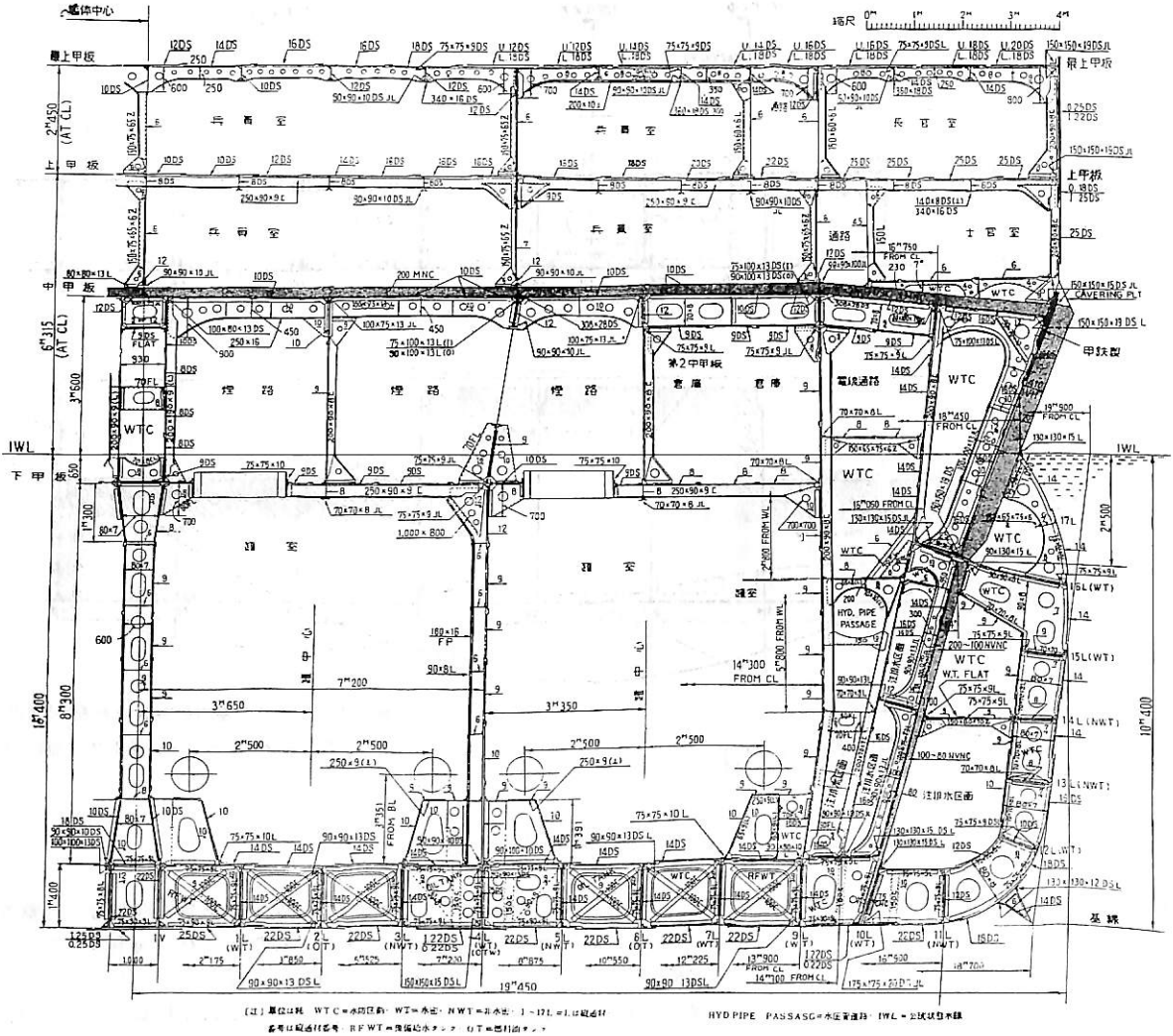


図4 戦艦大和の中央断面図

が、何年かあと三菱長崎造船所で「武蔵」の構造図を閲覧し、また建造中の同艦の船底を見て、講義そのままの構造であったことに深く感動したことを思い出す。

思えば、平賀先生の軍艦の講義ではわが海軍のそれまでの軍艦設計のフィロゾフィー、設計技術の総結晶としての「大和」型戦艦の基本構想が一般論として講述されていたと思う。その頃は平賀先生も深く係わって居られた「大和」型戦艦の設計は極秘裡にかなり進行しつつあったのである。また、今日かなり有名となったあの蜂の巣甲板 (Armour grating) のことも講義中述べられた。

高速艇そのものの当該構造部分に関連しては英海軍が

スタービン魚雷艇 (図5) と「Dark」級魚雷艇 (図6) のミッドシップセクションを示す。両者共アル骨木皮の混合構造で、既に除籍された過去の船である。「Brave」級の構造基本は英海軍工作局長 (Director of Naval Construction) の所で作られ、また建造者であった Vosper は海軍構造研究所 (Naval Construction Research Establishment) から充分指導を受けた。この研究所には強度の権威者 J. クラークソンが居た。彼は特に薄板の弾塑性設計理論やグリレヂ (格子状骨組に板を張った構造) の理論で優れた業績をあげていた。私の在社時代、私の助手のパロウ君を彼の所に派遣してある問題をディスカスさせたことがあった。その頃グリレヂの

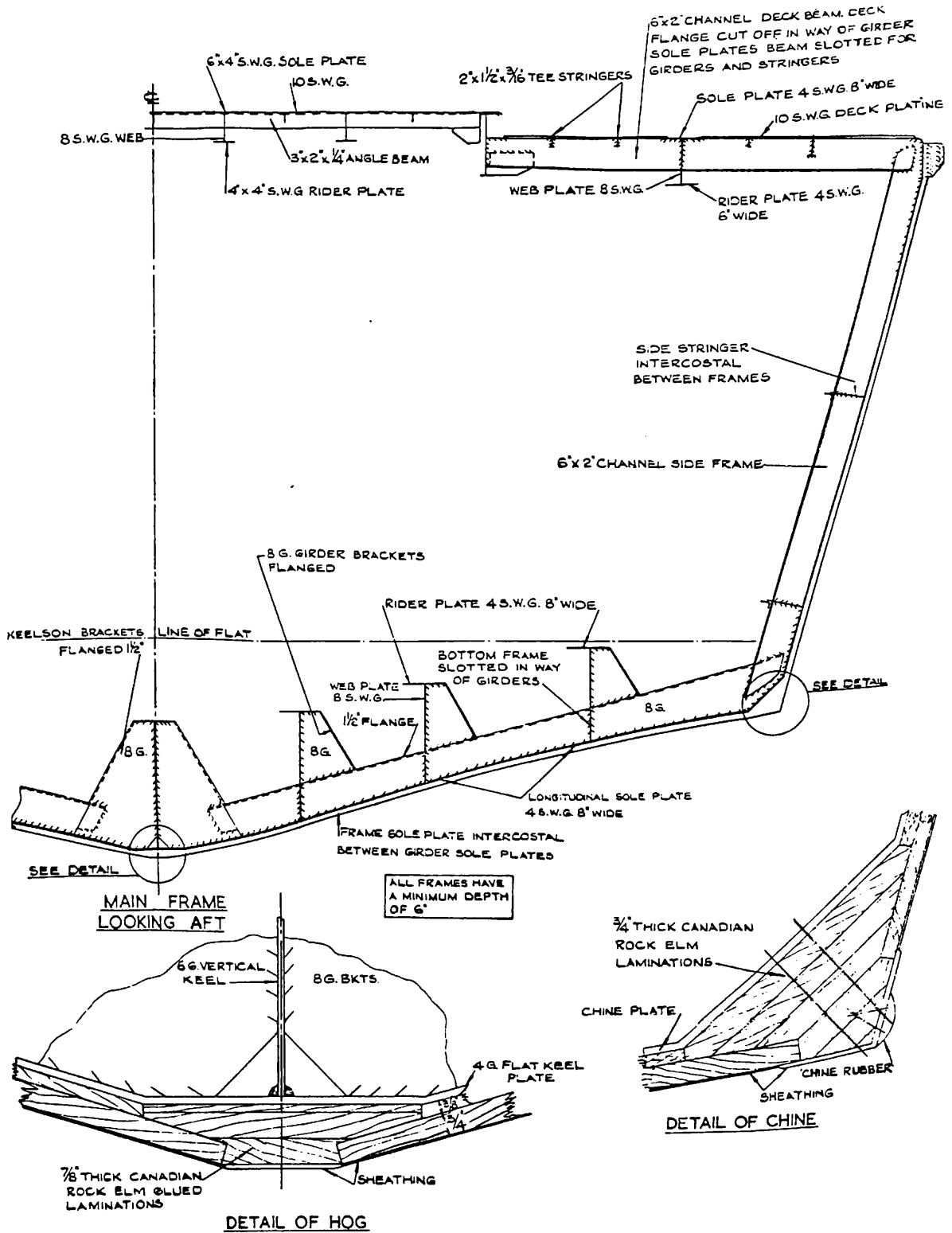


図5 英海軍 "Brave" 級魚雷艇の中央横断面図

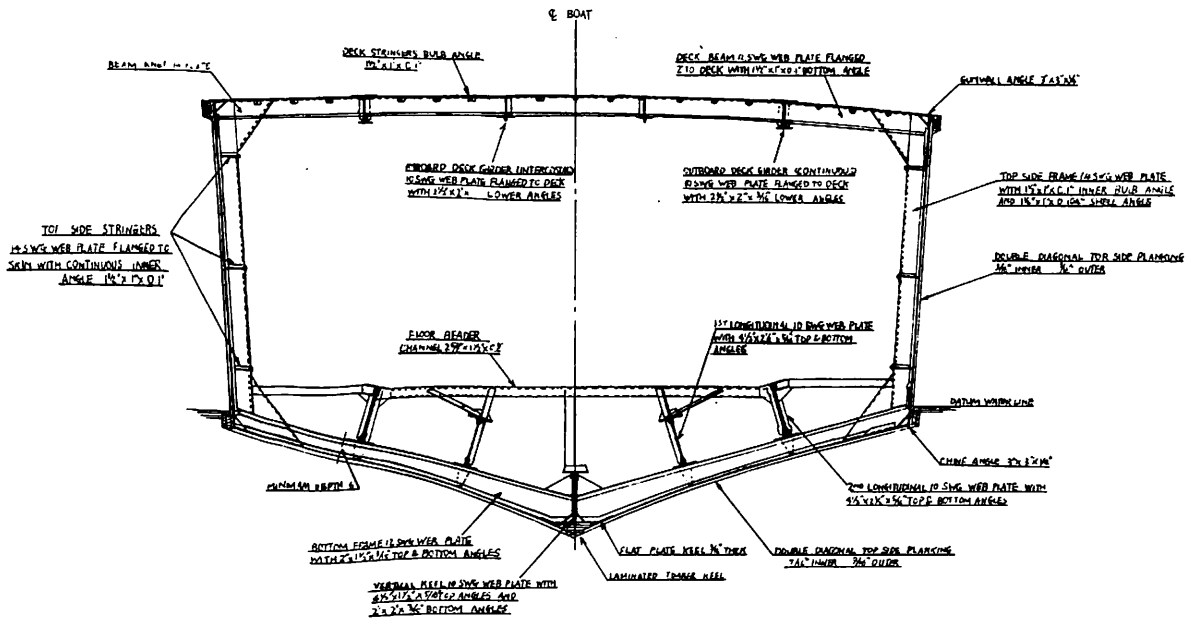


図6 英海軍“Dark”級MTB中央断面図

論文で学位を取った。

“ Brave ” 級魚雷艇 2 隻は私がヴ社に着任した1964年(昭和39年)秋、アイスランド周辺での NATO 海軍大演習に参加して、主強度メンバーのアルミ骨部を大損傷して、ゴスポートの潜水艦基地ドルフィンで上架されていた。デューケン中佐の要請で、英海軍省の了解の下に私は同艇の損傷を調査した。ヴ社で試運転関係を総括していた元英海軍魚雷艇隊司令ダグラス ランバート中佐の案内でドルフィン基地に行った。ヴ社へ着任の最初の一週間サウスシーの私の下宿が決まるまで滞在したフェアラムのレッドライオンホテルに立寄り、バーで一杯飲んだ。ヴ社弘報担当のブルックス中佐もたまたま居合せた。ランバート中佐はモノクルを掛けた一風変わった人であった。

若い艇長の案内で色々説明をうけた。ひどい亀裂であった。このことは何回か記事に書いた。それで私は“ Brave ”の構造には感心はしないが図5中で今問題としている関連部分をよく見ると、流石に英海軍の構造専門家が充分に考えて設計しただけに、オーソドックスで合理的であると感じる。頑丈な V. K. を置き、それに大きなブラケットで以って船底フレームと結合している。また、図6の“ Dark ” 級魚雷艇(わが国の防衛庁が1隻購入し、PT9としてある期間就役した)は昔から飛行艇会社として有名な Saunders-Roe 社で設計、建造されたものだが、これも“ Brave ”級の図5に非常に似た構造である。大本は同じく英海軍省であったのではない

かとも想像する。また一般的に造船技術者よりもより科学的合理的な航空機技術者がよく考え、飛行艇の知識と経験を裏付けとして設計した結果とも見られる。何れもオーソドックスな構造であり、参考になると思う。

商船では他の構造部分と同様一々設計荷重を考え、強度計算によって部材寸法を決めると言うことはせず、ルールに示された簡単な式に数値を入れて機械的に寸法を決めるだけである。簡単容易な作業で済むが、これではほんとうのことは分らずに終ろう。センターガーダーについてのルールの式はどういう根拠から導き出されたのかわからぬが純材料力学的根拠の他に、経験的なものも考慮されているのは当然であろう。

例の運輸省発行の軽構造基準案は既にかかなり長い時間をかけて見直し作業が行われている由で、一日も早く正しい結果が得られる合理的な規定が発表されることを望むが、これに関連して次のことを耳にした。V. K. には図1(b)で各フロアの所で $W = 5/8 ps B$ の集中荷重が加わるが、V. K. の1フレームスペースだけを考え、両端支持で中央に $2W$ の集中荷重がかかるとして最大曲げモーメントを求め、それより寸法を決めるというのである。

これでは最大曲げモーメントは $ws/2$ であるが、区画長 $L = ns$ (n はフロアスペースの数) について既述のように考えれば、多点荷重をうけるこの長い梁の最大曲げモーメントはもっと大となり、より大きな寸法が要求されることになる。

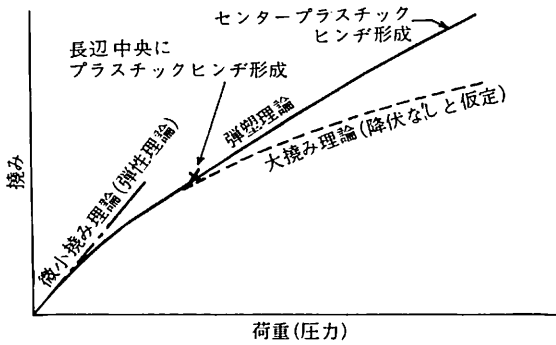


図7 板理論の比較

次に、前号で述べた縦横の骨で囲まれた船底などの個々のパネルは、均等横圧力をうける周辺固定の矩形板である。この問題はかなり古くから強度学者の研究対象であって、また実際問題としては、造船の分野では、水密隔壁、船底構造、甲板などの設計でおこる詳細設計の問題として重要であった。

さて、このような薄板矩形板がうける圧力荷重が次第に増大して行く過程を定性的に荷重-撓み図で示すと図7の実線のようなものである。また、同図に適用される諸理論の範囲を示す。区画の Flooding という船の一生涯で一度その機能を果せばよい水密隔壁などでは弾塑理論 (Elasto-plastic theory) で設計されて然るべきだが、船底のように繰返し荷重を受ける所は弾性設計によって疲労に対して設計されねばならぬ。膜引張り力を考慮する大撓み理論は一般に造船学で使われるとはいえない。

撓みが微小で、板厚の半分位までの弾性曲げに対しては、次の Lagrange の基礎微分方程式が成り立つ。

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p/D \dots\dots\dots(1)$$

座標軸は図8の通り。

w = 撓み

p = 横圧力

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$$

t = 板厚

E = ヤング弾性係数

ν = ポアソン比

周辺の条件は

$$w = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

また、 x, y 軸方向の曲げモーメントは

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \dots\dots\dots(3)$$

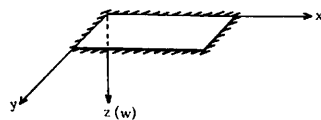


図8 座標軸

$$M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$

$$M_x + M_y = -D(1+\nu) \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

$$M = \frac{M_x + M_y}{1+\nu} = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

或いは

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = -\frac{M}{D}$$

(1)は次のように書かれる。

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left(-\frac{M}{D} \right) = \frac{p}{D}$$

これらから

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} &= -p \\ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} &= -\frac{M}{D} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

周辺固定の条件を満足する(1)の厳密解、或いは今日得られているような良い近似解が得られていなかった今世紀始め頃には、色々な人による大雑把な近似解や実験式が用いられた。一二の例を挙げると次のようである。

グラスホーフの式 (Grashof)

$$w = \frac{p}{2Et^3} \frac{\left\{ \left(\frac{a}{2} \right)^2 - x^2 \right\}^2 \left\{ \left(\frac{b}{2} \right)^2 - y^2 \right\}^2}{\left(\frac{a}{2} \right)^4 + \left(\frac{b}{2} \right)^4}$$

この式から A, B 点の曲げ応力を求めると、

上式から $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$

を求めこれらを(3)に入れ、それから曲げ応力が求められる。

$$\sigma_A = \frac{1}{2} \frac{a^4}{a^4 + b^4} \left(\frac{b}{t} \right)^2 p$$

$$\sigma_B = \frac{1}{2} \frac{b^4}{a^4 + b^4} \left(\frac{a}{t} \right)^2 p$$

$\frac{a}{b}$ が大きい場合 $\sigma_A = 0.5 p \left(\frac{b}{t} \right)^2$ となり、後述する表1から計算されるものとほぼ一致する。しかし B 点ではかなり違う。また色々なアスペクト比に於てはかなり違った値となる。今日でもこのような式を使う人が居るのは不思議である。

ピーッカーの実験式 (Pietzker)

ドイツ海軍と Bach 教授が共同で行った実験を元にし

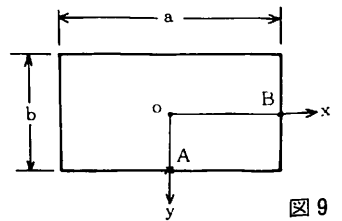


図9

た式である。右図のA点に対して、

$$M_A = K_A \frac{\rho b^2}{12}$$

故に、A点の最大曲げ応力は、

$$\sigma_A = \frac{1}{2} K_A \rho \left(\frac{b}{t}\right)^2$$

係数 K_A は上記実験後にも得られた値で図10の通りである。

後述の表1の結果と対比すると数%の誤差(概ね小さい値となる)がある。 K_B はB点に対する係数

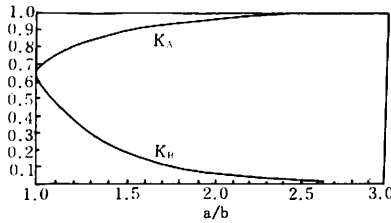


図 10

その後も引続き式(1)の解を得るのに色々な学者が努力して来た。大抵は撓み面を複級数で仮定して周辺条件を成るべく満たすようにするか、或いは歪エネルギー法を使って仮定した複級数中の諸係数を決めるという方法が取られる。

わが国の妹沢博士や加藤東大名誉教授の解などはそれである。近似解ではあるが実用には差支えない良い精度を与える。解の精度が云々される場合常に実験値との対比が行われるが、周辺固定の条件を実験で確保するのは困難とされており、そのために生ずる誤差が常に議論の対象となって来た。

有名なティモシェンコの著書中には Evans が計算し

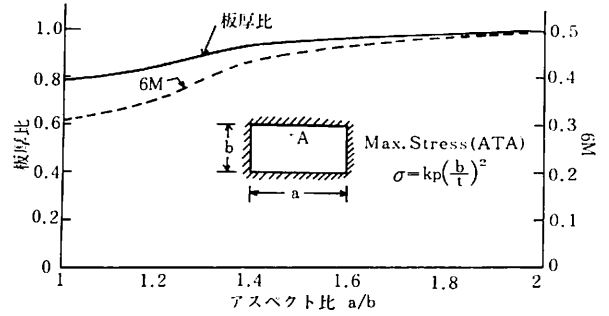
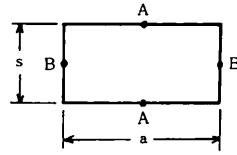


図 11

た結果が表に示されていて(表1)現在広く使われている。長辺の中央A点($x = a/2, y = 0$)の板で最大曲げ応力がおこるが、この曲げ応力は、

$$\sigma = \frac{M}{z} qa^2 = 6Mq \left(\frac{a}{t}\right)^2$$

これより板の設計応力を σ_D とすると

$$t = a \sqrt{\frac{6Mq}{\sigma_D}}$$

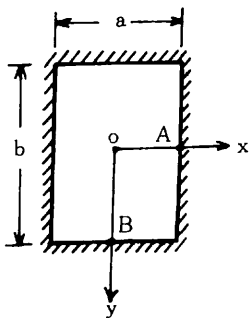
一定の q に対し

$$t \propto \sqrt{6M}$$

表1よりアスペクト比 a/b をベースに $6M$ と各アスペクト比の $\sqrt{6M}$ と $a/b = \infty$ を1とした $\sqrt{6M}$ との比をプロットして図11をえる。後者の比は $a/b = \infty$ の時の板厚を1とした場合の他のアスペクト比の時の板厚に対する比となる。

a/b が大きい帯板状のパネルでは短辺による拘束の効果が無いが、アスペクト比が小となるほどこの効果が現われて来て曲げに対し丈夫となり、板厚はより薄くてよ

表1 Deflection and Bending Moments in a Uniformly Loaded Rectangular Plate with Built-in Edges $\nu = 0.3$



a/b	$(w)_{x=0, y=0}$	$(M_x)_{x=a/2, y=0}$	$(M_y)_{x=0, y=b/2}$	$(M_x)_{x=0, y=0}$	$(M_y)_{x=0, y=0}$
1.0	$0.00126 qa^4/D$	$-0.0513 qa^2$	$-0.0513 qa^2$	$0.0231 qa^2$	$0.0231 qa^2$
1.1	$0.00150 qa^4/D$	$-0.0581 qa^2$	$-0.0538 qa^2$	$0.0264 qa^2$	$0.0231 qa^2$
1.2	$0.00172 qa^4/D$	$-0.0639 qa^2$	$-0.0554 qa^2$	$0.0299 qa^2$	$0.0228 qa^2$
1.3	$0.00191 qa^4/D$	$-0.0687 qa^2$	$-0.0563 qa^2$	$0.0327 qa^2$	$0.0222 qa^2$
1.4	$0.00207 qa^4/D$	$-0.0726 qa^2$	$-0.0568 qa^2$	$0.0349 qa^2$	$0.0212 qa^2$
1.5	$0.00220 qa^4/D$	$-0.0757 qa^2$	$-0.0570 qa^2$	$0.0368 qa^2$	$0.0203 qa^2$
1.6	$0.00230 qa^4/D$	$-0.0780 qa^2$	$-0.0571 qa^2$	$0.0381 qa^2$	$0.0193 qa^2$
1.7	$0.00238 qa^4/D$	$-0.0799 qa^2$	$-0.0571 qa^2$	$0.0392 qa^2$	$0.0182 qa^2$
1.8	$0.00245 qa^4/D$	$-0.0812 qa^2$	$-0.0571 qa^2$	$0.0401 qa^2$	$0.0174 qa^2$
1.9	$0.00249 qa^4/D$	$-0.0822 qa^2$	$-0.0571 qa^2$	$0.0407 qa^2$	$0.0165 qa^2$
2.0	$0.00254 qa^4/D$	$-0.0829 qa^2$	$-0.0571 qa^2$	$0.0412 qa^2$	$0.0158 qa^2$
∞	$0.00260 qa^4/D$	$-0.0833 qa^2$	$-0.0571 qa^2$	$0.0417 qa^2$	$0.0125 qa^2$

いことになる。船その他の構造では一般にアスペクト比は、2 或いはそれより大きいものが使われるが、図11は特定の場合には薄い板で済むのでメリットが生ずる場合もあるかもしれない考慮に値しよう。縦横の骨の重量をも含めた全重量がパネルのアスペクト比でどう変るかに就き筆者は以前本誌に投稿した（“船の科学”1978-5, Vol. 31, No 5）。

表1は非常に有益な表であるが、図9のA, B, Oの三点に対する曲げモーメントしか与えていない。長辺に沿う各点の曲げ応力の分布には非常に関心が持たれるが、この表では処置なしである。各点に於ける板の曲げ応力を求めようとする、既述の(1)の近似解に各点の座標を入れ $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$ を求めそれから M_x , M_y をえる訳

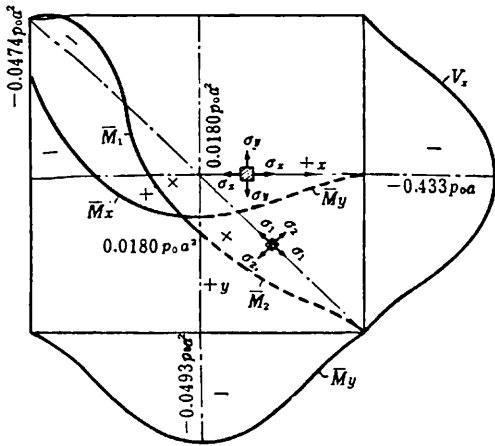


図14 差分法による解の例
(等分布荷重 (Po), 周辺個定の正方形板)

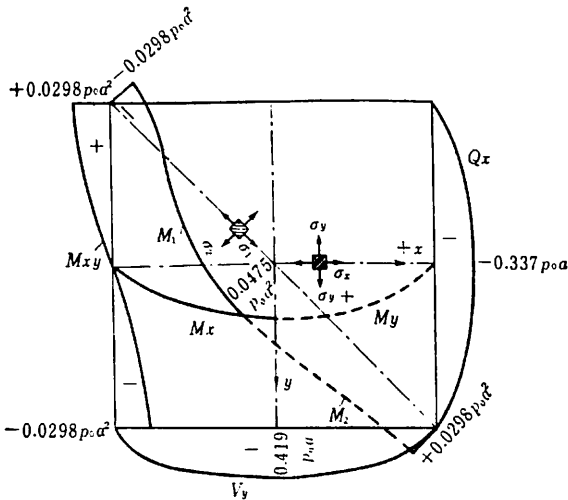


図15 等分布荷重 (Po) 周辺支持の正方形板

だが、差分法による時はかなり簡単な計算で容易に各点の撓み、ストレスなどを求めることができる。

等分布荷重を受ける両端単純支持梁を例として差分法を簡単に述べる(図12)。

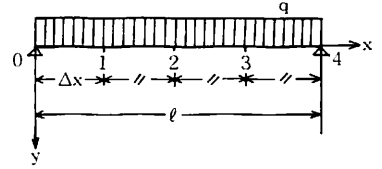


図 12

梁の曲げの基本
微分方程式：

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -M \quad \text{曲げモーメント}$$

$$EI \frac{d^3 y}{dx^3} = -\frac{dM}{dx} = F \quad \text{剪断力}$$

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = -\frac{d^2 M}{dx^2} = \frac{dF}{dx} = q \quad \text{荷重の強さ}$$

即ち、M については

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = -q$$

これを差分方程式で書くと

$$\frac{\Delta^2 M}{\Delta x^2} = -q$$

或いは

$$\Delta^2 M = -\Delta x^2 q$$

今スパン l を4等分する。 $\Delta x = l/4$ であり、上式は次のようになる。

$$\Delta^2 M = -\frac{q l^2}{16}$$

x 方向の差分を考え、 $M_0 = 0$, $M_4 = 0$, また対称性から $M_1 = M_3$ を考慮して、

点1に対し、第二差分：

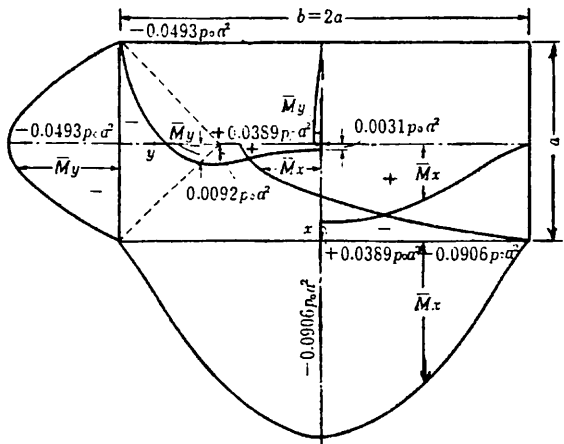


図16 等分布荷重 (Po) 周辺個定の長短形板

$$\Delta^2 M = M_2 - M_1 - (M_1 - M_0) = -q(\Delta x^2)$$

或いは

$$M_2 - 2M_1 = -\frac{q\ell^2}{16} \dots\dots\dots(a)$$

点2 に対し同様に

$$\Delta^2 M = M_3 - M_2 - (M_2 - M_1) = -\frac{q\ell^2}{16}$$

或いは

$$M_1 - M_2 = -\frac{q\ell^2}{32} \dots\dots\dots(b)$$

$$(a), (b) \text{ から } M_1 = \frac{3}{32} q\ell^2, M_2 = \frac{1}{8} q\ell^2$$

これらのMの値は図12の梁の周知の曲げモーメントの式 $M = q/2x(\ell-x)$ から得られる点1と点2に対するMの値と一致する。

撓み y については

$$\text{基本微分方程式: } \frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M}{EI}$$

$$\text{差分方程式: } \frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} = -\frac{M}{EI}$$

$$\text{或いは: } \Delta^2 y = -\frac{M}{EI} \Delta x^2$$

同様に各点の第二差分を取り、y を求めることが出来る。この場合右辺にあるMには各点のM値を使う。このようにして得られる撓みyはMの場合のように正解とは合わずかなりの誤差を伴う。Δxを小さく取るほど正解に近づく。Mの場合には上の例のようにΔx = ℓ/4でも正解と一致したのであるが。

精度を高めるためにスパンの分割数を多くすると、解くべき連立一次方程式の数が増えるので、前号の多ス

パンの連結梁の場合と同様にマイコンを使うと便利である。

板の場合にはx, y 方向に適当な間隔を以って分割した格子点について上記の方法を用いる(図13)。これは周辺単純支持, 等分布荷重を受ける正方形板に対するもので、各格子点の番号は対称性を考慮して付けられている。これら各点について(4)を差分方程式で表わして解けばよい。

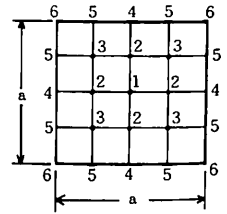


図 13

周辺固定の板に対しては一つの工夫が要る。ドイツのマルクス (Marcus) は差分法によって色々な板の曲げの問題を解いて発表した (1932年, 昭和7年)。わが国の学者が板の曲げ問題の論文を発表する場合、この差分法による解法やマルクスの例について言及しないことを奇異に感ずる。図 14, 15, 16 にマルクスが解いた解の一部を掲げる(前頁掲載)。

筆者は図16の長矩形板の長辺に沿う曲げモーメント M_x の分布に最も興味を抱く。何となれば今まで度々触れているように、このようなパネルの板厚決定は長辺の中央の最大曲げストレスを元に行われるからである。そしてアルミ合金艇では普通アルミ合金 A5083P H32材が使われることが多い。この冷間加工硬化後安定化処理を施した材料は耐力は24 kg/mm² であるが、溶接すると狭い幅ではあるが溶接熱のため軟化してO材相当材になり、耐力は13 kg/mm² におちる。溶接しない部分は24 kg/mm² の耐力を維持している。それで図16の M_x 、従って σ_x の分布とこのことを組合わすと一つの特許的アイデアが生まれる。

製品紹介

製品紹介

壁掛けタイプ超薄型船用ファクシミリ

船用電子機器の総合メーカー古野電気では、設置場所に応じて壁掛け、卓上のどちらでも使用できる超薄型の船用ファクシミリ F A X - 108型を発売した。

【仕様】

- 受信部 受信周波数：2～25 MHz
チャンネル；全世界の気象放送波
受信方式；シンセサイザ方式
- 記録部 記録方式；ベルトによる1本ペン平面走査方式
記録紙；アルミ蒸着紙 W 257 mm×L 30 m

電源 (DC又はAC)

- (A)DC 11～15V, DC 18～48V 待受時10W 記録時30W
 - (B)AC 100, 110, 220V1φ 50～60Hz (整流器PR-60が必要)
- 外寸法 W 385 × H 300 × D 170 mm 14 kg

【特長】

- W. M. O (世界気象機構) 規格
- I. S. B (米国気象ファックス) 受信可能
- 電源スイッチをONにするだけ、受信開始、終了に合わせて自動起動、自動停止
- 記録ペンは常に記録紙外で止まるので記録紙の交換が容易
- 独自のメモリー付1本ペン記録方式、面倒なペン調整は一切不要

■ L N G 船の就航記録から (その 5)

貨物オペレーションの実際(上)

編 集 部

L N G 船の貨物オペレーションの要領は、L N G 船の大きさ、構造設備、航路、船主等によって詳細については個々に異なるが、基本的には大差ない。本稿では、まず最初に基礎知識として貨物オペレーションの概要を解説する。次いで、オペレーションの種類毎に、就航船の実情について述べる。

当初は、L N G 船の乗組員の研修／訓練の問題も貨物オペレーションの一環として取上げる予定であった。しかし、これは重要な問題であり、また、実際に行なわれている研修カリキュラム等の紹介例も多いので、本シリーズの別のテーマとして取上げる。さらに、火災時、貨物流出時等の緊急時の対策についても個々の船舶／プロジェクトの例が多く紹介されているので、これも別のテーマとして取上げることとしている。

なお、本テーマは、内容が多いので編集の都合により今回、次回および次々回の3回に分けて掲載する。さらに、貨物オペレーション中の特別のテーマ（ボイルオフガス燃焼、コールドスポット検査、インタバリヤスペースの雰囲気制御、ロールオーバー、積荷時のフラッシング、その他）については、別途、貨物オペレーションに関する補足として、いずれとりあげる予定である。

1. 貨物オペレーションの概要

1・1 貨物オペレーションの種類

まず最初にL N G 船の通常状態における貨物オペレーションの種類について簡単に説明する^{1) 2) 3) 4)}。オペレーションの手順については、次の1・2を参照のこと。
乾燥 (Drying)

建造後或いは定期的検査等における解放後、タンク、タンク周囲スペース等は、十分に乾燥させる。この作業は、イナートガスが必要な区域に対しては、空気と露点の十分に低いイナートガスとの置換によってなされるのが通常である。しかし、注意しなければならないのは、該当区域内に水分が残っている（少量の水が残っていたり、部材表面が濡れていた、防熱材中に過度の水分が含まれていたり等）場合、雰囲気のみを露点の低いイナートガスで置換しただけでは不十分なことである。即ち、

このような場合は、イナートガス前に乾燥高温空気の吹きこみ等によって当該区域を十分に乾燥させることが重要である。（本シリーズ、その4、1・4 参照）

独立型タンクタイプBまたはCでは、タンク周囲スペースにイナートガスを封入しない場合、乾燥空気を封入しておく必要がある。乾燥のための空気の露点は、 -45°C またはこれより低い温度とする。

イナートティング (Inerting)

建造または定期的検査後等の際、対象としている区域の空気をイナートガス (Inert Gas ; 不活性ガス) と置換する作業をいう。前述のように、別途の乾燥作業が必要な場合を除き、イナートティングと乾燥とは同時に行なわれる。いいかえると、イナートティングとは、対象としている区域の酸素濃度を十分に下げて、その区域に如何なる割合の貨物ガスが入っても爆発性雰囲気とならぬようにすることをいう。

また、後述するようにガスフリーの1つの過程としてもイナートティングが含まれる。

イナートティングに用いるイナートガスは、窒素あるいは燃焼排ガス (フリーガスという) である。後者の場合、専用の燃焼装置によって、白灯油、ケロシン等の良質の燃料を燃焼して次のような組成のイナートガスを製造／供給するのが標準となっている。

O ₂	;	1.0 % 以下
CO	;	0.01 % 以下
CO ₂	;	15.00 % 以下
SO ₂	;	50 ppm 以下
N ₂	;	残
露点	;	-45°C 以下

(%は、容積比を表わす)

イナートガスは、本船の設備または陸上等の設備の何れかからの供給による。ただし、補給用および緊急イナートティング用のため、ある程度の量のイナートガスは、本船の設備で供給できるようにしておく。

窒素ガスをイナートガスに用いる場合、クールダウン、ウォームアップ等を同時に行なう例もある。
パーキング (イナートガス→貨物ガス)

特に、イナートガスにフリューガスをを用いた場合、組成中のCO₂、水分等の氷結を防止するため、クールダウンに先立って、イナートガスを暖い貨物ガス（-20°C程度）で置換（purge）する。

クールダウン（Cool down）

建造後または定期的検査等の後の最初の積荷に先立って、イナートガスされている或いは貨物ガスと置換されている暖かい貨物タンクを冷却する。これは、最初に冷たい貨物ガスをタンク内に導入し、次いで陸上からの貨物をスプレー管によってタンク内にスプレーしてクールダウンするのが一般的である。

通常の運航サイクルにおいてもバラスト航海中あるいはバラスト航海の終り頃にタンク内に残してある貨物をスプレーポンプで吸引し、これをタンク内にスプレーしてクールダウンを行なう。

何れの場合でもクールダウンの手順、積荷前のタンク冷却状態等は、個々の構造方式／設計によって異なる。また、前述のように、窒素ガスをを用いてイナートガス／パージングと同時に或いは連続的にクールダウンを実施することもある。

積荷（Loading）

積荷は、陸上のポンプによって行なわれる。いわゆるクローズドシステムと称する積荷方式で、積荷時に発生する貨物ガスは、ペーパーラインを経て陸上に返却するのが原則である。貨物ガスの返却は、本船の圧縮機によって行なうのが通例である。

積荷と並行して海水バラストの排出を行なうのが一般的である。この場合、自由表面の影響で積荷／バラスト排出中に負のGMとならぬように注意する。

積荷前準備作業

バラスト航海の終り、積荷港到着の数日前から行なうのが、一般的である。貨物タンクおよび管系統の予冷、および各装置／機器の点検／整備並びに積荷計画作成が主な作業である。さらに、着棧後、ローディングアーム接続、積荷管系統のパージ、漏えい検査、積荷前の陸上との打合わせ等が積荷開始前に行なわれる。

積荷航海（Loaded Voyage）

積荷航海中の貨物オペレーションは、貨物の温度圧力制御である。これは、大洋航海中、ボイルオフガスを船用主機燃料として使用することによって実施される。

積荷航海の終り、即ち揚荷基地入港直前に貨物の温度圧力の最終的な制御を行なう。港内航行中の蓄圧による圧力上昇を考慮に入れて、必要な場合、ボイルオフガスの大気放出を行なって貨物圧力を下げる。

揚荷前準備作業

揚荷港到着前（積荷航海の終り）には、管系統の予冷、各装置／機器の点検／整備および揚荷計画作成が行なわれる。着棧後、ローディングアーム接続、揚荷管系統のパージ、漏えい検査、陸上との打合わせ等が揚荷開始前に行なわれる。

揚荷（Unloading, Discharging）

揚荷は、本船のポンプで実施される。積荷時と同時にクローズドシステムの管系統であり、陸上タンクから貨物ガスが返却される。この貨物ガスは、陸上の圧縮機によって移送されるのが通常である。

同時に、海水バラストの積込みを行なうのが一般的である。積荷時と同様、揚荷中の復原性には十分の配慮を払う。

バラスト航海（Ballast Voyage）

揚荷後、バラスト航海中のタンク冷却、タンク内圧保持、船用燃料使用等のため、1.5ないし2%程度の貨物を残して出航する。バラスト航海中の主な貨物オペレーションは、タンク内圧力制御およびタンククリーニングである。特に、後者は、クールダウンの項でも述べたように、個々の設計で手順／要領が異なるので注意する。

バラスト航海終了直前の貨物圧力の制御は、積荷航海と同様である。しかし、積荷基地では、残っている貨物の量が少ないのでローディングアーム接続後に必要な貨物圧力に容易に制御できること、港内での大気放出を禁止している水域も少ないこと等、積荷航海終了直前に比べて作業は容易である。

ストリッピング／ウォーミングアップ

（Stripping / Warming）

貨物タンク内の点検、修理等のためのガスフリーに先立って行なわれる。

ストリッピングは、船舶をヒール、トリム等によって調整して、可能な限り、貨物をポンプで吸引する。液化ガスタンカーでは、ストリッピング用のポンプを特に備えていないのが普通である。

次いで、タンク内に暖かい貨物ガス（ホットガス）を吹き込んで貨物を蒸発させる。さらに、この作業を続行してイナートガスができるまでタンク内の温度を上昇（通常、0°C程度）させる。低温式LPG船では、LNGに比べて蒸発しにくいので、ウォームアップ作業時間短縮のため、ホットガスを吹きつけるスパージング（Sparging）用管をタンク底部等に設けている。LNG船では、貨物ガス管系統を経て貨物注入管（底部）からホットガスを送り込むのが通常である。

前述の様に貨物ガスからイナートガスへの置換を兼ねて暖かい窒素ガスをを用いてウォームアップする例もある。

バージング（貨物ガス→イナートガス）

ガスフリーの1つの過程として、イナートガスの露点より、十分に高い温度までタンク内がウォームアップされた時点で、貨物ガスをイナートガスによって置換する作業をいう。

バージング（イナートガス→空気）

ガスフリーの一環として、前項の貨物ガス/イナートガスの置換に引続いてイナートガスを空気と置換する作業をいう。

ガスフリー（Gas free）

貨物ガス/イナートガス/空気の順序で置換される作業をいう。場合によっては、ウォームアップも含めた作業をいうこともある。タンク周囲スペース等のイナートガスが封入されている区域では、貨物成分がないか、または存在しても大気中の爆発下限界（LEL）より少ない

場合、直ちに空気との置換を行なう。大気中でのLEL以上の貨物ガス濃度である場合、空気との置換に先立ってイナートガスを送り込んで貨物ガス濃度を大気中のLEL未満に下げる。

1.2 貨物オペレーションの手順

図1に貨物オペレーションの手順の例を示しておく。図1(a)および(b)特に、(b)はごく一般的な例である。図1(c)は、作業時間を大幅に短縮するのを目的として窒素ガスをクールダウンやウォームアップに使用する例である。

貨物オペレーションの詳細は、船舶の構造設備によって異なるのはもちろんのこと、就航航路、港湾規制、周囲条件（必要な物質の入手の可否、期間、経済性等）及びその他によっても異なる。個々の船舶においてこれらの条件を十分に検討して、適切な貨物オペレーションの実施要領が定められる。

航海中を除く貨物オペレーションの所要時間は、もちろん、個々の船舶で異なる。1例として、12万 m^3 型LNG船の所要時間を表1に示す^{1) 15) 27)}。表中、AおよびBは、あるメンブレン方式タンク船の実績平均、Cは、ある独立型方形方式タンク船発注仕様、Dは、ある独立型球形タンク船の実績平均による。

この表から貨物オペレーションの所要時間は、船舶の設備等によって多少の差があるが、クールダウン/ウォームアップを除くと、大きな差はないことが分る。クールダウン/ウォームアップの時間が大きく異なるのは、タンクの構造方式によって熱容量に相異があるので、その影響による。

表1 12万 m^3 型LNG船貨物オペレーション所要時間の例

オペレーション	所要時間			
	A	B	C	D
空気からイナートガスへの置換	60 ^{注)}	24	24	30~43
イナートガスから貨物ガスへの置換	20	16	24	5.5~6.5
クールダウン	13	10	18	36~40
積荷	12	12	12	12
揚荷	12	16	12	12
ウォームアップ前のストリッピング	115	4	96	30~43
ウォームアップ（-160°Cから常温）		38		
貨物ガスからイナートガスへの置換	60 ^{注)}	24	24	24~36.5
イナートガスから空気への置換	20	20	24	8~13

注；本船の設備で実施する場合

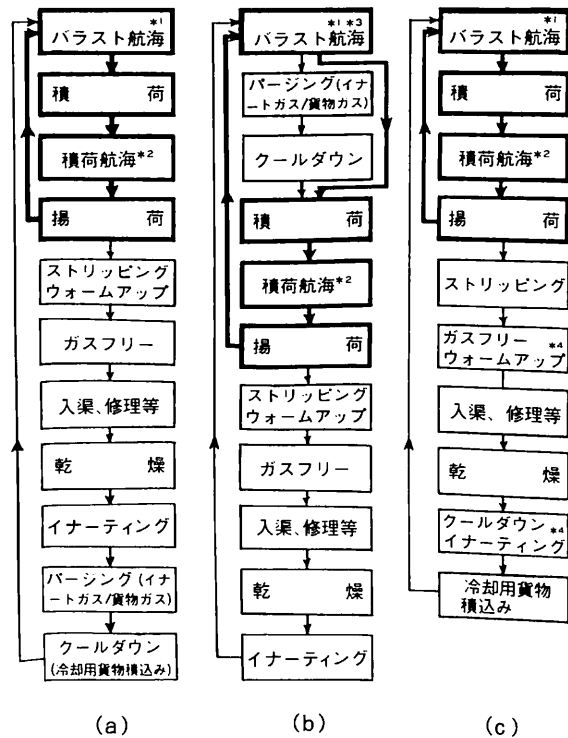


図1 貨物オペレーションサイクル

- * 1 積荷前準備作業の一部を含む
 - * 2 揚荷前準備作業の一部を含む
 - * 3 入渠等をはさんだサイクルでは、バラスト航海中のクーリングを行わない。
 - * 4 暖かい/冷たい窒素ガスを使用
- ；通常運航サイクル
 ———；入渠、修理等をはさんだサイクル

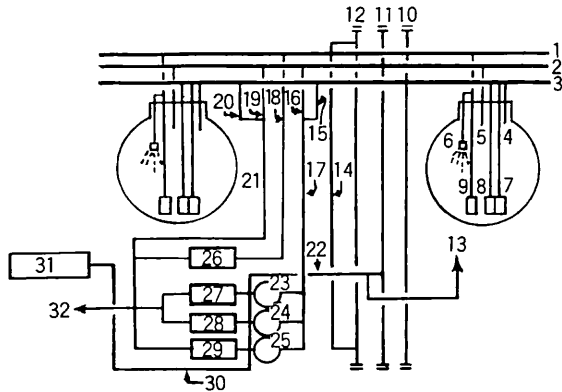


図2 貨物管系統（イナートガスを含む）

図記号説明；

1；スプレー主管 2；ガス主管 3；貨液主管

- 4；タンク貨液管
- 5；タンク貨物ガス管
- 6；スプレー管
- 7, 8；ポンプ（吸引管）
- 9；スプレーポンプ
- 10；貨液シヨアコネクション
- 11；貨物ガスシヨアコネクション
- 12；貨液シヨアコネクション
- 13；ベントライザ
- 14, 15；バイパス管
- 16, 17；ボイルオフガス吸引管
- 18, 19；LNGベーパーライザ用管
- 20；バイパス管
- 21；LNGベーパーライザ用管
- 22；貨物ガス排出用管
- 23, 24；低容量圧縮機
- 25；高容量圧縮機
- 26；LNGベーパーライザ
- 27, 28；ボイルオフガスヒータ
- 29；ウォームアップ用ガスヒータ
- 30；イナートガス供給管
- 31；イナートガス発生装置
- 32；ボイラ用ボイルオフガス管

表2 貨物オペレーションの流れ

オペレーションの種類	流体の種類および使用機器／管系統（図2の番号で示す）
乾燥および イナートニング	タンク内空気； 4 → 3 → 15 → 17 → 25 → 22 → 13 イナートガス； 31*1 → 30 → 29 → 21 → 2 → 5 (乾燥空気)*1
イナートガス／貨物ガス置換	イナートガス； 4 → 3 → 15 → 17 → 25 → 22 → 11 貨液／ガス； (液) 12 → 14 → 1 → 18 → 26 (ガス) → 21 → 2 → 5
タンククールダウン	貨液； 12 → 1 → 6 貨物ガス； 5 → 2 → 19 → 21 → 25 → 22 → 11 } 本オペレーションは、 図3に例示
積荷中	貨液； 10/12 → 3 → 4 貨物ガス； 5 → 2 → 16 → 17 → 25 → 22 → 11
積荷航海（ガス燃焼）	貨物ガス； 5 → 16 → 17 → 23 → 27 → 32
積荷航海（ガス大気放出）	貨物ガス； 5 → 16 → 17 → 23 → 22 → 13
積荷	貨液； 7/8 → 3 → 10/12 貨物ガス； 11 → 2 → 5
バラスト航海中（クーリング／ボイルオフガス燃焼）	貨液； 9 → 1 → 6, または 9 → 6 貨物ガス； 5 → 2 → 16 → 17 → 23 → 27 → 32
ウォームアップ	貨物ガス； 4 → 3 → 15 → 17 → 23/24/25 → 27 → 32 29 → 21 → 19 → 2 → 5
貨物ガス／イナートガス置換	イナートガス； 31 → 30 → 29 → 21 → 20 → 3 → 4 貨物ガス； 5 → 2 → 16 → 17 → 25 → 22 → 13
イナートガス／空気置換	空気； 31*2 → 30 → 29 → 21 → 19 → 2 → 5 イナートガス； 4 → 3 → 15 → 17 → 25 → 22 → 13

注； * 1 乾燥空気の場合、イナートガス発生装置の空気取入れ口／ファンを使用

* 2 イナートガス発生装置の空気取入れ口／ファンを使用

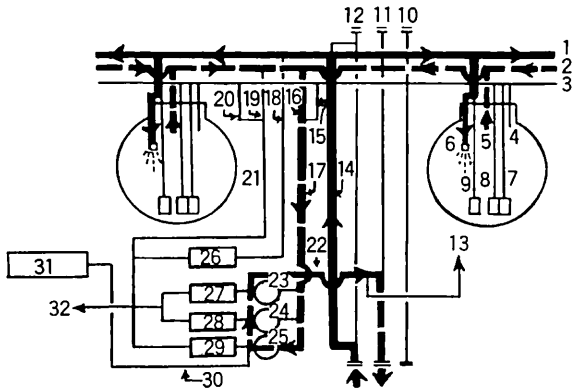


図3 貨物オペレーションの一例(イナートガスを含む)

1・3 貨物オペレーションと使用機器

LNG船の個々の貨物オペレーション毎に、その流れおよび使用機器/装置の例を図2および表2に示す。これは、12万 m^3 型独立球形タンク(アルミ合金製)製のLNG船である。図2および表2は、文献²⁾により作成したものである。これらの図表から図3に示す例のようにオペレーション毎に流れの順序を色分けすると理解が容易である。

この例は、LNG船としてはごく一般的なものと考えてよい。もちろん詳細は個々の例で異なるが、船舶に備えられるオペレーションマニュアルに示される。

2. 積荷(積荷前準備を含む)

一般的な積荷作業の手順は表10(次号)に示されるので参照のこと。

2・1 積荷前準備作業

一般的には、バラスト航海の終り、積荷基地到着の数日前から実施されるタンクのスプレークーリングから積荷前の準備作業が始まると考えられる。次に、現在就航中のLNG船における標準的な積荷前準備作業の例を示す¹⁾ないし⁹⁾。

(1) 予冷

全てのタンクは、バラスト航海中貨物ガスによって充滿されており、構造方式によって程度の差はあるが、常に冷却されている。しかし、積込の直前には、スプレーノズルからのスプレークーリングを行なってタンクを上部までも十分に冷却させるのが通常である。このスプレークーリングは、特定のタンクまたは各タンクに残してある貨物をスプレーポンプ/スプレー管系統で吸引し、タンク内壁に沿って配置されたスプレーノズルによって

噴霧することにより実施される。

予冷の目的は、タンク内での温度勾配を少なくし、さらに、積込貨物とタンクの温度差をなくすことである。この結果、積荷時のタンクの熱衝撃/熱応力の発生を防ぐと共に貨液の急速かつ多量の蒸発および圧力上昇を防止することになる。暖かい貨物タンクに冷たい貨物を入れたために生ずる蒸発/圧力上昇そして安全弁作動までには、時間遅れが5ないし10分程度あることも忘れてはならない。

スプレークーリングの開始の時期は、バラスト航海中のタンクの冷却の程度、クーリング所要時間等によって異なるが、積荷基地到着の数日ないし二三日前である。積荷港外到着時に所定の冷却が完了するようにするのがよい。クーリング所要時間は、タンク構造方式、スプレークーリング設備等のほか、ボイルオフガスの処理能力にも関連する。

予冷によるタンク内冷却温度は、独立型タンクおよびメムレン方式タンクの何れの場合も底部で $-160^{\circ}C$ 、上部で $-130^{\circ}C$ 程度となっている。

荷役管系統には、バラスト航海中、窒素ガスが封入されている。液管系統は、積荷港到着前日に予冷を行なうのが通常である。これは、この管系統に質液を流すことによって実施する。冷却温度は、約 $-130^{\circ}C$ である。予冷の目的、その他は、貨物タンクと同じである。

予冷中、貨物弁は、できるだけひんばんに作動させるべきであり、さらに、可能な場合、貨物ポンプ軸を手動で回転させる。これらは、凍結防止の目的で行なう。

(2) 各種荷役用装置/機器の点検/整備

貨物弁および遠隔操縦装置、並びに各種監視警報装置の点検、作動確認、整備等を実施する。これも積荷基地到着の数日前に行なわれる。

また、緊急しゃ断弁およびその他の緊急しゃ断/停止装置もその作動を確認する。なお、緊急しゃ断弁等の安全装置は、積荷開始直前にも船舶および陸上側の立会のもとでチェックされるのが通常である。

(3) 入港/着棧一般および積荷計画

係船索準備、甲板機械作動確認、貨物部消火設備の準備、曳船用ファイワイヤの準備、貨物ガス検知器/酸素濃度計のチェック、ボンディングケーブル接続、ハンディトーキーおよびマイクの整備等、一般船舶および危険物積載船としての各種入港およびけい留の一般的な作業がある。その主要項目は、表3のチェックリストに掲げられている。詳細は、文献³⁾を参照のこと。

積荷基地入港の数日前には、積荷に関するインストラクションが与えられる筈である。この情報に基づいて積

表3 液化ガスタンカー荷役作業チェックリストの標準フォーム（ICSの指針³⁾による）

貨物移送開始前にチェックすべき項目

船名：.....
 港/岸壁：.....

日付.....
 時間.....

	船舶側	陸上側
1. 貨物および船舶-陸上の接続に関する情報は供与されているか？		
2. 船舶-陸上間の情報交換システムの操作について同意が得られているか？		
3. 火災およびその他の緊急時の対策について同意されているか？		
4. 地方規則について十分承知しているか？		
5. 安全な交通手段が準備され、かつ、注意標識が掲げられているか？		
6. 堅固にけい留され、かつ、テンションウインチの使用についての同意が得られているか？		
7. 非常用曳船ワイヤは正確に取付けられているか？		
8. 船舶は、自分自身の原動機で移動できるように準備されているか？		
9. 喫煙の制限が強制され、かつ、注意が掲げられているか？		
10. 裸灯に対する制限が遵守されているか？		
11. 可搬式電気機器用のケーブルは取外されているか？		
12. 全ての携帯灯および無線機は型式承認されたものか？		
13. 船舶の主送信アンテナおよびレーダは、スイッチが切られ、かつ、アースされているか？		
14. 閉鎖されるべき戸および窓は、実際に閉められているか？		
15. 全ての空気調整装置の取り入れ口は正しく調整され、かつ、窓型ユニットは閉鎖されているか？		
16. 消火主管は直ちに使用できるようになっているか？		
17. 水噴霧装置は直ちに使用できるようになっているか？		
18. 全ての粉末式消火装置およびその他の消火装置は、正しく取付けられ、かつ、直ちに使用できるようになっているか？		
19. 必要な防護服が準備あるいは着用されているか？		
20. 空所は、適切にイナーティングされているか？		
21. 要求される通風装置は、運転されているか？		
22. 貨物装置は、操作のためにセットされているか？		
23. 全ての遠隔操作弁は、作動できるようになっているか？		
24. 貨物タンク逃し弁は正しくセットされ、かつ、良好な状態か？		
25. 荷役に必要な貨物ポンプおよび/または圧縮機は良好な状態か？		
26. 再液化装置またはボイルオフ制御装置の状態は良好か？		
27. 貨物ガス検知器は、装備され、検定されかつ良好な状態にあるか？		
28. 貨物計測および警報装置は正しくセットされかつ良好な状態か？		
29. スカッパには栓がされ、かつ、ドリフトトレイは正しく位置されているか？		
30. 貨物および燃料油用ホースは、良好な状態にあり、適切に装着され、かつ、点検済の証明を有しているか？		
31. 使用しない燃料油の継手に盲が施され、かつ、タンクの蓋は閉鎖されているか？		
32. 使用しない貨物継手（船尾荷役管およびイナートガス管系統を含む）には、確実に盲フランジが施されているか？		
33. 自動しゃ断装置は適切に作動するか？		
34. 陸上側はオペレーション温度での船舶の自動弁の閉鎖速度を承知しているか；船舶側は陸上の同様な詳細について承知しているか？		
35. 全ての関係者（臨時および新しい訪問者を含む）は、貨物移送が始まることを承知しているか？		
36. 全ての関係者は非常警戒配置についているか？		
37. 無関係者は、貨物区域から離れているか？		
38. 同意された貨物移送の手順についての		

注意事項；

我々は、上記チェックリストの各項目について互いに確認し合い、かつ、我々の最良の知識でもって全ての点で満足したことを証明する。

点検者 (船舶側) (陸上側)

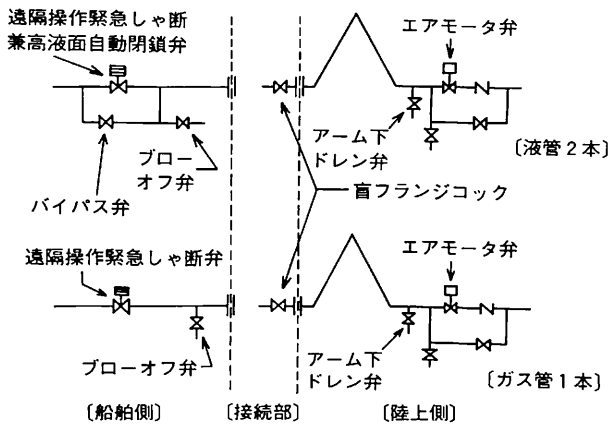


図4 LNG船ローディングアーム接続部

荷計画をたてる。積荷計画にあたっての貨物の積付け率は、規則でも定められている重要事項である。2・4を参照のこと。

なお、LNG船等の大型液化ガスタンカーの特徴として、油タンカーに比べて風圧受圧面積が広いため、陸上／船舶間の管接続部に大きな力が働く。したがって、けい留およびバラスト調整にあたっては、この点に関し、十分な配慮を払うべきである。

(4) ローディングアーム接続

船舶が着棧、けい留した後、ローディングアームの接続が行なわれる。この作業は、陸上側が実施し、船舶側が協力することになっているのが通例である。その手順の1例は、次のとおり（図4参照）である。

- 液およびガス管系統のアーム下のドレン弁（陸上側）から N_2 を入れ、アーム首フランジコックまでのバージを行なう。
- ボンディングケーブル接続の確認。
- 液およびガス管系統のローディングアームを接続する。
- アーム下ドレン弁から N_2 をいれて、 $5\text{ kg/cm}^2\text{ G}$ 程度まで加圧し、船舶のブローオフ弁から排出する。そして再度 $5\text{ kg/cm}^2\text{ G}$ 程度まで加圧する。
- 石けん水で漏えい試験を行なう。
- 船舶側のブローオフ弁から圧力を抜く。

同時に液体窒素管系統、制御用空気管系統等の接続も行なう。

(5) 積荷前打合わせおよび最終チェック

積荷量、積荷の性状、積荷速度（スタート時、速度の上昇の手順、フル運転時の積荷割合等）、船舶および陸上の機器の能力、陸上との連絡方法、積荷終了の要領等

について陸上と打合わせる。緊急時の処置、連絡方法等についても打合わせる。

積荷前の諸準備が終った時点で、陸上および船舶側の両者の立会で緊急しゃ断弁、その他の安全設備の作動確認を含め、積荷準備の最終チェックを行なう。これは、安全チェックリストの記入確認によってなされる。このチェックリストは、個々の陸上／船舶に合わせて作成するのがよい。標準的なフォームの例³⁾を表3に掲げておく。なお、英文のフォームを参照する場合は、原文³⁾によりたい。

2・2 積荷一般

積荷作業の一般的な方法／手順を次に掲げる¹⁾³⁾⁴⁾。

なお、積荷作業は、陸上側／船舶側の共同作業になるので、その分担については、事前に協議しておく。陸上の設備は陸上作業員、船舶の設備は、船舶作業員が扱う例が多いようである。

(1) 積荷開始作業

積荷準備完了の情報を陸上基地オペレーションセンターに通報する。陸上側からは、返送用ガス圧縮機始動準備の要請がなされる。船舶は、この要請に基づき、ガス管系統の必要な弁を開いて圧縮機始動準備を整える。

同時に陸上側管系統のクールダウンを開始する。これは、貨液と船舶に積込まずに配管中を30分程度循環させることによって実施する。この後、陸上の積荷関係の弁を少しずつ開けてゆく。船舶側は、貨液がタンクに入っているかどうかを確認する。次いで、陸上側では、ポンプを1台のみ運転して少しずつ積荷を開始する。船舶側は、ガス返却用圧縮機を始動する。

この時点で陸上／船舶側により、各管系統およびその他の装置をチェックし、異常がなければ、積荷速度を徐々に定格まで増やす。

(2) 積荷全般

積荷中には、

- 積込んだ貨液と置換するタンク内にあったガス、
- ポンプの運転、管系統による移送等によって加わる熱量で蒸発するガス、および
- タンクに侵入する熱量によって蒸発するガスを圧縮機により、陸上に返送する。これは、6・1に述べるように貨物の圧力制御と関連して実施する。原則的には、積荷中の貨物ガスの大気放出は禁止されている。したがって、タンク内から排出すべきガス量が陸上への返却能力を超える場合、積荷速度を下げる等の処置をとる。さもなければ、積荷貨物の温度圧力が上昇することになる。

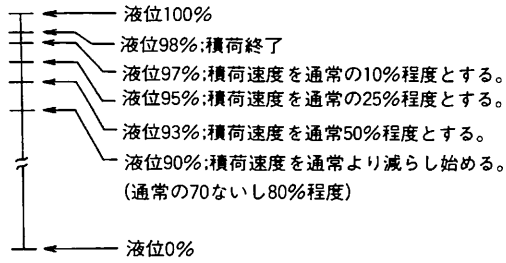


図5 積切り手順の例(下から上へ)

圧縮機の故障、陸上基地の都合等により、貨物ガスを大気放出しながら積荷した例も報告されている。しかし、そのような例は、あくまで応急的な処置である。

積荷中には、船舶側は、当直を2または3班に分けて行なう。積荷中の主な制御監視項目を挙げると次のとおりである。

- 温度(貨物およびタンク/その他の構造設備の温度)
- ガス濃度
- 貨物圧力; 個々の例で積荷中に維持する圧力範囲が異なる。6・1を参照のこと。
- タンク周囲スペース等の圧力; 個々の設計で遵守すべきタンク内外の差圧に関する基準が定められる。
- 液面; 船舶に備え付けられている液面指示装置および各種警報並びに自動しゃ断/停止装置を監視する。積荷中は、液面/トリムの計測/監視によって各タンクの積荷速度を調整する。また、積荷終了間近か、いわゆる積切り(topping-off)にあたっては、液面上昇につれて積荷速度を下げる。その1例⁴⁾を図5に示す。この積切り時には、タンク頂部の覗き窓からのタンク内目盛りの監視/計測も行なう。
- 圧縮機; 圧縮機運転中の監視/計測項目。この項目は、貨物ガス圧縮機として一般的に定まっている。詳細は省略する。例えば、文献¹⁶⁾を参照。
- 各種貨物弁の開閉/開度
- 火災探知装置/警報
- 動力/計装用空気供給装置
- その他の各種警報/監視装置

積荷と並行してバラスト排出を行なうのが一般的である。特に、LNG船およびその他の液化ガスタンカーでは、積荷/バラスト排出過程(揚荷/バラスト注水過程も同じであるが)における自由表面影響により、負のGMとならぬように十分配慮する。積荷/バラスティングにおける状態変化の実例を図6¹⁶⁾に示す。計算誤差等を見込んで、荷役中のGMは、最小50ないし100mm程度確保するように計画するのがよい。

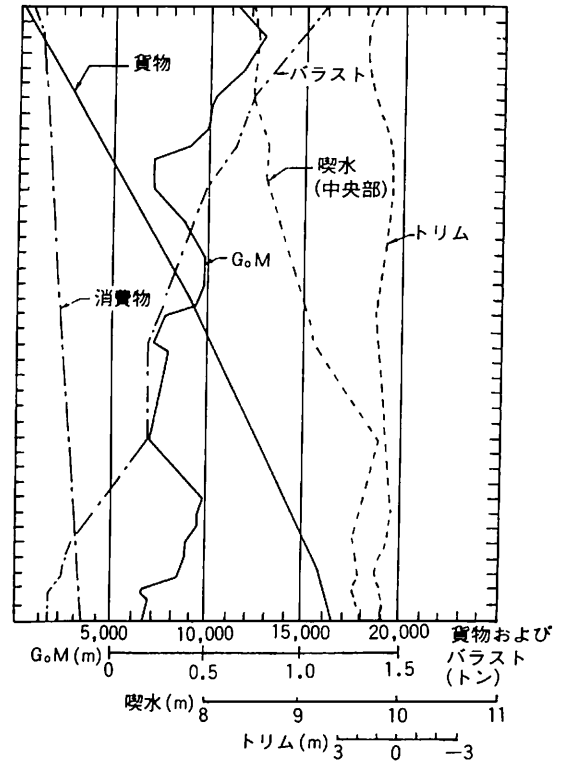


図6 35,000 m³ LNG船積荷時状態変化 (L×B×D=184×26.5×17.8 m)

積荷時間は、陸上のポンプ容量、船舶の積荷管寸法、圧縮機容量等によって異なる。一般的には、10ないし12時間程度で計画される。1万m³/hr強の積荷速度とすると積荷液管は、500mmφ×2本程度が必要となる。最近の12万m³型LNG船の殆どは、この寸法/数の液主管が設けられている。

この積荷に見合う貨物ガス管は、500mmφ×1本程度である。積荷中のタンク内圧および積荷貨物の圧力(温度)を制御するため、貨物ガスは、陸上に戻される。この貨物ガスは、積荷貨液と置換するガスおよび積荷時のボイルオフガスである。このガスの返送には、船舶の高容量貨物ガス圧縮機が用いられる。

積荷中に陸上に戻す貨物ガスの量は、積荷時の条件、設備、積荷終了時の貨物の温度圧力等によって異なるが、積込量のおよそ0.3ないし1.0%程度である。12万m³型/12時間積荷のLNG船では、14ないし47 tons/hr程度となる。高容量圧縮機は、これに見合う容量のものが備えられている。

- (3) 積荷終了時の作業
 - (a) 貨物弁の閉鎖

積荷が終了し、陸上からの貨物移送の停止を確認してから液管系統のマニホールドの仕切弁を閉鎖する。また、陸上側の必要な弁が閉鎖されていることも確認する。

(b) 液主管およびローディングアーム内残液処理

この作業は、残液を重力および貨液ガスの圧力でもって、船舶のタンクまたは陸上のタンクに落とし込むことである。どの方法とするかは、陸上の設備等による。次には、一例として窒素ガスを用いて残液を貨物タンクに落とし込む方法を示す。この方法は、貨物管系統の窒素ガスによるバージ／封入もできるので、最も一般的である。

- 陸上／船舶のガス管系統の弁の閉鎖。圧縮機の停止
- 船舶液管系統のマニホールドの仕切弁を開とし、ローディングアームにあるドレン弁を開とする。数分間、液を船舶の液主管に流して、ドレン弁を閉とする。
- 船舶の液管マニホールドの仕切弁を閉とし、パイパス弁を開とする。さらに、液管が大気放出ベント管に通じるための弁を開ける。
- ローディングアームにある細径（2"程度）の窒素ガス用弁を開いて圧力を加え、液を船舶側に押込む準備をする。
- 船舶の液およびガス管系統のマニホールド弁を開閉（少なくとも3回）して、残液を船舶側に窒素ガスで押込む。
- 最終的に全ての弁を閉鎖する。

(c) ローディングアーム切離し

(i) 液管用ローディングアーム

ローディングアームに設けられているブローオフ弁（通常、1"φ）を開放し、圧力がなくなり、かつ、フランジを手で触れることができる程度に温度が上った時点で切離す。ローディングアームおよび船舶のショアコネクションの何れにも盲フランジを施す。

ローディングアームは、定位置に戻した後、ブローオフ弁を閉め、窒素を封入しておく。

(ii) ガス管用ローディングアーム

陸上用ガス管系統のエアモータ弁を閉とし、アーム下ドレン弁から窒素ガスを入れてアーム内をバージする。船舶側は、ベント管に通じる弁を開いてガスをバージした後、クロスオーバーマニホールドの仕切弁を閉める。次いで、アームを切離し、盲フランジをショアコネクションおよびアームにそれぞれ取付ける。

(4) 積荷量算定

積荷量算定のため、各タンクのアレージはもちろん、液およびガスの温度、および圧力を計測する。貨物のサンプルは、深さ方向で分けて数回採取し、組成は、それ

らの平均とする。貨物のサンプル採取の注意事項も定められている³⁾ので、参照のこと。

各種計測／分析結果により、標準状態の容積等に換算する場合、混合体による補正が必要である。文献¹⁶⁾等を参照のこと。

積荷トン数は、貨物検査員が来船し、船舶の計測装置により計測／算定するのが通常である。基地によっては、積荷終了後、船舶と陸上とが、それぞれのタンクスケールで計測／算定し、両者をつき合わせることもある。

(5) 出航準備

油タンカー等の危険物運搬船としての出航準備と特に変わるところはない。

2・3 積荷作業に関する記録

(1) Methane Princess / Progressの積荷所要時間¹⁷⁾

この両船の積荷（Arzew）の平均所要時間は、ローディングアーム接続から切離しまでで15時間45分（Princess）および16時間15分（Progress）と記録されている。なお、積荷のための入港から出航（入港時パイロット乗船から出航時下船まで）の所要時間は、両船共、20時間30分である。このうち、港内での航行時間は3時間である。

(2) Jules Verneの積荷所要時間⁶⁾

本船の積荷基地（Arzew）における所要時間の詳細は、表4に示すとおりである。

(3) 7万m³型LNG船7隻（Brunei～日本）の記録⁸⁾¹¹⁾¹⁸⁾

積地Lumutでの当初における積荷所要時間は、本シリーズ、その3の7(2)に紹介されている。その後の記録によると積荷時間は、14時間程度に短縮されている。なお、積荷速度は、最大、5,200 m³/hrである。この基地での着積は、夜間の禁止はない。

積荷時の貨物の圧力制御およびボイルオフガスの発生については、6・2(2)を参照のこと。

本プロジェクトの積荷の1つの特徴は、船尾荷役方式が採用されていることである。これは、遠浅のために沖合に設けたけい留／積荷設備の特殊事情によるものである。この特別の積荷用システムは、係留設備、結合装置および緊急積荷停止装置である。

積荷システムは、全て計画どおりに作動しているようである。貨物の積荷は、最大時（5,200 m³/hr）において2秒間で停止することができる。また、船舶と荷役用クレーンは、18秒で切離すことができる。貨物管系統のショアコネクションには、急速結合／切離しのできるカップリングが採用され、効果を発揮している。

積荷時にタンク内からの貨物ガスは、陸上に送られ、

表4 Jules VerneのArzew寄港時間(積荷所要時間)

オペレーションの要素	平均所要時間(時間-分)			
	1~34航 (自1966.3 至1966.7)	35~74航 (自1966.8 至1967.12)	75~102航 (自1968.1 至1968.12)	103~139航 (自1969.1 至1969.12)
1. 到着(航海終了-埠頭)	1-13	2-05	2-09	1-57
2. けい留(埠頭到着-けい留完了)	0-46	0-39	0-33	0-39
3. 準備(けい留-ローディングアーム接続)	1-40	1-07	0-44	0-23
4. 冷却(アーム接続-積荷開始)	0-42	0-38	0-49	0-51
5. 積荷(積荷開始-終了)	10-54	10-18	10-21	10-03
6. 準備(積荷終了-アーム切離し)	2-12	1-40	1-13	0-55
7. 書類待(アーム切離し-出航書類受領)	1-21	0-57	1-02	0-06
8. 離棧(出航書類受領-埠頭離脱)	0-40	0-37	0-31	0-29
9. 出航(埠頭離脱-航海開始)	0-23	1-28	1-44	1-27
合計(2ないし8の要素のみ)	18-15	15-56	15-13	13-26

注 1) 通常状態における平均所要時間(異常時は除く)

- 2) 34航後、到着時間が長くなっているのは、航海終了地点の指示を変更したため
- 3) 1969年からArzewにおける出航査証手続きが迅速化された。

フレスタックで燃焼される。さらに、経済的な観点から船舶の管系統の変更によって積荷中に貨物ガスの一部を船舶のボイラで燃焼できるようになっている。積荷中のボイラの負荷は、そう高くないが、貨物ガス陸上返却用の高容量ガス圧縮機を運転する負荷を含んでいる。この簡単な改造によって積荷毎に燃料油を約20トン節約できる。

積荷地の気象の特徴としては、突然の激しいスコールの発生を挙げることができる。この7隻のLNG船の積荷を行ってきた経験から、今後この種の航路のLNG船を建造する場合、積荷中の気象観測用として、貨物コントロール室に追加のレーダの表示盤および風速計読取りの設置が望ましいとされている。これは、積荷中にブリッジの無人化を可能とするためである。

(4) Polar Alaska / Arctic Tokyoの記録^{19) 20) 21)}

両船の積地(Kenai)では、貨物ガスの大気放出は認められていない。したがって、積荷時にタンク内から排出する貨物ガスは、陸上の液化プラントに戻される。

積荷所要時間は、15ないし16時間である。当初は貨物管の陸上/船舶間の継手には、普通のホルト締めフランジを用いた。後に、これは急速接合/切離しタイプのカップリングに変更されたので積荷時間は短縮されている。これは、1隻の船舶で年間数日の節約をもたらす。積荷速度は、平均4,750 m³/hrである。ローディングアームは、12'φ 2本の液管および12'φ × 1本のガス管で構

成される。緊急時の積荷自動停止装置は、約10弁で弁が閉鎖し、かつ、陸上のポンプを停止するようになっている。これは、岸壁および船舶の何れからでも操作できる。

陸上プラントと船舶用の作業円滑化のため、積荷開始時と積切り時には、陸上から1人の上級監督が船舶の貨物コントロール室に派遣される。

通常の積荷の手順は、次のとおりである。

- 船舶は、貨物タンク冷却状態で着棧する。
- 船舶の貨物士官の要請により、貨物管系統の冷却のため、3"のコントロール弁を介して陸上から液が送られてくる。
- 貨物タンクに液が到着し、貨物ガスの船舶からの排出が開始されてから24"の陸上の液管が開き、重力でもって液が注入される。これは、陸上タンクが丘の上にあるからである。
- 船舶のタンクの状態が平衡した時点で陸上のポンプを作動させ、最大の積荷速度での積荷を開始する。
- 積荷の全期間、船舶、岸壁、および積荷基地は、互いに、電話および/または携帯無線電話でもって情報交換する。

(5) その他のLNG船の記録

(a) 球形タンクLNG船

Moss方式LNG船17隻(29,000 m³型2隻, 87,600 m³型2隻, 12万m³型17隻の運航記録²²⁾)によると、この方式のLNG船は、積地到着の数日前からスプレークーリ

ングを開始している。

また、これらのLNG船は、約12時間の積荷時間として計画されている。就航実績からいえば、この数値は妥当であったと述べられている。

(b) 12万 m^3 型LNG船 (Indonesia~日本)²³⁾

スプレークーリングでタンク底部の温度が -80°C かまたはより低い温度に到達すると、直ちに、非常にゆっくりした積荷が開始される。貨物は、当初、タンク頂部に設けられた注入管から積荷されていたが、後に、注入管は、タンク底部まで導いて、良好の結果を得ている。

引渡しまたは入渠直後の積荷では、高および低位液面警報のチェックおよび各種計測装置の検定が必要であるため、通常運航サイクルの積荷に比べて積荷所要時間は多くなる。

2・4 貨物の積付け率

(1) 一般

LNGのみならず、その他の液化ガスは、気相部を残して取付けないと温度圧力が上昇した場合、タンク過圧安全弁から液が噴出することになる。この安全弁は、ある量の気体を放出して過圧を防ぐように設計されており、液が噴出するものとしては、設計されていない。即ち、機構的に過圧を招くことにもなる。さらに、安全弁から液が噴出することは、周囲環境に対してガスを噴出する場合に比べて危険の度合いが増すと考えられる。

これらの理由で、貨物タンクの最大積付け率が定められている。多くのLNG船は、タンク容量の98%、あるいはタンク形状によっては99.5%という最大積付け率が規制されていた。

しかし、IMCOガスコード²⁴⁾による最大積付け率が制定されて以来、その規定によるのが一般的となっている。さらに、このコードは、1974年SOLASの改正としてとりいれられることになっているので、いずれは、条約として国際的に実施される。

次に、IMCOガスコードによる最大積付け率の基本的な考え方を示しておく。

- (a) 最大積付け率は、貨物温度が過圧安全弁の、または追加の圧力逃し装置を設ける場合は、その設定圧力に対応する飽和温度(基準温度)に達した場合、液が安全弁から噴出しないように定めること。
- (b) 貨物温度は、均一に上昇するものとする。
- (c) 液を安全弁から噴出させないためには、15度の静横傾斜および $0.015 L_f$ の静縦傾斜のもとで安全弁の位置が気相部にあること。(L_f は、船舶の満載喫水線規則による長さ)

(d) 液面計および温度検知装置の計測誤差も考慮にいれること。特に考慮しない場合、前(a)ないし(c)の条件で、98%の積付け率とすること。

貨物の組成、液密度等の必要な物性、および構造設備に関する必要なデータが分かれば、上記により、最大積付け率は容易に求めることができる。ここで、(b)の仮定は、後に6・3で説明する実際の現象とは一致せず、厳しい規定となっている。しかし、現時点では、火災時の温度圧力上昇の現象を定量的に説明できないので止むを得ないのであろう。

(2) 積付け率計算式

次に、参考までに文献²⁵⁾による貨物積付け率算定基準を掲げておく。これは、JG/NKの基準として採用されているものである。

次式による積付け率による液面が、IMCOガスコード8.2.17^{注1)}の規定を満足するタンクの形状および過圧安全弁の配置の場合、その積付け率を認めることができる。

$$\text{積付け率}(\%) = 100 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)$$

$$\alpha_1 = \text{タンクに設置する液面計の計画最大誤差}^{\text{注2)}$$

(タンクのフルスケールに対する%で表わす)の $1/x$ 倍

$$\alpha_2 = 100 \left\{ 1 - \left(\frac{T_c - T - \Delta T_1}{T_c - T} \right)^{\frac{1}{3}} \right\}$$

$$\alpha_3 = 100 \left\{ 1 - \left(\frac{T_c - T_R - \Delta T_2}{T_c - T_R} \right)^{\frac{1}{3}} \right\}$$

$$x = \frac{\text{タンクの平均水平横断面積}}{\text{最高液面でのタンクの水平横断面積}}$$

T_c = 貨物の臨界温度 ($^\circ\text{K}$)

T = 貨物の積載計画最高温度 ($^\circ\text{K}$)、LNG専用船の場合、基準温度 (T_R) と同じ。

ΔT_1 = タンク内温度計の計画最大誤差^{注3)}

T_R = 貨物の基準温度 ($^\circ\text{K}$)、基準温度については前(1)(a)を参照のこと。

$$\Delta T_2 = T_P - T_R$$

T_P = {タンク過圧安全弁設定圧力 + 許容範囲^{注4)}の圧力に対応する貨物の飽和温度 ($^\circ\text{K}$)

注1 ; 安全弁は、15度の横傾斜および $0.015 L_f$ (L_f は、満載喫水線条約/規則上の船舶の長さ)の縦傾斜のもとで気相部となるタンクの位置に設けること

注2 ; 発注仕様による許容誤差。効力試験で確認の要あり。さらに、就航後もこの精度は、維持され確認されること

注3 ; 同上

表5 タンク過圧安全弁設定圧力の許容誤差

安全弁設定圧力 (kg/cm ² G)		許容範囲 (%)
以上	未満	
0	1.5	± 10
1.5	3.0	± 6
3.0		± 3

注4 ; IMCO ガスコードに定める表5の許容範囲のうち、プラス側

この式は、積付ける貨物(LNG)の組成が分かれば、その疑似(仮)臨界温度(psed'o critical temperature)を求めることによって積付け率を算定できるので便利である。混合体の疑似臨界温度の求め方については、例えば文献¹⁶⁾を参照のこと。

3. 積荷航海

3.1 積荷航海一般

積荷航海中の主な貨物オペレーションは、貨物の圧力(温度)制御である。その手段として、貨物のボイルオフガスを船用主機燃料として使用する。圧力制御については、6で詳しく述べる。ボイルオフガス船用主機燃料使用に関する注意事項については、本シリーズの別のテーマ(貨物オペレーションに関する補足)でとりあげる。

そのほか、積荷航海中の貨物オペレーションとしては、船体構造を含む各種構造設備および各区域の温度、圧力およびガス検知、並びにホールドスペースまたはインタバリアスペース(一次防壁と二次防壁の間の区域)の雰囲気監視を挙げることができる。さらに、出航直後には、積荷終了後に閉鎖していなかった弁の閉鎖等の作業もある。特に、液主管と大気放出口管との間の弁、クロスオーバー管の弁、液注入管の弁、マニホールドのバイ

パス弁等に注意する。

LNG船の構造方式、航路、時期等によっては、積荷航海中のコールドスポット検査、船体構造のヒーティング、インタバリアスペースまたはホールドスペースの雰囲気制御(組成、温度、圧力)等の作業が加わる。さらに、各種貨物用機器/装置および安全用諸設備の点検/整備を随時あるいは定められた要領に従って実施する。積荷航海の終りには、揚荷準備作業を開始するが、これについては、4.3を参照のこと。

3.2 積荷航海の記録

(6. 貨物の温度圧力制御および蓄圧も参照のこと)

(1) Methane Princess / Progress の記録^{15) 16)}

両船の就航当初の2年間の積荷航海の記録では、ボイルオフガス発生量は、0.25ないし0.3%/日であった。両船は、その後、防熱材の侵水事故やその他の損傷により、防熱修理工事を度々行なっている。(本シリーズ、その1またはその4参照)しかし、防熱性能は、特に劣化していないようである。

この両船におけるボイルオフガス発生量の設計値は、0.35%/日であった。

Methane Progressは、その最初の積荷航海においてコールドスポットが発見された。当時の経過、処置等についての記録が発表²⁵⁾されており、興味あるものであるが、本シリーズの別のテーマ(貨物オペレーションに関する補足)を参照されたい。

(2) Gaz Ocean社の運航記録⁵⁾

Gaz Ocean社(仏)が運航しているJules Verne, DescartesおよびBen Franklinのボイルオフガス発生量の記録は、表6に示すとおり。なお、この表には、積荷およびバラスト航海のボイルオフガス発生量が示されている。

表6 Jules Verne, DescartesおよびBen Franklinの貨物蒸発率に関する記録(積荷/バラスト航海)

		1966 ~1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Jules Verne	積荷航	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.2	記録なし
	空荷航	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.17	記録なし
Descartes	積荷航	—	—	—	—	0.25	0.22	0.233	0.237	0.223	0.21
	空荷航	—	—	—	—	0.2	0.175	0.175	0.18	0.178	0.16
Ben Franklin	積荷航	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.17

注1) 数値は、各船の満載時貨物積載量に対する1日当たりの蒸発率(容積%)

2) 各年の平均値

3) Ben Franklinは、最初の積荷航海における記録である。

表7 Descartesの積荷航海の計測記録

航 海	貨物密度 kg/m ³	圧 力 変 化	温 度 (平均, °C)		貨物蒸発率 (%/日)	
			海 水	大 気	計 算	実 測
第 2 航	472	一 定	10	7	0.285	0.276
第 11 航	455	積荷航終了時40m bar 低下	16	18	0.294	0.288
第 12 航	455	同 上	16	18	0.293	0.284
第 13 航	459	一 定	16	16	0.291	0.262

表8 球形タンクLNG船の貨物蒸発率(積荷総容量に対する比)の記録

船 型	航 路	温 度 (°C)		貨 物 蒸 発 率 (%/日)		
		大 気	海 水	積 荷 航*1	往復平均	設 計 値*2
125,000 m ³ 型	ベルシャ湾/日本	25	26.5	0.20 (0.21)		0.25 (0.22)
	インドネシア/日本	24	25.5	0.22 (0.21)	0.19	0.25 (0.22)
	アルジェリア/US(東海岸)	20	20	0.21 (0.18)	0.18	0.25 (0.20)
87,600 m ³ 型				0.23		0.25
29,000 m ³ 型				0.13~0.21		0.295

* 1 () 内は、貨物温度変化の修正を施した値

* 2 大気45°C/海水32°Cでの設計保証値。() 内は、積荷航海における最高の温度条件で、かつ、貨物を純メタンとしたときの計算値

表9 LNG船の港内における貨物圧力制御

船名, 船型等	港 (揚荷)	港内航行時間	安全弁設定圧力	港内における圧力制御の方法	備 考
"G"シリーズ船 7万m ³ 型	袖ヶ浦 根岸 泉北	5 ないし 6時間	225 m bar (0.23 kg/cm ² G)	蓄圧。入港前、タンク内圧を70m bar(相対圧力)まで下げる。上限値190m barまで十分蓄圧可能。万一、時間延長の場合、1/3のボイルオフガスを燃焼し、甲板機械/海水バラストポンプを運転。24時間まで延長可能	Brunei~日本間に従事している7隻のLNG船
Esso Brega 他3 4万m ³ 型	イタリア スペイン	10時間 以下	0.228 kg/cm ² G	蓄圧。10時間を超える場合、ボイルオフガスを燃焼し、スチームダンプする。このための大容量の復水器あり。	
Descartes 5万m ³ 型	Boston (米)	5 ないし 6時間	0.23 kg/cm ² G	蓄圧。入港前、タンク内圧を60m bar(相対圧力)まで減らす。時間延長の場合、港外に待避して、ボイルオフガス燃焼(主機)/大気放出で圧力を下げる。	港内でガスを放出した場合の安全対策も検討されている。
P. Alaska A. Tokyo 7万m ³ 型	根 岸	約 5時間	240 m bar 0.245 kg/cm ² G	蓄圧。万一、時間延長の場合、ボイルオフガスを燃焼して復水器でスチームダンプする。さらに、長期間の場合、港外に待避して処理する。	同 上
El Paso シリーズ船 12万m ³ 型	Cove Point (米)	5 ないし 6時間	同 上	蓄圧。タンク内圧力は絶対圧力制御とし、最小値1060 m barとする。時間延長の場合、主復水器でスチームダンプする。主復水器は、十分な容量のものとしている。	El Pasoプロジェクトに従事するLNG船

Descartes の設計値は、大気45°C/海水32°Cおよび積付け率98%において、0.27%/日の蒸発率であった。この表に示す6年間の大気および海水の平均温度は、それぞれ15°Cおよび10°Cであった。この条件における積荷航海での蒸発率は、0.229%/日である。また、大気45°C/海水32°Cの条件での蒸発率が計算されており、その値は、0.264%/日であった。LNGの組成によって蒸発率は、5%程度(0.01ないし0.015%/日程度)の差がでてくる。この結果から蒸発率の予測は、優れていることが証明された。

Jules Verne は、蒸発率を0.27%/日としてパラライトの経年変化に対する余裕を見込んで設計されている²⁶⁾。この記録から見ても、防熱材の設計上のマージンのとり方は、妥当なものといえる。

(3) Descartes の記録⁹⁾

前(2)のDescartesの記録とは別にAlgeria~Boston間の積荷航海の計測記録および計算結果が発表されている。表7にその記録等を示す。

第13航の計算値が、他の例に比べて実測値よりかなり高いのに注目される。これは、この航海が十分に平穏であった。タンク頂部での液の接触が殆どなかったため、この部分からの熱侵入量が、他の例および計算値の約半分になっていることによると推定される。

(4) 球形タンクLNG船の記録²²⁾

モス球形タンクLNG船の貨物蒸発率に関する記録は、表8に示すとおりである。

125,000 m³型の1隻の積荷航海の経験では、荒天時の第1日目には特に燃料油消費量が著しく増加した。これは、荒天時のための推進馬力の増加によるものを超えている。この理由は、船体動揺の増加によってボイルオフガス中での窒素成分の割合が増えたことと推定されている。

(5) その他

(a) Brunei~日本間に従事のLNG船の記録

貨物の蒸発率は、温度圧力制御と密接な関連がある。Brunei~日本間のLNG輸送に従事しているGシリーズ船の記録が発表^{8) 11)}されている。6・2(2)を参照のこと。

(b) Polar Alaska/Arctic Tokyoの記録

積荷航海中の貨物蒸発率は、0.3%/日で計画されており、観測値はこれとよく一致しているとのことである¹⁹⁾。この両船は、積荷航海中、1.065×10⁵ Pa 絶対圧力(1.065 m bar)を維持するように圧力制御されている。このため、北太平洋の気圧変動が蒸発に大きく影響する。

(c) その他

Lucian (29,400 m³型)では、Algeria/Boston間の航海中の貨物蒸発率は、0.199ないし0.206%/日、および0.182%/日が記録されている²⁸⁾。これは、設計値0.295%/日に比べて非常に小さい値となっている。

その他の積荷航海の記録(圧力)は、6・2および6・3にも示されている。

3・3 港内における貨物圧力制御

積荷航海の最終点である揚荷港では、ボイルオフガスの大気放出は、殆どの場合禁止されている^{注)}。さらに、負荷変動の激しい港内航行中のボイルオフガス主機燃料使用も実施しないのが一般的である。

注; Methane Princess/Progressの揚荷基地Canvey島のあるロンドン港では禁止していない²⁷⁾。このような例は、現在のところ他にないようである。

就航中のLNG船の揚荷港内での貨物圧力制御の方法を表9に示す。表に掲げていないその他のLNG船でも似たような圧力制御の方法が採用されている。

なお、積荷港内でのボイルオフガスの主機燃料使用は、同様に禁止されているが、大気放出は、殆どの場合、禁止されていない。したがって、積荷港内でも揚荷港内と同様、蓄圧しているが、貨物ガスの大気放出で圧力を制御できるので、オペレーションは容易である。

本件については、6・1(3)および6・3も参照のこと。
(つづく)

■ LNG船の就航記録から(その3) 正誤表

46ページ、左段、上から5行目
…裸の銅 → …裸の鋼
48ページ、左段、下から15行目
…ページ用… → …ページ用…
51ページ、右段、上から14行目
Esso Brege → Esso Brega

■ LNG船の就航記録から(その4) 正誤表

73ページ、図1の記号説明中 C → 2 C
74ページ、左段、上から14行目 7件 → 9件
81ページ、図4(6) 下図とさしかえる
本誌Vol.33 1980-11 65ページの図2 を入れる
81ページ、図5 下図とさしかえる
図4(b) を 図5 とする
84ページ、右段、上から14行目
ガスハッチ → ガスノッチ

船舶基本設計用データファイルシステム

日本鋼管株式会社
山 薫 充*・吉海達喜**

1. 要 約

船舶基本設計用にデータファイル・サービスシステム“FUNDA”が計画され、ここに第1段階の完成を見たので、概要を報告する。

FUNDAシステムは、ファイルサービスプログラムVIEWCLERKと、それによって作られたデータファイルから成り、FUNDAの名は、FUNDA mental design Aid for Initial Ship Systemからつけられた。

VIEWCLERKは、データの登録、読出だけでなく、閲覧、検索、グラフ作成等の諸機能を持ち、オンライン端末から使用できる。現在は初期計画用の要目データ110隻分、性能データ100隻分および水槽試験成績データ114隻分がファイルされ設計に活用されている。

またVIEWCLERKは、互に関連する多くのプログラムの入出力データをファイルして、いわゆるデータベースとして使用することもできる。

本ファイルでは、多数の「記入数値データ」とともに1個の「書込用枠データ」を別にファイルすることによって、ファイル内容とサービスの汎用化をはかり、変更修正に耐え易いフレキシブルシステムを目指している。

2. 背景および経過

重工事業部船舶本部トータルシステムは、要約すれば第1図に示すように、主として、①船舶受注、②設計、③建造の3つのシステムから成り、その他市場開発、研究開発、アフターケア及び管理等のシステムを含む。

船舶受注システムは、第2図に示すように、基本計画、基本設計、見積、船主折衝の各サブシステムから成り、その他運航採算、仕様書等のサブシステムを含む。

これらのシステムの全体については、FUNDAの開発に当ってニーズをしらべデザインを方向づけるために検討分析されたものであり、ここに掲げた図はその詳細フローチャートを要約したものである。

本図に示す船舶受注システムのうち、船舶計画部が分掌している業務に着目した場合、各職能別の定業的なルーチン作業の相当部分は既に機械化が定着し実効を挙げている。しかしながら基本設計の最も根源になる基本計画業務は膨大な既存データ等を、効率よく使用しなければならぬにも拘らず、機械化がおくれている。

この業務の機械化の必要性は、早くから識者の指摘する所ではあったが、日常業務の繁忙、機械化に対するアレルギー反応等種々の要因が重なりなかなか手につかない状態であった。しかし、昭和50年8月からフィージビリティスタディが始められ、昭和51年5月からFUNDA委員会が発足し、船舶計画部と情報システム部両方で調査が続けられた。十分な検討の結果、基本計画、設計サブシステムの開発を中期目標とし、その中核となる船舶要目ファイル作成を第1期目標とすることが決定された。

船舶要目ファイルに使用するプログラムは、汎用機能をもたせ、データベースの発展、改正に耐えるようにすると共に類似のファイル作成に役立つことを狙うことにした。そして本プログラムは登録、読出し機能のほかにキャラクタディスプレイ端末から検索、閲覧できるものとし、かつ、グラフィックディスプレイ端末からデータのグラフ化ができるように計画した。

尚、本ファイルは各アプリケーションプログラム間のデータ連絡に役立ち各職能作業間の情報連絡に利用できるようデータベースとなるようにするが、既存システムとの連絡については実情に合致するよう充分注意してデザインを進めた。

3. 機 能

A. 基本機能

VIEWCLERKは、データの登録保存、読出しを行う基本部分と、閲覧、検索等の諸サービスを行うサービス部分とから成る。使用方法としては、第3図に示すようにあらかじめ登録しておいたデータを必要に応じて必要な形で取出して使用するオンライン的使用と、第4図に示すように各種設計プログラムの入出力データの基

* 日本鋼管船舶計画部 ** 日本鋼管情報システム部

地としてファイルを使うデータベース的使用の両方が可能である。前者では、書込まれたデータはエラー修正のほかは書換えられることはないが、様々な時点で様々な形で利用されると思われるのに対して、後者では、データはある設計プログラムによって書込まれ、それが不特定のいくつかの別プログラムから参照利用され、またそのプログラムが別のデータをファイルに書込んで行くといったやり方になる。後者の場合は、データは、1つの船の様々なデータが書込まれ、修正されていくが、続出されたデータがどう使われるかは、これを参照したプログラム次第であってVIEWCLERKは何もしないといった使い方になる。前者のデータファイルを要目ファイル、後者を番船ファイルと呼ぶのが適切かも知れない。要目ファイル、番船ファイル両方の使い方は、ニーズの上からそのように分れるのであって、情報处理的には両者の間に基本的差異はない。

B. 諸サービス機能

(1) データ登録

データは書込用枠データ (MAP) と記入数値データ (VALUE) と分けて別々に登録する。(後詳述)

MAP登録はファイル定義を意味し、これによってVIEWCLERKの閲覧、検索等の諸サービスが受けられるようになる。VALUE登録は、カードパッチ入力、オンライン端末入力または設計プログラムからの入力何れも可能である。

(2) 閲覧

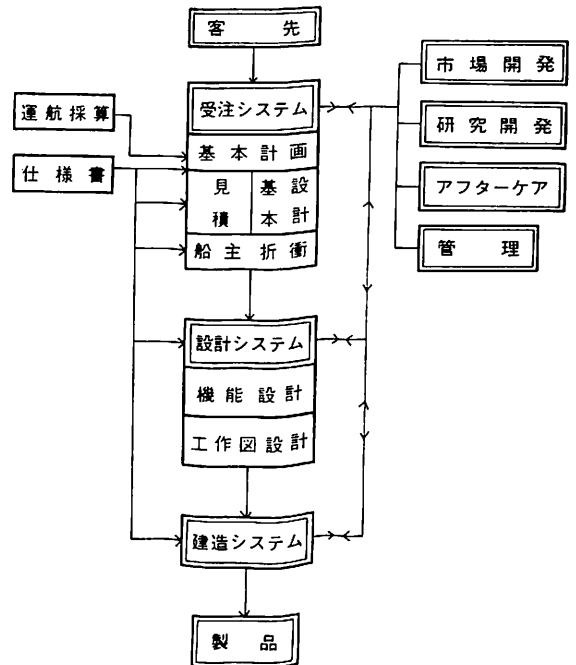
オンライン端末から、ファイル名、データ名を示してファイルからそのデータを読出し、ディスプレイ装置に表示する。ファイルに書込まれたデータをそのままの順序で表示するやり方と、ファイルのあちこちに書かれたデータを拾い読みしてそれらを1画面に編集して表示するやり方と両様式の閲覧が可能である。表示画面は、指定によってコピー可能でありまた表示画面を1部修正することも、修正データ再登録も可能である。

(3) 検索

端末から検索条件を示して、その条件に適合した船を選び出し、これらの船のうち指定した船について、任意の指定項目の比較要目表を作成することができる。例えば垂線間長 (LPP) が150mよりも大きく、しかも鶴見製作所で建造した船をさがす場合は、次のような条件文を入力すればよい。

検索条件の例：—

LPP . GT. 150 . AND . YARD . EQ . TSURUMI /



第1図 重工事業部システム

(4) グラフ化

ファイルされた船または検索された船について、任意の項目またはそれから計算されたパラメーターをX、Y軸に指定してグラフを表示する。表示点について回路分析を行い近似曲線を算出表示可能である。

例えばX軸に $LPP \times (B + D) \div 100$ を、Y軸にDWをとり検索の条件を満たす船についてグラフプロットをし、2次式の近似曲線を表示するといった具合である。

$LPP \times (B + D) \div 100$ をX軸にとる場合は、次のような計算式を入力すればよい。

パラメータの例； —

$$LPP \text{ 米 } (B + D) / 100$$

なお、表示されたグラフは指定によりプロッターに作図出力も可能である。

4. ハードウェア構成

FUNDAシステムは、計算機としてIBMシステム370 / モデル 168, 3033または同等の機種により実行される。

オンライン端末としては、3277キャラクタディスプレイ装置をTSOのもとで使用する。またはグラフ化機能を使うときは2250グラフィックディスプレイ装置を使用する。

5. ファイルデータ

先ず船舶初期計画用に当社建造船 110 隻の要目データが登録された。主要寸法、船型、船級、船種、容積、重量、速力その他必要なデータが各船毎にファイルされており、新船計画に当ってタイプシップ検索に使用され成果をあげている。

次に性能設計用に、船型諸係数、トリム、復原性、縦強度、試運転成績等のデータが約 100 隻分、更に推性能計算用に各種船型係数、伴流係数、推力係数、プロペラ効率等を含む水槽試験データ 114 隻分が登録され、稼働を開始している。

これらのデータファイルは、設計者に正しいデータを速やかに供給することができ、検索、グラフ化等のサービス機能と相俟って利用者に多大な便宜を与えている。

6. ファイル方式

(1) VALUEとMAP

本ファイル方式では、データメートデータ値を分離して取扱う。

例えばある船の主要寸法が、長さ 200 M、幅 30 M、深さ 18 M であるとして、このデータをファイルに書込む場合を考える。このとき船毎に変わるデータは〔200, 30, 18〕であり、{ 主要寸法〔長さ(M), 幅(M), 深さ(M)] } といったデータは船が変わっても共通のものである。今前者をVALUE、後者をMAPと呼ぶことにすれば、VALUEは船の数だけ発生するのに対して、MAPはファイルデータの種類1つに対して1つだけあればよい。

ある特定プロジェクトのための専用のファイルでは、VALUEだけが船の数だけ書込まれ、MAPはデータの形となって現われず、ファイルを読み書きするプログラムがMAPの機能をもっている方式をとるのが普通である。換言すれば、書かれたファイルは数値の羅列であり、この数値を解読できるのはこの数値の並び方を知っている人が作ったプログラムだけである。

このやり方では、船の数、従ってVALUEの数が増しても、ファイルスペースさえあれば不都合はないが、ファイル内容の変更に対してはプログラム改正を要し、新しいファイルを作るには新プログラム作成が必要となる。

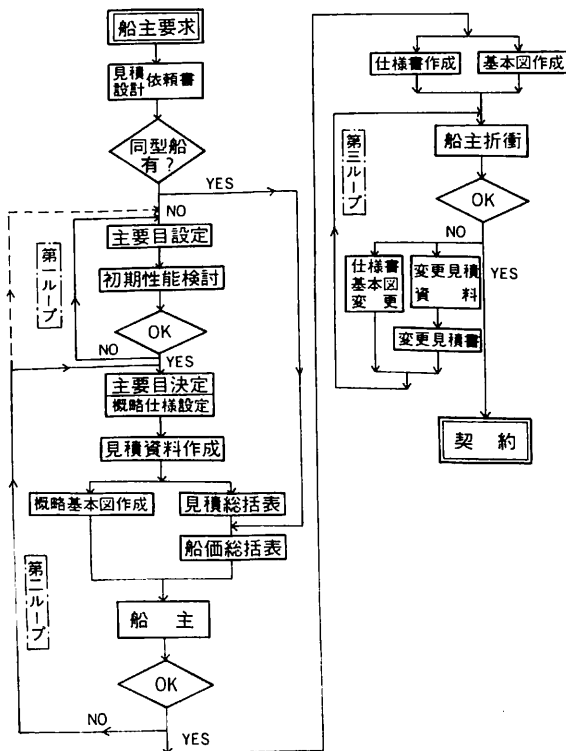
VIEWCLERKでは、多数のVALUEデータと共にデータ名、データ構造を記述したMAPを、同じファイルの別の場所には書込むやり方をとっている。指定されたデータ名に対して、VIEWCLERKは先ずMAPを読み、次にMAPに従ってVALUEを読出したまたは書込むようにしている。したがってファイル内容の変更に対しては、ファイルに書かれたMAPの内容を修正するだけで済み、プログラム改正の必要はない。また新ファイル作成に当っては、新しくMAPを作るだけで済み新プログラム作成の必要はない。

すなわち、ファイルが多数あっても、ファイル読出し書込みに関しては、たゞ1つのプログラムですみ、閲覧、検索その他のサービス機能もたゞ1つのプログラムですませ得る。

(2) 階層構造データ

基本設計部の計画室の事務係の山田さんといった呼び方の名付け方で編成されたデータ構造は階層構造と呼ばれ、データ数が多い場合に混乱を未然に防ぐよいやり方である。この方式では、主要寸法と呼ばば〔長さ 200 M、幅 30 M、深さ 18 M〕と答え、主要寸法の幅はと呼ばば〔30 M〕と答えるやり方ができて便利である。一方、船の長さはLPPと呼び慣れているにも拘らず、主要寸法の長さとは常に呼ばなければならないのは何としても不具合である。

VIEWCLERKでは、階層構造データ編成を採用



第2図 基本計画および基本設計サブシステム

しているが、名付け方は階層構造にすると共に、LPPのように単独のニックネームをつける事もできるようにしている。どのようなデータ構造で、どのような名前をつけるのかは、データの様式、属性等と共にMAPに記述し、ファイル作成時に登録する。

(3) 可変寸法アレイデータ

船の長さ、幅等が1個の数値であって1個の記入スペースですむのに対して、各船艙容積、船体線図半幅オフセット等は何個かの数値が1まとまりとなっており、前者がシンプルデータと呼ばれるのに対して後者はアレイデータと呼ばれる。アレイデータは、船艙容積のように1次元のものもあれば、オフセットのように2次元のものもある。

通常のファイルではアレイの寸法（個数）を一定数に固定して使用することが多く行われる。これは、プログラムの手間が少なくてすむが、データ個数が少なくてスペースが余るのは我慢出来るとしても、用意した個数より多いデータが出来たときには書込不能となってしまう。

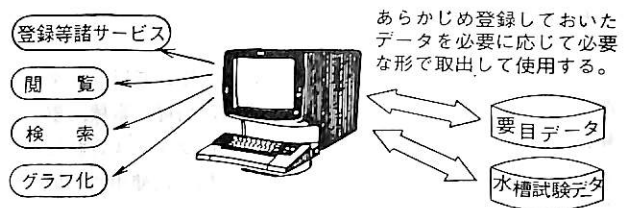
技術計算特に船のデータでは、線図オフセットのように不定寸法のアレイデータが多く、固定寸法方式では無駄が多く不具合である。

VIEWCLERKでは、階層構造データのなかに必要に応じてアレイデータを含め得るようにしており、MAPにアレイ寸法を書きおけば固定式となり、MAPに寸法を書かなければ可変寸法アレイとなりこの場合には、アレイ寸法はVALUEの方に書かれる。何れの場合にもスペースの無駄が出ないように詰めてファイルに書かれる。

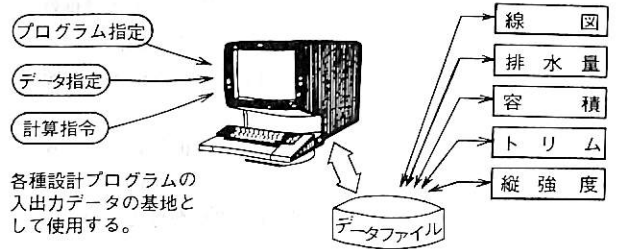
(4) その他

その他、下記を含む様々の配慮がなされ船舶基本設計に向くように、使い易いようにデザインされている。

- LR, LRS, LLOYDS といった同義語で異なる入力をして検索もれを起すことのないよう、標準テーブルをあらかじめ用意しておき必要に応じ表示して、ピックするやり方で入力して、つべり違いを防ぐ。
- トリム計算を変更改正したとき変更前のものも生かしておきたいような場合がある。このような場合のため同一データ名で複数のデータを持ち得るようにして、世代番号で区別する。
- 長さに対してメートルとフィート、重さに対してキログラムトンとロングトンといった具合に単位の異なるものがあり、フィート、ロングトンを全部メートル、キログラムトンに換算してファイルするのは何となく気がかりであり、両者をファイルするのも



第3図 FUNDAのオンライン的使用



第4図 FUNDAのデータベース的使用

勿体ない。VIEWCLERKでは、すべてのデータの単位を、MAPに記述するようにしており、別に単位換算表をファイルに持たせておいて、指定によってワンタッチで望みの単位に換算できるようにした。またこのため閲覧に際してすべてのデータに単位が表示されて見易くなっている。

- ファイルデータを抹消または書換えたために空いたスペースの長さをファイルに記録し、新しく書込むデータで空きスペースに入るものは、残りスペースを使わずに、空きスペースに書込む。これによってファイルコンプレッションが不要となる。
- 登録された船全部について船の長さを記したデータを作っておけば、船の長さに関して検索する場合、そのデータだけ読出せばよいので、検索時間が短縮される。これはインバーテッドファイル方式と呼ばれるが、VIEWCLERKではMAPに指定されたものだけインバーテッドファイルに作るようにしている。

7. 特徴

(1) データとプログラムの独立

データ構造等はMAPに記述されてファイルに書込まれており、アプリケーションプログラムは、データ構造に関する記述を持たず、データ名だけでファイルデータと連絡している。したがってプログラムとファイルは、データ名さえ変えなければ、互に独立に変更修正することができ、メンテナンスがやり易くなり、この長所は

はかり知れないものがあると思われる。

(2) フレキシブルなシステム作り

例えば船舶基本設計プログラムシステムを作成するには、計画、性能、船殻、船装、機装、電気その他の各設計室で、作りたいプログラム、ファイルしたいデータのデッサンを描き、どのデータがどのプログラムから使われるかを示す流れ図を作り、その改良検討を含めて、いわゆるシステム設計をオーソドックスに行い、それによって作られた全体プランに従って各プログラム、各ファイルを作っていくのが普通のやり方である。しかし、FUND Aの場合は、正攻法をとらずに次のように計画された。

- ① 先ず概略全体システム設計を行なってニーズ、メリット、将来の方向等について検討を加えた。
- ② そのニーズを満たすように汎用ファイルプログラムVIEWCLERKが作られた。
- ③ そのVIEWCLERKを使って、船舶要目、性能要目、水槽試験の3つのデータファイルが作られ使用されている。

現在こゝまでしか出来ていない。しかし、ファイル数やデータ数がふえていくに従い、FUND Aは次のように発展して行くことになる。

- ④ 基本設計の各設計室で、自室に都合のよいプログラムシステムをデザインし、それに従って、データファイル、アプリケーションプログラムを作っていく。計画はいつでも変更改正して差支えない。
- ⑤ 必要に応じて他の設計室のファイルデータを参照し、または他設計室の求めるデータのファイルを追加作成して行く。

このやり方は新しい試みであり、④以降は通常システムの意味でやはり困難な問題ではあるが、基本設計全体を直接考えないで済むという意味で、小さい困難ですむことになる。

すなわち、各部分部分に着目して手を打って行けば、全体として（データの各プログラムへの適合の意味で）スムーズなシステムとなるよう考慮されている。また各設計室のシステムが部分完成の段階であっても、それなりにそれらの合計の機能が確実に生み出せるであろうシステムが約束されている。大きいシステム作りの場合には、全体が完成するまでは全然機能しないのでは困り、変更に手間がかかるのも困るのでこれは大きいメリットと思われる。

(3) 船舶基本設計向きで且汎用

MAP分離方式、インバーテッドファイル方式等は、既成の汎用ファイルプログラムでも、仕様の相違はある

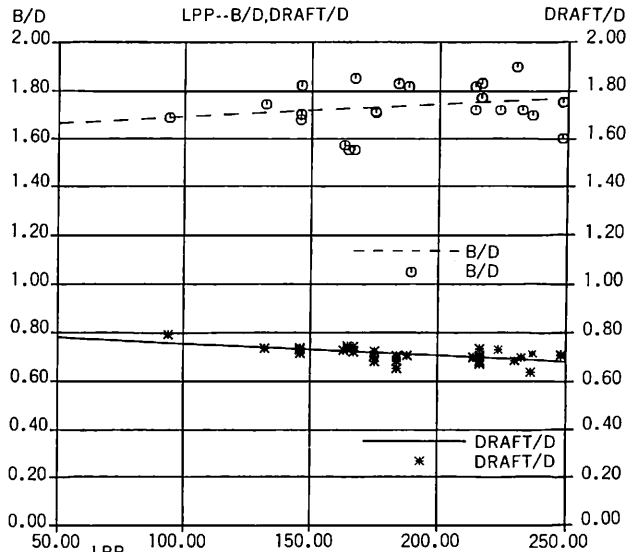


図5 回帰分析の例

が、既に行われており珍しいことではない。しかし、いわゆる汎用を目的としたプログラムでは、作成し易く恰好のいゝ仕様になり勝ちであり、特定のプロジェクトに使用するにはなおサービスの過剰または不足をがまんしなければならない。

VIEWCLERKでは、思い切って基本設計向きにデザインすると共に同じような使い方の他のニーズにも使えるよう汎用を目指してデザインを進めることにし、基本設計関係者十数人でニーズを討議し、そのニーズに合わせてオープン3名、クローズ4名、計7名のワーキンググループで仕様を練って作成された。

8. むすび

FUND Aは多数のオープン、クローズの関係者の長期にわたる協力と努力によってこゝまで完成した。

ファイルデータもすでに3つ出来ており、このまま、しばらく使用してみて使い勝手を確認したい。

使用者の意見をプログラムに反映しながらより洗練充実したシステムに仕上げてゆくつもりである。

本システムは、先に述べた第2図基本設計及び基本設計サブシステムのデータベースシステム全般に良くフィットしたデザインとなっている。とくに第1ループ初期設計業務においては、ファイルデータの充実と共にますますその威力が発揮されよう。

今後、第4段階の番船ファイルの構築が予定されている。更に第5段階のデータベース活躍の時代になると、FUND Aは基本計画及び基本設計業務のコスト低減、品質の向上などに多大の貢献をする事が期待される。

ケミカルタンカー (54)

恵美洋彦・曾根 紘・角張昭介
財団法人 日本海事協会

9・5 耐食性試験とその評価

本章にてこれまで解説した通り、ケミカルタンカーに於て、その貨物液及び蒸気に接触する可能性のある構造材料には、鉄鋼、非鉄金属、非金属、塗料等種々のものが採用されてきている。更には、ケミカルタンカーの貨物も数百の種類があり、これらの貨物と材料との組合せの可否を個々に実験にて調査することは不可能に近いことは云うまでもない。しかしながら、これらの構造材料及び貨物の組合せのかなりの部分はこれまで既に各種文献、規則に於て適正に評価されてきており、新たに実験にてその適合性を調査する必要のない場合が多い。

実験にて構造材料と貨物の適合性・耐食性を調査する必要が生じるのは文献その他既存のデータにて耐食性が明確でない場合であるが、そのケースとしては大略次のようなことが考えられる。

- i) 新物質を運送する場合。新物質とは、始めて作られたケミカルの他、IMCO 規則にて運送条件の細目が決定されていない物質も含む。
- ii) 新しい構造材料を採用する場合。この場合には、貨物との適合性の他、当然ながら構造材料としての機械的強度、物理的特性等も併せて調査せねばならない。
- iii) 船舶でのばら積み輸送経験がないか、又は極く稀で且つ、一般の化学品と異なる特性を有するものを運送する場合
- iv) 船舶によるばら積み運送に特有の環境条件に於いて貨物及びその添加剤が変化する可能性がある場合。その機構説明
- v) ある程度の腐食性を有する貨物を短期間のみ耐食性のないタンクに積載する必要が生じた場合にその使用限界を判定する。
- vi) 構造材料の腐食・劣化等が生じた場合、その使用限界が不明の場合

構造材料の耐食性試験には、規格化されたものでも、その目的に応じて種々のものがあり、更には、各立場毎にその目的に応じた独自の方法が種々提案されてきてい

る。

構造材料と貨物の適合性を確認する手順としては、一般的に次のようなプロセスで進められる。

- i) 構造材料の使用環境の把握；使用場所、貨物の状態、海水接触の有無、洗浄プロセスの有無等の正しい把握
- ii) 与えられた腐食環境に対する耐食材料の調査；既存の文献、実績データの検索
- iii) 実験的評価試験の実施
- iv) モデルプラント等中間規模の試験装置による評価試験
- v) 実船試験
- vi) 選定した材料の仕様決定

上記のプロセスでは、i) の使用環境の正確な把握が最も重要であり、これにより、次の実験等のプロセスに於て可能な限り実際に近い試験方法が工夫できることになる。

貨物の状態の把握に際しては、貨物の pH、酸化還元性、腐食を促進又は抑制するイオン、ラジカルの在否、電導度、温度、圧力、固体粒子その他不純物の含有等が重要な因子となる。表 9・34 に腐食に及ぼす環境因子の分類を示す⁵⁾。

環境因子が明確になれば次の段階として文献等により材料の適否を検索することになる。公表された文献は数多いが、これらの文献では、単純な環境中での耐食性が表となっていると同時に実際に調査しようとする複雑な環境で調査された組合せが採用されていることは少なく、単に、耐食性の傾向を知る為の検索となる場合が多い。耐食性の調査では、耐食性網羅型の文献だけでなく、各企業、関係者が自分達の必要性から特定の組合せに限定し調査研究した結果を公表した論文類も収集・調査整理しておくのが有効である。これらの論文は、実際の必要に迫られて調査研究したものであるだけに詳細且つ底の深いデータが収められていることが多く、単なる耐食性調査結果だけでなく試験方法の工夫、その他の有益な情報を数多く含んでいることが多い。

耐食性を取りまとめた文献類としては、一例として参考文献 39) ないし 45) に掲げたものが利用されている。

表 9・34 腐食におよぼす環境因子の分類

分 類	
腐 食 媒 体	{ 酸, アルカリ, 大気 (工業地帯, 海岸地帯, 都市, 農村, 熱帯など) 水 (工業用水, 水道水, 純水, ボイラ水) および水蒸気, 海水, かん水, 土壌, 有機物質, 無機物質 溶融金属, 溶融塩, 原油, 石油, バクテリア, 海中生物, ガス (高温ガス, dry gas, wet gas), 冷媒 (非水溶液)
温 度	液温, ガス温, 管壁温度など金属表面温度 [常用温度と変動範囲]
温 度 こ う 配	熱こう配および温度分布, 熱交換部での凝縮の有無
圧 力	器内圧, ガス分圧
流 体 特 性	流量, 流速およびその分布, 層流, 乱流
応 力	{ 内部応力, 残留応力 (熱処理, 曲げ, 切断, 引抜き延伸圧延など加工応力, 溶接残留応力, 鑄造応力) 作用応力 (振動, 熱応力, 静応力, 繰返し応力, 衝撃応力, 熱衝撃)
熱 伝 導	{ 蒸気, 生蒸気の吹込, 熱湯, 油, ダウサム, 直火, 電熱, 自己発熱, 水, 氷, フライン
迷 走 電 流	漏えい電流, 迷走電流
異種金属の接触	異種金属の種類, 表面処理, 相互面積比
溶 存 酸 素 量	
環 境 の 経 時 変 化	
そ の 他 の 因 子	スパーク, 静電気, 電磁波, 光線, 放射物, 生物
操 作 停 止 な ど	操業条件 (運転記録), 起動・停止回数, 期間
稼 動 条 件	停止時の処置

食試験”
viii) DIN 50905-1592 “金属材料腐食試験方法”
ix) プラスチックの静的浸漬試験 (JIS K 6745, K 7114, ASTM D 543 & D 1239, ISOR 175 等)
各試験法の詳細は、各規格を参照されたい。

浸漬試験に影響する因子としては、i) 試験片の性状、形状、表面状態及び熱履歴、ii) 試薬の汚染 (反応の進行によるもの)、iii) 試験条件 (温度、流速、通気、時間等) が掲げられる。このうち、試験時間の目安としては、ASTM G 4-68 に於て次式が与えられている。

$$\text{試験時間 } t \text{ (hr)} = \frac{50}{\text{腐食率 (mm/year)}}$$

実験室にて耐食性実験を行なう場合、その方法には、種々のものがあるが、浸漬 (又は曝露) 試験と電気化学的試験の2種類に大別され、それぞれ目的に応じた各種試験法に小分類される。各種試験法の分類例を表 9・35 に示す^{5) 46)}。

実験室に於ける耐食性試験では、短時間で判定する為、実際との相関関係を類推することが難かしいこと、及び選定された試験環境と実環境との差、試験片の寸法・形状の問題等、実験室で行なう為必然的に生じる問題があることを予め考慮して実験計画を立てることが要求される。

浸漬試験の標準的な試験方法には、次のようなものが制定されている。

- i) NACE Standard TM-01-69 “プロセス工業用金属材料の実験室腐食試験”
- ii) DIN 50906-1958 “沸騰溶液中の腐食試験”
- iii) DIN 50912-1958 “高温高圧腐食試験”
- iv) ASTM G-1-67 “腐食試験片の作製, 洗浄, 評価”
- v) ASTM G-16-71 “腐食試験データの解析に於ける統計的手法の適用”
- vi) ASTM A 279-63 “ステンレス鋼の全浸漬腐食試験”
- vii) ASTM B 185-43T “非鉄金属材料の全浸漬腐

これは、最低これ位と云う目安であり、通常の規格に規定される試験時間は、大体この値に入っている。

浸漬試験の特殊な分野として体系化されているものにステンレス鋼の局部腐食試験方法がある。これは、主に材料の品質管理試験、使用者の受入れ試験、選定試験として利用されている。

ステンレス鋼の局部腐食試験方法には、概略次の各方法があり、ケミカルタンカーの分野に於ても利用する機会が多い。

- i) 粒界腐食試験 ; ステンレス鋼の粒界腐食は、比較的早くから知られ、その現象、機構、原因について多くの研究が為されてきた。従って、試験方法についても古くから検討が加えられており、ステンレス鋼の腐食現象の中で最も多くの試験方法が規格化されている。
 - a) ASTM Designation A 267-70: ステンレス鋼の粒界腐食感受性を検出する推奨方法
 - b) GOCT 6032-63; オーステナイト系及びオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼の粒界腐食試験方法
 - c) 硫酸・硫酸銅粒界腐食試験 (Strauss 試験)
(JIS G 0575, DIN 50914, ASTM A 240-

表 9・35 耐食試験法の適用と限界

試験法分類		内 容	適 用 性	限 界
浸 漬 試 験 法	肉眼観察	腐食形態，程度の検査	○簡単 ○他のデータの確認	○主観的，個人差大 ○定性的
	重量変化測定	均一腐食速度の場合の腐食度，腐食速度の測定	○簡単 ○定量的 ○直接的	○試料洗浄法による誤差あり ○特殊な腐食形式のものには適用できない ○多数の試料が必要
	顕微鏡観察	○腐食形態の確認 ○腐食深さ，孔食深さの測定 ○合金組成の各成分による腐食比 ○結晶組織の変化調査	補助的手段ではあるが卓越した方法	常に定量的であるとはかぎらない，定性手段にとどまる場合も多い
	物理的性質の変化の測定	引張強さ，伸び，衝撃値，硬度，疲労限などの低下率の測定	構造材料としての特性変化の直接測定	耐食形式の差による影響不明，全体的な影響を知るのみ
	電気抵抗変化の測定	○性状，組成変化がわかる ○環境の腐食性の評価	○非破壊的 ○連続測定可能	○間接的，検定が必要 ○腐食形式を明らかにできない ○面積効果によるエラー大
	水素発生量測定	実験室的手段 (H ₂ 発生腐食反応の場合)	腐食速度測定に適用しうる	腐食の分布不明
	酸素吸収量	同上 (O ₂ 吸収腐食反応の場合)	同上	○腐食の分布不明 ○腐食生成物の分析所要
電 気 化 学 試 験 法	単極電位測定	金属表面における被膜生成と破壊の究明	○陽極支配か陰極支配かがわかる ○driving force が測定しうる	○腐食の程度，腐食速度は測定できない ○反復測定を要する(再現性)
	電位差測定(異種金属間の)	galvanic effects 研究	腐食に対する相対的傾向	定性的のみ
	短絡電流の測定	標準とした noble metal に対する腐食されやすさの比がわかる	簡 単	試料表面積，液の比抵抗腐食被膜の生成などによりエラーを生ず
	分極測定	○galvanic corrosion, 濃淡電池腐食の研究 ○分極電流がわかる	腐食速度の半定量的評価ができる	腐食作用の分布不明
	被膜抵抗の測定	被膜の透過性の測定	腐食環境に対する被膜の抵抗性の定性的把握	分解電圧がわかる
そ の 他	光学的諸法	表面被膜の生長度の研究	非破壊的連続測定可能	装置複雑高価
	環境分析，腐食生成物分析など	○実装置における腐食比による汚染度がわかる ○大気分析，水質分析，附着スケール分析など	○微量で推定可能 ○腐食要因解析に便	○腐食の分析，形式を示さない ○物質収支の計算が必要

- 41等)
- d) 65%硝酸粒界腐食試験 (Huey 試験)
(JIS G 0573, ASTM A 262等)
- e) 50%硫酸・硫酸第二鉄粒界腐食試験 (Streicher 試験)
(JIS G 0572, ASTM A 262等)
- f) 硝酸・ふっ化水素酸粒界腐食試験 (Waren 試験, Binder 試験)
(JIS G 0574, ASTM A 262等)
- g) 10%しゅう酸エッチ粒界腐食試験 (Streicher 試験)
(JIS G 0571, ASTM A 262等)
- ii) 応力腐食割れ試験; 試験方法は、標準化が進んだ粒界腐食試験と異なり、各目的毎に試験方法は異なっているが、42~45%塩化マグネシウム沸騰水溶液を用いる方法が比較的広い範囲の合金に対して短時間で割れが生じることから良く利用されている。塩化マグネシウム以外の試験水溶液も種々のものがあり以下に列挙する。
 - a) 塩化物水溶液又はハロゲン化物溶液; 5~20%沸騰塩化ナトリウム, 塩化ナトリウム+酸化剤, 塩化カルシウム, 臭化マグネシウム
 - b) アルカリ水溶液; 高濃度水酸化ナトリウム, 高濃度水酸化カリウム, 水酸化ナトリウム+塩化物
 - c) 硫化物水溶液; 亜硫酸, 亜硫酸+硫化水素
 - d) 水, 水蒸気; 高温高圧水
- iii) 孔食及びすき間腐食試験
 - a) 塩化第二鉄水溶液浸漬
 - b) 食塩浸漬試験
 - c) 電気化学方法として、孔食電位測定法及び定電流試験による孔食発生数測定法がある。
 - d) すき間腐食試験法としては、未だ標準的なものがないのでその方法は実験者により異なる。

- iv) 発錆試験; 主に大気中の暴露試験として利用される。
 - a) 塩水噴霧試験 (JIS Z 2371-1955, ASTM B 117-64)
 - b) 銅・酢酸・加速塩水噴霧試験 (CASS 試験)
(JIS D 0201-1971, ASTM B 368-68, BS 1224-1970)
 - c) 亜硫酸ガス試験 (JIS D 0201-1964, DIN 50018-1963)

電気化学的試験方法は、浸漬試験に比し、比較的環境を乱すことなく短時間に行なえる利点があり、かつ、金属の湿食は電気化学反応であることも利点となる。

電気化学的腐食試験には、電位と電流の関係をみる分極特性の測定と、これらの傾向が既知の場合に適用する電位のみを測定する方法及び浴電圧-電流の関係を測定する方法等がある(表9・35参照)。

分極特性の測定方法は、回路的に内部抵抗を試料電極の分極抵抗に比べて無限大にする定電流法と、無限小にする定電位法がある³⁰⁾。ステンレス鋼の試験では、定電位アノード分極測定が最も良く用いられる。これらの各種電気化学的試験法の詳細は省略するので各種文献を参照されたい⁴⁾⁵⁾³⁰⁾。

腐食試験の結果を腐食速度として表示するには、単位時間、単位面積当りの腐食重量減により表わす腐食度と単位時間当りの侵食深さで表わす侵食度の2通りの方法がある。

腐食度表示は、材料を主体にした表示法で、一定の材料の種々の環境に於ける腐食速度を比較するのに便利な為、主として材料メーカー側で用いられる。侵食度表示は、一定の環境中の種々の材料の腐食速度を比較するのに便利で主に使用者側で用いられる。数多くの種類の全く性質の異なる材料を相手とするときは侵食度で表示するのが良い。腐食の表示単位を表9・36に示す⁴⁾。

表9・36 平均腐食速度の表示法

(a) 腐食度 (dは金属の密度)

単 位	略 号	数値の比	mm/yr への換 算 係 数
g / m ² · hr	gmh	0.00416	× 8.76 / d
g / m ² · day	gmd	0.1	× 0.365 / d
mg / dm ² · day	mdd	1	× 0.0365 / d
g / m ² · yr	gmy	36.5	× 0.001 / d
mg / m ² · day	mmd	100	× 0.000365 / d

(b) 侵食度

単 位	略 号	数値の比
mm/month		0.0833
mm/yr	mmpy	1
microns / yr		0.001
in / yr	ipy	0.0394
mil / yr	mpy	39.4

表9・37 腐食率による評価基準例

No	出典	対象金属	環境	評価基準ないし腐食許容限	
					ipy
1	H. H. Uhlig: Corrosion Handbook (1948) pp. 748	耐食材料一般	各種環境	A級(耐食材料) B級(使用可能) C級(不適材料)	< 0.005 0.005~0.05 > 0.05
2	E. Rabald: Corrosion Guide (1951)	同上	同上	g/m ² /day + (耐食良) < 2.4 (+) (概して可) < 24 (-) (やや不良) < 72 - (不適) > 72	< 0.0045 < 0.045 < 0.135 > 0.135
3	Shell Development Co.: Corrosion Data Survey (1960) R. K. Swandby (INCO): Corrosion Charts (1962)	同上	同上	● (良) ○ (概して良) □ (可) × (不可)	< 0.200 < 0.02 0.02~0.05 > 0.05
4	Huey Test に対する Du Pont 社内規格	ステンレス鋼	濃硝酸	304鋼 } g/m ² /hr 316鋼 } < 0.42 317鋼 } (Sensitized) 347 鋳鋼 < 0.57 (")	< 0.018 < 0.024
5	同上 GE 社内規格	同上	同上	304 L < 0.57	< 0.024
6	JIS G 4303 ステンレス鋼規格	同上	5% H ₂ SO ₄ 沸騰 6hr	g/m ² /hr SUS 32 < 5.5 (18 Cr, 12 Ni, Mo) SUS 33 < 4.5 (同上, 極低炭素) SUS 35 < 4.5 (18-12・Mo・Cu) SUS 36 < 3.5 (同上, 極低炭素)	< 0.25 < 0.20 < 0.20 < 0.15
7	原子炉材料の高温水腐食	原子炉材料	高温純水	0.1~0.2 mm/year	0.0001 ~ 0.0002
8	日本造船研究協会 SR 50 部会報告書	軟鋼(船殻用)	船体外板	平均腐食量 2.05 mm / 10年 (調査船中, min 1.35 mm / 10年, max 3.15 mm / 10年となっている)	
	材料の腐食と防食の工学 (材料学会)	軟鋼 (タンカー)	貨物油専用タンク ダーティバラスタック クリーンバラスタック バラスト専用タンク	0.14 mm / year 0.18 mm / year 0.31 mm / year 0.71 mm / year	} 基準腐食率

腐食試験の結果確定された腐食量から、供試材料の耐食性、採用の可否を判定する際には、使用目的に応じていくらかの差が生じ得るが、一般的には0.05～0.1mm/year以下程度が耐食性良好と見做されることが多い⁵⁾。耐食性評価規準の一例を表9・37に示す⁵⁾。又、これらの評価法はあくまで全面腐食を対象としたものであり、局部腐食については、別な表示方法と評価方法が必要となる。局部腐食を主とした評価方法としては、F. A. Championの方法⁴⁸⁾、R. W. Henkeによる孔食表示法⁴⁹⁾、及び我が国の石油学会第7分科会が定めた方法などがある。

ケミカルタンカー建造の分野では、独自の確固たる評価規準は未だ定められていないが、従来の原油タンカー、プロダクトキャリアーにて採用されている腐食率を基準とし、更にタンク構造、貨物積載頻度、貨物の品質保証の程度等を考慮してケースバイケースで定められることになる。

有機材料の化学的劣化は、金属材料の腐食と異なる。金属材料は導電性の材料であり、又、金属イオンとしての溶出があり、その腐食は電気化学的説明がつく場合が多いのに対して、有機材料は一般に電気の不導体であり、イオンとしての溶出も普通にはないので、その劣化に対しては、電気化学的説明が付きにくい。有機材料の化学的劣化の基本となるのは環境剤（ガス、蒸気又は液体）の材料内部への浸入、拡散であり、化学的攻撃は、まず材料表面に生じて順次内部へ浸入していく。この浸入の様子をつかむことは、その材料の耐薬品性を知るためのみならず、逆にその材料の分子構造を知るためにも重要

である。

有機材料の浸漬試験では、劣化のみならず貨物との危険な相互反応の可能性も考慮しておかねばならない。与えられた化学的環境に有機材料を安全に使用することができるかどうかを正当に評価するためには、各種濃度、温度条件下での環境剤の浸透速度、平衡吸液量など浸透拡散現象に関するデータがまず必要である。又、応力負荷状態では、応力と薬品の共同作用によって特有の耐薬品性を示すことが多い。その他、液の流動の状態、材料中の温度こう配等も浸透拡散に大きい影響を及ぼす。

有機材料の浸漬試験の結果を定量的に評価する方法には、W. H. Adams⁵⁰⁾及び大野⁵¹⁾により提案されたものがある³⁰⁾。

W. H. Adamsの評価方法は、重量変化、体積変化、溶液の外観変化及び試験片の外観変化を夫々個々に評価して百分率で表わし、それらの積から耐食性を判定するものである。表9・38にその評価方法を示す。

これらの評価方法はかなり定量的ではあるが、有機材料の場合、一般の文献、カタログに示される耐食表のみで実際の耐薬品性を判定し、設計を行なうことは危険である。これらのデータは、あくまで耐食の傾向を把握することにのみ用い、個々の設計のケースでは、実際に実験を行なうことが要求される。

大野の方法は、100時間浸漬後の単位面積あたりの重量変化により判定するものであり、重量変化が70℃又はそれ以上の使用温度で3mg/cm²・100h以下であれば実装置で早期故障は殆んど起らないとするものである。

その他、中川により提案された方法で、応力負荷試験

表9・38 耐薬品性評価の基準

評 価	Excellent 優	Good 良	Fair 可	Poor 不 可	Negative ×
重 量 変 化	± 2 %	+2～+14 % -2～- 3 %	+14～+19 % -3～- 4 %	+19～+30 % - 4～-10 %	+30 %以上 -10 %以下
容 積 変 化	-0.5～+2 %	+2 ～+6 % -0.5～-1 %	+6～+13 % -1～- 3 %	+13～+30 % - 3～-10 %	+30 %以上 -10 %以下
かたさの変化 (シヨア式D形デュ ロメータ使用)	変化なし	5° 以内	5～15°	15° 以上	15° 以上
試 料 お よ び 液 の 変 化	変化なし	軽微の変化	わずかの变化 (多少侵されるが 用途によっては 使用できる)	かなり変化 (一般に使用でき ない)	いちじるしい変化

でクリーブ破断特性から耐薬品性を検討する方法がある⁵²⁾。

無機材料の浸漬試験結果を定量的に評価する標準で公表されたものは特になので、その都度検討しなければならない。

塗料及び塗膜の試験法には、試験の目的によって種々あるが大別すると、i) 品質管理の為の試験法、ii) 性能比較の為の試験法、iii) 調査研究の為の試験法の3種となる。

品質管理試験としてはJIS K 5400がある。

性能比較試験は、一定期間試験片を使用環境条件に曝し塗膜性能を検討するものである。この試験で最も問題となるのは試験後の塗膜判定法であり、従来種々の方法が提案されているが信頼し得る定量的な方法はない。但し、参考となるものに塗料検査協会が1970年に発行した「塗膜の評価基準」がある。

塗装物の浸漬試験には、特に規格はなく、前述の有機材料の方法等を参考に各関係者がその目的に合った方法を考案している(例として9・4参照)。その他、参考として、塗装試験片の水中浸漬試験時の問題点を以下に示す⁵³⁾。

- i) 試験片の下地処理；試験片毎の差をなくす為、十分脱脂したガラス板、ミガキ鋼板又はブラストクリーニングした鋼板等を使用する。
- ii) 試験片の塗装；塗装の方法は5種類位あるが、いずれにしても均一な膜厚を保持する。
- iii) 乾燥温度、湿度の設定
- iv) 浸漬水による影響；試験片を水又は電解質水溶液に浸漬すると塗膜中又は塗膜下に存在する水溶性成分と吸収水分によって形成される水溶液と、外部の水溶液との浸透圧の差により水分の浸入が促進される。耐水性試験に於てある種の塗料は蒸留水には弱く食塩水には強く、又ある種の塗料は全く逆の性質を示す場合がある。一般には、蒸留水浸漬試験と食塩浸漬試験を同時に行なう。
- v) 促進浸漬試験；これには目的に応じて数多くの方法が考案されているが、一般的な方法としては、浸漬液を加温する方法、U. S. Navyの方法(サイクルテスト及び腐食剤を加える方法)、試験板に強制的に電気を通す方法、耐ブリストー試験としての温度勾配浸漬試験等がある。

これまでに述べた予備調査、試験が完了した場合、その結果から必要ならばモデルプラント及び実機・実船テストを行なうことになる。船舶の分野でのこれまでの大規模なモデルプラントの例としてはLNG船及びLPG

船の貨物タンク構造の開発時のものが良く知られているが、これらに対しては、そのモデル試験の方法、手順に関して規則化の面でも整備されてきている^{54) 55)}。

ケミカルタンカーの分野ではこれまで特に目立った大規模モデルの例は少ない。今後のケミカルタンカー、特に特殊な専用船等への需要の増加を考えると、今後ケミカルタンカーの分野に於けるモデルプラントテストの必要性が生じることは否めない。実施に際しては、LPG船、LNG船にて実施された手順及び当該規則の思想が応用されることになろう。

モデルプラントテストを実施する場合の注意点を要約すると次のようなことが云える⁵⁶⁾。

- i) 実際の状態での幅そうした腐食因子、環境条件を整理して解析し得る状態で再現する。
- ii) 実験室試験では得がたい動的条件(熱移動、流量、流速、応力、振動等)を付与する。
- iii) 各種因子の条件設定が容易であるようにする。
- iv) 薬液組成、温度分布、流量変化等の因子を正確に計測把握できるようにする。
- v) 試験片の大型化により小型試験で問題となるsize effect, scale effect の問題を除外できるようにする。

実機、実船試験には

- i) 実機、実船への装着試験(Spool test)
- ii) 実機、実船の追跡調査

の2通りの方法がある。Spool testは、それぞれの対象物毎にその該当分野の慣行的試験法がある。プラント内装着方法については、ASTM-G4-68 "Standard Recommended Practice for Conducting Plant Corrosion Test" に詳細が規定されている。

二番目の追跡調査の方法も、各業種分野毎に慣行的試験法があるが、腐食度の実測を行なう際には、一般に下記の諸法が用いられる。

- i) 肉厚測定；テストホール法、超音波厚み計、電気抵抗法、孔食測定(デプスゲージ、石こう転写法、樹脂転写、表面粗度計)
- ii) 稼動プラントの腐食測定；電気抵抗法
- iii) 局部腐食、割れ検査；蛍光探傷法、超音波探傷法、渦流探傷法、スンプ法
- iv) ピンホール、塗膜劣化の測定；フェロキシルテスト、スパークテスト、電気抵抗法

これらの計測は、極力一定期間毎に経年変化を測定して実装置の腐食速度を推定することが重要であり、腐食様相の記録も精密に行なわなければならない。

参考文献

- 39) 日本海事協会, "ケミカルデータバンクシステム"
 40) I. C. S., "Tanker Safety Guide (Chemicals)"
 (邦訳は日本船主協会より発行)
 41) Schweitzer, "Corrosion Resistance Tables,"
 Dekker Inc. Co.)
 42) Corrosion Data Survey, Metals Section ;
 NACE (1974), Non Metals Section, NACE
 (1975)
 43) A Guide to Corrosion Resistance ; Climax
 Molybdenum Co., (1961)
 44) Corrosion Guide ; Elsevier Publishing Co.,
 (1968)
 45) 幡野 ; 装置材料耐食表, 化学工業社 (1967)
 46) R. V. Jelinek ; Chem. Eng. Jan. 26 (1959)

- 47) NACE Standard TM - 01-69
 48) F. A. Champion, "Corrosion Testing Procedure",
 John Wiley & Sons (1952), J. Inst. Metals. 69 (1943)
 49) R. W. Henke ; Corrosion, 11, No. 1, (1955)
 50) W. H. Adams 他, Chem. Eng. July, 98 (1949)
 51) 大野 ; 化学工業, 27, No. 10, 709 (1963)
 52) 中川 ; 化学工業, 27, No. 10, 703 (1963)
 53) 飯田, "塗装物の試験方法", 第12回腐食防食に関する講習会, 日本材料学会
 54) NK, LNG 船規準及びその解説
 55) NK, 内部防熱船規準及びその解説
 56) 栄, "実機及びパイロット試験", 第12回腐食防食に関する講習会, 日本材料学会

技術短信

技術短信

海底石油生産システム (SPS) プロジェクト ライザ管の海中設置試験に成功

三井造船は、通商産業省工業技術院の大形プロジェクト「海底石油生産システムの研究開発」(Subsea Production System: SPS)の一環として開発を進めてきたライザ管の海中設置試験を広島県呉沖の水深80mの海域で行ない、所期の成績を達成し、成功裡に完了した。

本プロジェクトは、深海の石油を経済的に生産するための国産技術の確立を目的に53年度から7カ年計画で始めたもので、海外でもまだ開発途中にある技術であり、国際的に注目を集めているものである。

このため、同社を含めた石油・鋼鉄・造船など民間18社が技術研究組合を53年に設立、各社分担して共同開発を進めてきており、同社はその中で海底で生産した石油を洋上へ送るライザ管と洋上の貯油タンク兼生産プラットフォームを担当、開発にあたってきた。58年度には、各社の成果に基づいて製作された試作機を1カ所に集めて海洋総合実験を行う計画である。

ライザ管は、生産油のほかに信号、油圧、動力なども伝えるが、動揺する浮遊式貯油タンクと海底をつなぐため、剛体のライザ管を3個の自在継手でつないだ可撓式ライザ管を開発した。この様な新しい形式のライザ管の海中への設置技術には未知の点が多いため、実際の海域での実験が重要であるが、海洋総合実験を行なう水深50mでは水深不足のため、別に今回の試験が行われたものである。今回の試験においては、初めに洋上で浮遊するライザ管をバラスト操作により下部を沈下させ、水中に

直立状態にするアペンディングテストと、その後管の下端を海底のライザベースに接近、接続し、上端を貯油タンクの代りの洋上のコントロールバージに接続するテストを行ない、いずれも予想通りの成果をおさめた。

今後、本プロジェクトの中で同社は58年度の海洋総合実験に向けて、同社玉野事業所にて開発中の本格的な自在継手を組込んだライザ管を製作していくとともに、操業実験に使用する各社の洋上設備を搭載するコントロールバージの改造および艀装を行なう予定である。

〔本試験に使用した主な装置〕

- ライザ管 剛体 3節形(自在継手間距離25m)
 全長×管径 約60m×1.016mφ
 重量 約56t(空中), 約16t(水中)
- コントロールバージ U字形半潜水式特殊船(JG)
 L×B×D~d 23.1×22.4×11.6~5m
 排水量 約800T
 設計条件 最大波高 6.0m
 最大風速 40m/sec
 潮流 1kn
 揚錨機 45t×2m/min×4台
- ライザベース (住友重機械工業㈱製作)
 重力形 スタンドライザ付
 基部寸法 10.6m□×2.1mH
 スタンドライザ 14.9mH×1.0~2.1mφ
 重量 66.2t
- 気象観測ブイ 3点係留テンションレグ式
 寸法 1辺約10m×高さ13.5m
 重量 12.5t(空中)

船舶電子航法ノート(60)

木村 小一

5・4・7 船舶用レーダ・呼びかけ応答器(MRIT)(つづき)

MRITと同じ装置を固定した地点に置くことによって、このシステムは他の2次レーダシステムと同様にそれに対する測位と識別とができることから航法、すなわち、自船の測位に利用できる。MRITは更にそのシステムの長所を生かすことによって、

- (1) 自動測位
- (2) 自動陸地初認(ランドフォール)の決定
- (3) 水路測量業務における電子的な測距

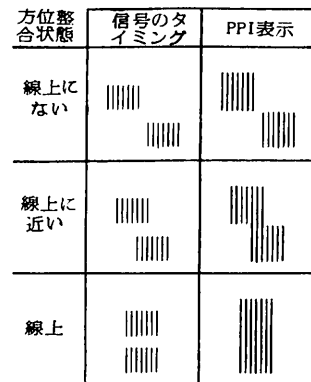
のようないくつかの追加の技術的可能性をもっている。

まず、自動測位であるが、これをMRITで行なうにはいろいろな方法が考えられる。最も簡単な提案の一つはレーダ・アンテナの1回転ごとに、周囲にあるすべての航行援助装置であるMRITのトランスポンダを呼びかけることであり、こうすることによって、数秒ごとに新しい航法情報を得ることが可能になる。各基準としてのMRITトランスポンダと間の測距と自船のMRITのアンテナの方位角とから、基準となるMRITトランスポンダに対する相対位置が容易に求まる一方で、各基準MRITトランスポンダが、その位置情報をMRITの信号の一部としてコード化し送信することによって、自船の船上で、それらの情報と測距値などを使って自動測位処理をすることが可能である。その処理結果の出力は、デジタル形式でも、また、図式表示でも可能である。デジタル型式の場合は、自船の位置はある測位時間に対して、緯度と経度でも、ある指定した基準点からの距離と方位でも、指定ウェイポイント点(中間目標点)間の航路にそった距離とオフセット距離の何れでも表示することが可能である。図式表示はレーダのPPI上の補強表示や場合によっては簡易海図上への自動プロットなども考えられる(第5・183図、第5・184図参照)。

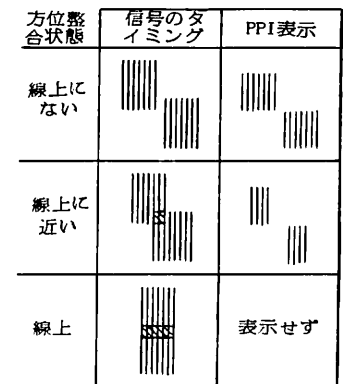
自動陸地初認は、2つの特別な装置、(1)周期的な自動呼びかけ制御器、(2)操作者への可視・可聴警報装置を組込むことによって行なえとされている。これらの装置によって、MRIT

は特定な航行援助用MRITトランスポンダの一つまたはいくつかを周期的に呼びかけて、それを探索する。もし、その援助装置のどれかが捕捉されれば、装置はすぐに操作者に警報を発する。操作者は、周期的呼びかけを任意に設定をし、また、警報が出て、有効な応答が得られたことが確認されれば直ちに呼びかけは中止されるであろう。

水路測量用にこのシステムを使うときには、水路の中心線の延長線上の両側に航行援助用のMRITトランスポンダを置いて、そこまでの距離を測定するとともにレーダのアンテナの指向性を利用した角度測定により、両者の中心線を求める。しかし、レーダの指向性アンテナを使うときは、その測角精度を 0.2° 以下にすることは、まず困難であろう。MRITではこれを1桁程度良くしようとして、つぎのような提案を行なっている。すなわち、同じ識別符号をもった2台の固定地点のMRITトランスポンダをつぎのような条件を満たすような位置に置く。この2台のMRITトランスポンダには短い応答と長い応答が出せるようにしておく。第5・180図は船上の呼びかけMRITが短い応答を要求したときの受信信号のタイミング(左)とそれをレーダのPPI上に表示をしたと



第5・180図 水距での測距のためのMRIT航行援助用トランスポンダの短時間応答信号のタイミング



□ 信号の重畳

第5・181図 水路での測距のためのMRIT航行援助用トランスポンダの長時間応答信号のタイミング

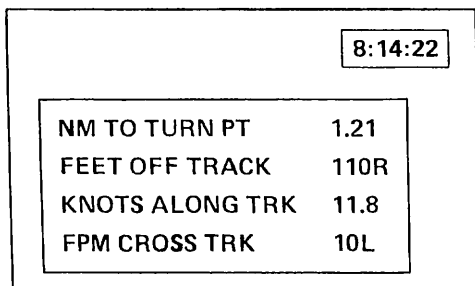
きの様子(右)を示しており、上から、航路の中心線を外れているとき、中心線に近づいたときおよび中心線上を示しており、船が中心線上にいるときは、両MRITトランスポンダからの応答信号がPPI上に距離的に並んで現われるようになる。長い応答を要求したときの図を第5・181図に示す。この場合は図に示すようにタイミング的に重なった応答信号はPPI上には表示しないようにしておく、図の下に示すように、水路上に船が近づくとつれて応答信号がPPI上から消え、水路上にいるときには、PPI上のMRITトランスポンダの応答信号は消えてしまうことを示している。このような方法での航路に直角方向のオフセットの測定精度は第5・182図に示してある。斜の線はオーバーラップしないMRITトランスポンダの応答信号の数であって、PPI上に応答信号が消えるのは1の線より下であることになる。点線はアメリカのヒューストン水路の幅とその長さを示しており、この方式での要求測角の参考として示したものである。

MRITのこの航法、とくに狭水路航行への応用の有効性もまたCAORFの船橋シミュレータによって行なわれた。このシミュレーションでは、つぎの航法手段が比較の対象として用いられた。

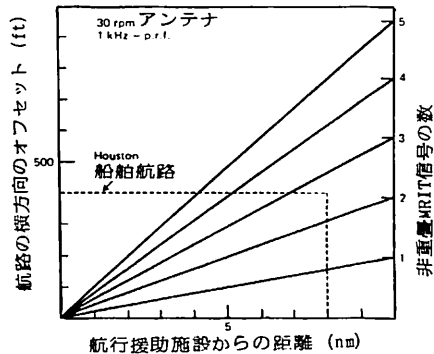
- (1) 視界良好時の視覚
- (2) 視界が制限されているときのレーダ
- (3) 視界が制限されているときのレーダビーコンつきのレーダ
- (4) 視界が制限されているときのデジタル表示器によるMRIT
- (5) 視界が制限されているときのアナログ表示器によるMRIT

そして、シミュレーションの目的は、(a)機能を果せるような状況下でのMRITシステムの運用の可能性を見出すこと、(b)プロトタイプMRITを設計するためのデータの提供とがあげられている。

シミュレーションに使用した船型は衝突予防装置の場



第5・183図 MRITのデジタル表示

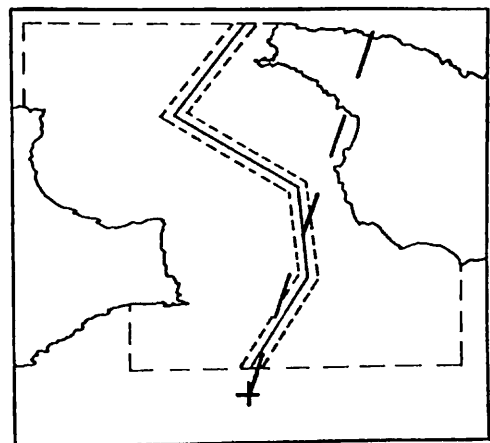


第5・182図 MRIT信号が重畳しない数と距離との関数としての航路からの外れ

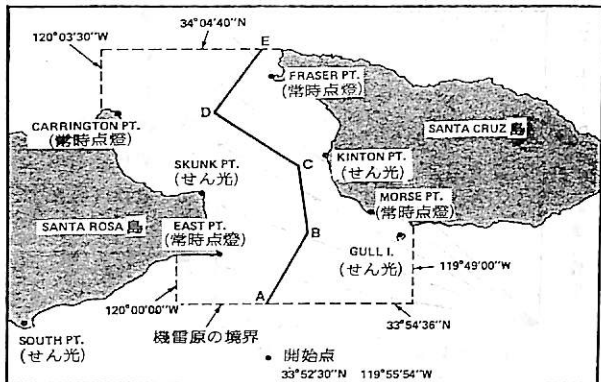
合同同じ80,000DWTタンカーで、その諸元は、長さ763ft、満載喫水39.9ft、幅125ft、最大舵角35°などである。シミュレータの船橋には、エンジンテレグラフ/スロットル、ジャイロパイロット、レーダ、両ウイングに方位盤、ジャイロレピータ、舵角指示器が装備され、レーダの指示器は普通のPPIであった。

MRITのデジタル表示器には第5・183図に示すように時間、変針点までの距離(n.m.)(NM TO TURN PT)、所定航路からの横方向の偏差(ft,左右つき)(FEET OFF TRACK)、航路にそった速力(kn)(KNOTS ALONG TRK)および航路の横方向の速度(ft/min左右つき)(FPM CROSS TRK)が示される。またアナログ表示器は第5・184図に示すような図式表示で、海岸線、水路の境界線、船の重心を示す十字マークと真針路の速度ベクトルが示される。

被験者は10人の船長で実験目的と試験を行なう方法について説明を与えたのち、CAORFのシミュレータでの操船になれるために4時間ずつのトレーニングが行なわれ、また、実験のシナリオに従う航海についても馴れる



第5・184図 MRITのアナログ表示



第5・185図 MRITによる狭水路航行シミュレーションの海域

ような訓練がなされた。

シミュレーションに使用した海域はカリフォルニア州のサンタバーバラ沖の Santa Rosa島と Santa Cruz島の間の水路で、その詳細は第5・185図に示すとおりであり地形の特長に加えて、図に示すような6か所に燈台とレーダ・ビーコンが実際にはないが、追加の航行援助施設として設けられた。

実験では、この水路は周囲に機雷があるとして水路幅を3,000ftに制限をされた。各被験者は、それぞれ視覚、レーダ、レーダ・ビーコン付レーダ、MRITデジタルおよびMRITアナログの援助による5回の航海を行なった。MRITのときはレーダも利用可能であった。

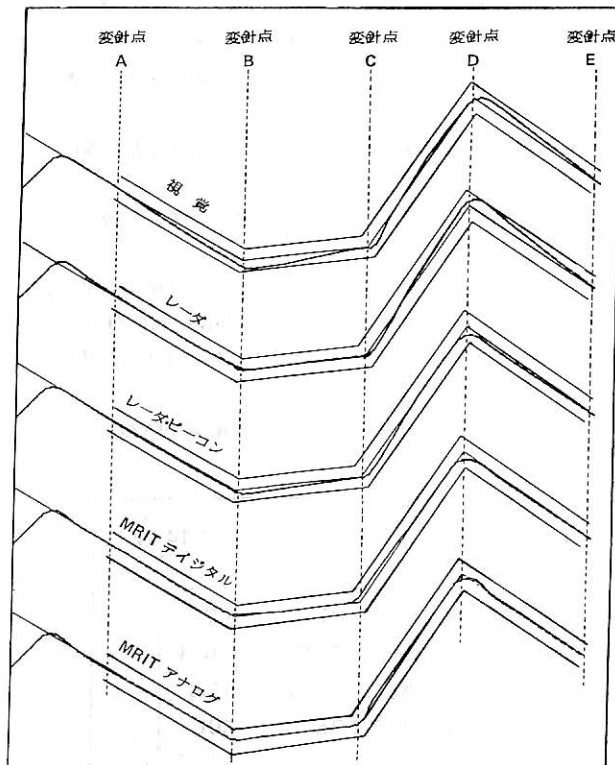
すべての情報を記入した航海図が用意され、変針点A, B, C, D, Eは緯度と経度で精しく指定をされており図に示した開始点から航海がはじめられ、E点を通りすぎることによって、シミュレーションは終了をする。315°の方向から 0.5 ± 0.25 knの海流と、225°方向からの風があることがシミュレーションでは条件として追加され、狭水路を通過中、行合い船がないことが予め示されている。提案されている速度は12knで、被験者には船の操縦性能が、各舵角に対する旋回半径、速力対機関のRPMなどで与えられており、それらを使って、航路が曲っている点の前のどの辺りから変針を開始すべきかを決定する必要があった。

視覚モードでは、図に示した8か所の燈台を使い、全水路にわたり、クロスベアリングを求めることが可能であった。与えられた海図には、これらの燈台、指定航路線などが完全に示されていた。レーダ・モードでは視界が制限されているので、船位は特長のある地形への距離と方位により求められた。レーダ・ビーコン・モードでは8か所の燈台のうちの6か所の燈台にレーダ・ビーコ

ンのトランスポンダが置かれたとして、PPI上に燈台から水路方向への特長ある線であるが、必ずしも放射状方向となっていない線として表示され、その線の外周端で燈台の位置を示し、レーダの機能を使ってその方位と距離を求めた。

MRITデジタル・モードでは第5・183図に示す表示器のほか、6台のMRITトランスポンダが各燈台に置かれているとして、レーダのPPI上にビーコン・モードと同じ表示が出て、それを利用できた。MRITアナログ・モードは、第5・184図に示す表示器がシミュレータの船橋にITV(工業用TV)を用いて送られるとともに、PPI上でのトランスポンダの応答もデジタル同様に利用できた。

各被験者は5種類の航法モードでの航行を1回ずつ、被験者ごとにランダムな順序で実験“航海”を行なった。第5・186図に代表的な航跡を示すが、予想されたとおりMRITに比して他の航法モードは指定航路からの偏位は大きく、とくに変針点でその差が大きくでていることがわかる。第5・49表は各航法モードに対するこれらのデータ解析のまとめである。航路からのRMSの偏差の計算値はMRITと他の航法モードとに大きな差があるこ



第5・186図 MRIT狭水路航行の代表的航跡

第5・49表 航路からの外れの平均値

項目	視覚	レーダ	レーダ・ビーコン	MRIT デジタル	MRIT アナログ
航路からの外れ(ft)	552	473	537	114	103
航路からの外れの標準偏差(ft)	476	446	429	108	97
航路との交叉回数	4.6	3.3	3.8	10.7	7.3

とを示している。標準偏差は航路からの偏位の距離のパラッキを示しており、例えばMRITデジタルの場合のデータ点の68%は偏差が108ft以内であったのに対して、レーダのそれは466ftであることを示している。航路とのゼロ交叉の頻度はMRITによるモードの方がより大きな値を示しているのは、これらの航法モードがより航路に接して航行していたことを示唆している。

MRITの両モードでは実質的に所要の航路の保持に必要なデータを自動的に連続して得られるのに対して、他のモードでは、航路の保持に必要な判断データを得るのに航海者に何等かの作業を要求する。その結果、前者はより多くの操舵を小変角で行なうと考えられるのに対し、後者は少ない頻度の操舵をより大きな変角で行なうと予想をされた、第5・50表がその解析結果である。この表の下欄は航海者の作業負荷を比較する目安としてピッチが変化する背景音のピッチ変化を被験者が如何に認識したかの頻度を示したものである。

シミュレーション終了後の検討会において各被験者に最も正確に操舵できるような航法モードはどれかという問と、最も使いやすい装置はどれかとの問をしたところ、前者の正確さという点ではMRITデジタルが7人、同アナログが2人、両方ともというのが1人、使い易さでは、アナログ7人、デジタル1人、両方2人という結果が得られている。

以上が論文として現われたMRITの開発の状況であるが、最近は余りこの装置に関する発表がないので、その後の動向を知ることはできない。

5・4・8 救難用トランスポンダ

すでにCCIRの報告のところで触れたように、わが国においては、船舶の遭難時に個人または救命いかだなどが水中にあるとき、レーダでのその捜索を容易にするために使用されるトランスポンダが、ここ10年余りにわたって開発が続けられ、すでに述べたように国際的な働きかけも行なわれている。

この開発の発端は東京商船大学の飯島幸人教授の発案になる救命用ガンダイオード発振器であり、一連の試作

第5・50表 操船者の動作の平均値

項目	視覚	レーダ	レーダ・ビーコン	MRIT デジタル	MRIT アナログ
針路変更の回数	22.7	22.4	21.3	35.0	28.0
針路変更の平均角度	3.6°	2.8°	2.8°	2.1°	1.9°
作業負荷応答の回数	51.3	53.2	47.0	57.3	58.1

と室内および野外実験が行なわれた。その後、この構想は昭和44年に(財)日本船用機器開発協会の事業としてとりあげられ、東京大学の柳井久義教授(当時)、飯島教授らの指導(筆者も参画)のもとに日本救命器具㈱が中心となり、いくつかの電子機器メーカーや電池メーカーが加わっているいろいろな開発と実用実験とが繰返された。この開発研究ではまたコーナリフレクタの研究もとりあげられたが、その主体はガンダイオード発振器を使って、さきに5・4・3節で述べたレーマーク・ビーコンの原理を使った個人に対する救命用発振器を作ることであって、その開発の焦点は発振器自体と海水電池とであった。海難時あるいは誤って船から海上に落ちた人間を捜索するには大きな困難が伴うことは容易に想像できるところであるが、そのときの捜索目標をレーダ表示上に何等かの形で強化表示しようというのが、この発振器(またはリフレクタ)の役割である。

個人用にこのような器具、とくに発振器を使用する場合の実行上の困難さは、経済的にはその価格であり、技術的には電源をどうするかという点と、アンテナの海面上の高さがとれないという点にあると思われた。当初試作をされたレーマーク式の発振器では常時レーダ周波数帯内の信号を掃引しつつ送信をしなければならないので、電源の電力消費も大きくなるという問題があったため、その後、電子回路の小型化技術の進歩もあって、開発の途中より周波数掃引型のレーダ・ビーコンと同様な原理にもとづくトランスポンダ方式が開発されるようになり、その使用も膨脹型救命いかだ用が主として考えられるようになってきた。そこで、ここではこの新しい開発の動向について主に述べるが、それに先立ってガンダイオードについて簡単に述べておくことにする。

マイクロ波を発振する半導体素子にはいくつかの種類があるが、ここで使用されているガンダイオードは1963年にアメリカのガン博士によって発見されたガン効果(Gunn effect)を利用したものである。このガン効果というのは比較的純度の高いN型のガリウムヒ(砒)素(GaAs)の結晶体を使用して、その両端に電極をつけ、それに数千V/cmの電圧をかけたときに発生する現象である。N型

の半導体とは、半導体の中に5個の価電子をもった不純物を混入することによって遊離した電子を作り出して、それによってその中に電気伝導度を作り出させている半導体である。さて、GaAsの結晶のエネルギー構造を見ると、2つの伝導帯をもっており、その低い方のエネルギーレベルの場合にはその電流値が加えられている電圧に比例をした、いわゆるオームの法則に従った電流が流れる。これに対して加えられている電圧が3000V/cmをこえると、電子は高い方のエネルギーレベルに移り、結晶内の電子の移動速度が遅くなる。従って、GaAs結晶の両端の電極の電圧を上げて行くと、はじめはオームの法則に従って、電流は増加しているが、電圧がある点(ほぼ3000V/cm)をこえると電流の増加が止まって、逆に減少するという、負の抵抗を示すようになる。この現象はつぎのように説明されている。電子の移動速度が遅くなると結晶の中では、マイナスの電極の付近に電子のかたまりができて、それがゆっくりと正の電極の方へ移って行き、そこに達すると陽極に一時的に大きな電流が流れ、そこで再び、陰極付近に電子のかたまりができて、この現象が繰返されるというのである。

このことは、結晶体の電極に直流を加えることによって断続する電流の流れを作り出すことになり、その周期は結晶体の厚さによってきまることになる。遅い方の電子の移動速度は約 10^7 cm/sであるので9.4GHz付近の電波を作るためには厚さが10.6ミクロンであればよいことになる。こうして、ガンダイオードは単に直流電圧を加えることによって、その寸法に応じたマイクロ波の作れる半導体が得られることになる。ガンダイオードは普通は空洞共振器などのマイクロ波回路に一部とりつけて使用され、その際と同調回路の共振周波数によっても、また、印加される直流電圧によってもそのマイクロ波の発振周波数は前述の値からある程度変化させることができる。

つぎに海水電池であるが、これは電解液に塩水を使用する電池という意味であって、古くよりいろいろな電池が提案され、作られており、それらでは正極には、塩化銀、二酸化鉛、過硫酸塩などが、また、負極にはマグネシウム、亜鉛、鉛などが使用され、その用途は救命用や魚つりなどに使う燈火用が主であった。

このような海水電池が使用されるのは、一般の一次電池あるいは二次電池を救命器具などに使用すると、一次電池の場合は自然放電をするので、少なくとも年に一度は交換しなければならず、二次電池では例え使用しなくても、一定期間ごとに充電を必要とする。これらの作業は救命具用として実際にはなかなか実行困難な問題であ

る。これに対して、海水電池の多くは乾いたままでは電池としての作用はしないので、自然放電はなく、もちろん定期的な交換は必要であっても、その保存寿命は長期中に水が入っていなければ海水に投入後ある程度の動作は可能といった特長があり、また、海水電池を海水に投入することによって、発振器が作動するというスイッチの役目を果たすることができ、発振器の自動動作のかなめとしての役ももっている。

発振器開発のプロジェクトでは、日本の多くの電池メーカーがそれぞれの特長のある製品を開発しているが、この目的のための開発でとくに注意すべき点はつぎのとおりであった。

- (1) 長期の保存性が要求されること。
- (2) 遭難時の状況をふまえて、簡単な操作で確実に動作すること。
- (3) なるべく安価であること。
- (4) 厳冬の北洋などでも使用できるよう低温特性がよいこと。
- (5) 海水中に水没しても確実に動作すること、なお、海面に浮遊させて、空気を利用する方式の電池も試作されている。
- (6) 人体に悪影響を及ぼしたり、公害源となるような物質は使用せず、また爆発などの事故の絶無であること。

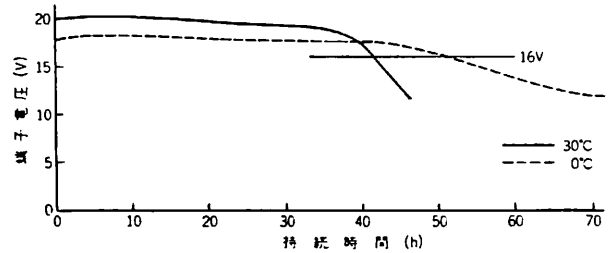
ガンダイオードを使用した発振器では、現在のところ十数Vの電源電圧を必要とする。電子回路でこの電圧に昇圧をすることも考えられるが、機器の価格や信頼性の面では好ましくない。これに対して、海水電池は電解液が海水であり、水中に電池を投入することによって、海水を電池内に導入するのが普通である。いま、十数Vの電池を作る場合には素電池の起電力によるが何個かの、おそらく数個から10個以上の、素電池を直列に接続する必要がある。ところが、ここでは電解液がそれぞれ各素電池に対して共通であるため、素電池間が海水の導入孔などを通して短絡をするという問題がある。このため、各電池では海水導入孔を通る海水中の電気抵抗を大きくすることを予じめ考えておく必要があり、例えば、電極で発生する気泡によって、海水導入孔の一部で海水の回路をしゃ断するなどの方策を考える必要がある。

海水電池の性能としては古くより塩化銀電池が良いとされているが、材料に銀を使うために電池として高価であるという大きな欠点がある。海水電池に関する文献がほとんどないので詳しいことは明らかでないが、つぎは文献により報告されている、このプロジェクトで試作されたある種の海水電池の性能である。

第5・51表 海水電池の素電池の比較

特性項目	種類	AgCl//Mg	CuCl//Mg	K ₂ S ₂ O ₈ //Mg
開路電圧 (V)		1.6	1.3	2.4
閉路電圧 (5mA/cm ²) (V)		1.5	1.2	1.9
理論容量 (正活性物質) (mAh/g)		187	271	198
エネルギー密度 (Wh/g)		0.112	—	0.122
“ (Wh/cc)		0.150	—	0.115

第5・51表は塩化銀電池(正極-塩化銀(AgCl), 負極-マグネシウム(Mg)), 塩化銅電池(正極-塩化銅(CuCl) 負極-Mg)および過硫酸カリウム電池(過硫酸カリウム(K₂S₂O₈), 負極-Mg)の素電池の比較表である。そして、試作した過硫酸カリウム電池の特性を第5・187図に示してある。この図は大きさ58mm×60mm×221mm, 重量0.95kgの電池を, トランスポンダ型の発振器での使用を想定して, 常時30mA(受信時の電流)に加えて幅200μs, 電流値800mAの電流を1ms間隔で30回流して, 2秒停止(受信機がレーダ信号を受信して応答する状態を想定)した条件で使用したときの海水温度0℃と30℃



第5・187図 過硫酸カリウム海水電池の持続特性

における電池の持続時間特性である。

統計資料

統計資料

世界主要造船国手持工事量
1981年第2四半期末(6月30日)

ロイド船級協会(1981年8月26日)

主要建造国	建造中				未着手			総手持工事量		
	隻数	総トン数	シェア%	対前四半期末増減GT	隻数	総トン数	対前四半期末増減GT	隻数	総トン数	昨年同期比増減GT
日本	317	5,645,349	34.97	+776,961	384	9,034,440	+601,581	704	14,679,789	+2,651,071
韓国	38	698,791	4.33	+18,512	69	2,013,830	+193,395	107	2,712,621	+545,164
スペイン	152	925,234	5.33	-34,537	110	1,599,739	+420,154	262	2,524,973	+608,467
ブラジル	65	880,941	5.46	-20,425	63	733,991	-148,880	128	1,614,932	-642,820
中国	15	401,900	2.49	+124,645	56	1,199,343	-45,445	71	1,601,243	+734,754
ポーランド	72	747,196	4.63	+59,723	43	793,888	-71,360	115	1,541,084	-136,490
米国	113	586,521	3.63	-94,546	171	835,924	-183,119	284	1,422,445	-94,341
西ドイツ	57	461,924	2.86	-120,468	63	586,785	+186,521	120	1,048,709	+221,000
フランス	44	696,538	4.31	-18,770	28	294,635	+13,655	72	991,173	+15,786
ユーゴスラビア	30	462,336	2.86	+111,094	24	501,323	-63,360	54	963,659	-34,302
デンマーク	26	145,795	0.90	-79,624	66	759,430	+118,415	92	905,225	+320,876
英国	53	652,187	4.04	-59,272	25	237,508	+101,429	78	889,695	-50,368
スウェーデン	30	406,059	2.52	-34,950	15	365,298	+4,199	45	771,357	-182,290
イタリア	84	442,624	2.74	+15,578	16	153,820	-35,750	100	596,444	+173,400
ベルギー	13	384,924	2.38	-28,175	8	210,960	+22,400	21	595,884	+9,002
世界計	1,823	16,142,938	100.0	+705,402	1,468	21,356,840	+1,590,536	3,291	37,499,778	+4,996,277

昭和56年度 (56年 8月分) 新造船許可集計

運輸省船舶局造船課

区 分		4月～8月分累計				8月 分			
		隻数	G. T.	D. W.	契約船価	隻数	G. T.	D. W.	契約船価
国内船	貨物船	31	629,839	1,023,155		7	132,940	187,500	
	油槽船	17	440,700	457,958		3	52,800	79,658	
	貨客船	—	—	—		—	—	—	
	小計	48	1,070,539	1,481,113	207,918,830千円	10	185,740	267,158	34,033,330千円
輸出船	貨物船	124	2,767,520	4,805,490		12	219,500	335,871	
	油槽船	22	574,740	949,020		4	70,080	111,730	
	貨客船	—	—	—		—	—	—	
	小計	146	3,342,260	5,754,510	703,376,730千円	16	289,580	447,601	74,014,000千円
合 計		194	4,412,799	7,235,623	911,295,560千円	26	475,320	714,759	108,047,330千円

■ 編 集 後 記 ■

□最近の電子技術の発展は目覚ましい。私達が子供の頃、鉱石ラジオとイヤホンで初めてNHKの放送を聞いてびっくりしてから50年余り経つが、その後真空管が開発され、テレビに驚かされ、更にはトランジスタ、ダイオード、ICと発展し、今やコンピューターの時代である。マイクロコンピューターは医学、工学を始め各方面にとり入れられ従来不可能だった作業を可能としている。

□ロボットの使用については、日本は世界一であるとのこと。漫画「アトム」の実現も夢だけではなくるのかも知れない。

□それに比べて、人間の日常の物の考え方は、行政を含めて随分進歩が遅れているように思える。毎日の新聞記事をもて、一面記事から三面記事に至るまで、数十年、百数年間進歩と退化が相殺して、殆ど同一レベルで推移して来たのではないかと疑われる。

□行政改革が叫ばれること幾度び、そのたびにうやむやとなる。現在も行革第一次臨調答申をめぐる法改正論議が盛んである。赤字国債を乱発した時、この後始末はど

うするつもりだろうかと心配したものだが、今回の措置も赤字国債の後始末を財政再建の名の下に誰に押しつけるかの論議に終りそうだ。第二次答申からはもっと前向きな改革措置を取り上げて貰いたいものである。

□それは兎も角、エレクトロニクスを含む科学技術の進歩は、今後我々零細出版業にどう影響してくるだろうか。今の所は、リコピー機器の発達につれ、技術資料の提供を旨としている本誌の場合は、各人が本誌を備えておくよりその必要とする箇所をリコピーしてファイルした方が参考データとして利用するのに便利のためか、販売部数漸減というマイナス要素として作用している。

□また、印刷面においては、活版にしても、オフセット印刷にしても次第にコンピュータ利用の機械化し、大量のものは速く安く出来るようになるようだが少量のものはかえって高くつくようになりつつある。高価な機械装置を使えない零細印刷所は益々零細化する運命に、小出版社は値段の高い特殊な本しか発行できなくなってしまうのではないかと危惧している次第である。

☆予約購読案内 書店での入手が困難な場合がありますので、本誌確保ご希望の方は直接協会宛お申込み下さい。バックナンバーも備えてあります。

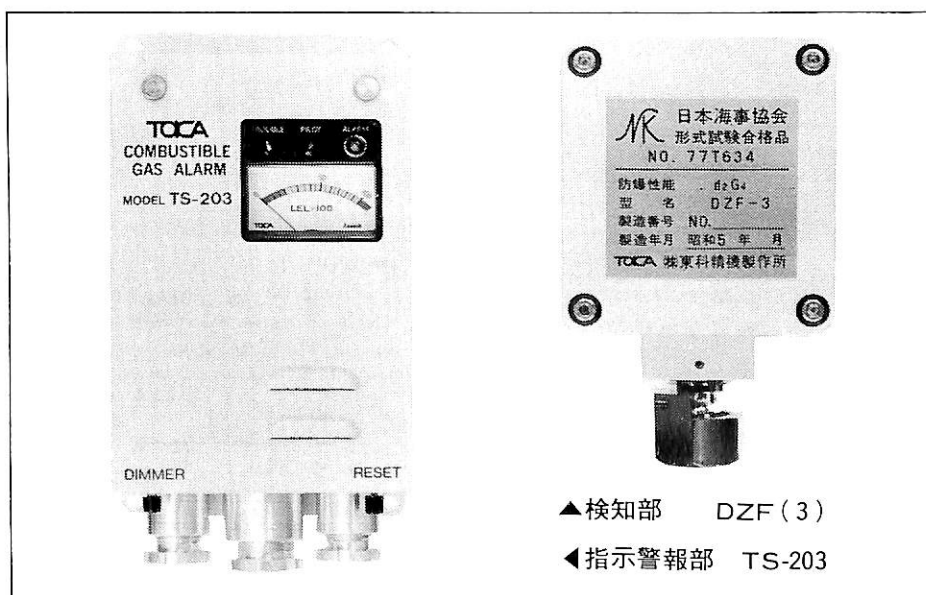
予約金	{ 6カ月分 5,700円	(送料共)
	{ 1カ年分 10,200円	

運輸省船舶局監修
造船海運総合技術雑誌
禁転載 第34巻 第10号 (No. 396)
発行所 株式会社 船舶技術協会
〒104 東京都中央区新川1の23の17 (マリビル)
振替口座 東京 3-70438 電話 03 (552) 8798

昭和56年10月5日印刷 { 昭和23年12月3日 }
昭和56年10月10日発行 { 第3種郵便物認可 }
定価 960円 (〒55円)
発行人 船 橋 敬 三
編集委員長 田 宮 真
印刷所 大洋印刷産業株式会社

船舶用可燃性ガス警報器 TS-203型

労働省産業安全技術協会検定合格
日本海事協会形式試験合格
水産電子協会型式試験合格



- 防滴構造
- 超小形設計 表面パネルからスイッチ類を除去し無駄な凸起を極力抑えました。
- 低消費電力 スイッチングレギュレータ採用によりMax 7Wの省エネルギー設計です。
- デイマースイッチ付き パイロトランプの光量を状況に応じて切り換えることができます。
- 保守・点検が容易 定電流回路によりケーブル長の影響を受けずセンサー電流を一定に保ちますので、設置時及びセンサー交換時の電流調整が不要です。また主要部品が一枚のプリント基板上に集約されていますので、万一の故障にも調整済基板との差し替えでOKです。

☆カタログのご請求は下記に御連絡ください。

TOICA 株式会社 **東科精機製作所**

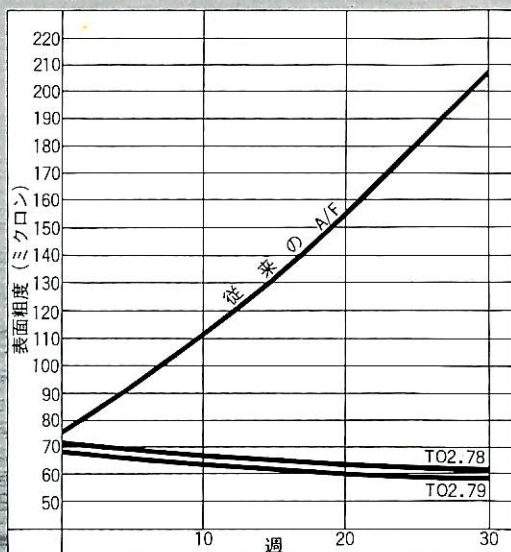
〒211 川崎市中原区新丸子町756 ☎044(733)3381(代表)

昭和五十六年十月五日印刷
 昭和五十六年十月十日発行
 昭和二十三年十二月三日第三種郵便物認可

省エネ時代の セルフポリッシング型 長期防汚塗料

TRANSOCEAN

DRP A/F



塗料別表面粗度の変化
 トランスオーシャン DRP A/Fの表面粗度低下の傾向

特長

- 摩擦抵抗の減少
- 省燃費効率が高い

船の科学

定価 九六〇円

東京都中央区新川一丁目三十一番七(マリンビル)
 (株) 船 舶 技 術 協 会
 電話 東京 (52) 八七九八番

東亜ペイント株式会社

本店 〒530 大阪市北区堂島浜 2丁目1-29(古河ビル)

TEL06-844-1371(代)

東京支店 〒103 東京都中央区日本橋室町2丁目8(古河ビル)

TEL03-279-6441(代)