

# 船の科学 1985 10

VOL.38 NO. 10



 **日立造船株式会社**

くみあい船舶向け 77,500 m<sup>3</sup>型 LPG 運搬船

“ほうらい丸”

載貨重量 51,230t

主機ディーゼル 19,400PS

速力試運転最大 17.7kn

満載航海 16.1kn

日立造船・広島工場因島建造

# 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
- 150,000 d w t 1基
- 28,000 d w t 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

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
- 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使毎日運航。



入渠中のカベラケミカル殿ケミカルタンカー

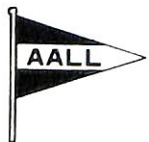
会社別主要御得意先(順不同)

大 洋 商 船	北 真 船 舶	東 京 マ リ ン
三 光 汽 船	英 雄 海 運	安 保 商 店
日 正 汽 船	萬 野 汽 船	日 魯 漁 業
上 村 海 運 商 会	東 興 海 運	雄 洋 海 運
関 汽 外 航	大 日 マ リ ン	シンコー・マリタイム
近 海 タ ン カ ー	乾 汽 船	永 井 海 運
鹿 島 汽 船	山 下 新 日 本 汽 船	大 洋 海 運
大 阪 商 船 三 井 船 舶	関 兵 海 運	神 運 汽 船
中 野 海 運	住 友 商 事	八 幡 汽 船
ファーイースト・ SHIPPING	ジャ パ ン ・ ラ イ ン	パ ル シ ッ ピ ン グ
クリムソン・ライン	矢 野 海 運	



**CURACAO DRYDOCK COMPANY INC.**

Curacao 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”

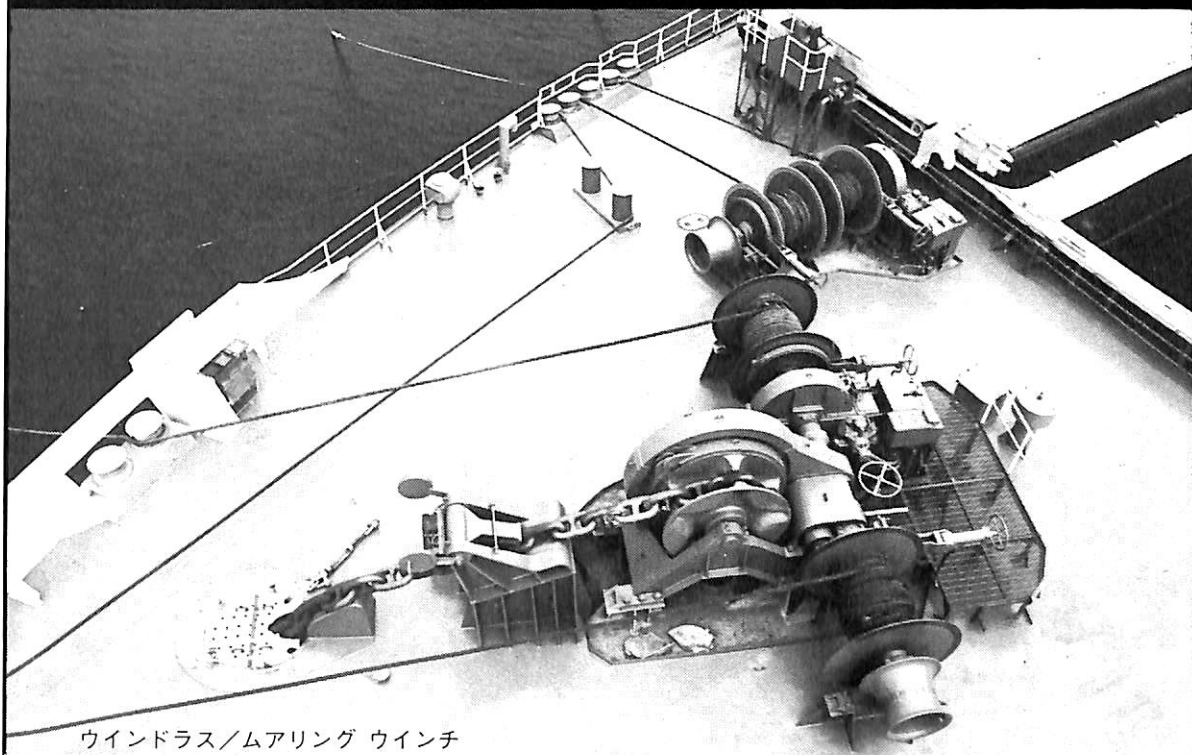
〒650 神戸市中央区東町113-1(大神ビル) 電話(078)(391)7801(代)  
テレックス5622-401“AALL KB J”



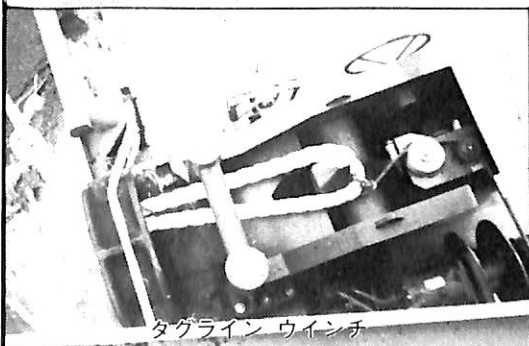
# DECK MACHINERY and MOORING SYSTEM

日本プスネスの甲板機械

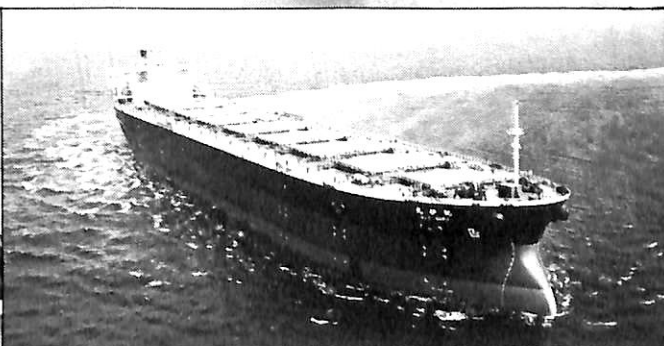
電動油圧式／電動式／蒸気式



ウインドラス／ムアリング ウインチ



タグライン ウインチ



## NIPPON PUSNES CO.,LTD.

1-3-6 KAYABACHO-NIHONBASHI CHUO-KU TOKYO JAPAN TEL(03) 669-0471

主機の大幅な回転変動にも追従できる!!

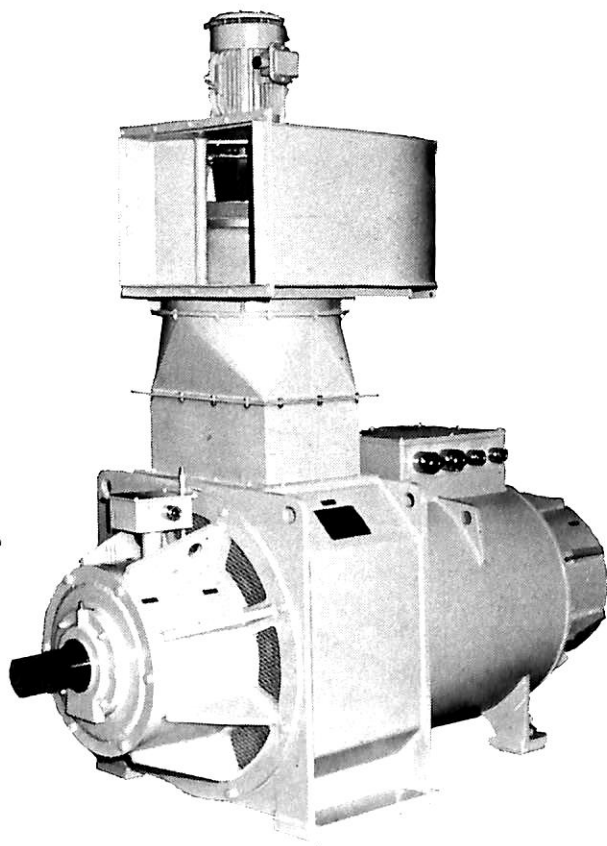
# 三信定速発電装置

—CG形《主機駆動三相交流発電機》—

■7.5KVA~250KVAまで各種豊富

運輸省設計承認・予備検査受検品

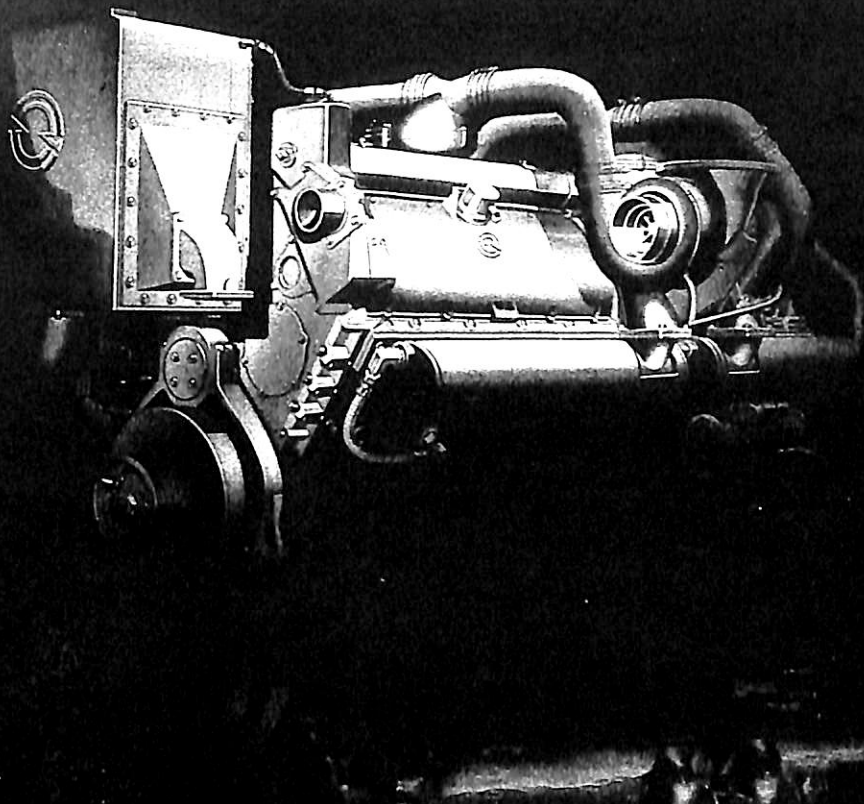
- 主機の大幅な回転変動や負荷変動にも常に一定の電圧と周波数が得られます。
- 電気特性が優れており、また動力負荷の始動にも優れた特性を発揮します。
- 他の発電機への負荷移行の瞬時並行運転はもとより、並行運転用の調整器使用により常時並行運転も可能です。
- 無線障害防止用対策は万全です。
- 主機特性に合わせた効率のよい使用方法により省エネ効果がより発揮されます。
- ブラシレス構造ですから保守が容易でしかもベアリング寿命対策も考慮してあります。
- 小形、軽量で設置しやすく、取付けスペースも節減できます。
- 各種絶縁対策も万全で、過酷な条件下でも長期の使用に耐えられます。
- 冷却は空冷方式であり、水冷方式などに比べ安全で設備も低減できます。



三信船舶電具株式会社  
日本工業規格表示許可工場  
三信電具製造株式会社

■本社 / 東京都千代田区内神田1-16-8  
☎電話 (03)295-1831 (大代)

■営業所  
●福岡(092)771-1237代 ●室蘭(0143)22-1618代  
●函館(0138)43-1411代 ●高松(0878)21-4969代  
●石巻(0225)93-2115代 ●大阪(06)261-6613代



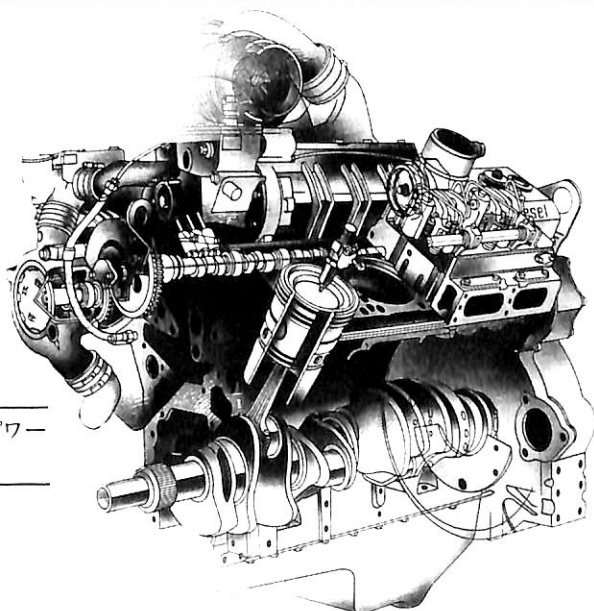
# DETROIT DIESEL TECHNOLOGY

## 先進 高性能

先端の思想と技術で築いた

新たなディーゼル  
テクノロジーコンセプト

コンパクトなボディに秘めた強力パワー  
ハイクオリティー・ハイパフォーマンス



## THE SILVER ENGINES

GMからのコミットメント

Dependability

Fuel Economy

Serviceability

東京都中央区日本橋小舟町4-1

電話(03)662-1855(代表)



ゼネラルモーターズコーポレーション  
富永物産株式会社



大阪市北区西天満2-6-8

電話(06)361-3836(代表)

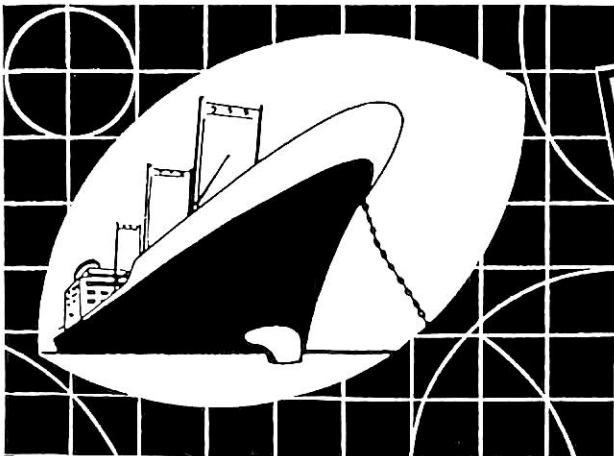
# 中川の総合防蝕エンジニアリングを！

- |                |              |                  |              |
|----------------|--------------|------------------|--------------|
| <b>ALAP®</b>   | (アルミニウム陽極)   | <b>NACC</b>      | (自動制御外部電源方式) |
| <b>ZAP®</b>    | (亜鉛陽極)       | <b>CHLOROPAC</b> | (海水電解式防汚装置)  |
| <b>MAGNAP®</b> | (マグネシウム陽極)   | <b>ジンキー # 10</b> | (無機質高濃度亜鉛塗料) |
| <b>PT電極</b>    | (不溶性白金チタン電極) | <b>NAFES</b>     | (電解鉄イオン供給装置) |



## 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)3171



### 船舶の設計

- 各種船舶基本計画
- 各部工作図
- 高速艇
- 油回収船
- 修繕船修理工事
- 配管工事
- その他鉄構工事

### 海上運送業務

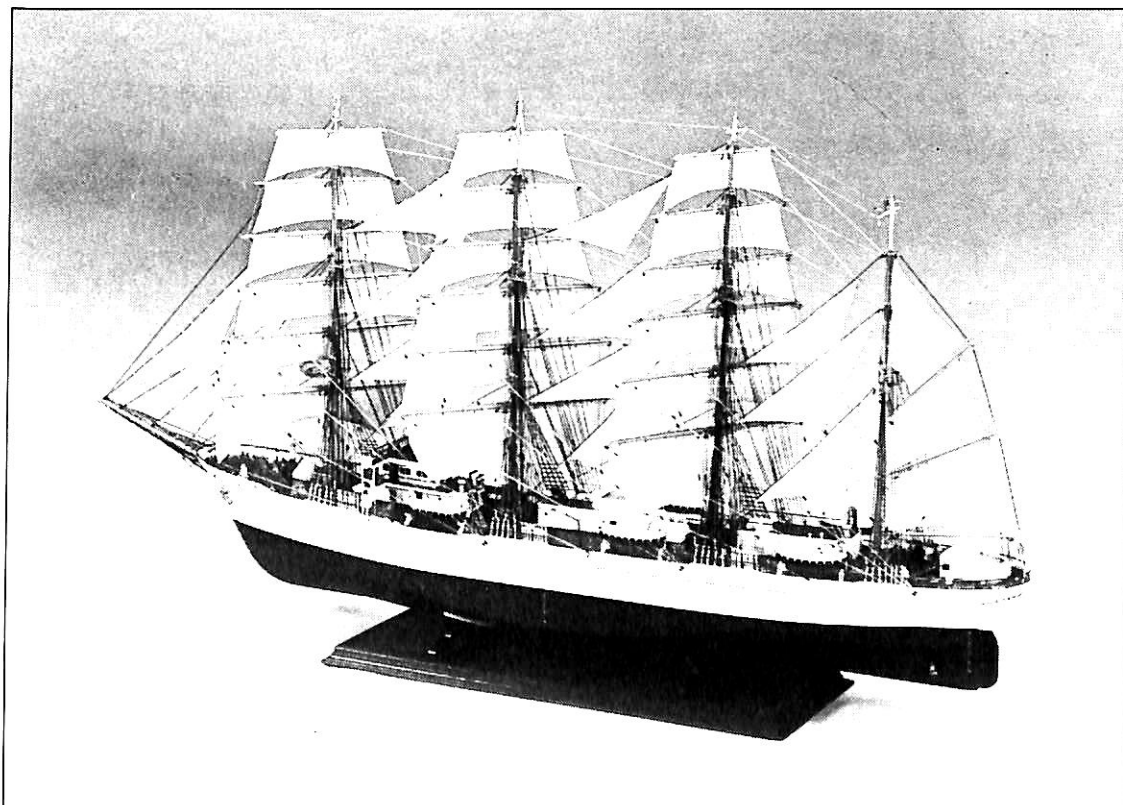
- 船舶回航業
- 船舶運航業
- 船舶仲立業
- 海水こし器



## 株式会社 共栄船舶興業

本社 東京都江東区潮見 2丁目1番6号  
 〒135 TEL 03(699) 9461 (代表)  
 FAX 03(699) 9297

進水記念贈呈用に  
不二の船舶美術模型を



練習帆船 “日本丸” 縮尺1/75 模型

船主：運輸省航海訓練所

発注先：住友重機械工業(株)

株式会社 不二美術模型

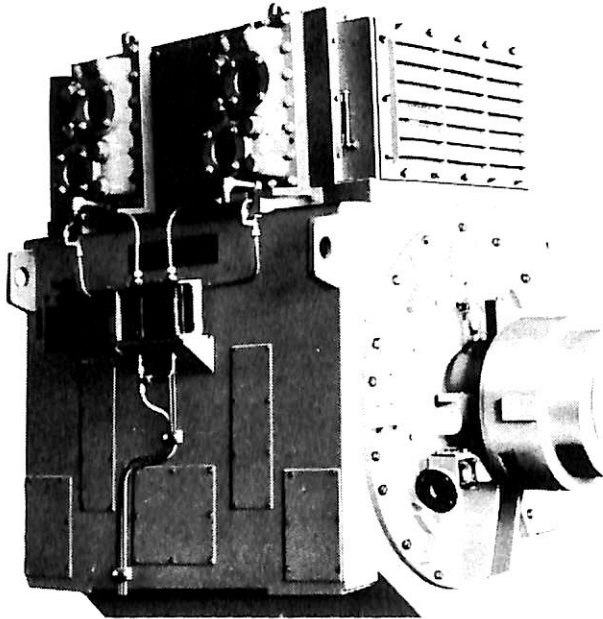
代表取締役社長 桜庭武二

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



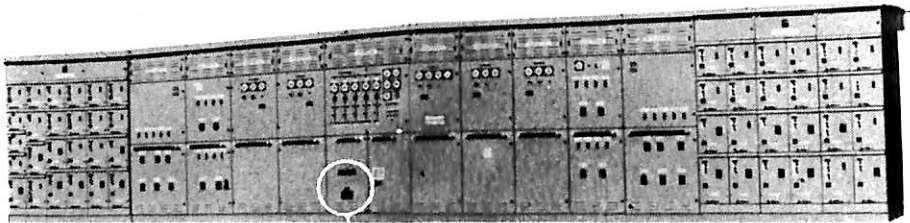
# 大洋の船舶用電気機器



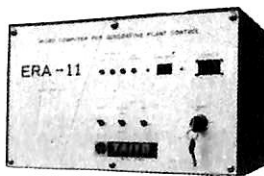
排ガス利用2極タービン発電機

## 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
- 送風機



配電盤



発電装置制御用マイクロコンピュータ

 **大洋電機** 株式会社

本 社 東京都千代田区神田錦町2-4東洋ビル  
電話 03-293-3061 (大代表)  
工 場 岐阜・岐阜羽島・伊勢崎・群馬  
営業所 下関・三原・大阪・札幌  
海 外 Jakarta・Pusan・AbuDhabi  
Dubai・Baghdad・Riyadh



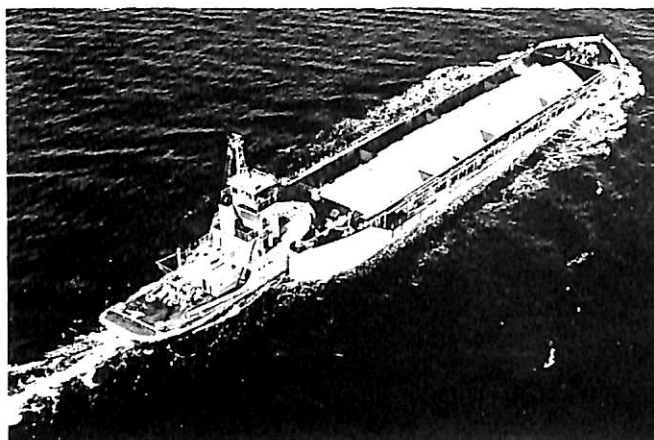
## 目次

- 9 新造船写真集 (No. 444)
- 20 日本商船隊の懐古 No. 75 (だかあ丸, 菊川丸) .....山 田 早 苗
- 22 商船の映像 (26) 「船と橋」 モントリオールの橋と船「エンプレス・オブ  
・フランス」、ベラザノ・ナローズの橋と船「ユナイテッド・ステーツ」 .....野 間 恒
- 
- 25 9月のニュース解説 .....米 田 博
- 28 77,500 m<sup>3</sup>型低温式LPG船“ほうらい丸” .....日 立 造 船
- 34 北前船“辰悦丸”の設計と建造について .....寺 岡 造 船
- 37 有害液体物質を運送する自航船に対する安全規則<その5> .....編 集 部
- 39 造船業のCIMSについて .....藤 田 譲
- 44 船舶における防蝕技術の芽生え .....濱 田 外治郎
- 
- 昭和60年度日本造船学会授賞論文要約
- 50 船舶の初期設計における耐航性能の総合的評価に関する研究 .....田 口 賢 士
- 52 あいまい制御による航路交差部の通過時刻・速度調整 .....小 山 健 夫
- 54 構造的応力集中部における脆性破壊発生特性について .....梶 本 勝 也
- 56 潜水船用高靱性高張力鋼の溶接割れ防止について .....今 井 保 穂
- 
- 船舶塗料について
- 59 第1章 船舶の塗装と鋼材表面処理<その2> .....中 国 塗 料
- 64 ●造船技術変遷史シリーズ
- 船型試験をめぐって<その20> .....横 尾 幸 一
- 70 ●シリーズ・日本の艦艇の電気艦装・電気機器<その13>
- 第1章 艦艇の電気艦装・電気機器 .....山崎信次・伊藤武夫
- 
- 73 造船工学覚え書<21> .....川 上 益 男
- 76 冷凍運搬船<26> .....角張昭介・椎原裕美
- 81 続・液化ガスタンカー<16> .....恵 美 洋 彦
- 
- 86 IMO コーナー<第46回>
- 第29回無線通信小委員会及び第31回航行安全小委員会の報告・運輸省海上技術安全局

- 技術短信 半潜水型石油掘削装置を開発 .....住友重機械工業  
早期石油生産設備用SRMシステムを新開発 .....日立造船
- ニュース 明石市立天文科学館へ「カラーレーダ」を寄贈 .....古野電気
- お知らせ 船舶技術研究所昭和60年度秋季(第46回)研究発表会を開催 .....運輸省  
東京・船の科学館にて特別展「豪華客船」を開催 .....日本海事科学振興財団

# “押船—舢艀船団に”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!

タイセイ・エンジニアリング株式会社

東京都中央区東日本橋3の4の14  
小沢ビル 電話03(667)6633  
テレックス 2655164 TAIENG J

## 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)



40次自動車運搬船 大 隆 丸 山下新日本汽船株式会社・日正汽船株式会社  
DAIRYU MARU

住友重機械工業株式会社追浜造船所浦賀工場建造(第1126番船) 型幅 起工 59-9-20 進水 60-1-21 竣工 60-4-23  
 全長 158.7m 重線間長 148.00m 載貨重量 27,60m 出力(連続最大) 8,740PS (115rpm)  
 総噸数 13,036T 純噸数 8,050T 主機関 住友-Sulzer 6RTA58型(デ)機関×1 出力(連続最大) 8,740PS (115rpm)  
 燃料油槽 1,500<sup>m</sup> 3 翼1軸 受(主)2(補)1 油焚/排ガス 1.2t/h×7kg/cm<sup>2</sup>×1 発電機 (デ) AC450V×470kW×3  
 アロペラ 5 送(主)1.2kW×1(補)130W×1 コンポジット型 船舶電話 海事衛星装置 VHF 航海計器 デッカ ロラン  
 無線装置 衝突予防装置 レーダー 速度(試運転最大) 19kn 乗組員 25名 航続距離 21,600浬  
 NNS 船級・区域資格 NK 遠洋 船型 多層甲板型



LPG運搬船 ほうらい丸 くみあい船舶株式会社

日立造船株式会社広島工場因島建造(第4752番船)	起工 59-2-9	進水 59-6-1	竣工 60-7-2
全長 219.74m	垂線間長 210.00m	型幅 38.40m	型深 21.00m
総噸数 47,289T	純噸数 15,957T	載貨重量 51,230t	貨物油槽容積 77,750m <sup>3</sup>
600m <sup>3</sup> /h×100m×8	クレーン 5t×14m×1, 5t×12m×1	主機関 日立-B&W7L80G BE型(デ)機関×1	燃料消費量 51.9t/day
清水槽 460m <sup>3</sup>	主機関 日立-B&W7L80G BE型(デ)機関×1	プロペラ 5翼1軸	出力 (連続最大) 19,400PS(106rpm)
(常用) 16,500PS(100rpm)	発電機 1,250kVA(1,000kW)×AC450V×60Hz×1,500PS×720rpm×3	補汽缶 2	燃料油槽 3,000m <sup>3</sup>
8.5kg/cm <sup>2</sup> ×6,750kg/h×1	無線装置 送(主)1.2kW×1(補)130W×1	受(主),(補)全波各1	航海計器
ラン NNSS 衝突予防装置 レーダー	速度(試運転最大) 17.7kn	(満載航海) 16.1kn	航統距離
19,000浬	船級・区域資格 NK遠洋	船型 平甲板船(Sunken Stern)	乗組員 32名(本文28頁参照)

-10-

撒積貨物船 雄興丸 中央商船株式会社

三井造船株式会社千葉事業所建造(第1305番船)	起工 59-8-27	進水 60-2-26	竣工 60-5-27
全長 182.800m	垂線間長 174.000m	型幅 30.500m	型深 15.750m
総噸数 24,497T	純噸数 13,802T	載貨重量 42,489t	貨物艙容積(ベ) 50,026m <sup>3</sup>
(ク) 51,026m <sup>3</sup>	艙口数 5	クレーン 25t×12m/min×4	燃料油槽 1,898.9m <sup>3</sup>
清水槽 421.8m <sup>3</sup>	主機関 三井-B&W6L60MCE型(デ)機関×1	プロペラ 4翼1軸	出力(連続最大) 8,420PS(102rpm)
(常用) 7,160PS(96.6rpm)	無線装置 送(主)0.5kW×1(補)130W×1	受(主),(補)	燃料消費量 21.6t/day
発電機 西芝-400kW×600PS×720rpm×3	航海計器 デッカ	ラン NNSS	衝突予防装置 レーダー
90kHz~29.99MHz各1	船舶電話 VHF	速度(試運転最大) 15.89kn	(満載航海) 13.4kn
船型 船首楼船尾楼付平甲板型	乗組員 32名	航統距離 25,400浬	船級・区域資格 NK遠洋






## 安全な航海のため、 操舵室の窓はクリアーに。

結露・氷結から視界をまもります。  
変わりやすい海洋気象、飛び散るしぶき、  
吹き付ける氷雪、操舵室の窓は、どうしても  
曇りがちです。

でもヒートライトCの窓なら、いつも快適な視  
界をお約束します。ヒートライトCは、ガラス  
表面に薄い金属膜をコーティングして通電  
発熱させ、曇りだけでなく、氷結を防ぎ、融  
雪もする安全な窓ガラスです。もちろん金  
属膜は透視の妨げにはなりませんし、被膜  
の保護や感電防止も万全です。またガラス  
は万一割れても破片の飛び散らない安全な  
合わせガラスです。

**ヒートライト®C**

 **旭硝子**

〒100 東京都千代田区丸の内2 1 2 (千代田ビル)  
☎(03)218 5397(加工硝子部)



自動車運搬船 **センチュリー リーダー 2** 日本郵船株式会社  
CENTURY LEADER No.2

今治造船株式会社丸亀事業本部建造(第1140番船)	起工 59-8-30	進水 60-2-16	竣工 60-3-30
全長 183.63m 垂線間長 170.00m	型幅 32.20m	型深 19.26m	満載喫水 9.188m
総噸数 45,495T(I. C. T. M), 21,032T	純噸数 14,729T		載貨重量 15,160t
Car搭載数 4,663台	燃料油槽 2,527.05m <sup>3</sup>	燃料消費量 35.6t/day	清水槽 477.32m <sup>3</sup>
主機関 日立-B&W6L70MCE型(デ)機関×1	出力(連続最大)13,600PS(92rpm)(常用)11,560PS(87rpm)	プロペラ 5翼1軸	補汽缶 堅型水管式 7.0kg/cm <sup>2</sup> (油焚)1,700kg/h, (排ガス)1,400kg/h
発電機 1,250kVA(1,000kW)×AC450V×60Hz×3	(原)ダイハツ 1,500PS×720rpm×3	無線装置	送(主)1.2kW×1 (補)125W×1 受(主)全波×1, (補)全波×1
船舶電話 VHF	海事衛星装置	航海計器	航続距離 20,700浬
船級・区域資格 NK遠洋	船型 多層甲板型	乗組員 23名	

- 12 -

冷蔵運搬船 **光風丸** サンリョウ海運株式会社  
KOHFU MARU

福岡造船株式会社建造(第1117番船)	起工 60-1-10	進水 60-3-8	竣工 60-5-30
全長 112.00m 垂線間長 102.00m	型幅 16.20m	型深 9.80m	満載喫水 7.35m
総噸数 4,109T	純噸数 2,105T	載貨重量 4,886.05t	貨物艙容積(ベ)5,108m <sup>3</sup>
艙口数 3	デリック 5t×6	燃料油槽 1,076.71m <sup>3</sup>	燃料消費量 13.2t/day
主機関 神発-三菱6UEC45L型(デ)機関×1	出力(連続最大)4,450PS(135rpm)(常用)3,783PS(128rpm)	補汽缶 堅煙管式 7kg/cm <sup>2</sup> ×1	発電機 西芝 500kW×AC445V×60Hz×2 (原)
プロペラ 4翼1軸	無線装置	送(主)1kW×1 (補)130W×1	受(主),(補)全波各1
船舶電話 VHF	航海計器	速力(試運転最大)18.499kn	(満載航海)15.0kn
航続距離 15,000浬	船級・区域資格 NK遠洋	船型 ウェル甲板型	
乗組員 30名			

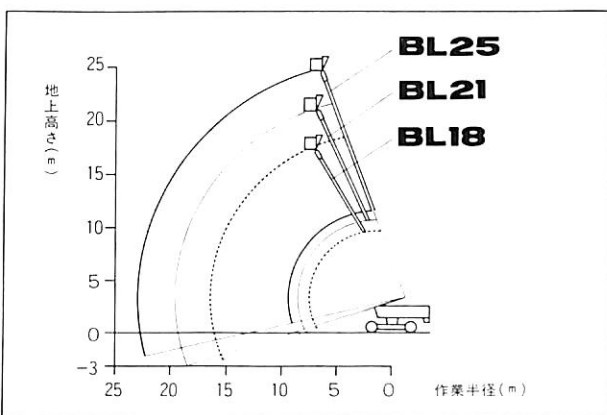


確かな安全、期待に応える作業性

# 三菱高所作業車

# BLシリーズ

技術革新の進むなかで造船・建築・プラント建設工事などの現場で高所作業のニーズはますます多様化しています。三菱高所作業車は、4輪の台車とブーム・バスケットを一体構造にして、バスケット内で走行・ブーム伸縮・旋回・起伏の操作を行ないますから、従来の足場やゴンドラ等を不用とし、バスケット内での安定した作業を確保。あらゆる高所作業を安全確実なものとし、効率の高い作業性と経費の節約に大きく貢献します。



## BL 25

- バスケット地上高 25m
- 積載重量 250kgf

## BL 21

- バスケット地上高 21m
- 積載重量 200kgf

## BL 18

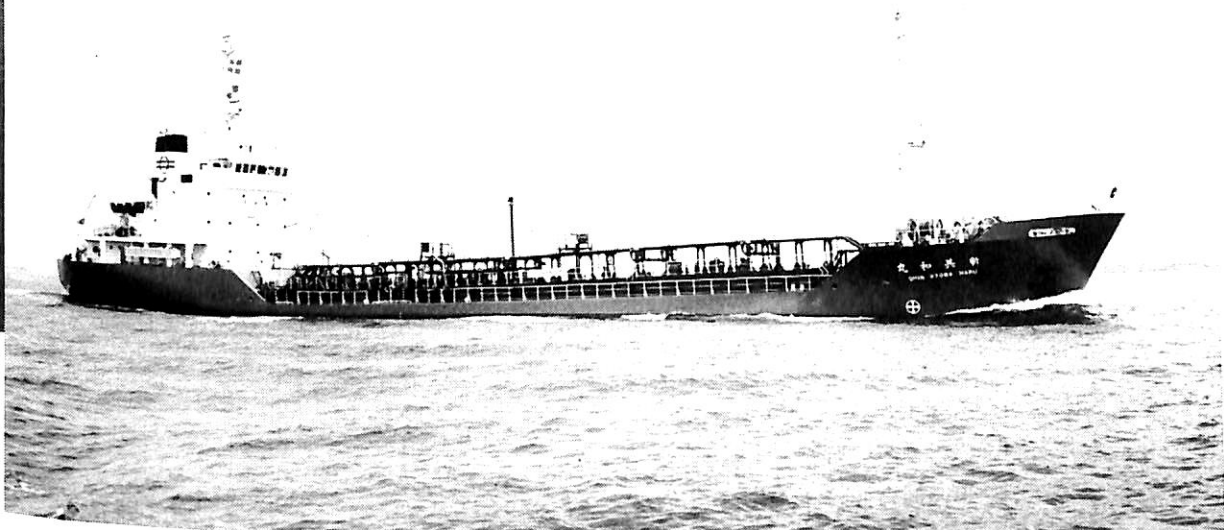
- バスケット地上高 18m
- 積載重量 250kgf

# 作業のスケールも 稼ぎもグーンと伸びる

- 自走式
- 90°左右首振り
- ブーム全伸長走行
- アウトリガなし

 三菱重工業株式会社

建機事業部一般建機部 〒674 明石市魚住町清水1106-4 TEL.078-943-2115



クリーンタンカー **新 共 和 丸** 共和産業海運株式会社  
SHINKYOWA MARU

内海造船株式会社瀬戸田工場建造(第504番船)	起工 60-3-8	進水 60-4-5	竣工 60-6-24
全長 102.02m	垂線間長 95.00m	型幅 15.20m	型深 7.50m
総噸数 2,845T	載貨重量 4,999t	貨物油槽容積 5,348.780m <sup>3</sup>	主荷油ポンプ 1,200m <sup>3</sup> /h × 70m × 2
タンク数 8	燃料油槽 297.09m <sup>3</sup>	燃料消費量 8.3t/day	清水槽 91.76m <sup>3</sup>
赤坂-A-41 FD型(テ)機関×1	出力(連続最大) 3,000PS (230/135rpm)	(常用) 2,550PS (218/128rpm)	主機関
プロペラ 4翼1軸 CPP	補汽缶 トータス排ガス併用式堅型 6kg/cm <sup>2</sup> × 1	発電機 大洋電機(主機駆動)	
防滴自己通風型 320kW × 1	無線装置 船舶電話 VHF	航海計器 レーダー	
速力(試運転最大) 13.907kn (満載航海) 12.5kn	航続距離 8,100浬	船級・区域資格 NK沿海	
船型 凹甲板型	乗組員 14名	。パウスラスター	

。貨物タンク下の二重底は、バラストタンクとして使用し、クリーンバラストのみで航行可能としている。

タイテックス

**TIGHTTEX**

[甲板鋪床材] ラテックスタイプ・ウレタンタイプ・エポキシタイプ



タイハイ

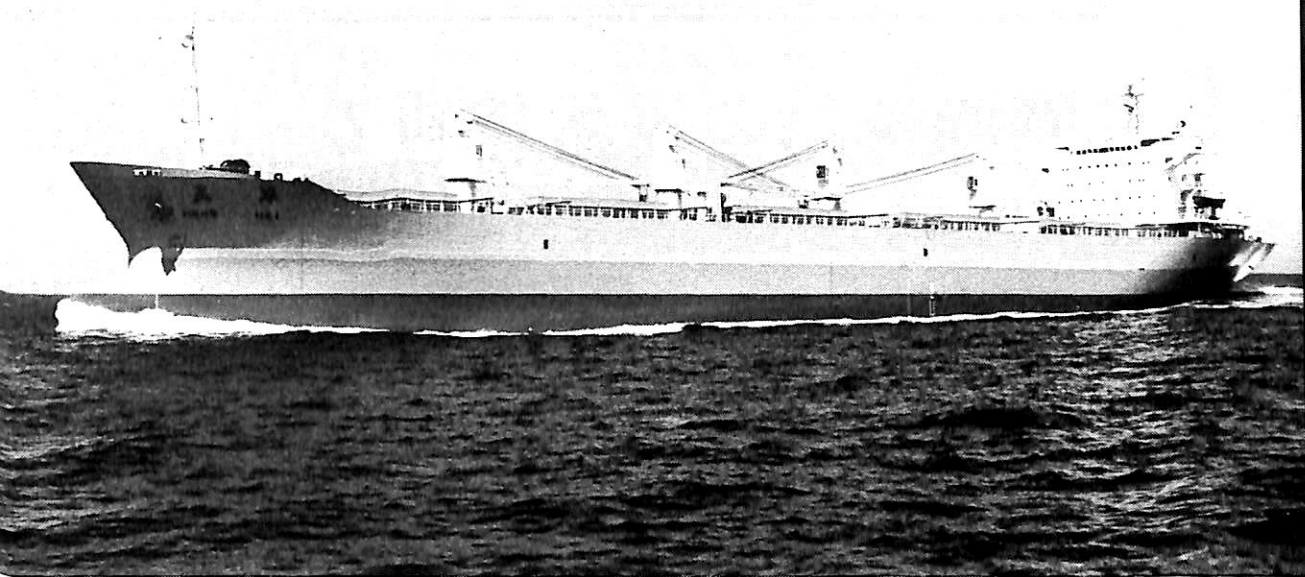
**太平洋工業株式会社**

〒615 京都市右京区西院金槌町8番地 ☎075-311-1101(代)  
 営業所 東京都千代田区神田錦町1-3 島津神田錦町ビル ☎03-291-0147  
 営業所 広 島・坂 出



JG. UK-DOT.  
 NK. NV. SBG.  
 AB. LR. NSA.  
 BV. ZC.  
 CR. NSC. 等  
 SOLAS 1981  
 承認材





輸出散積貨物船 <sup>マンハイ</sup> 孟 海 (MENG HAI)

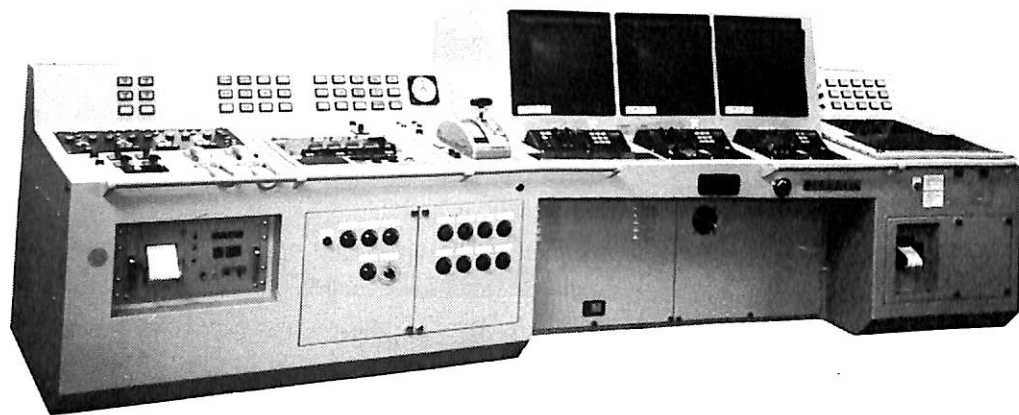
船主 China Ocean Shipping Co. (中国)  
 株式会社大阪造船所建造(第419番船) 起工 59-8-2 進水 60-2-13 竣工 60-6-12  
 全長 189.68m 垂線間長 180.00m 型幅 32.20m 型深 16.25m 満載喫水 10.70m  
 総噸数 26,982T 純噸数 15,092T 載貨重量 42,000t 貨物艙容積(ベ) 54,900m<sup>3</sup>  
 (グ) 55,900m<sup>3</sup> 艙口数 5 クレーン 10t×24m/min×5 燃料油槽 1,790m<sup>3</sup>  
 燃料消費量 28.4t/day 清水槽 400m<sup>3</sup> 主機関 日立-B&W 6L60MCE型(デ)機関×1 出力  
 (連続最大) 10,280PS (106rpm) (常用) 9,250PS (102rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶 豎型水管式  
 1,800kg/h×7kg/cm<sup>2</sup> 発電機 防滴型 700kVA×AC450V×60Hz×3 (原)820PS×720rpm×3  
 無線装置 送(主)1.2kW×1 (補)130W×1 受(主)2, (補)2 海事衛星装置 VHF 航海計器 ロラン オメガ  
 衝突予防装置 レーダー 速度(試運転最大) 15.6kn (満載航海) 14.5kn 航続距離 17,900浬  
 船級・区域資格 ZC遠洋 船型 船首楼平甲板型 乗組員 40名

輸出散積貨物船 <sup>ジャシャンガン</sup> 嘉 山 関 (JIA SHAN GUAN)

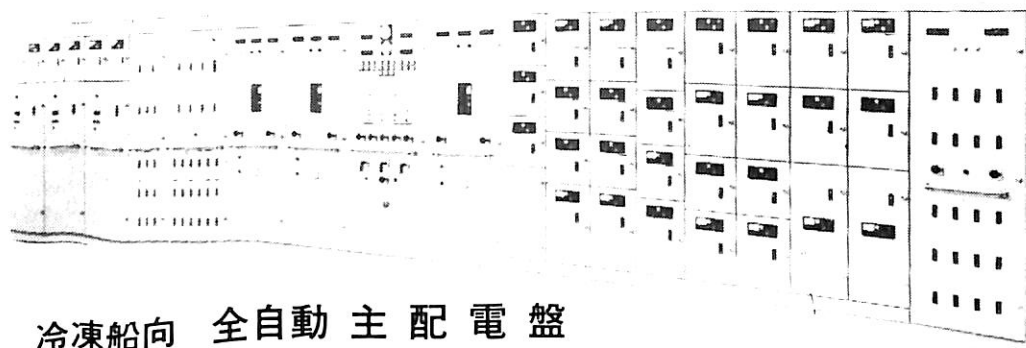
船主 China Ocean Shipping Co. (中国)  
 宇部船渠株式会社建造(第190番船) 起工 59-12-12 進水 60-3-8 竣工 60-6-27  
 全長 109.6m 垂線間長 101.00m 型幅 17.80m 型深 9.00m 満載喫水 7.167m  
 満載排水量 9,910t 総噸数 4,999T 純噸数 2,725T 載貨重量 7,153t 貨物艙容積  
 (ベ) 8,717m<sup>3</sup> (グ) 9,393m<sup>3</sup> 艙口数 2 デリック 10t×2, 15t×2 燃料油槽 314m<sup>3</sup>  
 燃料消費量 14.3t/day 清水槽 244m<sup>3</sup> 主機関 日立-B&W 7L35MC型(デ)機関×1 出力(連続最大)  
 4,760PS (200rpm) (常用) 4,285PS (193rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶 三浦 VWS-1200ME型  
 発電機 375kVA×3 無線装置 送(主)0.8kW×2 (補)75W×1 受(主),(補)全波各1 航海計器  
 ロラン NNSS レーダー 速度(試運転最大) 16.7kn (満載航海) 14kn 航続距離 5,000浬  
 船級・区域資格 ZC遠洋 船型 凹甲板船尾機関型 乗組員 37名 同型船 嘉定関



# 渦潮電機の最新技術で 船の近代化・省力化と経済性アップ!!



カラーCRT付データロガー (UMS-35) 装備、3750台積PCC向  
集中監視盤



冷凍船向 全自動主配電盤  
(発電機ワンタッチコントロールシステム搭載)

船舶電機のトータルエンジニアリング 設計・製作・艤装

## 渦潮電機株式会社

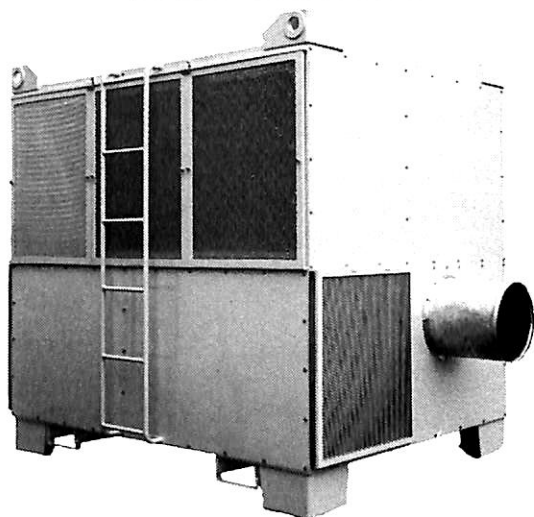
代表取締役社長

小田 道人 司

本社	愛媛県越智郡大西町大字九王甲1520	TEL(0898)53-6111(代)	FAX(0898)53-2266
東京営業所	東京都港区西新橋1丁目19-9	TEL(03)508-1266(代)	FAX(03)508-1265
松山営業所	松山市南齊院町179	TEL(0899)71-9945	
広島営業所	広島市中区本川町2丁目6-10	TEL(082)291-0958	

未来を開くパイオニア!! 空調装置と冷凍装置の総合メーカー

## 潮スポットクーラー

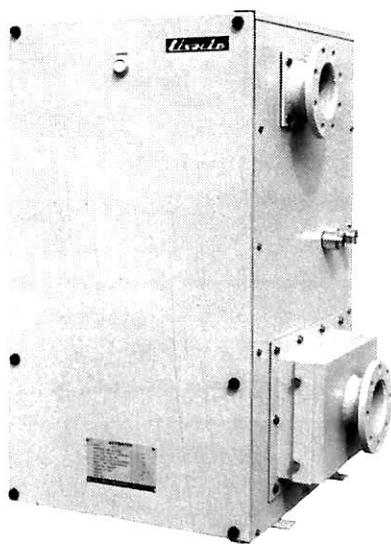
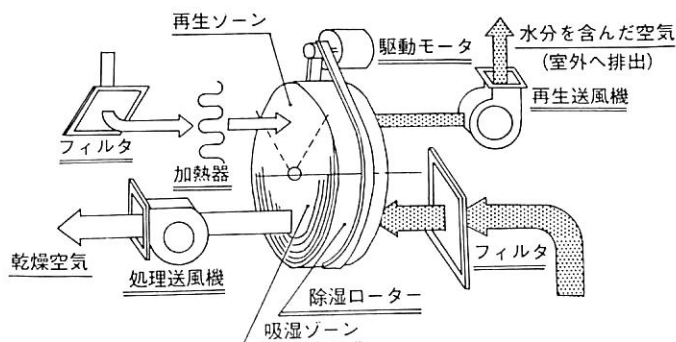


# 風神

こんなところにはスポット冷房を!

- 造船所(船殻・二重底・艀装工事)
- タンク製造業●金属熱処理工場
- プラスチック工場●機械組立作業所
- 土木建設作業所 その他、高温・多湿・発熱体のあるところ

## 貨物倉内除湿装置ドライキーパー



# 潮冷熱株式会社

代表取締役社長 小田 團

本社・工場	愛媛県越智郡大西町大字脇甲883-1	TEL(0898)53-2400(代)	FAX(0898)53-6363
東京営業所	東京都港区西新橋1丁目19-9	TEL(03)508-1266(代)	FAX(03)508-1265
松山営業所	松山市南斎院町179	TEL(0899)71-9945	
広島営業所	広島市中区本川町2丁目6-10	TEL(082)291-0958	

寺岡造船で復元された北前船“辰悦丸”（江戸後期）



兵庫県主催くじの祭典に出展保存された辰悦丸（250石積）。

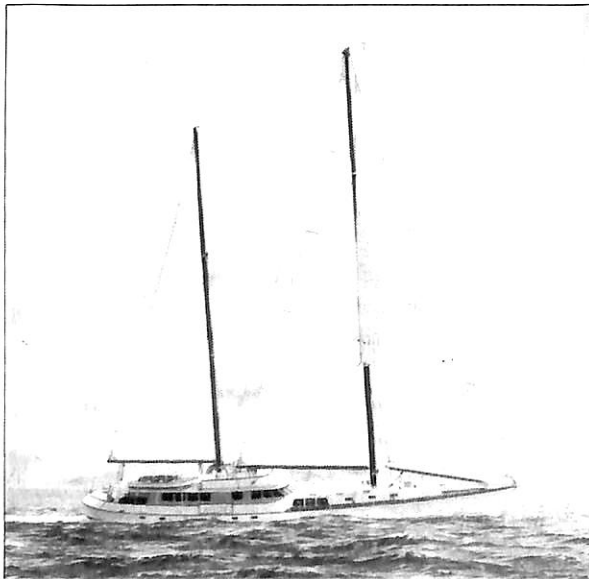
我が国において、鎖国になってからは外国航海の大型船の建造は禁じられて、建造できる船は沿岸航海の小型船に限られていた。従って船型も日本型船（大和型船）といわれる簡単な構造のものであり、浮世絵の風景にも一部にこの種の船は見られる。辰悦丸も船型、構造共にこの流れをくむものである。他に17世紀の初め頃からの大阪から江戸へ物資を運んだ菱垣廻船。（200～400石積・舷側に竹を編んで菱の形をした垣を造ってある）も同じ型に属する。（参考 船舶百年史）



（上）船尾より見た辰悦丸

（下）会場に据付けられた本船▶  
（本文34頁参照）

日立造船 140フィート型  
デラックスモーターセーラー



デラックスモーターセーラー完成予想図

日立造船(株)は、米国より140フィート型モーター・セーラー（アルミ製）を1隻受注した。

昨年、モーターヨット部門に進出して以来、米国・カナダから120フィート型、140フィート型のモーターヨット各1隻を受注しておりこれに続く受注3隻目のデラックスモーターセーラーとなる。本船は、船長、乗組員の他、料理人なども乗組み大洋も航行でき、海上の社交場および家族の憩いの場となるものである。基本設計・内装設計には外国人専用デザイナーを起用している。

【本船の概要】

長さ（LOA）	42.67m
幅（overall）	9.34m
喫水	2.74m/5.94m
水面よりのマストの高さ	48.2mと40.8m
帆の総面積	662.34㎡（2本帆走用）
補助機関	425PS（1,200rpm）×2
建造工場	日立造船・神奈川工場
納期	62年3月
船級	Ocean Going

# ハートは、地球サイズ。



協力隊20周年

# 募集

## 青年海外協力隊員

秋募集期間  
10/15~11/30

協力隊は、アジア、アフリカ、中近東、中南米、南太平洋の開発途上にある国々に対して経済、社会の発展のために技術、技能を身につけた日本の青年を派遣して、各国の国づくりに協力している国の事業です。

- 資格選考** 満20才以上、原則として35才までの日本の青年男女  
1次(筆記):61年1月12日田各都道府県で実施  
2次(面接):61年2月中旬東京で実施
- 派遣前訓練** 約3ヵ月間(訓練終了後61年7月中旬、12月中旬出発予定)
- 派遣期間費用** 2年間  
訓練、派遣に係わる経費(往復航空運賃も含む)災害補償経費等事務局負担。  
現地生活費:月額240~440ドル(派遣国により異なる)
- 休職と所属先補てん制度** その他に無職で参加の場合国内積立金:1ヵ月あたり、本邦在住期間50,000円、海外在住期間90,000円、計230万円  
官公庁、会社等に勤務されている方で、本人と所属先との話し合いにより有給による休職参加が可能となった場合、協力隊事務局が所属先に対して人件費の一部を補てんする制度もあります。又、民間の場合はさらに間接経費の補てん制度もあります。
- 応募方法** 協力隊所定の願書を事務局へ提出して下さい。11月30日消印有効。

**水産分野の協力隊員は、開発途上にある国々で現地の人々に漁具漁法、養殖、水産物加工、船舶機関、航海術、水産統計等10職種で協力活動をしています。この分野では既に286名が派遣され、現在62名の隊員が21ヵ国で活躍中です。あなたも開発途上の新しい国づくりに参加してみませんか。**

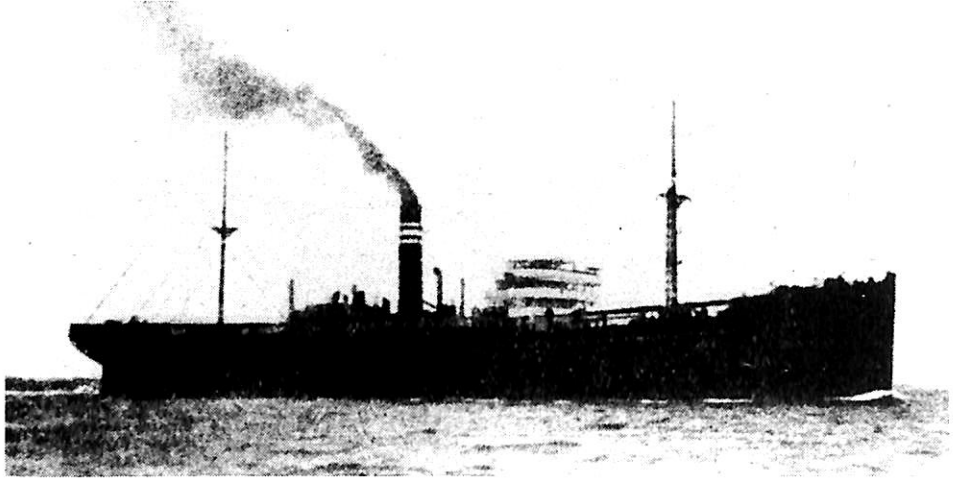
●詳しい資料・願書は240円(切手)同封の上、事務局国内課まで。

国際協力事業団  
**青年海外協力隊**

■事務局 〒150 東京都渋谷区神宮前4-11-7 ☎03(400)7261

( 若者のための海外情報誌 **クロスロード** )  
社団法人 協力隊を育てる会 〒160東京都新宿区霞ヶ丘町15日本青年館内

## 貨物船 だ か あ 丸 日本郵船



三菱重工業(株)長崎造船所建造(第331番船)	船舶番号 26933	信号符号 RWNL → JKWD
起工 大8-10-10	進水 9-2-17	竣工 9-3-20
垂線間長 128.01m	型幅 17.07m	型深 11.73m
総噸数 7,170T	純噸数 4,383T	満載喫水 8.59m
主機関 三連成レシプロ機関×1	出力(連続最大)4,964 PS	満載排水量 14,881t
12.0kn	船級・区域資格 通信省第1級船	貨物艙容積(ベ)13,288㎡(グ)14,273㎡
乗組員 58名	旅客 1等6名	速力(試運転最大)15.238kn (満載航海)
姉妹船 であら丸, だあばん丸(以上日本郵船), あらすか丸, あとらす丸(以上大阪商船)	ロイド 100A1 with free board LMC. BS	鋼船
		船籍港 東京

三菱長崎のストックポートで同型船5隻のうち2隻は大阪商船へ、3隻は日本郵船に売却された。当時の船は一般に三島型船が多かったが、このクラスは船首楼を有する遮浪甲板型であった。

大正9年3月、竣工とともに日本郵船が購入し、東京を船籍港とする。直ちにヨーロッパハンブルグ線や、リバプール線に就航した。

昭和4年5月19日横浜を出港、近東、バルカン方面への寄港を開始し、近東、イタリア線の開設の基礎を築いた。

昭和12年11月2日、日中戦争の軍用船として陸軍に徴用、昭和13年1月15日解除された。昭和14年11月19日再び陸軍に徴用、昭和15年3月1日解除された。

昭和16年12月27日再び陸軍に徴用され軍用船となり、昭和17年1月13日宇品を出港、1月29日サイゴン、2月8日高雄着、2月19日19時高雄を出港、内地に向う途中2月20日2時59分、北緯21°3′東経120°32′の地点にて馬公に向って航海中の玄洋丸(本誌38巻2号21頁参照)と衝突、本船は高雄に引き返し3月14日より香港にて40日間、修理のためドック入りした。

昭和17年5月5日黄浦発、5月10日サイゴン、6月4日ラングーン、6月20日ポートセッテンナム、7月6日サイゴン、7月14日マニラ、7月25日タバコ、7月30日イロイロ、8月10日ダバオ、8月13日セブ、8月19日マ

ニラ、8月25日高雄、9月8日サイゴン、9月15日シンガポール、10月18日パダン、10月20日バタビア、10月23日パレンバン、10月28日シンガポール、12月1日高雄を経て12月11日大阪に帰る。

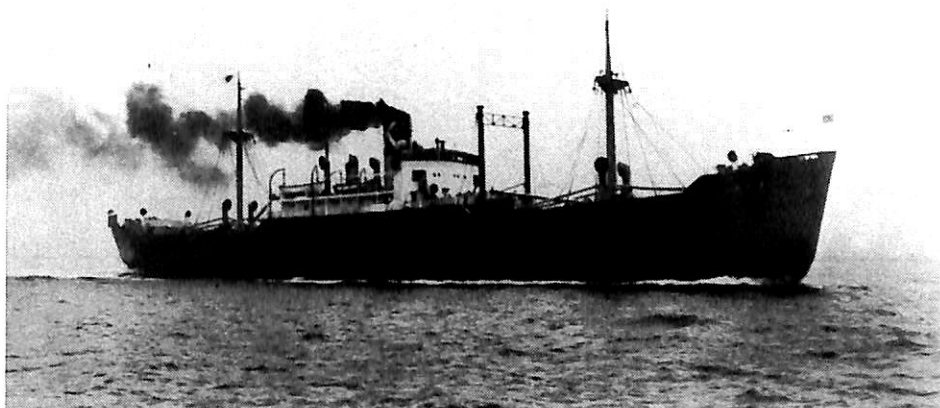
昭和18年1月21日佐伯発、8号演習輸送のV船団に属し、ラバウルへ。その後3月31日シンガポール、4月15日高雄を経て4月23日神戸に帰る。

昭和18年9月22日佐伯発、オ209船団で10月2日パラオを経由してラバウルへ。10月13日パラオ発、フ310船団で10月22日佐伯に帰る。

昭和18年11月6日宇品発、11月23日マニラ、12月26日サイゴン、昭和19年1月30日マニラ、2月29日サイゴン、3月29日マニラ、4月10日カランバヤング、4月27日マニラを経て5月29日大阪に帰る。

昭和19年7月13日「ミ11船団」に加わり、高雄発マニラに向う。7月31日4時20分、船体中央に魚雷を受け航行不能となり、20時ダルピリ島の北端1マイルに流され、8月1日にはカラヤン島の西方に至る。8月2日12時、曳航船として池田商事の福寿丸が到着、8月4日曳航開始、8月6日13時サンフェルナンド港外に到着、20時より港内にて積荷を揚陸す。しかし、9月22日港内に停泊中、米軍艦載機の集中攻撃を受け火災を発生、13時10分、北緯18°57′東経128°50′の地点で沈没した。

## 貨物船 菊川丸 川崎汽船



川崎造船所建造(第608番船)	船舶番号 42941	信号符字 JNOL		
起工 昭11-8-22	進水 11-12-16	竣工 12-4-10		
全長 112.5m	垂線間長 106.7m	型深 15.24m	型深 8.38m	満載喫水 6.971m
満載排水量 8,551t	総噸数 3,833.09T	純噸数 2,557.58T	満載重量 5,775.13t	
貨物艙容積(ベ)7,114㎡(グ)7,869㎡	主機関 川崎 T-DR2000型タービン機関×1	出力		
(連続最大)2,510PS (計画)2,000PS	速力(試運転最大)14.95kn	(満載航海)12.0kn		
船級・区域資格 逓信省第1級船 鋼船	乗組員 41名	旅客 1等12名		
姉妹船 桐川丸, 桃川丸, 松川丸, 春幸丸, 日吉丸	香港 神戸	船籍港 神戸		

川崎汽船の樺太航路は大正15年4月、能代丸を第1船として開設され月2回、大阪～敷香間で製紙パルプ関係の輸送を目的としていた。

昭和2年4月、本航路は樺太庁の命令航路となり、その重要性はたかまり冬期には大阪～大泊航路に耐水船、明大丸を配船して月3回の発航となった。しかし、その後荷動きの増加にともない川崎汽船では、専航船を建造して本航路に投入することになり昭和12年から13年にかけて3隻の新造船を建造し、その第1船として完工した。

本船は傾斜型船首、巡洋艦型船尾を有する三島型船で航路の関係で耐水構造となっていた。船艙も北洋材輸送のため艙口は大きく、上甲板には甲板積木材の積付設備を有し、荷役装置としては40トンデリックブームを装備した。

昭和12年4月より東回り大阪～敷香線の定期船として就航した。予想以上の好成績を収めたので昭和16年には、さらに準姉妹船、桃川丸、雪川丸、月川丸の3隻が追加発注された。

昭和16年3月27日、海軍に徴用され佐世保鎮守府所属の運送船となる。

昭和17年6月、アリューシャン防衛作戦では第2次輸送隊として設営隊員250名、対空対艦用砲弾資材を積み、7月9日横須賀発「陽炎」の護衛で、7月19日キスカに

到着、部隊を揚陸す。

昭和17年7月31日早朝、キスカ島附近にて輸送船鹿野丸(8,572T)が航行不能となり本船は7月31日14時キスカを出港して、16時30分現場に到着、鹿野丸を曳航したが18時30分ロープが切断、一旦キスカにもどったが、8月1日7時再びキスカを出港、10時30分現場に到着、曳船を開始キスカにもどったが曳航中、何度も鹿野丸と接触し船体に可成りの損傷を受けた。昭和17年8月6日、「浮島」と「石狩」の護衛でキスカを出港、8月9日片岡湾に帰る。8月14日柏原発、独立野戦高射砲第32中隊を乗せ8月17日2時30分アツ島のチチャコブ湾に到着、部隊を揚陸して8月24日小樽に帰る。

昭和18年8月20日、クエゼリン発6202船団で8月24日、トラック着。

昭和18年9月2日、トラック発4902船団で9月12日横須賀に帰る。

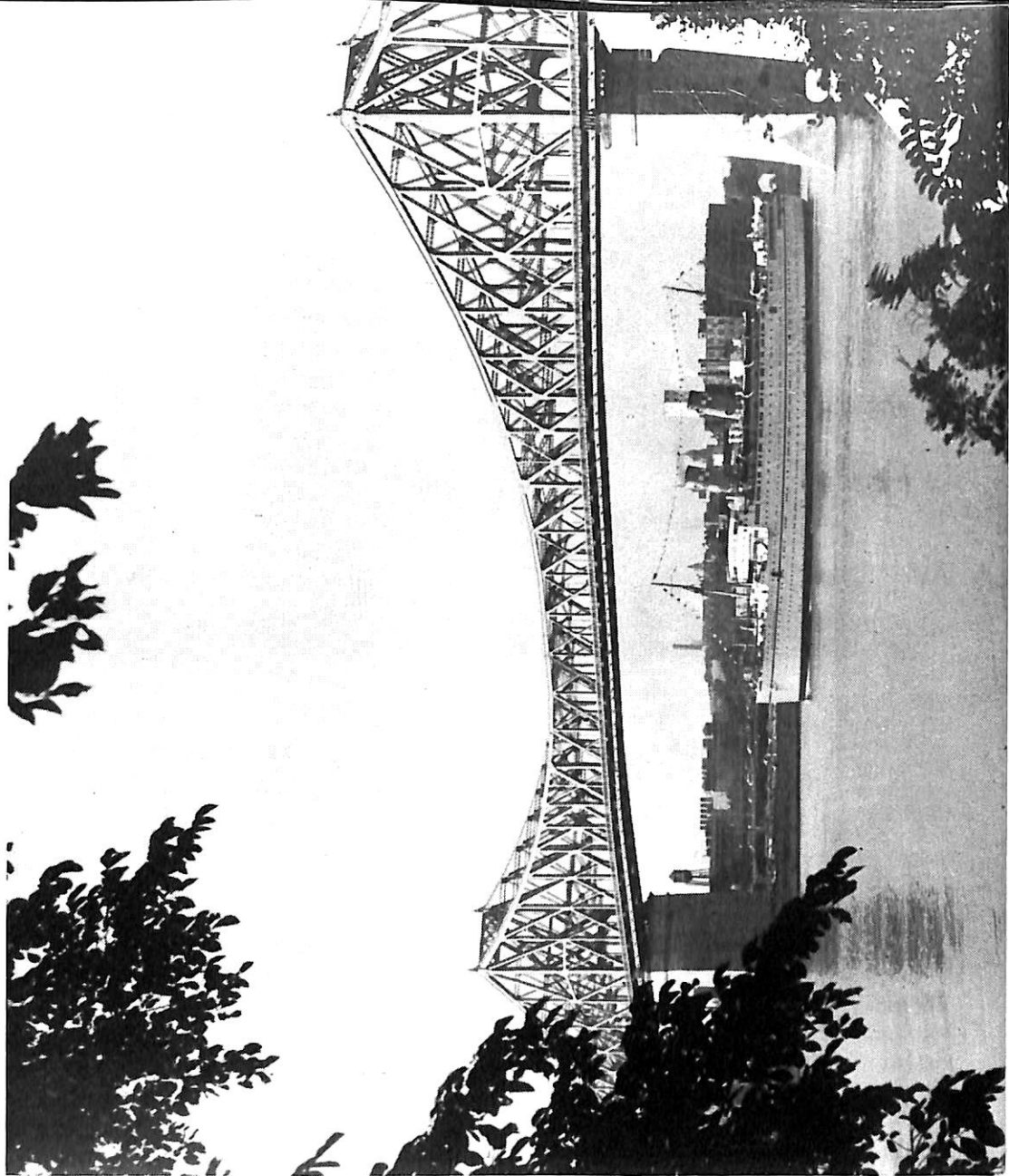
昭和18年9月21日、12時30分横須賀発武器、弾薬を積み、3921船団で10月1日14時トラック着、夏島錨地H11番浮標に係船、積荷を揚陸し、新たに積荷の積載を終えて待機中、10月7日第4船艙内で原因不明の小爆発がおこり火災発生、一旦下火になったが突然第5船艙の爆雷、爆弾が誘爆を起こし大火災となり轟沈した。行方不明475名、負傷60名を出した。

# 船と人

Merchant Ships and People Around.

## モントリオールの橋と船 EMPRESS OF FRANCE passing under Jacques Cartier Bridge

この情景は、カナディアン・パシフィック・ラインズのエエンプレス・オブ・フランス (20,448 総トン、1928年建造) が、戦後間もない1948年秋、モントリオール港ジャック・カルティエ橋の下を通航しているものである。セント・ローレンス河の発見者といわれるフランスの探険家の名をとったこの橋は、モントリオール島と本土をつなぐ三つの橋のひとつで、セント・ローレンス河にかかっている。釣り橋構造のペラザノ・ナローズ橋と異なり、鉄骨を多用した珍しい構造である。そのせいか、下を通る客船 (全長 177メートル) が小振りに見える。本船は第二次大戦中を除き、生涯モントリオール〜リバール間の航路に就航した。当時の客船としてはマストが短い、これはケベック港の橋を潜るための苦肉の策であった。





## ベラザノ・ナローズの橋と船

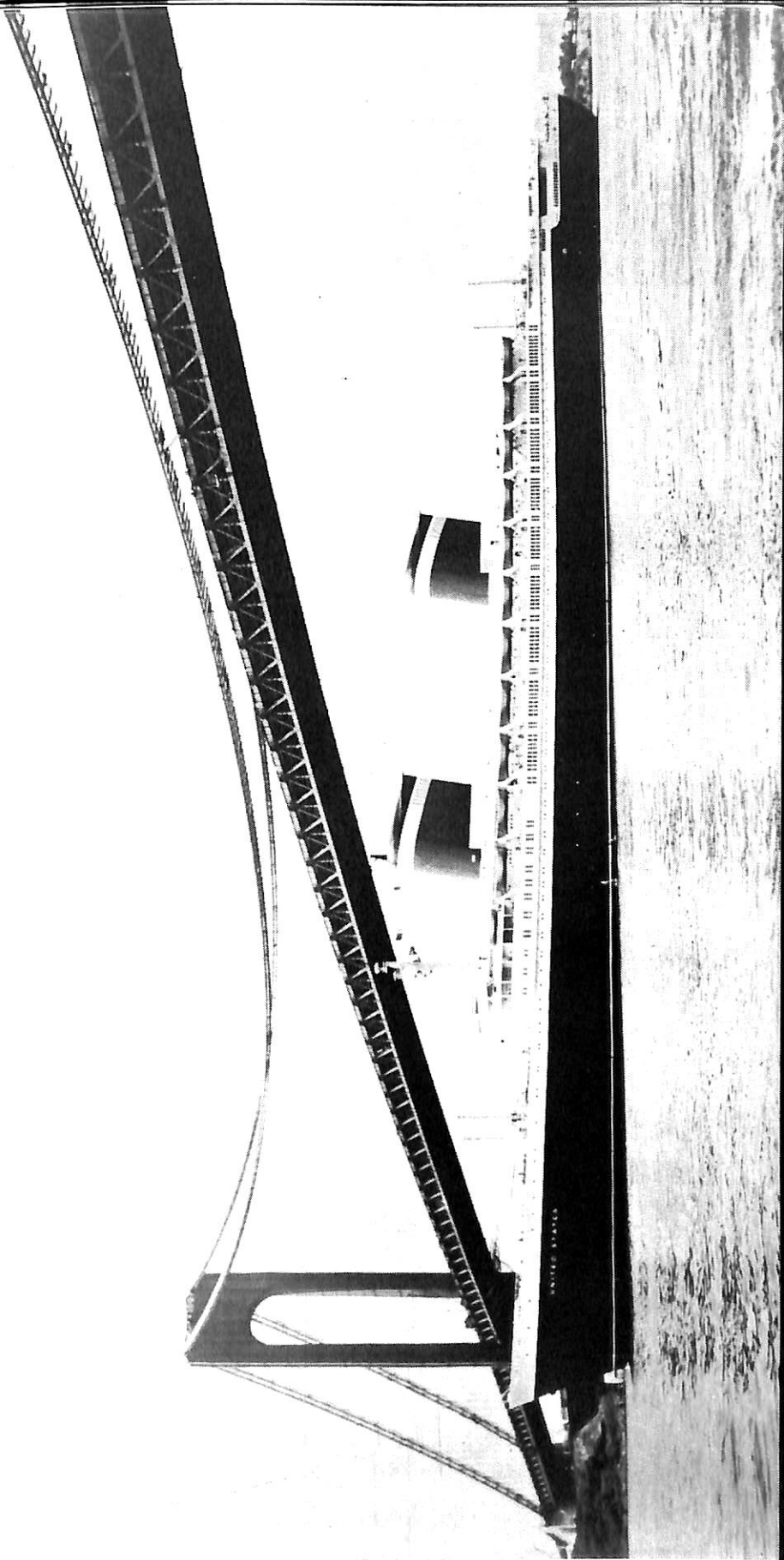
UNITED STATES under

Verrazano Narrows Bridge

長大な橋の下をゆっくり出港するのは、アメリカの誇った北大西洋横断客船ユナイテッド・ステーツ (53,329総トン) である。

この橋は1964年に竣工して世界最長の釣り橋になるが、この写真の頃は完成前のもと思われる。ユナイテッド・ステーツは、北大西洋横断記録ホルダーのみならず、世界最速商船 (38.23ノット) のタイトルを今も保持する名船である。しかし、他の大型客船と同様に、1960年代のジェット旅客機出現により、本船の運航成績は低下

し、さらに船員などの労働争議の連続が、その命運をきめてしまった(1969年引退)。しかしこの写真からは、W. F. ジブズという名設計家の手による最後の傑作といえるべき本船の形態美が、余すところなく汲みとれる。特に、極めて大胆に、外観上のアクセントを煙突にのせた男性的かつ流麗なスタイルは見惚れるばかりである。本船は近い将来、クルーズ客船に再生するといわれるが、その時にはこの美しいラインが消滅していることは間違いない。



# SHIPPING-MATE

## CARGO LOADING SYSTEM



日本海事協会形式検定合格

### システムの概要

船の積付計画はその輸送計画および安全性の面から重要であります。本システムはあらかじめ処理された本船用のデータを使用して、短時間に精度よく縦強度計算などを行なうためのシステムであります。

### 機能

- (1) サウンディングまたはアレージ計算
- (2) バラスト自動積付計算
- (3) カーゴ自動積付計算
- (4) 重心トリム計算
- (5) 縦強度計算
- (6) 復原力計算または、グレーン計算
- (7) 実測排水量計算
- (8) エアードラフト

株式会社 芙蓉情報センター

〒107 東京都港区赤坂四丁目7番14号 電話03(582)5311(代)

## 9月のニュース解説

米田博

## 海運・造船日誌

8月20日～9月17日

## ○海運・造船問題

## ●一般政治経済問題

## 8月

19日○東京地裁は三光汽船の財産保全命令を出す(月)とともに、保全管理人に宮田光秀弁護士を任命した。

20日○海事振興連盟(小坂善太郎会長)は憲政記念館で60年度総会を開き、引き続き創立35周年記念式典を開いた。

21日○政府は三光汽船の倒産による関連倒産防止(水)措置として中小企業信用保険法の適用を認めた。

27日●運輸省航空事故調査委員会は日航ジャンボ(火)機墜落事故調査の中間報告を公表した。主にボイスレコーダーとフライトレコーダーの解析記録で、異常衝撃の発生時刻を6時24分30秒頃とし、衝撃後に機首がぐっと持ち上った、などを指摘した。

29日○会社更生法適用を申請している三光汽船、(木)イースタン・ SHIPPING、三光マリンは3社共同の債権者集会を開いた。

## 9月

2日○第9回アジア太平洋造船専門家会議が外務(月)省国際会議室で開会。3日まで。参加国はオーストラリア、カナダ、インドネシア、日本、韓国、フィリピン、スリランカ、タイの8カ国とESCAP。出席者は約50人。

○日本船舶振興会は、三光汽船倒産による造船関係企業の連鎖倒産を防止するため、緊急融資を行うことを決定したと公表した。

3日○三光汽船の100多子会社「サンコウタンカ(火)ー」が大阪地裁に特別清算を申請し受理された。負債総額は約800億円。

4日○運輸省が61年度の重点施策をきめた。海運・(水)造船関係では、海運・造船不況に対応した船舶解撤促進対策に超重点が置かれている。

○ペルシャ湾手前のオマーン領海を航行中のクウェート国籍のコンテナ船「アル・ワティア号」(24,302トン)がイラン海軍艇の臨検を受け、船舶電話と無線を止められ、逮捕された。本船は大阪商船三井船舶の労務提供船で、船長ら乗組員26人全員が同社からの出向者であるが、全員無事のもよう。

12日●石油製品輸入のあり方を検討していた石油(木)審議会の石油部会小委員会は、いまは輸入が認められていないガソリン、灯油、軽油について、石油精製企業に限り輸入を解禁するとの中間報告をまとめた。

13日○9日から東京で開かれていたISO(国際(金)標準化機構)第13回総会で山下勇氏が会長に選出された。日本からの会長は初めてで、任期は1986年から3カ年。

14日●運輸省航空事故調査委員会は日航ジャンボ(土)機墜落事故調査の第2次中間報告を公表した。機体の異常発生は6時24分35秒であったとし、圧力隔壁上下接合部の修理ミスを原因とする金属疲労が7年間、1万数千回にのぼる飛行のたびに加わった与圧の応力のため潜伏進行し、事故当日限界に達して横一文字の裂け目となり、ここから噴き出した客室の与圧空気が衝撃波を伴い垂直尾翼の空中分解を引き起こした、としている。

16日●国際博覧会「科学万博——つくば'85」は(月)184日にわたった会期を終え閉幕した。総入場者数は2,033万人。

## 昭和61年度海事関係予算要求

### 61年度予算概算要求

大蔵省は8月31日、61年度予算の概算要求を締切り、9月10日の閣議に報告したが、一般会計の要求総額は60年度予算比7.4%増の56兆3,936億円で、一方、財政投融资計画の概算要求額は21兆3,600億円程度で、60年度比2.4%増となった。

概算要求で目立ったものは、国債費が12兆9,700億円で26.9%増、うち利払費が10兆4,000億円もあること。一般歳出が1.5%増にとどまっている中で防衛費が59中業の初年度として7.0%増、政府開発援助（ODA）が7年倍増計画の初年度分として10.4%増であるなどである。

運輸省要求は、一般会計は、1.7%減であったが、財政投融资は7%台の伸びを示した。

海事関係重要施策としては、(1)外航船舶の整備——開銀融資1,100億円（42次船建造量160万総トン）既契約利子補給70億3,600万円（5カ月分、ただし37次船開銀分は6カ月分繰り延べ）。(2)海運業信用基金の創設——45億円（債務保証規模500億円）。(3)船舶輸出の確保——輸銀融資605億円（159万総トン）。(4)船舶整備公団に対する財政措置——財投209億円（国内旅客船2万1,000総トン、内航船の7万総トン、近海船1万6,000総トン）。(5)離島航路の維持——37億3,600万円（132航路）。(6)第7次港湾整備計画の推進——事業費4,474億3,400万円、国費2,516億200万円（総理府所管分も含む）財投650億4,700万円。(7)広域的哨戒体制等の充実・強化83億6,500万円。な

### 海運・造船不況に対応した船舶解撤促進対策（全体対策）

（運輸省）

対 策	ね ら い	説 明	61年度予算等要求案
1. 海運業信用基金 （仮称）の創設  （国際運輸・観光局）	① 船舶の担保解除資金の調達を容易にする。 ② 船舶解撤に伴う退職金支払資金の確保を容易にする。	船舶を解撤する際に必要となる担保解除資金、船員退職金支払資金等を海運事業者が金融機関から借り入れる場合に、当該借り入れに係る債務を保証する制度を設けることとする。このため、当該債務保証業務を行う主体として官民により海運業信用基金（仮称）を設立する。 （61～63年度 債務保証限度額500億円 対象船舶約240万総トン）	産業投資特別会計 45億円（出資）  （基金規模 50億円 うち民間分5億円）
2. 船舶解撤促進助成 制度の延長・改善  （海上技術安全局）	我が国での船舶解撤を促進する。 ① 造船事業者の仕事量の確保 ② 外航船舶等の船腹過剰の解消	造船事業者が外航船舶等を解撤する場合に助成金を交付する解撤促進助成制度を延長するとともに、制度改善（単価引上げ）を図る。 （61～63年度 総額62.4億円 対象船舶約200万総トン）	一般会計 5.5億円  （民間負担金：国と同額程度を予定）
3. 海外における船舶 解撤促進 （国際運輸・観光局 海上技術安全局）	海外での船舶解撤を促進する。	開発途上国の船舶解撤事業に係る基礎調査（ODA）を行うとともに、技術の普及等を図るためのマニュアル作成及びモデル工場試験設計を行う。	一般会計 1,700万円 （うちODA 1,000万円）
4. 税制上の支援 （国際運輸・観光局）	船舶解撤による欠損金（スクラップ売却損）の回収を確保する。	船舶解撤に伴う損失に係る欠損金の繰越期間の特例（5年→10年）など  （検討中）	税制改正要望

どが盛られている。

### 船舶解撤促進対策

運輸省の61年度概算要求に盛られている計画の中で、最も眼を惹くのは船舶解撤促進対策である。船舶解撤促進の必要性及びその促進経緯については本欄でも60年1月号、7月号でふれて来たが、その後も各界で可成り熱を入れて促進策を立案してきた。これらの集積が61年度概算要求に盛られているといえよう。

運輸省は9月4日、61年度の重点施策を決めたが、この中で「海運・造船不況に対応した船舶解撤促進対策」を打ち出した。これは「外航海運の厳しい不況に対応し、わが国商船隊の減量化、近代化を推進する観点から、船舶解撤に伴う担保解除資金などについての債務保証業務を行う海運業信用基金（仮称）を設立し、老朽・不経済船の解撤を強力に推進する。また外航船の過剰問題への対応とあわせて造船業の仕事量の確保を図るため、造船事業者の行う船舶解撤に対し助成金を交付する船舶解撤促進事業を延長するほか発展途上国における船舶解撤事業育成の推進を図る。」というもので、運輸省は前表のような全体対策を立案している。

### 三光汽船倒産後の1カ月

8月12日から約1カ月の新聞、雑誌、放送は殆どすべて日本航空123便の墜落事故と三光汽船倒産を超大々的に扱ってきた。共に戦後運輸史に残る大事件であったといえよう。

8月14日、三光汽船の審理は東京地裁で行なうこととなり、19日に東京地裁は三光汽船に対して会社財産の保全命令を出し、同社の資産を管理する保全管理人に元日弁連会長宮田光秀弁護士を選任し、他に4弁護士が保全管理人代理人となった。

8月29日には三光汽船、三光マリン、イースタン・ SHIPPING が合同債権者集会を九段会館で開いた。当日は約1000人の債権者が集まり、申立代

理人の佐藤庄一郎弁護士の経緯報告、秋篠洋一三光汽船社長はじめ3社社長の挨拶があり、宮田保全管理人などから再建への協力を求めた。なお債権者からの質問は全くなく1時間10分で閉会した。

保全管理人団としては9月上旬の段階では、三光汽船の運航していた商船隊（タンカーを主力に246隻、計2,100万重畳トン）を大幅に縮小し、採算のいい小型ばら積み船約100隻、LPG船11隻、タンカー約20隻の合わせて130隻前後、計約600万重畳トンに再編成という再建案を考えているが、これがうまくいくには、(1)海外船主がごく安いキャンセル料で中型タンカーなどの用船契約の破棄に応ずること。(2)商社やリース会社が小型ばら積み船を引き揚げず、しかも用船料を大巾に値引きすること、(3)主力3行がキャンセル料などの支払いに必要な資金の融資をすること。の3つが大前提条件になっている。

三光汽船更生の鍵となっているハンディ・バルカーに関する宮田保全管理人と関係9商社、3リース会社との個別交渉が9月3～6日の間に行なわれたが、この交渉に提示された三光側要請は次のような内容であると伝えられている。

- (1) 従来のハンディ・バルカー用船契約では、就航後2年間は船価の金利分8～9%だけを用船料として支払い、3年目から10年間で元本返済分も合わせて払う契約となっていたものを、元本返済の据え置き期間を2年から64年3月まで5年に延長したうえ、金利も5.5%に引き下げ、支払い期間を15年に延長する。
- (2) 用船のキャンセル料は支払わない。

これに対し当然のことながら商社側は可成り難色を示していると伝えられている。仮に海外船主と大手商社が譲歩したとしてもキャンセル料や運転資金を銀行が融資するかどうかの難問がまっている。宮田保全管理人としては「9月末までに大口債権者との話をまとめ、10月中に裁判所に調査報告書を提出したい。」としているが実際には可成り長引くものと見られている。

●新造船紹介

IMOガスコード独立形タンクタイプA

77,500<sup>m</sup>型低温式LPG船“ほうらい丸”

日立造船株式会社 開発設計部

1. はじめに

“ほうらい丸”は、くみあい船舶株式会社の発注により、当社因島工場にて建造した77,500<sup>m</sup>型低温式LPG船であり、昭和59年2月9日起工、同年6月1日進水、昭和60年6月貨物部実ガステストの後、昭和60年7月2日船主に引渡しを行なった。

本船はタンク容積のわりに、全長219.74m、計画満載喫水10.5mと小廻りのきくコンパクトな船型であり、プロパン・ブタンの任意積分け、任意液位での積付可能なタンク強度を有し、さらに20インチカラーCRTを使用した荷役モニタリングシステム、常温加圧LPG払い出し装置、ヘリコプターデッキを装備するなど、世界航路にて効率的な運航が可能なよう計画され、高度な設備と安全性を合せもった最新鋭船である。

また、本船は低質燃料油(R.W. 6000秒)の使用が可能な主機、排エコ・ターボ発電システムを採用して燃費の大巾な低減を図る一方、NK-M0・A取得、荷役制御室の居住区内配置、荷役・バラストおよび係船作業等の遠隔制御・監視設備をはじめとして、少人数乗組員による運航を可能とする対策を施している。

2. 一般

2・1 主要目

船級 日本海事協会  
NS\* (Tanker, Liquefied Gases, Maxi -

imum Pressure 0.25kg/cm<sup>2</sup> and Minimum Temperature -45°C, Type IIG) MNS\* & M0・A

適用法規

SOLAS 1974およびPROTOCOL 1978  
MARPOL 1973およびPROTOCOL 1978  
USCG Certificate of Compliance for foreign flag vessel 取得のための要件  
flag vessel 取得のための要件  
日本船舶安全法、その他関係法規

主要寸法

全長	219.74 m
垂線間長	210.00 m
幅(型)	38.40 m
深さ(型)	21.00 m
計画満載喫水(型)	10.50 m
最大喫水(型)	11.00 m

載貨重量およびトン数

載貨重量	51,232 t
総トン数	47,289 T
純トン数	15,957 T

容積

LPGタンク容積	77,755 <sup>m</sup>
バラストタンク容積	25,831 <sup>m</sup>
燃料油タンク容積	3,003 <sup>m</sup>
清水タンク容積	462 <sup>m</sup>

主機関

日立造船 B&W 7 L 80 G B E

連続最大出力 19,400 PS×106 rpm

常用出力 16,500 PS×100 rpm

速力等

試運転最大出力 17.7 kn

航海速力 16.1 kn

航続距離 19,000 海里

乗組員 32名

◀低温式LPG船“ほうらい丸”外観



## 2・2 一般配置

本船は、一般配置図に示すように球状船首、船尾部にサンクンデッキを有する平甲板船である。

機関室および居住区画を船体後部に配置し、再液化装置室および電動機室をNo.3 ホールドスペース上の上甲板上に設けている。

主船体は、水密または油密隔壁によって区切られた4個のホールド区画、機関室、船首タンク、船尾タンク、前部燃料タンクおよび後部燃料タンクから成り、各ホールド区画にはポリウレタン防熱を施した方形独立型LPGタンクを据え付けている。

LPGタンク周囲の二重底およびトップサイドタンクは、パイプにより連通したバラストタンクとしている。

貨物配管、甲板部への一般管および電線は、上甲板上のパイプサポート上にまとめて導設している。この導設管と並行して歩路を設け、居住区画第2甲板から各タンクドーム、再液化装置室、電動機室、舷梯への容易な交通性を確保している。

船体中央部上甲板にカーゴホースハンドリング用のデッキクレーンを設け、作業性の改善を図っている。

また、陸上との交通・輸送の便を高めるため船尾部上甲板レベルにヘリコプターデッキを配置している。

居住区画では、乗組員室は全てトイレ付個室とし、予備室を除いて第3層甲板以上に配置した他、職員・部員共用の食堂およびラウンジ、娯楽室、体育室、スイミングプールなどの共用スペースを充実させ、変化に富んだ船内生活を過せるよう工夫を凝らしている。

## 3. 船体部

### 3・1 船殻構造

船体横断面形状は、バルクキャリアと類似の形状であ



バーコーナー付サロン



上甲板配管群

る。

LPGタンク周囲の船殻構造は、タンクからの万一のリークに備えて二次防壁と兼用した設計としているので、リークを想定した状態における各構造部材の温度分布を求め、各温度に応じて十分な強度を有する鋼種を選定している。

ホールド区画を仕切る横置隔壁には、堅防撓材付の平板構造を採用している。

### 3・2 船体機装

#### (1) 係船装置

揚錨機兼係船機 27/13t × 9/15 m/min 2基

係船機 13t × 15 m/min 6基

タグライン引上・係止・離脱装置 4基

係船機は全て電動油圧駆動方式で、操作は機側の他に、ドラム回転方向およびスピードの遠隔操作が可能とし、係船作業の省力化を図っている。

#### (2) ミッドシップクレーン

カーゴホースハンドリング用に電動油圧駆動の3tクレーンを1基設け、操作の簡易化を図っている。

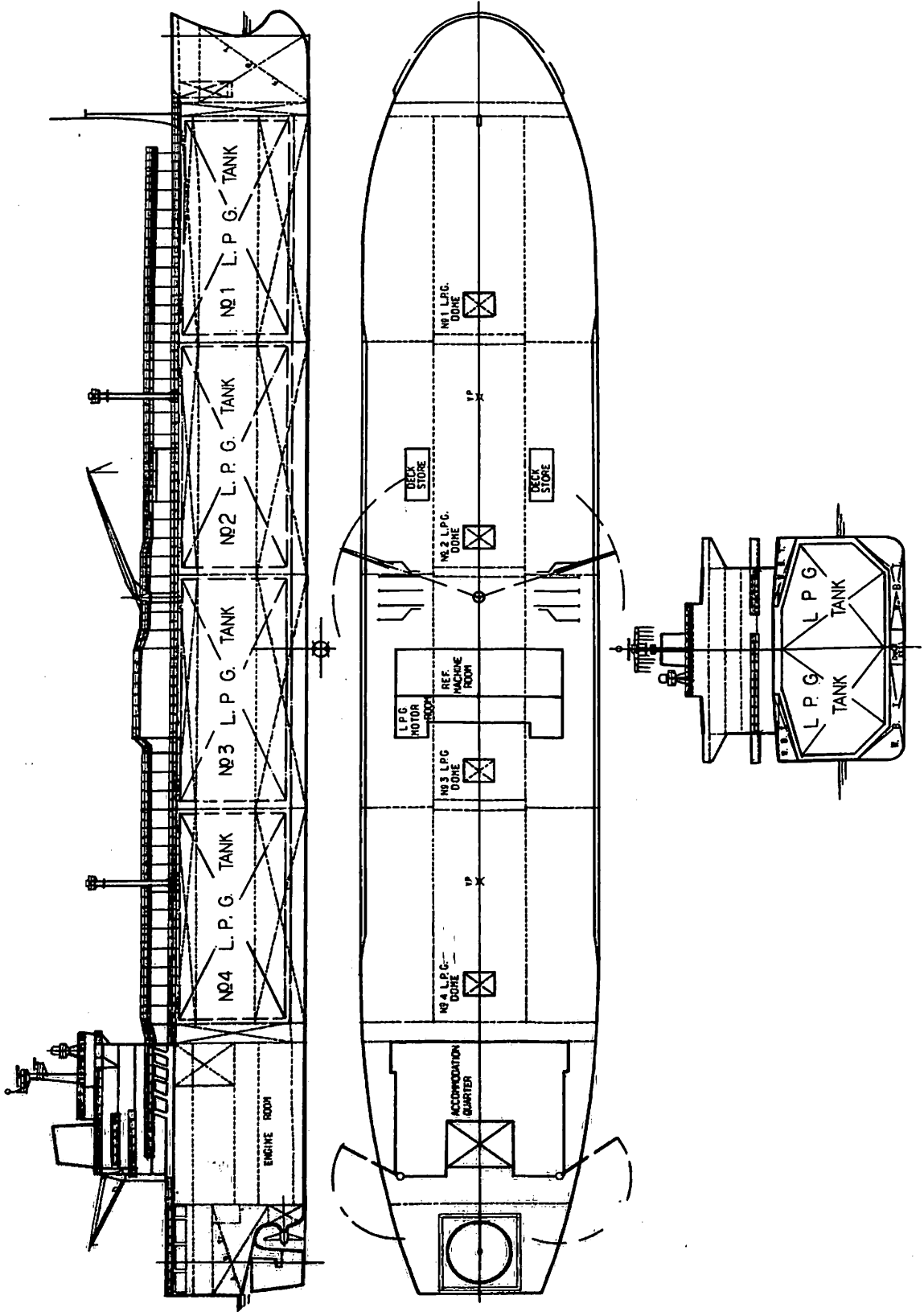
#### (3) バラスト管装置

バラスト配管は、リングメイン方式とし、二重底内のダクトキール内に配置している。バラストポンプ、バラスト管系弁は荷役制御室から遠隔操作可能である。

#### (4) 積付計算機

日立造船情報システム(株)製“LOADOMETER 500”を搭載し、船内作業の軽減と迅速性を図っている。

本機は、トリム、スタビリティ、縦強度計算に加えて、NKKK認定のLPGタンク容量計算が可能である。



くみあい船軸向け

77,500 ㎡ 低温式 L.P.G 船 “ほうらい丸” 一般配置図

日立造船・因島工場建造



## 4. LPG部

### 4・1 LPGタンクおよび支持構造

LPGタンクは、中心線縦通隔壁、横置制水隔壁、トランスリング等の主要部材にて構成された方形独立型タンクである。タンク頂部後方には、タンク内のパイプ類貫通および通行用のためにドームと呼ばれる突起物を有し、ドーム直下のタンク底部には貨液揚荷を容易にするためのウエルを設けている。これらタンク部材の材質は、低温じん性の優れたアルミキルド鋼 (KL24B) である。

LPGタンクは、重力加速度のほか船体運動により、前後、左右、上下方向の加速度を受ける。このうち横運動は、タンク頂部および底部の中心線上に設けられたショックにより、前後運動はタンク頂部および底部のタンク中央部制水隔壁上に設けられたショックにより移動を防止している。タンク底部全域に設けられたサポートが、タンクおよびLPGの荷重を支持する。また外板の損傷によるLPGタンクの浮き上りを防止するため、タンク頂部にはアンチフローティングショックを配置している。

LPGタンクは、IMOガスコードの“独立形タンクタイプA”として設計されているが、タイプBタンクで実施されるような疲労・破壊解析などを駆使して、安全に対しては万全の配慮を払っている。

また、LPG船では多港積み/多港揚げ等のニーズにより、スラック積みの機会が多くなることが予想されるが、本船はいかなるスラック積みに対しても問題なく運航できる設計となっている。

### 4・2 LPG諸管装置

#### (1) 荷役装置

プロパンおよびブタンの2種類の貨液を同時に荷役できるように、液およびベーパー管をそれぞれ2系統設けている。また、ベーパー管のない陸上タンクおよび常温加圧式タンクへも揚荷できる設計となっている。

LPGポンプ 電動サブマージド型

600 m<sup>3</sup>/h×100 m 9基 (内1基予備)

ブースタポンプ 電動渦巻型

500 m<sup>3</sup>/h×190 m 1基

LPGヒーター 水管式横型

1基

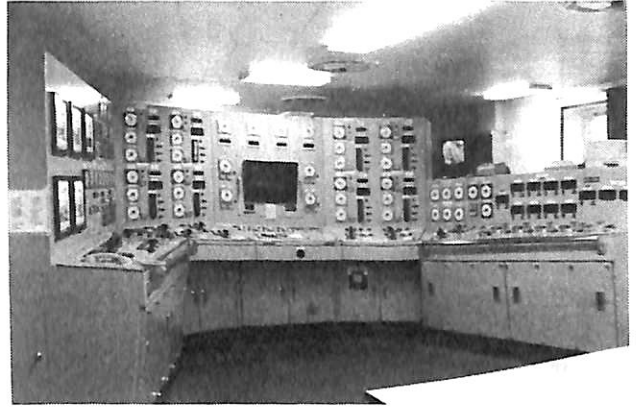
ベーパーライザー

1基

なお、液管にはSUS管を採用している。

#### (2) 再液化装置

外部からの侵入熱により発生するボイルオフガスおよ



荷役制御室

び積荷時に発生するガスを本船内で処理できるようにインタークーラ付直接圧縮海水冷却式再液化装置を4基設けている。

再液化圧縮機 1,036 m<sup>3</sup>/h×21 ata

同上電動機 250 kW

再液化装置とLPGタンクが一对一の対応で運転できるように、ベーパー管とコンデンセイトリターン管は独立配管システムの設計となっている。従って、発生したボイルオフガスは、その該当するタンクに全量戻せるので、オーバーフローする心配はない。

また、本装置の容量制御は、機側操作に加えて、荷役制御室からも遠隔制御できる設計となっている。

#### (3) 計装および安全装置

荷役の集中監視・遠隔制御が、安全かつ確実に少人数でできるように、荷役制御室を居住区内に設け、LPG/バラスト制御盤の設計には工夫を凝らしている。

また、荷役制御室には、陸上連結管付近を常時監視できるようにモニターテレビを設けている。

#### (a) LPG/バラスト制御室

1人の操作員で集中監視・遠隔制御できるように、制御盤の形状、操作スイッチおよび計器の表示・配置に種々のアイディアをおこなった設計となっている。

特に、20インチカラーCRTを設けて、荷役中ならびに航海中の貨物状態、LPGタンクおよび主要機器の作動状況、時間経過状態を各種の画面にグラフィック表示、アナログ・デジタル表示し、一目で把握できるようにしている。

また、カラーハードコピーを組んでいるので、CRTに表示したものをそのまま記録することができる。

#### (b) ガス検知装置

インターバリアスペース、再液化装置室、電動機室、



機関制御室

エアロックスペース等にガス検知端を設け、接触燃焼式ガス検知器により常時LPGガス濃度を監視している。

(c) イナートガス発生装置

LPGタンクのイナートティング、インターバリアスペースのイナートティングおよび補充用にイナートガス発生装置(7,000 m<sup>3</sup>/h×0.25 kg/cm<sup>2</sup>G)を1基設けている。

5. 機関部および電気部

本船の推進機関は、日立造船B&W 7 L80GBE型ディーゼル機関1台に、1個の推進軸系を直結したプラントである。主機関は、6000秒(R.W. No 1)までの低質油を使用できるように計画されていると同時に、ディーレーティングを行ない燃費の向上を図っている。

発電設備として、ターボ発電機1台、ディーゼル発電機3台、補助ディーゼル発電機1台および非常用発電機1台を装備している。

通常航海中は、ターボ発電機および補助ディーゼル発電機の並列運転とし、再液化装置を使用するときは、ターボ発電機およびディーゼル発電機1台の並列運転としている。

省燃費については、主機のディーレーティングの他、日立造船2段圧力式排エコ・ターボ発電システムの採用、ディーゼル発電機用A/Cブレンダーの装備、可変流量式冷却海水ポンプの採用、主機冷却清水による居室の暖房等、種々の対策を行なっている。

以下に主要目を示す。

主機関	日立造船B&W 7 L80GBE型立単動2サイクルクロスヘッド型過給機付自己逆転式ディーゼル機関	1基
連続最大出力	19,400 P S × 106 rpm	
常用出力	16,500 P S × 100 rpm	

ターボ発電機 1台

原動機 復水式多段直結蒸気タービン  
蒸気状態：入口 5.5 kg/cm<sup>2</sup>g, 240°C  
排気 710 mm Hg V

発電機 交流ブラシュレス式内冷横全閉形  
容量 750 kVA (600 kW)  
A C 450 V, 60 Hz, 3 相

ディーゼル発電機 3台

原動機 立形直列4サイクル単動トランクピストン型過給機付ディーゼル機関  
出力 1,500 P S × 720 rpm

発電機 交流ブラシュレス式自己通風横防滴形  
容量 1,250 kVA (1,000 kW), A C 450 V, 60 Hz, 3 相

補助ディーゼル発電機 1台

原動機 立形直列4サイクル単動トランクピストン型過給機付ディーゼル機関  
出力 490 P S × 720 rpm

発電機 交流ブラシュレス式自己通風横防滴形  
容量 412.5 kVA (330 kW)  
A C 450 V, 60 Hz, 3 相

補助ボイラ 船用乾燃室丸ボイラ 1基

蒸発量 6,750 kg/h  
蒸気状態 圧力：8.5 kg/cm<sup>2</sup>g 温度：飽和

排ガスエコマイザー 強制循環フィン付舵管、日立造船2段圧力式 1基

蒸発量 3,250 / 900 kg / h (合計 4,150 kg / h)

蒸気状態 圧力：6/4 kg/cm<sup>2</sup>g 温度：245°C/飽和  
プロペラ ニッケルアルミニウム青銅製5翼一体キール式 1基

機関部自動化 NK-M0・Aを適用し、本規則の要求する制御および監視装置を装備

使用燃料油 主機関低質燃料油系統は、粘度R.W. No 1 6,000秒(38°C)以下のC重油使用が可能な設備を有する。

6. 航海計器・無線装置

下記を装備している。

(1) 航海計器	
ジャイロコンパス	1式
オートパイロット	1式
音響測深儀	1式
電磁式測程儀	1式
レーダ装置(SおよびXバンド)	2式
衝突予防装置	1式

方位測定機	1式
ロランC受信機	1式
N N S S受信機	1式
自動航法装置	1式

(2) 無線装置

主送信機 (1.2kW)	1式
補助送信機	1式
主受信機	2式
補助受信機	1式
国際VHF無線電話	1式
国内VHF無線電話	1式
ファクシミリ	1式
海事衛星通信装置	1式
400MHz 船上通信装置	1式

### 6. おわりに

因島工場における建造工事完了後、丸善流通サービス(株)堺LPG基地へ回航し、実LPGを使用したガステストを行ない、LPGタンク、防熱、LPGポンプ、再液化装置などの諸設備および計装の全てにわたり、良好な性能を有することを確認した後、船主に引渡しを行なった。現在は、ペルシャ湾～日本間の航路に就航し、順調な運航を行なっている。本船の今後の活躍を期待するものである。

本船の計画・建造にあたり、船主、管海管庁、日本海事協会ならびにメーカーの皆様には、計画当初より終始適切なご指導とご協力をいただいた。ここに誌上をかり深く感謝の意を表すると共に、本船の航海の安全と、乗組員ご一同のご多幸をお祈りする次第である。

技術短信

技術短信

### 早期石油生産設備用 SRMシステムを新開発

日立造船は、このほど米国のモービル SHIPPING AND TRANSPORTATION COMPANY社 (Mobil Shipping and Transportation Company) と共同でシールレスローテティングマルチパスマニホールド (SRM : Sealless Rotating Multi-Path Manifold) システムを開発した。

このSRMシステムの基本的な構想はモービル社の考案によるものであるが、実用化において同社がモービル社と共同開発し、同社はこのほど当システムを独占的に製造・販売するライセンス契約をモービル社との間で締結した。

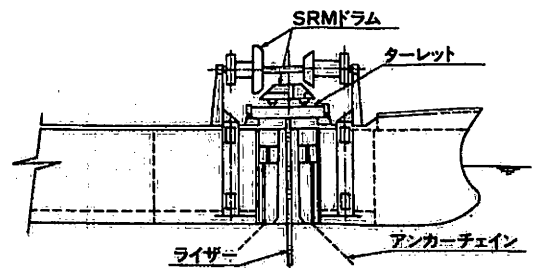
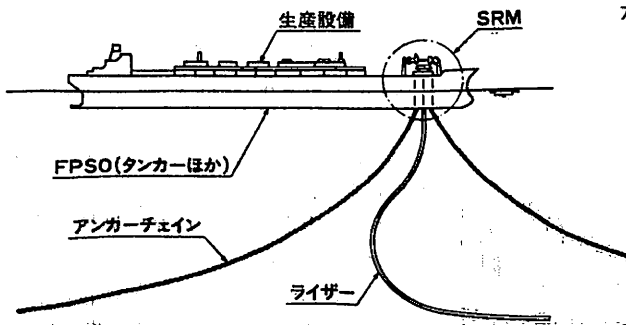
このSRMシステムは、タンカー方式の浮体式早期石油生産システム (FPSO : Floating Production, Storage and Off-Loading) と油井からのライザーの

間を結ぶ新しい接続方法である。

このSRMシステムをFPSOに適用する場合の特長は次のとおりである。

- (1) 生産ラインにスィベル (回転継手) を必要とせず、高圧ホースを使用することにより、従来のスィベル式での耐圧250kg/cm<sup>2</sup>よりも高圧の石油、ガスを安全に移送できる。
- (2) 水攻法やガス攻法で注入圧力が350~400kg/cm<sup>2</sup>を要する石油、ガスの2次回収法に使用することができる。
- (3) ターレット保留システムにより一点保留の場合と同様船体は自由に回転できる。
- (4) 生産ラインの数と寸法を適当に設定すれば広い範囲の流量ならびに作動圧力に対応させることができる。

なお、同社とモービル社は、現在日産5万バレル (8,000 m<sup>3</sup>) および10万バレル (16,000 m<sup>3</sup>) のガス攻法ならびに水攻法用生産ラインを含む場合の詳細設計を行っている。



シールレスローテティングマルチパスマニホールドシステム

## 北前船“辰悦丸”の設計と建造について

寺岡造船株式会社 設計部

### 1. “辰悦丸”の建造経緯

東洋一の雄姿を誇る大鳴門橋は、昭和51年着工以来9年の歳月を経て、去る6月8日淡路島にとって待望久しい開通式を無事迎えることになった。

この橋の完成を祝うと共に、新しい島の発展を目指し兵庫県が、県と地元1市10町が主催する“くにうみの祭典”（4月21日～8月31日）が開かれた。

昨年夏、この祭典の準備が始まったころ、当社社長寺岡義一に兵庫県庁内にうみの祭典実行委員会より、造船と海運の分野から祭典に何等かの協力の依頼があった。

県政を携わる坂井時忠知事と寺岡社長とは、古くからの友人でもあり、また、同氏の県政に全幅の信頼を寄せており“くにうみの祭典”に協賛し、地元商工業のいささかなりと景気浮上に繼がればと念願、祭典に協力し、あわせて淡路島の発展に役立てることができればと考え、淡路島が生んだわが国の海運の先駆者、高田屋嘉兵衛の北前船実物大再現を決心したのである。

### 2. 設計と本船主要目

“辰悦丸”は、今を去る190年前、高田屋嘉兵衛、27才の時、出羽国庄内（現在山形県）で建造されたと記録されており、しかも明治の末期に、大和型船は西洋型に



ダグボートに見守られ帆に風を受け6ノットで走る“辰悦丸”

変わっており、船型についての当時の設計資料は皆無に等しく、紆余曲折した。

以下、本船の主要目概要と工程を記す。

#### 2・1 主要目

全長	30 m
最大幅	9 m
船首の高さ	5.7 m
船尾の高さ	7.4 m
船中央の船舷（ふなばた）の高さ	3 m
甲板からの帆柱の高さ	20 m
最大帆幅	16 m
積高	250 石

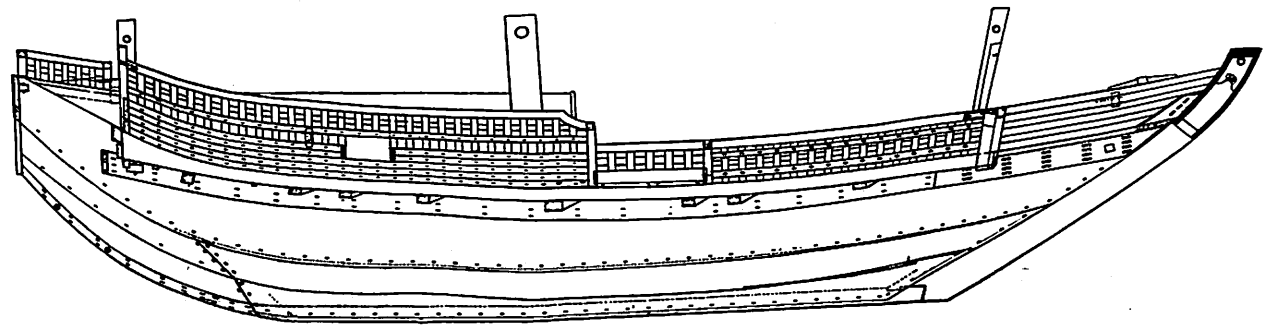
#### 2・2 工程

建造着手	昭和59年7月24日
起工式	“ 12月7日
進水式	昭和60年3月24日
会場据え付	“ 3月25日
完成竣工	“ 4月10日

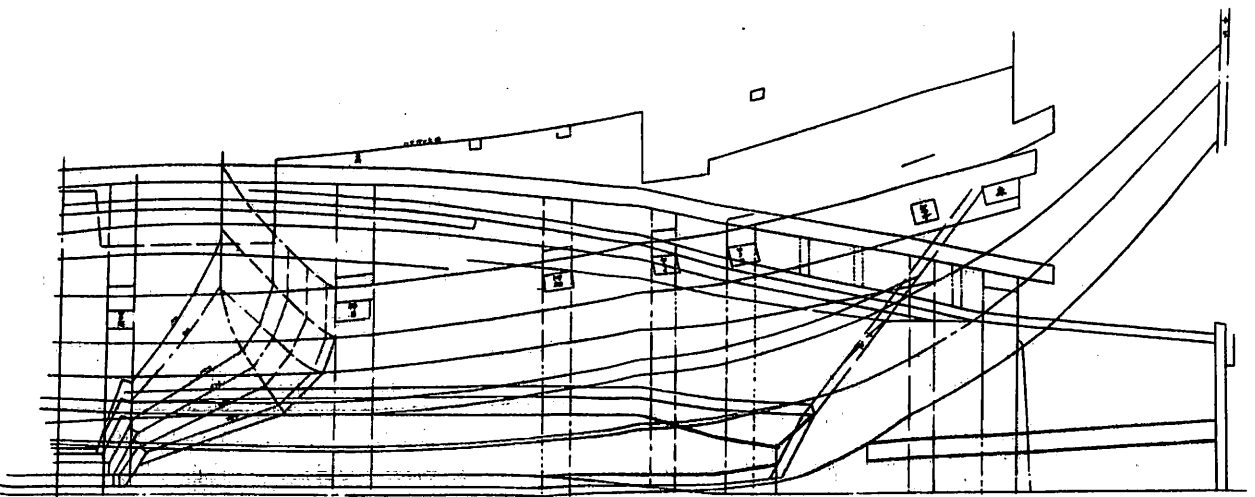
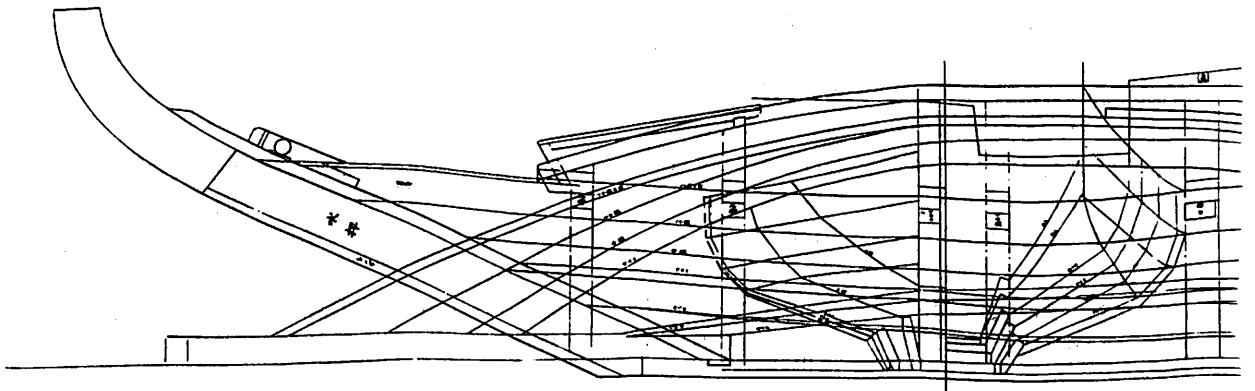
舟大工と云われた和船建造時代は、その地方の有名な棟梁は、板に十分の一の縮尺図を書き、その船を建造する間、手ばなせず常時所持していた。次代を継ぐ一番弟子以外に伝授しなかったため、仕事は教わるのではなく盗むものであるといわれた。そうした時代のものだけに資料蒐集に時間を費してしまったが、現在当時の面影が残る神社仏閣の絵馬、あるいは製作者の主観による縮尺模型やら郷土資料館の1/10模型等によることになった。

何れにしても、信憑性に乏しく設計の段階でことごと行詰ってしまった。こんな折、幸にして神戸商船大学の松木教授のアドバイスを得、曙光を見、更らに海上保安庁の水路誌を取り寄せ、根室海峡、守谷海峡、津軽海峡および、北海道全沿岸の海象、気象、潮流、波高波長調査、資料とマッチングさせ、やっと2ヶ月後に船図の作成に入ったのである。

北前船は明治の末期になくなった船ではあるが、完成された和船と云っても過言ではなく、



北前船“辰悦丸”一般配置図



北前船“辰悦丸”船体線図

こうして船首から船尾までのフレーム毎のナックル点、上部貫通甲板の高さ、船首楼の高さ、キール巾と深さ、風の風圧と舵の面積等のデータを次々と入手作図にかかった。

こうして県からお話があつてから、線図の作成に想わぬ時間を費してしまった。

線図作成と同時に復原資料の計算に入り進水式に備えて、重量重心計算、船首、船尾の常備喫水を予め算出して、バラストの調整に万全を期しておいた。

### 3. 建造と木艦装技術の駆使

設計から得た線図を現図工場等で等寸大に作図して、社長を交えて入念にフェアリング作業を行なった。いざ竜骨を据付けける段となり、明治の末期になくなった船であるため図面が出来たからとて、見たこともない船を造る勇氣のある舟大工はなく、当社の特殊船専門の木艦装工7名と島内の年輩の技術者の応援を得て着工した。

当社は一昨年半年前から遡って3カ年、中小造船では珍しい輸出船の建造100パーセントと云う建造実績をもっており、こうした木艦装作業に従事していた工具達は、明治、江戸時代の舟大工に負けじと休日も返上して残業の連続で“くにうみの祭典”期日に間に合わたのである。

“辰悦丸”のような大型和船は建造技術からみて、こんど実物大でつくることはないかも知れない。昔ながらのノミと槌の音は一方で現代の100パーセント溶接構造のモダン船を建造する鉄の槌音と合まって一種異様な風景を作っていた。

### 4. 進水と帆走

進水式を前後して、新聞テレビで連日大きく取りあげていただいたためか、マスコミのほか全国から沢山の手紙をいただき木船の再現建造々船所での作業に従事したのとして社長以下従業員一同その反響の偉大さに驚き、また、励ましの言葉に感謝申し上げるものである。

南淡中学校プラスバンド部によるファンファーレに始まった進水式は、五色町の有志による昔ながらの“船おろし唄”の高なるなか紺碧の鳴門海峡へとくす玉を割って見事に進水した。

進水後、直ちに会場へ移動させねばならず、試みにタグの見守るところで、折からの西風をまともに受け約6ノットで帆走、順風満帆と云う表現そのもので、同乗の松本教授、県関係各位、報道陣の皆様方は、口をそろえて乗り心地の良さを強調された。

船首がただ波を切る音と舵を取舵、面舵にひねるときに出るキシム音とが、北海道に通ずる福良湾沖にギシノ

ギシノと、静かにこだましたものである。

### 5. 北前船（きたまえぶね）

江戸時代後半期に入り下関海峡を通して上方と北海道とを往復した船をさし、同じ頃の菱垣廻船と樽廻船が荷物を運んで運賃を得る形態をとって、いたのに対し、北前船は自分の荷物を運搬して売買する買積み船であり、場合によっては一獲千金の巨利を得ることがあった。

船の型は積載量をふやすため、最大幅の位置が前へ移動して、船首尾の反りが強いのが特徴となっている。

北前船とは別に大阪～江戸を結ぶ廻船として、垣立（かきたつ=波よけ）をひし型に組み、波をかぶることをさけたものを菱垣廻船と呼び、酒を早く紅戸に送れるように改良したものを樽廻船といった。“辰悦丸”は北前航路に就航し兵庫から酒、塩、綿糸、酒田（山形県）から米などをそれぞれ積込み箱館（現在の函館）に回航、帰路は北海道産のサケ、こんぶ、ニンジンなどを運んで兵庫で売りさばく航路に従事していたのである。

### 6. まとめ

“辰悦丸”は和船の完成したものとして伝説的な船となっている。こうした原寸大の再現によって大鳴門架橋後の新生淡路の地場産業の発展に継がれればと切望するものである。

去る5月21日に高田屋嘉兵衛をテーマにした、サンケイ新聞連載「菜の花の沖」を執筆された司馬遼太郎氏が来島され、本船をじっくり見学された。

同氏は「実物大でつくる大型和船は辰悦丸が最初で最後になるのではないかと、したがって“くにうみの祭典”終了後は大切に保存してほしい」と申された。このことは建造当時より、寺岡社長の意の中にあり、船自体としては25年間は大丈夫である。これも保存方法次第であるが「とりわけ大切に次の世代へと受け継いでほしいものと願うのは寺岡社長のみ願いでなく、淡路島の1人としてそう願ってやまぬものである。

本船建造に際しては、兵庫県坂井知事以下実行委員の皆様、神戸商船大学松本教授、神社仏閣の各宮司、住職、関係諸団体、その他関係各位に多大の御協力をたまわり誠にありがとうございました。今後共よろしく御支援下さいますようお願い申し上げます。

●船の科学刊行の本●（送料当社負担）

恵美洋彦・曾根敏・角張昭介共著

「ケミカルタンカー」 B5判300頁 5,000円

「続・ケミカルタンカー」 B5判424頁 7,500円

●規則を読む

# 有害液体物質を運送する自航船に対する安全規則

-USCG 46 CFR 153-

&lt;その5&gt;

編集部訳

## 貨物ベント装置

### § 153.350 B/3 ベント排気口の配置

§ 153.353に規定する場合を除き、B/3ベント装置は次の要件に適合する場所で排気しなければならない：

(a) 次に掲げるもののうち最も高い箇所

(1) 曝露甲板上6 m (約19.7フィート) の位置

(2) 曝露甲板上B/3の位置

(3) ベント排気口から水平に6 m (約19.7フィート) 以内に歩路がある場合は、歩路上6 mの位置

(b) 居住及び業務区域の空気取入口または開口から少なくとも15 m (約49.2フィート) の位置

### § 153.351 4 m ベント排気口の配置

§ 153.353に規定する場合を除き、4 m ベント装置は次の要件に適合する場所で排気しなければならない：

(a) 次に掲げのもののうち最も高い箇所から少なくとも4 m 上方：

(1) 曝露甲板；または

(2) ベント排気口から水平に4 m (約13.1フィート)

以内に歩路がある場合は歩路

(b) 居住区及び業務区域の空気取入口または開口から少なくとも10 mの位置

### § 153.352 B/3及び4 m ベント装置の排気口

B/3または4 m ベント装置の排気口は次の要件に適合しなければならない。

(a) 垂直上方に排気すること；及び

(b) 雨がベント装置に入ることを防止すること。

### § 153.353 高速排気装置

B/3または4 m ベント装置の排気口は、次の要件に適合する場合は曝露甲板上または歩路上少なくとも3 m (約10フィート) の位置になければならない：

(a) 排気は垂直で阻害されない噴流であること；

(b) 噴流は最小30 m/秒 (約98.4フィート/秒) の排気速度を有すること；及び

(c) 高速排気装置は司令部 (G-MTH) が承認したものであること。

### § 153.354 ベント装置入口

ベント装置はタンクが2%アレージまで満たされ、また、タンク船のヒール及びトリムがない時に貨物上のベールスペースで終結しなければならない。

### § 153.355 PVベント装置

表1でPVベント装置が要求される場合、貨物タンクはそのベント管にPV弁を備えなければならない。このPV弁はタンクと他のベント管との接続点の間に設けなければならない (2タンク以上に共通なベントライザのような場合)。

### § 153.358 ベント装置の通気容量

(a) PVまたはSR弁を含むベント装置のいかなる部分の通気断面積も、いかなる箇所においても内径6.4センチメートル (約2.5インチ) の管以上でなければならない。

(b) 表1で密閉型または制限型の計測装置が要求される場合、飽和蒸気が計画最大積み込み率時にベント装置を通して排出される状態で、貨物タンクのベールスペースと大気間の圧力差が28 kPa ゲージ圧 (約4 psig) または、独立タンクの場合、タンクの最大使用圧力を超えないことを計算で示さなければならない。

### § 153.360 ベント装置の制限

ベント装置には、§ 153.358で要求される通気断面積または通気容量を減ずるような装置を取り付けてはならない。

### § 153.361 複数の逃がし弁を有するベント装置から弁を取り外すための装置

複数の逃がし弁を有するベント装置には、次の要件に適合することを条件に (例えば修理のために) 弁を取り外すための装置を設けることができる：

(a) 弁の取り外しにより、ベント装置の逃がし容量が

§ 153.358 で要求される最小逃がし容量未満になることのないようインターロック機構が弁に設けられていること；及び、

(b) 弁が取り外された後の開口から貨物蒸気が逃げないような装置が設けられていること。

§ 153.362 ベント装置のドレン抜き

貨物ベント装置がいかなる箇所においても、§ 153.806 で許容されるすべてのヒール及びトリム状態において、貨物タンクと同じ高さ、または、貨物タンクへ下るようになっている場合を除き、貨物ベント装置には、ベント管の最下点（液だまり）にドレン抜きの弁を設けなければならない。

§ 153.364 ベント装置の支持

ベント装置の支持は、この章の§ 38.10-10(c)に適合しなければならない。

(a) この節の(b)項に記載されている場合を除き密閉型計測装置が要求される格納装置は、次の要件に適合しなければならない。

(1) 格納装置に積載することが認められた最も密度の高い貨物が溢れ出している時に生じる最大圧力に耐える

よう設計されたものであること；または、

(2) § 153.408 に適合する溢れ出し制御装置を備えること；または、

(3) 司令部 (G-MTH) が指示する要件に適合すること。

(b) § 153.525 または § 153.527 を引用する貨物を除き、制限型計測装置が要求される格納装置は、次の要件に適合するスピル弁を設けることができる：

(1) 司令部 (G-MTH) により特に承認されたものであること；また、

(2) 格納装置が耐えることのできる指定された貨物積み込み率における液体の溢れ出し中に生じる最大圧力を制限するものであること。

§ 153.368 圧力-真空弁

(a) 要求される圧力-真空逃し弁の圧力側は、3.5kPa ゲージ圧 (約0.5psig) 以上の圧力でのみ開き始めなければならない。

(b) 圧力-真空逃し弁は、この章の支編162.017の要件に適合しなければならない。

(つづく)

ニュース

ニュース

明石市立天文科学館へ「カラーレーダー」寄贈

古野電気株式会社では、明石市立天文科学館に、すでに昭和55年、同社製船用レーダーを寄贈設置しているが、白黒式の旧タイプであるため今回、より見やすい最新式の「カラーレーダー」と換装したものである。「カラーレーダー」は高輝度のため映像が鮮明となり、大勢の人が一度に見ることができるといったメリットがある。

特に本年は、明石市立天文科学館設立25周年に当たることから、その記念すべき6月10日に間に合わすべく、急きょ「カラーレーダー」を設置した。アンテナは時計塔の上部に、指示部は時計下の展望室(14階、海拔52m)に設置し、明石海峡を航行する船舶とレーダー映像の比較が一目でわかるよう配慮している。

同天文館には年間22万人もの来訪者があるが、小・中学生をはじめ一般の方々にもレーダーそのものを見ることによって、船用電子機器への理解と科学知識の向上の一助となればと考え寄贈したとのこと。

●寄贈「72マイルカラーレーダー」の概要

(1) 型式名：FCR-1411A-3型(定価170万円)



(2) ブラウン管：14インチ型カラーブラウン管、デライト表示、物標の反射の強弱により強赤、中黄、弱緑色で表示

(3) 探知範囲：1/4, 1/2, 3/4, 11/2, 3, 6, 12, 24, 48, 72

マイル

(4) 出力：10kW

(5) 周波数：9,140 MHz

(6) アンテナ：200cm型

問合せ先 古野電気株式会社 営業開発部宣伝課

〒662 西宮市芦原町9-52 電話 0798(65) 2111(大代)



●造船業の将来技術のために

# 造船業のCIMSについて

— Computer Integrated Manufacturing System —

(社)日本造船学会会長

藤 田 謙

## 1. はじめに

21世紀に向って、日本の産業社会構造は、高度情報化社会へ進化して行くものと予測されている。OA・CAD・FMSなどが進展して、企業のあり方も、企業内の仕事の方式も変化することは避けられない。しかし、産業社会がどのように変化をしていくかについて考えるための情報は少ない。その理由は、

- 変化が産業社会全体に及ぶ新しい事態であるため、予想が立てにくい。
- 先端技術は未知の分野の専門化された領域に細分化されており総合的視野を持ちにくい。

ことによるものと思われる。

しかし、全体の流れを読めば方向を予測することは可能であり、さらに、Strategyを持って国家的な見地から産業政策と技術開発を連動させて考えることが出来れば、未来は単に予測するものから、選択するものへ変化させることも可能な時代を迎えていると考えられる。小さな変化や一時的な現象に一喜一憂して、大きな流れを見失うと、時代のうねりに呑み込まれて、はげしい変化の前に狼狽するだけとなる。

日本の造船業を再活性化するためには、現在の企業体質を先端産業型の産業構造に対応する体質へ変化させることが必要であり、そのためには以下に述べるCIMS (Computer Integrated Manufacturing Systemの略)が有効な基盤技術であると考えられる、以下、問題の背景、技術の内容と現状を概観し、将来のあるべき姿とアプローチの方法について問題の提起を試みてみることにする。

## 2. CIMSを必要とする背景

先端産業型構造へ企業体質を改善して行くことは、成熟産業に共通する課題である。当面する主要なボトルネックは、

- 低成長化による需要の頭打ち
- 国際競争力の低下
- 貿易摩擦への対応

◦要員の高令化  
などである。これらの問題を解決するためには、

- 製品の量から質への転換
- 多品種少量生産の自動化
- 国際水平分業
- 事業の多角化

などの施策を実施することが必要となる。

現在、日本の造船業は、体質改善の具体策として、船舶の知能化、高信頼度化技術の開発と造船工作のロボット化技術の開発を、大型プロジェクトとして実施中である。造船業の対象となる製品は、巨大であり、かつ複雑な形状と構造を持っており、現在の技術では、産業用ロボットを有効に稼働させるために、膨大な量の制御用情報を準備することが必要となる。この問題を解決するために必要となる情報システムの構築も、現状のコンピュータ技術では、莫大な量のプログラムの開発と、大量の入力作業が必要ということとなり、総合化によるメリットの追求が困難な状況にある。

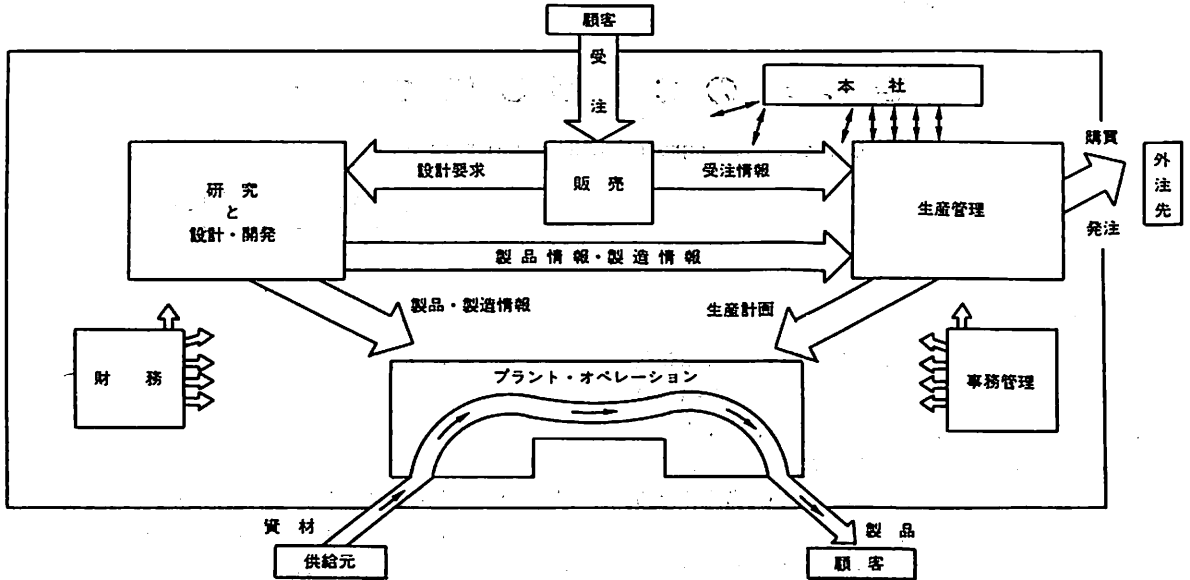
日本で造船業が21世紀に生き残るためには、長期間にわたる継続的な生産性の向上を実現していくことが必要である。このためには、現在の延長線上ではなく、新しい発想と新しい技術に基づく、抜本的な対策を立案し実施することが必要と考えられる。具体的には、

- 開発途上国の人的労働力と先進工業国の機械労働力のコスト競争
- 知的生産性の向上策による高性能・高信頼度製品の開発力

について、国際的な見地からの比較優位性を保持しつづけることが目標となる。

すでに、先端産業分野といわれる電子・機械・航空宇宙などの業界では、多品種少量生産の全自動化を目標としたCIMSの技術開発が進行中であり、この技術を活用することによって、先進国においても高度な工業製品の低価格での生産が可能であることが明らかにされつつある。

わが国は、造船業として世界の50%のシェアを保持しつづけており、さらに、CIMSに関連する先端技術を



第1図 CIMSの概念図 (出典：IBM REVIEW 95, 1985より)

活用することに関しても恵まれた位置にある。造船業のCIMSに関する技術を開発し、システムを構築することについては、世界の中で最も恵まれた環境の中にあると考えられる。

### 3. 技術の概念と現状

CIMSは、米国で新しく生れた用語で、受注から引渡しに至るすべての企業活動—事業計画・設計・生産計画・自動化工場制御—をコンピュータで支援するシステムを意味するソフトウェア概念である。(第1図参照) センサー・ロボット・NC工作機器・コンピュータグラフィックスなどの要素技術の発達と融合して、CIMSの技術は、全自動超近代化工場の出現を可能とする。本文で用いる全自動化とは、技術的・経済的に実現可能な限界まで自動化された工場を意味するものとする。

米国の科学アカデミー委員会は、コンピュータの持つ潜在能力を活用して製造工業の生産性を向上させるためには、CADとCAM, LABAUTOとCADの二つの技術を合体することが不可欠の要件であるとの結論を出している。視覚と触覚を持った知能ロボットとNC工作機器を組合せることによって、部品点数が膨大で複雑な製品の全自動化生産が可能となる。21世紀の工場は、知能ロボットとNC工作機器が人間の労働者および管理者とチームを組んだ形態で運営されることになるものと予想される。容易にプログラムの組める反復作業は、自動化される。そして、高度な意志決定は、引き続き人間に

よって行われることになる。技術の進歩によって、システムは高度化して行き、自動化の範囲は、順次拡大して行く。

多品種少量生産の自動化を実現するためには、企業内における情報伝達の媒体を、図面からコンピュータ内部に構築されるデータモデルに変換することが必要となる。これによって、設計から生産に至る各種のシステム間の情報の流れの効率化が可能となる。最近の情報工学の進歩によって、コンピュータ内部に、対象製品の形状を数学的に厳密に写像するモデルを構築することにより、幾何学的な立体形状の取扱いが、データベース管理技術と同様に、アプリケーション・プログラムから分離独立させることが明らかとなった。

この技術は、ソリッドモデリングと呼ばれている。現在、基本的理論の研究が完了し、産業界での応用研究が始った状況にある。現在のコンピュータ技術では、コンピュータの能力面での制約がネックとなっており、また形状および構造表現能力にも制約が多く、対象としては、機械部品あるいは単純な単体機械を対象としたものが実用化されている状況にある。複雑な機械、大型の構造物などを対象としたシステムを実現するためには、新たな技術開発を必要としている。

造船業の対象となる製品は、自由曲面を持つ鋼板で組立てられた複雑かつ巨大な溶接構造物である。船体構造全体を、数学的に証明された厳密なモデルで表現するための研究は、理論的な研究がスタートした状況である。

この技術はCIMSとADDA (Advanced Design by Analysis の略) の共通の基盤となる性格を持つものである。造船工学と情報工学の接点領域の課題で、造船工学の新しい分野として今後の発展を期待している。

視覚と触角を持った知能ロボットに対する作業指示用情報の伝達方式は、全体のシステムとしての運営方式を検討して決めることが必要となる。人間の眼に匹敵する能力を持った視覚センサーの実用化は、近い将来には不可能であると予測されている。しかし、問題を限定し、ソリッドモデリング技術と人工知能技術を活用することによって、複雑な形状を人間以上の高精度で認識することは可能となる。この問題との関連で、工場レイアウトおよび工作用設備の変更の計画と管理は、工程計画作成支援用CADによって行われることが要請される。知能ロボットは、マルチ・マイクロプロセッサによる分散並列処理方式が採用される。制御用ソフトウェアとして人工知能処理技術は、重要な役割を持つことになるものと予想される。

「日経メカニカル」(1984.4.9)のこれからの5年で機械技術がどう発展していくかの特集によると、5年後3次元ソリッドモデリングの技術が確立し、その後人工知能技術を利用したロボットプログラミングおよび工程設計との統合化が開始されるものと予測されている。

CIMSの実用化に関連する先端のコンピュータ技術の開発は、現在、世界の主要先進国で、大型のナショナルプロジェクトとして進行中である。わが国では、

- 第5世代コンピュータの開発('82-'91)
  - ソフトウェア生産工業化システムの開発('85-'89)
- 米国では、国防総省の
- 戦略的情報処理計画：SCI ('84-'90)
- ヨーロッパEC共同体では、
- ESPRIT計画('84-'93)
- などが代表的なプロジェクトである。特に、ESPRIT計画ではCIMSの技術開発が、直接の重要課題として明示されている。

これらの技術の進歩によって、1990年代に入ると、システム化の目標は統合化によるメリットの追求と、人間の知的生産性の拡大がコンピュータ利用の新しい課題としてクローズアップして来る。技術的な困難は、電子技術の側面から、これらの新しい技術をどう使いこなして、どのようなメリットを実現するかという、アプリケーションのシステム設計技術へと移行して行く。システム設計は、組織制度、業務運営方式および技術者の再教育を含む課題となる。

#### 4. 技術開発の課題

CIMSは、第2図に示すように、これまでのCAD/CAMとは異なった技術基盤の上に組立てられる。前節で述べたようにコンピュータの世界はこれからの10年は、これまでの10年より更に激しい変化がおこる激動の時代となるものと予想される。90年代には、高性能・低価格化と言う量的な面の改善に、人工知能処理が可能と

第2図 CAD/CAMとCIMSの技術比較

	現在 CADとCAM	近い将来 CAD/CAM	次世代 CIMS
コンピュータ世代	第3世代 オンライン処理	第4世代 ネットワーク処理 (高機能マイクロプロセッサ)	第5世代 人工知能処理 (述語論理、並列演算)
通信	コンピュータと通信の結合	ローカルエリアネットワーク	デジタル総合化ネットワーク
ロボット	第1世代ロボット (プレイバック)	第2世代ロボット (適応制御)	第3世代ロボット (人工知能)
コンピュータグラフィック	ランダムストローク	ラスター カラー	高精細度 ハーフトーン
形状モデリング	2次元ワイヤーフレーム	3次元ワイヤーフレーム サーフェス	3次元ソリッド構造表現 (アプリケーションと独立)
ブレークスルー技術	データベース (アプリケーションと独立)	ワークステーション	エキスパートシステム

なるという質的な変化が加わった第5世代コンピュータが実用期を迎える。CIMSを導入するためには、基礎的な課題であるソリッドモデリングと人工知能処理の二つの技術を、産学官が共同して研究を行うことが必要となる。

ソリッドモデリングは、最近の情報工学の進歩によって生れて来た新しい技術で、幾何学的な形状の取り扱いをアプリケーションプログラムから分離独立させることが出来る重要な基本技術である。現在のCAD/CAMで実用化しているワイヤフレームモデルとサーフェスモデルは、立体の形状を正確にコンピュータ内部に写像出来ないという欠点を持っている。このため、アプリケーションプログラムで、この不足部分をカバーする方法が採用されており、このため、膨大な量のプログラムが必要となり、また、目的が限定されたシステムとなって、新しい要求に対する拡張が困難であることが明らかとなり、大きな問題となりつつある。技術の進歩に柔軟に対応するためのシステムとするためには、この問題の解決が必要である。ソリッドモデルは、3次元の実物体を、一意性をもって正確にコンピュータ内部に写像することを可能とするもので、形状に関する情報の完備性を持っていることから、幾何学的な形状の取り扱いを汎用のサブシステムとすることが出来る。そして、共通のデータベースを通して各種のアプリケーションで多目的な利用を実現できる。したがって、開かれた進化する型で統合的なシステムを構築するための中核となる性格を持つものとなる。

しかし、ソリッドモデリングは、形状表現能力に限界があり、さらに、多量の計算処理能力を必要とするという問題点をかかえている。船舶を対象とした場合、本格的に実用化するためには、自由曲面の取り扱い、曲げ変形の取り扱い、部材の構造の表現など多くの技術課題が研究課題として山積されている。

人工知能処理は、述語論理と並列演算をベースとした第5世代・コンピュータの核となる新しい技術で、エキスパートシステムはその代表的な適用分野である。エキスパートの専門知識を蓄積し、これを利用して推論を行い、問題の解決を行うことが目標とされている。代表的な応用例として、機器故障診断、医療コンサルテーションのような選択的意志決定の問題と、CAD、ソフトウェア開発支援などの設計的意志決定の問題があげられる。現在のコンピュータでは、大規模なシステムになると、コンピュータの能力及び処理方式に困難を生じるが、第5世代コンピュータではこれらの問題は解決される見通しである。

これらの技術は、造船業のCIMSを構築するための新しいシーズとなる技術である。造船工業と情報工学の接点領域の課題で、造船工学の新しい分野を形成して行く性格を持つものである。新しい技術は、新しい可能性を生み出す原動力である。

新しいシステム開発の目標は、経済性の実現である。先進国における工業製品として生き残るための条件として、他産業の例から考えると人件費の製品に占める割合を10%以下とすることが必要な条件となるものと推定される。この点から考えると、造船業のCIMSは、1990年代に現在の1/3の工数で生産可能な範囲まで、自動化を進めることが必要で、このための全自動超近代化造船所を実現することが開発の目標となる。

長期間にわたる継続的な生産性の向上を実現するためには、達成すべき目標は進化することになる。進化するシステムとして、目標とシナリオを設定し、ニーズに密着した技術開発を、新しいシーズと関連させて実施することが必要となる。質量両面のマイルストーンの設定が必須の要件となる。

このプロジェクトは、未来開発型の性格を持っているので、新しい型のプロジェクトマネジメント技術を確立することが必要となる。未来開発型のプロジェクトの事例としては、米国で行われたNASAのIPAD (Integrated Programs for Aerospace-vehicle Designの略)がある。この経験を研究して、新しいシステム開発の方法論を確立することは重要な課題となる。

## 5. 今後の課題

先端技術が華やかな発展を続ける陰で、在来型の成熟産業は相対的な地位の低下を続けている。造船業は、このような産業の典型の一つにあげられている。相対的な地位の低下は避けられないとしても、多くの雇用を吸収し社会基盤を支えており、絶対量としての社会への貢献は重要な課題として残されている。造船業は、現在なお国際競争力を維持し続けており、将来に向って新たな対応策を打ち出すことの意義は大きいものと考えられる。

先端技術の多くは、要素技術型であり機能案子型の技術である。したがって、その技術単独で産業社会を変革するものではなく、複雑な過程を経て、社会へ吸収され結果として大きな変化をもたらす性格を持っている。造船技術は、総合化技術であるといわれてきた。技術の体系からみると、流体力学、構造力学など何本かの要素技術の柱に支えられて成立しており、総合化技術は目に見えない所でノウハウとしてしか存在していない。超LSIを中心とする先端技術の発展によって、システム総合

化技術は、新しい技術分野としてその地位を確立し始めている。その可能性を先取りし、総合化技術を顕在化する方法論を確立する場として造船技術は絶好の母体となりうるものと思われる。

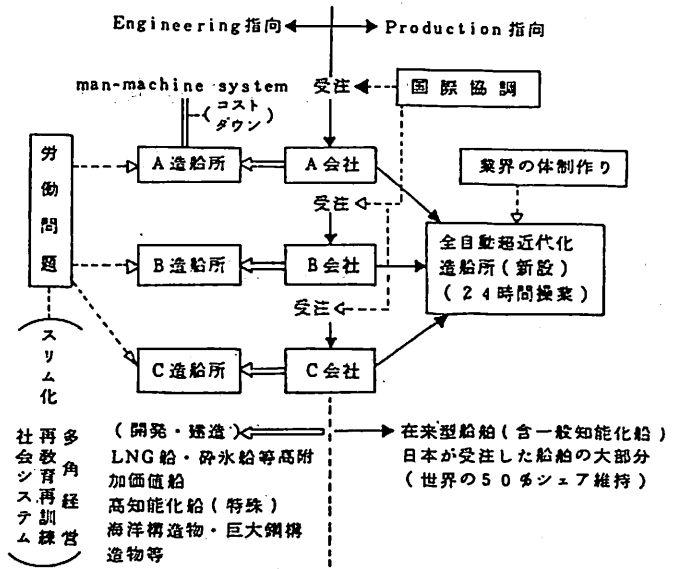
第3図は、日本造船業の将来のあるべき姿の一つの試案である。新しいシステム化技術をベースとして、エンジニアリング指向による重厚長大の新製品の開発を行うと同時に、プロダクション指向で高品質の船舶を低コストで建造することを可能としなければならない。このためには、自動溶接範囲の拡大、組立ロボットの利用、CAD/CAMの一貫化などを進め、最終的には、CIMSをベースとした全自動超近代化造船所を建設することが必要となるものと考えている。

これらの近代化施策の進展に伴って、種々の問題が発生することは容易に予想される。技術開発と併行して、雇用労働問題についても十分な検討を行うことが必要である。巨額な資金の投入が必要とされる全自動超近代化造船所の経済性を確保するためには、24時間稼働は必須条件となる。コスト競争で、内外の在来型造船所を上廻る経済性が確保出来れば、経済原則から、新しい造船業の分業体制の見直しと再編成が行われることになるものと予想される。

先進国型の産業社会構造の中で、製造工業が生残るための基本技術がCIMSである。しかし、この技術を使いこなすためには、産業組織の構造、企業経営のあり方、設計生産のメソドロジーなどを変更することが必要となる。その影響する範囲は、大きくかつ深い。CIMSの技術開発は、欧米先進国においても自国の製造工業の生き残りのための基本技術であるとの認識が一般化し、大規模な開発が、国家事業、国際協力事業あるいは大企業連合の形で進行しつつある。今後、安易な技術導入は期待出来ない状況にある。

CIMSのシーズとなるコンピュータ関連の先端技術の変化の速度は早く激しい。この分野で成長している先端企業では、研究開発投資が最も利益率が高いという体質を持っている。CIMSの技術開発にあたっては、先端技術開発の流れを読み、国家事業、国際協力事業、企業連合事業および自社の独自開発の最適の区分分けをすることが、投資の経済性を確保するための重要なポイントとなる。

世界的にみて、造船業を取りまく環境は厳しい。世界の中の日本という考え方に立脚しなければ、わが国の造



第3図 日本造船業の将来の構図

船業は存続し得ないものと考えられる。自由競争だけでは、次世代の産業構造の変革は乗り切れない。先端技術は、その本質を正しく生かして活用すべきである。全体の中で個々の主張を生かすという発想の転換を計ることが必要となる。この意味で、新しい協調と競争の原理を確立することが、技術開発計画の立案と連動する重要な課題となる。

造船業のCIMSは、造船業の将来に夢を持たせるための課題である。これを実現するためには、従来の方法とは異質のStrategyを持った取り組みが必要となるものと考えている。新技術開発競争は、激化の一途をたどり、その優劣が産業として、また企業としての優勝劣敗の鍵を握ることになる。

本解説は、筆者が日本造船学会将来技術検討委員会の場で討論された事項をベースとして私見を入れて、問題提起の形で取りまとめたものである。明日のための今日の課題は大切である。造船業のCIMSの開発にStrategyを持って着手することが必要な時期を迎えているものと考えている。

●お知らせ

東京・船の科学館にて10月10日～12月8日まで  
**特別展「豪華客船」—その夢とロマンを開催**  
 内容：だれでも一度は乗ってみたい豪華客船。多機化するレジャーの中でも、根強い人気を持つのが船旅である。古今東西の有名客船を紹介しながら、楽しい船旅を各種の展示で紹介するもの。問合せ先番03(528)1111

## 船舶における防蝕技術の芽生え

濱田外治郎

### 1. 船舶における近代防食技術の芽生え

何ごとにおいても、始めがあるように船舶においても、その歴史の中で近代防食技術の芽生えをいくつかを散見することが出来る。船舶が木船から鉄船にうつりかわる過程において、当時貴重であった鉄材の防錆・防食の必要性が生じた。鉄をはじめとする金属が腐食する原理などについて全く未知であったらうこの時代に、先人達によって鉄を防食するためのいくつかの試みがなされている。その中で近代防錆・防食の歴史の一頁に残るいくつかの事例を年代順に紹介しておこう。

現在では、防錆・防食技術は開花期をむかえ、新しい技術開発が行はれる一方、或るものは公害や環境問題の改善や対応をせまられているものもあり、古きものの見直しや再検討を行なっている技術分野もある。歴史はくり返すといわれるが皮肉なものである。

#### 1・1 船底の防食・防汚と電気防食のはじまり

1806年、イギリスの化学者ハンフリー・デービーは、当時木造の船底が虫食いなどで腐朽するので、虫の付着するのを防止するために銅板が張られていたが、この銅板の耐久性を延ばす方法として、鉄片を陽極として取り付ける見解を発表し、船底銅板に対する電気防食の実施をイギリス学士院に提案している。

その結果1824年イギリス軍艦サラマンダ号の銅張り船底外板に、鉄を陽極（アノード）として取り付ける工事がポーツマス軍港で行はれ、翌1925年にその効果が確認された。（註：船底銅板の腐食は防止出来たが、銅イオンの溶出が止まったので逆に海水生物付着防止の目的は達せられなかったであろうと推察される）

デービーは、さらに木造船に取り付けられた鉄製プロペラが海水中で腐食が著しいことに着目し、亜鉛板を陽極、鉄製プロペラを陰極（カソード）とする電池作用による電気防食の有効性を提言している。

デービーが提言し実証した、海水中の銅の防食には鉄、また鉄の防食には亜鉛を犠牲陽極とする技術は、今も尚、熱交換器（各種冷却器・復水器）や、船体外板、プロペラ、バラストタンクの電気防食の基本技術として生きつ

づけている。

#### 1・2 日本における洋式塗装のはじまり

1843年、イギリスでグレートブリテン号が鋼船第1号として建造されたが、当時世界の船舶はまだ木造船が主であった。1853年、ペリーがアメリカ海軍の軍艦4隻をひき米国使節として来日した。この軍艦を当時の日本人は「黒船」と呼んだが、一部に鉄材を使用した木造船であった。このときアメリカ使節の接見場所に当てられる交易談判所（横浜）の設備を洋風にするため、米艦ペンドリリア号からペイントと油をわけてもらい、江戸浅草



我国塗装発祥之地記念碑

の波塗り職人町田辰五郎が洋風に塗装したのが1854年（安政元年）の2月6日のことであったという。これが日本における洋式塗装のはじまりといわれている。この話は、口伝えでペンキ職人の間に残っていたもので1925年（大正14年）町田辰五郎の50回忌法要が営まれた際、子孫らによって『本邦ペンキ塗装由来記』が私家版として発行され初めて公表された。

神奈川県内の塗装業者は共同で、昭和33年5月3日、横浜市中区元町の元町公園内に“我国塗装発祥之地記念碑”を建てた。すくくと天に向かって立つた三角すいの4m余の記念碑は業界の向上を象徴したものといわれている。

#### 1・3 タールによる船体の保護と銅板による防汚

1854年（安政元年）ロシアからの使者プーチャンが長崎に来航して来た船は、木造の船体にテール（タール）をひたした厚紙を張り、その上に銅板を張っていたと伝えられる。

わが国で最初にコールタールを工業的に製造したのは江川担庵であった。彼は1854年、下田に反射炉を設け、これに使用するために石炭の乾溜を行なった。コールタ

ールを回収し、これを造船（木造船）に使用した。安政元年（1854年）露国軍艦 ジャナ号が駿河湾で沈没した際、担庵はこの代船を伊豆の戸田港で建造したが、その際に葦山製のコールタールを使用して提督ブーチャンを驚かせたという。（財団法人日本芳香族工業会『芳香族及びタール工業ハンドブック』昭和53年12月）

黒船来航5ヶ月後の11月2日、幕府は浦賀奉行・中島三郎助らに命じて浦賀の地で洋式大型第1船“鳳凰丸”の建造に着工し、翌安政元年（1854年）5月7日にわずか半年の短期建造を達成した（L：36.4 m，B：9.1 m，d：6.4 m，竜骨の長さ32.4 m，3櫓バーク型）。船体外板は総朱塗で喫水下の船底には背銅板が張られ、外観は緑色を呈している。（鳳凰丸：松井邦夫『海と安全』昭和53年5月、「絵で見る日本船史」）

時代うつって、鉄船の防食にタール系塗料が用いられ、さらに今日ではタールエポキシ樹脂塗料として発展をとげ、船舶および海洋鋼構造物のような海水、海洋環境における重防食塗料として有用されている。

船体没水部の防汚方法として、今日最もよく知られているのは亜酸化銅系防汚塗料や有機毒物系防汚塗料が主流となっているが、がんこな Fouling を受ける熱帯海域で操業している漁船の外板に、706 Cu 合金（Ni 10%，Fe 1.4%，Mn 1%以内，88% Cu）を構造材、防汚材として適用し、鋼製ろっ骨の電食防止に、タールマステックに塗装が行われていることが、昭和53年7月、財団法人日本船用機器開発協会が“世界各国の海運造船の新技术とこれから”第35回において、Cu-Ni 合金を外板に使用した漁船の実例を紹介している。

1・4 セメント製、船体構造のはじめ

今日、コンクリート製バージの船舶建造技術が云々されているが、1855年フランスのJ.L. ランボーは鉄の金網で小型船の原型をつくり、この上にセメントモルタルを塗った新しい小舟の製法をパリの万国博に出品し紹介している。コーティング材料の未開発の時代のプラスチックタンクや鋼製水タンク内面の防食には、セメントライニングが主流であり、明治、大正、昭和と長い時代に亘って適用されて来た。それは年に一度のメンテナンスを行う水セメント工法というものであった。

船舶の淡水タンクの防食に、フェノール樹脂系、ビニール樹脂系、エポキシ樹脂系塗料が適用される少しく前には、水溶性樹脂エマルジョンを添加した水セメント工法が、セメントライニングのタンク面への付着性向上策としてしばらくの間適用され、現在では耐水性良好なコーティング材が主流の位置を保っているが、その初期には、

給水中への溶剤臭の移行や、以前とは異なり給水中へのCa<sup>++</sup>の溶出がないため、Znメッキ配管系で、Zn層の溶解が早まり、赤水対策の必要性からソディウムヘキサメタフォスフェート“Na(PO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>”等の添加剤が出現した。従来は水セメント塗装タンクではセメント中のCa<sup>++</sup>が給水中に溶出するために、鉄管内やZnメッキ層の耐久性が保持されていたことに気付く技術者がどれだけのいるだろうか。

10年位前（1970年代）にヨーロッパ系船主で、いまだにセメント塗装を支持する船主と出合ったことや、“カルシットエナメル”と称するセメント系の水タンク塗布材が存在し、水セメント同様実用したことを今も忘れられない。

1・5 銅張り上部構造、銅の耐食性保持には鉄が不可欠であるということ。

(1) 1856年（安政3年）幕府は日本最初の洋式軍艦“旭日丸”L：36.58 m，B：9.75 m，d：9.32 m，日本櫓帆バーク型石川島造船所につくらせ、3年がかりで完成させた。この船の上櫓（やぐら）を銅張りにして木材を腐らぬようにすることを考えた記録が残っている。（田村栄太郎、『日本工業文化史』140頁）

翌1857年（安政4年）に徳川幕府が長崎でドックをつくり、1866年（慶応2年）には英国船の船底修理を行なっている。

(2) 昭和35年頃、船舶の海水配管系にP.V.C.管が採用され、管の耐久性は立証されたが、間もなく銅合金製バルブの腐食事故が多発し、耐海水性の良いバルブおよび内面コーティング方法が検討される一方、図1に示すような鉄磁性管挿入方式が採用された。

(3) 海水冷却熱交換器における防食

昭和20～35年頃迄の熱交換器の腐食は、コンデンサーカバーの内面腐食（F.Cの場合には黒鉛化腐食、一般腐食）、熱交換管においては、拡管部における腐食や、インフレットアタックが主であった。

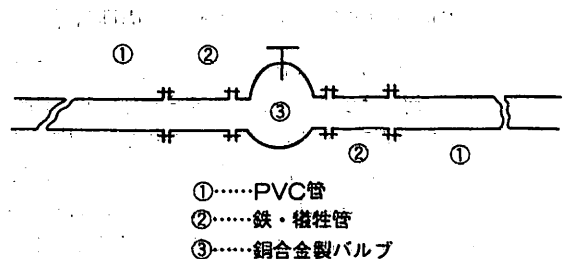


図1 鉄磁性管挿入方式

その対策としては、純鉄、Zn等のアノード防食が主流であった。ネオブレン、エポキシ樹脂、コールタールエポキシ等のライニング、コーティング材が開発され、海水導入管路、パイプライン、熱交換器の鉄部分の完全防食が達成されつつあるとき、銅合金製熱交換管の腐食例が多くなって来た。

一部の研究者は耐海水性良好なコンデンサーチューブの開発に、一部の研究者は、汚染海水の影響による耐食性の低下であるとして、その対策として、Cu管の内面に $\gamma$ -FeOOHの膜を形成する方法が有効であるとして、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を海水冷却水中への添加が行われ、更にFeをアノード溶解させて生ずる $\text{Fe}^{2+}$ をCu管内面に付着させる方法、電解 $\text{Fe}^{2+}$ 供給防食法にまで拡大した。

銅の耐食性保持のためには鉄が必要であることは1・1でも述べたが、150年後の現在でも、鉄の防食には亜鉛、銅の防食には鉄が不可欠であるということが生きている。

#### 1・6 日本におけるさび止め塗料第1号

1885年(明治18年)8月14日、日本で特許法が制定された。その第1号として、東京・京橋の彫刻師堀田瑞松(1837~1916)の「さび止め塗料および製法」が許可されている。このさび止め塗料は生漆(きうるし)、鉄粉、鉛丹、油煤、柿渋、酒精、しょうが、酢、鉄漿(てつしょう、オハグロ)などを混ぜたもので、船体の防食に使われた。

この頃までの日本では鉄製の大型航洋船を作る能力はなかった。日清・日露の両戦争の軍艦はすべて外国製で主として鍛鉄であったが、1890年船舶検査会社ロイドの基準に塩基性ジューメンス・マルテン平炉で精錬された平炉鋼が望ましいとされた。この頃から軍艦や大型航洋船をはじめ、各種の鋼船がたい頭しはじめた。その結果船体の腐食防止や海水生物付着防止という必要性が生じ、未知の分野に先駆者が取り組んで行ったのである。

### 2. 日本における船舶の腐食・防食の研究活動

金属材料の腐食防食の研究は、大正時代には、遠藤彦造氏、昭和初期には山本洋一氏らの活躍が見られ、わが国の防食技術の核をつくられている。特に船舶の腐食防食問題の研究については、海軍造船中將、海軍技術研究所長、東大総長などを歴任された平賀 譲氏(1878~1943)の発創により、鉄をはじめとする金属の腐食防止研究の必要性から、昭和8年、日本学術振興会に腐食防止の研究を行うため、第9常置第5小委員会が設置され

た。前記の山本洋一氏もこの委員会の委員として依頼を受けて参加している。

この研究委員会は戦時中も活潑な活躍をつづけ戦後は、化学機械腐食防止小委員会として再発足、まもなく腐食防止97委員会として、文字通り日本における腐食防食研究活動の草分け的な役割りを果たした。現在でも学界および、業界における斯界の代表的方々の中に本会および、なんらかの形でこの委員会と関係をもたれた方々も多い。

戦時中であつた昭和18年、当時海軍技術研究所の宮川秀人氏は、艦船の不燃性塗料の研究において、金属亜鉛末と水ガラスからなる珪酸亜鉛系塗料を完成した。

海軍大臣から特許出願されており、現在のジंक・シリケート系塗料の我が国における先がけをつくったことを知る人は少なくなっている。

日本の造船界は、戦後の5~6年は空虚な時期がつゞいたが間もなく、船舶建造に曙が見えはじめて来ると、造船技術の一よくとして、船舶の防食技術もこれとともに、やがて開花期をむかえることになって来た。

鋼は空気中でも、結露や降雨によりさび易いが、船舶は常時海水中を航行し、塩分を含む雰囲気さらされるので、適切な防食の有無はその耐久性に影響するところが大きい。したがって鋼船の歴史は腐食との戦いの歴史でありこれからもそうであろう。

#### 2・1 日本造船研究協会の研究活動

昭和27年に、日本造船研究協会が創立され、船舶の性能、構造、建造法等と同様に船舶の腐食防止も重要な課題としてとりあげることになった。昭和29年以来、船舶の腐食防止を目的とした研究委員会が、造船内に設置され、SR20(昭和29年)、SR27(昭和30年)、SR42(昭和33年)、SR50(昭和35、36年)、SR75(昭和39、40年)……以降今日迄船舶の防食・防汚に関連する諸問題を採り上げ、これを会員である、造船所の他、船主、大学研究機関等の協力を得て強力に進め、その時点における有効な防食手段や防汚方法を船舶業界にもたらしている。

この研究委員会は今後も船舶の防食・防汚技術の発展のために、これからも大いに期待出来る結果をもたらすであろう。

#### 2・2 生産技術協会・船舶塗料部会

船舶の防錆・防食の実際は、塗装による防錆・防食・防汚による方法がその殆んどを占めるところから、昭和25年に社団法人・生産技術協会に「船舶塗料部会」が結成され、昭和46年閉会に到る迄の約20年間に、43回もの



研究部会が開催され、各造船所、船舶用塗料メーカ、および塗装機器・防食専門メーカ等によって、事例発表や検討が繰り返され、繰り返し行われ、ユニークな研究発表が行われた。この中には成功例ばかりでなく、失敗例の紹介もあり、貴重な教訓が技術の開発の基となり、向上へとつながったものも多く、今日の船舶塗装技術の礎を築いたといっても過言ではない。

第1回の研究会議が、昭和25年11月27～28日、東京の日本倶楽部において、41名出席者によって開催され、その時の議題を紹介しておこう。

- (1) 白色船底塗料の改良はどの程度進んでいるか(横船)
- (2) 米国船ジャンラビット号の船底塗料について(横船)
- (3) 船底塗料規格、現在及び今後の船底塗料の材料事情(資源、入手状況、価格、品質)について承度(神船)
- (4) スプレー塗装に関する研究
- (5) 進水前に2号塗料を塗装すること(4～9月進水の船)
- (6) 船底塗料の使用量(算出法と節減法)
- (7) 水線塗料の防錆力、密着力の改良
- (8) 光明丹およびジंकロメート下塗々料(横船)
  - a. 船底塗料の研究、光明丹下塗の比較
  - b. 下塗光明丹および船底塗料の比較
  - c. 船底下塗としてのジंकロメートの試験結果
- (9) 2号塗料について
  - a. 毒物溶出試験に関する研究(コロイド)
  - b. 有毒物の研究(日油)
- (10) 船底塗料の試験方法
  - a. 船底塗料の試験方策(横船)
  - b. 三艇船底塗料小委員会要旨(横船)
  - c. 第4回船底塗料および水線塗料浸漬試験(神船)
  - d. 船底用各種塗料の品質試験(第2報)(長船)
  - e. 七尾港における船底塗料比較試験(横船)
  - f. 船底用各種塗膜の電気抵抗測定(長船)
  - g. 毒物溶出試験に関する研究(コロイド)
- (11) 実船試験
  - a. 実船における調査および実船試験(神船)
  - b. 就航船汚損状況の調査(横船)
  - c. 輸出第1船の第1回入渠時の船底塗料調査報告(長船)
  - d. 聖川丸による実船試験報告(コロイド)
  - e. 沈没船細島丸の生物付着について(横船)
- (12) 1号塗料乾燥時間の短縮
 

船舶建造量の急増に伴う塗装工事量の増加は、従来の船舶塗装工作法の変革をもたらした。すなわち、塗装前の鋼材の処理法、塗装法、塗装の管理技法等が検討された。閉会の第43回研究部会が、昭和46年11月16日、17日

東京の日本倶楽部大会議室において行われ、議題は次の様になって来た。

- (1) バラストタンクの防食に関するシンポジウム
- (2) 二次下地処理について
- (3) バラストタンクの塗装について
- (4) バラストタンクの腐食と電気防食
- (5) バラストタンク用塗料について
- (6) バラストタンク用塗料の最近の傾向
- (7) 船舶塗装における安全衛生について

### 2・3 (社)日本防錆技術協会主催の造船会社防錆技術協議会

昭和34年12月2日に第1回の協議会が、関東地区の造船会社メンバーに、防錆技術協会が協力して約15回の会合が持たれる。その中で検討された主な議題と研究テーマは次のようなものであった。

- (1) 倉庫における納入製品と半製品の防錆管理
- (2) 水圧試験水に添加するインヒビターについての使用実績及び試験データについて
- (3) 塗膜の厚さと、防錆効果の関係について検討する必要がある。
- (4) バラストタンク・潜水タンク等の水セメント塗装時に混入する樹脂液について
- (5) ストリッププルペインは表面の粗雑な部分に使うと剥れなくなった事例
- (6) 巡航見本市船あとらす丸による洋上防錆試験報告
- (7) 修理船のバラストタンクの防食……Mg アノードを付けた。
- (8) ディーゼルエンジンの冷却水の添加剤として重クローム酸カリ0.05%を添加している。
- (9) ディーゼルエンジン・ボイラおよびその部品・予備品の防錆処理方法
- (10) ウォッシュセメントのブロック塗装の方法

### 2・4 (社)日本防錆技術協会・長大鋼構造物塗装機械化委員会

昭和40年代になると、高度成長の波は船舶のみならず、海洋鋼構造物や大型橋梁などの製作が多くなり、これらに対する重防食塗装の質、量が急増する動きがあった。船舶塗装の管理技法等は、2・2の船舶塗装部会においても検討されてはいたが、塗装作業の省力化・機械化促進の動きは、船舶のみならず、陸上大型鋼構造物の方面においてもその必要性は急務であった。

昭和44年、社団法人日本防錆技術協会においては「長大鋼構造物塗装機械化委員会」を結成し直ちにこの

問題にとり組み、昭和46年迄の3年間にその検討結果を報告書としてとりまとめている。

### 2・5 船舶用軽金属委員会

船舶にアルミニウムが最初に使われたのは、1891年フランスのヨット“ミグノン号”である。日本では第二次世界大戦中、駆逐艦の艦橋などにジュラルミンを使用したのが腐食がひどいため失敗した。そのため耐食性を必要とする船舶に使われることはなかった。戦後わが国でも船舶に軽金属を使用する機運が生じ、造船工業および軽金属工業発展の見地から、昭和24年8月「船舶用軽金属委員会」が設立された。

アルミニウムの耐食性に関する研究が行われ、昭和25～26年にかけ一般貨物船および客船の上部構造に適用されたが、鋼との接合部分での腐食問題が生じ、対策として接触腐食防止方法の研究が行われた。またアルミニウム合金艇には鋼船用のCu、Hg系の防汚塗料は、Al合金を侵食するため、これに代る有機毒物系防汚塗料の開発研究が約20年間に亘って行われ、この中から最近の有機毒物A、F塗料の開発につながったものも散見される。耐食アルミニウム合金は軽量で、耐食性にすぐれていること、非磁性であること、低温特性の良いことなどの利点が生かされる、船舶の各部に用いられるようになって来た。

### 2・6 (社)日本造船工業会・生産合理化委員会

#### 塗装部会、特殊塗装専門部会

船舶の防錆・防食技術と施工法は、輸出船を含めた船舶の建造量の増大に伴い、その初期にはたえず先進諸外国よりの流入技術等に支えられ、また造船工業界では他の業界では決して見られない“Give and take”精神による技術交流が行われて、飛躍的な技術の向上がもたらされた。

(社)日本造船工業会・生産合理化委員会の塗装部会は船舶の防錆・防食の主な適用は塗装であり、船舶塗装という一つの技術分野のバックボーンとして、会員相互間における技術情報の交換から塗装仕様の検討、施工法、安全衛生、環境問題にいたるまで、定期的に委員会がもたれている。

生産合理化委員会では、プロダクト船及びケミカル船の受注量の増加に対応し「昭和55年8月～57年3月迄、臨時に特殊塗装専門部会を設置し、会員各社における特殊塗装に関し、「塗装仕様と保証条件」、「工作法（設備を含む）と検査」等の実態を調査し、第二段階として、日本塗料工業会・船舶塗料部会のメンバーと合同で、特

殊塗装スキム検討会を行い、「特殊塗装基準」“Tank Coating Specifications for Product Carriers”を作成している。

### 2・7 (社)日本海事協会・船舶の腐食防止対策研究委員会

昭和58年9月より、上記の研究委員会がもたれ、3つの小委員会に別れて検討が行われている。

#### (1) 第1小委員会……腐食衰耗の実態調査

a. 船体内部 タンク関係・貨物倉関係

b. 船体外部

c. 艦装関係

d. 就航後の防食対策

- ・塗装の塗りかえ
- ・流電陽極の新替え
- ・鋼材の新替え

#### (2) 第2小委員会

a. 腐食に関する概設

b. 新造時の防食対策

- ・塗装
- ・電気防食
- ・その他

#### (3) 第3小委員会（ケミカル関係）

a. 腐食衰耗の実態調査

b. 就航後の防食対策

c. 防食対策の経済的評価

歴史が常にそうであるように、今日の技術は、明日への技術とはなりえずたえず進歩しつづけるであろう。

筆者は30数年に亘り短い期間ではあったが、船舶の防錆・防食、塗装に関する試験・研究、塗装の実務・防食設計と一通りのコースを経験し、又、昭和30年以降昭和57年迄、いろいろな面で、船舶の腐食・防食の研究活動に参加させて頂き、その進歩の過程を振り返って見ることが出来た。本稿においては、実務的な船舶および海洋構造物の防錆・防食技術と施工法をとりまとめたものである。欠けている部分や古くなった技術もあるであろうが、それは、この時代の語り部として受けとめられ、これからの防錆・防食技術の発展のために補完の労をとられんことを切望する。

※本稿は随時掲載致します——編集部

●先号より 中国塗料・技術本部 中尾 学氏編による「船舶塗料について 第一章 船舶の塗装と鋼材表面処理」の講座を連載しております。省エネや安全・施工法や、特殊タンク船のタンク塗装等の基礎知識の習得のため、お読みいただければ幸いです。

## 半潜水型石油掘削装置を開発

住友重機械工業株式会社は、オランダのMSC社 (Marine Structure Consultants bv) と共同で半潜水型石油掘削装置を開発し、受注活動を開始した。

半潜水型石油掘削装置 (DSS-40) は、厳しい海象条件に耐え、大水深海域でも稼働できる新世代の大型掘削装置であって、MSC社の海洋構造物設計技術と、同社のODECO社向け“オーシャン オデッセイ”号の建造において培れた建造技術の融合のもとに開発されたものである。DSS-40はDNVおよびABS船級協会の承認を取得すべく申請中である。

### 特 徴

- (1) 大水深海域で稼働できる。

アンカーとチェーン/ワイヤーを用いた係留方式を用い、スラストアシストにより水深3,000フィート (915メートル) の海域で稼働できる。

- (2) バリアブルロードが大きい

航行時・掘削時・暴風時とも、4,500トンのバリアブルデッキロードが確保される。

- (3) 運動性能がよく、稼働効率が高い。

同社平塚研究所試験水槽において模型試験を実施し、

運動性能のよさが確認されており、気象・海象条件の厳しい北海においても99%を越える稼働効率が得られる。

- (4) 単純で直線的な構造の採用

4本のコラムと4本の水平ブレーシングとが、ローハルとデッキ構造とを結合しており、それぞれ直線的な平板構造を多く採用しているため、工作が容易である。また、コラムやブレーシングなどの結合部が少なく、強度的に危険な部分が少ない。

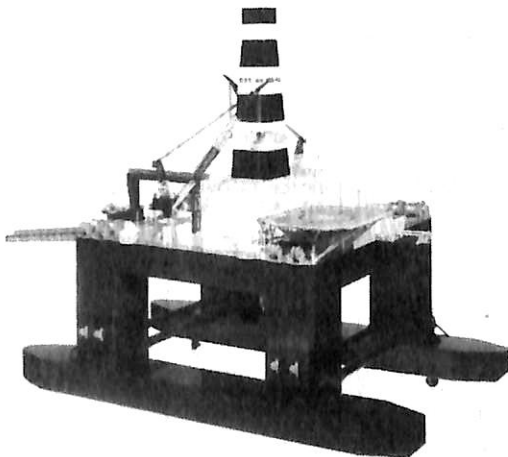
- (5) 安全性が高い

最新の船級規則および安全規則を適用し、高い安全性を持った設計となっている。

デッキ構造は上下二層の全通甲板による水密構造であり、また、コラムを二重殻構造とすることにより、損傷時復原性も十分に確保されている。バラスト調整用のポンプ室は、ローハル内に4ヶ所設けられ、共通の配管系を通じて、融通性の高いバラスト調整能力を有している。

### 主要仕様

(1) 寸 法		
全 長 (m)		119.00
全 幅 (m)		71.25
主甲板高さ (m)		43.00
掘削時喫水 (m)		23.00
(2) バリアブル デッキ ロード		
航 行 時 (MT)		4,500
掘 削 時 (MT)		4,500
暴 風 時 (MT)		4,500
(3) 稼働水深 (m)		915
(4) 設計気象・海象条件		
	掘削時	暴風時
最大波高 (m)	15	34
最大風速 (kn)	70	94
最大潮流速度 (kn)	2.5	2.5
気 温 (°C)	-20	-20
(5) タンク容積		
掘 削 水 (m <sup>3</sup> )		2,440
燃 料 油 (m <sup>3</sup> )		2,900
パ ル ク (m <sup>3</sup> )		800
掘削泥水 (m <sup>3</sup> )		700
飲料水 (m <sup>3</sup> )		420
(6) そ の 他		
居住定員 (人)		100



半潜水型石油掘削装置 (DSS-40) 完成予想模型

# 船舶の初期設計における耐航性能の総合的評価に関する研究

田口賢士\*, 小山初見\*\*, 国武吉郎\*\*\*\*  
 細田龍介\*, 三宅成司郎\*\*\*, 中村 博\*\*\*\*

## 1. はじめに

船舶の耐航性能に関する研究の飛躍的な進歩によって、波浪中における船舶の各種船体応答の短期、長期の推定、予測手法はほぼ確立されているといえよう。しかし、その研究成果が、船舶の初期設計に十分反映されているとはいえない。わずかに sea margin の推定、船舶の運航限界の推定などに耐航性が考慮される場合もあるが、初期設計の流れの中に組み込まれるほど重要視されるまでにいたっていない。

一般商船の初期設計において耐航性の評価が遅れている原因として、次の2つは重要であると考えられる。

- (1) 伝統的要因：従来、船主要求の中に耐航性に関する事項は入っていない。
- (2) 耐航性能評価手法開発の遅れ：耐航性能に関する諸量の推定手法は十分に実用的であるにもかかわらず、設計者の立場で船舶の耐航性能を総合的に評価する方法が確立されていないことによる。すなわち、平水中抵抗推進性能のみならず、耐航性能も船舶の運航および船舶に課せられた任務の遂行に大きく関与しているにもかかわらず、その影響を総合的にかつ量的に把握、評価する

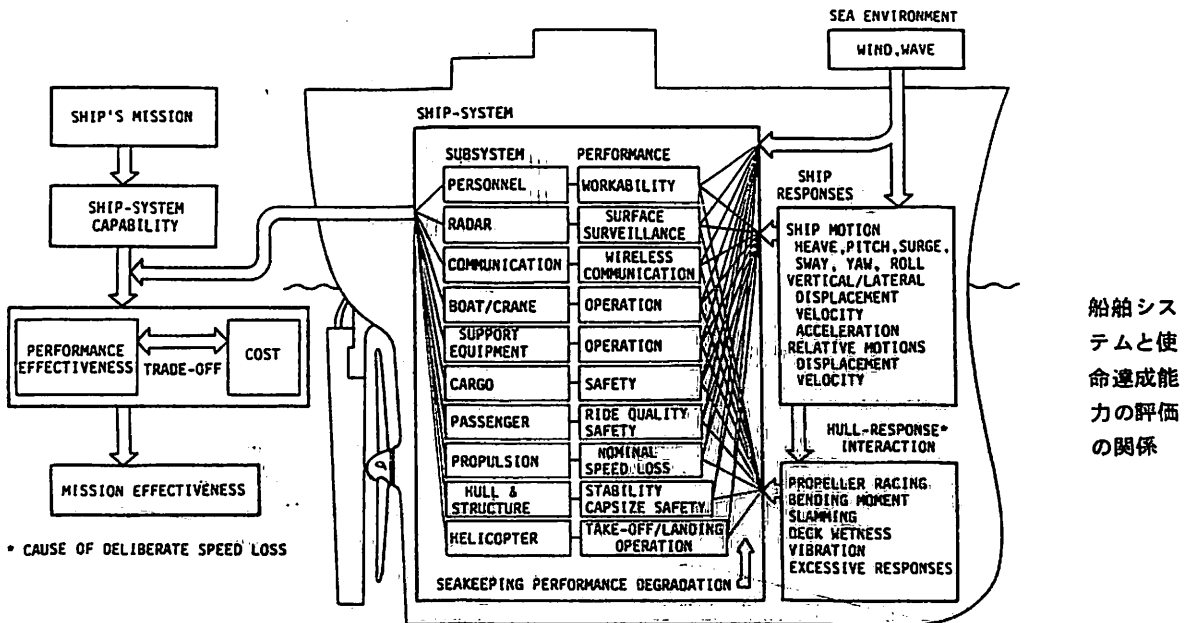
ための手法の確立が遅れている。

しかし、荒海中においても任務遂行の使命を帯びている巡視船、軍用船においては、任務遂行に対する耐航性能の影響は大きく、船体を初めとして、搭載諸設備、乗組員の機能と耐航性能との関係の把握が進んでいる。したがって、性能設計、船体設計、搭載諸設備の設計の段階で荒海中の運用を重視し、諸設備の性能、機能の低下に関してかなり過酷な条件が課せられているようである。しかし、この場合にも、諸設備の荒海中における性能、機能の低下を個別に評価してはいるものの、耐航性諸要素が使命の達成に対して及ぼす影響を量的に総合評価する手法の確立にはいたっていないと思われる。

この研究では、船舶システムの使命達成の度合を評価するための考え方を提案し、計算例によって提案された評価法の有効性を示している。

## 2. mission effectiveness と船舶システム

mission effectiveness とは、ある使命の下に運航する船舶の平水中における使命達成能力 (ship system capability と呼ぶ) に対して波浪中を航行する場合に起こる使命達成能力低下の指標である。著者らは、運航状



態にある船舶を一つの船舶システムと考えて、この船舶システムを構成する搭載諸設備、乗組員等のサブシステムに対する風、波浪およびこれらにより船体に誘起される諸応答の影響を総合することによって船舶システムの性能低下 (performance effectiveness あるいは狭義の mission effectiveness) を評価する。更に、mission effectiveness の評価を短期的および長期的評価に分類する。船舶システム概念構成と使命達成能力評価の流れを図に示した。

3. 短期 mission effectiveness の推定

ある海象下での使命達成 (一般に複数個の使命分類が存在する) を評価するものであり、海象の時間的・空間的相違は問わない。従って、個々の船舶について固有の耐航性能が当該船舶の使用達成に及ぼす影響を検討することに主眼がおかれる。船舶に課せられた使命を明確にし、その使命に関与する船舶システム要素間の構造を決めることにより、システム信頼性解析におけるシステムブロックダイアグラムを、船舶の使命に応じて作成できる。この場合、乗組員の作業性は、設備と直列系として考えておく。直列構造の系の mission effectiveness  $e_s$  は

$$e_s = \prod_{i=1}^n e_i \quad (1)$$

であり、また並列構造の系の mission effectiveness  $e_p$  は

$$e_p = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - e_j) \quad (2)$$

である。ただし、 $e_i, e_j$  は、個々のサブシステムの性能を表し、 $n$  はサブシステムの数である。直・並列構造の組合せで構築される系は、(1)及び(2)の組合せで系全体の mission effectiveness を表現できる。

サブシステムの性能低下を推進するためには、船体に誘起される応答の程度とサブシステムの機能もしくは性能の低下との関係を量的に把握しておかねばならない。図の中にある "Seakeeping Performance Degradation" の矢印は、このようなプロセスである。船体の応答は、基本的には耐航性能に関する短期予測の流れにより、また応答とサブシステムの機能レベルとの関係は既存の研究成果等から推定する。

4. 長期 mission effectiveness

長期間の運航における使命達成の尺度である。短期の使命達成の情報を介して極値予測に analogeous な手法によって導かれるものとする。船舶に課せられた使命が  $n$  個の異なる直列の任務から構成され、かつ各任務がその特性上たがいに独立であると仮定すれば、長期使命達成  $P_{Be}$  は、各任務のそれ  $P(M_i)$  によって

$$P_{Be} = P(M_1) \cdot P(M_2) \cdots P(M_{n-1}) \cdot P(M_n) \quad (3)$$

と表わすことができる。

船舶が活動する海域における長期波浪統計を利用して、各任務の長期使命達成度  $P_{Eei}$  は

$$P_{Eei} = P(M_i) = \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty P_{Esi}(H, T, \chi) p_i(H, T, \chi) dHdTd\chi \quad (4)$$

で与えられる。 $P_{Esi}$  は任務  $i$  の短期 mission effectiveness であり、 $P_i$  は任務  $i$  を遂行する海域の長期波浪頻度を表わす関数である。従って、

$$\int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty p_i(H, T, \chi) dHdTd\chi = 1 \quad (5)$$

各任務の遂行海域を1つに限定できる場合は、 $P_i$  の添字  $i$  を考える必要がなく、(4)は

$$P_{Eei} = \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty P_{Esi}(H, T, \chi) p(H, T, \chi) dHdTd\chi \quad (6)$$

となる。なお、一般には、推定値の上限を与える。

5. 広義 mission effectiveness

上述の耐航性能評価を狭義の mission effectiveness と定義する。これに対して、船舶に対する投資の効用を評価する尺度として、船舶の使用遂行の為の単位費用(資本費+運航経費)当りの使命達成度をもって、広義の mission effectiveness とする。著者等は、使命達成の尺度として(3)を用い、これと船舶の life span cost との比をシステム全体の広義の評価指標とする。この評価指標は、計算プロセスの中に、コストと性能との trade-off を含んでいる。図の左側がそれである。

6. 適用

短期、長期および広義の mission effectiveness の考え方を、巡視船の救難行動の評価に適用した。長期および広義の評価の基礎となる短期の評価にあたり、performance degradation を、human performance, radar operation performance, helicopter operation performance, propulsion system performance および hull response interaction について、単胴船と半没水型双胴船を対象として推定した。統計的手法による長期 mission effectiveness 評価に対して、シナリオによるシミュレーションによる評価も併せて実行して、本法の有用性を確認している。なお、異種船間の性能評価として、本法を用いる場合には、平水中性能である ship system capability の正確な把握が前提となるが、この点については紙面の都合で省略する。最後に、この研究で示した手法は、単に耐航性能のみならず、広い意味での船舶システムの性能評価にも適用可能であると考えられる。

(\* 大阪府立大学, \*\* 海上保安庁)  
 (\*\*\*) 日立造船(株), \*\*\*\* 三井造船(株)

"Fundamentals of Automatic Harbour  
Manoeuvring" 第7回 Ship Control Systems  
Symposium, Bath, England 1984. 9

あいまい制御による航路交差部の通過時刻・速度調整

小山 健夫\*・清水 健\*\*

1. はじめに

船の自動航海は我々の長年の夢であり、私共の研究室でもそれに必要な項目について、重要な研究テーマのひとつとしてとりあげて来た。最近日本造船研究協会において高度知能化船のプロジェクトが実施されているが、自動化船、とくに港湾内における自動航海のあり方について、我々がこれまで進めて来た考え方をまとめてみようとしたのが第1番目の論文である。第2番目の論文は、我々の自動航海に対する考え方の中では非常に重要である。航路交差部の通過時刻・速度調整についての制御を、最近応用範囲の拡がりつつある「あいまい理論」を応用して行なってみようと思つたものである。したがって、結果の一部は第1番目の論文にも引用している。

2. 航内自動航行の考え方

単なる夢物語としての自動航海は従来多く語られて来た話題のひとつである。しかし、現実の問題としては、まずその必要性を証明する必要がある、また仮に必要であるとしても技術的に可能か否かについての明確な判断は得られていない。いずれにしても単なる技術課題ではなく、多くの社会的課題を内蔵する問題である。

個人的感想を述べるならば、いつの日かということとは別として、かなり遠い将来自動航海の時代、即ち無人化船時代が到来することは社会的必然であろうと考える。その根拠としては、「人間が誇りに思い、愛着をもつ職場」には人間を残すべきであろうが、この条件にあてはまらないものは出来るだけ人間の労働から解放すべきであると思う。船乗りがロマン多き職場であった時代は過ぎようとしている。例外はもちろんあるとしても、船乗りの魅力の本質は、航海計画を立案し、寄港する港で相手先との交渉をまとめるといったマネージメントに中心があり、単なる運転手としての職責はごく一部にしか過ぎなかった。今やマネージメントとしての職務の多くは

船から陸上に移管され、運転手の職務のみが船に残されようとしている。しかも、運転手としての裁量にも制限が加えられ、どの航路をとり何ノットで進むかなど、管理はますます高度化して来た。

現在乗組員を必要とする船内作業は大きく分けて下記の5作業に限られているといえよう。

- (1) 船内機器の保守
- (2) 大洋中での荒天避航判断
- (3) 港内での航海計画
- (4) 衝突・乗揚げの回避
- (5) 離着舷および係船作業

これらは、それほどには「海の男のロマン」をかきたてる作業ではなく、また逆にこれらを自動化できれば無人化船の実現が可能となる。

港内自動航行の自動化は、上記5項目のうち(3)、(4)に関連する。港内の地理的制約、出入港時の他船の交通状況、漁船等の操業状態を見て、どのようなルートを通って進むかを立案し、その計画に従って船を進める。航行中他船との衝突のおそれが生じたときには、衝突回避システムを作動させて避航を行なう。避航終了後は、元の航路に戻ることもあろうし、場合によっては航海計画をやり直すこともあろう。

これらの問題の中で、最も注意しなければならない点は、衝突回避システムにどの程度の能力を期待できるかということである。ほとんど他船の交通がない様な場合、あるいは大洋航行中など、ごくまれに起きる程度の衝突回避は当然自動的に行なわれるべきであろう。しかし、東京湾内のような輻輳海域の中で完全に避航を行ない得る装置を作りあげるとはあまり意味がない。人間が操船していてもその能力を超えるような状況は必ず発生するはずである。2船間の衝突回避は、回避方法を約束することによって円滑に行ない得る。しかし、3隻以上の船の衝突回避問題を一般論として解く手段はない。したがって、このような海域においては、第3者機関によ

る何等かの交通流の調整が必要となる。これが交通管制が必要とされる基礎となっている。

交通管制を前提として考えるならば、極端な場合、ある水域内の全船舶を一ヶ所の交通管制センタの制御下に置くことも考えられないではない。しかし、東京湾の場合でも船の総数は1,000隻以上に及び、それらが別々の目的と思惑をもって航行している。また、個々の船の性能にも大きな差がある。これらを集中的に制御することは非現実的であろう。

我々が考えている交通管制の方式は、個々の船が自己の航海計画を管制センタへ報告し、管制センタはそれらの航海計画間の競合を調整するものと考えている。競合が生ずるのは、その水域内の航路交差点であり、調整とは、個々の船の交差点通過予定時刻を調整することである。このような方式をとれば、衝突危険の発生を低レベルに抑えることができるし、その発生率が十分低ければ比較的単純な衝突防止アルゴリズムで、無人化船を安全に航行させることができる。

無人化船が実現しても、当面はその絶対数は少なく、輻輳海域では有人船と無人船が両立できるような管制方法をとるべきである。また限界をどこに置くかは別として、小型船に対しては、上記のような中・大型船の管理との両立が可能な信号管制のような方式の併用も考えられる。これら管制方式については、別の論文で詳しく考察している。

### 3. 港内誘導システム

以上のような観点から、本論文では設定された航路上に船を誘導する方式について考察している。また、交通管制と関連して、航路上に船位制御するだけでなく、任意の点の通過時刻・通過速度を指定した場合について重点を置いている。船位制御の精度向上には、風・潮流などの外乱条件を検出し、それをあらかじめ制御の中に入れる（フィードフォワード）ことが望ましいが、その効果についても考察している。

#### 3.1 船位制御問題

オートパイロットは船の針路を保つのみであるが、船位制御問題は、航路からのずれも考慮した問題で Path-Tracking 問題と呼ばれ多くの方式が提案されている。我々が新たに提案している方式は、簡単なアルゴリズムによる変針方式である。通常船の計画航路は複数のセグメントから成る折れ線状であり、あるセグメントから次のセグメントへの乗りかえが変針制御となる。新方式は旧セグメント上の直進制御から次のセグメント上の直進

制御への切替えタイミングを求めるものであり、シャープなコーナリングを強く要求されない限り、確実に信頼性の高い方式であると考えられる。

#### 3.2 潮流推定問題

船位制御において潮流の影響を考慮することは、精度向上のため極めて重要である。ある水域の潮流分布は、潮汐表・海図などからマクロには推定できるが、できれば船が通過しつつある点の時々刻々の潮流を知りたい。

このため、拡張カルマンフィルタの考えを応用した潮流推定を行ない、その結果を制御にフィードフォワードしたシミュレーションを行なって効果を確かめた。拡張カルマンフィルタは、未知のシステムパラメタあるいは外乱等にある構造を仮定し、システムへの入出力関係から、既知のシステムパラメタに関与する部分を考慮しつつ状態推定を行なうものである。

シミュレーション結果によれば、潮流の変化分に対し推定が追従するのに多少時間がかかるものの、この推定を導入することにより制御精度はかなり向上している。

#### 3.3 あいまい制御による通過時刻・速度調整

船の速度制御、時刻調整に関連し最近注目されつつある「あいまい制御」の応用を試みた。人工知能のひとつの基本形として Production System があるが、これは

If A then B

という形の知識によって推論を進めるものである。このような形で制御系を構成すれば、自由度が高まると共に人間の Know How に関わる経験も積極的に取りくむことができる。反面、AならばBという知識にある程度の不確かさがあるとき、この推論をおし進めるととんでもない方向へ進んでしまう危険性もある。「あいまい理論」はこの不確かさに対し、確率論的フレームワークを与え、より合理性のある推論を行なうものという理解が可能である。

船の操縦のように、質量にくらべ制御力の小さいものは、普通のフィードバック制御では仲々ピンとくる制御ができない。機関にしても舵にしても、ある値をとってしばらく様子を見て、適当なタイミングで制御を変えるという形で操縦されるが、このような制御を自動化する方法として、あいまい制御は船の自動化の多くの面で今後有効なものと考えられる。

(\* 東京大学      \*\* 三井造船(株))

※本論文の詳細は、「日本造船学会論文集」156号、1984、12に発表されている。

# 構造的応力集中部における脆性破壊発生特性について

永井欣一\* 矢島 浩\*\* 梶本勝也\*\*\*

## 1. はじめに

大型溶接構造物の強度安全性を確保するうえで、脆性破壊強度を定量的に評価することは重要である。中でも脆性破壊事故の多くは、構造的不連続部などの応力集中の高い箇所が起点になることから、構造的応力集中部に存在する欠陥の評価は、合理的な設計、工作、検査にとってとくに大切である。

このような理解に立ち、筆者らは構造的応力集中部の脆性破壊強度評価法に関する一連の研究を進めてきた。すなわち、実際の溶接構造物に多く存在し、かつ過去に脆性破壊事故の起点になることが比較的多かったスチフナ取付け端部の構造を実験室的に再現した構造不連続模型を考案し、これについて弾塑性破壊力学（CTOD概念）を適用した各種試験および解析を行った。その結果、Bilby, Cottell, Swindenらが導いたBCSモデルを適用した亀裂先端開口変位（以後、CTOD 或いは $\delta$ と呼ぶ）の計算法、無次元化表示による低温のCTOD挙動の推定法およびCTOD設計曲線を用いる方法などが、応力集中部に存在する欠陥の脆性破壊強度を評価するうえで、有効な手法になりうることを明らかにした。とくに、最も汎用的な評価手法となりうるCTOD設計曲線を用いる方法については、新たにCTOD設計曲線や溶接残留応力の考慮方法などを提案し、より高精度な強度評価が行えるようにした。以下にこれらの研究結果の概要を述べる。

## 2. 構造的応力集中部に存在する欠陥の破壊力学パラメータ算定法に関する基礎的検討

CTOD概念を適用して溶接構造物の脆性破壊に対する安全性を検討する場合に、まず構造物

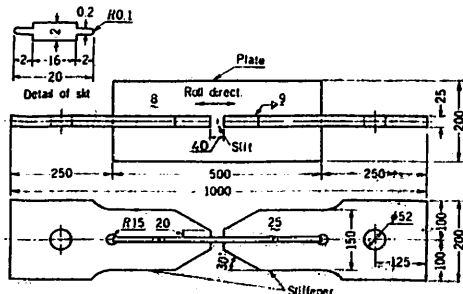


図1 小型構造不連続模型

に存在する欠陥の破壊力学パラメータとしての亀裂先端開口変位、 $\delta$ を算定することが必要となる。従来この $\delta$ は、例えば平板中の板厚貫通亀裂のように限られた場合についてのみ理論的に検討することが可能で、構造的応力集中部に欠陥が存在するような場合には理論的解析が困難であった。

そこで、まず構造的応力集中部に存在する欠陥の $\delta$ を算定する方法について、図1に示すような小型構造不連続模型を用いて基礎的な検討を加えた。すなわち、各種方法を適用して応力集中部に設けた亀裂状スリットの $\delta$ の解析を試みるとともに、室温における $\delta$ の計測および低温における脆性破壊試験を行った。その結果、有限要素法による弾塑性解析を行うことにより、応力集中部に存在する欠陥の $\delta$ を高精度に求めることもできるが、その数値解析に多大の費用を要するため、以下に述べる方法が $\delta$ を求めるうえで実用的であることを明らかにできた。すなわち、

- (1) BCSモデルを適用して分布荷重を受ける有限板中の亀裂先端開口変位を求める方法
  - (2) 構造物の重要部分を再現させた模型について室温における $\delta$ の計測を行い、 $\delta$ と作用応力の関係を無次元化して表示することにより、低温の $\delta$ を推定する方法
  - (3) CTOD設計曲線を用いる方法
- などである。

## 3. 大型構造模型体による応用検討

以上の基礎的検討結果を実際の溶接構造物の脆性破壊

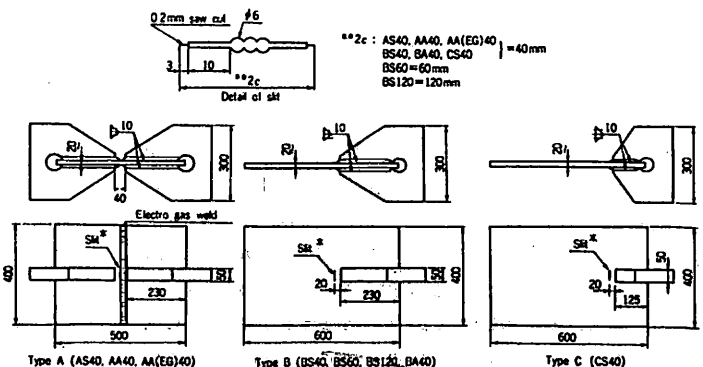


図2 大型構造不連続模型



強度評価法として実用化する場合の種々の問題点について、図2に示すような実用構造物にほぼ近い大型の構造模型体を使用して、さらに詳細な検討を加えた。すなわち、構造的応力集中部に溶接残留応力、溶接による塑性低下などが重畳する場合の問題、複雑なひずみ勾配下における応力集中の問題、現実の溶接構造物で評価対象となることの多い板厚非貫通欠陥の取扱いについての問題、鋼材の塑性変形特性が異なる場合の問題などについて、構造試験体の種類、亀裂の形状および寸法、鋼材の種類などを変えて各種の試験および解析を行った。その結果、前節に示したBCSモデルによる $\delta$ の解析法および無次元化表示による低温における $\delta$ の推定法は、上述のいずれの問題にも適用でき、構造的応力集中部の脆性破壊強度を評価するうえで、有効な方法となりうることが確認できた。

また、構造的応力集中部においても平板の場合と同様に、 $\delta$ とoverall strainの間には一定の関係が認められ、CTOD設計曲線を用いる方法は、応力集中部に存在する欠陥の $\delta$ を検討するうえで、簡便かつ汎用的な手法となりうることが明らかにした。なお、その場合のCTOD設計曲線として、従来の日本溶接協会規格、WES 2805などの適用上の問題点に鑑みて、次式を新たに提案した。すなわち、弾性的な破壊領域の推定精度向上のため、CTOD設計曲線を弾性領域( $\epsilon/\epsilon_Y \leq 1$ )と弾塑性領域( $\epsilon/\epsilon_Y > 1$ )で使い分け、次式で表した。

$\epsilon/\epsilon_Y \leq 1$ の場合、

$$E\delta/(c\sigma_Y) = 2(\epsilon/\epsilon_Y)^2$$

$\epsilon/\epsilon_Y > 1$ の場合

$$E\delta/(c\sigma_Y) = 3.5(\epsilon/\epsilon_Y) - 1.5$$

ここに $\delta$ は亀裂先端開口変位、 $c$ は亀裂長さの1/2、 $\sigma_Y$ は降伏応力、 $\epsilon$ はoverall strain、 $\epsilon_Y$ は降伏ひずみ、 $E$ はヤング率である。

欠陥が複雑なひずみ勾配のある部分に存在している場合には、上式において欠陥をはさんで欠陥長さの1.5倍の範囲における欠陥のない状態のひずみの平均値をとれば応力集中部のほぼ妥当なoverall strainが評価できることを示した。また、表面亀裂などの板厚非貫通欠陥については、弾性破壊力学に基づいて等価な応力拡大係数、 $K_I$ 値を与える等価板厚貫通亀裂寸法、2 $\bar{c}$ に置き換えて評価することの妥当性を示した。さらに、上式は軟鋼から80キロ級高強度鋼までの鋼材に対しては、塑性変形特性の影響をあまり考慮することなく適用できることを示した。

以上、本研究で得られたCTOD設計曲線による強度評価法を適用して、上述の各問題に関する破壊応力を推

定した結果、いずれも推定破壊応力は実験値とよく一致することを明らかにした。これに対して、従来のWES 2805および英国規格協会、BSI-PD 6493による方法は全般的にかなり安全側の破壊応力の推定を与えるが、弾塑性領域の破壊に対しては危険側の推定を与えることになり、実用上問題があることが明らかになった。これは、実際の構造的応力集中部では降伏が起ると高いひずみ集中を生じるのに対し、これらの規格ではoverall strainの評価に弾性的なひずみ集中率を用いていることなどが原因している。

そこで、弾塑性状態にある応力集中部におけるひずみ分布を簡易に推定する方法について考察を加えるとともに、溶接残留応力の考慮法についても検討した。その結果、周囲が弾性域によって拘束されている応力集中部における弾塑性ひずみを弾性理論によって近似的に推定する方法を提案し、この推定法がステフナおよび付加物等の取付け端部構造のひずみ推定法として十分実用に供しうることが明らかにすることができた。また、溶接残留応力の考慮法として、次式に示す溶接残留応力による亀裂先端開口変位、 $\delta_R$ に作用応力による $\delta$ を加算して評価する方法を提案し、その妥当性を確認した。なお、溶接残留応力による $\delta_R$ は $K_I$ 値とCTOD値の関係から、溶接残留応力場にある亀裂の $K_I$ 値すなわち $K_R$ を計算することにより、比較的容易に次式によって推定することができる。この方法を用いれば、溶接残留応力の大きさ、分布形態および欠陥寸法の影響などが考慮でき、より精度の高い脆性破壊強度の評価が期待される。

$$\delta + \delta_R = \delta_c$$

$$\delta_R = (1 - \nu^2) K_R^2 / 2 E \sigma_Y$$

#### 4. おわりに

大型溶接構造物の強度安全性を確保するうえで、実用上最も重要となる構造的応力集中部の脆性破壊強度を、CTOD概念に基づいて定量的に評価する方法を明らかにすることができた。これら研究成果は、すでに低温海域向け海洋構造物の脆性破壊防止設計および長期間使用された圧力容器の安全性評価法などに実際に適用され、成果を収めている。

最後に本研究に対して種々有益な御教示、御検討をいただいた日本造船学会溶接研究委員会第一分科会(前主査、東京大学名誉教授金沢武博士、現主査、東京大学教授町田進教授)および溶接協会鉄鋼部会FTR委員会の委員各位に深く感謝する次第である。

(\* 広島大学工学部 \*\* 三菱重工業(株)長崎研究所)  
 (\*\*\*) 三菱重工業(株)広島研究所

●昭和60年度日本造船学会授賞論文要約(4)

## 潜水船用高靱性高張力鋼の溶接割れ防止について

今井保穂\*, 戸部陽一郎\*, 金谷文善\*\*, 山田桑太郎\*\*, 松村裕之\*\*, 下山仁一\*\*\*

### 1. はじめに

潜水船の耐圧殻は、payloadを最大に確保し、しかも高い水圧に耐えることが肝要で、このため形状的には球殻または円筒殻構造が、また材料的には溶接性を考慮した高靱性の高張力鋼が採用されている。また、潜水船は、その使用環境がきわめて特殊であり、かつ厳しいことから、その溶接継手に要求される品質・性能はきわめて高いものとなっている。したがって、溶接工作にあたっては、高品質、高性能を確保しうる方法および条件を採用することが重要である。

溶接割れは、溶接継手の品質および性能に重大な影響を与えるため、その防止は溶接工作上もっとも重要な課題である。また、高強度鋼材ほど一般に割れ感受性は増大するので、潜水船用の高靱性高張力鋼はこの点からも溶接割れを生じさせない溶接施工条件の設定に関して、十分に検討されなければならない。

そこで、本研究では、溶接割れの大部分を占めるといわれる低温割れを対象に溶接工作上の観点から工作条件と割れ発生との関係を各種溶接割れ試験により明らかにし、割れ防止条件を総合的に設定することにした。

### 2. 溶接割れ試験、結果、割れ防止条件

供試鋼板は40mm厚さの耐力80 kgf/cm<sup>2</sup>級高靱性高張

力鋼で、基本化学成分は低Cの4% Ni-Cr-Mo系で、特殊熱処理が施されており、耐力は82.3 kgf/mm<sup>2</sup>、引張強さは89.5 kgf/mm<sup>2</sup>、伸びは22%、 $vE_0$ は20.3 kgf-mである。また、供試溶接材料は被覆アーク溶接棒7種(4mmφ、耐力が約85~95 kgf/mm<sup>2</sup>の範囲で異なるもの)およびガスメタルアーク溶接用ワイヤ1種(耐力約92 kgf/mm<sup>2</sup>)で、いずれも高靱性を目途として開発されたものである。

さて、高張力鋼における低温割れ発生に直接的に影響する基本因子は、使用材料の金属組織(冶金特性)、拡散性水素量および拘束応力の三要因といわれている。いっぽう、実際の溶接構造物に発生している溶接割れは、使用材料、構造、施工環境および施工条件などの諸条件が複雑にからみあっていると考えられ、これら諸条件と基本因子の関係を整理し、検討しておくことが肝要である。その関係をまとめて図示すると図1のようになる。このように影響因子が多岐に関連しているため、溶接割れの形態も多様となる。このため、溶接割れ発生条件を明らかにし、割れ発生防止条件を設定するためには、数多く提案されている溶接冷間割れ試験方法の中から、評価にもっとも適した試験法を採用する必要がある。この研究で採用した試験法の種類と試験条件の組合せを表1に示した。

#### (1) 単層突合せ溶接

まず溶接棒の吸湿量及び環境条件の影響を調べるためY型拘束割れ試験を行なった。その結果から、予熱100℃においては、水蒸気分圧が15mmHg~25mmHgの範囲で、溶接棒の吸湿量を0.20%以下にすれば割れを防止できることが分かった。また、同じ目的でU型拘束割れ試験を行なった結果から、予熱温度75℃及び100℃における溶接割れ発生の限界条件を水蒸気分圧と吸湿量に関連して明らかにした。これから、溶接割れ防止の条件としては、予熱温度75℃及び

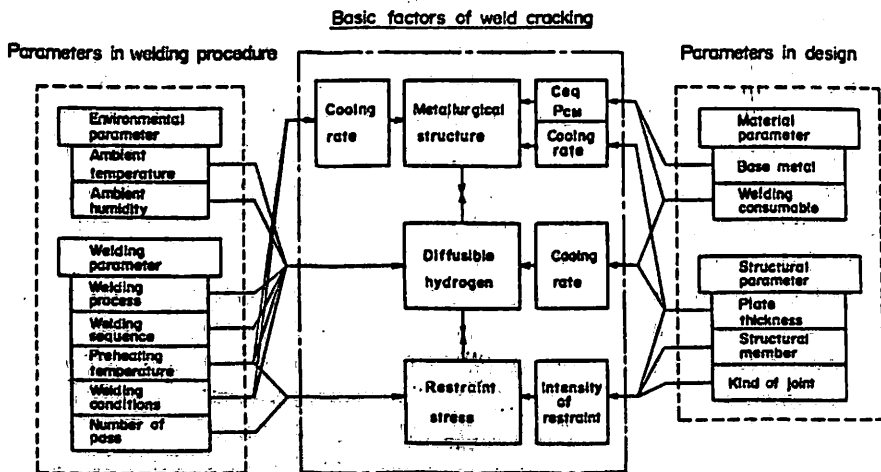


図1 溶接割れ原因と基本因子の関係

表1 溶接割れの試験法の種類と試験条件

Weld sequence	Kind of joint	Testing method	Welding process		Preheat temp. (°C)						Water content in flux (%)	Ambient absolute humidity (mmHg)	Restraint stress (kgf/mm <sup>2</sup> )	Remarks	
			SMA	GMA	RT	50	75	100	125	150					
Single pass weld	Butt joint	Y-Groove restraint test	○	—	○	○	○	○	○	○	○	0.06-0.33	15-30	—	Effect of water content in flux and ambient absolute humidity
		U-Groove restraint test	○	○	—	○	○	○	○	○	○	0.10-0.24	15-25	—	Effect of restraint stress
		TRC test	○	○	—	○	○	○	—	○	○	Constant (ab. 0.06)	Constant (16.0-16.4)	60-110	—
Multiple pass weld	Butt joint	U. S. Navy test	○	○	—	○	○	○	—	—	0.10-0.22	Constant (5.0-11.0)	—	—	Effect of water content in flux
		RRC test	○	○	—	—	—	—	—	—	Constant (ab. 0.06)	Constant (5.7-16.0)	23.8-56.8	—	Effect of restraint stress
	Fillet joint	Cruciform fillet joint test	○	○	—	○	○	○	—	○	Constant (0.10)	Constant (3.0-11.0)	—	—	Confirmation of weld cracking behavior in fillet joint
		Large size fillet joint test	○	—	—	○	○	○	—	○	0.11-0.20	Constant (5.0-11.0)	—	—	Confirmation of weld cracking behavior in fillet joint

100°Cの場合、溶接金属中の拡散性水素量をそれぞれ約1.8cc/100gおよび2.2cc~2.4cc/100g以下となるよう吸湿量、施工環境条件を設定すべきである。環境条件として、年間の水蒸気分圧がほとんど25mmHg以下であるので、溶接割れ防止条件の設定にあたり25mmHg以下を前提とした。

供試溶接棒は難吸湿性であるが、400°Cで1時間乾燥後、水蒸気分圧25mmHgの条件で放置すると、30分後に約0.20%、1時間後に約0.25%になることが分かった。いっぽう、予熱温度75°Cおよび100°Cの場合の限界拡散性水素量は上述のごとくで、このため溶接棒の吸湿量はそれぞれの予熱温度に対し0.06%および0.02%以下とする必要があるが、0.06%以下にすることは実際上困難であり、また0.20%以下にするためには、溶接棒を乾燥後150°Cの携帯保管器に入れ、取出して作業する時間を30分以内にする必要がある。

以上のY型およびU型拘束割れ試験の結果から単層盛合せ溶接に対する実用的な溶接割れ防止条件を設定すれば、水蒸気分圧25mmHg、溶接棒の吸湿量0.20%以下、予熱温度100°C以上となる。

以上は被覆アーク溶接の場合であるが、ガスメタルアーク溶接の場合も試験の結果から、上記の値を適用して問題は無いと考えられる。

つぎに拘束応力の影響を調べるためTRC試験を行なった結果では、拘束応力が高い程、割れ発生時間は短いがたとえば100°C予熱の場合は耐力程度の拘束応力以下では長時間放置しても割れは発生せず限界拘束応力が存在する。予熱温度を変えると限界拘束応力も変わり、被覆アーク溶接およびガスメタルアーク溶接の場合共に予熱温度が高くなると限界拘束応力も上る傾向があるが、150°C以下の範囲では大きな差はない。ただし被覆アーク溶接の方がガスメタルアーク溶接に比べ限界拘束応力がやや大きい。

佐藤等の研究によれば継手の拘束度K(kgf/mm・mm)とその継手に働く拘束応力 $\sigma_w$ (kgf/mm<sup>2</sup>)との間には理論的に $\sigma_w = mk$ (mは溶接金属の凝固温度、線膨張係数、開先角度、比溶着熱、比熱により定まる定数)なる関係があることが示されており、RRC試験を各種強度レベルの鋼材について行なった結果に良く合っている。本研

究の被覆アーク溶接およびガスメタルアーク溶接に対する予熱温度100°Cでの限界拘束応力80kgf/mm<sup>2</sup>及び70kgf/mm<sup>2</sup>に対応する継手の拘束度は、それぞれ1000kgf/mm・mm及び1600kgf/mm・mmとなり、これ以下の拘束度を有する継手に対しては100°Cの予熱で溶接割れ防止ができることがわかる。

溶接材料強度の影響については、強度レベルが数種の溶接材料を用いてU型拘束割れ試験を行なった結果によれば溶接金属の強度が高くなるほど割れ感受性は高くなり、予熱温度100°C、水蒸気分圧25mmHgの条件下で割れが発生しない溶接金属の0.2%耐力は約86kgf/mm<sup>2</sup>となっている。

(2) 多層盛合せ溶接

溶接棒の吸湿量を変えて実施したU. S. Navy 溶接割れ試験の結果では、溶接棒の吸湿量0.10~0.20%の範囲で、予熱温度75°Cで割れは発生しないが50°Cでは割れが発生した。この割れ発生限界は単層溶接に比べ、予熱温度で25~30°C低くなっている。多層盛合せ溶接の方が条件上有利になる理由は、初層のガウジング除去、多層溶接の後熱効果、拘束応力緩和などによると考えられる。つぎに強度レベルを種々変えた溶接材料を使用してU. S. Navy 溶接割れ試験を行なったが、この場合もU型拘束割れ試験に比べて割れ防止予熱温度が25~30°C程度低くなっている。以上から、単層溶接において溶接割れ防止条件を設定すれば多層盛溶接における溶接割れは防止できるものと考えられる。いっぽうガスメタルアーク溶接では、予熱温度75°C及び100°Cにおいていずれも溶接割れは発生しておらず、単層溶接の場合と同じ傾向がある。

つぎに、多層盛溶接における割れ発生に及ぼす拘束応

力の影響を調べるため、溶接中一定の拘束度を保持できるRRC試験を採用し、拘束応力約70kgf/mm<sup>2</sup>の条件で試験したが割れの発生はなかった。多層盛溶接における拘束度と拘束応力の関係を調べた結果、単層溶接に比べ同じ拘束度に対する拘束応力は約83%であった。したがって多層溶接においては単層溶接より溶接割れ防止の予熱温度を低くできるが、単層溶接の場合と同一条件を選定しておけば安全側の選択となる。

(3) すみ肉溶接

溶接入熱15kJ/cm及び20kJ/cm、溶接棒の吸湿量0.10%の条件で十字すみ肉溶接割れ試験を行なった結果では、予熱バス間温度50℃でも溶接割れの発生はなく、またガスマタルアーク溶接を同条件で行なった結果も同様であった。つぎに大型すみ肉溶接割れ試験を行ない、溶接棒の吸湿量と予熱バス間温度の関係を求めた。強度レベル84~86kgf/mm<sup>2</sup>の溶接材料の場合、溶接割れ発生限界はU. S. Navy 溶接割れ試験とはほぼ一致した。

以上の結果から、多層盛すみ肉溶接の溶接割れ発生条件は突合せ継手の多層盛溶接のそれと同じかもしくは若干緩めの条件となっているものと見られる。

以上の評価結果(板厚40mm)から、割れ防止条件を総合的に設定するには、条件上もっとも厳しいTRC試験の拘束応力と拡散性水素量に直接関係する溶接部の冷却時間(100℃までの時間)との関係として整理し、これに板厚20mm、60mmの場合の冷却時間を予熱温度と板厚

表2 溶接割れ防止予熱温度の設定

Intensity of restraint in weld joint	Restraint stress (kgf/mm <sup>2</sup> )	Plate thickness (mm)		
		20	40	60
High	80	min. 75 °C	min. 100 °C	min. 125 °C
Low	64	min. 50 °C	min. 75 °C	min. 100 °C

の関係から一次元熱伝導論を用い計算し、合わせて評価する。この場合、我々の対象とする溶接構造物を、継手の種類、板厚、溶け込み等により“拘束の強い継手”と“拘束の弱い継手”の2つに区分し、前者には0.2%耐力程度の、後者には0.2%耐力の80%程度の拘束応力が働らくものとする。こうして、板厚、拘束の程度に応じて溶接割れ防止予熱温度を設定したものが表2であり、この表はガスマタルアーク溶接にも適用してよいと考える。

3. おわりに

以上潜水船用高靱性高張力鋼の溶接割れ特性の評価と溶接割れ防止条件の設定の手法について述べたが、今後他の構造物・高張力鋼材を利用する場合、手法上の参考となれば幸いである。

( \* 防衛庁技術研究本部  
 \*\* 川崎重工業株  
 \*\*\* 三菱重工業株 )

参考 1986年のIMOの委員会及び小委員会の日程表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1月 (Jan.)																																5 2 MSC 海上安全委員会	
2月 (Feb.)																																	3 1 FP 防火小委員会
3月 (Mar.)																																	
4月 (Apr.)																																	
5月 (May.)																																	
6月 (Jun.)																																	
7月 (Jul.)																																	
8月 (Aug.)																																	
9月 (Sep.)																																	
10月 (Oct.)																																	
11月 (Nov.)																																	
12月 (Dec.)																																	

\* 仮決定

●連載講座・船舶塗料について

# 第1章 船舶の塗装と鋼材表面処理

## <その2>

中国塗料株式会社 技術本部

中尾 学 編

### 1・2・3 船舶塗装工程

船舶の塗装は、単に美観を得るだけのものではなく、防食・防汚を主目的とし、船の機能と経済性を維持するための重要な手段である。

近年、船舶は大型化と用途の多様化傾向にあり、経済性の面からも塗膜の性能向上と長期寿命などが要望されて塗装の重要性が高まり、塗料の品質改良、塗装法の発展に支えられて、船舶塗装は大巾に進歩しつつある。

これは、ただ単に塗装の品質向上のみでなく、塗装作業の能率化・安全衛生などの点から見ても多くの発展をとげている。なかでも、一次表面処理として素材段階で鋼材の黒皮を除去し、ショッププライマーを塗装して一次防錆を行うショップコート方式と、船殻ブロックの段階で主として防食塗料を塗装するブロック塗装方式が採用され、搭載後の塗装とあわせて造船における塗装工程の基本形態と塗装作業は大巾に合理化された。

新造船の塗装工程は、造船所の設備・工期のほかに、船舶の種類・大きさなどによっても異なるが、現在採用されている標準塗装作業工程は、建造工期の短縮・生産性の向上・塗装管理の容易さから、一般に表8に示すような単位ブロック塗装方式が採用されている。

### 1・3 鋼材表面処理

#### 1・3・1 表面処理の重要性

塗料による防食施工を行う場合、塗装前の鋼材の表面処理を十分に行う必要がある。

塗装前の表面処理が不十分な場合は、たとえすぐれた性能をもった塗料であっても、所期の性能を発揮することはできない。

塗料の寿命におよぼす要因と、その影響度について表9のように報告されているが、塗装前の表面処理が最も影響が大きいことがわかる。

表8 標準塗装作業工程

	ショット ブラスト	溶断 溶接 加工	ブロック	搭 載, 艦 装	進水	艦装・引渡前入渠	艦装	引渡
船底部	SP		← SP (TU) → ← AC 2-3 →	(← SP AC (TU) 2-3 →) ← AF 1 →		(清水 あらい) ← AC (TU) → ← AF 1 →		
水線部	SP		"	( " ) ← BT 1 →		( " ) ← AC (TU) → ← BT 1 →		
外舷部	SP		"	( " ) ← TS 1 →		( " ) ← AC (TU) → ← TS 1 →		
上構部	SP			← RP 2 →	-----	(← RP 2 →)	← FC 1 →	
デッキ	SP		← RP 1 →			← RP 1 → (← RP 2 →)	← DK 1 →	← DK 1 →
タンク	SP		← TK 1~3 →	← TK (TU) →	-----			
	無機 SP		← IZ 1-2 →	← IZ (TU) →	-----	(← IZ 1-2 →)		

(注) SP: ショッププライマー

BT: 水線塗料

RP: さび止塗料

TU: タッチアップ

AC: 船底塗料1号

TS: 外舷塗料

TK: タンク用塗料

(-----): 代替案

AF: 船底塗料2号

FC: 上塗塗料

IZ: 無機ジンク塗料

数字: 塗回数

表9 塗膜の寿命におよぼす要因とその影響<sup>6)</sup>

要因	影響度(%)
素地調整 (処理グレードの差)	49.5
塗回数 (1回塗りと2回塗りの差)	19.1
塗装の種類	4.9
その他	26.5

また、下地処理グレードが塗膜の寿命に与える影響の一例として、試験の結果を表10および図6に示すが、これからも、塗装前の表面処理グレードが、いかに重要であるか明白である。

1.3.2 塗装前の表面処理

塗装を成功させるには、前述のように塗装前の表面処理グレードが鍵である。

この表面処理の方法として、現在どのような方法が行われているかについて述べる。

表面処理は、通常、一次表面処理と二次表面処理に分けられる。一次表面処理は無塗装鋼材の黒皮(ミルスケール)、さびの除去であり、二次表面処理はショッププライマー(一次防錆プライマー)塗装鋼材の加工・組立後の処理をいう。

1.3.2.1 一次表面処理

(1) 処理方法

鋼材の黒皮(ミルスケール)およびさびの除去方法と

表10 下地処理グレードと塗膜の寿命の関係(推定) (単位:年)

適用箇所	塗料のタイプ(膜厚)	処理グレード (SIS)			ブラスト処理	
		St 1	St 2	St 3	Sa 2	Sa 2.5
非没水部	アルキッド系塗料(70 $\mu$ )	1	2	—	—	—
	塩化ゴム系塗料(80 $\mu$ )	1	2	—	—	—
	エポキシ樹脂塗料(200 $\mu$ )	—	5	7	7	8
	変性エポキシ塗料(250 $\mu$ )	2	4	6	6	7
没水部	塩化ゴム系塗料(120 $\mu$ )	—	2	3	3	4
	エポキシ樹脂塗料(200 $\mu$ )	—	5	6	6	7
	変性エポキシ塗料(250 $\mu$ )	1	2	4	4	5
	タールエポキシ塗料(250 $\mu$ )	1	2	5	5	7
タンク	エポキシ樹脂塗料(250 $\mu$ )	—	2	4	4	6
	タールエポキシ塗料(250 $\mu$ )	1	2	5	5	7

注) アルキッド系塗料, 塩化ゴム系塗料はさび止塗料のみ。

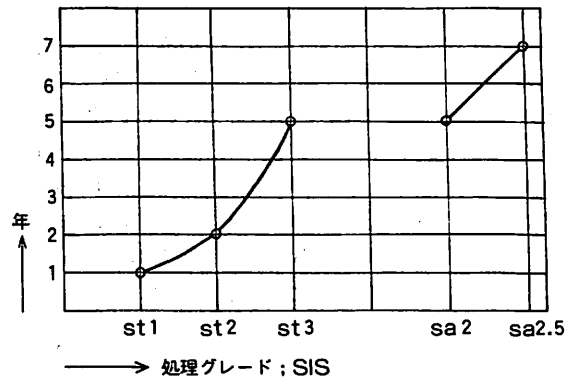


図6 タールエポキシ塗料の推定耐用年数 (250 $\mu$ ×1Coat)

表11 各種表面処理法の比較

	ブラスト法					酸処理法
	珪砂	鋳滓	スチールショット	スチールグリット	カットワイヤショット	リン酸処理
処理面	砂の質により若干の差はあるが、大きなアンカーパターンは得られない。(通常30 $\mu$ 程度)	珪砂と同程度であるが、やゝ大きいアンカーパターンが得られる。(30~50 $\mu$ 程度)	研削作用は少なく、パターンは丸味を帯びる。(40~70 $\mu$ 程度)	研削作用良好。大きくかつ鋭いアンカーパターンが得られる。(50~100 $\mu$ 程度)	グリットと同じ	防錆効率大。アンカーパターンは小さい。(10 $\mu$ 程度)
処理スピード	遅い。	珪砂より若干早い。	極めて速い。	同左	同左	速い
適用(方式使用場所等)	エアブラスト方式。通常屋外施工に適用。研掃材の回収・再使用はむづかしい。		エアブラストまたはインペラー方式。インペラー方式は、主として鋼材の自動研掃、エアブラスト方式は、特装室など専用建屋内での研掃に適用。研掃材は回収し再使用する。			加圧スプレーまたは、浸漬方式。処理物体の大きさに限度。通常薄板に適用。

しては、ショットブラスト方式・サンドブラスト方式あるいは酸処理方式など種々の方式がある。それぞれ特徴があり、施工条件を考慮して選択されている。

一般には、研掃材の回収が可能な場合は、ショットブラストまたはグリットブラスト方式、回収不可能な場合は、サンドブラスト方式が実施されている。

各処理方法の比較を表11に示す。表11中の代表的な処理方法（ショットブラスト、サンドブラストおよび酸処理）について方法・特質・適用範囲を表12に示す。

(2) 規格と処理グレード

国際的に利用されている防錆基準としては、次の基準がある。

a) スウェーデン規格 (Swedish Standard SIS

05 59 00)

b) 米国鉄鋼構造物協会規格(S. S. P. C : Steel Structures Painting Council)

c) 英国規格 (British Standard BS 4232)

この中で代表的な基準は、スウェーデン規格(SIS)と米国鉄鋼構造物協会規格 (S. S. P. C)である。

日本にも種々基準があるが、写真判定し易い基準としては、日本造船研究協会(J. S. R. A)の塗装前鋼材表面処理基準がある。この基準には、一次表面処理と同時に、二次表面処理の基準も記載されている。

また、最近、ISO (国際工業規格)において、表面処理の規格化が審議されているが、日本においてもこれに呼応して、ブラスト表面処理のJIS化が計画されている。

表12 代表的処理法の比較

	ショットブラスト	サンドブラスト	酸 処 理
方 法	(1)スチールショット、スチールグリット、カットワイヤーなどの研掃材を電動インペラーの遠心力により投射し、鋼材表面のミルスケール、さびなどを除去する。	(1)川砂、鉍滓などを圧縮空気により、ハンドノズルから噴射させて、鋼材表面のミルスケール、さびなどを除去する。	(1)塩酸、硫酸、リン酸などの酸水溶液中に鋼材を浸漬またはスプレーすることによりミルスケール、さびなどを除去する。
特 質	(1)研掃処理能力大。	(1)自由に、どこでも移動可能。	(1)ブラスト処理のできない複雑な形状のものでも処理可能。
	(2)自動化により省力化ができ、除錆コストが安くなる。	(2)立体または複雑な形状のものでも処理できる。	(2)薄板の処理も可能。
	(3)使用条件によって任意の処理グレードを得ることができ、仕上りも均一にすることができる。	(3)ノズルの移動速度を加減することにより任意の仕上りグレードを得ることができるが、均一にすることはむずかしい。	(3)液温、濃度などで処理時間が短縮できる。
	(4)装置が密閉式であるので粉塵の飛散がない。	(4)開放的であるため粉塵の飛散大。	(4)酸液からの蒸気は有害で、防護対策必要。
	(5)設備、装置は固定式で移動不可能。	(5)研掃処理能力は、ショットブラストより劣る。	(5)廃液等の処理必要。
	(6)被処理物が平板的なものに限定される。	(6)表面アラサは、研掃材の種類、粒径により変化するが通常30~50μ程度である。	(6)塗料の種類によっては、酸処理面に適さないものがあるので注意を要する。
	(7)表面アラサは鋼板移動速度と研掃材の粒径、硬度により変化するが通常40~75μ程度である。		(7)表面アラサは小さく、通常、10μ前後である。
適用範囲	一次表面処理作業に最も多く用いられている。 (1)板厚 6mm以上の鋼板 (2)ワイドフラット (3)型钢	製品ブラスト・現場ブラストおよびショットブラストの施工ができない形状のものブラスト処理に対して使用する。	処理槽に入る寸法のものであれば、板厚・形状に制限なく処理できる。薄板・小径管などの除錆に特に有効。

1) スエーデン規格 (SIS)

処理すべき鋼材の状態をA~Dの4段階に分け、手工具、動力工具およびブラストによる処理グレードを写真で規定している。

- a) 除錆前の鋼板の発錆程度をつぎの4種類に分類
  - A: 鋼材の表面は完全に黒皮(ミルスケール)で覆われており、発錆は見られない状態
  - B: 鋼材の表面はさび始めており、黒皮(ミルスケール)はりん片状になり始めている状態
  - C: 鋼材の表面は全面発錆しており、肉眼で少量の孔食が認められる状態
  - D: 鋼材の表面は全面発錆しており、肉眼で多量の孔食が認められる状態
- b) 手工具および動力工具を用いたときの除錆等級
  - St 0: 無処理面
  - St 1: ルーズな黒皮(ミルスケール)、さびのみ除去した状態
  - St 2: わずかな金属光沢を有する状態
  - St 3: きれいな金属光沢を有する状態
- c) ブラストによる除錆等級
  - Sa 0: 無処理面
  - Sa 1: 軽くブラストを行い、浮いた黒皮(ミルスケール)・浮さび・異物が除去されている状態
  - Sa 2: ほとんどの黒皮(ミルスケール)・さび・異物が除去され、その面は灰色を呈する状態
  - Sa 2.5: わずかな痕跡以外の黒皮(ミルスケール)・さび・異物が除去され、その面はやゝ金属色を呈する状態
  - Sa 3: 完全除去。その面は完全な金属色を呈する状態

2) 米国鉄鋼構造物協会規格 (S.S.P.C)

詳細な処理方法・種類・グレードの規定であり、その内容の要旨は次の通りである。

- a) SSPC-SP-2 (Hand Tool Cleaning)
 

手によるブラッシング・サンディング・スクレーピング・チップングあるいはその他の手工具またはこれらの組合せで、遊離状態の黒皮(ミルスケール)・さび・その他の異物を除去する。
- b) SSPC-SP-3 (Power Tool Cleaning)
 

ディスクサンダー・チューブクリーナー・ワイヤーホイールなどの各種動力器具で、遊離のさび・ルーズな黒皮(ミルスケール)およびその他の付着物を除去する。
- c) SSPC-SP-5 (White Metal Blast Cleaning)
 

砂・グリットまたはショットを用い、ホイールまたはノズルによるブラスト法によって、すべての肉眼で見えるさび・黒皮(ミルスケール)およびその他の異物を除去する。
- d) SSPC-SP-6 (Commercial Blast Cleaning)
 

砂・グリットまたはショットを用い、ホイールまたはノズルによるブラスト法によって、少なくとも表面1平方インチ当たり3分の2は肉眼でみえるさび・黒皮(ミルスケール)の残滓が一切ないこと。
- e) SSPC-SP-8 (Pickling)
 

すべてのさび・黒皮(ミルスケール)を化学反応または電解、あるいはその両者を併用して完全に除去する方法で、主に硫酸・塩酸・りん酸などが使用され、酸洗した表面はさび・黒皮(ミルスケール)およびその他の異物が一切認められないこと。
- f) SSPC-SP-10 (Near White Blast Cleaning)
 

砂・グリットまたはショットを用い、ホイールまたはノズルによるブラスト法によって、すべての油・グリース・汚物・黒皮(ミルスケール)・さびおよびその他の異物を完全に除去するが、極めて軽微なくもり・軽微な条痕あるいはさびのしみによって生ずる変色部分・黒皮(ミルスケール)・酸化物な

表13 各国の表面処理基準対比表

規格 処理法	SSPC (アメリカ)	SIS 05 5900 (スエーデン)	BS 4232 (イギリス)	JSRA-SPSS (日本造船研究協会)	CGSB 31-GP-404 (カナダ)
ブラスト	SP-5	Sa 3 (ABCD)	1 st Quality	Sd 3, Sh 3	Type 1
	SP-10	Sa 2.5 (ABCD)	2 nd "	Sd 2, Sh 2	
	SP-6	Sa 2 (BCD)	3 rd "	Sd 1, Sh 1	Type 2
	SP-7	Sa 1 (BCD)			Type 3
動力工具	SP-3	St 3 (BCD)			
手工具	SP-2	St 2 (BCD)			



どの軽微な残滓は差支えない。

表面の1平方インチ当たり少なくとも95%は肉眼で見える残滓がないこと。

各国の表面処理基準の対比を表13に示す。

参考文献

1) A.R. Cook., et al : Materials Protection  
Vol. 1, No 11 ( 1962)

E. E. Nelson : Corrosion Vol.17, No10(1961)

C. P. Dillon : Corrosion Vol.11, No 9 (1955)

W. B. Jupp : Corrosion Vol. 9, No11(1953)

A. B. Kury : Corrosion Vol.9, No11(1953)  
A. Logan : "Corrosion Control in Tanker"shell Tanker Ltd.  
栄他 : 防蝕技術, Vol. 9, No 9 (1960)

2) N. D. Tomashov : Theory of corrosion and protection of metals (1966)  
3) 金属材料 Vol.10, No 9(1970)  
4) 防錆管理 1982. 6  
5) 日刊工業 : 金属防蝕技術便覧  
6) 日本ペイント技術資料 "さび止め塗装とその管理"

● PR誌から

「慣性センサ」の可能性

航海計器メーカーである憐東京計器(〒141 東京都品川区西五反田1-31-1 ☎ 03 (490) 1321) の発行している「東京計器ニュース」(1985年№3)に「慣性センサ」が特集されていた。船舶の運航・制御のトータルシステムとして自動化の行方を模索している現在を考える参考となると思われるので、同ニュースより紹介する。

自動車・飛行機・新幹線・船舶など、乗り物は益々速く安全に、そして正確に人や物を運ぶ。しかし、これら乗り物は放っておいては正しく動かない。人に役立つように動かすには、自然の法則に従って乗り物を制御しなくてはならない。このことは乗り物だけに限らない。動く物——おもちゃのロボットから人間に代って仕事をする産業ロボットにおいても同様で、動く物を支配する自然の法則にはいくら技術が進歩しても永久に変わることはない。この法則は「慣性の法則」と呼ばれる。

動く物、運動する物体がどんなに小さくても大きくても同じように支配しているのが法則であるから、ロボット・船舶・飛行機・人工衛星も例外ではない。例えば、潜水艦が今どこにいるのか乗組員には分っている。方向、速さ、回る速さ、姿勢、位置など「慣性の法則」に従う量を正確に検出すること、そして検出した量で動くものを制御することで近代の技術を飛躍的に進歩させた原動力になっている。航空機や船舶などの移動体を安全に、しかも正確に目的地に導くためには高精度な姿勢制御センサや航法機器が不可欠であり、一般産業用にも利用できるよう開発し、東京計器では、それらを「慣性センサ」と呼んでいる。以下に「慣性センサ」の種類と計測・制御内容及び応用例を下表に表す。

※慣性の法則(Law of Inertia)：外力の作用を受けない物体は等速運動を持続するという法則、運動の第一法則ともいう。ニュートン力学において物体の運動を記述する座標系(慣性系)を選ぶ基準を指定するものと考えることができる。(『岩波物理化学辞典』より)

慣性センサの種類と計測・制御内容及び応用例

種 類	計測・制御の内容	応 用 例
加 速 度 計 TA-25S	●加 速 度 ●変 位	●FA……………ロボット駆動部の制御、無人搬送車の位置、方向制御、異常振動の検出
レ ー ト ジ ャ イ ロ TRG-25	●急 速 度 ●方 位 角 ●傾 斜 角	●車両……………無人運転の計測、制御、転倒防止、ブルドーザ排土板の斜角制御
振 動 ジ ャ イ ロ TFG-60X	●角 速 度 ●方 位 角 ●傾 斜 角	●建設・土木……………道路、床の平面仕上げ制御、建物、構築物の鉛直・水平測定、トンネル掘削機の姿勢制御
小形ジャイロコンパス TSG-10X	●方 位 角	●通信・放送……………衛星通信アンテナ・スタビライザアンテナ指向装置
小形パーテカルジャイロ TVG-10	●ロ ー ル 角 ●ピ ッ チ 角	●航空機・船舶……………姿勢、位置、方位の計測・制御、慣性航法、オートパイロット、船上重力計 ●海洋……………波浪計、ブイ傾斜計、ダイナミック・ポジショニング ●資源探査・測地……………オイルリグ計測、資源探査、地震計、重力計

# 船型試験をめぐって

<その20>

(財)日本造船技術センター

横尾幸一

## 5・6 内航貨物船の船型に関する研究

### 5・6・1 船舶の抵抗及び推進に関する指導書

従来行われてきた船型に関する研究は大型航洋船に対するものが殆どであって、内航貨物船の船型に関する研究は皆無に近かった。そこで、(社)日本中型造船工業会(当時は(社)日本中小型造船工業会)は会員の技術向上をはかる目的で、まず最初に、中小型船の設計に利用できる資料の収集をはかることにして、(財)日本船舶振興会の補助事業として、船舶の抵抗および推進に関する指導書を作成した。指導書を作成するに当っては指導書作成委員会を作り、私が委員長を勤めた。期間としては昭和42年及び43年の2ヶ年間で、その内容は第1篇が馬力計算法、第2篇がプロペラ設計法である。

この指導書は部数が少なかったせいで、まもなくなくなってしまったので、私と矢崎氏は、(社)日本中型造船工業会のおすすめによって、その内容を多少改訂して、「中小型船舶 プロペラ設計法と参考図表集」を出版した。出版社は成山堂書店(昭和48年8月)である。

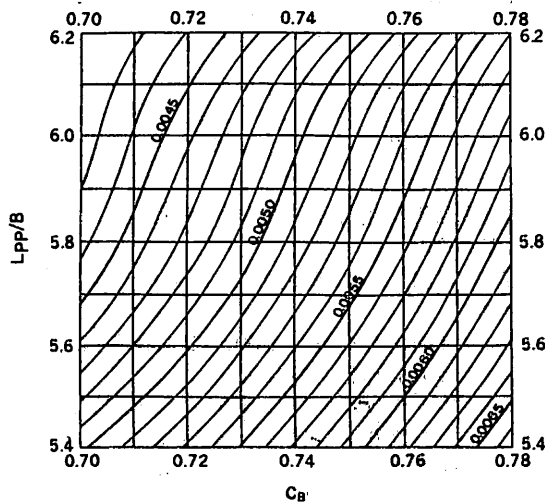


図5・79  $r_R$ のコンター・カーブ  
( $B/d=2.4$ ,  $Fn=0.21$ , 満載状態)

### 5・6・2 中小型貨物船の馬力推定図表

また、中型造船工業会は、内航海運における乗組員の不足、賃金の高騰などのための急激な輸送コストの上昇傾向に対処して、内航船の近代化をはかることとし、運輸省が昭和45年以降内航船近代化のための長期諸施策を実施したのをうけて、(財)日本船舶振興会の補助事業として、「近代的内航船の建造促進のための調査研究並びに普及」事業を昭和45年度に発足させ、500総トン～5000総トンまでを対象とした中小型船の推進性能向上のための試験研究を昭和47年度までの3ヶ年にわたり実施し、48年度にその研究成果をもとに解説、例題を付して、中小型貨物船の馬力推定図表を作成した。

実施された研究の内容は、

- (1) 船体主要目 ( $C_B$ ,  $L/B$ ,  $B/d$ ) の推進性能に及ぼす影響の研究
- (2) プロペラ直径の影響の研究
- (3) 軽荷状態におけるトリムの影響の研究
- (4) 船首バルブの研究

であって、(1)においては、 $C_B$ を0.70, 0.74, 0.78,  $B/d$

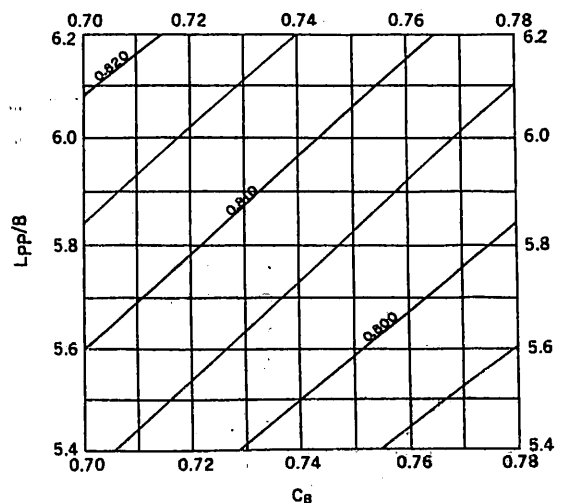


図5・80  $1-t$ のコンター・カーブ  
( $B/d=2.1\sim 2.4$ ,  $Fn=0.16\sim 0.24$ , 満載状態)

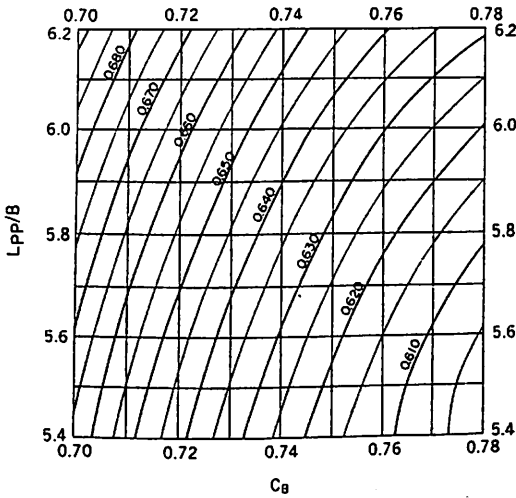


図5・81  $1-W_T$  のコンター・カーブ  
( $B/d=2.4$ ,  $Fn=0.16\sim 0.24$ , 満載状態)

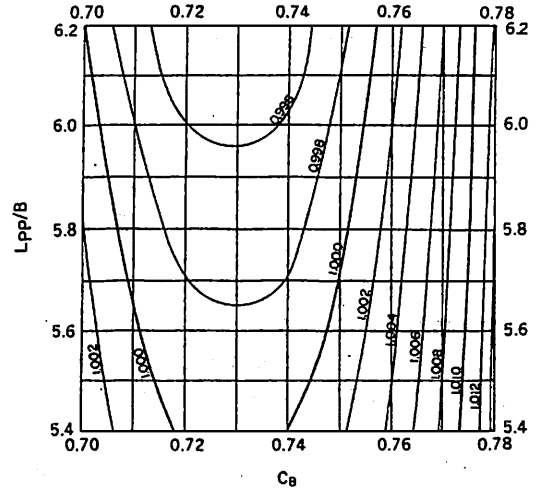


図5・82  $\eta_R$  のコンター・カーブ  
( $B/d=2.4$ ,  $Fn=0.16\sim 0.24$ , 満載状態)

を2.1及び2.4,  $L/B$ を5.4, 5.8, 6.2に変化させた18隻の模型船を作り, 3ケ年にわたって抵抗及び自航試験を行なった。(2)においては,  $C_B=0.74$ ,  $B/d=2.1$ ,  $L/B=5.8$ の要目の船型に対して, プロペラ直径を3種に変えて自航試験を行い, (3)においては,  $C_B=0.74$ ,  $B/d=2.4$ ,  $L/B=6.2$ の船型に対してトリムを4通りに変えて抵抗・自航試験を行なった。(4)においては,  $C_B=0.74$ ,  $B/d=2.4$ ,  $L/B=5.8$ の船型に対して, パルプの大きさの推進性能に及ぼす影響を理論的及び実験的に調査した。(1), (2)及び(3)の模型試験は目白の第2水槽, (4)の理論計算は東大, (4)の模型試験は三鷹の中水槽で行われた。

これらの研究の結果得られた図表の数例を図5・79～図5・82に示す。出典は(社)日本中型造船工業会, 中小型貨物船馬力推定図表(昭和48年10月)である。

その後(社)日本中型造船工業会は(財)日本船舶振興会の補助金を得て, カーフェリー, 内航コンテナ船, 特殊タンク船, 中型タンカー, 漁船, ばら積み貨物船等の船型について, 推進性能の研究を行うとともに標準設計を行い, 建造のための技術指導書を作成している。これらについては第6章で述べることにする。

### 5・7 船研における超高速船の船型に関する研究

昭和40年代の後半に入って, 世界経済の発展は目覚しく, 貨物輸送の先端を行くコンテナ船は益々大型化, 高速化してきた。ついに, シーランド社の30ノット以上の高速コンテナ船の出現を見るにいたり, 日本において

も超高速コンテナ船の研究を待望する気運になってきた。運輸技術審議会の答申に基づき, 船研では, MCR35ノット, コンテナ3000個積のコンテナ船の船型及び推進性能上の問題点についての研究を昭和47年度からの5ケ年計画として実施することになった。推進性能部が担当したのは船型に関する研究とプロペラに関する研究であり, 以下にその概要を述べる。

#### 5・7・1 船型に関する研究

研究の対象となっているコンテナ船は, フルード数が0.33という前例のない高速であるため, 各方面からの検討を行う必要がある。

船型に関する研究としては, 最初に船型計画の研究を行い, 次に, 船尾形状に関する研究を行い, 最後に, 最適船型を見出すための研究を行なった。

##### 5・7・1・1 船型計画の研究

船型計画の研究の主任は田中 拓 室長がつとめ, 研究項目としては, 船型の試設計, 抵抗成分分離の研究, プロペラが発生する波の研究を選んだ。

いずれも3年計画の研究で, 船型の試設計としては, まず, 流線追跡法を利用して船体前半部の理論船型を求めた。条件としてはフルード数0.33において造波抵抗が極小となるということであり, パルプの大きさと  $C_B$  を変数として求めた。この計算の結果求められた船型の前後対称模型3隻を作り, 抵抗試験及び波形計測を行なった。

ついで, 船体前半部の理論船型に実用試設計船尾を付

加した4軸船型に対して、プロペラ支持法を変えての試験を行なうとともに、抵抗成分分離の研究としての伴流計測とプロペラが発生する波の研究としてプロペラの起こす波の計測を行なった。

さらに、船首バルブの大きさの影響を調査するとともに、 $C_p$ の異なる模型船についての波形解析を行なった。また、プロペラが発生する波についても波形解析を行なった。以上の研究の若干を図表に示す。表5・18は大型超高速コンテナ船として想定した実船の主要目、馬力が非常に大きくなることから4軸船を想定している。

表5・19は $C_B$ の値を変更した場合の3隻の模型船の主要目であり、図5・83は理論計算結果と模型試験結果を示したものである。図中の $\mu_s$ は粘性影響を修正する係数である。

図5・84は模型船の軸支持法による抵抗の差を示すものであり、図5・85は船首バルブの大きさの抵抗に及ぼ

表5・18 大型超高速コンテナ船の主要目

SHIP	
L <sub>pp</sub> (m)	300
B (m)	4.0
D (m)	2.5
d (m)	1.2
Δ (ton)	app85,000
C <sub>B</sub>	app 0.57
PROPELLER	
NUMBER OF SCREW PRO	4
DIAMETER (m)	7.0
PITCH RATIO	1.45
NUMBER OF BLADES	6
SPEED (knot)	
(NO SEA MARGIN)	34.6
(15% SEA MARGIN)	33.5
(PS x R.P.M.)	25000x120
NUMBER OF CONTAINERS	app.3,000

表5・19 模型船の主要目

M.S.NO	155	156	157
L (m)	6,000	6,000	6,000
B (m)	800	800	800
d (m)	240	240	240
D (m)	360	360	360
∇ (m <sup>3</sup> )	583	628	672
AH (m)	180	182	183
C <sub>B</sub>	506	545	584
C <sub>P</sub>	539	575	613
C <sub>M</sub>	939	947	953
C <sub>p</sub> for cal	520	560	600

app : approximately

す影響を示すものである。

5・7・1・2 多軸船の船尾形状の研究

船首部の設計に当っては理論的手法が用いられたが、船尾及びプロペラ軸配置については、実用的観点より設計能力のある造船所の協力により試設計が行なわれ、これをもとにして一隻の模型船が作られた。また、模型船が4軸であることが想定されたので、4軸船用の自航動力計の開発と自航試験法の研究を行なった。

以上の作業を昭和48年に行なってから、49年度以降に、プロペラの負荷配分の研究、船尾形状及び軸配置の研究、副部抵抗の研究、特殊推進法の研究等を行なった。

この項目の研究主任は高橋 肇 室長がつとめ、48年度からの4年計画とした。この研究の結果得られた成果の数例を表5・20～表5・23及び図5・86～図5・89に示す。図5・87の0192-Nは裸殻状態の模型船である。図5・88によれば、プロペラ軸の配置によって自航要素がある程度変化すること、プロペラの回転方向が内廻りでも外廻りでも、原型のM. 0192が最も小さいDHPを与

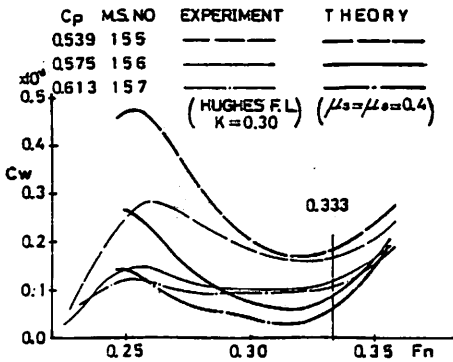


図5・83 C<sub>w</sub> 曲線

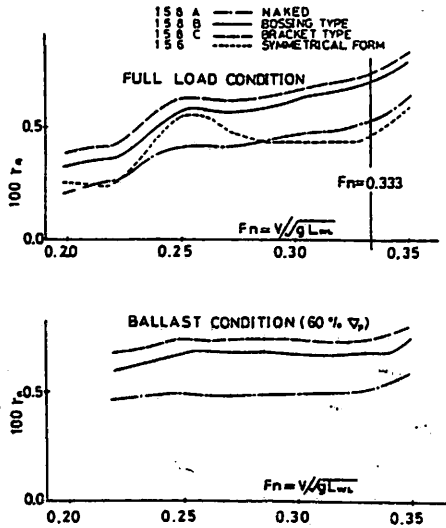


図5・84 剰余抵抗係数

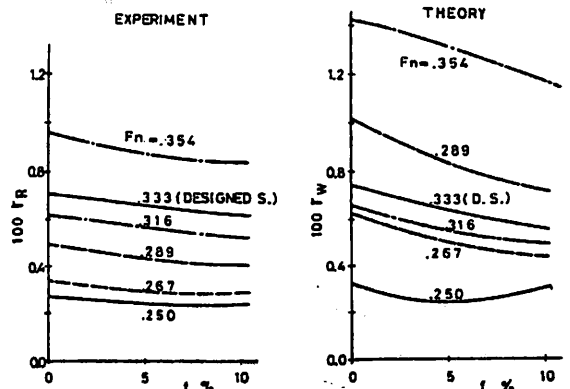


図5・85 バルブの大きさに対する剰余抵抗係数

表5・20 模型船の要目 表5・21 模型プロペラの要目

M. S. NO. 0192 SERIES	
$L_{pp}$ (m)	8.000
B (m)	1.067
d (m)	0.320
$C_g$	0.577
$C_p$	0.609
$C_w$	0.948
$L_{CB}$ (% of $L_{pp}$ )	+1.015
$L_{pp}/B$	7.50
$B/d$	3.33

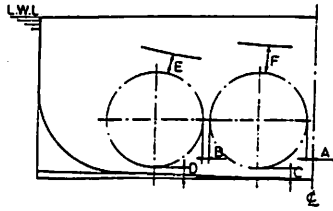
M. P. NO. 0090	
DIAMETER (m)	0.184
BOSS RATIO	0.18
PITCH (CONST.) (m)	0.276
PITCH RATIO (CONST.)	1.50
E. A. R.	0.70
B. T. R.	0.05
ANGLE OF RAKE	0
NO. OF BLADES	6
SECTION OF BLADE	AUw

表5・22 試験状態

M. S. NO	TEST CONDITION				
	0202	0202-A	0202-B	0202-C	0202-N
CONDITION	FULL LOAD				
d (m)	0.3200				
TRIM (m)	0				
$\nabla$ (m <sup>3</sup> )	1.6009	1.5965	1.5894	1.5845	1.5809
S (m <sup>3</sup> )	10.5552	10.3724	10.3307	10.1585	9.7616
SUPPORTING SYSTEM	INSIDE: BRACKET & BOSSING OUTSIDE: BOSSING	INSIDE: BOSSING OUTSIDE: BRACKET & BOSSING	INSIDE: BRACKET OUTSIDE: BRACKET	OUTSIDE: BRACKET	
NO OF PROPELLER	4	4	4	3	

表5・23 模型プロペラの要目 (3軸船, センタープロペラ)

M. P. NO. 0074-C	
DIAMETER (m)	0.200
BOSS RATIO	0.192
PITCH (VARIABLE) (m)	0.247
PITCH RATIO (VARIABLE)	1.233
E. A. R.	0.819
B. T. R.	0.047
ANGLE OF RAKE	0
NO. OF BLADES	6
SECTION OF BLADE	MAU



	A	B	C	D	E	F
0192	5.0	0	8.7	8.7	23.3	30.4
0192 A	5.0	-15.0	8.7	8.7	18.5	30.4
0192 C	-15.0	0	0	0	28.3	38.6
0192 B	-15.0	-15.0	0	0	24.2	38.6

Figures are presented in % of propeller diameter.

図5・86 全抵抗係数

えることが分かる。

表5・22はプロペラ軸の支持法を変化したり、3軸にした場合の状態を示すもので、図5・89がその試験結果である。4軸船の中では、4軸ともブラケット支持にした方が良く、3軸船にすると推進性能が一層改善される。

なお、負荷配分を変更した自航試験の結果によれば、回転数比が10%以内では自航要素に殆ど差が認められなかったため、多少の負荷配分の変更によっては推進性能に差は殆どないものと思われる。

また、特殊推進法の研究として、2重反転プロペラの研究を行なった。

### 5・7・2 プロペラに関する研究

高速域で作動する高ピッチ・プロペラはキャビテーション発生危険性が著しく、当時までに用いられていた翼型では、直接エロージョンに結びつくバブル・キャビテーションやクラウド・キャビテーションを防ぐことは難しいと思われたので、新しい高速用のプロペラ翼断面を開発することになった。

研究主任は門井弘行室長で、その内容は、47年度から48年度にわたる翼型特性の研究、49年度から50年度にわたるキャビテーション性能の研究、50年度のプロペラ単独性能の研究、51年度の最適プロペラの研究である。

翼型特性の研究としては、理論的研究と実験的研究を行ない、理論的研究では、薄翼理論による2次元翼の計算と3次元翼に対する非定常プロペラ揚力面の計算を行

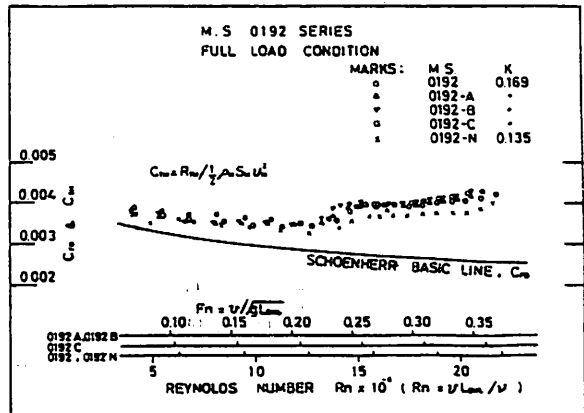


図5・87 全抵抗係数

なった。実験的研究としては、47年度に計算によって求めた形状をもとにして相当2次元翼を数種製作し、風洞試験を行なった。

キャビテーション性能の研究としては、キャビテーション特性の研究及びキャビテーション騒音の研究を行なった。大型超高速4軸船に対してプロペラの主要目を検討し、従来の設計理論により模型プロペラを設計、製作した。そのプロペラについてキャビテーション試験を行ない、プロペラ翼面上の圧力分布の計測及びプロペラ騒音の計測を行なった。

プロペラ単独性能の研究としては、開発された翼断面をもとにして系統的模型プロペラを製作し、プロペラ単独試験を行なうとともに、その試験結果をもとにしてチャートを作成した。

このチャートを基にして、4軸高速コンテナ船用のプロペラを設計、製作し、確認試験を行なった。

最初に開発されたSRI-a型の翼断面は、キャビテーション性能上は従来のMAU型翼断面より優れていたが、

単独性能上は劣っていたので、それを改良したSRI-B型が開発された。SRI-B型はMAU型に比べて、単独性能は略同一で、キャビテーション性能上は良くなった。代表的な試験研究結果を図5・90～図5・94に示す。

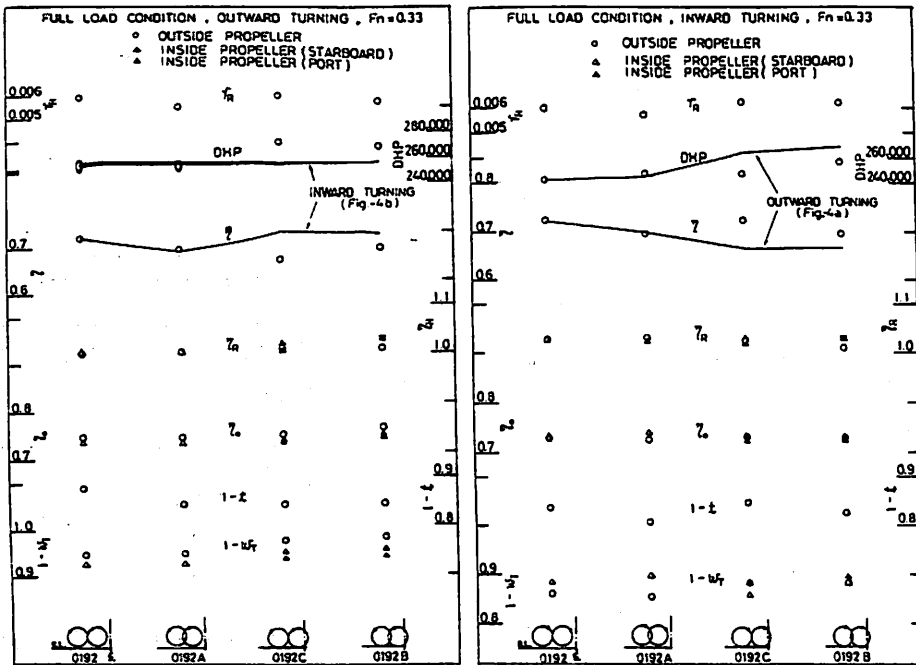


図5・88  
軸配置と自航要素等の関係

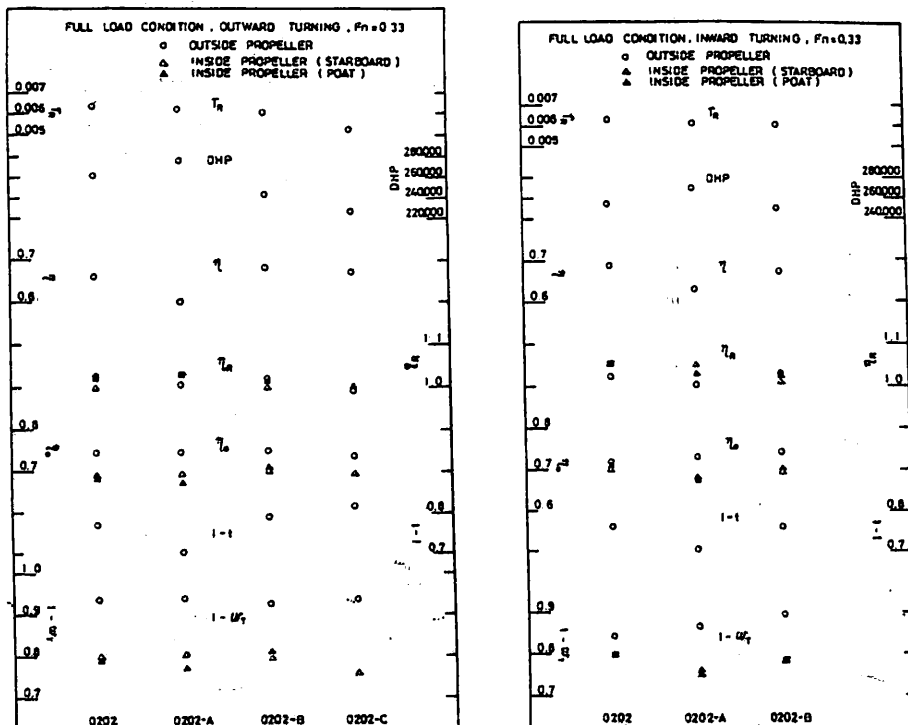


図5・89  
4軸船の軸支持法変化と3軸船の試験結果

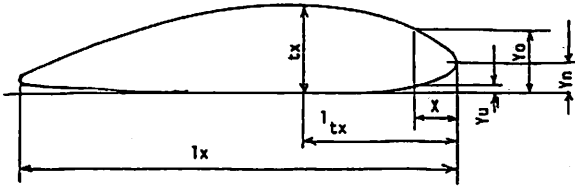


図5・90 翼断面の各部の記号

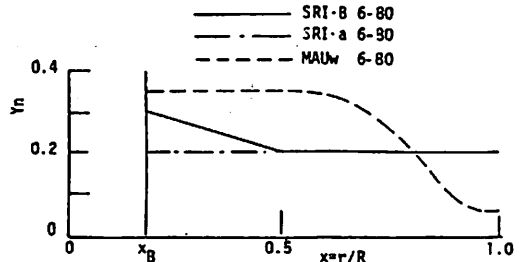


図5・92 翼断面の鼻の高さ

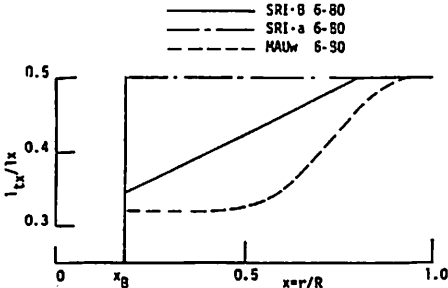


図5・91 翼断面の最大厚さの位置

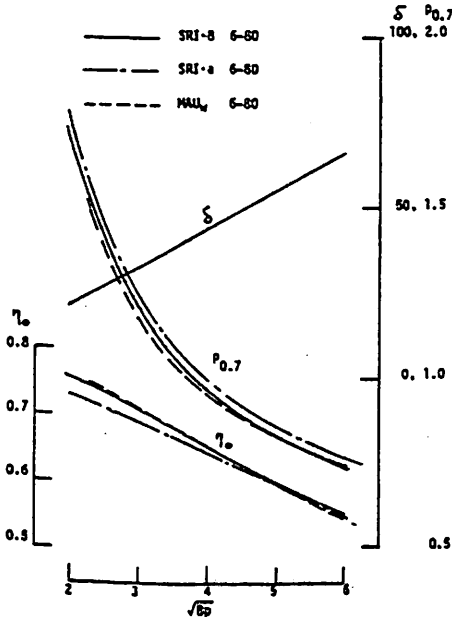


図5・93 3種の翼の効率等の比較

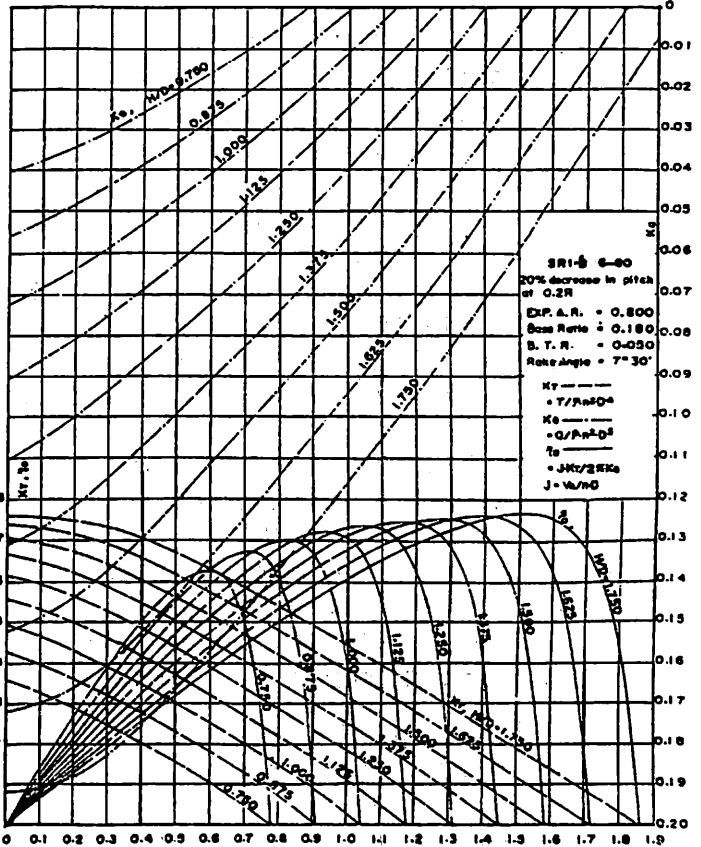


図5・94 SRI-Bのプロペラ単独試験結果

5・7・3 最適船型の研究

以上に述べてきたような試験研究の成果に基づいて最適船型の研究を行なった。研究主任は高橋室長である。その内容は、最適船型の設計、性能確認試験及び総合とりまとめである。

この研究は、高度成長時代に始った研究であるが、その5ヶ年計画の途中の昭和48年末に石油ショックが発生し、世界経済は低速成長時代へと移ってしまった。

したがって、この研究の終る頃には、このような大型超高速コンテナ船の実現は望めないようになってしまっ

たが、それぞれの研究成果は、それなりに現状の技術の参考になるものと思われる。

なお、以上に示した図表は昭和47年度より5年間にわたる船研秋の講演会に示されたものから取出したものである。

● 船の科学ファイル ●

船の科学1年分が種々な資料とともに収録できます。料金は送料共で700円。当社に直接ご注文下さい。

# 第1章 艦艇の電気機装・電気機器

<その13>

山崎信次\*・伊藤武夫\*

### 3・3 昭和期における潜水艦の電気装備

#### 3・3・1 主二次電池

潜水艦主二次電池は潜水艦水中航走性能を左右するもので、その重要性和特殊性にかんがみ、横須賀海軍工廠電池実験部は研究開発を主導するばかりでなく、量産能力を持ち、日本電池、湯浅蓄電池とともに戦前戦中の大量の需要に応ずる態勢を整えていた。

戦時中主として使用された潜水艦主二次電池の極板寸法及び電池容量は表1・12及び表1・13のとおりである。1号二次電池はペースト式電池であって、他に2号二次電池と呼ばれたエボナイトクラッド式電池が制式化され、戦前は両者併用されたが、エボナイトクラッド式は長寿命である一方多量生産が困難であったので、戦時中はペースト式1号二次電池が主として生産搭載された。以下主として1号二次電池について述べる。

大正11年に制定された海軍二次電池規格では、主二次電池の耐久力(サイクル寿命)は各型共2時間率放電で250回以上に定められていたが、昭和11年には100回増

表1・12 潜水艦主二次電池極板寸法 単位mm

極板名称	長さ	幅	厚さ		
1号陽極板 2型改1	4型	821	288	5	
	5型	822	280	3.6	
	20型	854	270	2.0	
	30型	860	270	2.0	
	特H型	644	270	2.0	
	1号陰極板 2型改1	4型改1	821	280	4.5
		5型	822	288	3.2
6型		838	434	3.2	
20型		854	270	2.3	
30型		860	270	1.8	
特H型		644	270	1.8	

\* 日本船用機関調査研究委員会 電気専門委員会委員

の350回に改められた。その後極板の改良に加え木製隔離板に代わるガラス繊維マット及び微孔隔離板の使用によって、昭和17年には5型は450回、6型は400回、エボナイトクラッド式は1,200回と向上した。

一方潜航持続時間延長のための長時間率容量の増大、高速襲撃のための1時間率容量の増加の要求に対し、昭和13年ごろから電池の外形、重量及び耐久力に変更を加えず、容量だけ20~30%増大することを目標とした実験研究が本格的に開始された。昭和14年末に1号7型電池の改良品として、陽極板3.6mm、陰極板3.2mm厚のいわゆる薄型極板を用いた1号12型電池が完成した。その耐久力は当時の規格値350回以上に対し、650回程の実績を示した。また1号9型電池の改良品として1号14型電池が出来た。

表1・13 潜水艦主二次電池時間率容量

電池名称	時間率	時間率別放電容量 (単位 A h)				
		20	8	4	2	1
1号二次電池	2型	5400	4600	3860	3260	2500
	5型	7000	6000	5240	4200	3300
	7型	5000	4320	3600	3000	2300
	8型	10000	8640	7200	6000	4600
	9型	7900	6720	5620	4700	3700
	10型	5400	4600	3860	3260	2500
	11型	5800	4960	4160	3500	2700
	12型	5600	5000	4300	3500	2750
	13型	11200	10000	8600	7000	5500
	14型	9500	8400	7200	5900	4500
	15型	6400	5680	4960	4000	3160
	21型	4000	3600	3160	2560	1910
	23型	6440	5580	5080	4120	3075
	24型	7480	6730	5910	4790	3570
	26型	12880	11600	10160	8240	6150
	33型	6800	6240	5720	5080	4250
	特H型	2740	2560	2400	1760	



表1・13の1号21型ないし33型電池はいわゆる側導体付き電池で、水中高速を得るため陽極板2.0mm、陰極板2.3または1.8mmの極薄形極板を使用したものである。側導体とは縦長極板の電池で高率放電時に極板底部の電気を有効に取り出すために、極板側部に特別に付加した鉛被覆銅導体のことである。

真珠湾攻撃で有名な特殊潜航艇（甲標的）用電池は、昭和7年ごろから実験研究され、幾多の段階を経て、昭和14年ごろ完成し特D型と呼ばれた。それは1基4Vの特殊電池で、4個並列56個直列計224個が搭載された。重量18.4トン、電圧220V、電流1個540Aのもの4個並列で2160A、600馬力電動機に接続し持続時間52分の計画であった。この電池はその後潜高型（水中高速）潜水艦にも使用されたが、取扱い上の困難から後に1号33型電池に置き換えられた。

3・3・2 推進電動機とその制御装置

(1) 推進電動機

我が国潜水艦はすべて、水上航行時推進電動機を発電機にして主二次電池を充電する方式を採用した。従って推進電動機の容量は艦の主要目的、艦種、排水量等により左右されるのはもちろんであるが、基本的には水中最大速力、充電所要時間、搭載主機械容量、発電可能容量等を勘案して定められた。一般に水中最大速力8ノット、充電所要時間8h以内が基準となっていた。電動機としては、全負荷定格時間は大部分1時間ないし1時間半としたが、戦争末期計画のものは戦訓を取り入れ30分としたものもあった。

昭和初期の艦では、搭載電池容量が比較的小さかったため、推進電動機はその発電容量よりもむしろ電動機としての出力が設計の基準となった。その後主二次電池の容量増大に伴って発電容量が問題となりはじめ、一部の艦型には他の用途も兼ねて補助発電機が搭載された。

推進電動機は双電機子型の構造で、回転数制御は電機子電圧変換及び界磁制御を併用した。電圧変換は1艦2軸装備の場合図1・2に示す4段階であった。図1・2の(d)は水中最低速運転(1ノット程度)の場合で、片舷電動機だけを運転し、電池は半群を使用する接続である。

昭和初頭までの推進電動機は主としてフランス式またはドイツ式のものであったが、昭和4年ごろ以降は海軍と民間製造会社（東京芝浦電気、三菱電機、富士電機）との共同設計による特A型、特B型等の電動機が、また同様に昭和12年から終戦までの間に特5型ないし特11型電動機が設計制式化された。その出力、装備艦型等の例は3・3・5節の艦型別電気装備の項に示してある。これら電動機の共同設計は標準直流電動機の標準化設計に準じ、完全に詳細寸法仕様を定めてあったから、後に艦完成期の都合によって界磁と電機子とを別々の会社で製造し、それを組み合わせた場合も、両者が数mmのギャップを隔てて回転し、よく規定の性能を発揮することができた。

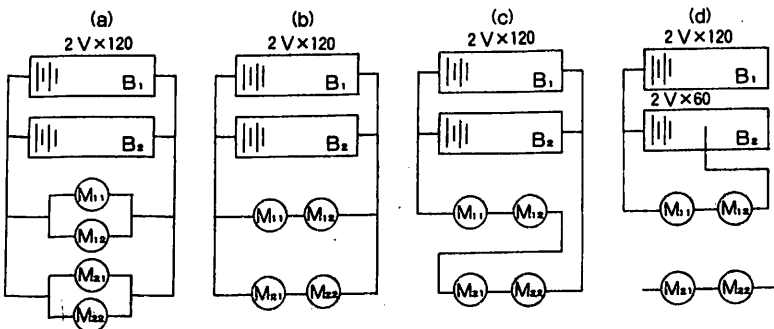
(2) 推進電動機用管制盤

管制盤（制御配電盤の海軍呼称）には手動式、電磁空気式及び遠隔制御電磁空気式の3種があった。古くはすべて手動式であったが、大容量推進電動機の搭載に伴い管制盤重量容積が増大したので、その縮小を計りかつ操作を容易にするため電磁空気式が開発され、大戦初期に完成した呂35型艦以降に採用された。当初は空気の流れ及び結線の複雑さに起因する事故の発生が多かったが、部分的改良と同時に乗員が取り扱いに習熟するにしたがい事態は改善され、戦争全期間を通じ特に支障なく使用された。

遠隔制御電磁空気式は、戦争末期に建造された潜高型潜水艦（水中高速艦で水中軸馬力5000HP）に初めて採用されたが、十分その成果を見るいとまなく終戦となった。

(3) 補助発電機

補助発電機は前述のように、搭載電池容量に比べ推進電動機の充電発電機としての能力不足を補うためのほか、燃料節約のため推進用発電機として、伊号型（潜丁型、潜高型を除く）において400または450kWのもの1ないし2基が搭載された。発生電圧は240Vないし340Vである。補助発電機装備場所は補機室と電動機室後部の二通りあったが、後者の方が取り扱い上有利とされた。



注：Bは電池1群、Mは電機子1個を示す。

図1・2 潜水艦推進電動機と主二次電池の接続変換要領図

(4) 巡航電動機

水中航続力増大のため低速における電氣的損失を少なくする目的で、大体3ノット航走を全力とする程度の小形の電動機を、主電動機の艦尾側においてプロペラ軸にVベルトで連結した。この電動機の装備によって3ノット以下の低速の水中持続時間を大幅に延ばすことができた。

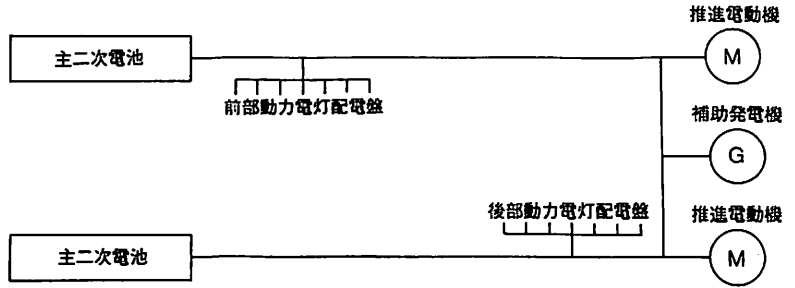


図1・3 潜水艦配電方式略図

3・3・3 一般配電方式及び動力関係

(1) 一般配電方式

主電路配電方式は図1・3に示すような一種の環状方式を採用し、両群電池は常時並列使用を建前として計画された。補助電路(動力、電灯)は樹枝状配電であった。主電路には紙絶縁鉛被外装電線、補助電路にはゴム絶縁鉛被外装電線が使用された。

(2) 動力関係

補機及び二次電源用の電動機の使用電圧はおおよそ次の標準によった。

- (a) 水中航走時だけ使用のもの 200 ~ 240 V
- (b) 水上航走時だけ使用のもの 240 ~ 330 V
- (c) 水上、水中航走時とも使用のもの 200 ~ 330 V

次に示す重要な電動機は両舷電路から転換給電できるよう配線された。

- (a) 保安上必要な補機(潜舵、横舵、縦舵、釣合ポンプ等)用電動機
  - (b) 主機械関連補機用電動機
  - (c) 通信(無線、電波探信儀、水測兵器等)用電動機
- なお低圧排水ポンプ用、主排水ポンプ用、掃気送風機用などの電動機のように重要ではあるが、容量が大き過ぎて両舷分岐電路から給電するのが不利なものは、動力配電盤から直接単独給電された。

(3) 2式安全溶解器

全潜水艦の動力、通信、電灯各回路の保護には、2式安全溶解器という制式名称のヒューズが用いられた。このヒューズはドイツから導入された密閉形砂入りのプラグ型ヒューズで、富士電機によって国産化され独占製造されたが、戦前戦中の潜水艦建造数の急増に伴い、時に艦装の進捗に支障を及ぼすことがあった。

●ケミカルタンカーの設計・建造・運航・保守にいたる全てを網羅した決定版技術資料●

ケミカルタンカーの貨物対象品には、多くの有害液体物質がある。海洋汚染防止条約の発効(1986年10月)も近い。船舶の中でも高度の技術知識を必要とするケミカルタンカーの全ての領域をカバーした決定版技術解説書である。

恵美洋彦・曾根 紘・角張昭介 共著

「ケミカルタンカー」

「続・ケミカルタンカー」

B 5 版 300 頁 5000 円

B 5 版 424 頁 7500 円

(※ご注文は当社に直接お願いします。送料は当社負担致します。)

- 第1章 ケミカルタンカーの概要
- 第2章 ケミカルタンカーに対する各種規則の概要
- 第3章 ケミカルタンカーの一般計画と損傷時復原性
- 第4章 危険化学品概論
- 第5章 ケミカルタンカーの船体構造及び貨物タンク
- 付 録 化学品名の索引

- 第6章 貨物用諸装置
- 第7章 防火、消火および防爆
- 第8章 人身保護・安全装置
- 第9章 材料・溶接・腐食
- 第10章 オペレーション及び保守
- 付 録 最低要件一覧表、危険性評価基準、他資料15篇

船 舶 技 術 協 会

● 連 載 ●

# 造船工学覚え書

<21>

広島大学名誉教授(造船学)  
工学博士 川上 益 男

## 12・3 長倉船の倉口の立体的開閉機構(つづき)

### (Ⅲ) 倉口中央に強特設肋骨を設けた場合

倉口が特に長い場合に良く採用される構造として、倉口中央に特設肋骨より一段大きい肋骨を設ける場合がある。これを強特設肋骨と名付ける。この強特設肋骨を設けた場合には、特設肋骨のみの配置された場合よりさらに水平反力、垂直反力がそれぞれ $\Delta H$ 、 $\Delta V$ だけ増加する。従って、この場合にはⅡの場合に対して $\Delta H$ 、 $\Delta V$ の修正を加えなければならない。 $\Delta H$ 、 $\Delta V$ による水平および垂直変位は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} y_0 &= (F_1 \ell^{\alpha x} + F_2 \ell^{-\alpha x}) \sin \alpha x + (F_3 \ell^{\beta x} + F_4 \ell^{-\beta x}) \cos \alpha x \\ &\quad + (F_5 \ell^{\beta x} + F_6 \ell^{-\beta x}) \sin \beta x + (F_7 \ell^{\beta x} + F_8 \ell^{-\beta x}) \cos \beta x \\ z_0 &= k_0 \{ (F_1 \ell^{\alpha x} + F_2 \ell^{-\alpha x}) \sin \alpha x + (F_3 \ell^{\beta x} + F_4 \ell^{-\beta x}) \cos \alpha x \} \\ &\quad + k_1 \{ (F_5 \ell^{\beta x} + F_6 \ell^{-\beta x}) \sin \beta x + (F_7 \ell^{\beta x} + F_8 \ell^{-\beta x}) \cos \beta x \} \end{aligned} \right\} \quad (12 \cdot 14)$$

(12・14)の積分定数は、次の境界条件より決定される。

$$\left. \begin{aligned} dy_0/dx|_{x=0} &= 0, & dz_0/dx|_{x=0} &= 0 \\ E\bar{I}_H d^3 y_0/dx^3|_{x=0} &= \Delta V/2 \\ E\bar{I}_D d^3 z_0/dx^3|_{x=0} &= \Delta H/2 \\ y_0|_{x=\ell/2} &= 0, & z_0|_{x=\ell/2} &= 0 \\ d^2 y_0/dx^2|_{x=\ell/2} &= 0 \\ d^2 z_0/dx^2|_{x=\ell/2} &= f_0 d^2 Z_0^m/dx^2|_{x=\ell/2} \end{aligned} \right\} \quad (12 \cdot 15)$$

ただし $z_0^m$ は両端固定の場合の水平たわみである。

(12・14)の積分定数は、(12・15)によって次のように求まる。

$$\begin{aligned} F_1 &= -\frac{(\Delta H/\bar{I}_D - k_1 \Delta V/\bar{I}_H) \cdot \sin 2\theta - 2\cos^2\theta + 2\ell^{-\theta} \text{sh}\theta}{16\alpha^3 E(k_0 - k_1)} \cdot \frac{\sin 2\theta - 2\cos^2\theta + 2\ell^{-\theta} \text{sh}\theta}{\cos 2\theta + \text{ch} 2\theta} \\ &\quad - \frac{M^m \cos \theta \text{ch}\theta}{2\alpha^2(k_1 - k_0)(\cos 2\theta + \text{ch} 2\theta)} \\ F_3 &= -\frac{(\Delta H/\bar{I}_D - k_1 \Delta V/\bar{I}_H) \cdot \sin 2\theta + 2\cos^2\theta - 2\ell^{-\theta} \text{sh}\theta}{16\alpha^3 E(k_0 - k_1)} \\ &\quad + \frac{M^m \sin \theta \text{sh}\theta}{2\alpha^2(k_1 - k_0)(\cos 2\theta - \text{ch} 2\theta)} \end{aligned}$$

$$F_1 + F_2 = F_4 - F_3 = \frac{\Delta H/\bar{I}_D - k_1 \Delta V/\bar{I}_H}{8\alpha^3 E(k_0 - k_1)}$$

$$F_5 = -\frac{(k_0 \Delta V/\bar{I}_H - \Delta H/\bar{I}_D) \cdot \sin 2\varphi - 2\cos^2\varphi + 2\ell^{-\varphi} \text{sh}\varphi}{16\beta^3 E(k_0 - k_1)} \cdot \frac{\sin 2\varphi - 2\cos^2\varphi + 2\ell^{-\varphi} \text{sh}\varphi}{\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi} + \frac{M^m \cos \varphi \text{ch}\varphi}{2\beta^2(k_1 - k_0)(\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi)}$$

$$F_7 = -\frac{(k_0 \Delta V/\bar{I}_H - \Delta H/\bar{I}_D) \cdot \sin 2\varphi + 2\cos^2\varphi - 2\ell^{-\varphi} \text{sh}\varphi}{16\beta^3 E(k_0 - k_1)} \cdot \frac{\sin 2\varphi + 2\cos^2\varphi - 2\ell^{-\varphi} \text{sh}\varphi}{\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi} - \frac{M^m \sin \varphi \text{sh}\varphi}{2\beta^2(k_1 - k_0)(\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi)}$$

$$F_5 + F_6 = F_8 - F_7 = \frac{k_0 \Delta V/\bar{I}_H - \Delta H/\bar{I}_D}{8E\beta^3(k_0 - k_1)}$$

さらにここで次のような記号を用いている。

$$\begin{aligned} M^m &= 2f_0 [\alpha^2 k_0 \{ (F_1^m \ell^\theta - F_2^m \ell^{-\theta}) \cos \theta - (F_3^m \ell^\theta - F_4^m \ell^{-\theta}) \sin \theta \} + \beta^2 k_1 \{ (F_5^m \ell^\varphi - F_6^m \ell^{-\varphi}) \cos \varphi - (F_7^m \ell^\varphi - F_8^m \ell^{-\varphi}) \sin \varphi \}] \\ F_1^m &= G_1(\Delta H/\bar{I}_D - k_1 \Delta V/\bar{I}_H) + G_2(k_0 \Delta V/\bar{I}_H - \Delta H/\bar{I}_D) \\ F_3^m &= G_3(\Delta H/\bar{I}_D - k_1 \Delta V/\bar{I}_H) + G_4(k_0 \Delta V/\bar{I}_H - \Delta H/\bar{I}_D) \\ F_1^m + F_2^m &= F_4^m - F_3^m = (\Delta H/\bar{I}_D - k_1 \Delta V/\bar{I}_H) / 8E\alpha^3(k_0 - k_1) \\ F_5^m &= G_5(\Delta H/\bar{I}_D - k_1 \Delta V/\bar{I}_H) + G_6(k_0 \Delta V/\bar{I}_H - \Delta H/\bar{I}_D) \\ F_7^m &= G_7(\Delta H/\bar{I}_D - k_1 \Delta V/\bar{I}_H) + G_8(k_0 \Delta V/\bar{I}_H - \Delta H/\bar{I}_D) \\ F_5^m + F_6^m &= F_8^m - F_7^m = (k_0 \Delta V/\bar{I}_H - \Delta H/\bar{I}_D) / 8E\beta^3(k_0 - k_1) \\ \Phi_1(\theta, \varphi) &= (1 + \ell^{-2\theta}(\cos 2\theta - \sin 2\theta))(\sin 2\varphi + \text{sh} 2\varphi) / 2 \\ \Phi_2(\theta, \varphi) &= (\ell^{-\theta} \text{ch}\theta - \cos^2\theta - \sin\theta \cos\theta)(1 + \cos 2\varphi \text{ch} 2\varphi) \\ \Phi_3(\theta, \varphi) &= (\ell^{-\theta} \text{sh}\theta - \cos^2\theta - \sin\theta \cos\theta)(\sin 2\varphi + \text{sh} 2\varphi) / 2 \\ \Phi_4(\theta, \varphi) &= (\ell^{-\theta} \text{sh}\theta + \sin^2\theta + \sin\theta \cos\theta)(\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi) / 2 \\ G_1 &= \{ (\alpha/\beta)\Phi_1(\theta, \varphi) + (k_0/k_1)\Phi_2(\theta, \varphi) \} / 16E\alpha^2 Q^m(k_0 - k_1) \\ G_2 &= \{ \beta \cos\theta \text{ch}\theta / \alpha \cos\varphi \text{ch}\varphi \} \{ \Phi_1(\varphi, \varphi) + \Phi_2(\varphi, \varphi) \} / 16E\beta^3 Q^m(k_0 - k_1) \\ G_3 &= \{ (\alpha/\beta)\Phi_3(\theta, \varphi) + (k_0/k_1)\Phi_4(\theta, \varphi) \} / 16E\alpha^2 S^m(k_0 - k_1) \\ G_4 &= \{ \beta \sin\theta \text{sh}\theta / \alpha \sin\varphi \text{sh}\varphi \} \{ \Phi_3(\varphi, \varphi) + \Phi_4(\varphi, \varphi) \} \\ G_5 &= \{ \alpha \cos\varphi \text{ch}\varphi / \beta \cos\theta \text{ch}\theta \} \{ \Phi_1(\theta, \theta) + \Phi_2(\theta, \theta) \} / 16E\alpha^3 T^m(k_0 - k_1) \\ G_6 &= \{ (\beta/\alpha)\Phi_1(\varphi, \theta) + (k_1/k_0)\Phi_2(\varphi, \theta) \} / 16E\beta^3 T^m(k_0 - k_1) \\ G_7 &= \{ \alpha \sin\varphi \text{sh}\varphi / \beta \sin\theta \text{sh}\theta \} \{ \Phi_3(\theta, \theta) + \Phi_4(\theta, \theta) \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & /16E\alpha^3 P^m(k_0-k_1) \\
 G_8 &= (\beta/\alpha)\Phi_3(\varphi, \theta) + (k_1/k_0)\Phi_4(\varphi, \theta) / 16E\beta^3 P^m(k_0-k_1) \\
 Q^m &= (\alpha/2\beta)(\sin 2\varphi + \text{sh} 2\varphi)(1 + \cos 2\theta \text{ch} 2\theta) \\
 & - (k_0/2k_1)(1 + \cos 2\varphi \text{ch} 2\varphi)(\sin 2\theta + \text{sh} 2\theta) \\
 T^m &= (\beta/2\alpha)(\sin 2\theta + \text{sh} 2\theta)(1 + \cos 2\varphi \text{ch} 2\varphi) \\
 & - (k_1/2k_0)(1 + \cos 2\theta \text{ch} 2\theta)(\sin 2\varphi + \text{sh} 2\varphi) \\
 S^m &= (\alpha/4\beta)(\sin 2\varphi + \text{sh} 2\varphi)(\cos 2\theta + \text{ch} 2\theta) \\
 & - (k_0/4k_1)(\sin 2\theta + \text{sh} 2\theta)(\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi) \\
 P^m &= (\beta/4\alpha)(\sin 2\theta + \text{sh} 2\theta)(\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi) \\
 & - (k_1/4k_0)(\sin 2\varphi + \text{sh} 2\varphi)(\cos 2\theta + \text{ch} 2\theta)
 \end{aligned}$$

$\Delta H$ ,  $\Delta V$  により 1 特設肋骨心距間の骨組に作用する水平反力  $R_H$  および垂直反力  $R_V$  は (12・5) により, 次のように求められる。

$$\left. \begin{aligned}
 R_H &= -4E\bar{I}_D \left[ k_0 \alpha^4 \{ (F_1 \ell^{\alpha x} + F_2 \ell^{-\alpha x}) \sin \alpha x \right. \\
 & \quad + (F_3 \ell^{\alpha x} + F_4 \ell^{-\alpha x}) \cos \alpha x \} + k_1 \beta^4 \{ (F_5 \ell^{\beta x} \\
 & \quad + F_6 \ell^{-\beta x}) \sin \beta x + (F_7 \ell^{\beta x} + F_8 \ell^{-\beta x}) \cos \beta x \} \right] \\
 R_V &= -4E\bar{I}_H \left[ \alpha^4 \{ (F_1 \ell^{\alpha x} + F_2 \ell^{-\alpha x}) \sin \alpha x \right. \\
 & \quad + (F_3 \ell^{\alpha x} + F_4 \ell^{-\alpha x}) \cos \alpha x \} + \beta^4 \{ (F_5 \ell^{\beta x} \\
 & \quad + F_6 \ell^{-\beta x}) \sin \beta x + (F_7 \ell^{\beta x} + F_8 \ell^{-\beta x}) \cos \beta x \} \right]
 \end{aligned} \right\} (12 \cdot 16)$$

静的不定量  $\Delta V$ ,  $\Delta H$  は倉口中央 A 点で横骨組構造と縦部材の水平, 垂直変位が相等しい条件から求められる。

すなわち,

$$\left. \begin{aligned}
 z|_{x=0} + z_0|_{x=0} \\
 = d_z^s - u^s (V|_{x=0} + R_V|_{x=0} + \Delta V) / E \\
 - v^s (H|_{x=0} + R_H|_{x=0} + \Delta H) / E \\
 y|_{x=0} + y_0|_{x=0} \\
 = d_y^s - m^s (V|_{x=0} + R_V|_{x=0} + \Delta V) / E \\
 - v^s (H|_{x=0} + R_H|_{x=0} + \Delta H) / E
 \end{aligned} \right\} (12 \cdot 17)$$

ただし,  $d_z^s, d_y^s, u^s, v^s, m^s, n^s$  などはそれぞれ  $d_z, d_y, u, v, m, n$  の中の  $I_1, A_1$  の代りに  $I_{s1}, A_{s1}$  を代入したものである。(12・17) より  $\Delta V, \Delta H$  は次式のように求められる。

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta V &= (Q_3 N_1 - Q_1 N_2) / (Q_1 Q_4 - Q_2 Q_3) \\
 \Delta H &= (Q_4 N_1 - Q_2 N_2) / (Q_1 Q_4 - Q_2 Q_3)
 \end{aligned} \right\} (12 \cdot 18)$$

ただし,

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= (P_1 - P_2) / \bar{I}_D + v^s / E, \quad Q_2 = (k_1 P_1 - k_0 P_2) / \bar{I}_H - u^s / E \\
 Q_3 &= (R_1 - R_2) / \bar{I}_D + n^s / E, \quad Q_4 = (k_1 R_1 - k_0 R_2) / \bar{I}_H - m^s / E \\
 N_1 &= d_z^s - (u^s V|_{x=0} + v^s H|_{x=0}) / E - Z|_{x=0} \\
 N_2 &= d_y^s - (m^s V|_{x=0} + n^s H|_{x=0} - y|_{x=0}) \\
 P_{1-2} &= (k_0 K_1 + k_1 H_1) - 4S (\bar{I}_H u^s (\alpha^4 K_1 + \beta^4 H_1) \\
 & \quad + \bar{I}_D v^s (k_0 \alpha^4 K_1 + k_1 \beta^4 H_1)) \\
 R_{1-2} &= (K_1 + H_1) - 4S (\bar{I}_H m^s (\alpha^4 K_1 + \beta^4 H_1) \\
 & \quad + \bar{I}_D n^s (k_0 \alpha^4 K_1 + k_1 \beta^4 H_1)) \\
 K_1 &= \{ 1 - (\sin 2\theta + 2c \cos^2 \theta - 2\ell^{-\theta} \text{sh} \theta) / (\cos 2\theta + \text{ch} 2\theta) \}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & / 8E\alpha^3 (k_0 - k_1) - T_1 \sin \theta \text{sh} \theta \\
 & / \{ \alpha^2 (k_0 - k_1) (\cos 2\theta + \text{ch} 2\theta) \} \\
 H_2 &= \{ 1 - (\sin 2\varphi + 2c \cos^2 \varphi - 2\ell^{-\varphi} \text{sh} \varphi) \\
 & / (\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi) \} / 8E\beta^3 (k_0 - k_1) \\
 & - T_2 \sin \varphi \text{sh} \varphi / \beta^2 (k_0 - k_1) (\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi) \\
 H_1 &= T_1 \sin \varphi \text{sh} \varphi / \beta^2 (k_0 - k_1) (\cos 2\varphi + \text{ch} 2\varphi) \\
 K_2 &= -T_2 \sin \theta \text{sh} \theta / \alpha^2 (k_0 - k_1) (\cos 2\theta + \text{ch} 2\theta) \\
 T_1 &= 4f_0 \{ \alpha^2 k_0 (G_1 \cos \theta \text{ch} \theta - G_3 \sin \theta \text{sh} \theta) \\
 & + \beta^2 k_1 (G_5 \cos \varphi \text{ch} \varphi - \sin \varphi \text{sh} \varphi) \\
 & - \alpha^2 k_0 \ell^{-\theta} (\cos \theta - \sin \theta) \} / 16E\alpha^3 (k_0 - k_1) \\
 T_2 &= 4f_0 \{ \alpha^2 k_0 (G_2 \cos \theta \text{ch} \theta - G_4 \sin \theta \text{sh} \theta) \\
 & + \beta^2 k_1 (G_6 \cos \varphi \text{ch} \varphi - G_8 \sin \varphi \text{sh} \varphi) \\
 & - \beta^2 k_1 \ell^{-\varphi} (\cos \varphi - \sin \varphi) \} / 16E\beta^3 (k_0 - k_1)
 \end{aligned}$$

$\Delta H$  による倉口側甲板に作用する水平曲げモーメント  $\Delta M_H$  と  $\Delta V$  による倉口側桁に作用する垂直曲げモーメント  $\Delta M_V$  とは次のようになる。

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta M_H &= -2E\bar{I}_D \left[ k_0 \alpha^2 \{ (F_1 \ell^{\alpha x} - F_2 \ell^{-\alpha x}) \cos \alpha x \right. \\
 & \quad - (F_3 \ell^{\alpha x} - F_4 \ell^{-\alpha x}) \sin \alpha x \} + k_1 \beta^2 \{ (F_5 \ell^{\beta x} \\
 & \quad - F_6 \ell^{-\beta x}) \cos \beta x - (F_7 \ell^{\beta x} - F_8 \ell^{-\beta x}) \sin \beta x \} \right] \\
 \Delta M_V &= -2E\bar{I}_H \left[ \alpha^2 \{ (F_1 \ell^{\alpha x} - F_2 \ell^{-\alpha x}) \cos \alpha x \right. \\
 & \quad - (F_3 \ell^{\alpha x} - F_4 \ell^{-\alpha x}) \sin \alpha x \} + \beta^2 \{ (F_5 \ell^{\beta x} \\
 & \quad - F_6 \ell^{-\beta x}) \cos \beta x - (F_7 \ell^{\beta x} - F_8 \ell^{-\beta x}) \sin \beta x \} \right]
 \end{aligned} \right\} (12 \cdot 19)$$

ここまでで普通にみられる長倉口船構造の横強度要因による倉口の開閉機構の解析法を説明した。

#### (IV) 縦強度的要因による倉口開閉強度

船体垂直曲げによる甲板の縦曲げ応力が船の長さ方向に変化すれば, 舷側部より甲板にせん断応力が作用し, この原因によって倉口側甲板にはその面内に水平曲げモーメントが作用する。

今  $x$  の原点を長さの中央にとったとき, 船体ホッピングモーメントによる応力が  $\sigma_L \cos(\pi x/L)$  で表わされると仮定したとき, 横骨組からの反力を考えたとき側甲板の水平変位は次式のようになる。

$$\left. \begin{aligned}
 Z &= \ell^{Kx} (C_1 \cos Kx + C_2 \sin Kx) \\
 & + \ell^{-Kx} (C_3 \cos Kx + C_4 \sin Kx) \\
 & + \lambda \cos \alpha_1 x / (\alpha_1^4 + 4K^4)
 \end{aligned} \right\} (12 \cdot 20)$$

ただし

$$\begin{aligned}
 K^4 &= k / 4E\bar{I}_D, \quad \alpha_1 = \pi / L, \quad \lambda = -\alpha_1^2 \sigma_L b_d \bar{A}_D / 2E\bar{I}_D, \\
 k &= E / S_v, \quad C_1, \dots, C_4: \text{積分定数}
 \end{aligned}$$

さらに, 側甲板面内の水平曲げモーメントは, 次のようになる。

$$\begin{aligned}
 M_H &= -E\bar{I}_D \left[ 2K^2 \{ \ell^{Kx} (-C_1 \sin Kx + C_2 \cos Kx) \right. \\
 & \quad \left. - \ell^{-Kx} (-C_3 \sin Kx + C_4 \cos Kx) \} - \frac{\alpha_1^2 \lambda \cos \alpha_1 x}{\alpha_1^4 + 4K^4} \right] (12 \cdot 21)
 \end{aligned}$$

以上の一般解において、既に記したごとく横骨組構造が異なれば積分定数が異なってくる。

(A) 一様特設肋骨構造

この場合には次のような境界条件によって積分定数は決定される。

$$\left. \begin{aligned} dZ/dx|_{x=0} &= 0, Z|_{x=\pm \ell/2} = 0, \\ d^2Z/dx^2|_{x=\pm \ell/2} &= f_0 d^2Z^{\ell}/dx^2|_{x=\pm \ell/2} \end{aligned} \right\} \quad (12\cdot22)$$

積分定数は、次のように求められる。

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{-1}{ch^2\xi - \sin^2\xi} \left\{ \frac{\lambda \cos \zeta}{\alpha_1^4 + 4K^4} \left( \frac{\alpha_1^2}{2K^2} \sin \xi \operatorname{sh} \xi \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \cos \xi \operatorname{ch} \xi \right) + \frac{f_0 F_L \sin \xi \operatorname{sh} \xi}{2K^2} \right\} \\ C_2 &= \frac{1}{ch^2\xi - \sin^2\xi} \left\{ \frac{\lambda \cos \zeta}{\alpha_1^4 + 4K^4} \left( \frac{\alpha_1^2}{2K^2} \cos \xi \operatorname{ch} \xi \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \sin \xi \operatorname{sh} \xi \right) + \frac{f_0 F_L \cos \xi \operatorname{ch} \xi}{2K^2} \right\} \\ C_3 &= C_1, C_4 = -C_2, \xi = K\ell/2, \zeta = \alpha_1 \ell/2 \\ F_L &= 2K^2(-A_L \sin \xi \operatorname{sh} \xi + B_L \cos \xi \operatorname{ch} \xi) \\ &\quad - \frac{\alpha_1^2 \zeta}{\alpha_1^4 + 4K^4} \cos \zeta \\ A_L &= -\frac{\lambda}{\alpha_1^4 + 4K^4} \cdot \\ &\quad \frac{(\alpha_1/K) \sin \zeta (\sin \xi \operatorname{sh} \xi + \cos \zeta (\cos \xi \operatorname{sh} \xi + \sin \xi \operatorname{ch} \xi))}{\sin \xi \cos \xi + \operatorname{sh} \xi \operatorname{ch} \xi} \\ B_L &= \frac{\lambda}{\alpha_1^4 + 4K^4} \cdot \\ &\quad \frac{(\alpha_1/K) \sin \zeta (\cos \xi \operatorname{ch} \xi + \cos \zeta (\cos \xi \operatorname{sh} \xi - \sin \xi \operatorname{ch} \xi))}{\sin \xi \cos \xi + \operatorname{sh} \xi \operatorname{ch} \xi} \end{aligned} \quad (12\cdot23)$$

(B) 倉口中央強特設肋骨構造

倉口中央に強特設肋骨を配置した構造の場合の (12・20) の積分定数は、次の境界条件によって求められる。

$$\left. \begin{aligned} dZ/dx|_{x=0} &= 0, \\ d^2Z/dx^2|_{x=\ell/2} &= f_0 d^2Z^{\ell}/dx^2|_{x=\ell/2} \\ Z|_{x=\ell/2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (12\cdot24)$$

$$\left. \begin{aligned} d^3Z/dx^3|_{x=0} &= -(k_1 - kS)Z|_{x=0}/2E\bar{I}_D \\ k_1 &= E/v^2 \end{aligned} \right\}$$

而るときは積分定数は次のようになる。

$$\begin{aligned} C_1 &= (H_M N_F - M_F M_M)/S_F, C_3 = (N_F R_M + M_M L_F)/S_F \\ C_4 &= \left\{ \frac{\lambda \cos \zeta}{\alpha_1^4 + 4K^4} + \ell^\xi (\cos \xi - \sin \xi) C_1 \right. \\ &\quad \left. + (\ell^{-\xi} \cos \xi + \ell^\xi \sin \xi) C_3 \right\} / 2 \sin \xi \operatorname{sh} \xi \\ C_2 &= C_3 - C_1 - C_4 \end{aligned}$$

ただし、

$$\begin{aligned} L_F &= \sin \xi (\cos \xi + \sin \xi) - \ell^\xi \operatorname{ch} \xi \\ M_F &= \sin \xi \operatorname{sh} \xi (\ell^{-\xi} \sin \xi + \ell^\xi \cos \xi) \\ &\quad - \cos \xi \operatorname{ch} \xi (\ell^{-\xi} \cos \xi + \ell^\xi \sin \xi) \\ N_F &= (\alpha_1^2 \lambda \cos \zeta / (\alpha_1^4 + 4K^4) + f_0 F_M) \\ &\quad \times (\sin \xi \operatorname{sh} \xi / 2K^2) \\ &\quad + \lambda \cos \xi \operatorname{ch} \xi \cos \zeta / (\alpha_1^4 + 4K^4) \\ F_M &= 2K^2 \times \{ \ell^\xi (-C_1^m \sin \xi + C_2^m \cos \xi) \\ &\quad - \ell^{-\xi} (-C_3^m \sin \xi + C_4^m \cos \xi) \} \\ &\quad - \alpha_1^2 \lambda \cos \zeta / (\alpha_1^4 + 4K^4) \\ C_1^m &= -(H_M L_M + M_M N_M) / S_M \\ C_3^m &= (Q_M M_M - R_M L_M) / S_M \\ C_4^m &= \{ -\ell^\xi \sin \xi C_1^m + \operatorname{sh} \xi (\sin \xi + \cos \xi) C_3^m \\ &\quad - \alpha_1 \lambda \sin \zeta / 2K (\alpha_1^4 + 4K^4) \} (\cos \xi \operatorname{sh} \xi \\ &\quad + \sin \xi \operatorname{ch} \xi) \\ C_2^m &= -C_1^m + C_3^m + C_4^m \\ H_M &= 2 - (kS - k_1) / 4E\bar{I}_D K^3 \\ R_M &= 2 + (kS - k_1) / 4E\bar{I}_D K^3 \\ L_M &= \{ \lambda / (\alpha_1^4 + 4K^4) \} \{ \cos \zeta (\operatorname{sh} \xi \cos \xi \\ &\quad + \operatorname{ch} \xi \sin \xi) + (\alpha_1 / K) \operatorname{sh} \xi \sin \xi \sin \zeta \} \\ M_M &= \lambda (kS - k_1) / (\alpha_1^4 + 4K^4) (4E\bar{I}_D K^3) \\ Q_M &= \sin \xi (\cos \xi - \sin \xi) + \ell^\xi \operatorname{sh} \xi \\ N_M &= (\ell^{-\xi} \cos \xi + \ell^\xi \sin \xi) (\cos \xi \operatorname{sh} \xi \\ &\quad + \sin \xi \operatorname{ch} \xi) - 2 \sin \xi \operatorname{sh}^2 \xi (\sin \xi + \cos \xi) \\ S_M &= Q_M M_M + R_M N_M \end{aligned} \quad (12\cdot25)$$

このようにして縦強度要因による倉口の開閉が計算できる。

●お知らせ

運輸省・船舶技術研究所昭和60年度秋季(第46回)研究発表会を開催

日時 第1日目 昭和60年11月28日(木) 10:00~16:25 会場 船舶技術研究所講堂 電話0422(45)5171  
第2日目 昭和60年11月29日(金) 10:00~17:05 宇181 東京都三鷹市新川6-38-1

- 第1日目
- ・浮遊式海洋構造物に関する研究
  - ・波浪エネルギー吸収装置の研究
  - ・出入港自動化システムの評価技術
  - ・帆装船に関する研究

- 第2日目
- ・数値流体力学の応用
  - ・船尾及びプロペラの性能に関する研究
  - ・氷海航行船舶の技術開発
  - ・荒天中の海難防止に関する研究

冷凍運搬船 < 26 >

— Reefer —

角張昭介・椎原裕美

6・2・5 各種防熱材

種々ある防熱材の中で主に冷蔵倉の保冷用に用いられる防熱材について、以下に示す。

(1) グラスウール

最も一般的に用いられる防熱材である。ガラスを溶融・吹き付けて繊維状にしたもので、図6・51に示すような工程で製造される。ガラス繊維の太さは直径0.5～20μm、1本の長さが10～30cm程度で、製法には、吹き付け法、遠心法、ロット法、ポット法等がある。熱硬化性樹脂(レジン)をバインダーとして用い、これらガラス繊維を接着して密度を保ち、毛布状に成形して製品とする。ちなみに、製品として黄色または赤かっ色を呈しているのは、接着用に加えられた熱硬化性樹脂の色であり、難燃性を低下させているのも、この熱硬化性樹脂である。

JIS A 9505 ではガラス繊維の太さによって1～3号と区分し、更にこれらを用いた保温材は、密度に従って熱伝導率が規定されている。

グラスウール1号：繊維の太さが平均4μm以下のもの

グラスウール2号：繊維の太さが平均8μm以下のもの

の太さが平均20μm以下のもの

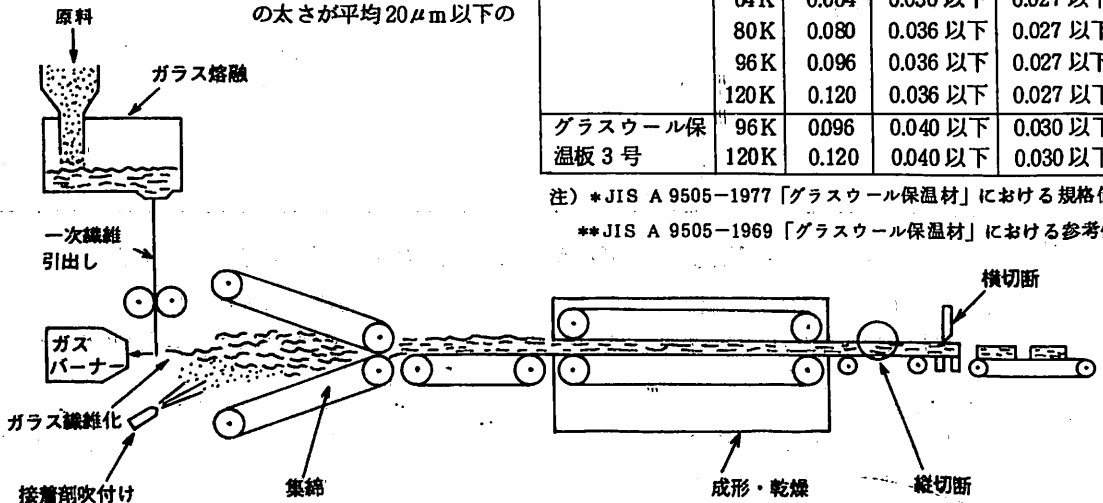


図6・51 グラスウール製造工程(吹き付け法)

3号は繊維径も太いので熱伝導率は劣るが圧縮強度は高まるので硬い保温材を作る時に用いられる。この繊維径によって、熱伝導率は変化することを、図6・35に示した。

表6・14にJIS A 9505に規定されている熱伝導率を旧JISの参考値と共に示す。グラスウールの密度と熱伝導率の関係は図6・34で示したが、20～30kg/m<sup>3</sup>附近が熱伝導率を最低にする密度と言えらる。ちなみに図6・51に示す

表6・14 グラスウール保温板の種類<sup>2)</sup>  
(JIS A 9505 - 1977による)

種 類	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	熱伝導率(kcal/mh°C)		
		*70°C	**0°C	
グラスウール保温板1号	8K	0.008	0.054 以下	0.037 以下
グラスウール保温板2号	10K	0.010	0.057 以下	0.038 以下
	12K	0.012	0.054 以下	0.035 以下
	16K	0.016	0.050 以下	0.033 以下
	20K	0.020	0.045 以下	0.031 以下
	24K	0.024	0.042 以下	0.029 以下
	32K	0.032	0.040 以下	0.028 以下
	40K	0.040	0.038 以下	0.027 以下
	48K	0.048	0.037 以下	0.027 以下
グラスウール保温板3号	64K	0.064	0.036 以下	0.027 以下
	80K	0.080	0.036 以下	0.027 以下
	96K	0.096	0.036 以下	0.027 以下
	120K	0.120	0.036 以下	0.027 以下
グラスウール保温板3号	96K	0.096	0.040 以下	0.030 以下
	120K	0.120	0.040 以下	0.030 以下

注) \*JIS A 9505-1977「グラスウール保温材」における規格値  
\*\*JIS A 9505-1969「グラスウール保温材」における参考値

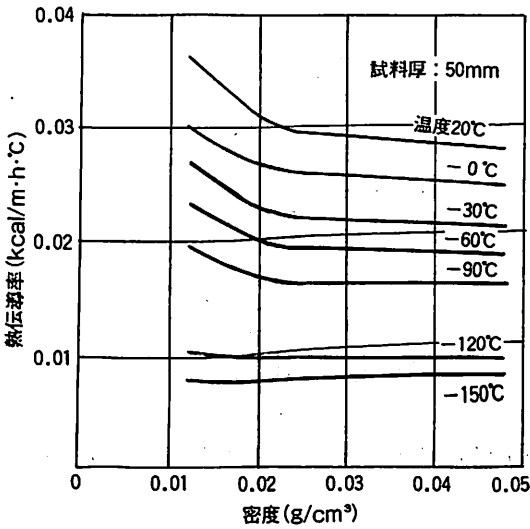


図6・52 低温におけるグラスウールの熱伝導率と密度<sup>22)</sup>  
(東工大, 龍谷研究室測定)

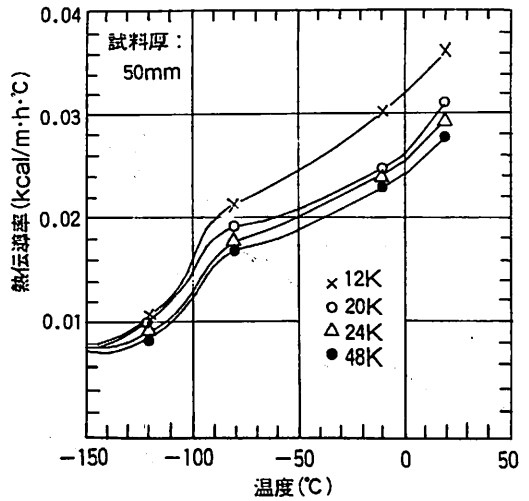


図6・53 低温におけるグラスウールの熱伝導率と温度<sup>22)</sup>  
(東工大, 龍谷研究室測定)

工程では、集綿用のベルトコンベヤーの速度によって製品の密度は決まってくる。また図6・52に示すように温度が低くなるにつれて、密度による熱伝導率の変化は少なくなる。一方、温度に比例して、熱伝導率は変化することを表6・12で示したが、グラスウールにおいても図6・53に示すように若干の凹凸を示し、0°C附近において変化に断層が見られる。

(2) ロックウール

製法およびその特性は、グラスウールとほぼ同じである。原材料の玄武岩、安山岩、蛇紋岩、かんらん岩などに金属精錬時のスラグ、石灰石を加えて、1500~1600°Cの高温で溶融吹き付けして繊維化する。原料の違いによって従来、別々に分類されていた岩綿及び鉱さい綿も現在では総称してロックウールと呼ばれ JIS A 9504 に定められている。

ロックウールは表6・13に示されるように使用限界温度が高いこともあり、船舶では防火構造用断熱材として多く用いられている。

製法には、キューボラ方式および電気炉方式があり、前者の繊維化にはブローイング法とスピナー法がある。これらを表6・15に示す。この中でロータ法が現在では主流になって来ている。

図6・54および図6・55に熱伝導率に及ぼす温度と密度の関係を示す。

ロックウールは取り扱い上、グラスウール同様、岩(ガラス)繊維であるために、皮膚に触れると刺激を受ける。ただ、これは一過性のもので慢性的の障害を生ずることは

表6・15 各種繊維化方法

方式	形 式	特 徴
ブローイング法		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 装置簡単</li> <li>● 生産性悪い</li> <li>● 少量生産用</li> <li>● 電気炉綿用</li> <li>● 短繊維、粒子含有率高い</li> </ul>
スピナー法		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 大量生産用</li> <li>● 比較的粒子の少ない長繊維が得られる。</li> </ul>
ローター法		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高品質</li> <li>● 大量生産用</li> <li>● 現在生産方式の主流</li> </ul>

ない。また、施工中の粉塵の吸入による人体の呼吸器系の疾病を生ずる恐れも小さい。しかし、粉塵の吸入や皮膚への接触は極力避けることが好ましく、作業中は、防塵マスク、手袋、防塵メガネなどを着用するのが良い。ちなみに、日本産業衛生学会ではロックウールで生じる粉塵は、許容限度総粉塵8 mg/m<sup>3</sup>、吸入性粉塵2 mg/m<sup>3</sup>の第3種粉塵に該当するとしている。

(3) 硬質ウレタンフォーム

プラスチック系防熱材で、フォームポリスチレンと共に最も良く用いられる防熱材である。図6・56に示すように原料のポリイソシアネートおよびポリオールに発泡剤

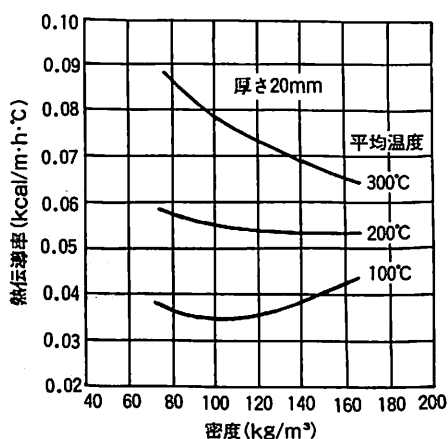
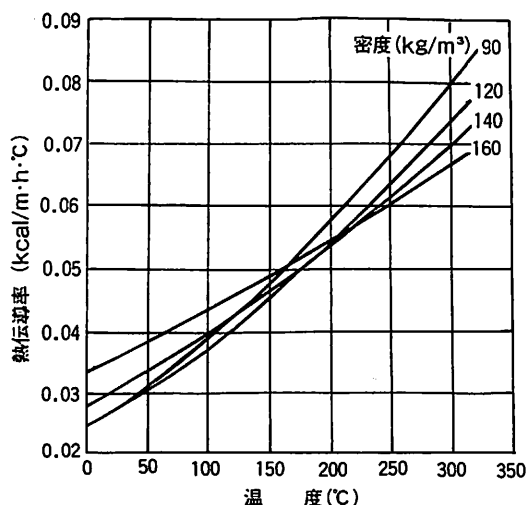


図6・55 ロックウール保温材の密度と熱伝導率の関係

図6・54 ロックウール保温材の熱伝導率の温度による強化

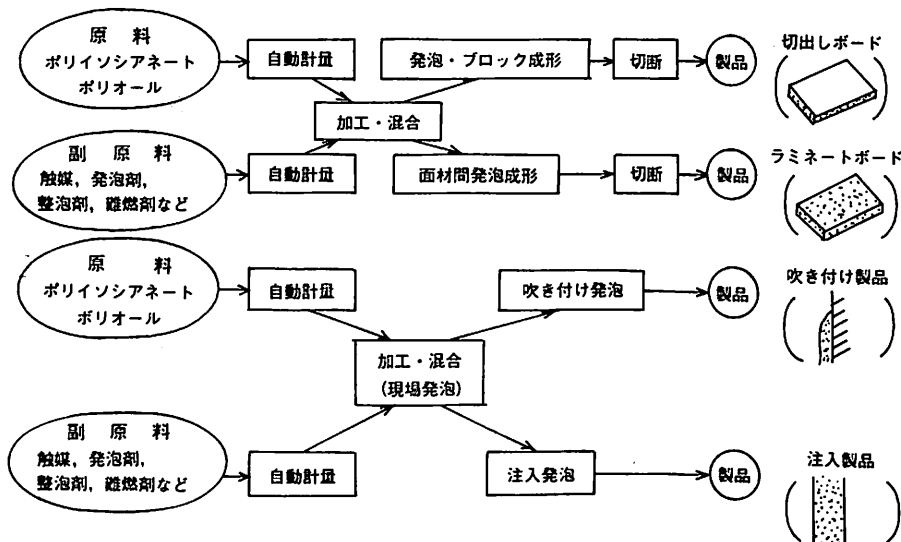


図6・56 硬質ウレタンフォームの製法

を加えて混合・発泡させる。その時、難燃性を高めるために燃焼抑制剤なども加えられる。燃焼抑制剤には、有機燐化合物・有機塩素化合物のような添加型と、含燐ポリオール・含塩素ポリオールのような反応性物質の骨格へ難燃性元素を付加した原料を使用する反応型の2種類がある。ポリイソシアネートとしてはTDI（トリレンジイソシアネート）、MDI（ジフェニルメタンジイソシアネート）、PAPI（ポリメチレンポリフェニルイソシアネート）などが、ポリオールとしては、ポリエーテル、ポリエステルなどが用いられる。発泡剤としては、ニトロアルカン、ホウ酸、水なども用いられるが、現在では、R11およびR12が主に用いられている。発泡剤にフロ

を用いる場合は、ポリウレタン生成の反応熱で気化するが、水はイソシアネートとの反応で炭酸ガスを発生することになる。ウレタンフォームには硬質の他に軟質、半硬質があり、これらはポリオール成分の違いによるものである。軟質、半硬質の製品はスポンジや緩衝材として用いられ、防熱材としては硬質製品が用いられる。

発泡の方法としては、発泡時ポリイソシアネートとポリオールの混合液とポリオールに発泡剤、シリコン有機化合物を用いた整泡剤、第三アミン、有機すず化合物および有機金属化合物を用いた触媒等を加えた液を混合・注出して発泡させるが、注出時、一部発泡させた泡状で出すフロス法と液状で出すノンフロス法がある。フロ



表 6・16 フロス発泡とノンフロス発泡の比較<sup>17)</sup>

項 目		フロス発泡	ノンフロス発泡
物 性	等 方 性	大	小
	圧 縮 強 度 (L) *	大	小
	皮 部 の 比 重	小	大
	平 均 比 重	小	大
	寸 法 安 定 性	大	小
発泡方向の物性のバラツキ		小	大
施 工	発 泡 圧	小	大
	抑 板 の 重 量	小	大
	壁 温 の 影 響	小	大
	水平発泡における空洞	生成しにくい	生成し易い
	1 回 の 発 泡 高 さ	2~3m	1m
工 程	注 入 回 数	少なくてすむ	多い
	抑 板 取 付 作 業	発泡作業と別に先行できる	発泡作業と同時に進行する必要があり
	工 期	短くてすむ	長くなる
同一芯比重のフォームを得るための原液使用量		少ない	多い

\*発泡方向に直角

ス法とノンフロス法の特徴を表6・16に示す。

また、図6・56に示されるように、硬質ウレタンフォームは工場成形品のみばかりでなく、工事施工現場での囲壁への吹き付け発泡やパネル内への注入発泡の方法も取られる。表6・17にその特徴を示す。

硬質ウレタンフォームの特性として、熱伝導率の温度による変化において、密度にもよるが10°C、-60°Cぐらいに熱伝導率に変節点が存在する(図6・31参照)、熱伝導率の経年変化においては、日数を経るに従って気泡内に封入発泡されたガスが表面から外に流出し、湿気を含んだ空気に置き換わることによって熱伝導率は悪くなる(図6・40)、熱伝導率と密度の関係では30~60kg/m<sup>3</sup>付近で熱伝導率が最小となる(図6・33)、これは図6・27-2及び図6・27-3によって容易に理解される。更に、熱伝導率は気泡の状態にも依存し、熱伝導率と気泡率

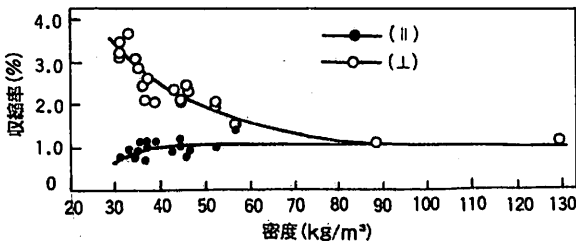


図 6・57 硬質ウレタンフォームの密度と低温寸法安定性 (25°C→-170°C)

表 6・17 注入発泡と吹付発泡の比較<sup>17)</sup>

項 目	注入発泡	吹付発泡
抑 板 の 必 要 性	あり	なし
仕 上 り 面	平滑	凹凸
施 工 速 度	やや遅い	早い
狭 い 場 所 の 発 泡	可能	困難
原 液 損 失	少ない	多い
フ ェ ー ム の 性 質	良質	やや劣る
薄物の断熱 (40mm以下)	不利	有利
厚物の断熱 (40mm以上)	有利	不利
曲 面 施 工	やや厄介	簡単
表 面 の 防 湿 処 理	容易	厄介

表 6・18 硬質ウレタンフォームの耐薬品性<sup>16)</sup>  
(室温96時間浸漬)

海 水	◎	石 炭 酸	×
石 鹼 水	◎	アセトアルデヒド	△
炭 酸 ソーダ (10%溶液)	◎	二 硫 化 炭 素	△
苛 性 ソーダ (10% " )	◎	ア セ ト ン	×
" (50% " )	◎	ク ロ ロ フ ォ ル ム	△
ア ン モ ニ ヤ (34% " )	◎	マ シ ン 油	○
硝 酸 (10% " )	◎	ス テ ア リ ン 酸	◎
濃 硫 酸 (99% " )	●	ガ ソ リ ン	◎
酢 酸	×	重 油 , 灯 油	◎
ア ル コ ー ル	×	ベ ン ゼ ン	○

記号注) ◎: 変化のないもの  
○: ごくわずかに膨潤するか乾燥後復元するもの  
△: かなり膨潤するもの  
×: 膨潤し一部溶解するもの  
●: 分解するもの

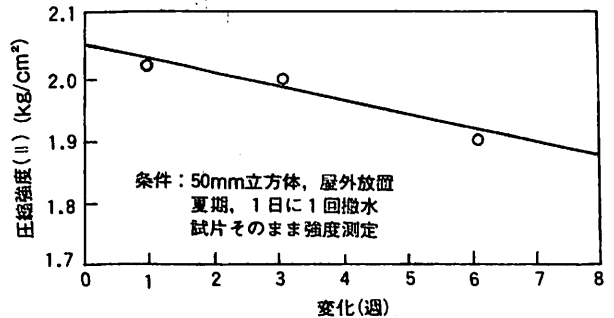


図 6・58 暴露下での圧縮強度・変化<sup>16)</sup>

(図6・36)及び独立気泡率との関係(図6・37)で見ることが出来る。

表6・18にウレタンフォームの耐薬品性を示す。ウレタンフォームは一般的に濃厚な無機酸を除く酸、アルカリ水溶液及び無極性溶剤には比較的安定であると言える。

図6・57にウレタンフォームの異方性に関して、その収縮率の変化を示す。90kg/m<sup>3</sup>以上になると収縮率に関して異方性は見られなくなる。

図6・58に耐候性として、屋外に放置された場合の圧縮強度の低下を示す。表面は1年間放置で2~3mmの風化が生じるが、内部への影響は少ない。しかし、ウレタンフォームを曝露状態で使用することは、避けるべきである。

参考文献

- 18) R. E. Skochdopole: Chem. Eng. Progress, 57, (10), 55 (1961).
- 19) 若村:断熱(保温・保冷)材, 吸音材に関する講習会テキスト, P.47; 日本材料学会関西支部(昭49.6.19) 18), 19) とも玉井勇:断熱(保温, 保冷)材, 吸・遮音材に関する講習会テキスト(日本材料学会関西支部, 昭58.5.31, 6.1)に掲載
- 20) 牧,小坂田編「プラスチックフォームハンドブック」; 日刊工業新聞社(昭48.2)
- 21) 三井石油化学工業(株)資料
- 22) 河合義男:冷凍, Vol. 54, No.617, P. 223~
- 23) 井上克彦:冷凍, Vol. 54, No.617, P. 239~

●冷凍運搬船<補遺>

6・2・3 防熱材中の熱伝導と熱伝導率(つづき)

(8月号68頁右段の10行目の後に追加)

このことは、図6・27-2の発泡質防熱材の気泡径と熱伝導率の測定例でも示される。熱流を上向きと下向きにした場合、伝熱量に差が生じるのは気泡内のガスの対流がその主要因であり、図6・27-2では、平均気泡径が4mm以下になると対流の影響がなくなる。

図6・27-3にポリスチレンフォームでの伝導・放射・対流の各伝熱成分の割合の試算例を示す。密度が高くなり、気泡径が小さくなると、対流及び放射による伝熱量は減少する。しかし、伝導伝熱分及び素材を通しての伝導伝熱分が次第に増えるので、ある密度を境にして伝熱量は増加する。従って、図6・27-3で示されるように、熱伝導率を最小にする密度が存在することになる。

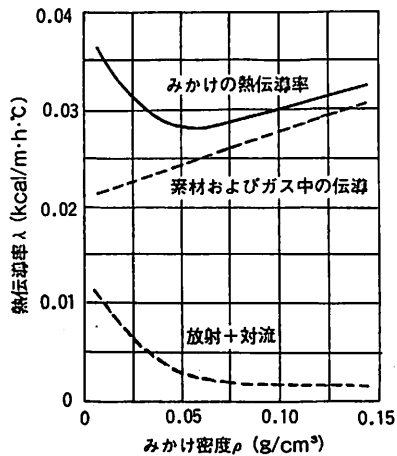


図6・27-3 伝導の放射・対流の割合<sup>19)</sup>  
(ピース法ポリスチレンフォーム)

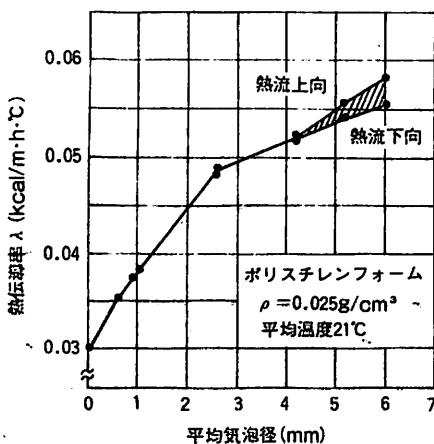


図6・27-2 気泡径の熱伝導率に及ぼす影響<sup>18)</sup>

USCG: 46CFR

液化ガスばら積船/ケミカルタンカー  
安全規則/技術要件

B5判 本文80頁 定価2500円(送料共)

USCGは「危険液体物およびばら積液化ガスを運送する自航式船舶に対する安全規則」の改正提案およびケミカルタンカーに関する技術要件の改正を「Federal Register」において発表した。液化ガス船またはケミカルタンカーの船主/オペレーター、造船技術等の関係者にとって看過することのできない技術情報である。中でもケミカルタンカーに対する改正規則は、既に発効しておりケミカルタンカー関係者にとっては必須のものである。

上記のことから当編集部では一括翻訳し対訳本としてお届けすることにした。皆様のご購読をお願いします。

船舶技術協会

## 液化ガスタンカーの重要損傷・故障および人間エラーについて

## &lt; 5 &gt;

恵 美 洋 彦

## 8. 貨物取扱いにおける重要人間エラー

ここで、人間エラーとは、貨物取扱い作業における誤操作、誤判断、不注意、怠慢等をいう。設計や工作過程における人間エラーによる設備の欠陥や不備は含まない。

## 8・1 人間エラーを主原因とする事故災害

事故災害の発生や拡大の原因を追跡すると、人間エラーが関連するケースは非常に多い。表29には、液化ガスタンカーの貨物取扱いにおいて生じる可能性のある人間エラーを主原因とする事故災害例を掲げた。これらは、液化ガスタンカーのほか、油タンカーや陸上プラントの

事故例も含めた類型的な事例である。

人間エラーが単独で事故災害の発生要因となる例は、少ない。そして機械系の欠陥事象や他の人間エラーと組み合わせられて事故災害に至る例の方がむしろ多い。このような事例は、先に掲げた表17ないし表22、および表28にも掲げてある。また、機械-人間系の複数の欠陥事象が関連して事故災害の一次原因となる事象となる例は、後の表37にも掲げている。

人間エラーが重要原因となる事故災害が全体のどの程度の割合になるかを表わす例として表30および表31を掲げる。表30(a)は、日本国内主要79基地における調査結果による。表30(b)は、文献<sup>3)</sup>による人的要因による油流出

表29 貨物取扱いにおける人間エラーを主原因とする事故災害例

人間エラー	事故災害の概要	文献
1. 過剰充てんによるタンク破壊・蒸気爆発(陸上)	43 m <sup>3</sup> のタンクローリーのタンク(液化プロピレン積載)が蒸気爆発を起こし、混合ガス爆発に至った。被害範囲は、長さ220m、幅30ないし80mに及び、死者150余、負傷者120余の大災害に至った。原因は、過剰充てんによる液膨張での過圧と推定されている。(1978年、スペイン)	27)
2. 貨物弁の誤開閉によるオーバーフロー(タンカー等)	タンカーでは、貨物弁の誤開閉動作(間違えて他のタンクの弁を開閉、弁の閉鎖遅れ等)によるオーバーフロー事故例が多い。オーバーフローからさらにタンク過圧破壊に至った例は、タンカーのバラスト積載、陸上タンク等に見られる。	3) 5)
3. 液面監視ミスによるオーバーフロー(LNG船、等)	液面監視ミスによるオーバーフロー事故例は少なくない。LNG船では、ベント開口からのLNG流出による甲板のき裂発生例も、二、三ある。中には、高位液面警報や自動しゃ断弁がついているにも拘らず、これらのスイッチを切っていたためにオーバーフローした例もある。	1)
4. 液面監視方法ミスによるオーバーフロー(陸上)	陸上のタンクで受入れ停止に高液面自動停止(ポンプ)装置を常用していた例があった。このため、自動停止装置が故障したとき、オーバーフローした。	25)
5. 積荷中のトリム過大のためのオーバーフロー(タンカー)	タンカーにおいて、積荷計画不備のため、過大なトリムが生じた。このとき、満載タンクの貨物弁の閉鎖を忘れたため、他のタンクの液圧により、オーバーフローした。	3)
6. 情報交換不備(LNG船)	LN <sub>2</sub> の積込の際、高圧/高流量のLN <sub>2</sub> を送りこんだ。この情報が船船側に徹底していなかったためオーバーフローが発生した。	1)
7. ポンプ急激始動・弁開放手順不良によるサージ圧・管系破壊(LNG船)	二、三のLNG船(同一設計)において揚荷時のポンプ急速始動および関連の弁の開放手順の不具合でサージ圧が発生し、ベローズ継手およびタンク内管支持が変形した。貨物流出には至らず。(事故後、弁配置等の変更がなされた)	1)

表29 貨物取扱いにおける人間エラーを主原因とする事故災害例(つづき)

人間エラー	事故災害の概要	文献
8. 機動操作弁の誤閉鎖 サージ圧による管系統破壊(陸上)	10,000 m <sup>3</sup> /H の速度で LNG を積荷中、誤まって陸上埠頭の機動操作弁を閉鎖した。このため、サージ圧によってポンプケーシングを破壊した。LNG は貯蔵タンクの外側隔壁から流出したが、火災爆発には至らなかった。タンカーでも、移送中の弁の急閉鎖による管系統破壊例あり。	1) ) 3) )
9. 弁の開放手順不良によるサージ圧・管系破壊(液化ガスタンカー等)	低温式 LPG/アンモニア船でアンモニアを揚荷中、弁開放による空の管内の急激な流れによって分岐管閉鎖端(再液化戻り管の逆止弁)に過大なサージ圧が生じた。逆止弁継手が壊れて貨物が流出した。 類似の事故は、油タンカーでも発生している。	1) ) 3) )
10. 貨物弁、盲フランジの開閉ミスによる漏えい・流出(タンカー等)	閉鎖すべき弁、盲フランジ等の閉鎖忘れ、不良等による貨物の漏えい・流出事故(管内、外部)は、油タンカーで多くの例がある。また、間違いで貨物が入っている管系、タンクの弁、盲フランジ等を開放したための漏えい・流出事故も少なくない。 陸上でも、類似の事故は発生しており、可燃物質では着火爆発、毒性物質ではガス中毒に至った例もある。例えば、5.5 トンタンクローリから10 トン貯槽に液化塩素を移送中、中和塔から塩素ガスが15分間、総計 200 ないし 300kg 流出した事故がある。これは、移送管と中和塔を連結するパージ用管の弁が完全に閉鎖されていなかったため液が流れ、そのため、中和塔の処理能力を超えることによる。(1970年, 日)	3) ) 4) ) 5) )
11. 弁の誤閉鎖・液封による管系統の破壊(陸上)	アンモニア冷凍機の圧縮機の運転を中止し、液送主管の弁を閉じた。このため、中間冷却器で冷却された液化アンモニアが管内に液封された。そして、温度上昇、液膨張による過圧で弁を破壊し、アンモニアが流出した。(1970年, 日) ほかにも冷凍機関係で液封・液膨張による管系統の破壊事故例は、少なからず報じられており、死傷者を出した例もある。なお、これらは、液封のおそれがあるにも拘らず、いずれも、逃し弁は設置されていなかったようである。	4) )
12. サンプル弁の凍結による閉鎖不良(陸上)	表18-5 に掲げた例のように、LPG 等のサンプル採取時の弁凍結による閉鎖不良、ガス漏えい・流出の事故は、少なくない。迅速な取扱いを要する作業であるが、元弁が適切に配置してあれば、大きな事故には至らない。	4) ) 5) )
13. 圧縮機ドレン弁の開放ミス。(陸上)	プラントの計装用空圧圧力が 6.5 kg/cm <sup>2</sup> から 4kg/cm <sup>2</sup> に低下し、自動シャ断弁が閉鎖し、ガスが圧縮機を再循環していた。(ガスは、H <sub>2</sub> 47%, CO <sub>2</sub> 20%, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 9%, C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 3%, CH <sub>4</sub> 6%, CO <sub>2</sub> 15%, LEL 5.5%) このとき、圧縮機のドレン弁を開いたため、ドレン排出管を通じて圧縮機室にガスが流入した。そして、着火爆発した。着火源は、圧縮機室内水蒸気管保温材の油しみが自然酸化してきた高温部と推定された。この水蒸気管の温度は 250℃ 以上。(1981年, 日) 類似(圧縮機ドレン弁開放)の事故例は、他にもある。	4) )
14. 荷役アームの残液・ガス処理の不備(液化ガスタンカー等)	荷役アーム取外し前の管内残液・ガスの回収・排出の不備による残液・ガス流出の例は、液化ガスタンカーのほか、油タンカーでも多い。LNG 船では、甲板き裂、液化アンモニア船では、ガス中毒に至った例がある。陸上(タンクローリ等)でも類似例は多い。	1) ) 3) ) 4) ) 5) )
15. 荷役アームカップリング取付け不良	荷役アームカップリング取付け不良による貨物漏えい事故は、油タンカーで生じている。また、タンクローリでは、そのため、荷役中にカップリングが外れて、死亡事故に至った例(1977年, 日)もある。	3) ) 4) )
16. 急速カップリングの誤開放(液化ガスタンカー)	プロピレンを揚荷中、荷役アームの急速カップリングの離脱用ボタンを押したため、カップリングが外れて、貨液を流出させた。(1981年)	1) )
17. スリップチューブの凍結の取扱いミス(陸上)	LPG タンク(圧力式)のスリップチューブ式液面計が凍結しているのを発見し、湯をかけたところ、ガスが噴出した。(ドライアイスで再凍結して噴出を止め、プロパンを他に移送)	4) )

事故 166 件の原因別分類による。表31は、日本の石油化学コンビナートの事故災害 164 件<sup>4)</sup>のうち、液化ガスタンカーで類似の設備を有さない反応塔、蒸留塔等関連の事例を除いた92件による。

これらが液化ガスタンカーの事故災害の傾向と同じであるとは限らない。しかし、表30および表31の例から人間エラーを主要原因とする事故災害発生危険は、大きな割

合を占めることが予想される。

8・2 貨物取扱いにおける重要人間エラー

貨物取扱い作業において事故災害の重要原因となる人間エラーは、表32のように大別できる。表中、各分類にあてはまる事故災害例を示しておいた。

貨物取扱い作業は、一般的にいくつかの単純仕事の組

表30 油タンカーの油流出事故の原因<sup>29)</sup>

(a) 油タンカーの基地における油流出事故の原因別発生状況

事故原因	%
監視不良	16
誤操作	26
点検不良	17
船舶の設備の欠陥	24
陸上設備の欠陥	7.5
不可抗力	7.5
その他	2
計	100

(b) 油タンカーの人的要因による油流出事故の原因詳細

事故原因	%
誤操作	45.9
監視・情報伝達ミス	10.8
判断・監督・管理の不適切	13.2
作業不良(怠慢等含む)	21.1
不可抗力	5.4
その他	3.6
計	100

表31 石油化学コンビナートにおける設備および原因別事故発生件数(1958ないし1980年、日)

設備	人間エラーに関連する事故災害			設備に関連する事故災害			外部要因 停電 衝撃等	その他	不明	計
	運転監視等の不良	誤操作	作業上の不備・過失	製作時の欠陥	劣化や保全不良	計器の作動異常				
熱交換器 冷却器	1		1	1	6					9
貯槽		2	2	4	1	1			1	11
容器	1		1							2
回転機械	3	1			6	1		1	1	13
配管	10	5	11	5	22		2	2		57
計	15	8	15	10	35	2	2	3	2	92
割合(%)	41.3			51.1			2.2	3.2	2.2	100

注：文献<sup>4)</sup>による主要事故災害164件のうち、液化ガスタンカーに類似設備のない反応塔、蒸留塔等の事例72件を除いた92件の分類。

表32 貨物取扱いにおける重要人間エラー

分類	詳細	事故災害例(数字は、表番号)
情報・判断のエラー	作業手順、情報交換、判断等の間違い。荷役前準備作業(清掃、イナーテイング、予冷、圧力維持等)の不十分は、定められた要領に従わない怠慢、不注意とも考えられるが、判断の誤まりとも考えられる。	18-2, 18-3, 19-4, 19-6, 22-1, 23-3, 23-6, 28-1, 28-5, 28-6, 28-7, 29-1, 29-3, 29-4, 29-5, 29-6, 29-7, 29-13, 29-17,
作業エラー	単純作業のエラー・貨物弁やその他の装置の操作ミス、管系統の接続・開放ミス(陸上管との接続・開放、隔離や分離のフランジ取付け等)、乱暴・拙速な作業。	17-4, 17-5, 18-5, 28-5, 28-7, 29-2, 29-8, 29-9, 29-10, 29-12, 29-13, 29-14, 29-15, 29-16
監視・計測エラー	温度、圧力、ガス濃度、液面、各種装置機器の状態等の監視や計測読取り、確認の間違い等。	19-4, 19-6, 21-3, 21-6, 23-1, 23-2, 23-3, 28-2, 29-1, 29-3
怠慢・不注意	通常作業として当然とるべき処置、例えば、荷役中の戸窓の閉鎖、禁止事項を守らない等。また、監視作業(液面等)で持場を離れた等は、この範ちゆう。	17-1, 22-1, 23-1, 23-2, 23-6, 29-16

合わせとなる。例えば、単純な機動貨物弁閉鎖の作業でも、閉鎖信号/情報の発・受信と閉鎖ボタンの操作という仕事要素にわけられる。したがって、単純仕事のエラ

ー率と作業の構成から各貨物取扱い作業のエラー率を予測することができる。文献<sup>31) 32)</sup>から貨物取扱い作業の仕事要素となり得る単純仕事のエラー率を選んで表33な

表33 PowerersおよびTompkinsによるエラー率 (文献<sup>5)</sup> 所載による)

エラーの内容	エラー率 (E <sup>-1</sup> )
不適当なスイッチ作動 (観察行為の間違い)	1.1 × 10 <sup>-3</sup>
不正確な読み (計測)	5 × 10 <sup>-3</sup>
作業手順の誤まり (説明書の理解不十分, を含む)	6.5 × 10 <sup>-2</sup>
ホースの不適当な結合	4.7 × 10 <sup>-3</sup>
ボルト, ナットの締付け不良	4.8 × 10 <sup>-3</sup>
ボルト, ナットのつけ忘れ	6 × 10 <sup>-4</sup>
弁の閉鎖不十分	1.8 × 10 <sup>-3</sup>

表34 Hammerによるエラー率 (= 1 - 信頼度) (文献<sup>32)</sup> 所載による信頼度から逆算)

仕事要素	エラー率*	仕事要素	エラー率*
技術的指導書を読む	8.2	時間を読む	1.7
電流計や流量計を読む	5.5	スイッチの位置を確かめる	1.7
ゆるんだボルトやクランプを調べる	4.5	手動弁を閉める	1.7
ベローズのゆがみを調べる	3.9	ドレンチューブをつける	1.7
ガスケットを取付ける	3.8	手動弁を開ける	1.5
読みを記録する	3.4	要素の取付け, 取外しを確かめる	1.2
圧力ゲージを読む	3.1	ナット, ボルト, プラグを取外す	1.2
ボルト, ナット, プラグを締める	3.0	圧力キャップを取付ける	1.2
ネジをつけて電気ケーブルを接続する	2.8	防護覆い (摩擦取付け) を取外す	1.0

\* × 10<sup>-3</sup> / E, 既ち, 動作1000回当たりのエラー発生数を表わす。

表35 USCGによるエラー率 (文献<sup>31)</sup> による)

仕事の要素	エラー率 (E <sup>-1</sup> )
(1) 単純なスイッチ操作	10 <sup>-3</sup>
(2) 重要なスイッチ操作	10 <sup>-4</sup>
(3) 怠慢による一般的な人間エラー	10 <sup>-2</sup>
(4) 監視または点検エラー, そのほか, 多くの鋭敏さ, 知識または運転技術を必要とする過激性の少ない仕事	10 <sup>-1</sup>
(5) 観測における一般的な人間エラー	5 × 10 <sup>-2</sup>
(6) 急激に発生する高ストレス動作における一般的な人間エラー。 例えば, 火災時の緊急対策等がこれに相当する。	0.25
(7) 過激に動き廻る検査エラー	0.5

表36 液化ガスタンカーの貨物取扱い作業における仕事要素のエラー率<sup>8)</sup>

エラーの種類	エラー率 (E <sup>-1</sup> )	貨物取扱い作業における例
(1) 重要なスイッチの操作ミス	10 <sup>-4</sup>	ポンプや圧縮機の始動スイッチ
(2) 情報伝達 / 受信ミス	10 <sup>-4</sup> ~ 10 <sup>-1</sup> *	各種の連絡, 指示, 報告
(3) 単純なスイッチ, 弁等の操作ミス	10 <sup>-3</sup>	貨物弁一般, 各種スイッチ
(4) ボルト, ナット等の締め付け不良	5 × 10 <sup>-3</sup>	盲フランジ, 接続フランジ, 貨物ホースの取付け等
(5) 計測値の読取りミス	5 × 10 <sup>-3</sup>	温度, 液面, 圧力, ガス濃度等
(6) 作業手順や判断の間違い	10 <sup>-3</sup> ~ 10 <sup>-1</sup> *	マニュアル, チェックリスト等による作業
(7) 怠慢的な人間エラー	10 <sup>-2</sup> ~ 10 <sup>-1</sup>	長期間の単純な監視, 確認等
(8) 急激かつ高度の緊張状態の作業におけるミス	0.1 ~ 0.25	災害発生時の消火作業

\* : 仕事の複雑さの程度による。

いし表35に示す。これらは、いずれも経験的に得られた数値である。

液化ガスタンカーの貨物取扱い作業における典型的な単純仕事とそのエラー率は、表36のように予測できる。これは、貨物取扱い作業を分析し、かつ、表34ないし表35を参考として液化ガスタンカーの危険性評価のための標準的数値として提案した<sup>8)</sup>。

8・3 複数の人間エラーの組合せによる欠陥事象

表29や表32の例からわかるように、人間エラーは、機械系を含むいくつかの欠陥事象が組合わさって事故災害発生の一原因となることが多い。このような場合、一原因、あるいは重要な二次またはそれ以前の原因を頂上事象とし、FTAで各仕事要素を組合せてその発生確率を予測する。なお、各欠陥事象が完全に独立している場合、発生確率 $p_F$ は、

$$p_F = \prod p_{Fi} \quad ; \text{並列系}$$

$$p_F = 1 - \prod (1 - p_{Fi})$$

$$= \sum p_{Fi} \quad (p_{Fi} < 0.1) \quad ; \text{直列系}$$

で与えられる。

ある一連の仕事の中に引続いて生ずる人間エラーの場合、各仕事要素の欠陥事象発生確率は完全に独立ではないことがある。いま、ある仕事Aの単独のエラー発生確率を $p_A$ 、仕事Bのそれを $p_B$ とする。そして、仕事Aに引続いて仕事Bをするとき、AのエラーとBのエラーが同時に生じる確率を $p_{A \cdot B}$ と表わす。

AとBのエラー発生が、それぞれ、完全に独立のとき、 $p_{A \cdot B}$ は、次のようになる。

$$p_{A \cdot B} = p_A \cdot p_B$$

$p_B$ は、 $p_A$ に完全に従属する、即ち、Aのエラーが発生したとき、必ずBのエラーが発生する場合、

$$p_{A \cdot B} = p_A$$

となる。

実際は、 $p_A > p_{A \cdot B} > p_A \cdot p_B$ となることが多い。Aのエラーが発生したときにBのエラーが発生する確率 $p_{(B|A)}$ が与えられると、

$$p_{A \cdot B} = p_A \cdot p_{(B|A)}$$

で計算できる。

$p_{(B|A)}$ が不明の場合、 $p_A$ 、 $p_B$ が、完全に独立の場合と完全に従属の場合の幾何平均、即ち、

$$p_{A \cdot B} = \sqrt{(p_A \cdot p_B) \cdot p_A} = \sqrt{p_A^2 \cdot p_B}$$

として推定する<sup>92)</sup>。この結果から $p_{(B|A)}$ を推定できる。

図10に、2系統の液管によって積荷中、貨物が満載になったにも拘らず、タンク積込管の弁を閉鎖しないで、

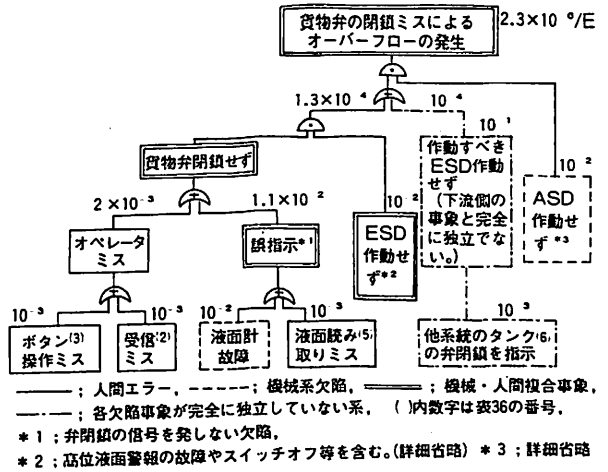


図10 積荷中、貨物弁閉鎖ミスによるオーバーフローのFTA

オーバーフローが発生する場合のFTAの結果を示す。

図中、1点鎖線(---)は、次のようなことである。

- (a) あるタンクが予定液位に達したので、監視者は、弁操作者に閉鎖の指示を与えたが、間違っって他のタンクを指示した。
- (b) 間違っって指示したタンクは、他の積込管系統であった。
- (c) 閉鎖すべき弁が開いたままなので、そのタンクは、最高液面に達し、高位液面警報が作動した。
- (d) このとき、ESD(緊急シャ断装置)の作動は、その前に間違っって他の系統のタンクの弁を指示したのに気付かなければ、完全に独立とならないと考えられる。しかし、完全に従属でもない。したがって、弁の誤指示AとESD誤作動B(関連管系統のESD不作動)が同時に起こる確率 $p_{A \cdot B}$ は、 $p_A = 10^{-3}$ 、 $p_B = 10^{-2}$ とすると、

$$p_{A \cdot B} = \sqrt{(p_A \cdot p_B) \cdot p_A}$$

$$= \sqrt{(10^{-3} \cdot 10^{-2}) \cdot 10^{-3}} = 10^{-4}$$

となる。これから逆に、

$$p_{(B|A)} = 10^{-1}$$

と予想できる。

なお、本項で述べた複合の欠陥事象の発生確率 $p_{A \cdot B}$ の予測法は、機械系および機械・人間系の場合にもあてはめることができる。

&lt;第46回&gt;

## 第29回無線通信小委員会及び第31回航行安全小委員会の報告

運輸省 海上技術安全局

今回は、標記の2つの会合について報告する。

IMOの技術関係の会合としては、海上安全委員会(MSC)及びその下部機構である10の小委員会並びに海洋環境保護委員会(MEPC)があり、これらの会合がそれぞれ年平均1回以上開催されているため、月1回の本コーナーでは、どうしても紹介が遅れがちであるが、今後も制約された紙面の中にできる限り重要な事項を圧縮して、News Valueを失わないうちに情報提供させて頂くことを心掛けることとしたい。

## 1. 第29回無線通信小委員会(COM)

本会合は、去る昭和60年4月15日から19日まで、40カ国の政府代表等参加のもとに、ロンドンのIMO本部で開催され、FGMDSS(将来の世界的規模の海上遭難・安全制度)に関する事項を中心に、活発な審議が行なわれた。審議の概要は次のとおりである。

なお、本会合で決定された事項のうち主なものは、翌月開催された第51回海上安全委員会(MSC)に上提されており、その結果については、第44回の本コーナーを参照されたい。

## (1) 海上遭難安全制度

## (i) FGMDSSの搭載要件

- ① VHF DSC (digital selective calling: デジタル選択呼出し)は、原案どおり必要とされることになった。
- ② A1区域においては、VHF設備は1台でよいこととなった。
- ③ 直接A3又はA4区域に入る船舶については、あらゆる区域の組み合わせについて搭載要件を規定することは困難なので、原則として、A1+A2+A3又はA1+A2+A3+A4の要件を適用することとし、必要に応じ免除規定を適用することとなった。
- ④ 区域の定義については、“definition”を“guidance criteria”と改め、主管庁の裁量の余地を残すこととなった。

## (ii) FGMDSSの移行計画

- ① FGMDSS導入のための同等物規定の統一解釈に関するガイドライン案が作成され、MSCの承認が求められることとなった。
- ② 船令を基準にしたFGMDSS設備の段階的導

入のための計画草案が作成され、次回検討することとなった。

## (iii) 通信士の職務

- ① 運用及び保守について、二つのレベルを設け、それぞれの資格に必要な能力に関する草案を作成した。これは更に、次会期のCOM及びSTWで継続して審議される。

## (iv) 衛星系EPIRBについて

衛星系EPIRBの周波数として1.6GHz若しくは406MHz又はそれらの両方の周波数とするかについては、様々の議論の結果、経済性を考慮し、406MHzを使用する意見が大勢を占めた。

## (v) FGMDSSにおけるホーミングのための装置

① FGMDSSにおけるホーミング用発信器としては、衛星系EPIRB用、生存艇用ともに、9GHzレーダトランスポンダが採用されることとなった。我が国は、この決定に対し、SOLAS条約83年改正が発効する前に、121.5/243MHzの生存艇用EPIRBの要件とFGMDSSにおける9GHzレーダトランスポンダの要件との整合を図るために何らかの措置が執られるべきであるとの見解を表明した。

② 本船用のVHF FM/AM(121.5MHz)追尾装置は、①の決定に鑑み、強制要件とはしないこととなった。しかしながら、SOLAS条約83年改正下の生存艇用EPIRB及びFGMDSS下の現場通信用VHF-FMトランシーバのホーミング上での有用性を考慮し、SAR船及び一般船へのVoluntary basisでのVHFの追尾装置の備付けを勧奨する総会決議案を作成することになり、次回の運用特別作業部会で起草することとなった。

(vi) 1974年SOLAS条約新第IV章のフォーマット本会合の前週に開催された運用特別作業部会において草案が作成されたが、次回以降に実質的な審議が行なわれる予定となっている。

## (2) 船舶に備え付ける無線設備の性能要件

- (i) 「船舶地球局の性能基準」本会合で承認され、第14回総会で採択するようMSCに要請を行なった。
- (ii) VHF/MF設備の性能基準案は、本会合で一部修正の上、原則として承認された。



(iii) 衛星系 EPIRB及び生存艇用ホーミング用送信機(9GHz レーダトランスポンダ)の性能基準について、技術特別作業部会で草案を作成し、次回審議することとなった。

### (3) 無線救命設備の型式承認試験方案

我が国より、次回からのCOM作業項目に取り入れるべき旨提案した本件については、本小委員会としても支持することとなった。

#### 2. 第31回航行安全小委員会(NAV)

本会合は、去る昭和60年7月8日から12日までロンドンのIMO本部において、36ヶ国の政府代表及び19の非政府機関からの出席者を得て、Captain E.J. Salvesen (Norway)の議長の下で開催された。議題は以下のとおりである。

- (1) 船舶の航路指定(W.G)
- (2) 1972年の衝突予防規則の解釈
- (3) seaspeakの検討を含む標準航海用語集
- (4) 捜索及び救助に関する事項(W.G)
- (5) 航行援助及び関連機器(W.G)
- (6) 操船小冊子に含める情報
- (7) 国際気象通信における風力の単位
- (8) 沖合施設の周辺の安全区域への侵入
- (9) その他の事項

(W.Gは、作業部会が設置された議題である。)

#### (1) 船舶の航路指定

本議題の下では、TSS(分離通航帯)の新設及び変更等について主に審議されている。今回の会合においては、ベルギーから提案された“*At West Hinder*”におけるTSSの変更並びにソ連から提案された“*In the Fourth Kuril Strait*”におけるTSSの変更及び“*In the Proliv Bussol*”におけるTSSの新設については承認された。また、米国から提案され、51回海上安全委員会で採択された“*Off San Francisco*”及び“*In the Santa Barbara Channal*”におけるTSSの変更は1987年まで実施されない見込みである旨の報告が米国からなされた。さらにオーストラリアから提案された“*Torres Strait*”及び“*Great Barrier Reef*”におけるパイロットの使用に関する勧告については、望ましいとの結論に達し、海上安全委員会に提案されることとなった。

#### (2) 1972年の衝突予防規則の解釈

危険物を漏らしている船舶のための信号の必要性にかんがみ、このような船舶を示す一文字信号として“J”

を国際信号書(SOLAS条約第V章第21規則において設置が義務付けられている)に加えることを検討した。これについては、無線通信小委員会にも検討を依頼するとともに、更に第32回本小委員会(来年3月17日から21日開催)で検討することになった。なお、危険物運搬船については信号の必要性は認められなかった。

#### (3) 航行援助及び関連機器

##### ◦ SOLAS条約第V章第12規則(f)の解釈の明確化

西独より提案のあった本件については、英国より解釈を行なうことは、本小委員会の作業計画に含まれていないため、海上安全委員会の承認を得てから作業を開始すべきとの提案が出され、本小委員会としてこの意見に対する合意がみられたため、今回は検討されなかった。

参考“(f)非常操舵場所のある船舶については、当該場所に船首方位情報を提供するための措置をとる。”

上記の「船首方位情報を提供する措置」についてはボイスチューブのようなものでもよいと解釈する国があり、本小委員会として本規定の明確化を計ろうとする提案であった。

##### ◦ 世界的に統一された船位測定システム

本会議で全般的な検討が必要であるとの意見が出され、前回まとめられた作業計画にこれを含めた形でW.G(米、ソ連、英、仏、蘭、西独、希、日本等が参加)で詳細な検討が行なわれた。

W.Gでは、西独文書(世界的な航行システムの研究のための作業計画に関する事項等を記述したもの)がbasic paperとして使用され、次の項目について検討がなされた。

- ① システムの運用要件(精度、信頼性、範囲等)
- ② システムの運用方法(システムの長期的運用をどのように確保するか)
- ③ 現行又は開発中のシステムの概要一覧表
- ④ 資金面の問題点

検討の結果が文書の形でまとめられたが、本会議では内容的な検討は行われず、次回本小委員会で検討されることとなった。

今次会合の結果、所要経費、精度、信頼性、運用主体等について各国よりある程度具体的な情報が提出されたため、今後は、世界的なシステムを確立するとすれば、如何なるシステムを採用すべきか(地上又は衛星を使用するか、及び既存か新設か)という問題の検討と並行して、要求すべき精度、信頼性等の技術的な問題点の検討が早急に進むものと思われる。

# 昭和60年度(8月分)新造船許可集計

運輸省海上技術安全局

区 分		4月～8月分				8月分			
		隻	G. T.	D. W.	契約船価	隻	G. T.	D. W.	契約船価
国内船	貨物船	24	757,238	1,236,040	108,518,000 千円	5	151,200	212,800	32,765,000 千円
	油槽船	6	165,715	291,710		2	151,000	268,500	
	その他	2	9,971	7,950		1	3,761	1,230	
	小計	32	932,924	1,535,700		8	305,961	482,530	
輸出船	貨物船	63	1,218,099	1,616,900	225,831,194 千円	9	212,190	244,070	49,618,322 千円
	油槽船	17	307,770	515,890		4	83,460	139,490	
	その他	1	30,000	6,340		1	30,000	6,340	
	小計	81	1,555,869	2,139,130		14	325,650	389,900	
合 計		113	2,488,793	3,674,830	334,349,194 千円	22	631,611	872,430	82,383,322 千円

●編 集 後 記●

□いよいよ西豪州のLNGを対象にした大型プロジェクトが動き出した。このうち船は125,000立方メートル積み7隻を建造する。一番早く具体化する分は豪州と英国籍船合せて3隻になる予定で、近々インビテーション・レターが発給され、11月末には国際入札が行われる段取りとなっている。参加造船所は日本から大手造船所7社、外国では西独、フランス、ベルギー、英国などで、問題は韓国勢が参加するかどうかで、注目されるところである。7隻のうちまず3隻を決め、その後外国籍船2隻の国際入札、日本籍船2隻の発注が年内にも行われるようだ。日本船社の共有の2隻は日本の造船所に発注されることは間違いないが、あと5隻はどうなることか。とくにユーザーが日本の電力、ガス会社なので7隻全船を日本の造船所で建造されればよいのだが。またLNG船の形式は、モス方式(アルミタンク)のほか、各社で開発したメンブレン方式とのこと。

□住友重機械はフィンランド・ヴァルメット社に対する技術供与の契約を締結した。技術協力の内容は生産の効

率化を目的とするヴァルメット社ヘルシンキ造船所の工場診断、指導者派遣および研修生の受け入れ、改善実施指導。技術協力の対象は生産管理、生産技術および労務管理にわたるが、コンピュータ・ソフトプログラム、超近代設備は含まれないとのこと。

□海難審判協会は斉藤基金事業に基づく60年度論文募集を行う。論文課題(未発表のものに限る)は漁船における人身事故の防止対策、衝突防止に有効な進路信号の研究、船舶の自動化・省力化に伴う海難とその防止策、自動操舵と居眠り運航の関係その他で枚数に制限はなく、対象者は斉藤賞が一般(個人、グループ、法人など)、斉藤奨学賞が大学、高専、高校等の学生、生徒。締め切りは本年11月30日、発表が61年3月。

□アメリカン・エクスプレスが「日本丸」保存に一役買おうと日本丸記念財団に一千万円を寄贈した。同社は社会貢献マーケティングとしてキャンペーンを行っており、アメリカン・エクスプレスのカード会員が一人増えるごとに五百円を寄付するというユニークなシステムである。

☆予約購読案内 書店での入手が困難な場合もありますので、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 6,400円 (送料共) / 1ケ年分 12,000円 }

運輸省海上技術安全局監修  
造船海運総合技術雑誌 船の科学

◎禁 転 載 第38巻 第10号 (No.444)  
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(マリンビル)  
振替口座 東京 3-70438 電話 03(552)8798

昭和60年10月5日印刷 { 昭和23年12月3日 }  
昭和60年10月10日発行 { 第3種郵便物認可 }

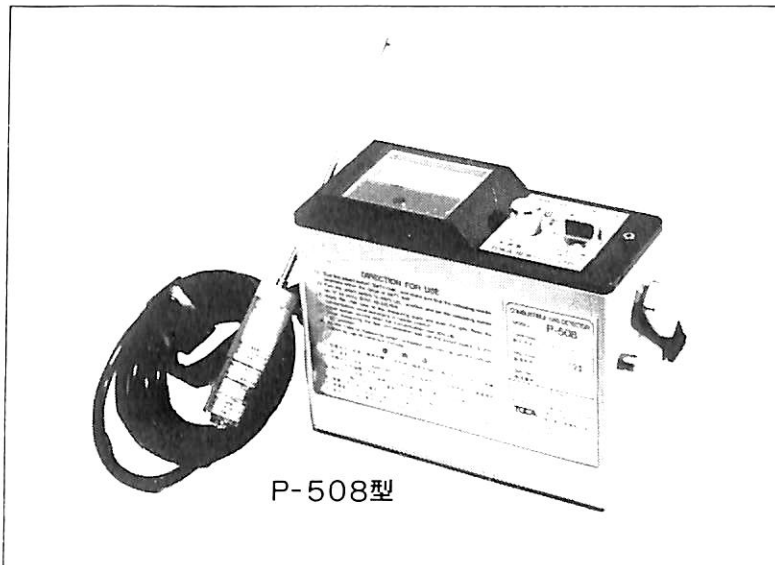
定価 1,080円 (〒55円)  
発行人 天 田 尚 孝  
編集委員長 田 宮 真  
印刷所 大洋印刷産業株式会社

# 船舶用携帯形可燃性ガス検知器

## P-508型

電気部・本質安全防爆構造  
検知部・耐圧防爆構造

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



### ●概要●

本器は各種可燃性ガスの漏洩検知に用いる携帯用の可燃性ガス検知器で、可燃性ガスおよびケミカルの製造事業所、備蓄基地、タンカー、消費設備等の保安用として幅広く御使用戴けます。携帯に便利なように小型軽量に作られていますので長時間の可搬にも疲れません。採気棒部にはWSフィルターを内蔵していますので水吸取によるセンサーの故障を未然に防ぐことが出来ます。☆カタログのご請求は、下記に御連絡下さい。

### ●特徴●

- 小型軽量です。
- ホンプ内蔵の自動吸引式で操作が簡単です。
- 感度切換により低濃度(0~20% L.E.L.)のガス検知も容易です。
- 警報ブザーを内蔵しており20% L.E.L.にて警報を発する。(設定可)
- センサーは長寿命・高感度で交換容易です。
- 防爆構造(検知部;耐圧防爆、電気部;本質安全防爆)なので危険場所でも安心してご使用になれます。

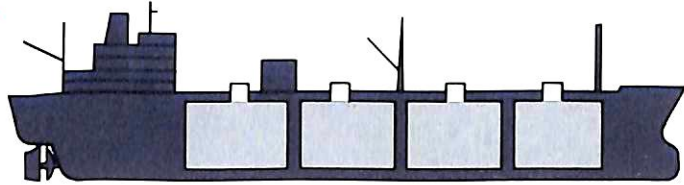
**TOICA** 株式会社 **東科精機**

〒211 川崎市中原区新丸子町756

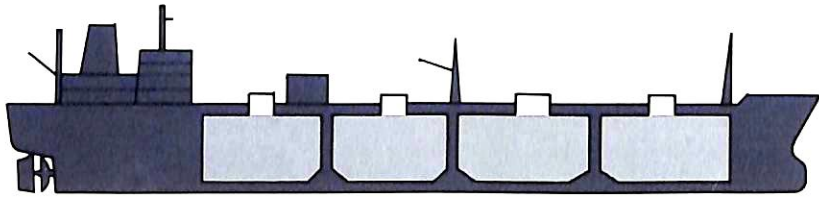
☎044(733)3381(代表)  
TEL FAX 044(722)7460

# 三菱の液化ガス運搬船

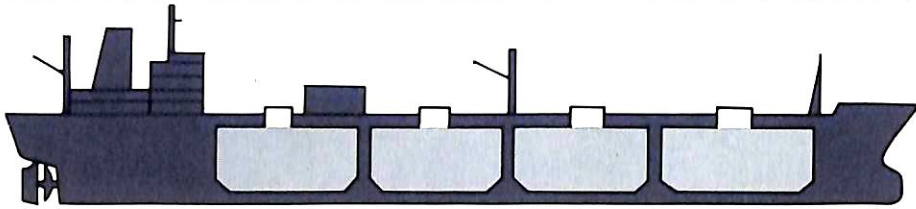
今後ますます多様化するエネルギー、化学工業用原料の液化ガス運搬船を、我が国におけるこの分野のパイオニアである三菱重工は需要にお応えし建造を続けてまいります。



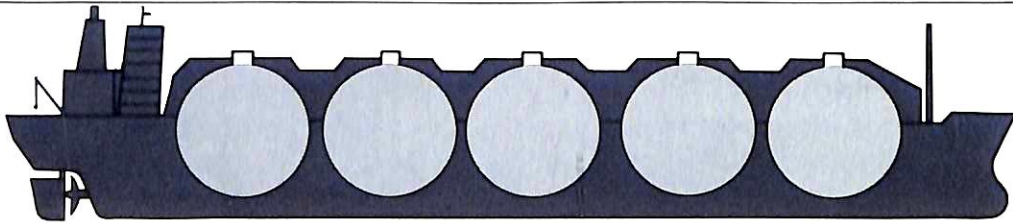
25,000 m³ LPG-NH<sub>3</sub>-VCM Carrier



50,000 m³ LPG-NH<sub>3</sub>-Carrier



77,000 m³ LPG Carrier



125,000 m³ LNG Carrier

## 代表的な建造船

船名 (船種)	タンク容量	建造年
ブリヂストン丸 (LPG)	28,837m³	1962
金山丸 (LPG)	70,238m³	1970
天龍丸 (LPG)	77,000m³	1982
日山丸 (LPG)	43,500m³	1982
新菱エチレン丸 (LEG)	1,116m³	1972
播州丸 (LNG)	125,000m³	1983
越後丸 (LNG)	125,000m³	1983
出羽丸 (LNG)	125,000m³	1984

三菱重工は、1962年以来、19隻の液化ガス運搬船を引渡し、現在3隻のLNG船を建造中です。

