

# 船の科学 1994 12

VOL.47 NO. 12

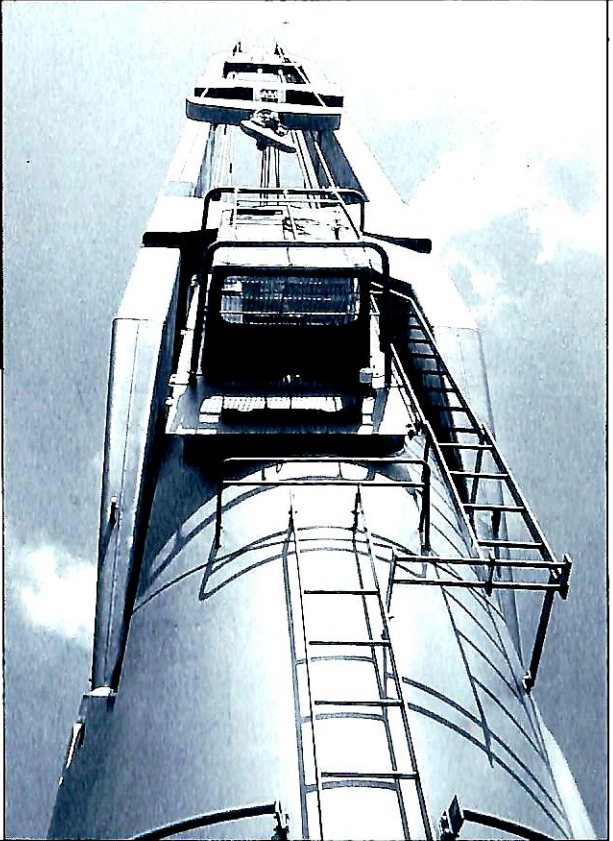
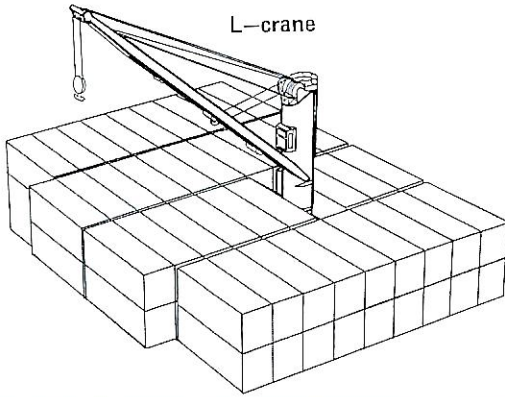
## MacGREGOR HÄGGLUNDS

MEMBER OF THE INCENTIVE GROUP

### 40TON "SLIM" CRANE

最小荷役範囲 2.4 m

L-crane



株式会社新来島どっく建造  
662TEU積みコンテナ運搬船 "HIBISCUS ISLE"



## ヘグラント株式会社

〒244 横浜市戸塚区川上町90-6  
(東戸塚ウエストビル9F)

TEL. 045(826)7861 FAX. 045(823)7949

## JSW 株式会社日本製鋼所

〒100 東京都千代田区有楽町1-1-2 (日比谷三井ビル)

TEL. : 03(3501)-6135

FAX. : 03(3595)-4620

# NEC

LAN対応パソコンによる造船関連業向けCADシステム

## Auto LANパック



世界標準CAD AutoCAD/Winを造船関連業向けにカスタマイズ・チューニング  
造船関連業向けシンボル100点以上標準装備  
既存CADからの移行もスムーズ

造船業現図セットでさらに機能充実 (オプション)  
造船業向けプリカスタマイズソフトウェアセット (現図関連)

ピアトゥピア・ネットワーク環境/ネットワーク・プロットイング  
複数の設計者による図面の共有化  
プロッタをパソコンLAN上で共有化

ハードはプロの使用に十分応える周辺機器を厳選 (変更可能)  
CPU Pentiumプロセッサ、メモリ24MB、HDD1GB、21"CRT

AutoLANパックがさらに導入しやすくなりました  
AutoCADを既に導入されているお客様に教育、プロッタ無しの価格を設定

その他追加購入は一切必要なし! 全ての準備を完了して納品  
電源を投入するだけで、即フル稼働  
ご希望により導入後もCADのプロがしっかりとお相手いたします  
どんなご相談もお受けいたします

### 標準価格

¥2,990,000~ (税別)

上記の標準価格はオプションの造船業現図セットを含みます  
プロッタ、教育、保守は上記に含まれません (オプション)

- 下記、詳細はお電話にてお問い合わせください
- ・ AutoCAD LTベースによる廉価版も御用意しております。
  - ・ 各種ハード、ソフトの変更可能です。
  - ・ 御社仕様の部品データ登録など、セミオーダーも可能です。
  - ・ OAパソコンとの組み合わせで更なる事務効率化もできます。

お問い合わせ・お申し込みは

NECソフトウェア SI営業部 / 〒136 東京都江東区新木場 1丁目18番6号

TEL 03-5569-3265 / FAX 03-5569-3283

AutoCAD、AutoCAD LTは米国Autodesk社の登録商標です。

# ハミルトンジェットと 日本近海で育つ我々の技術 “低馬力, 燃費節約高速船”

ハミルトンジェット

H/J 211型

273M型

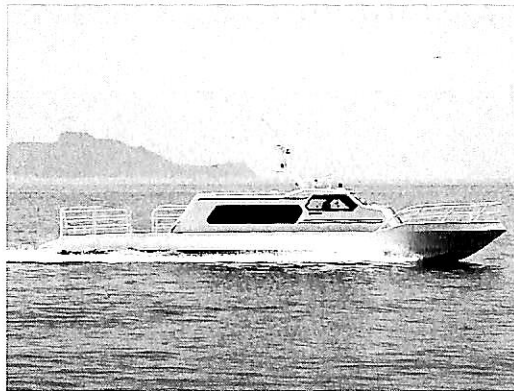
273H型

291型

321型

362型

402型



HM422型

461型

521型

571型

651型

721型

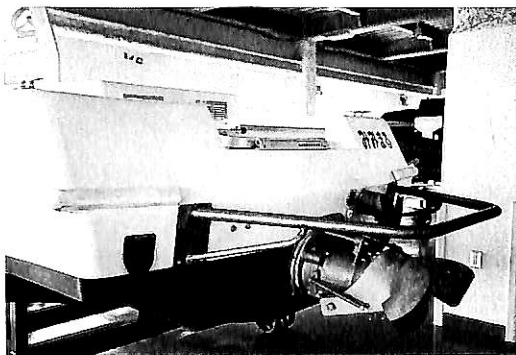
811型

4000馬力まで

13.50m 細長 全天候型試作 旅客船

〈設計〉 清原 健春 NA

〈建造〉 興和クラフト有限会社



“みみまる”

VM140PS/3600rpm

H/J211型

全天候型高速救難船

試作艇



“いかずちⅡ”

VM220PS/3600rpm

H/J211型

定期運航船

試作艇

Distributor by……コンポーゼット屋

**株式会社 ミヨシ・コーポレーション**

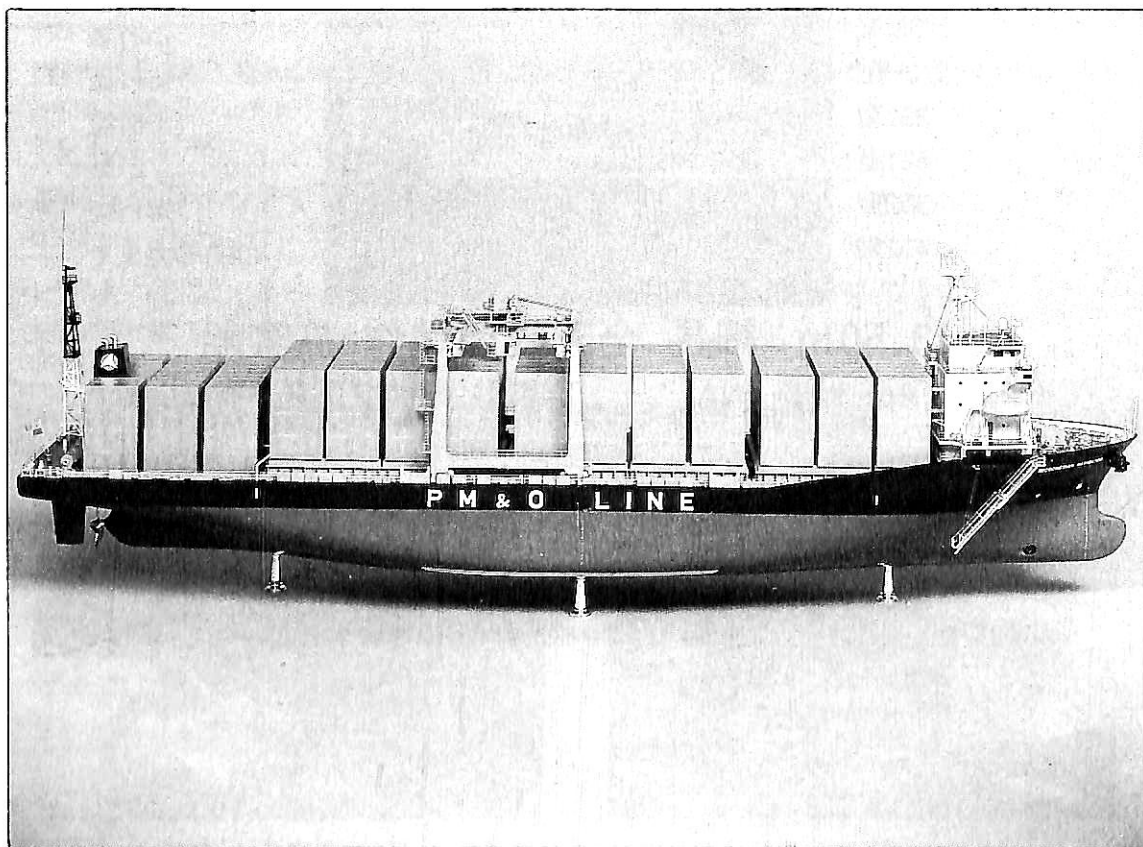
〒467 名古屋市瑞穂区松園町1-84

電話 (052) 835-3351(代)

FAX (052) 835-3354

Telex. 447-7344 MIYOSI J.

進水記念贈呈用に  
不二の船舶美術模型を



コンテナ船 “MICRONESIAN NAVIGATOR” 縮尺：1／100

建造所：今治造船株式会社

株式会社 不二美術模型

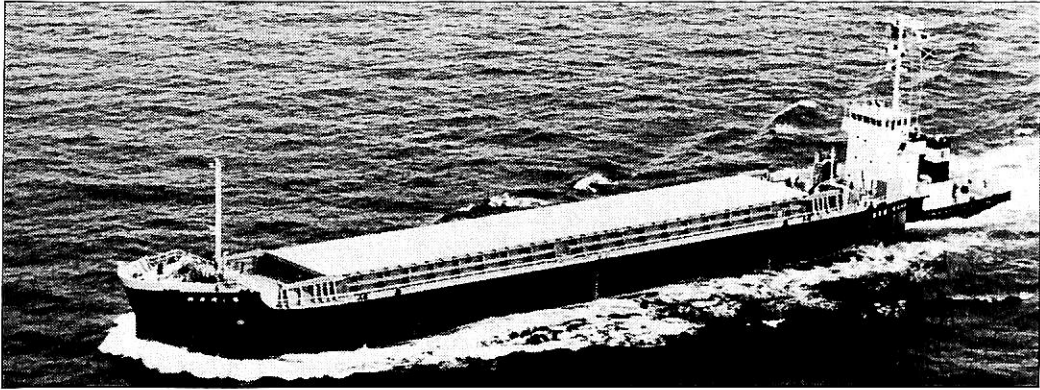
代表取締役社長 桜庭 武二  
東京都練馬区高松2丁目5の2 TEL. 03(3998)1586  
FAX. 03(3926)7202



## 目 次

- 5 新造船紹介 (No.554)
- 12 日本商船隊の懐古 No.185 (春幸丸, 天佑丸, 鉄海丸)……………山 田 早 苗
- 15 クバルナー・マーサ・ヤード社, シンガポール向け  
ケーブル敷設船第一船“ASEAN RESTORER”を竣工・引渡し……………府 川 義 辰
- 17 シルバー クルーズ社  
高級指向層向け新鋭客船“SILVER CLOUD”4月に地中海デビュー……………府 川 義 辰
- 
- 25 11月のニュース解説 (低船価受注の危機)……………米 田 博
- 
- 28 ●新造船紹介  
鳥羽商船高等専門学校練習船“鳥羽丸”の概要……………三 井 造 船
- 
- 連載講座
- 37 船型設計ノート(21)……………森 正 彦
- 46 船舶用アルミニウム合金の溶接(7)……………簗 田 和 之
- 
- 技術論説
- 53 船会社の造船技術者より見た造船の諸問題(2)  
—より良き船を造るために— ……………松 宮 熙
- 
- 新型機関の開発  
天然ガス焼きディーゼル実証プラント
- 59 大形低速2サイクル・ガスインジェクション・ディーゼル機関の紹介(1)  
三井-MAN-B&W 12K 80MC-G I-S ……………三 井 造 船
- 
- 抄 訳
- 68 LNG船の推進機関の現状と将来……………アトランティック造船所
- 
- 海洋随筆
- 73 貨客船百花繚乱(5)……………兵 頭 喜 明
- 
- 連載講座
- 78 船舶電子航法ノート(210)……………木 村 小 一
- 
- IMOコーナー(第155回)
- 81 第63回海上安全委員会(MSC63)の概要……………運 輸 省
- 82 第39回防火小委員会の結果……………運 輸 省
- 
- 84 平成6年「船の科学」内容索引……………編 集 部
- 
- お知らせ 「ハガキに書いた未来の船」募集……………船の科学館

プッシャーバージには経験と信頼性の自動連結装置  
**アーティカップル**



- ★ 抜群の耐航性
- ★ あらゆる用途に  
 応じる多様な機種

- ★ 連結・切離し30秒
- ★ 指先一つで遠隔操作

**タイセイ・エンジニアリング株式会社**

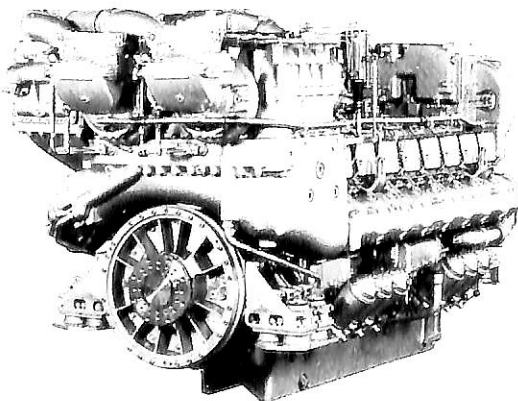
東京都中央区日本橋浜町3-12-3  
 ホリベビル5F 電話 (03)3667-6633  
 ファックス (03)3667-6925



**mtu**  
 Deutsche Aerospace

人にやさしい  
 地球にやさしい

**mtu**



エンジン形式	機関出力:PS	重量:ton(減速機込)
8V396TE	1,140 - 1,360	4.2
12V396TE	1,710 - 2,040	5.5
16V396TE	2,280 - 2,720	6.9
12V396TB	2,180 - 2,610	6.5
16V396TB	2,900 - 3,480	7.7

日本総代理店

**メルセデス・ベンツ日本株式会社**

16V396TB94  
 3480PS/2100rpm

〒106 東京都港区六本木1-9-9(六本木ファーストビル)  
 電話 03(5572)7353 ファックス 03(5572)7336



油槽船 HAN-EI 共栄タンカー株式会社・日本郵船株式会社(船籍パナマ)

石川島播磨重工業株式会社呉第一工場建造(第3049番船)  
 全長 333.00 m 垂線間長 319.00 m 起工 5-12-22 進水 6-5-13 竣工 6-9-30  
 総トン数 147,580 トン 純トン数 77,268 トン 型幅 60.00 m 型深 28.65 m 満載喫水 19,057 m  
 主荷油ポンプ 5,000 m<sup>3</sup>/h × 145 m × 3 クレーン 20 t × 10 m/min 燃料油槽 259,999 トン 貨物油槽容積 316,080.6 m<sup>3</sup>  
 清水槽 256.2 m<sup>3</sup> 主機関 DU-Sulzer 7RTA84 T形(デ)機関 × 1 補気缶 IHI-ADM 907 形 79.0 t/h 出力(連続最大) 27,270 PS (61.5 rpm) 燃料消費量 72.7 t/day  
 (常用) 24,540 PS (59.4 rpm) プロペラ 5翼1軸 補汽缶 IHI-ADM 907 形 79.0 t/h 出力(連続最大) 27,270 PS (61.5 rpm) 発電機  
 (タ) 900 kW × 450 V, (非) AC 260 kW × 450 V, (デ) 920 kW × 450 V 無綫装置 MF/HF 無綫装置 発電機  
 NBDP, インマルサ, C, 船舶電話 国際VHF 電話 航海計器 NNSS 衝突予防装置 レーダー  
 乗組員 34 名 船級・区域資格 NK 遠洋 船型 平甲板船  
 航続距離 20,600 哩 本船は石川島播磨重工業㈱で建造した最後のシングルハルタンカーになる。



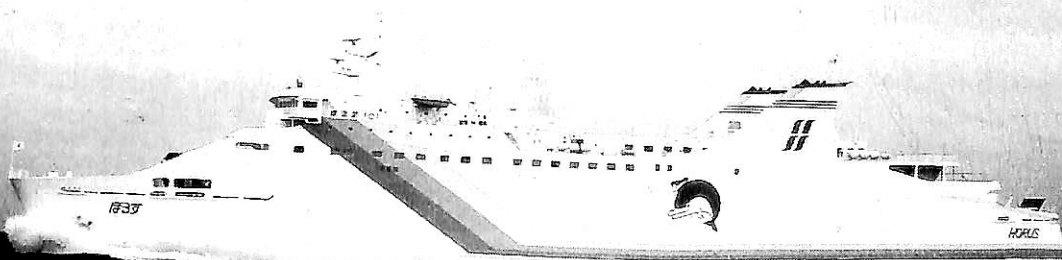
カーフェリー フェリー なみのうえ 船舶整備公団・大島運輸株式会社  
FERRY NAMINOUE

林兼船渠株式会社建造(第1006番船) 起工 6-1-17 進水 6-4-13 竣工 6-6-21  
 全長 145.61m 垂線間長 132.00m 型幅 22.00m 型深 14.00/7.67m 満載喫水 6.25m  
 総トン数 5,997トン 載貨重量 3,981.18トン デリック 25t×1 Car搭載数 トラック 60台,  
 乗用車 90台, コンテナ 304個 燃料油槽 664.98m<sup>3</sup> 燃料消費量 560t/day  
 清水槽 367.50m<sup>3</sup> 主機関 DU-SEMT Pielstick 12PC2-6V形(デ)機関×2  
 出力(連続最大)9,000PS(520rpm)×2(常用)8,100PS(502rpm)×2 プロペラ 5翼2軸  
 補汽缶 三浦9kg/cm<sup>2</sup>×174.53°C×1,600kg/h, 排エコ 三浦13kg/cm<sup>2</sup>×194.13°C×1,800kg/h 発電機  
 1,200kVA×1,400PS×720rpm×3 無線装置 MF/HF無線装置 NBDP, インマルC, 船舶電話  
 国際VHF 航海計器 衝突予防装置 レーダ GPS 速力(試運転最大)23.880kn  
 (満載航海)21.50kn 航続距離 4,800浬 船級・区域資格 JG・近海(非国際)  
 船型 全通二層甲板船 乗組員 36名 旅客 804名 フィンスタビライザ, パウラスラスタ,  
 スタンスラスタ 航路 鹿児島～沖縄

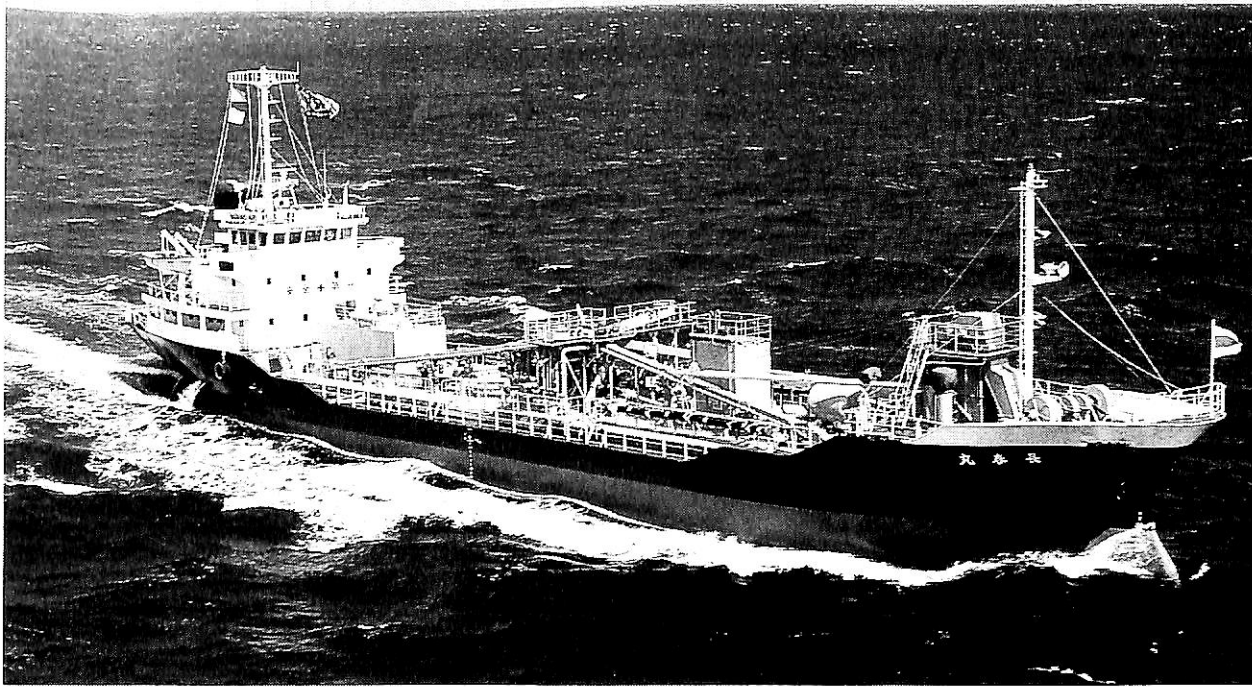
- 6 -

カーフェリー ほ る す 東日本フェリー株式会社  
HORUS

三菱重工株式会社下関造船所建造(第988番船) 起工 5-12-21 進水 6-4-8 竣工 6-6-30  
 全長 136.6m 垂線間長 125.00m 型幅 21.00m 型深 12.03m 満載喫水(型)5.70m  
 総トン数 7,192トン 載貨重量 3,087トン Car搭載数 8tトラック×87台, 乗用車 20台  
 燃料油槽 453m<sup>3</sup> 燃料消費量 47.9t/day 清水槽 241m<sup>3</sup> 主機関 NKK-SEMT Pielstick  
 14PC2-6V形(デ)機関×2 出力(連続最大)9,100PS(171rpm)×2(常用)7,735PS(162rpm)×2  
 プロペラ 5翼2軸 補汽缶 立形円筒水管 2t/h×6kg/cm<sup>2</sup>×1, 排エコ 1t/h×6kg/cm<sup>2</sup>×2 発電機  
 西芝974kVA×3(原)ダイハツ1,200PS×900rpm×3 無線装置 船舶電話 国際VHF電話  
 航海計器 衝突予防装置 レーダ 速力(試運転最大)21.91kn(満載航海)20kn 航続距離 2,700浬  
 船級・区域資格 JG第2種船, 沿海NK"NS\*(M0) 船型 全通二層甲板船 乗組員 35名  
 旅客 600名 ハウラスラスタ, フィンスタビライザ, フラップ舵, エスカレータ 航路 青森～室蘭







スラグ運搬船 長 春 丸 株式会社 ナガタニ商会  
NAGAHARU MARU

株式会社 三浦造船所建造(第1085番船)	起工 5-11-10	進水 6-1-14	竣工 6-3-15
全長 70.0m 垂線間長 65.00m	型幅 11.50m	型深 4.90m	満載喫水 4.374m
満載排水量 2,355.23トン	総トン数 699トン	載貨重量 1,500トン	貨物艙容積(グ) 1,436.98 <sup>m</sup>
艙口数 4	燃料油槽 51.26 <sup>m</sup>	燃料消費量 4.0 t/day	清水槽 27.51 <sup>m</sup> 主機関
ヤンマー 6N260-UN形(デ) 機関×1	出力(連続最大) 1,600 PS (249 rpm) (常用) 1,360 PS (236 rpm)		
プロペラ 4翼1軸	発電機 大洋電機 800kVA×1(荷役用), 大洋電機 80kVA×2		無線装置
船舶電話 国際VHF電話	航海計器 レーダ	速力(試運転最大) 13.221kn (満載航海) 12.0kn	
航続距離 3,000 浬	船級・区域資格 NK 沿海	船型 船首尾楼付一層甲板船	乗組員 8名

練習船 鳥 羽 丸 鳥羽商船高等専門学校  
TOBA MARU

三井造船株式会社玉野事業所建造(第1409番船)	起工 5-12-13	進水 6-5-24	竣工 6-8-19
全長 40.0m 垂線間長 35.0m	型幅 8.0m	型深 3.30m	満載喫水 2.80m
総トン数 244トン	クレーン 電動油圧 0.95 t×7m(R)×1	燃料消費量 4.3 t/day	
清水槽 52.74 <sup>m</sup>	主機関 ヤンマーMF29-UTD1形(デ) 機関×1	出力	
(連続最大) 1,300 PS (370 rpm)	プロペラ 4翼1軸 CPP	発電機	
神鋼電機 225kVA×1,200rpm×2 (原)ヤンマー 300PS×1,200rpm×2	無線装置 MF/HF 無線装置		
船舶電話 国際VHF	航海計器 ロラン 衝突予防装置 レーダ	速力(試運転最大) 13.80kn	
航続距離 2,300 浬	船級・区域資格 JG・近海区域	JG近海区域(非国際), 乗組員 9名, 教官 3名, 学生 44名 計 56名/沿海区域(24時間未満) 乗組員 9名, その他 87名 計 96名(詳細は本文28頁参照)	





ダイヤモンド グレース

輸出油槽船 **DIAMOND GRACE**

船主 Ryoyu Panama Inc. Dignity Shipholding S.A. (Panama)  
 三菱重工業株式会社長崎造船所建造(第2076番船) 起工 5-8-24 進水 6-2-25 竣工 6-8-3  
 全長 321.95m 垂線間長 310.0m 型幅 58.0m 型深 29.5m 満載喫水 19.587m  
 総トン数 147,012トン 純トン数 77,664トン 載貨重量 259,999トン 貨物油槽容積 318,147m<sup>3</sup>  
 主荷油ポンプ 5,000m<sup>3</sup>/h×140×3 クレーン 20/8t×10/20m/min×2  
 燃料油槽 5,328m<sup>3</sup> 燃料消費量 76.0t/day 清水槽 320m<sup>3</sup> 主機関  
 三菱6UEC85LSII形(デ) 機関×1 出力(連続最大)29,800PS(76rpm)(常用)26,820PS(73.4rpm)  
 プロペラ 4翼1軸 補汽缶 16kg/cm<sup>2</sup>G×飽和×75.5t/h×1 発電機(デ)1,050kW×450V×2  
 (タ)900kW×450V×1, (非)220kW×450V×1 無線装置 MF/HF, NBDP, インマルA, C, 船舶電話  
 国際VHF電話 航海計器 ロラン GPS 衝突予防装置 レーダ 速力(試運転最大)16.93kn  
 (満載航海)15.5kn 航続距離 19,700浬 船級・区域資格 NK 遠洋  
 船型 平甲板船 乗組員 34名 三菱リアクション フィン

- 8 -

コロナ エース

輸出石炭運搬船 **CORONA ACE**

船主 Pinewood Shipping, Inc. (Philippine)  
 川崎重工業株式会社神戸工場建造(第1442番船) 起工 5-11-10 進水 6-3-15 竣工 6-6-30  
 全長 230.00m 垂線間長 220.00m 型幅 36.00m 型深 18.50m 満載喫水 12.815m  
 総トン数 42,869トン 純トン数 23,778トン 載貨重量 77,447トン 貨物艙容積 (グ)91,045m<sup>3</sup>  
 燃料油槽 2,028m<sup>3</sup> 燃料消費量 30.7t/day 清水槽 347m<sup>3</sup>  
 主機関 川崎MAN-B&W5S60MC形(デ) 機関×1 出力(連続最大)12,500PS(105rpm)  
 (常用)10,630PS(99rpm) プロペラ 5翼1軸 補汽缶 1,300kg/h×6kg/cm<sup>2</sup>G(飽和)  
 発電機(主)400kW×3 (非)100kW×1 無線装置 MF/HF無線装置, NBDP, インマルA, C,  
 船舶電話 国際VHF電話 航海計器 GPS 衝突予防装置 レーダ 速力(試運転最大)16.32kn  
 (満載航海)13.8kn 航続距離 17,300浬 船級・区域資格 NK 遠洋  
 船型 船首楼付平甲板船 乗組員 28名



# 機関室内配管の燃料油飛散を容易に防止!

## FN TAPE

UL510FR(ファイルNo.E56086)

燃料油飛散防止用 FNテープ

ClassNK APPROVED No.94FV905B

〈財団法人 日本海事協会認承済〉

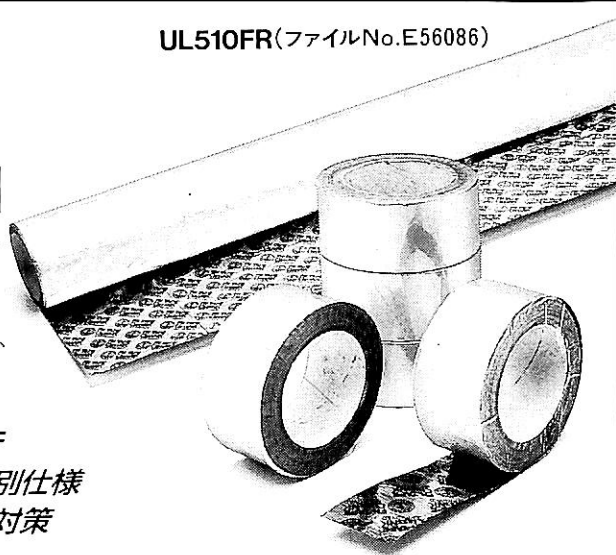
船舶機関室内の可燃油配管継ぎ手部破損又は緩みにより、内部流体が飛散し高温部に接触して起こる、船舶火災を未然に防ぐ事を目的として特別に開発した、耐熱、耐油、耐圧を兼ねた保護テープ。

- 巻きつけるだけの簡単施行
- 耐油・耐熱・耐圧に優れた特別仕様
- 安価なコストで最大の防災対策



東京日進ジャバラ株式会社  
TOKYO NISSHIN JABARA Co.,LTD.

TEL.(03)3252-2947(代) FAX.(03)3256-7827  
〒101 東京都千代田区内神田2-5-11 桐治ビル

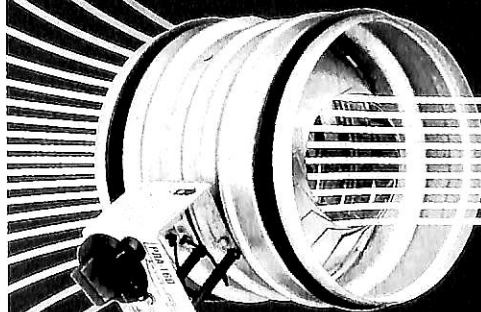


## Halton

PRA ADJUSTMENT AND MEASUREMENT UNIT

★ハルトン社のポリリュームダンパーは、アイリスシャッターによって、低騒音でシメトリック フローパターン（整気流）ですから、従来のような乱気流による障害を解決できました。

## ポリリュームダンパー PRA



## SANBEC

ザンベック株式会社

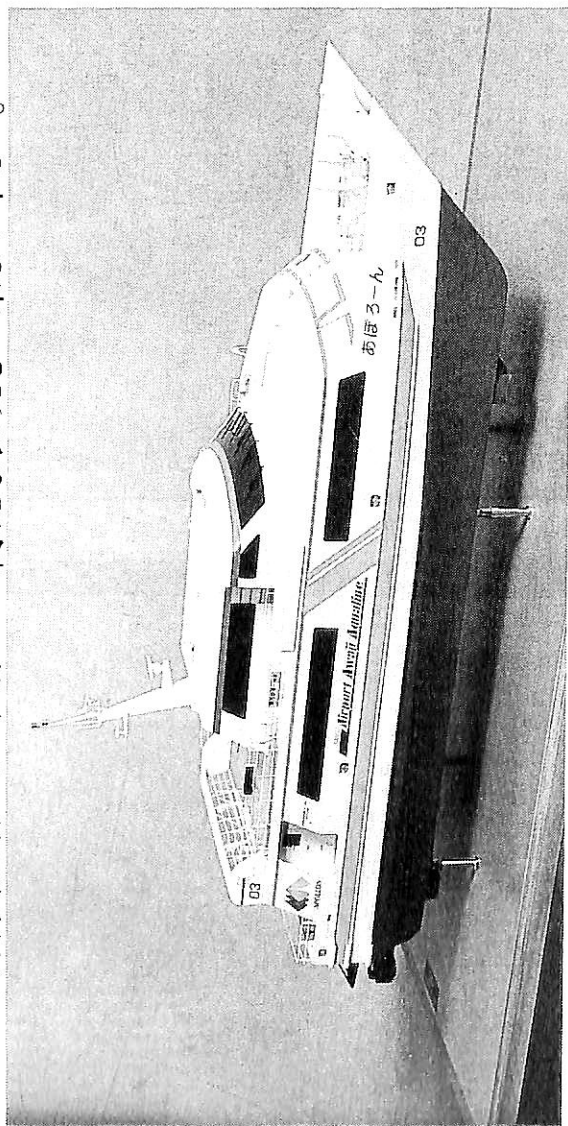
本社/〒103東京都中央区日本橋小舟町6-6小倉ビル  
電話03(3663)2811(代) FAX.03(3668)8148  
営業所/大阪・名古屋・横浜

SANBEC

# 陸・海・空・総合産業用精密模型製作

(展示用, 記念贈呈用, PR用, 博物館用, 試作検討用, 等)

金属材料仕様による微妙かつ綺麗な表現をお楽しみ下さい。

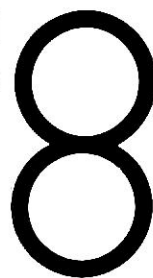


スーパージェット30 “あぼろーん” 関西空港～洲本 (新設ライン)

船主(御用命) 株式会社えあぽーとあわじあくあらいん殿

建造所 日立造船株式会社 神奈川工場殿

横浜精密



ISAO-JAPAN

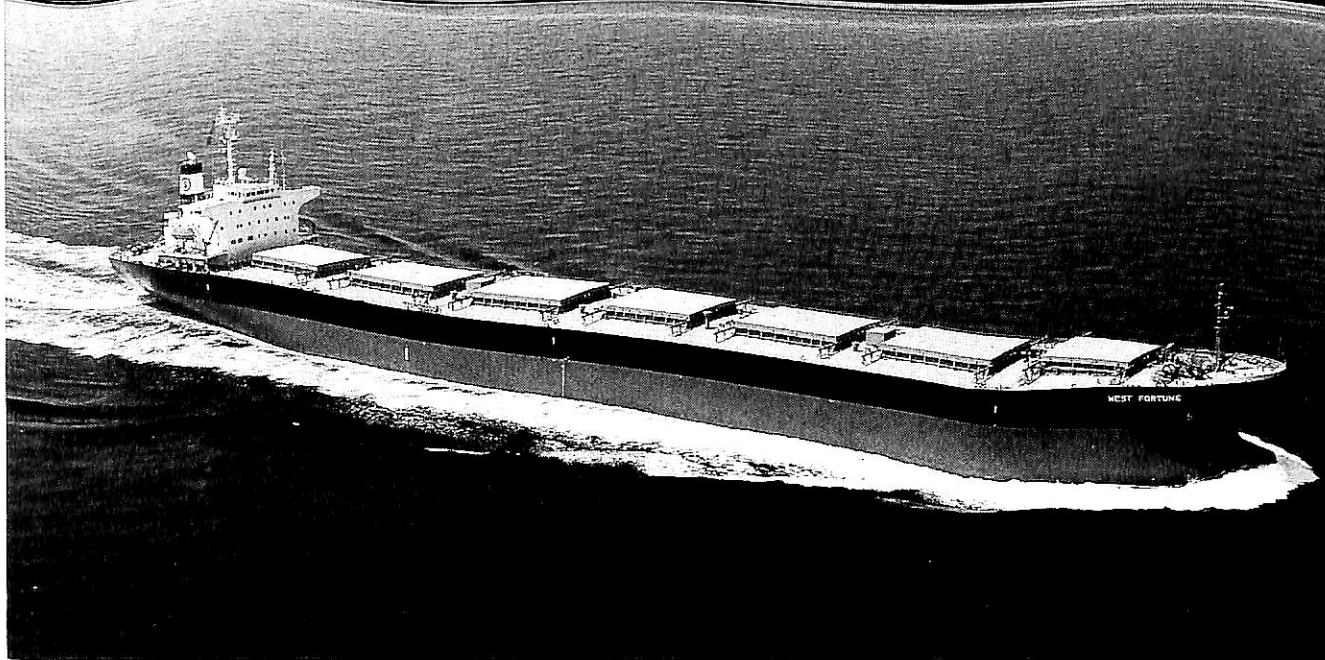
**Yokohama Seimitsu Co., Ltd.**

835 SHINYOSHIDA-MACHI, KOHOKU-KU, YOKOHAMA  
JAPAN 223 (日本産業模型協会広報員)

TELEPHONE 045-592-0007 (代) FAX.045-592-6212

〒223 横浜市港北区新吉田町687-2



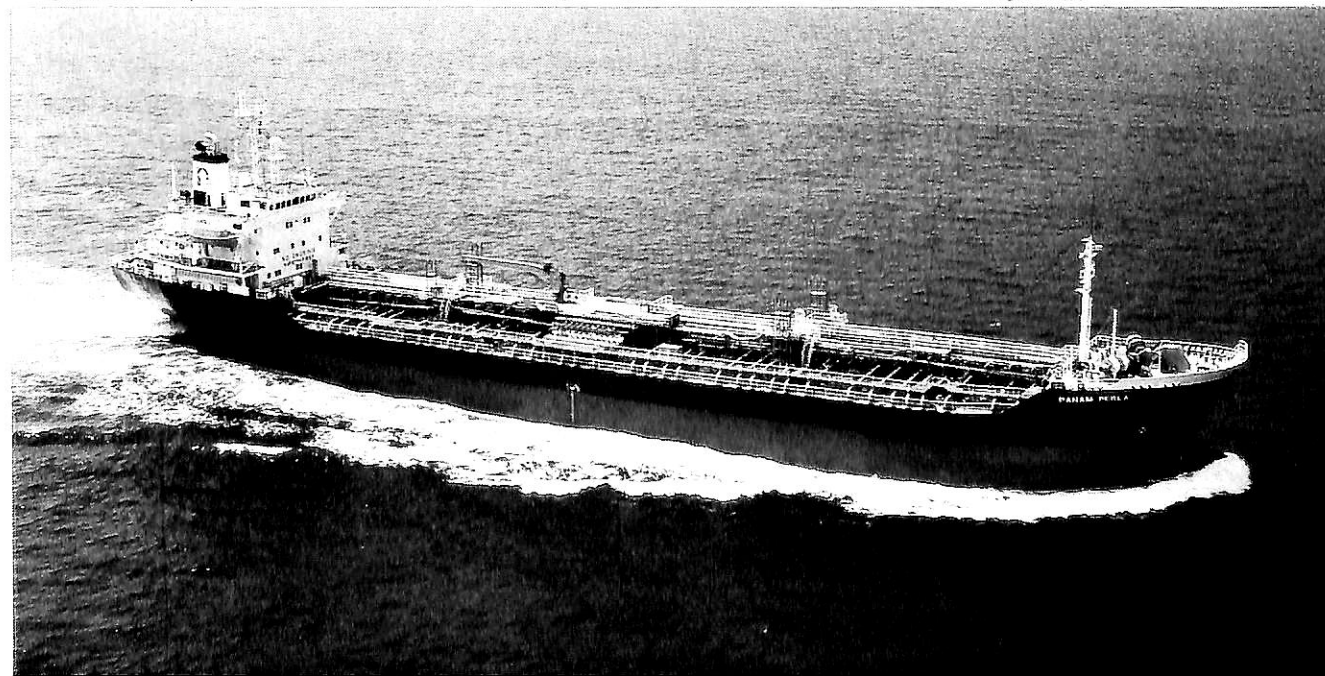


ウエスト フォーチュン  
輸出撒積貨物船 WEST FORTUNE

船主 Green Spanker Shipping S.A. (Panama)  
 幸陽船渠株式会社建造(第2050番船) 起工 5-11-15 進水 6-2-23 竣工 6-4-25  
 全長 224.98m 垂線間長 215.00m 型幅 32.20m 型深 18.30m 満載喫水 13.278m  
 総トン数 35,879トン 純トン数 23,407トン 載貨重量 69,111トン 貨物艙容積  
 (グ) 82,025.08m<sup>3</sup> 艙口数 7 燃料油槽 2,705.89m<sup>3</sup> 燃料消費量 34.0 t/day  
 清水槽 366.67m<sup>3</sup> 主機関 三菱-Sulzer 6RTA62形(デ) 機関×1 出力 補汽缶  
 (連続最大) 11,930 PS (106rpm) (常用) 11,840 PS (100rpm) プロペラ 4翼1軸  
 三浦VWK-2428-1,300/1,100 発電機 西芝ブラシレス 550kVA×3 (原) ヤンマー 660 PS×720rpm×3  
 無線装置 MF/HF無線装置 NBDP インマルA, C, 国際VHF電話 航海計器 GPS NAVTEX レーダ  
 速力(試運転最大) 16.745kn (満載航海) 14.75kn 航続距離 17,500 浬  
 船級・区域資格 NK 遠洋 船型 平甲板船 乗組員 24名

パナム ペイルラ  
輸出油槽船 PANAM PERLA

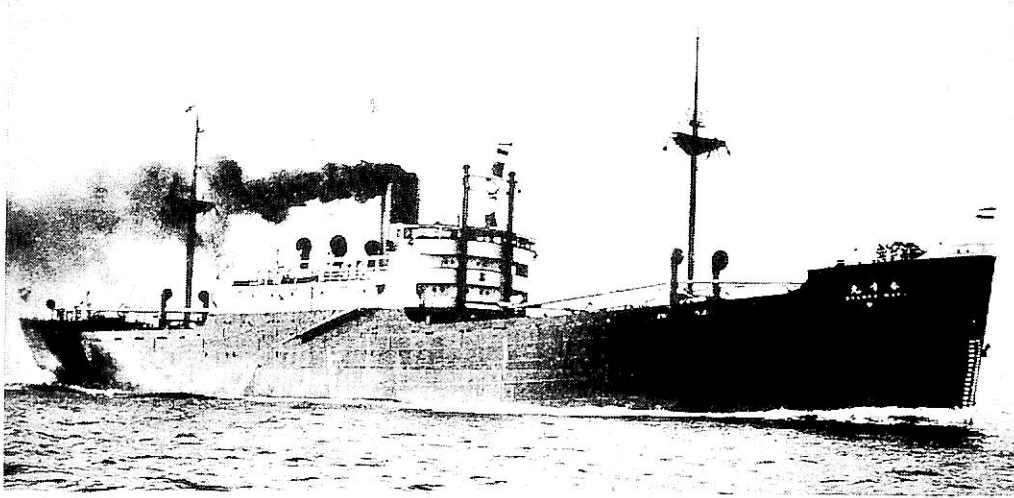
船主 Geisel Compania Maritima S.A. (Panama)  
 浅川造船株式会社建造(第378番船) 起工 5-12-9 進水 6-4-25 竣工 6-7-7  
 全長 125.00m 垂線間長 117.00m 型幅 18.80m 型深 9.90m 満載喫水 7.764m  
 総トン数 5,965トン 純トン数 3,254トン 載貨重量 10,331.5トン 貨物油槽容積 11,548.785m<sup>3</sup>  
 主荷油ポンプ 300m<sup>3</sup>/h×80m×4, 200m<sup>3</sup>/h×80m×4, 150m<sup>3</sup>/h×80m×12 クレーン 5トン×1  
 燃料油槽 684.90m<sup>3</sup> 燃料消費量 15.5 t/day 清水槽 388.67m<sup>3</sup> 主機関  
 日立B&W 6L35MC形(デ) 機関×1 出力(連続最大) 5,280 PS (210rpm) (常用) 4,750 PS (203rpm)  
 プロペラ 4翼1軸 補汽缶 三浦工業VWN-13500 WE 発電機 西芝 500kVA×2  
 (原) ダイハツ 600 PS×1,200rpm×2 無線装置 MF/HF無線装置, NBDP インマルA, C, 国際VHF電話  
 航海計器 NNSS 衝突予防装置 レーダ GPS 速力(試運転最大) 14.62kn (満載航海) 13.5kn  
 航続距離 10,700 浬 船級・区域資格 NK 遠洋 船型 凹甲板船 乗組員 23名 N<sub>2</sub>発生機 バウスラスト



# 日本商船隊の懐古

山田早苗氏提供

貨物船 春 幸 丸 山本商事→大同海運



川崎造船所建造(第599番船)	船舶番号 42423	信号符字 JGJL		
起工 昭11-3-18	進水 11-8-17	竣工 11-10-10		
全長 112.50m	垂線間長 107.29m	型幅 15.24m	型深 8.38m	満載喫水 7.03m
満載排水量 8,670トン	総トン数 4,027.3トン	純トン数 2,360.75トン		
載貨重量 5,844.13トン	貨物艙容積(ベ)7,154㎡(グ)7,738㎡	主機関 川崎式2段減速タービン機関×1		
出力(連続最大)2,450PS		速力(試運転最大)15.271kn(満載航海)12.5kn		
船級・区域資格 通信省第1級船		乗組員 43名 旅客 1等4名		
姉妹船 日吉丸, 菊川丸, 桐川丸, 松川丸, 桃川丸		船籍港 大阪→神戸		

山本商事では本船の建造に際し、率先してタービン機関を採用し、このタービン機関は川崎式タービンの確立に役立った。歯車には2段減速アーティキュレート型が採用された。

昭和16年11月、陸軍に徴用されて軍用船となり、11月17日高雄発、12月10日ビガン、12月19日高雄、昭和17年1月3日サントトーマス、1月25日アバリ、1月31日サントトーマス、2月1日高雄、2月9日馬公、2月11日高雄を経て2月21日神戸に帰る。

昭和17年2月24日大阪発、2月26日青島、3月9日高雄発、ジャワ島攻略の第2次輸送船団としてカムラン湾に集結したが、ジャワ島攻略は終了したため船団は解散し、本船は第2師団の野砲大隊を乗せて、4月5日、バタビア東方のタンジョンプリオクに部隊を揚陸した。

その後、4月10日パレンバン、4月24日プライ、4月28日ラングーン、5月6日高雄を経て5月11日門司に帰る。

昭和17年6月28日糸崎発、7月3日旅順、7月9日大連を経て、7月15日神戸に帰る。7月21日神戸発、7月22日釜山を経て、7月24日門司着。

昭和17年8月5日宇野発、8月14日シンガポール、9月11日ペラワン、9月16日パレンバン、9月25日シンガポール、9月30日パレンバン、10月6日シンガポール、

10月18日サイゴン、10月28日シンガポール、11月6日パレンバン、11月14日シンガポール、11月14日ビンタン、11月21日シンガポールを経て、12月18日大阪に帰る。

昭和18年1月24日小樽発、1月28日柏原、2月13日幌筵発、キスカ島への第14船団として崎戸丸とともに歩兵303大隊の1中隊を乗せ、木曾、若葉、初霜の護衛でキスカに向かったが敵の攻撃が予想されたため反転して、2月22日幌筵に帰る。

昭和18年4月9日函館、4月10日小樽、4月14日松崎、4月17日柏原、5月10日小樽着。

昭和18年6月29日宇品発、6月30日釜山を経て、7月4日糸崎着。

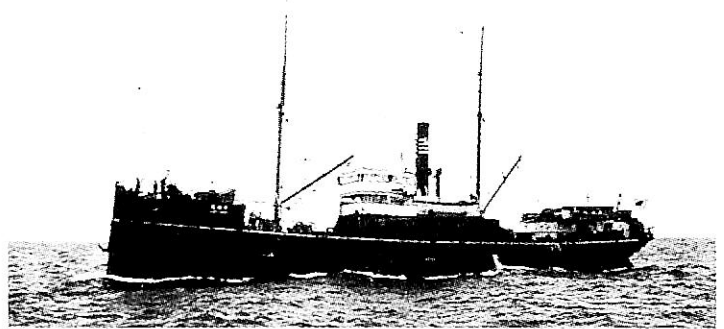
昭和18年8月5日新潟発、8月6日釜山、8月8日海州を経て8月9日小樽着、同日小樽発、9月1日敷香、9月5日小樽着。

昭和18年9月13日敦賀発、9月18日釜山を経て10月11日大阪に帰る。10月22日大阪発、11月5日マニラを経て12月8日神戸に帰る。

昭和18年12月15日神戸発、佐伯に集結、12月27日佐伯発、オ708船団で昭和19年1月5日パラオ着、1月9日パラオ発、ソ903船団でラバウルへ向かう途中、1月16日ラバウル北方、2°23'S、149°46'Eにて空爆により沈没した。

## 貨客船 天 佑 丸 嶋谷徳三郎→北日本汽船

大阪小野造船所建造 船舶番号 9284  
 信号符字 JSPQ→JOPB  
 進水 明37-11 垂線間長 54.92m  
 型幅 8.32m 型深 6.09m  
 満載喫水 4.72m 満載排水量 1,554トン  
 総トン数 735トン 純トン数 398トン  
 貨物艙容積(ベ) 937.04<sup>m</sup> (グ) 1,054.31<sup>m</sup>  
 主機関 三連成レンプロ機関×1  
 出力(連続最大) 378 PS  
 速力(試運転最大) 10.2kn (満載航海) 8.0kn  
 船級・区域資格 逓信省第2級船・近海区域  
 乗組員 32名 旅客 1等6名, 2等15名,  
 3等294名 船籍港 大阪→由宇→西宮→東京

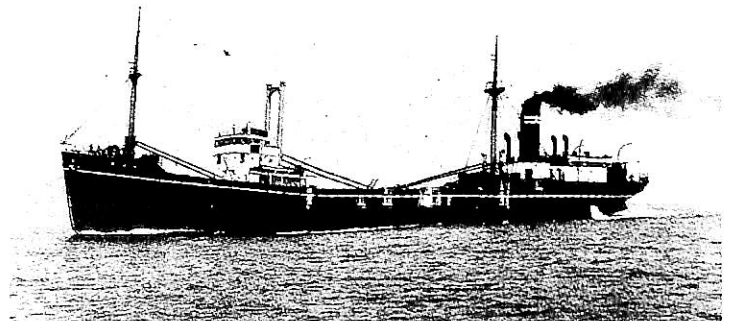


嶋谷徳三郎所有の貨客船で、大阪を船籍港とす。  
 明治39年, 山口県由宇籍となる。  
 明治41年2月23日, 伏木港に停泊中, 走錨のため附近の海岸に擱座する事故あり。  
 大正3年3月30日, 北日本汽船設立とともに嶋谷徳三郎より出資され, 西宮籍となる。  
 大正3年4月1日より, 小樽・北名線に就航。  
 大正8年より小樽・真岡線に就航。  
 大正9年12月9日, 留萌丸と衝突し, 留萌丸沈没。  
 大正13年現在, 函館, 安別線に就航。

昭和4年現在, 函館, 能登線に就航。  
 昭和4年11月9日, 東山丸と衝突事故あり。  
 昭和7年1月16日, 帆船第一玉吉丸と衝突。  
 昭和8年4月1日より11月30日まで命令航路として, 函館, 能登線に就航。  
 昭和18年11月16日, 合併により大阪商船の所有となり, 東京籍となる。  
 太平洋戦争では沈没をまぬがれ残存, SCAJAP T 050となる。  
 昭和26年7月25日産業振興会に売却ののち解体された。

## 貨物船 鉄 海 丸 大阪商船→原田汽船

川南工業香焼造船所建造  
 船舶番号 46162 信号符字 JCJN  
 起工 昭13-9-13 進水 14-4-6  
 竣工 14-8-31 垂線間長 82.82m  
 型幅 12.20m 型深 6.20m  
 満載喫水 5.34m 満載排水量 4,124トン  
 総トン数 1,925.88トン 純トン数 1,064トン  
 載貨重量 2,791トン 貨物艙容積  
 (ベ) 3,447<sup>m</sup> (グ) 3,741<sup>m</sup> 主機関  
 直立三連式表面復水式タービン機関×1,  
 強圧通風多管KK型 特許汽缶×2  
 速力(試運転最大) 13.86kn (満載航海) 11.0kn  
 乗組員 44名 姉妹船 鉄山丸  
 船籍港 大阪



日中戦争の勃発により海運界の船腹不足は深刻の度を深め, 加えて艦艇の建造も急を要し, 各造船所は繁忙を極めた。そこで建造期間の短縮や船価の高騰を抑える目的で平時標準型船の建造が計画され, 本船が生まれた。

本船は, 後部機関を有し, 中央の船艙は長大となり, 長尺物の輸送に適していた。

昭和14年9月8日神戸を出港, 仁川, 鎮南浦へ処女航海に出る。

昭和16年10月15日, 陸軍に徴用され宇品発, 10月30日黄埔, 11月14日上海, 11月25日サイゴン, 11月28日ハチ

ェン, 12月3日サンジャク, 12月4日サイゴン, 12月7日カムラン, 12月25日高雄を経て昭和17年1月3日門司に帰る。1月4日門司発, 1月8日サイゴン, 1月28日バンコック, 2月1日コーシチャン, 2月11日高雄を経て, 3月3日宇品に帰る。3月8日神戸発, 4月2日バンコック, 4月8日サイゴン, 4月25日ラングーン, 5月24日バタビア, 6月5日ダバオ, 6月11日マニラ, 7月6日大連, 7月8日塘沽を経て7月20日大阪に帰る。

昭和17年11月5日, 32°18'N, 126°57'E, 済州島附近にて米潜 Haddock(SS-231)の雷撃を受けて沈没した。

### 第1商品展示場

大阪・京阪北浜駅地下通り  
ショーケース

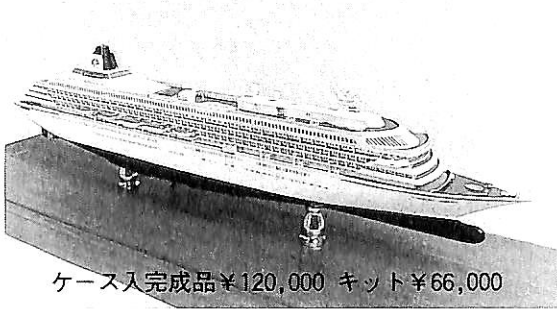
真鍮ロストワックス精密鑄造

## コニシ金属模型コレクション

### 第2商品展示場

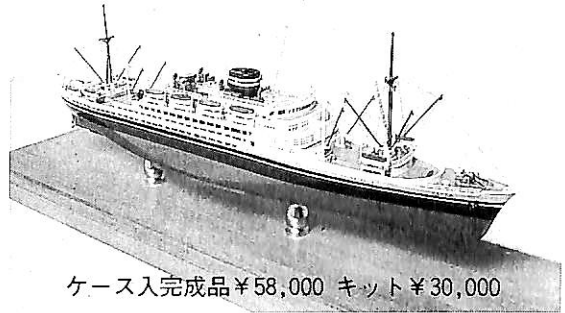
記念艦「三笠」艦内  
展示ケース

■客船クリスタルハーモニー 1/500 全長482mm



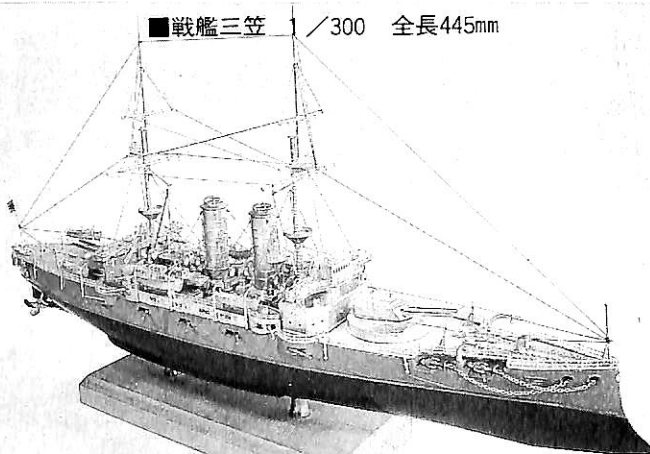
ケース入完成品 ¥120,000 キット ¥66,000

■客船あるぜんちな丸 1/500 全長335mm



ケース入完成品 ¥58,000 キット ¥30,000

■戦艦三笠 1/300 全長445mm



ケース入完成品 ¥98,000 キット ¥45,000

### 製品案内 (完成品・キット)

#### ●大型艦船シリーズ

1/300水川丸他5, 1/200駆逐艦雪風他12,  
1/150ピクトリー, 1/100しれとこ他4,  
1/50大発

#### ●1/500シリーズ

海軍艦艇20, 商船17, 護衛艦13, 帆船1,  
巡視船1

#### ●1/1250洋上模型 (完成品)

戦艦8, 空母6, 重巡13, 軽巡3, 駆逐  
艦3, 潜水艦2, 水雷艇1, 飛行機7,  
商船12, 護衛艦5

#### ●1/1250マイクロシップ

商船11, 艦艇5, 護衛艦5

#### ●1/200マイクロプレーン

海軍機9, 陸軍機3, 外口機1

#### ●1/72飛行機シリーズ

海軍機21, 陸軍機6, 民間機4, アメリ  
カ機5, 自衛隊機5

#### ●大型飛行機シリーズ

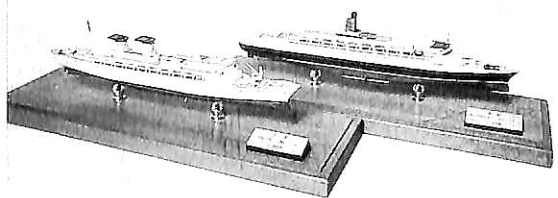
1/20零戦52型, 1/35PC-3Cオライオン

■護衛艦こんごう 1/500 全長322mm



ケース入完成品 ¥48,000 キット ¥25,000

■1/1250 マイクロシップ



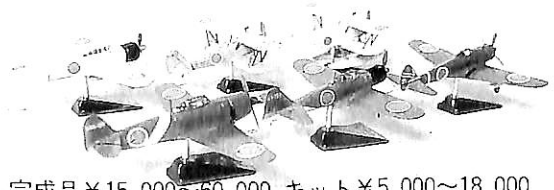
ケース入完成品 ¥23,000

■洋上模型 1/1250 59種



完成品 ¥1,100~19,000

■1/72 飛行機シリーズ



完成品 ¥15,000~60,000 キット ¥5,000~18,000

約200点の完成品およびキットのほか、多数の部分品があります。「艦船」「飛行機」カタログ(写真集)各¥1,000(切手可)。艦船部品カタログ¥500(切手可)

### 第3商品展示場

神戸海洋博物館 2 F  
展示ケース

## 株式会社 小西製作所

〒544 大阪市生野区勝山南2丁目8番8号

TEL (06) 717-5636

FAX (06) 717-0484 (船の科学係)

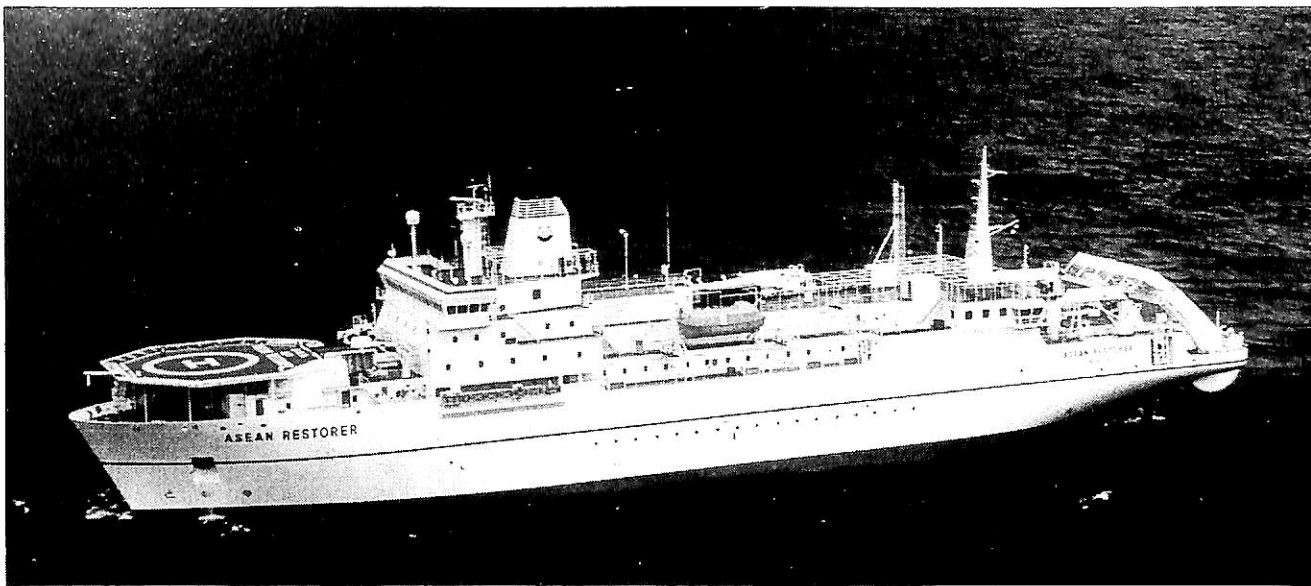
展示・販売

三菱みなとみらい技術館

「ミュージアムショップ」

横浜桜木町





▲〔写真〕ヘリパッドを船首部に有するユニークな船型で作業は全て船体後半部で行われる。  
乗組員総数は、80名で全て個室となっている。

## クバルナー マーサ ヤード社 シンガポール向け 光ファイバーケーブル敷設船第一船“ASEAN RESTORER”を竣工・引渡し

昨年の本誌12月号で本船の受注について紹介している。去る9月30日フィンランドのクバルナー マーサ ヤード社タルク ニューシップヤード(Kvaerner Masa-Yards, Turku New Shipyard)は、1993年9月24日にシンガポールのInternational Cableship Pte. Ltd.(I.C.P.L)から、受注した2隻の同型ケーブル敷設船の第一船C/S“ASEAN RESTORER”を竣工・引渡を完了した。第2船は、1997年に竣工が予定されている。I.C.P.Lは、Singapore Telecommunication, Asean CableshipおよびCable & Wireless (Marine)の3社出資による共同企業体である。

今回竣工したC/S“ASEAN RESTORER”は、Asean Cableship社で運航され、ベースをシンガポールに置くことになっている。

本船は、南東アジア海域とインド洋海域に敷設されている光ファイバーケーブルのネットワーク保守・点検を主任務とするが、敷設作業にも従事する。

本船の船首部にはヘリコプター発着用甲板を有し、本来作業は船体後半部で行われることになっている。

今回引渡しを完了したC/S“ASEAN RESTORER”は、同社建造15隻目のケーブルシップで、第2船の姉妹船および英国から受注している1隻と合わせて2隻の受注残を抱えて、その総額は15 billion FIMと発表されている。

### 〔主要目〕

全長	131.4 m
長さ	117.5 m
幅	21.8 m
計画喫水	6.3 m
構造喫水	6.5 m

Yoshitatsu Fukawa  
府川 義辰

速力	16kn
航続距離	6週間
ボラードプル	80トン
載貨重量	3,900トン
総トン数	11,156トン
船級	L R

### 〔主要ケーブル装置〕

ケーブル重量	2,100トン
ケーブルドラム	40 t/dia 4 m × 2
ホールオフ/ホールドバック	リニア 4 t × 2, 2 ホイール × 4
船首シーブ	dia 4 m × 2
ROV 操作用スペース	
Aフレーム	
ヘリコプター	プラットフォーム × 1
主機関	Wärtsilä Vasa 9 R 32 × 3 Wärtsilä Vasa 6 R 22 × 2
出力	12,885 kW
推進モータ	2,700 kW × 2
プロペラ	1
バウスラスト	900 kW × 2 2,000 kW × 1
スタンスラスト	900 kW × 2
乗組員	80名
ダイナミック ポジショニング システム	

(Photo : Kvaerner Masa-Yards.)

# 陸・海・空・総合産業用精密模型製作

(展示用, 記念贈呈用, PR用, 博物館用, 試作検討用, 等)

金属材料仕様による微妙かつ綺麗な表現をお楽しみ下さい。

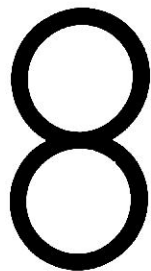


M/V "GORTYS"

BULK CARRIER  
載貨重量70,740トン

建造所(御用命)  
日立造船株式会社  
舞鶴工場殿

横浜精密



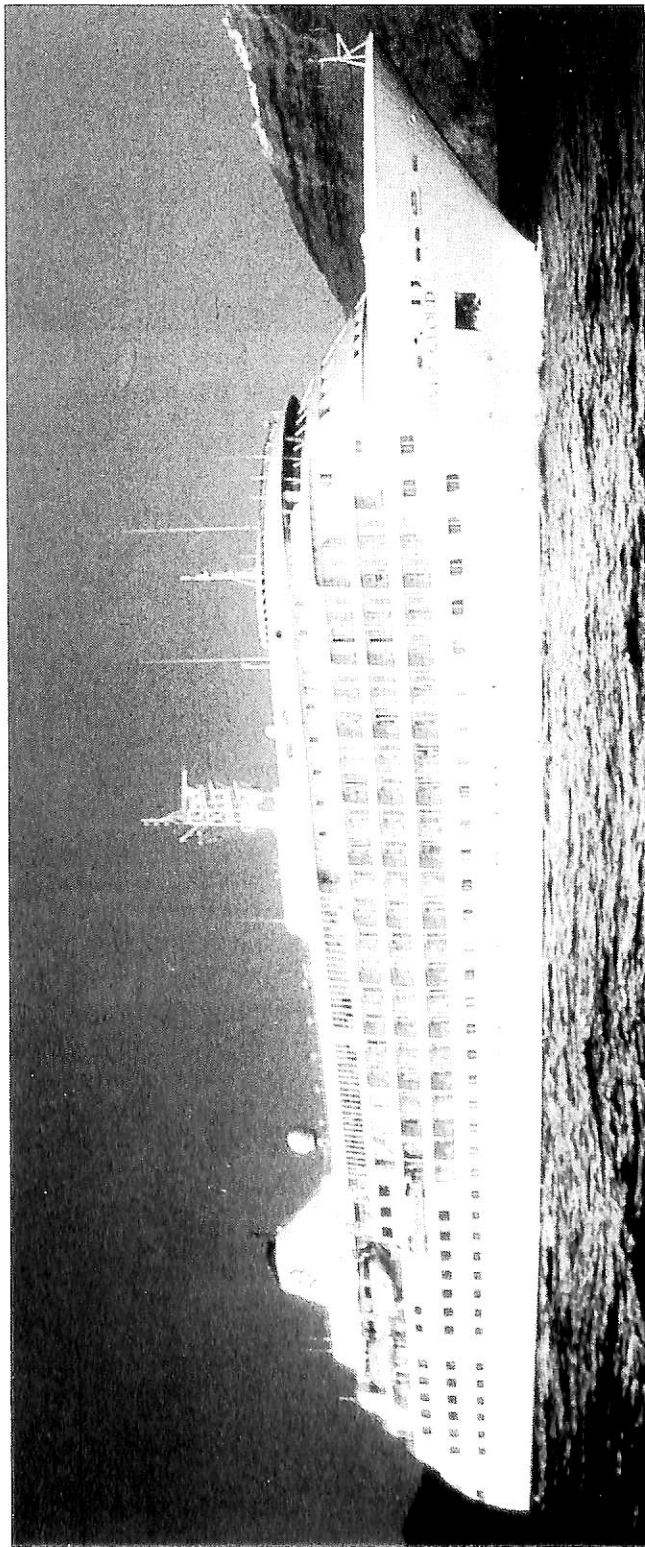
ISAO-JAPAN

**Yokohama Seimitsu Co., Ltd.**

835 SHINYOSHIDA-MACHI, KOHOKU-KU, YOKOHAMA  
JAPAN 223 (日本産業模型協会広報員)

TELEPHONE 045-592-0007 (代) FAX.045-592-6212

〒223 横浜市港北区新吉田町687-2



Silverseas Cruises 社

## 高級指向層向け新鋭客船“SILVER CLOUD”4月に地中海デビュー

— 建造中の1隻に引続, 2隻を追加発注 —

本誌の昨年12月号にて、イタリア系シルバースーズクルーズ社(Silverseas Cruises Ltd.)の高級指向層向け客船“シルバークラウド”(SILVER CLOUD 16,927総トン, 306旅客数)の建造情報をお知らせしている。本船は予定どおり、本年4月2日、イタリアのローマに近いPort of Civitavecchiaを鹿島立ちギリシヤのビレウス向けの7日間の処女航海を終えている。

鹿島立ちの3日前、本船はモンテカルロにあり、3月30日に華やかな公式命名式(Christening Ceremony)が挙行された。この公式命名式は、オーナーであるLefebvre Family(Rome)およびVlasov Family(Monaco)により主催され、公式主賓としてモ

ナコ公国のアルベルト殿下(Prince Albert of Monaco)のご臨席を仰いだ。当日、本船の命名に当たったのは、オーナーの一人であるMr. Francesco Lefebvreの母親Mrs. Eugenia Beck Lefebvreである。

LefebvreおよびVlasov Familyは、元Sitmar Cruises社のオーナーとしても有名な世界の海運家系である。

処女航海に乗船した船客は、3月30日にフランスのニース空港に到着、そこからヘリコプターでモンテカルロへ移動、命名式への参席の光栄に浴した。勿論その後のレセプション、ランチョンそしてLes Petits Chanteursによるリサイタルを楽しみ、夜は本船向けの

◀イタリアの海運界が、世界の高級指向層マーケットにデビューさせた最新鋭の客船。

総トン数/旅客数(Space Ratio)においては、クリスタルハーモニー(48,621 G.T. 960 pax.)の50.64に対し本船はそれを上回る55.31の大変余裕のある快適空間を擁する優秀船である。

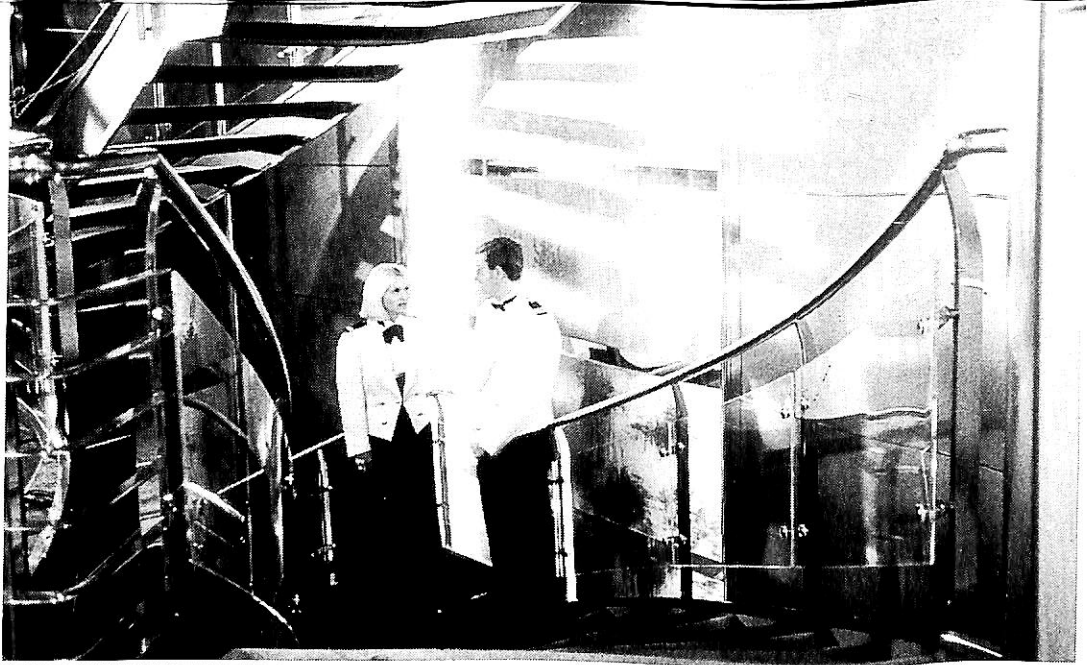
Yoshitatsu Fukawa  
府川 義辰

花火のショーを満喫したとのこと。

本船は、地中海海域から西ヨーロッパ、バルチック海、英国一周航海の後、9月20日にはニューヨークに初寄港を予定している。その後は、カナダ海域へ、そして東海岸を南下、カリブ海域に入ることになっている。

本年1月12日、シルバースーズクルーズ社は、12月に竣工し、来年の1月に就航を予定している姉妹船の第2船“シルバークラウド”(SILVER WIND)に続き、この姉妹船を上回る豪華仕様の2隻の姉妹船の発注をしたと発表した。発注先は、現在、“シルバークラウド”を建造しているイタリアのFrancesco Visentini s.y.で、竣工引渡は1996年とされている。

SILVER  
CLOUD



▲ Main Stairway



◀ Terrace Cafe (船客 112 名)

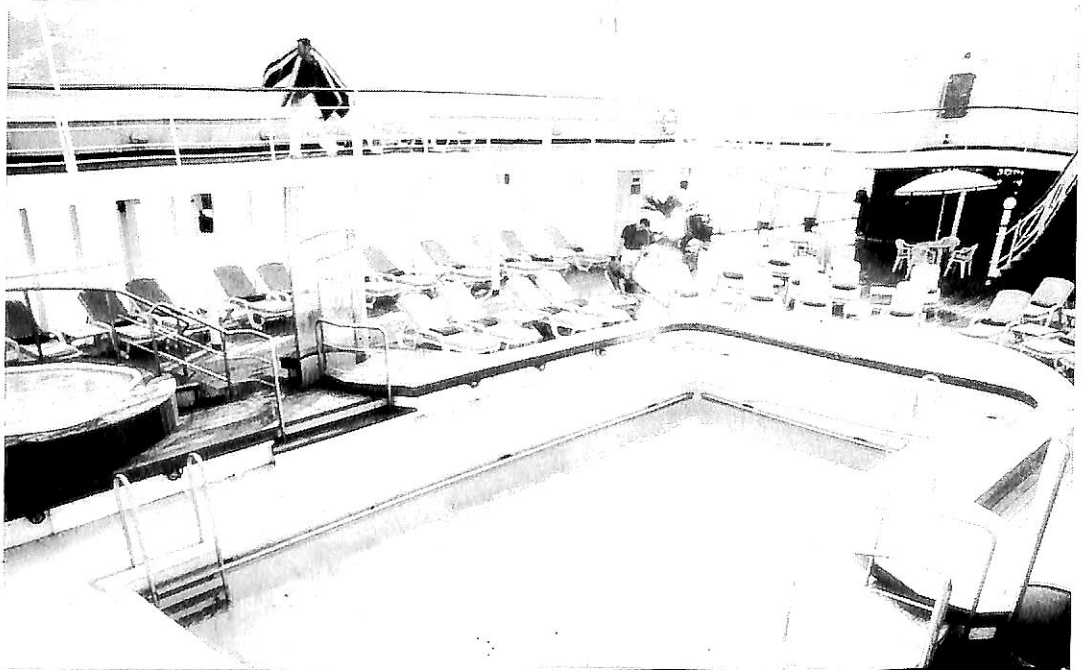
〔主要目〕

運航会社 Silverseas Cruises Ltd.

建造所 Francesco Visentini s.y.

(T.Mariotti) 建造番号 775

総トン数	16,927 トン	建造船価	U.S.\$ 125 million
全長	155.8 m	主機出力	Wärtsilä 6 R46 × 2
船幅	21.4 m		5,850 kW (500rpm)
喫水	5.35 m	補機出力	Wärtsilä 8 R32
船速	18.5 kn		3,100 kW (720rpm)
船客収容数	306 名		
乗組員	199 名		
船客用デッキ	6 層		
船室(船客用)	153 室		
船籍	Italy		



Pool ▶





SILVER  
CLOUD

▲ Venetain Show Lounge  
船内最大の公室（船客 314 名）



▲ (左) The Terrace Cafe  
(中) Private Veranda ▶  
(右) The Casino ▶



◀ The Fitness Center  
この種の船旅では、  
運動は必須、肥満は  
怖いからね。

SILVER  
CLOUD



▲ The Restaurant (船客 314 名)  
席は、オープンシステムを採用。



◀ Bar  
本船では飲物の経費を頭におくことはない。

▼ The Panorama Lounge  
アフタヌーンティーの一コマ。





SILVER  
CLOUD

▲ The Library

Owners Suite ▶

寝室が2部屋と居室、  
勿論ベランダが付いて、  
約 268.8 ㎡



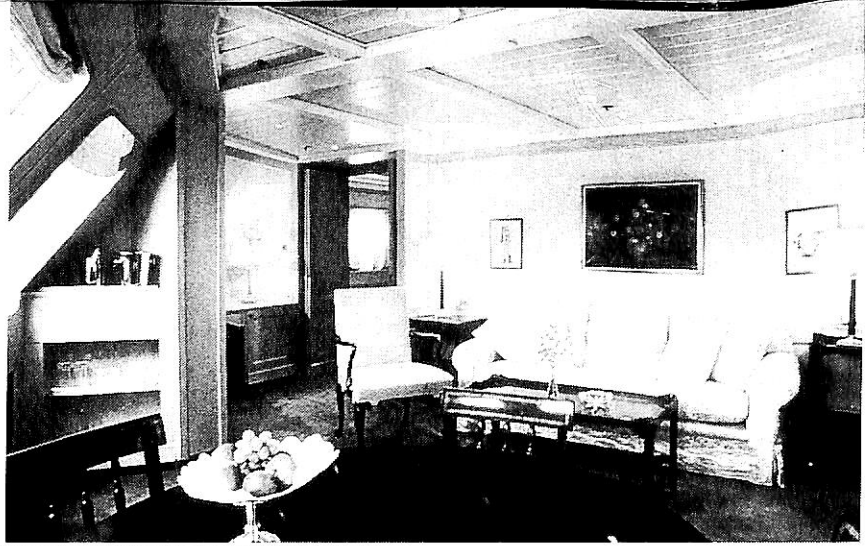
Silver Suite

このタイプの部屋は3室ある。  
▼広さは約 160 ㎡ある。



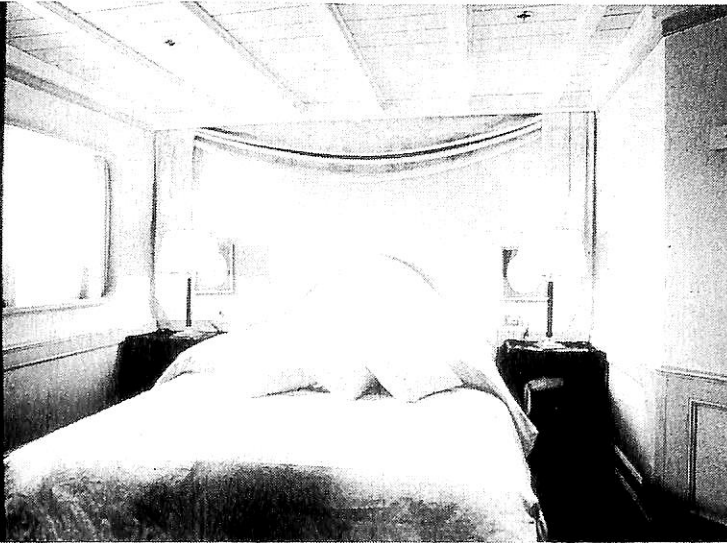


SILVER CLOUD



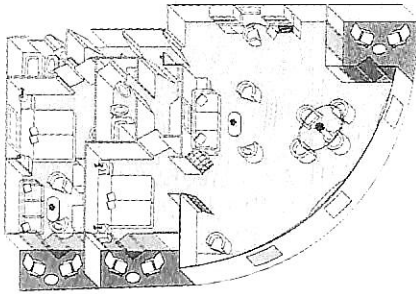
▲ Grand Suite

居室部：このタイプの部屋は4室あり、約398.5㎡あり、2つの寝室とベランダがある。

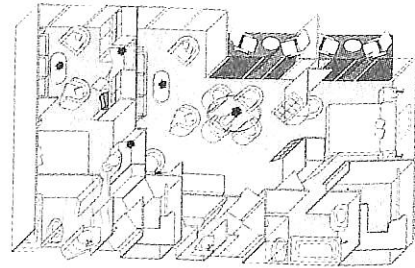


◀ Grand Suite

寝室部

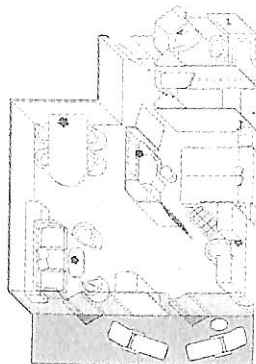


The Two Bedroom Grand Suite  
(1,085 sq.ft)



The Owner's Suite  
(887 sq.ft)

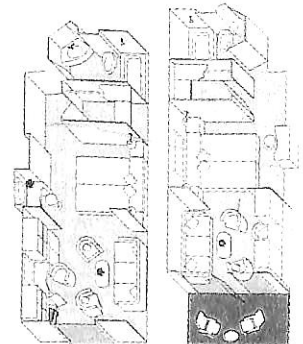
〔主要船室図〕



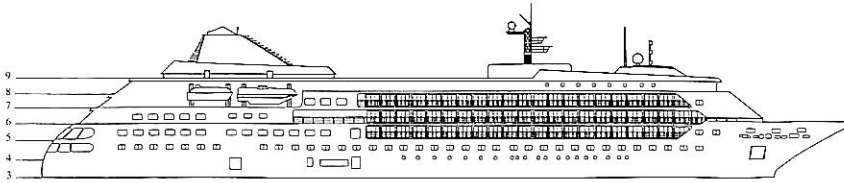
The Silver Suite  
(528 sq.ft)

The Vista and Veranda Suites

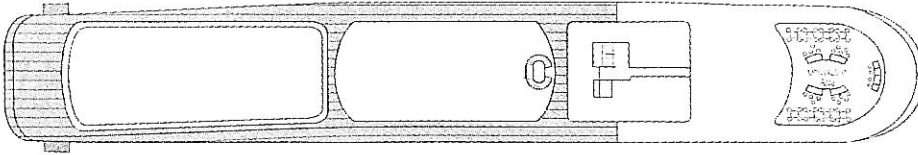
(左) (240 sq.ft)  
(右) (295 sq.ft)



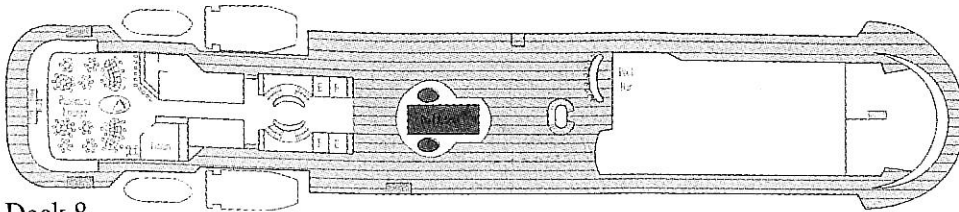




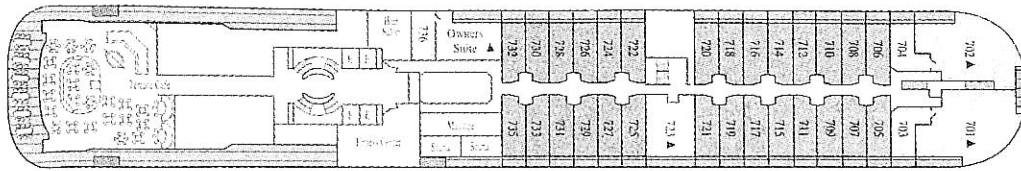
DECK 9



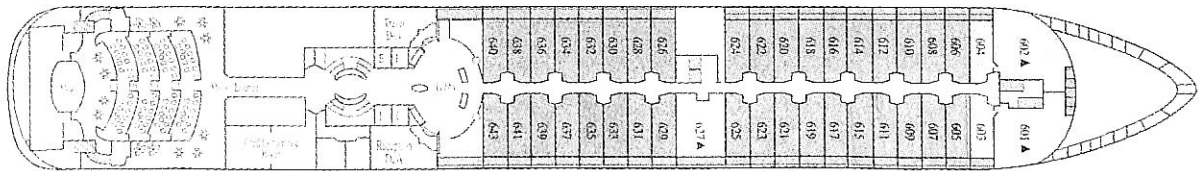
Deck 8



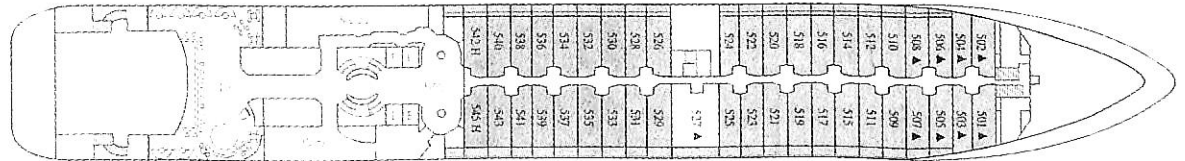
DECK 7



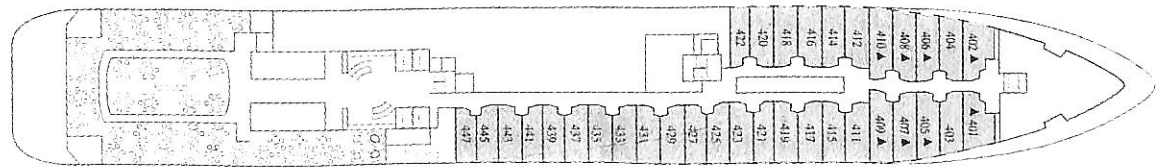
DECK 6



Deck 5



DECK 4



Passenger Ship "SILVER CLOUD" Deck Plan



やわらかい発想で、21世紀企業をめざします。

●あらゆる流体に適用○長寿命シート○ダブルメカロック○イシューメンテナンス



■船用モデル

BFバタフライバルブ Mシリーズ

- オイルタンカー用 ●プロダクトキャリアー用
- ケミカルタンカー用 ●各種バラスト用

**BF** ビーエフ工業株式会社

- 本社・工場 〒124 東京都葛飾区東立石2-4-5  
TEL 03-3694-5251 FAX 03-3694-5258
- 磯原工場 〒319-15 茨城県北茨城市磯原町 磯原工業団地  
TEL 0293-42-0164 FAX 0293-42-0106

## 11月のニュース解説

米田 博

### 海運・造船日誌

10月19日～11月20日

○海運・造船問題

●一般政治経済問題

10月

18日○日本船舶輸出組合発表によれば94年度上半(火)期(4～9月)の輸出船契約実績は、133隻、495万6,000総トンと総トンベースで前年同期の27%と好調であった。うちドル建て契約が全契約の53%あった。

21日●東京外国為替市場で1ドル=96円55銭と世(金)界最高値を更新した。

●米国と朝鮮民主主義人民共和国(北朝鮮)はジュネーブの北朝鮮国連代表部で、北朝鮮の核疑惑解消と米朝関係改善の道筋を示す包括的な枠組み合意文書に調印した。

24日○28日までベトナムのハノイで第18回アジア(月)太平洋造船専門家会議。初めて船舶の解撤がテーマとなり、中国、フィリピン、ベトナムが自国の解撤事情について報告した。

25日●ロンドン外国為替市場で1ドル=96円35銭(火)まで円高ドル安が進み最高値を更新した。

○パリでOECD海運委員会。26日まで。各国の海運助成策を数値化することで合意。韓国が初めてオブザーバーとして参加した。

28日○海上保安庁は94年版「海上保安の現状」(海(金)上保安白書)を発表した。

31日○IMO第36回海洋環境保護委員会(MEP(月)C)。11月4日まで。

11月

2日●ニューヨーク外国為替市場で1ドル=96円(水)11銭まで円高が進み円最高値を更新した。

3日○秋の叙勲。運輸省関係は292人。海事関係

(木)では勲二等瑞宝章を山上孝史・元鉄道監督局長、勲三等瑞宝章を大川健郎・元川崎汽船副社長など。

○秋の褒賞受賞者。運輸省関係は藍綬16氏、黄綬31氏の計47氏。うち藍綬に日本船舶電装協会副会長・笹森電機会長笹森實氏、日本標準化協会副会長・大石電機工業社長大石幸明氏、日本船主協会副会長・ナビックスライン社長石井和夫氏など。

7日○運輸省が10月の新造船建造許可集計を発表(月)した。大量、低船価、ドル建て払いの増加が目立っている。

13日●スウェーデンが国民投票で95年1月からの(日)EU加盟を決定した。

14日○海運造船合理化審議会内航部会内航海運対(月)策部会第3回会合で内航海運の将来的なあり方について集約した。

15日●11日開会したAPEC(アジア太平洋経済(火)協力会議)で村山富市首相、クリントン米大統領ら18カ国・地域的首脳が、ジャカルタ郊外ボゴールで開いた非公式首脳会談で、域内の貿易・投資自由化を目指す「ボゴール宣言」を採択して閉会した。

○日本船舶輸出組合発表の10月の輸出船契約実績は20隻90万9,800総トンと前年同月比2.6倍。ドル建て契約が69%で、今年に入って2度目の延べ払い契約もあった。

16日●米連邦準備制度理事会(FRB)は公定歩合(水)を現行の年4.0%から4.75%に引きあげた。公定歩合は日本1.75%、ドイツ4.5%。

○1982年4月の第3次国連海洋法会議で採択された国連海洋法条約が発効した。批准した国のほとんどが発展途上国であるが、日本政府は96年通常国会での条約批准と、70以上の関連国内法の改正作業を進めている。

## 低船価受注の危機

### 大手6社9月中間決算

造船・重機大手6社(NKKを除く)の9月決算が10月28日に出そろい、一般紙・専門紙とも大きく取り上げて報道しました。業績にはばらつきがありますが、造船部門を中心に採算の悪化が目立っています。造船部門の業績悪化の大きな理由は船価の低迷です。船価低迷は、造船の需給が緩んだ中で、日韓の業界が激しく受注合戦を繰り広げたためとされていますが、仕事量を確保した韓国が受注を手控えた94年度上期(4~9月)に日本企業同士の受注合戦が激化したことも看過することのできない現象で、日本造船工業会の合田茂会長は10月の定例記者会見で、「円高でも、韓国でもない要因で船価が下がっている。」と指摘し、各社の自制を促すほどの状態となっている、と報じられています。

ここ数期間の間、日本でバルブがはじけて日本の産業の殆どの分野で苦しい決算を行っていたときに、ひとり造船業だけは黒字決算を続けていたのは、過去に受注した高船価の船が竣工引渡しされ、売上げにあがってきたため、目の前の受注戦争に関係なく、当面の決算だけは好調を維持することが出来たのでした。しかし94年9月中間決算ではいよいよ低船価受注の影響が出始めたわけです。経済企画庁は11月17日景気回復宣言をし、昨年10月が景気の底であったとし、今後は徐々に

ではあるが景気は上向くであろう、としています。が、今から他の一般の産業が比較的楽な決算を行える時期になっても、今後は造船のみは最近の低船価で受注した船の売上げが立つため、決算は売上高はそこそこ上っても利益は計上できず当分苦しいことが予想されます。

個々の会社の9月期中間決算の内容はまちまちですが、概観的に述べますと、三菱重工業、日立造船が減収増益、石川島播磨重工業と三井造船は減収減益で、6社中4社までが減収となっています。住友重機械工業は赤字ですが通期では黒字に回復する見通しようです。こうした中で、川崎重工業1社だけが増収増益となっています。

### 船価低下の実態

日本造船工業会の合田茂会長は11月16日の定例記者会見で、94年度4~9月の平均船価が91年度に比べて34%低下していることを明らかにしました。これは造工の政策専門委員会が調査したもので、CGT当たり平均船価は、船価が高かった91年度の平均を100とすると、94年度4~9月は66に過ぎなかったというものです。

この政策委員会の調査の一部となっているかも知れませんが、10月29日付朝日新聞は、IHIによるとして、仕様が比較的統一され、国際比較しやすいVLCでみると、二重船体構造の現在の価格は8,000万~8,500万ドルで、2年前と比べて、ドル表示で約20%、円換算では35%前後下がっている、と報じています。

このような顕著な船価低下現象について、合田造工会長は前記記者会見で、「低船価で建造量を増やすことはしたくない。現在の日本の設備能力は460万CGTだが、建造量は400万CGTに達してはいないだろう。96年1月1日を発効目標としているOEC D造船協定に抵触しないよう建造コストをさらに下げる努力が必要だ。」と述べています。

一方全日本造船機械労働組合は、造船政策に関

▼造船・重機大手6社の9月中間決算

	受注高	売上高	経常利益
三菱重工業	10,728(10.5)	10,008(▼5.3)	627(2.9)
川崎重工業	3,292(▼0.5)	4,080(10.5)	112(84.5)
石川島播磨重工業	3,583(▼2.4)	3,802(▼16.1)	109(▼18.2)
日立造船	2,544(35.8)	1,356(▼2.0)	75(4.9)
三井造船	1,149(▼32.1)	1,067(▼12.9)	13(▼69.3)
住友重機械工業	1,277(▼25.4)	1,113(1.3)	▼2(-)

(単位 億円, カッコ内は前年同期比増減率(%) ▼は赤字・マイナス)  
出所: 10月29日付朝日新聞



する要望書を亀井静香運輸相に提出していますがこの中で「過当受注競争を防止するため、建造許可にあたっては、適正な船価と生産体制が維持されるよう監督・指導する」ことを要請しています。

この件に関し、小川健児海上技術安全局長は10月31日の記者会見で、「船価をチェックするつもりは一切ない」と語り、造船会社の経営介入につながることを実施する考えがないことを明らかにしました。これを業界の自助努力による難局打開に期待、を表明したものといたしましょう。

この自助努力のひとつとして、合田造工会長は10月19日の定例記者会見で、主要造船26社を7グループ2社に分けた現在のグループ制について触れ、「維持できるかどうかは保証できない。1～2年後には機能しなくなるだろう。」と語り、近い将来現在のグループ制が崩壊するかもしれないことを示唆しています。このうらには集約度の高い韓国の造船業とくらべて、1グループの単位の小さい日本造船業の現状を何とか打開しなければならぬまい、との思いがあるようです。

### 韓国造船業の新造船需要予測

このように日本の造船業が危機を迎えている原因の最たるものとして韓国造船業の超大化があげられます。今日本は、かつて日本の造船業が躍進したときに欧州造船業が苦しんだのと同じ苦しみを味わいつつあり、最近更に積極的になった韓国造船業の意図が伝えられていますので、その一端にふれておきましょう。

韓国海事新聞が報じたところによりますと、韓国造船業界は、世界の新造船需要が1996～2000年に年平均約6.5%増加すると予測しているようです。これはタンカーの二重船体構造の義務化による老朽船の代替需要を見込んだもので、年平均建造量は91～95年の1,750万総トンから96～2000年には2,400万総トンに拡大すると予測しています。

世界の新造船価格については、94、95年の船価については、各国の建造能力の拡大（その最大の

要因は韓国にあるのですが）が新造船需要の増加分を上回り、加えて「日本の造船業界の低船価受注攻勢」により93年の水準にとどまるとし、しかしながら96～2000年には年平均5%上昇し、受注が集中する年には20%以上アップすると予想しています。

韓国のシェアについてはOEC D造船協定の妥結による世界の造船マーケットの環境変化が予想される、と前置きしながら、韓国の価格競争力の強さを基礎に「90年代前半の25.7%から90年代後半に29.2%へ拡大させることができる」としており、そのときの日本のシェアも次表のように予測しています。

韓国造船業界がまとめた日韓  
の新造船建造量とシェア予測（単位：総トン）

	91～95年	96～2000年
韓国	4,500 (25.7%)	7,000 (29.2%)
日本	7,500 (42.9%)	8,300 (34.6%)

出所：94年11月9日付日本海事新聞

また、このような90年代後半の世界の造船景気の好況に伴い、現代、大宇、三星、韓進、漢拏重工業など造船大手5社の売上高は、年平均15%以上増加する、との見通しを示しました。

世界の新造船需給がほんとに韓国の予測のとおりとなるならば、日本造船業がシェアを減らすとする予測は素直に受け入れたくないながらも、世界の造船業界にとって万々歳であり、韓国の各造船所が超強気の設備増強計画を実行していることもある程度納得できますが、現在既に需要の先食いが進行していることを勘案するとこのような景気の良い需要予測の実現性には疑問があり、本予測では新造船需要予測の根拠となるスクラップ量、海上荷動量などについては触れられていないこともあり、今後OEC D造船部会の場などで大きな議論が行われるであろうことが予想されます。

● 新造船紹介

## 鳥羽商船高等専門学校練習船“鳥羽丸”の概要

三井造船株式会社 船舶・艦艇事業部  
船舶設計部 玉野設計室

### 1. はじめに

本船は鳥羽商船高等専門学校の練習船で、旧Ⅱ世「鳥羽丸」は昭和44年に当時の練習船としては最新の装備をした自動化船として建造され、学生の実験・実習はもとより、教官・学外研究者の船舶運航および海洋等についての調査・研究に活用され、多大の成果を上げてきた。

しかしながら、建造後約20年を経過し、

1. 船体、機関、各種航海計器および調査機器が老朽化したこと、
2. 電子技術、コンピュータテクノロジーの進歩は技術革新をもたらし、船は超自動化の傾向を強めていること、
3. 更にわが国の海運界においても国際競争力を保持するため、航機両用の運航士で動く近代化船が多く就航してきたこと、

等を勘案し、超近代化船に対応できる最新の航海設備と研究設備を備えた練習船として計画された。

平成6年度予算において、練習船の代船建造が決定され、三井造船株式会社玉野事業所で建造するところとなった。本船はⅢ世「鳥羽丸」として総トン数230トンで計画され、小柄な船体の中に最新の自動化機器を装備し、それらの操作を含めた幅広い教育に有効に対応可能な設備を備えるとともに、各種の調査・研究設備を装備している。

### 2. 主要目、他

資 格	第4種船
航行区域	近海区域（非国際航海） および沿海区域 （航行時間24時間未満）
全 長	40.00 m
垂線間長	35.00 m
幅（型）	8.00 m
深さ（型）	3.30 m
満載喫水（型）	2.80 m
総トン数	244 トン
船 級	J G



▲ 超自動化の“鳥羽丸”

主 機 関	自己逆転低速ディーゼル機関 1,300 PS × 370 rpm 1台
試運転最大速力	13.80 kn
航続距離	約2,300 浬
定 員	近海区域 乗組員 9名 教官 3名 学生 44名 合計 56名
	沿海区域（24時間未満） 乗組員 9名 その他 87名 合計 96名
起 工	1993-12-13
進 水	1994-5-24
竣 工	1994-8-19

### 3. 一般配置および概要

船形はトランサム型船尾および船首バルブ付き長船首楼甲板付き一層甲板船とし、上甲板下を5つの水密区画で分割し、長船首楼甲板上に2層の甲板室を設けている。操舵室は全幅とすることにより教育の場として広い床面積を確保している。

上甲板下の区画には、学生居室、上甲板区画には教室

兼学生食堂，乗員食堂，乗員および教官居室，厨室，衛生設備，船首楼甲板には船長／機関長室および機関制御室を配置している。

機関制御室を船首楼甲板に配置したため，窓の配置が可能となり従来船では考えられないような明るい室内となっている。

本船は教官，乗組員，学生が宿泊しながら航海実習を行うので，それに適した配置が要求される。この中で規則的に言えば旅客と見なされる学生が多く乗船することにより，配置に関して特に安全性が重要な課題としてあげられた。

小型船をコンパクトにまとめるため特に注意を払った点として，

- 壁，天井および床への艦装品取り付けには特に注意を払い，あらゆる場所において動線のスムーズさを損なわないこと。
- 甲板間が2.2 mと低いので可能な限り大きなヘッドクリアランスを確保すること。（特に機関室内通路回りの足元および上部の配置）
- 重心を高くしない配置とすること。

があげられた。

また，近年の商船学科への女子学生の受け入れに伴い，本船では女子学生の専用居住スペースおよび衛生設備を確保している。

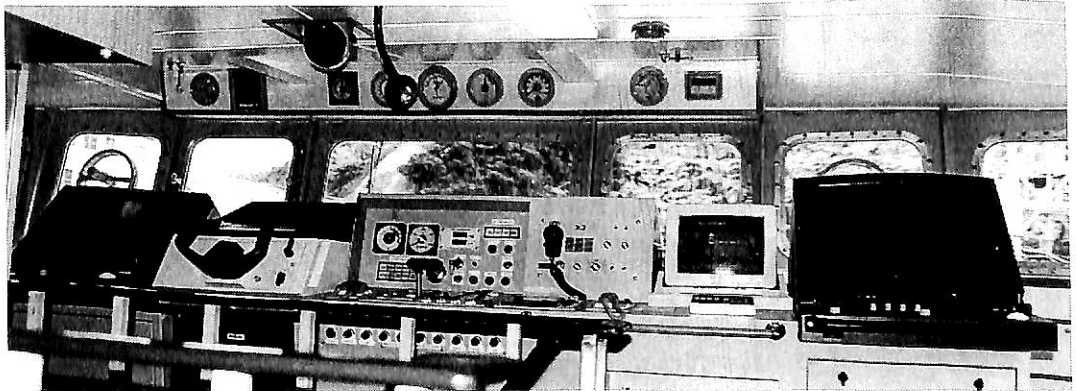
#### 4. 船体部概要

船殻構造についてはNK鋼船規則および鋼船構造規程を適用し横肋骨方式を採用している。

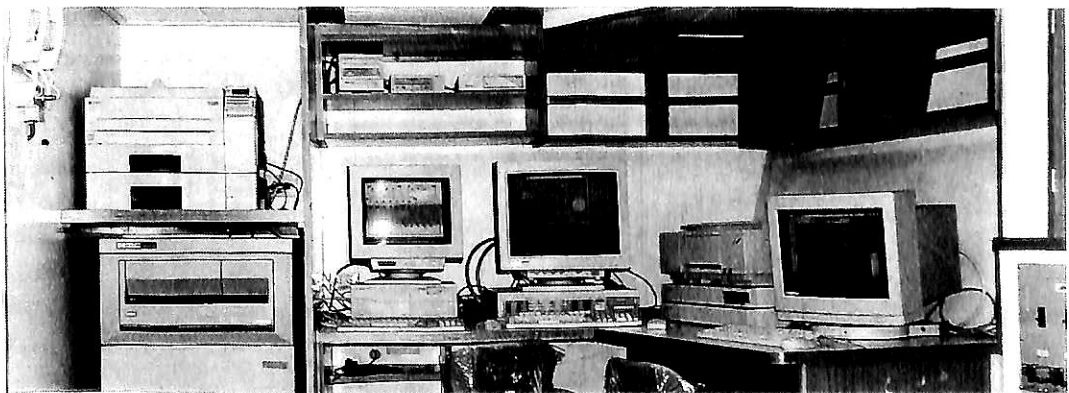
甲板機械は生徒に多種の駆動源の経験を持たせる，と言う教育実習を勘案し，船首部の揚錨機およびホーサーリールは電動とし，後部のキャプスタンおよびデッキクレーンは電動油圧方式を採用した。

船体部の主要機器の要目は次の通りである。

揚錨機	電動式 3.5/1.75 t × 9/18 m/min	1台
キャプスタン	電動油圧式 1.5 t × 15 m/min	1台
ホーサーリール	電動式 0.15 t × 45 m/min	3台
デッキクレーン	電動油圧式 0.95 t × 7 m (R)	1台
舵取機	電動油圧式 2.8 t-m	1台
バウスラスト	電動式 推力約 1.2 t	1台
作業艇	救助艇仕様 (6人乗り，全FRP)	1隻



▲ 操 舵 室



▲ データ処理システム機器類

5. 機関部概要

本船の推進システムは自己逆転低速ディーゼル機関およびクラッチ内蔵の減速機を設け1機1軸とし、推進器として4翼ハイスキュード可変ピッチプロペラを採用している。

機関室は容積に比して多くの機器を配置する必要があり超過密の配置となっているが、あらゆる壁面および空間を利用し整然とまた機能的な配置となっている。

この中で、機関室にブリーフィングルームと称する独立した空調機付きの小部屋を設け、機関室内での講義中に騒音を避けて生徒に詳細説明が可能ないようにしている。

時代の趨勢に合った居住環境実現のため騒音および振動低減対策として、騒音についてはIMO RES, 468 XII, 振動については、ISO Guide Line 6954の基準に合致するように種々の対策を施行した。

このため、主機関、発電機関だけでなく主なポンプ類、空気圧縮機なども弾性支持することにより、構造伝播音の絶縁を徹底させた。

更に、主機関は過給機、吸排気管等に有効な防音対策を施行し騒音発生を控えさせた。

また機関室と居住区画の間の仕切鋼壁および機関室上部に配置された居住区画の床には制振材を施行し機関室からの騒音の減音に対処した。

プロペラは船尾の伴流に適合した高スキュー角とし、プロペラからのキャビテーション騒音を最小限とするようにした。

機関部の主要機器の要目は次の通りである。

主機関	型式	自己逆転低速ディーゼル	1台
		MF29-UTD1	
	最大出力	1,300 PS × 370 rpm	
	製造所	ヤンマー	

推進器	4翼可変ピッチプロペラ	1基	
	(径: 2,100 mm)		
発電機関	ディーゼル機関	300 PS	2台
主空気圧縮機		20 m <sup>3</sup> /h	1台
非常用空気圧縮機	手動式		1台
潤滑油清浄機		450 L/h	1台
機関室通風機		220 m <sup>3</sup> /min	2台
造水装置		4 m <sup>3</sup> /d	1台
油水分離器		500 L/h	1台
カロリファイヤー	電気式	300 L/h	1台

6. 電気部概要

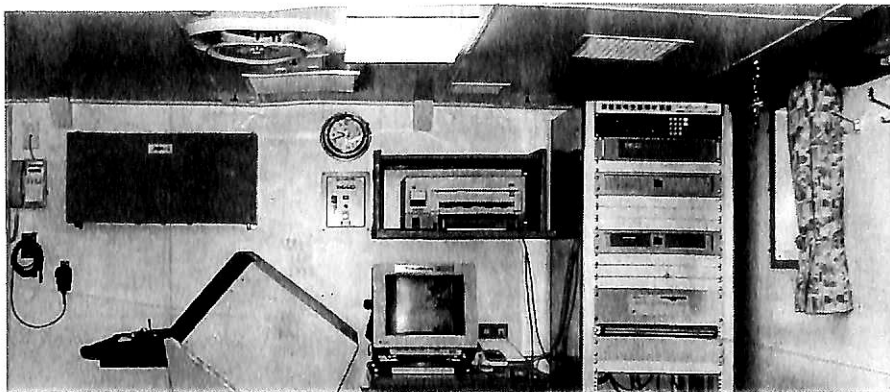
本船は発電装置として、ディーゼル機関駆動の主発電機を2台装備しあらゆる状況において船内電源の供給に対応出来るようにしている。

発電装置の要目は次の通りである。

主発電機	225kVA AC440V, 60Hz, 3φ	2台
主配電盤	1面を機関制御室に装備し、各発電機の制御、陸上電源の受電並びに船内負荷への給電を行っている。	



▲ 映像データ処理用機器類



▲ 衛星画像受画解析システム



航海・無線装置としては下記機器を装備している。

航海装置：

磁気コンパス，オートパイロット，ジャイロコンパス，No.1レーダ，No.2レーダ，システム操船装置，船内指令装置，監視テレビ装置，風向風速計，気象観測装置，ロランC，ドップラーソナー，航海管理支援システム，チャートプロッタ，ディファレンシャルGPS装置，音響測深機

無線装置：

MF/HF無線通信装置，ナブテックス受信機，国際VHF無線電話，双方向無線電話装置，レーダトランスポンダ，衛星EPIRB，BS受信装置，気象用ファクシミリ，無線方位測定機，船上通信装置，船舶電話

7. 研究・実験設備

機関関係として，主機関燃焼解析装置，主機関排ガス分析計，赤外線画像装置，騒音振動解析装置を装備し，ディーゼル機関の研究に対応している。

船内情報処理装置として，教室にデータ処理用コンピュータを設置し，航海情報・機関情報・操船情報・海洋気象情報の解析や機器の制御だけでなく，さまざまな静止画像や動画の処理を行うことが出来る。

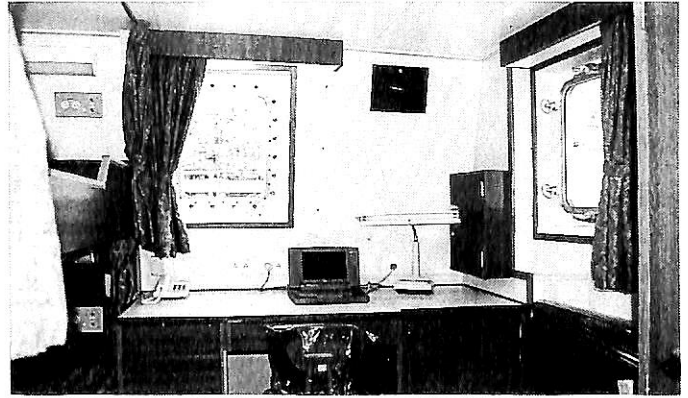
船内の高速ワークステーション，パソコンは船内LANによって有機的に結合され，航海管理支援システム，機関部情報，各種の計測装置からのデータを船橋，機関制御室，教室のいずれからでも処理し，グラフィックデータとして見ることが出来る。

また，大型プロジェクターによりワークステーションやパソコンの画面を表示出来る。

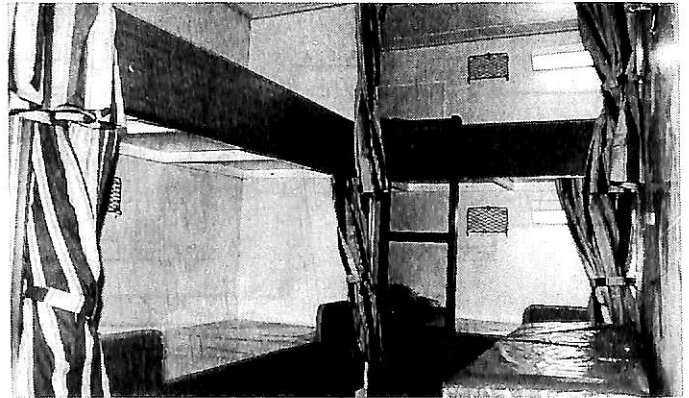
また，海洋・気象観測衛星からの画像を受画・解析するNOAA-HRPT装置，波高計，自記塩分水温水深計(CTD)，投下式鉛直水温連続測定装置(XBT)，総合気象観測装置を装備し，環境問題に係わる設備を設けた。

それらの主要なものは下記のとおりである。

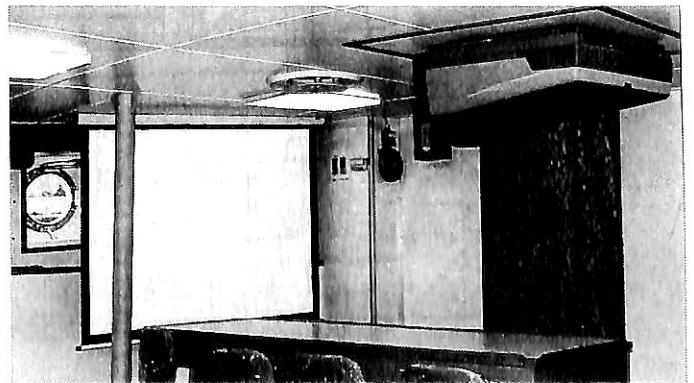
船体運動測定装置，波高計，データ収録装置，レーダ



▲ 船機長室

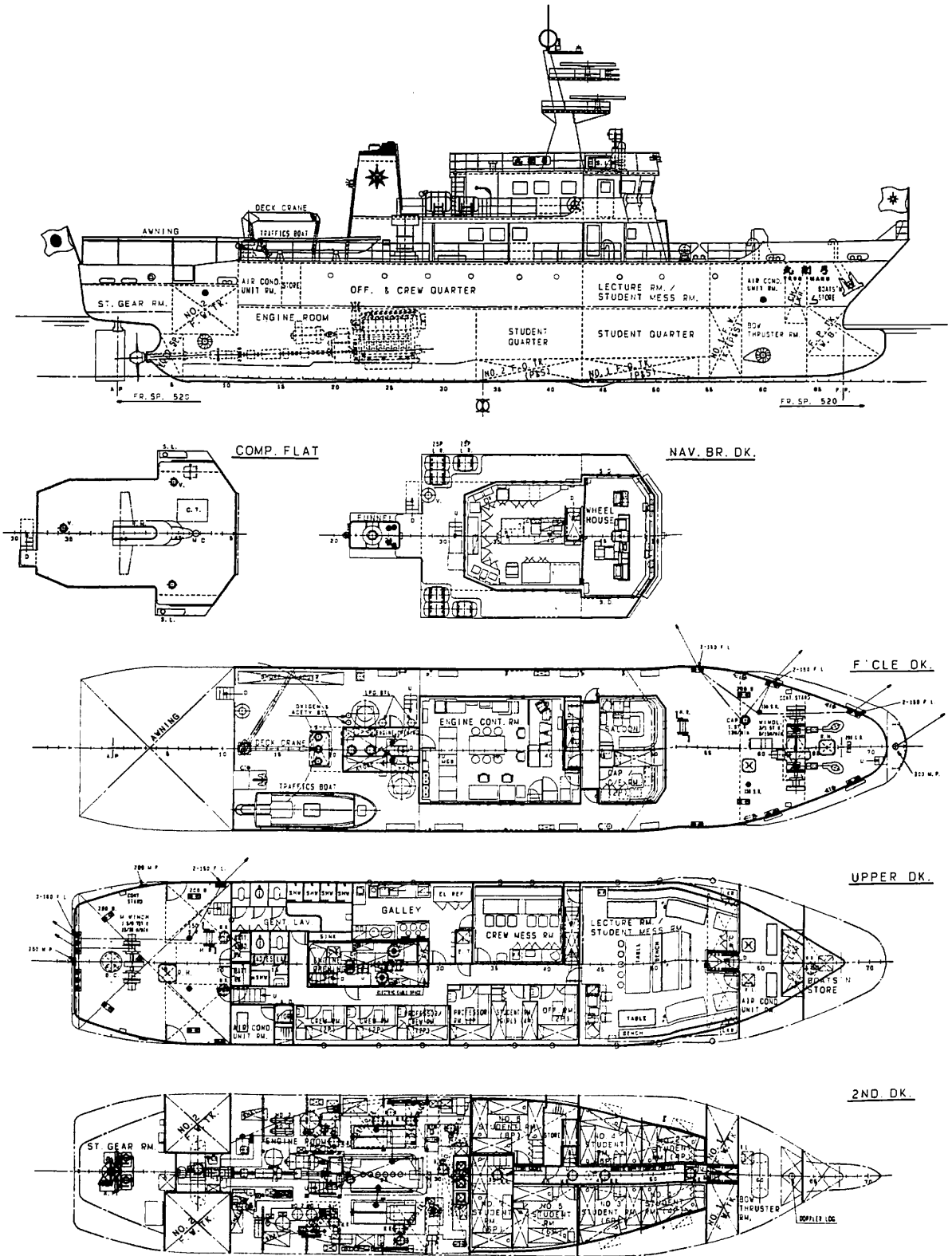


▲ 学生居室

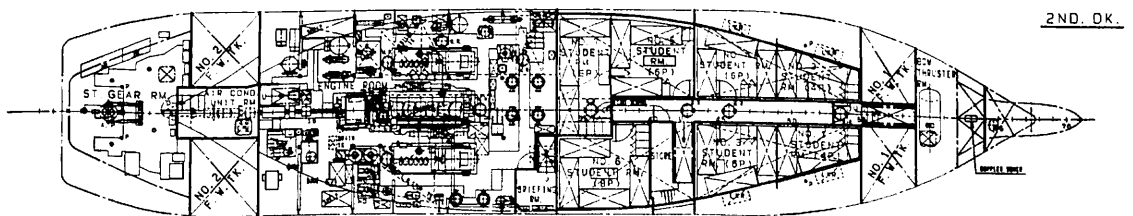
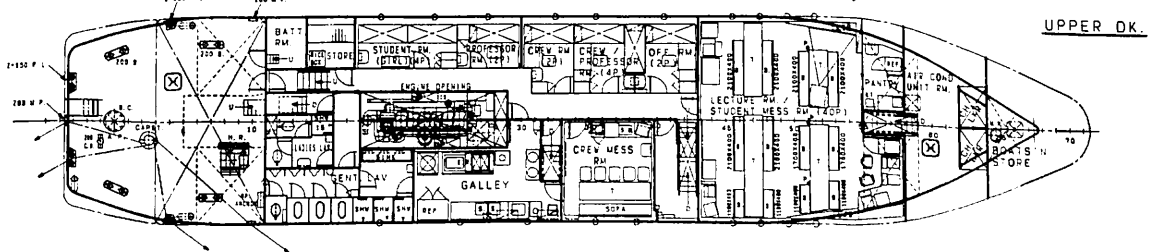
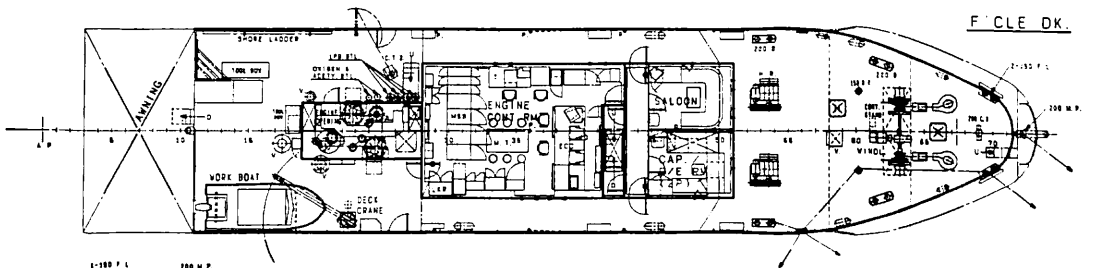
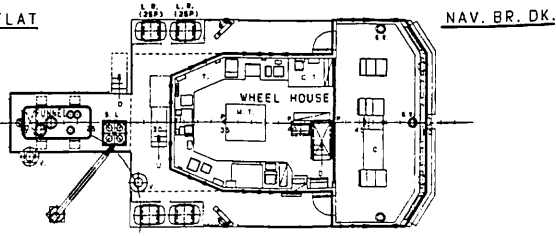
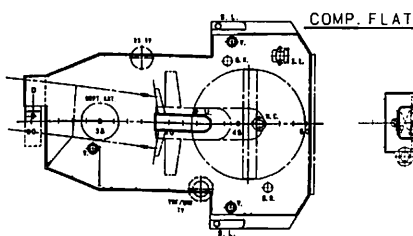
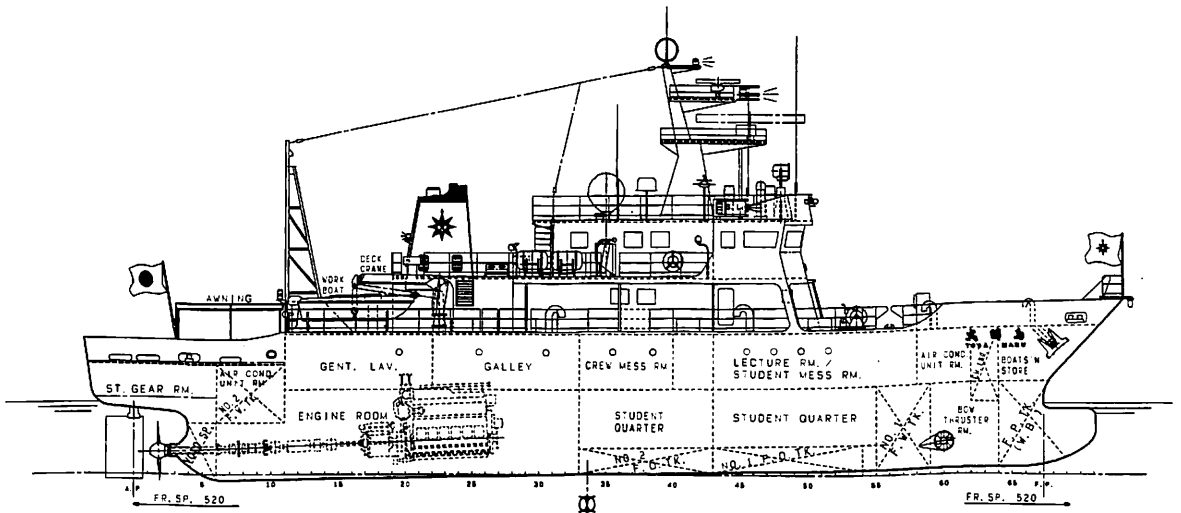


▲ プロジェクタおよびスクリーン (教室 / 食堂)

信号収録装置，機関故障予知診断装置，主機燃料解析装置，XBTシステム，流向流速計，CTD測定装置，衛星画像受画解析装置，データ処理システム，騒音振動解析装置，映像処理および視聴覚装置



弓削商船高等専門学校練習船“弓削丸”一般配置図



鳥羽商船高等専門学校練習船“鳥羽丸”一般配置図

## 弓削丸, 鳥羽丸 比較表

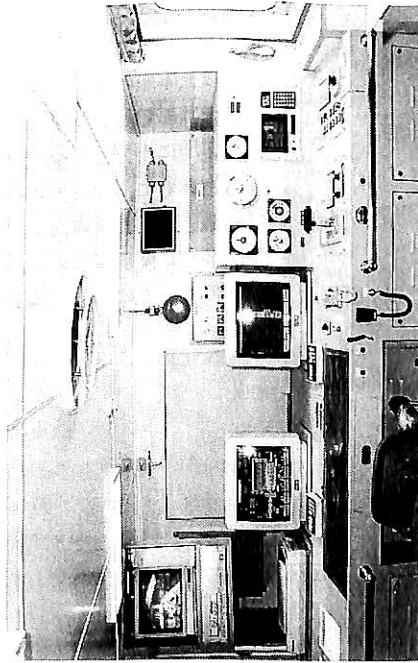
項目	弓削丸	鳥羽丸
建造スケジュール	1993-10-13 1994-1-18 1994-3-30	1993-12-13 1994-5-24 1994-8-19
起工		
進水		
竣工		
主要目	第4種船	第4種船
1)一般	近海区域	近海区域
資格	(非国際航海)	(非国際航海)
航行区域	及び近海区域	及び近海区域
	(航行時間24時間未満)	(航行時間24時間未満)
	40.00m	40.00m
長さ(全長)	35.00	35.00
長さ(垂線間)	8.00	8.00
幅(型)	3.30	3.30
深さ(型)	2.80	2.8
満載吃水(型)	24ft	24ft
総トン数		
主機関型式	中速ディーゼル	自己逆転低速ディーゼル
	6DLM-24SL	MF29-UTD1
最大出力	1,300 PS x 750rpm	1,300 PS x 370rpm
製造所	ダイハツ	ヤンマー
速力	試運転最大: 13.75節	試運転最大: 13.80節
航路距離	約2,300哩	約2,300哩
燃料油槽	46.45M3	40.66M3
清水槽	52.52M3	52.74M3
定員	乗組員: 9名、 教官: 3名、 学生: 44名	乗組員: 9名、 学生: 44名、 乗組員: 9名、 その他: 87名
		乗組員: 9名、 その他: 87名
主要機器要目		
1) 甲板機械、他		
ウインドラス	電動式 3/1.5t/18m/min	電動式 3.5/1.75t/18m/min
ムアリングウインチ	油圧式 1.5/0.75t/15/30m/min	油圧式 1.5x15m/min
キャブスタン	電動式 1.0x13m/min	電動式 150kg x 45m/min
ホーサリール	手動式 35mmφ x 60m	手動式 40mmφ x 100m
デッキクレーン	電動油圧旋回式 0.95t x 7m (旋回径)	電動油圧旋回式 0.95t x 7m (旋回径)
スラスト	ハウスラスト (推力約1.1ト)	ハウスラスト (推力約1.2ト)
	スタンスラスト (推力約1.1ト)	スタンスラスト (推力約1.1ト)
舵取り機	電動油圧ラム式 3.0T-M	電動油圧クワッドピン式 2.8T-M
汚水処理装置		
作業艇		
救命筏		
空気調和装置		
シヨアラダー		
2) 調理設備		
L.P.G.ガス炉		
L.P.G.ガス炊飯器		
オーブン		
オーブン		
コンロ		
電気炊飯器		
スーブケトル		
電気湯沸かし器		
魚焼き器		
ティスボーター		
電気洗米機		
血洗器		
トカー		
冷蔵庫		
ウォーター		
冷水飲み器		
3) 機器部		
主機関型式	中速ディーゼル 6DLM-24SL 1,300 PS x 750rpm	自己逆転低速ディーゼル MF29-UTD1 1,300 PS x 370rpm
最大出力	製造所	製造所
推進器	4翼可変ピッチプロペラ (径: 2,100mm)	4翼可変ピッチプロペラ (径: 2,100mm)
発電機	187.5VA 230PS	225KVA 270PS
発電機	150KVA	150KVA
軸発電機	15M3/H	20M3/H
主空気圧縮機	7.5M3/H	7.5M3/H
非常用空気圧縮機		
補助空気圧縮機		

(弓削丸は本誌 Vol. 47 No. 7 の写真  
頁に掲載してあります。)

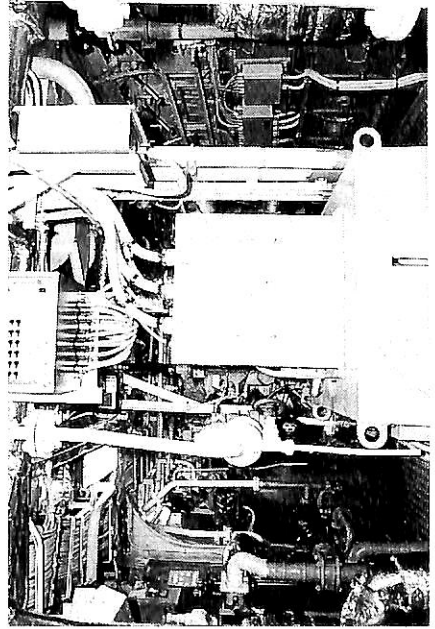


項目	弓削丸	鳥羽丸
濾油機	—	1
機室通風機	220M3/MIN	220M3/MIN
造水装置	—	4M3/D
油水分離器	500L/H	500L/H
カロリアファイヤー	電気式3000/H	電気式3000/H
4) 航海機器		
磁気コンパス	○	○
オートパイロット	○	○
シャイココンパス	○	○
NO.1レーダー	○	○
NO.2レーダー	○	○
システム操船装置	○	○
船内指針装置	○	○
監視テレビ装置	○	○
風向風速計	○	○
気象観測装置	○	○
テック受信機	○	○
衛星航法装置	○	○
ローランC	○	○
電磁ログ	○	○
トップラソーナー	○	○
航海管理支援システム	○	○
チャートプロット	○	○
電子477MHzGPS装置	○	○
音響測深機	○	○
5) 無線装置		
M/F無線通信装置	○	○
ナビテックス受信機	○	○
国際VHF無線電話	○	○
双方向無線電話装置	○	○
レターシステム	○	○
衛星EPIRB	○	○
BS受信装置	○	○
気象用ファクシミリ	○	○
無線方位測定機	○	○
船上通信装置	○	○
船舶電話	○	○
6) 研究・実験設備		
7ヶ加減精密測定装置	○	○
船体運動測定装置	○	○
波高計	○	○
データ収録装置	○	○
レーダー信号収録装置	○	○
主機房故障予知診断装置	○	○
主機燃料解析装置	○	○
YOTシステム	○	○
流向流速計	○	○
CTD測定装置	○	○
水温、塩分濃度測定装置	○	○
衛星画像受面解析装置	○	○
精密距離機	○	○

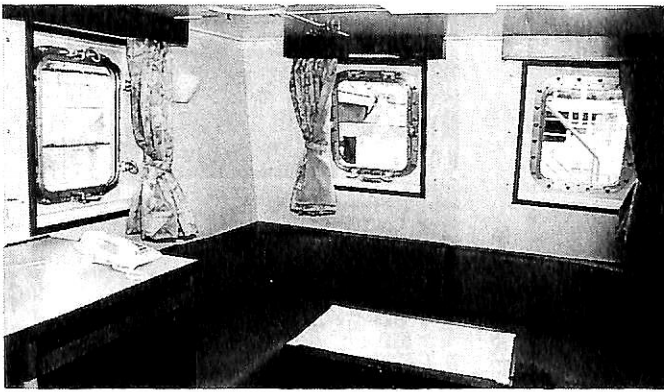
項目	弓削丸	鳥羽丸
データ処理システム	○	○
騒音振動解析装置	○	○
映像処理及び視聴覚装置	○	○
ドップラー流向流速観測装置	○	○
水中観測装置	○	○



▲ 鳥羽丸機室制御室



▲ 鳥羽丸機関室



▲ サ ロ ン

## 8. むすび

以上本船の概要・特徴を紹介しましたが、就航後は船舶運航教育に、学術研究にと社会からの要請に十分応じる活躍をされることを祈念するとともに、設計・建造にあたりご指導ご協力を戴きました日本海事協会の非船級業務部の方方並びに関係官庁の関係各位に対し紙上を借りて厚くお礼申し上げます。

---

### ● お知らせ

## 「ハガキに書いた未来の船」募集！

○募集期間 平成6年12月20日(火)の消印まで有効

### ○企画趣旨

人類と共に誕生し発達してきた船……、その未来はどうなるのでしょうか？

特別展「未来の船」～海と人を結ぶ夢のテクノロジー（会期平成7年2月26日～5月7日）の開催に伴い、「未来船」をテーマとしたハガキに書いた絵を募集し、応募作品の中から39点を入賞作品として特別展開催期間中、当館3階特別展示室において展示発表します。

また、入賞者には賞状と副賞を送付します。

### ○募集内容

官製ハガキに「未来船」をテーマとした絵があれば、エンピツ・クレヨン・絵の具など画材自由です。

### ○応募方法

官製ハガキ表面に住所・氏名・年齢・電話および絵の題名を明記して下さい。

### ○選考方法

平成6年12月下旬に、応募作品の中から、小学生・中学生・一般の各部門より、金賞・銀賞・銅賞・優秀賞をそれぞれ選考します。

### ○各賞区分

金賞、銀賞、銅賞、小学生・中学生・一般部門各1点  
賞状・図書館

優秀賞……小学生・中学生・一般部門各10点 賞状

### ○入賞作品の発表

入賞者へは賞状等の発送をもって通知します。  
応募作品は返却いたしません。

---

〔応募・お問い合わせ先〕

〒135 東京都品川区東八潮3-1 船の科学館

展示課「ハガキに書いた未来の船」※ 係

※媒体名を書いて下さい。

電話 03-3528-1113

---

# 船 型 設 計 ノ ー ト

## <21>

株式会社 郵船海洋科学 技術顧問  
工学博士 森 正 彦

### 9・2 プロペラ性能シミュレーションの適用例

(つづき)

#### 9・2・4 プロペラ翼の強度

任意のプロペラ翼断面内の応力は、その断面からプロペラ翼先端までの部分に働く流体力と、プロペラの回転に伴って、その部分に発生する遠心力とによる合成力ならびに合成モーメントを、その翼断面の面積あるいは断面係数で割ることによって求められる。

この計算に当たって問題となる断面係数算定のための慣性主軸修正の必要性については、第8章8・4・5項での説明の通りである。

主軸修正を施した断面係数を非対称曲げの応力計算式に当てはめて、プロペラ翼断面上の任意の点における曲げ応力 ( $\sigma_B$ ) を計算する。すなわち、

$$\sigma_B = \frac{M_X}{(I_{XX}/Y_S)} + \frac{M_Y}{(I_{YY}/X_S)} \quad \dots\dots (9 \cdot 86)$$

ただし、

$\sigma_B$ : 曲げ応力(引っ張り応力を+とする)

$M_X$ : プロペラ流体力と遠心力とによるプロペラ翼断面 X 軸周りの曲げモーメント

$M_Y$ : 同じく Y 軸周りのモーメント

X: プロペラ翼断面の長さ方向の慣性主軸

Y: プロペラ翼断面の厚さ方向の慣性主軸

$X_S$ : プロペラ翼断面上の任意の点の X 座標

$Y_S$ : プロペラ翼断面上の任意の点の Y 座標

$I_{XX}/Y_S$ : プロペラ翼断面上の任意の点の X 軸に関する断面係数

$I_{YY}/X_S$ : 同じく Y 軸に関する断面係数

プロペラ流体力によるモーメントは、応力計算の対象となる翼断面からプロペラ翼先端までの間の翼断面に発生する揚力ならびに抗力による計算対象翼断面の慣性主軸周りのモーメントの積分値である。

また、遠心力によるモーメントは、対象翼断面の重心を力の作用点として、同様に計算対象翼断面の慣性主軸周りのモーメントの積分値である。したがって、遠心力

によるモーメントの計算には、プロペラ翼のレーキ角ならびにスキュー角の影響が取り入れられていることになる。

さらに、各プロペラ翼断面に働く遠心力の積分値を応力計算の対象となっている断面の面積で割って引っ張り応力を求め、(9・86)式の  $\sigma_B$  に加算する。すなわち、

$$\sigma = \sigma_B + \sigma_F \quad \dots\dots\dots (9 \cdot 87)$$

ただし、

$\sigma$ : 任意のプロペラ翼断面に発生する全応力  
(引っ張り応力を+とする)

$\sigma_F$ : 遠心力によって任意のプロペラ翼断面に発生する引っ張り応力

この応力計算は片持ち梁理論によっている。プロペラ翼は、初期振りを有する薄板であるから、単純な梁理論では不都合のように思われる。しかし一方、模型<sup>54)</sup>あるいは実体プロペラ<sup>84)</sup>による応力測定の結果によると、通常の商船用プロペラのピッチ比、展開面積比およびスキュー角の範囲内では梁理論も良い精度を持っている。

強度計算が梁理論によって成り立つかぎり、プロペラの翼面上、翼弦方向の圧力分布はさほど問題とならない。重要な要素は、プロペラ流体力ならびに遠心力のプロペラ半径方向の分布である。特に、前者の影響が大きい。というのは、プロペラ流体力の要素は、対象翼断面から翼先端までの各翼断面に発生する揚力ならびに抗力であり、これらの力は、プロペラ翼の細部にわたる形状よりも、各翼断面に対する迎角によって支配されているからである。

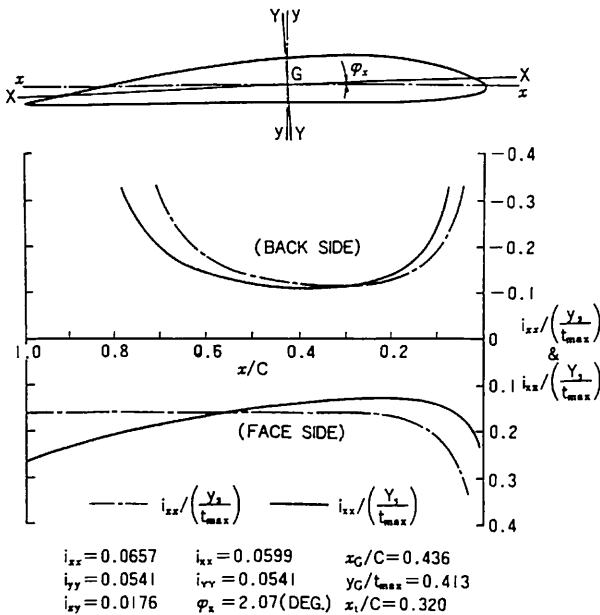
以上の事柄を整理してみると、通常のプロペラにおいては、プロペラ翼の強度は対象翼断面の面積ならびに断面係数、プロペラの作動点および伴流分布によって大半決定されているものと考えてよい。

さて、理論計算に基づいたシミュレーションによって、各翼断面上の応力の翼弦方向の分布ならびに最大引っ張り応力、最大圧縮応力が算出される。第9・9表に主要目を示す1軸高速船型のプロペラを例にとり、このプロペラの連続最大出力(MCR: 28,000 PS×115 rpm)

▼第9・9表 1軸高速船型用プロペラの主要目

翼数、翼型	5翼、MAU	
直径(mm)	6,760	
基準ピッチ比	0.94(一定ピッチ)	
展開面積比	0.80	
ボス比	0.18	
翼厚比 ( $t_{max}/C$ )	0.7R	0.033
	0.5R	0.061
	0.3R	0.110
翼のレーキ角(度)	0	
翼のスキュー(mm)	427	
翼の材質	ニッケル・アルミ青銅 (比重:7.6)	

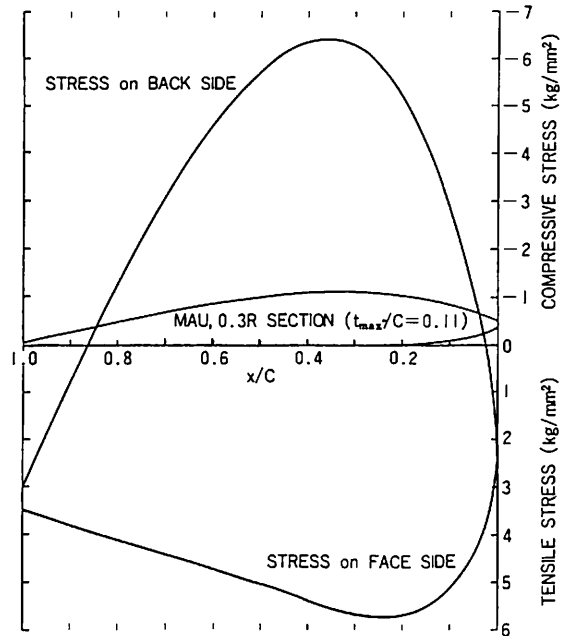
(注) 本表は第8・2表の再掲載  
MAU, 0.3R SECTION ( $t_{max}/C=0.11$ )



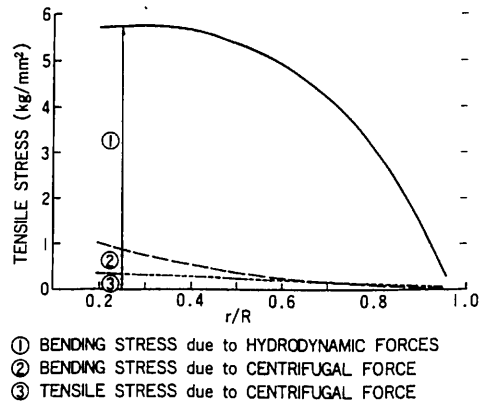
▲第9・57図 0.3R翼断面の断面係数  
(注) 本図は第8・10図の再掲載  
における応力の状況を調べてみる。

第9・55図は、均一流中におけるこのプロペラの0.3R翼断面上の応力分布である。また、第9・56図は、最大引っ張り応力の半径方向の分布である。なお、応力計算に用いる断面係数は、慣性主軸の修正を施した値である。0.3R翼断面の断面係数を第9・57図に示す。

第9・55図によると、翼断面上の応力が最大となる位



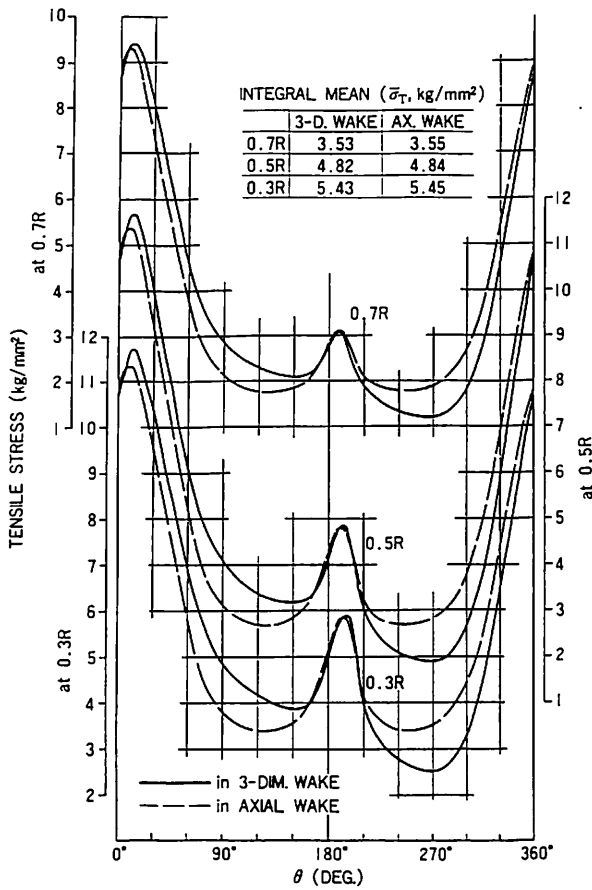
▲第9・55図 0.3R翼断面上の応力分布(均一流中)



▲第9・56図 1軸高速船型用プロペラの最大引っ張り  
応力の半径方向の分布(均一流中)  
(注) 本図は第8・13図の再掲載

置は、第9・57図において  $i_{xx}/(Y_s/t_{max})$  が最小となる位置とほぼ対応している。このことは、(9・86)式の右辺2項のうちでは、第1項の効きが大きいことを示唆している。

MAU形プロペラの0.3R翼断面の最大翼厚は、前縁から32%弦長の位置にある。従来からの通説によると、最大応力は正面側、背面側ともに最大翼厚位置近傍にあるとされてきたが、正面側に関するかぎり、この説は当てはまらない。第9・55図によると、正面側の最大引っ張り応力は最大翼厚位置よりも多少前縁寄りのところで



▲ 第9・58図 1軸高速船型用プロペラの変動応力

発生している。これは、第9・57図で裏付けられているように、正面側に対しては、断面係数算定の際の慣性主軸修正の影響が背面側よりも顕著に現れているためである。

また、最大応力の値は、正面側の引っ張り応力に比べて、背面側の圧縮応力の方が多少大きくなっている。しかし、プロペラ翼の折損防止のうえから問題となる応力は、やはり正面側の最大引っ張り応力である。

船用プロペラの翼の折損事故は、ほとんどの場合、疲労破壊によるものである<sup>85)</sup>。応力値が大きくなるプロペラ翼表面上において、不本意にも発生したキャビテーション・エロージョンによる切り欠き、あるいは表面直下に時折潜在する鑄造上の欠陥は、応力集中を生じる弱点個所となる。この局所に働く引っ張り応力が金属結晶の凝集力に勝る状態となると亀裂が起り、この亀裂は繰り返し荷重によって次第に翼断面内部へ伝播し、やがて折損に至る。この折損を防止するためには、プロペラ材料の疲労強度、延性などの機械的性質についての調査と

ともに、外的要因としての引っ張り応力がある限界値以下に抑えておく必要がある。

第9・56図にみられるように、各翼断面上の最大引っ張り応力は翼根部に近づくにつれて増加するから、翼根部の正面側が折損防止のうえでも最も注意を要す個所である。また、この最大引っ張り応力を

- ① プロペラ翼に働く流体力による曲げ応力
  - ② プロペラ翼の遠心力による曲げ応力
  - ③ プロペラ翼の遠心力による引っ張り応力
- と分類してみると、①の曲げ応力が大半を占めている。

遠心力は、プロペラ前方の流れの状態には関係なく、プロペラ1回転中は常に一定である。しかし、流体力は伴流分布によって左右されるため、それによる曲げ応力はプロペラ1回転中で変動している。当然のことながら、伴流の周方向変動が激しいほど応力の変動も激しい。

本項でも、伴流の周方向の変動が非常に激しい1軸高速船型を再び例にとって、応力の変動状況について調べてみる。使用する伴流分布は、第7・1節第7・2図ならびに同第7・6図に示すものと同一である。

第9・58図は、この伴流分布中において、第9・9表のプロペラが連続最大出力で作動するときの変動応力を示している。第9・58図には、軸方向成分のみの伴流分布と3次元伴流分布を用いたシミュレーションの結果を示してある。

軸方向成分のみの伴流分布の場合には、左右対称の分布であるにも拘らず、応力変動のうえでは非対称性が現れている。これは、第9・1・3項で説明しているInduced Camberの発生に伴う流体力の非対称性に起因している。

3次元伴流分布の場合には、伴流の周方向成分の影響が加わって、左右舷の非対称性がより顕著になるとともに、応力の変動幅も増加している。その増加量は、やはり翼根部になるほど大きく、1.4 kg/mm<sup>2</sup>程度である。したがって、プロペラ翼の応力計算に対しては、3次元伴流分布を用いる必要がある。

また、第9・58図中には、このプロペラ1翼が1回転する間の変動応力の積分平均値( $\bar{\sigma}_T$ )を表記してある。

$$\bar{\sigma}_T = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sigma_T d\theta \quad \dots\dots\dots (9 \cdot 88)$$

ただし、

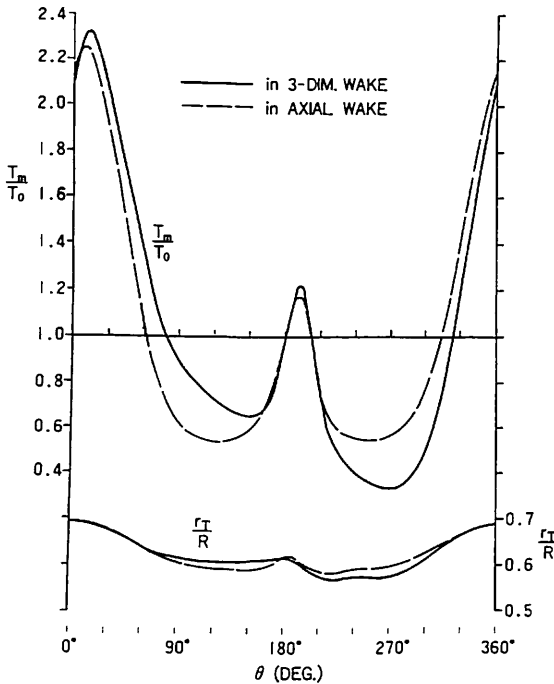
$\sigma_T$ : 任意の翼回転角  $\theta$  における翼断面正面側に働く最大引っ張り応力

当然のことながら、 $\bar{\sigma}_T$ は翼根部において大きくなる。しかし、応力の変動幅( $\Delta\sigma_T$ )

$$\Delta\sigma_T = (\sigma_T)_{\max} - (\sigma_T)_{\min} \quad \dots\dots\dots (9 \cdot 89)$$

ただし、





MEAN VALUE of THRUST CENTER  
 $\bar{r}_T/R = 0.641$  in 3-DIM. WAKE  
 $\bar{r}_T/R = 0.642$  in AXIAL WAKE  
 $\bar{r}_T/R = 0.673$  in UNIFORM FLOW

▲ 第9・59図 1軸高速船型用プロペラ1翼のスラストならびにスラスト中心の変動

$(\sigma_T)_{max}$  : 翼断面正面側に働く最大引っ張り応力の1回転中における最大値  
 $(\sigma_T)_{min}$  : 同上の最小値

は、翼根部において必ずしも最大ではなく、第9・58図の例では、0.5 R 翼断面の方が0.3 R 翼断面よりも多少大きい。これは、一に伴流の分布状況に起因している。

疲労破壊のうえからは、 $\bar{\sigma}_T$ ,  $\Delta\sigma_T$  双方とも注目すべき値であり、いずれか一方のみによって判定を下すのは片手落ちである。定量的な判定方法については、後で説明する。

なお、第9・58図による平均引っ張り応力  $\bar{\sigma}_T$  は、各翼断面ともに、第9・56図に示す均一流中での引っ張り応力よりも多少小さくなっている。これは、プロペラ面の中心に近づくほど、伴流が相対的に大きくなっているために、伴流分布の中でのプロペラ翼に働く流体力の中心が、均一流中における場合に比べて、プロペラの軸心側へ移行してくるからである。

曲げ応力を算出する(9・86)式については、前記のように、その第1項の効きが大きい。さらに、第1項の曲げモーメント  $M_{xx}$  の中では、揚力によるモーメントが支

配的である。一方、揚力の半径方向の分布は、プロペラ・スラストの半径方向の分布とおおよそ類似した形である。したがって、翼根部付近の応力は、プロペラ1翼のスラストおよびその着点と関係が深い。そこで、第9・58図に示す翼根部0.3R断面における応力変動を、伴流中におけるプロペラ1翼のスラスト変動の面から調べてみる。

第9・59図は、第9・58図に対応するプロペラ1翼の変動スラスト  $T_m$ 、およびプロペラの軸心から  $T_m$  の着点までの半径  $r_T$  についての計算結果である。 $T_m$  はその1周平均値  $T_0$  で、また、 $r_T$  はプロペラの半径  $R$  で無次元化して表示してある。

さらに、第9・59図の下には、

$$\bar{r}_T = \frac{1}{T_0} \int_0^{2\pi} T_m r_T d\theta \quad \dots\dots\dots (9 \cdot 90)$$

ただし、

$T_m$  : プロペラ1翼の変動スラスト

$T_0$  : プロペラ1翼の平均スラスト

$$T_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} T_m d\theta$$

$r_T$  : プロペラの軸心から  $T_m$  の着点までの半径によって求めた着点半径の1周平均値  $\bar{r}_T$  をプロペラの半径  $R$  で無次元化した値も記入してある。

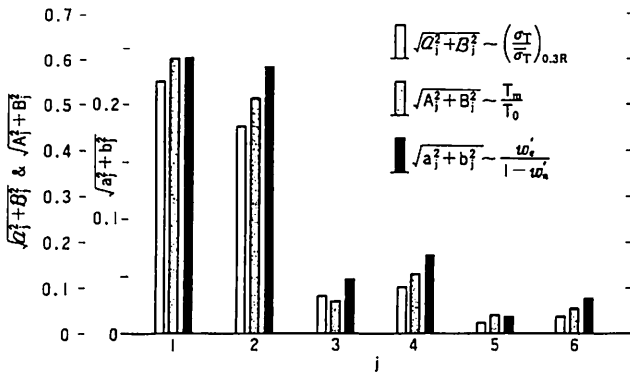
第9・58図と第9・59図を対比すると、翼根部0.3 Rにおける応力変動の様相は、プロペラ1翼のスラスト変動の様相と類似していることが分かる。また、伴流中における1翼のスラストの着点半径の1周平均値は、均一流中の場合に比べて、プロペラの軸心側へ移行している。このため、前記のように、伴流中1回転間の平均引っ張り応力  $\bar{\sigma}_T$  が、均一流中における引っ張り応力よりも多少小さくなる。

また、第7・3節(7・12)式で定義されている伴流係数の半径方向平均値  $w_r^2$  の周方向変動は、プロペラ1翼のスラスト変動と類似の形とみなしてよい。したがって、伴流中におけるプロペラ1回転間の翼根部断面上の最大引っ張り応力  $\sigma_T$  の変動、1翼の変動スラスト  $T_m$  ならびに平均伴流係数  $w_r^2$  の変動状態については、3者間で類似性があるはずである。

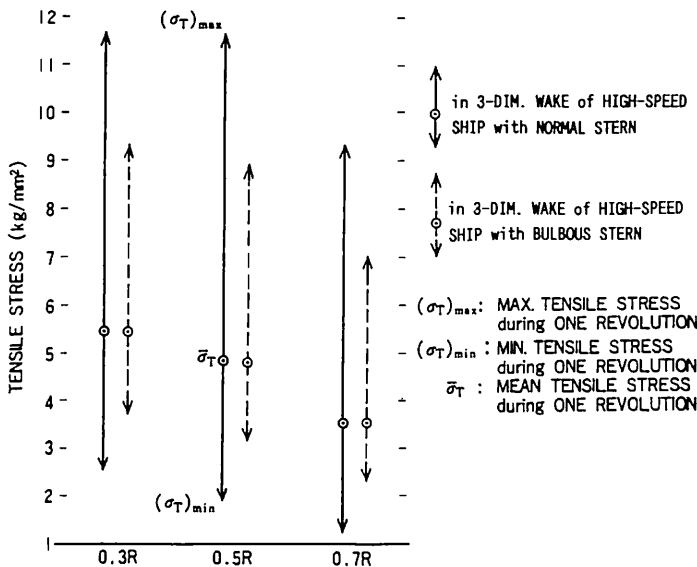
これら3者の変動曲線を、

$$\left(\frac{\sigma_T}{\bar{\sigma}_T}\right)_{0.3R} = \frac{1}{2} A_0 + \sum_{j=1}^{\infty} (A_j \cos j\theta + B_j \sin j\theta) \quad \dots\dots\dots (9 \cdot 91)$$

$$\frac{T_m}{T_0} = \frac{1}{2} A_0 + \sum_{j=1}^{\infty} (A_j \cos j\theta + B_j \sin j\theta) \quad \dots\dots\dots (9 \cdot 92)$$



▲ 第 9・60 図 1 軸高速船型用プロペラの  $\sigma_T$ ,  $T_m$  および  $w'_e$  の各変動曲線の調和解析結果の比較



▲ 第 9・61 図 1 軸高速船型用プロペラの伴流分布による変動応力の比較 (普通形船尾とバルブ付き船尾)

$$\frac{w'_e}{1 - w'_e} = \frac{1}{2} A_0 + \sum_{j=1}^m (A_j \cos j\theta + B_j \sin j\theta) \dots\dots\dots (9 \cdot 93)$$

ただし,

$w'_e$ : 軸方向換算伴流係数  $w'_x$  による平均公称伴流係数

と Fourier 級数で表示し, その Fourier 係数による合成振幅を調べてみる。第 9・60 図は, その結果である。

それぞれの 1 次の合成振幅を基準にして比較すると, 2 次以上の高次成分はほぼ同程度の配分となっており,  $\sigma_T$ ,  $T_m$ ,  $w'_e$  3 者の変動曲線が類似していることを示唆している。なお, 第 9・60 図中の  $w'_e$  の合成振幅

$\sqrt{a_j^2 + b_j^2}$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, 6$ ) は, 第 7・3 節第 7・25

図に示す Fourier 係数に基づいている。

応力変動は伴流の周方向変動によって支配されているから, 上記のシミュレーションに用いた普通形船尾の高速船型の伴流分布に代えて, 第 7・1 節第 7・7 図に示すバルブ付き船尾の高速船型の伴流分布を適用すれば, 伴流の周方向の変動の緩和に伴って, 応力変動もかなり緩和される。第 9・61 図は, 両高速船型の 3 次元伴流分布を用いて計算した応力の変動幅ならびに 1 周平均応力についての比較である。大型肥大船型の場合には, 伴流分布についての尺度影響が顕著に現れるから, 模型, 実船双方の伴流分布間の相違によって, 応力変動もかなり異なったものとなる。

第 7・1 節第 7・1 図に示す肥大船型の満載状態での模型船の伴流分布, およびそれに基づいて外挿した実船の伴流分布を用いて調べてみる。模型, 実船ともに 3 次元伴流分布である。また, 模型船分布から実船分布への外挿は, 伴流の軸方向成分, プロペラ面内成分ともに笹島教授らの方法<sup>43)</sup>に従って, 摩擦抵抗係数の比で関係付けられる対応位置へ平行移動させる方法によっている。

第 9・10 表は, 計算に用いたプロペラの主要目である。また, このプロペラの応力計算上の作動点は, 連続最大出力 (MCR : 36,700 PS × 83rpm) に対応している。

前記高速船型用プロペラの例にならって, 均一流中において各翼断面に働く最大引っ張り応力を第 9・62 図に, 3 次元伴流分布中における引っ張り応力の変動状況を第 9・63 図に示す。また, 第 9・64 図は, 翼根部付近の応力変動と関係の深いプロペラ 1 翼のスラストならびにその着力点の変動状況である。

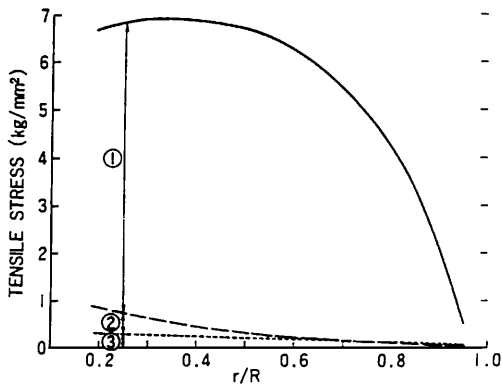
伴流の周方向変動は, 模型船よりも実船の方が激しいから, 応力変動も実船の伴流分布中において激しくなる。したがって, 伴流分布の尺度影響が大きい大型肥大船型の場合には, 模型船の伴流分布を用いてプロペラ翼の強度を検討することは極めて危険である。上記の例のように, 尺度影響を修正した 3 次元伴流分布を用いて, 最も厳しい変動応力を判定しなければならない。

上記 1 軸高速船型ならびに大型肥大船型のプロペラを対象とした強度診断シミュレーションの例でみるかぎり, プロペラ翼に働く応力についての要点は共通している。すなわち,

- (1) プロペラ翼に働く応力の中では, 流体力による曲げ

▼ 第9・10図 大型肥大船型用プロペラの主要目

翼数、翼型	5翼、MAU	
直径(mm)	9,000	
基準ピッチ比	0.75(一定ピッチ)	
展開面積比	0.68	
ポス比	0.16	
翼厚比 ( $t_{max}/C$ )	0.7R	0.041
	0.5R	0.073
	0.3R	0.130
翼のレーキ角(度)	0	
翼のスキュー(mm)	470	
翼の材質	ニッケル・アルミ青銅 (比重: 7.6)	



- ① BENDING STRESS due to HYDRODYNAMIC FORCES
- ② BENDING STRESS due to CENTRIFUGAL FORCE
- ③ TENSILE STRESS due to CENTRIFUGAL FORCE

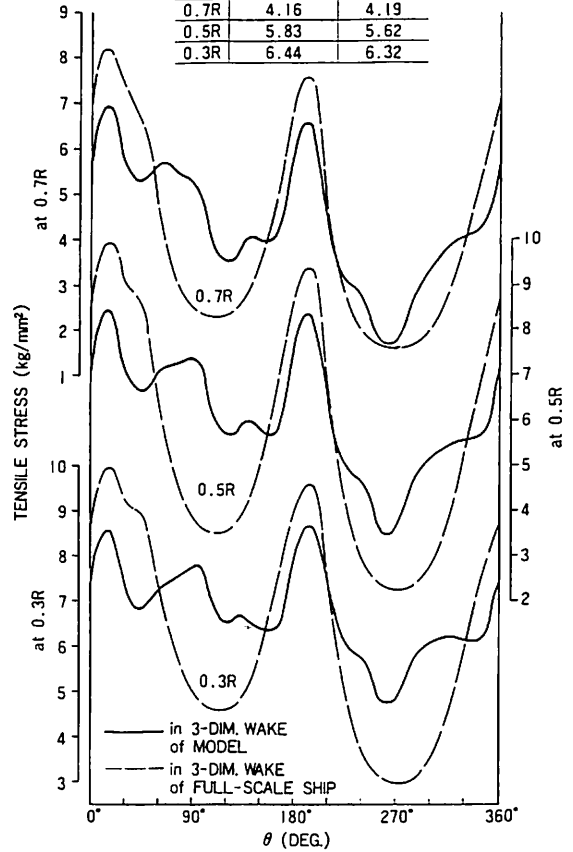
▲ 第9・62図 大型肥大船型用プロペラの最大引っ張り応力の半径方向の分布(均一流中)

応力が支配的である。

- (2) プロペラ1翼1回転間の平均応力は、翼根部において最大となる。
- (3) しかし、応力の変動幅は翼根部において最大となるとはかぎらない。伴流分布の影響によって、翼中央部寄りの翼断面において最大となることがある。
- (4) 応力変動については、伴流分布が支配的である。また、3次元伴流分布によって、応力変動は増幅される。
- (5) 翼根部付近における応力の変動状態は、プロペラ1翼のスラストの変動状態と関係が深い。
- (6) 伴流中1回転間の平均応力は、均一流中での応力よりも多少小さくなる。これは、伴流分布によって、プ

INTEGRAL MEAN ( $\bar{\sigma}_r$ , kg/mm²)

	MODEL WAKE	SHIP WAKE
0.7R	4.16	4.19
0.5R	5.83	5.62
0.3R	6.44	6.32



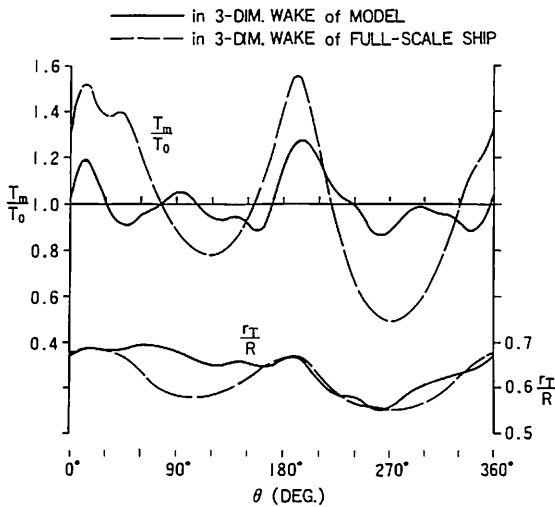
▲ 第9・63図 大型肥大船型用プロペラの変動応力

ロペラ1翼のスラストの中心が軸心側へ移行するからである。

日本造船研究協会第126研究部会では、ニッケル・アルミ青銅の大形試験片を用いて、海中での疲労試験を実施している<sup>86)</sup>。第9・11表は、その報告書からの抜粋である。試験片は鋳塊を切削して仕上げられた角材であり、その寸法は、長さ340mm、中央部幅90mm、中央部厚さ44mmである。また、繰り返し荷重は、平均応力が0, 3, 5 kg/cm<sup>2</sup>となる3種類である。

また、徳田博士らは、ニッケル・アルミ青銅のプロペラ実体材から切り出した試験片を用いて、海中での疲労試験を実施している<sup>87)</sup>。第9・12表は、その結果の集約である。

第9・11表および第9・12表は、いずれも平滑試験片による結果である。したがって、第9・58図に示すような激しい応力変動でも、表面が平滑であれば、プロペラ



MEAN VALUE of THRUST CENTER  
 $\bar{r}_T/R=0.642$  in 3-DIM. WAKE of MODEL  
 $\bar{r}_T/R=0.630$  in 3-DIM. WAKE of FULL-SCALE SHIP  
 $\bar{r}_T/R=0.676$  in UNIFORM FLOW

▲ 第9・64図 大型肥大船型用プロペラ1翼のスラスト  
 ならびにスラスト中心の変動

▼ 第9・11表 ニッケル・アルミ青銅材の疲労試験結果(1)

平均応力 (kg/mm <sup>2</sup> )	腐食疲労強度 (応力振幅) (kg/mm <sup>2</sup> )
	(繰り返し回数:10 <sup>7</sup> )
0	15.0
3.0	14.0
5.0	13.0

▼ 第9・12表 ニッケル・アルミ青銅材の疲労試験結果(2)

実体材 種別	試験片 切り出し場所	試験片 種別	腐食疲労強度 (応力振幅) (kg/mm <sup>2</sup> )	
			繰り返し回数 2x10 <sup>7</sup>	繰り返し回数 10 <sup>8</sup>
A	0.25R 正面側 後縁付近	小形	15.2	11.6
	0.25R 正面側 中央付近	小形	13.6	10.5
	0.4R 正面側 中央付近	小形	14.4	11.1
	0.3~0.5R 正面側	大形	13.3	11.5
B	0.3R 正面側 中央付近	小形	14.1	11.3
	0.3~0.8R 正面側	大形	13.1	11.8
C	0.35R 正面側	小形	13.6	11.1

注1) 試験片の寸法  
 小形: 丸材 長さ = 250mm 中央部直径 = 12mm  
 大形: 角材 長さ = 890mm 中央部幅 = 125mm  
 中央部厚さ = 50mm

注2) 荷重: 平均応力 = 0 の繰り返し荷重

翼の折損は起こらない。

しかし、プロペラは鋳造品であるため、時には表面直下に、若干の鋳造欠陥ができることは避けられない。また、不本意にも、正面側にキャビテーション・エロージョンが発生すれば、これは一種の表面欠陥である。したがって、このような欠陥が因となる疲労破壊に対して防止策を講じなければならない。

切り欠きの入った部材に繰り返しの一定荷重が加わって、疲労破壊に至る過程の基本特性は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{da_c}{dN} &= C_c (\Delta K)^m \\ \Delta K &= (\Delta \sigma) \sqrt{\pi a_c} f(a_c) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9 \cdot 94)$$

ただし、

- $a_c$ : 亀裂の深さ
- $N$ : 荷重の繰り返し数
- $\Delta K$ : 応力拡大係数 (Stress Intensity Factor)  $K$  の変動幅
- $\Delta \sigma$ : 公称応力の変動幅
- $C_c, m$ : 亀裂伝播に関する材料定数
- $f(a_c)$ :  $a_c$  の関数

(9・94)第1式は、亀裂伝播速度の  $\Delta K$  依存則を表している。

ところで、亀裂伝播試験の結果によると、 $\Delta K$  がある値以下まで下がると、亀裂の伝播速度が急激に低下する。このときの  $\Delta K$  を  $\Delta K_{TH}$  とおくと、

$$\Delta K_{TH} \geq (\Delta \sigma) \sqrt{\pi a_c} f(a_c) \dots\dots\dots (9 \cdot 95)$$

ただし、

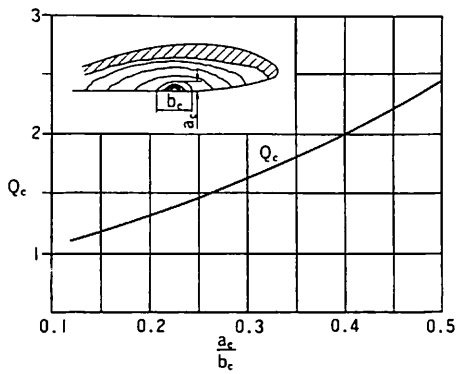
$\Delta K_{TH}$ : 下限界応力拡大係数 (Threshold Stress Intensity Factor)

$a_{ca}$ : 亀裂の許容深さ

の条件では、繰り返し一定荷重が加わっても亀裂は伝播し難い。

関数  $f(a_c)$  については、破壊条件に適した比較的簡単な破壊モデルを想定し、その切り欠き近傍における集中応力の分布式を用いて算定する。集中応力の分布式は、弾性理論によるものである。

徳田博士らは、ニッケル・アルミ青銅製プロペラ翼の疲労試験結果を基に、同材質のプロペラ翼の表面欠陥に対して、(9・95)式の係数設定を試みている<sup>87)</sup>。適用した破壊モデルは、有限板に幅  $b_c$ 、深さ  $a_c$  の半楕円形の表面切り欠きが存在し、曲げ応力が加わるモデルである。その結果によると、



▲ 第9・65図 係数  $Q_c$

$$\Delta K_{TH} \geq m_b (\Delta \sigma) \sqrt{\frac{\pi a_{ca}}{Q_c}} \dots\dots\dots (9 \cdot 96)$$

ただし、

$m_b$  : 表面切り欠きの断面係数  $a_c/b_c$  と切り欠き深度  $a_c/t_c$  によって定まる定数。ただし、 $a_c/t_c \approx 0$  の場合、 $a_c/b_c$  にはあまり関係なく、 $m_b \approx 1.0$

$a_c$  : 切り欠きの深さ

$b_c$  : 切り欠きの幅

$t_c$  : 切り欠き存在個所の板厚

$Q_c$  :  $a_c/b_c$  により定まる係数

(第9・65図参照)

$a_{ca}$  : 切り欠きの許容深さ

$\Delta K_{TH}$  は、環境条件をできるだけ実状に合わせた亀裂伝播試験によって求められる。ただし、 $\Delta K_{TH}$  は、応力比 ( $\sigma_{min}/\sigma_{max}$ ) の変化とともに変化する。

ニッケル・アルミ青銅製プロペラ実体材から切り出した試験片による徳田博士らの亀裂伝播試験によると、海水中、 $\sigma_{min}/\sigma_{max} = 0$  (完全片振り荷重) の状態において、 $\Delta K_{TH} = 25.0 \text{ kg/mm}^{3/2}$  である。また、第9・13表に示すように、応力比に対して  $\Delta K_{TH}$  は直線的に減少している。第9・13表を1次式で表示して、

$$\Delta K_{TH} = 25.0 - 18.75 \left( \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \right) \dots\dots\dots (9 \cdot 97)$$

ただし、海水中、単位:  $\text{kg/mm}^{3/2}$

さて、初期状態においては、欠陥は  $a_c/t_c \approx 0$  の微小深度である。したがって、 $m_b \approx 1.0$  である。

また、折損事故を起こしたプロペラ翼破断面の観察結果によると、亀裂の発生源となった初期欠陥の形状は、およそ半円形 ( $a_c/b_c \approx 0.5$ ) である<sup>85) 87)</sup>。しかし、 $a_c/b_c < 0.5$  となるほど亀裂の伝播に対しては厳しい条件となるので、実測例での最小値をとって、 $a_c/b_c =$

▼ 第9・13表 ニッケル・アルミ青銅の  $\Delta K_{TH}$  (海水中)

応力比 ( $\sigma_{min}/\sigma_{max}$ )	$\Delta K_{TH}$ ( $\text{kg/mm}^{3/2}$ )
0	25.0
0.4	17.5
0.8	10.0

0.4 とする。この欠陥断面係数に対して、第9・65図より、 $Q_c = 2.0$  である。

(9・96)式に、 $m_b = 1.0$ 、 $Q_c = 2.0$  を代入して、

$$\Delta K_{TH} \geq (\Delta \sigma) \sqrt{\frac{\pi a_{ca}}{2}} \dots\dots\dots (9 \cdot 98)$$

$\sigma_{min}/\sigma_{max} = 0$  であるから、 $\Delta \sigma$  は繰り返し引っ張り荷重による変動応力である。

$$\begin{aligned} \Delta \sigma &= \Delta \sigma_T \\ &= (\sigma_T)_{max} - (\sigma_T)_{min} \dots\dots\dots (9 \cdot 99) \end{aligned}$$

ただし、

$\Delta \sigma_T$  : プロペラ1翼1回転中における翼断面正面側に働く最大引っ張り応力の変動幅

$(\sigma_T)_{max}$  : 上記応力の1回転中における最大値

$(\sigma_T)_{min}$  : 同上の最小値

と書き換えると、(9・98)式は、

$$\frac{\Delta \sigma_T}{\Delta K_{TH}} \leq \sqrt{\frac{2}{\pi a_{ca}}} \dots\dots\dots (9 \cdot 100)$$

となる。また、応力比は  $(\sigma_T)_{min}/(\sigma_T)_{max}$  である。

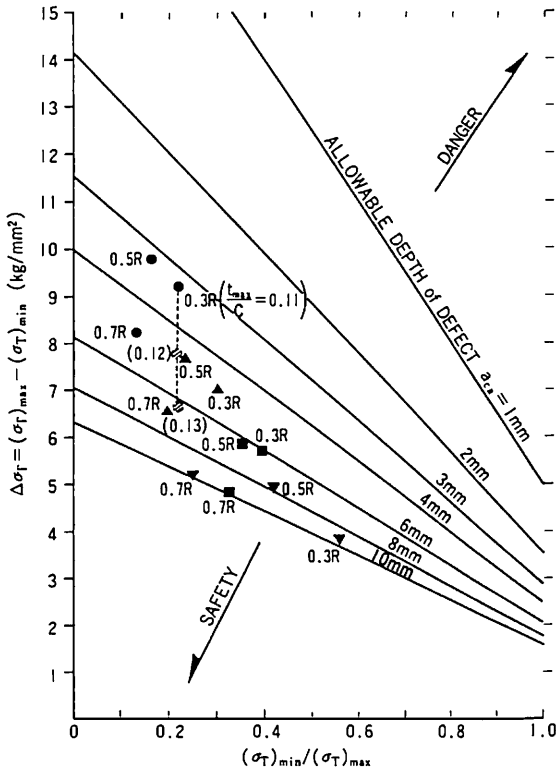
$\Delta K_{TH}$  に対しては、第9・13表あるいは(9・97)式を適用する。その値は応力比の関数となっているから、結局、(9・100)式を用いて、 $\Delta \sigma_T$ 、 $(\sigma_T)_{min}/(\sigma_T)_{max}$ 、 $a_{ca}$  の間の関係が定まる。第9・66図は、この関係を示している。

(9・100)式あるいは第9・66図は、亀裂伝播を起こさないための応力の変動幅ならびに応力比と初期欠陥の許容深さとの関係を示しており、疲労破壊耐性の判定に役立つ。

第9・66図において、欠陥の許容深さ  $a_{ca} =$  一定の直線上では疲労破壊に対する耐性は同等である。また、 $a_{ca}$  が小さくなることは、プロペラ翼が疲労破壊の面で危険側になることを意味している。翼根部についてみるならば、普通形船尾の高速船型の伴流中において、疲労破壊につながる危険性が最も高い。この例では、0.3 R 翼断面の正面側に深さ3mm以上の欠陥があると、亀裂伝播を起こし、疲労破壊につながることを示している。

普通形船尾の高速船型に続いて、大型肥大船型の実船換算伴流分布、バルブ付き船尾の高速船型の伴流分布、大型肥大船型の模型船伴流分布の順で安全側に移る。





● in 3-DIM. WAKE of HIGH-SPEED SHIP with NORMAL STERN  
 ■ in 3-DIM. WAKE of HIGH-SPEED SHIP with BULBOUS STERN  
 ▼ in 3-DIM. WAKE of LARGE FULL SHIP (MODEL)  
 ▲ Ditto (FULL-SCALE SHIP)  
 ▲ 第9・66図 疲労破壊耐性の判定図

また、0.3 R翼断面と0.5 R翼断面とを比較すると、いずれの場合も平均応力  $\bar{\sigma}_T$  は0.3 R翼断面において大きく、応力の変動幅  $\Delta\sigma_T$  は0.5 R翼断面において大きい。第9・66図によって、いずれの翼断面が危険であるかを判定してみると、疲労破壊耐性のうへでは両翼断面はほとんど同等であることが分かる。

普通形船尾の高速船型の伴流中においては危険度が最も高いため、プロペラ翼厚を増した場合の耐性増加について検討してみる。第9・9表に示すプロペラの0.3 R翼断面における翼厚比は、 $(t_{max}/C)_{0.3R} = 0.11$  である。この比を0.12, 0.13と増したときの耐性増加の状況を第9・66図中に破線で示す。それによると、翼厚を18%増して $(t_{max}/C)_{0.3R} = 0.13$ とした場合に、バルブ付き船尾船型の伴流中における原プロペラ $((t_{max}/C)_{0.3R} = 0.11)$ とほぼ同等の疲労破壊耐性を持つことになる。このことから、伴流の周方向変動を緩和させることが、いかに得策であるかということが分かる。

なお、徳田博士らは、ニッケル・アルミ材プロペラの

折損実例について、破断面の調査と(9・94)式に基づく寿命計算とを対比している<sup>87)</sup>。すなわち、破壊の基本特性式を

$$\left. \begin{aligned} \frac{da_c}{dN} &= C_c (\Delta K)^m \\ \Delta K &= m_b (\Delta\sigma_T) \sqrt{\frac{\pi a_c}{Q_c}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (9 \cdot 101)$$

とおき、(9・101)第1式中の材料係数  $C_c$ ,  $m$  は亀裂伝播試験によって得られた実験値、また、前記破壊モデルから定めた(9・101)第2式中の係数  $m_b$ ,  $Q_c$  は折損プロペラ翼の破断面上の縞模様痕跡を10段階に分けて計測した亀裂の断面係数  $a_c/b_c$  および深度  $a_c/t_c$  を用いて算定する。また、また、応力の変動幅  $\Delta\sigma_T$  については、対象船の伴流分布とプロペラ理論とによって計算している。

そのうえで、(9・101)第1式を積分し、各段階の間では上記の諸数値を一定として当てはめ、10段階分を積算をして荷重変動の合計繰返し数、ならびにそれをプロペラ回転数で割って疲労寿命を求めている。その結果によると、疲労寿命の計算値と折損に至るまでのプロペラ作動時間とは、かなり良い一致を示している。このことから、(9・96)式あるいは(9・101)第2式を設定するうえで適用している疲労破壊モデルは妥当なものであると考えられる。

(つづく)

〔参 考 文 献〕

84) 岡本 洋, 野沢和男, 馬越二郎郎: 2軸高速コンテナ船のプロペラ翼応力とベアリングフォースに関する研究(第一報, 静的応力について), 日本造船学会論文集 第139号(昭和51年6月)  
 85) 久米 宏: プロペラの羽根の折損の現状, 日本造船学会 第2回船用プロペラに関するシンポジウム(昭和46年11月)  
 86) 日本造船研究協会: 第126研究部会「大形プロペラ翼強度に関する研究」報告書, No.74(昭和50年5月)  
 87) 徳田祥一, 他: 船用プロペラ翼の疲労破壊, 日本船舶機関学会誌, 第12巻第1号(昭和52年1月)

## 船舶用アルミニウム合金の溶接

— Welding of Aluminum Alloys in Shipbuilding —

(7)

箕田和之\*

Kazuyuki Minoda

### 4-2 ブローホール (気孔)

アルミニウム合金の溶接部はブローホールを作りやすい。その原因が主として水素によるものであることが Table22 のガス分析結果<sup>41)</sup> から裏づけられている。

水素に起因してブローホールが生じやすいのはアルミニウム中の水素の溶解度が凝固時に激減することによると説明されている。

A 4.5% Mg 合金 (5083 相当) の水素溶解度曲線を Fig.56 に示した<sup>42)</sup>。

このような、液体状態における温度による溶解度差あるいは融点での固相と液相の溶解度差が、気孔を生成する driving force となる。溶接の場合、アーク雰囲気から溶融池に溶解した水素は、その後の冷却過程で溶解度の減少とともに水素を放出するが、その冷却過程において水素は原子状と分子状の挙動をする。すなわち、

原子状の挙動 — 拡散放出する。  
過飽和の状態では残留する。

分子状の挙動 — 気泡を形成して浮上し、脱ガスする。  
気孔として溶接部に残留する。

これらのうち、分子状の挙動をとり、また、凝固時に外部へ浮上して脱ガスしないものが気孔として最終的に溶接部に残るわけである。

ところで、過飽和となった水素は溶融金属中あるいは凝固前で気泡を形成するが、この気泡を形成する際には均質核生成と不均質核生成が考えられる。均質核生成のためには気泡形成の初期段階で芽気泡の生成が必要であるが、実際には、溶接金属中の非金属介在物などを核とし不均質核生成により気泡が形成されると考えるのが一般的である。

水素の源としては

- 母材、溶加材中の溶解水素
- 母材、溶加材表面に付着または吸着した水分、有機物、酸化膜など
- シールドガス中の水素および水分

▼ Table22 工業用純アルミニウム溶着金属に発生したブローホール中のガスの分析結果<sup>41)</sup>

シールドガス 流量 l/min	母材	電極ワイヤ	試験 番号	抽出ガスの分析成分 (体積百分率)			
				25	50	75	100
Ar 15.0	純アルミニウム (A1200)	純アルミニウム (A1100)	1	■	■	■	■
			2	■	■	■	■
			3	■	■	■	■
Ar13.5+N <sub>2</sub> 1.5			6	■	■	■	■
Ar10.5+N <sub>2</sub> 4.5			7	■	■	■	■
Ar7.5+N <sub>2</sub> 7.5			8	■	■	■	■
			9	■	■	■	■
Ar6.0+N <sub>2</sub> 9.0			12	■	■	■	■
Ar1.5+N <sub>2</sub> 13.5			13	■	■	■	■
			14	■	■	■	■
			15	■	■	■	■

備考 ■ H<sub>2</sub> ■ O<sub>2</sub> ■ N<sub>2</sub> ■ Ar — 分析せず

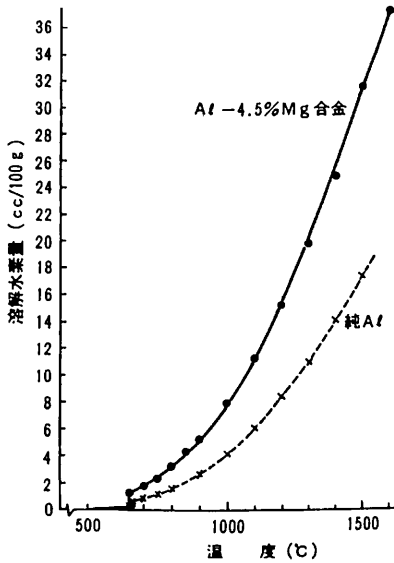
○ アーク雰囲気中に巻込まれた空気中の水分

などが考えられるが最も寄与率の高いものは空気の巻込み、次いで溶加材表面と考えられる。

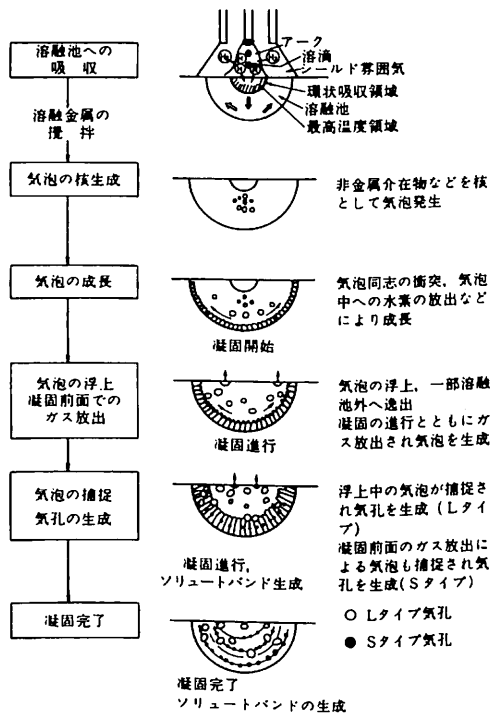
シールドガス中の水素濃度に及ぼす水素源別の寄与率の試算結果を Table23 および Table24 に示した<sup>43)</sup>。

ここで Table 23 は空気の巻込み率を 1% と仮定した場合であるが、全水素量の比率は約 0.03% 程度であり、これはブローホール発生に必要な限界水素分圧の下限にはほぼ等しい値であり、通常この程度の水素濃度では溶接金属にブ

\* 昭和アルミニウム株式会社 顧問 工学博士



▲ Fig. 56 Al-4.5% Mg合金の水素溶解度曲線<sup>42)</sup>



▲ Fig. 57 ブローホールの生成過程の模式図<sup>43)</sup>

ローホールの発生は見られないと推察される。

一方空気の巻込みを3%と仮定した場合はTable24のようになり、限界水素分圧の上限に近い値となりほぼ確実にブローホールを発生するが、この場合の寄与率は空気の巻込みが支配的であることを示している。

(1) ブローホールの発生過程とその機構

▼ Table23 シールドガス中の水素濃度におよぼす水素源別の寄与率の試算結果<sup>43)</sup> (巻込み率 1%の場合)

水 素 源	シールドガス中の水素ガス比 (%)	寄与率 (%)
母材からの水素	0.0019	7
電極ワイヤからの水素	0.0068	24
アルゴンガス中の水素	0.0035	12
空気の巻込みによる水素	0.0162	57
合 計	0.0284	100

▼ Table24 シールドガス中の水素濃度におよぼす水素源別の寄与率の試算結果<sup>43)</sup> (巻込み率 3%の場合)

水 素 源	シールドガス中の水素ガス比 (%)	寄与率 (%)
母材からの水素	0.0019	3
電極ワイヤからの水素	0.0068	11
トーチガス中の水素	0.0035	6
空気の巻込みによる水素	0.0486	80
合 計	0.0608	100

アルミニウム合金溶接部のブローホール発生メカニズムについては従来から数多くの重要な研究がなされており、それらを総括するとFig.57の“気孔の生成過程の模式図”に示すようにとりまとめることができる<sup>43)</sup>。

ここで水素の溶融池への吸収、ブローホールの核生成、浮上、ガス放出の過程から、一部の気泡は溶接金属凝固時に捕捉されて残留したものがブローホール(Lタイプ)となる。このLタイプのブローホールは相対的に径の大きなものとなる。

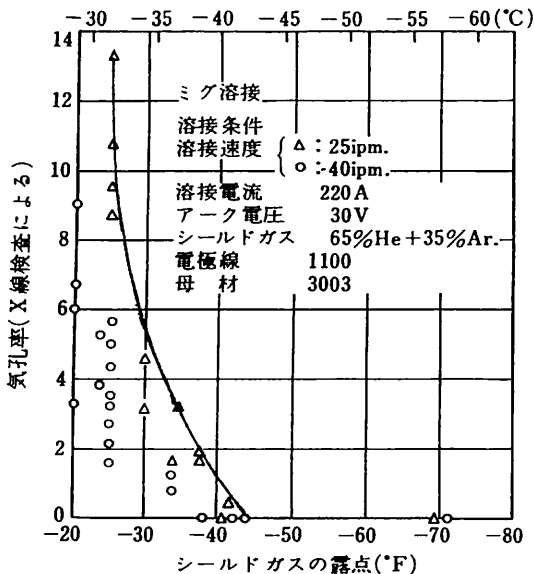
一方凝固前面のガス放出による気泡も捕捉され、ソリュートバンドに沿って微小のブローホールを生成する(Sタイプ)。結局溶接金属中には発生様式の異なる2種類のブローホール(Lタイプ、Sタイプ)が生成される。これらの2種類のブローホールの特徴を要約するとTable25<sup>43)</sup>のようになる。溶接金属の断面を調べると数量的にはSタイプと考えられる小径のブローホールの方が圧倒的に多いが、実用的にはX線検査の等級や、機械的性質に影響を及ぼすLタイプのブローホールの防止が重要となる。

(2) ブローホールの防止法

アルミニウム合金製の構造物を建造するにあたり、X線などの検査で検出され、不良と判定される欠陥の8割以上はブローホールである。このブローホールは水素を原因として生じることはすでに述べてきたが、水素源となる要因が大形構造物の施工においては多くなるためブ

ローホールを完全になくして施工することは困難な場合が多い。したがって、ある管理限界内にブローホール量をコントロールすることが実際上のブローホール防止対策となっている。

Fig.58およびTable26はブローホール生成におよぼすシールドガス露点の影響を示す例である。Fig. 58は



▲Fig.58 ブローホール生成に及ぼすシールドガス露点の影響<sup>44)</sup>

▼Table25 Lタイプ, Sタイプの気孔の特徴<sup>43)</sup>

項目	Lタイプ気孔	Sタイプ気孔
(1) 発生原因	液体中での溶解度差に起因	凝固前面でのガス濃縮に起因
(2) 分布位置	浮上するためビード上方に集まりやすい、ボンド付近に生成することもある。	ソリュートバンドと対応することが多い、溶接姿勢の影響を受けにくい。
(3) 形状	球形、ただし後続の凝固の影響を受けて不規則になりやすい。	球形
(4) 径	比較的大径、対数正規分布を示す。(Fig. 3.7, 3.8参照)	小径(ソリュートバンドの間隔以下)
(5) 気孔内面	デンドライト状	比較的スムーズ
(6) 気孔内圧力	比較的低い	高い
(7) 発生傾向	溶接姿勢、溶接入熱、水素源の影響を受けやすい。	左記の影響を受けにくい。

▼Table26 5086-H116/5356溶接部のブローホール率に及ぼすシールドガスの露点の影響<sup>45)</sup>

シールドガス (Ar) の露点		水の蒸気圧 (mmHg)	絶対湿度 (g/cm <sup>3</sup> )	気孔率 (%)		シールドガス(Ar)の流量	
(°F)	(°C)			断面検査	比重検査	(chf)	(l/min)
71	21.1	19.359	19	6.2	4.15	70	33.04
66	18.8	17.185	17	6.0	—	90	42.48
57	13.7	11.919	12	5.1	3.58	70	33.04
45	7.1	7.763	8	4.0	2.93	70	33.04
7	-13.9	1.346	1.5	1.6	—	70	33.04
-44	-42.2	0.080	0.1	0.35	0	70	33.04
-77	-60.6	0.008	0.011	0.06	—	70	33.04

3003/1100をシールドガス65%He+35%Ar.であり<sup>44)</sup>, Table26は5086/5356をシールドガス100%Arを用いてミグ溶接を行った場合であるが<sup>45)</sup>, シールドガスの露点が-40~-45°C以上ではブローホールは急激に増大している。このことからアルミニウム合金の溶接に際してはシールドガスを流した状態でトーチ先端での露点が少なくとも-45°C以下になるように管理することが防止対策の要点となる。

高温多湿の環境ではブローホールを生じやすい。Fig. 59<sup>46)</sup>に示すように相対湿度85%以上ではブローホール防止に対し特別な配慮が必要である。すなわち雨期や夏期に溶接を行う場合は湿度コントロールを要求される場合がある。ただし Fig.60に示すようなワイヤ送給系統あるいは Ar ガス送給系統に防湿処置を講ずることにより、相対湿度が95%の高湿度雰囲気でもシールドガス中の水分量を100 ppm以下(露点-50°C以下)に抑えることが可能となる<sup>46)</sup>。

Fig.61に示すようにシールドガスのプリフローがブローホール防止に有効であることが実証されている<sup>46)</sup>。

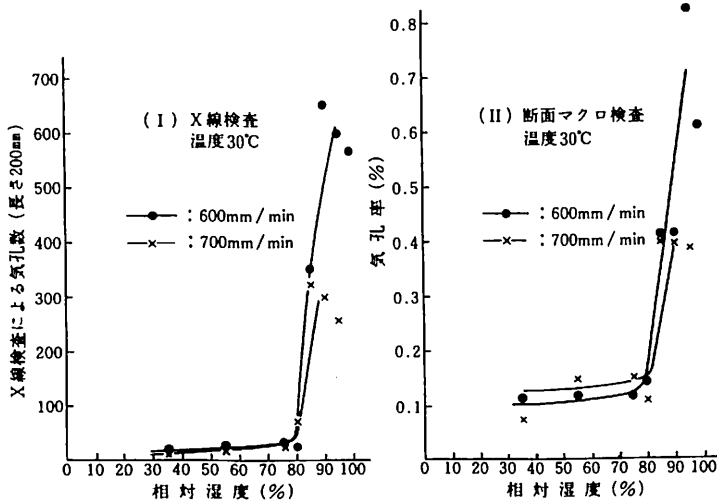
アルゴンにヘリウムを添加した場合の適正溶接条件範囲とブローホール量との関係を Fig.62に示す<sup>47)</sup>。Fig. 62では溶接速度は1,016 mm/minであるが、この場合電流および電圧の広い範囲にわたって健全な溶接が行える

は、65%He-35%Arであり、100%Arでは健全な溶接が行える電圧範囲が狭くなる<sup>43)</sup>ことがわかる。この原因としては、ヘリウム添加により電位傾度が大きくなり、アークが安定化することが考えられる。また、

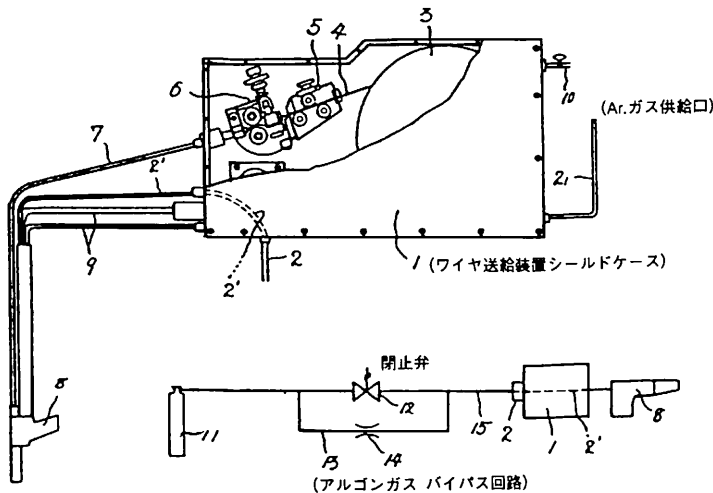
ブローホールもヘリウムガスの添加により少なくなる傾向を示している。

なお永岡<sup>42)</sup>は、5083-O溶接部のブローホールの発生に影響を及ぼす要因の中で実際の溶接施工と関連の深い溶接条件、雰囲気湿度、突合わせ溶接における開先ルートの密着部、表面酸化皮膜、溶接スタートにおけ

ミグ溶接，横向，ビードオンプレート（290A，24V）



▲ Fig. 59 ブローホール数におよぼす雰囲気湿度の影響<sup>46)</sup>



▲ Fig. 60 ブローホールの防止を考慮したコンベンショナルMIG装置 (IH1特許)

るガスプリフローを取り挙げ、これらの要因のブローホール生成のための水素源としての寄与の仕方を明らかにし、それにもとづき溶接施工時のブローホール防止対策を検討し、次のように要約している。

1) 5083-O溶接部に生じるブローホールは溶接条件により影響を受ける。まず、電圧に対しては、電圧が高過ぎる場合シールド不良、低すぎる場合スパッタ発生時の空気の巻き込みによりブローホールが多く生じる。この傾向は電流値が異なっても同様であるが、電流が高い方がブローホールの発生は少ない。温度20℃、湿度70%のもとでは空気の巻き込みの許容量は1.5%が日安となり、温度、湿度が高くなる程、空気巻き込み

の影響は大きくなる。

2) 雰囲気湿度はブローホールの発生に大きな影響を及ぼす。すなわち、相対湿度が80%以下では湿度の変化によるブローホール量の変化は少なく、また、その絶対量も少ないが、85%以上の高湿度域になるとブローホールは急激に増加し始める。

3) 85%以上の高湿度域で生じる多くのブローホールは、心線、コンジットあるいはガスホース内面に吸着、結露する水分に起因する。ゆえに、このような因子を取り除くことにより、高湿度域におけるブローホールの多発を効果的に防止することができる。

4) シールドガス中の水分量と溶接部のブローホール量は、その実験方法によってデータに差異がある。一定の関係を見出すことはむずかしく解明すべき問題点はお残されているが、すくなくともシールドガス中の水分量が100 ppm以下であれば、ブローホールの発生は問題とならない。

5) 突合わせ溶接においてミグ、ティグ法とも開先ルートの密着部の影響が大きく、開先ルート密着部に残留する空気中の水分および水素がブローホール発生 の要因となる。

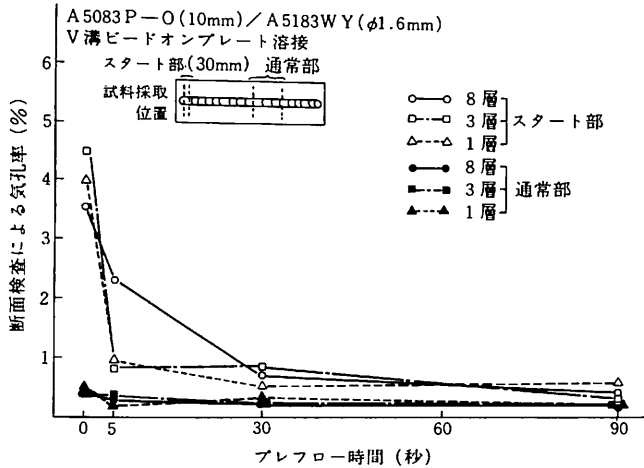
6) 溶接熱によって収縮しない程度のルートギャップをとり、開先ルート密着部の空気をシールドガスにより置換すれば、開先ルートに残留する空気中の水分および水素が原因となって発生するブローホールを大幅に減少させることができる。

また、ギャップの設定が困難な構造物においては、突合わせ溶接にあたり表はつり、裏はつり処理を行い初層に生じたブローホールを除去することによりブローホールを減少して施工することが可能となる。

7) 母材圧延時に生じた表面の酸化皮膜はその厚さが2,000 Å以上あり、酸化皮膜中に含まれる結晶水が水素源となりブローホール生成の一因となる。

8) 圧延時に生じた酸化皮膜を機械加工などによりいったん除去すればその後生じる酸化皮膜は非常に薄く(250 Å以下)、ブローホール生成には寄与しない。したがって、交流ティグによる裏波溶接あるいはクリーニン





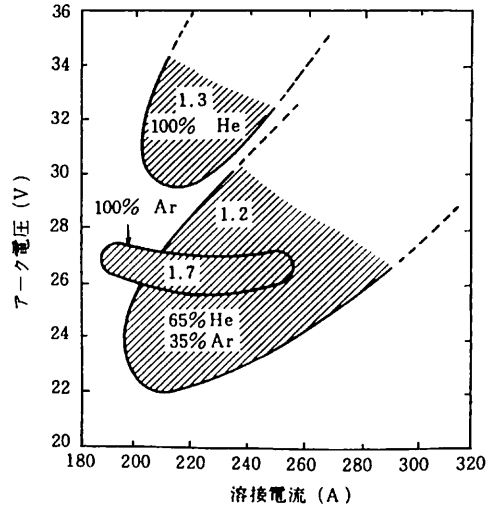
▲ Fig.61 スタート部および通常部のブローホール率に及ぼすプレフロー時間の影響<sup>46)</sup>

▲ Table27 総合的な見地からのブローホール防止対策

要因	防止対策
設計	1. 気孔の生じ易い箇所を設計段階で取り除く a) 横向・上向姿勢溶接部の減少 b) 難姿勢あるいは複雑な形状の溶接箇所をなくす。 2. 溶接線を減少する。 a) 幅の広い板材の使用 b) 形材の使用
施工および施工管理	1. 適正な溶接条件を選定する。 a) 板厚, 溶接姿勢, 溶接法ごとの適正な電流, 電圧, 溶接速度の選定。 b) シールドガス流量の選定 2. 適正な前処理法を採用する。 a) 板表面のほこりの除去, 開先面のアセトン脱脂 b) 酸化皮膜の除去。 3. 母材, 溶加材を管理する。 a) 母材, 開先面の保護。 b) 溶加材の乾燥炉または清浄な場所での保管。 4. 溶接機器を点検する。 a) トーチの水もれの有無の確認。 b) トーチ先端でのシールドガスの露点の計測。 c) 作業開始時のテストアーク出しによるアーク状態の確認 5. 適正なスタートの処置をする。 a) ガスプリフローの実施 b) タブ板の使用 c) ビード継目の処理 (前層のスタート部の除去) 6. 環境管理を行う a) 高湿度下での防湿処置。 b) 溶接時の防風処置 c) ちり, ほこりの除去。
検査	1. 実際の施工前に試験板での検査を実施し、施工法が適正かどうかを確認する。 2. 構造物建造の初期段階で検査を導入する。 3. 検査結果を溶接監督へ迅速にフィードバックする。

グアクションのないDCSPティグ溶接では溶接前に圧延時に生じた酸化皮膜を除去して溶接するのが望ましい。

9) 溶接スタート部にはミグ法, 交流ティグ法とともに後



注) 1) 図中の数字は気孔の平均レーティングナンバー  
 2) 母材 A5052, 電極ワイヤ A5154, ミグ上向溶接 (直流通電圧特性)

▲ Fig.62 Ar-Heガスを使用した場合の溶接条件とブローホール量との関係<sup>47)</sup>

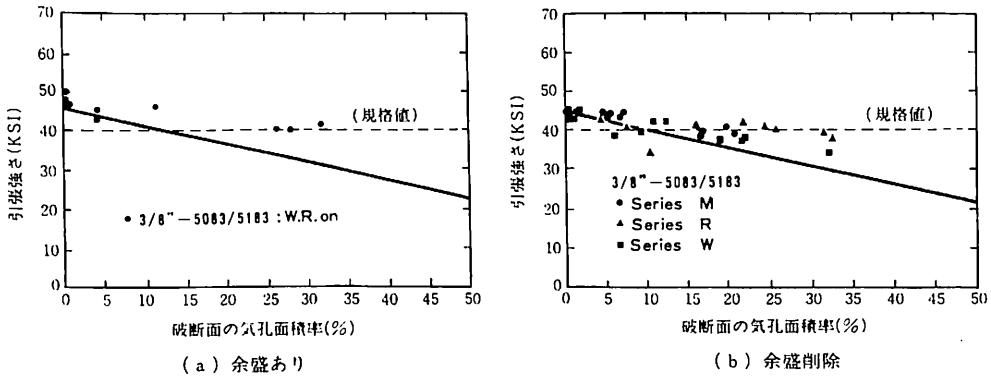
続のビードに比べて多くのブローホールを生じる。これは、まず第1に、ガスホースあるいはトーチ内に残留していた空気をもっとも大きな原因となっており、溶接前の30秒程度のアルゴンガスプリフローにより、スタート部のブローホールの80%以上を防止することができる。また、スタート時のアークの乱れもブローホールを生じる一因となっている。

10) アルミニウム合金の溶接においては設計, 施工, 施工管理, 検査を含めた総合的なブローホール防止対策をとればブローホールの少ない高品質の構造物の建造が可能である。

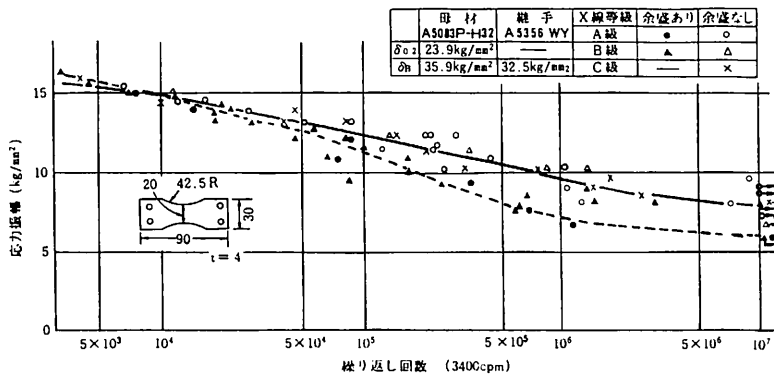
Table27は総合的な見地からのブローホール防止対策を整理して示したものである。

(3) ブローホールが機械的性質に及ぼす影響  
 アルミニウム合金溶接部のブローホールが継手の強度, 破壊靱性, 疲労強度等機械的性質に及ぼす影響については今日まで数多くの実験, 研究が行われ, 発表されている。それらの中から代表的なものを2, 3紹介する。

Lawrence等<sup>47)</sup>は溶接金属のマイクロポロシティとマクロポロシティの面積の和を総ポロシティ (ブローホールまたは気孔) とし総ブローホール面積と破壊面積の比から面積ブローホール率を算出, 強度との関係を求めている。Fig.63は, 5083/5183の板厚 3/8" (9.5 mm) の余盛あり, 余盛削除の結果の例である。



▲ Fig. 63 静的引張強さに及ぼすブローホールの影響 (5083/5183: 板厚 3/8 in)<sup>47)</sup>



▲ Fig. 64 ブローホールの影響<sup>48)</sup> (5083-H32/5356) ( $\sigma_{mean} = 0$ )

この傾向は母材-溶加材の組合せがちがってもかわらないことが述べられている。

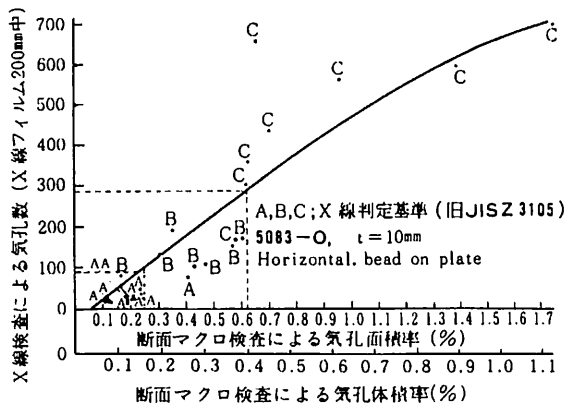
Fig.64<sup>48)</sup>は板厚4mmの5083/5356継手のシェンク式曲げ疲れ試験の結果でブローホール量はJIS・Z・3105によるX線等級で分類(A, B, Cは旧JISによる分類で現JISではほぼ1級, 2級および3~4級に相当する)を行い, 余盛あり, 余盛なし, いずれの場合もX線等級による疲れ強さの差は現われていない。

これは余盛ありの場合, 疲れ強さはブローホールよりも余盛止端部の応力集中が支配的であること, また余盛なしでは, 疲れ強さに影響する比較的大きいブローホールは大部分が余盛部に存在し, これを削除することにより消滅することによるものである。

疲れ強さの低下をブローホールによる断面減少率で評価したものにShore等<sup>49)</sup>の実験がある。Shoreらは7039-T6151/5039の余盛削除した継手を用いて片振引張疲れ試験(応力比R=0)を行い, 応力振幅を一定にしてブローホール量を変化させた継手の破壊までの繰返し数を調べている。この結果7039/5039継手ではブローホールによる断面減少率にはほぼ比例して破断寿命(破断までの繰返し数)は低下するが断面減少率が1~3%ではほとんど無欠陥継手との差はないことが示されている。

Fig.65は断面から求めたブローホール面積率および断面のブローホール径から計算により求めたブローホール体積率とX線等級(JIS Z 3105)の関係を調べたものである<sup>50)</sup>。ここで用いたX線等級分類A, B, C級は旧JISによるもので, 現JISの等級分類では順にほぼ1級, 2級, 3~4級に相当すると考えてよい。

通常重要構造物ではX線等級分類でJIS・2級(旧



▲ Fig.65 アルミニウム合金(ミグ溶接部)のブローホール量の測定における断面マクロ検査法とX線検査法の相関<sup>42) 50)</sup>

図中の実線は引張強さはブローホールによる断面積の減少に比例して低下するとして引いた計算値である。これらの図から余盛あり, 余盛削除いずれも, 引張強さはブローホールによる断面積の減少率に比例することを示しており, ブローホールによる断面積の減少率が10%程度あっても規格強度を満足していることが示されており,

JIS分類ではB級)以上を合格とする基準が多いが、JIS 2級(旧JIS・B級)はブローホール面積率にして0.6%程度以下であることが示されている。

アルミニウム合金のブローホールと機械的性質の関係について多くの文献およびそれらの解析結果から現時点では著者は次のように解釈している。

1) アルミニウムの場合、常温での水素の固溶度がほとんどないので、鋼と異なり固溶した拡散性水素が極めて少なく、水素脆性などによる割れ発生の問題がない。したがってアルミニウムの溶接における水素の影響はブローホールとしてのみとらえればよく、それは単純に断面積の減少率としてのみ考えれば充分である。

この場合、ブローホールによる断面積の減少量が5%程度であれば機械的性質への影響は小さい。

2) アルミニウムの溶接において通常管理状態にある標準的な溶接ではJIS Z 3105の2級およびASME Codeの合格基準における破面のブローホール面積率は1%程度と考えられ、1%程度の断面積の減少があっても機械的性質への影響はほとんどない。したがって合否判定規準として現行JIS 2級以上と定めるのは妥当であるといえる。

3) アルミニウムの溶接では現行JIS Z 3105の2級以上であれば、その品質は充分管理されていると判断してよいようである。

4) ブローホール面積率から考えてJISの2級よりも下位のたとえば3級の上位に属する欠点数も許容してよいと考えられるが、3級の上位のものが多く含まれる溶接では、その溶接は必ずしも充分管理されているとはいえない場合が多く、X線フィルム上の欠点数以上にミクロ的ポロシティを多く含有するおそれがあり、結果的に品質の劣る溶接部となる可能性がある。したがって、重要構造物では2級以上を合格とするのが品質管理上も好ましいといえる。

〔参考文献〕

- 41) 益本, 篠田: 溶接金属の気孔について, 溶接学会誌, Vol. 39, 1970
- 42) 永岡: Al-Mg合金5083-O厚板の溶接に関する研究, 学位論文, 1982/11.
- 43) 軽金属溶接構造協会(気孔防止研究委員会): アルミニウムおよびアルミニウム合金溶接部の気孔発生のメカニズム, 1982
- 44) J.A.Liptak, F.R.Basinger: Welding Journal, 47, 1968
- 45) R.F.Ashton, R.P.Wesley, C.R.Dixon:

Welding Journal, 54, 1975

- 46) 栗山, 簗田, 永岡, 石川: アルミニウム合金溶接部の気孔防止, 石川島播磨技報, Vol. 15, 1975
- 47) F.V.Lawience, Jr., W.H.Hunse: WRC Bulletin No 181, 1973
- 48) 西牧, 森口, 郷: 構造用アルミニウム合金の疲れ強さについて, 関西造船協会誌第121号, 1966
- 49) R.J.Shore, R.B.McCauley: Welding Journal, 1970
- 50) 簗田, 入沢: アルミニウム合金溶接部の気孔が機械的性質に及ぼす影響, 軽金属溶接, Vol. 14, 1976

● 新刊紹介

新しい船の科学

コンピュータ帆船から宙に浮く船まで

池田 良穂 著

175 mm / 238 頁 / 定価 760 円 /

著者をご承知のように大阪府立大学工学部海洋システム工学科助教授で、船舶の最新の研究を初め客船の紹介、船旅のすばらしさを語りつつ各方面で活躍されている。

本書は一般の人々が抱えている「船は少しも変わっていないのではないか」という思い込みに対して、実は大いに変ってきていることを詳しく分かり易く紹介している。

第1章では「活躍する新型船」として、最近の新船型船、各種水中翼船、双胴型との組み合わせ、波浪貫通型、動揺低減型船、豪華クルーズ船、LNGから液体水素の運搬船、トラック運送の代替(モーダルシフト)から超高速50ノットの貨物船テクノスーパーライナーに及んでいる。航法も人工衛星利用で高精度化され、海底探査も既に6,500 m潜れる船、観光潜水船までが現われていることを写真や図を入れて説明してある。

第2章は「船を浮かべる力—浮力」、第3章は船を起き上がらせる力—復原力」、第4章は「船が進むのをじゃまする力—抵抗」、第5章は「船を進める力—推進器」、第6章「船を揺らす力—船体運動」、第7章「船をあやつる仕組み—操縦性」、第8章「省エネルギーへの挑戦」、第9章「人と地球にやさしい船」、の各表題で判るように造船工学の基本的な問題をやさしく解説しながら、その中に現われたごく最新の研究成果と新しい開発の方向が示されている。

発行所 株式会社 講談社 Tel 03-5395-3626  
〒112-01 東京都文京区音羽2-12-21

## ● 技術論説

## 船会社の造船技術者より見た造船の諸問題

— より良き船を造るために —

(2)

松 宮 熙\*

## ④ 船内作業の安全性：

船内作業の主なもの、次の5つ位に分けられると思われる。

- A. 係船作業（運河通過準備作業を含む）
- B. 荷役作業（食料・船用品積込作業を含む）
- C. 保守点検／塗装作業（Tank内点検を含む）
- D. 船内作業の安全設備の範囲

船内作業時には、安全靴・安全帽・安全Band・手袋を使用するのは当然のこととして、船内作業の安全問題を考えて見たいと思う。

## A. 係船作業（運河通過準備を含む）

## (A) 係船作業時発生する災害の原因：

- (a) 係船作業／喫水・干満調整作業時のWireまたはHawserの切断／根付け部の外れまたはRollerからの外れによって跳ねられること。
- (b) Bollardへの巻付け作業時またはWarping End使用時の転倒および手・足・指の挟込み
- (c) Anchor Chainの切断、Chainの暴走によるChainの根止めの破断
- (d) Snatch Block, Wire Nipperの破断または取外れ
- (e) 離着岸作業時の岸壁側の見越し難および関係不足
- (f) その他

この内最も危険なのは(a), (c)で、最も多いのは(b)と思う。

## (B) 係船時の災害防止対策：

下記の事に配慮すればかなりの効果があるものと思う。

- (a) 係船作業で動き廻る範囲のDeckに十分滑止め塗装をする。
- (b) WireのEyesplice部は十分な強度を持ち抜けないように丁寧に加工し、Tarred Marlineで保護してあるものは内部の腐食に十分気を付ける。
- (c) EyespliceをせずClipを使用する場合は使用法を十分検討し、抜けないように丁寧に取り付ける。

(d) Wireが摺れたり挟みこみが起きる船体構造物および艀装品の部分には、Wire摺れを付けたりSharp Edgeをなくすようにする。

(e) Roller類およびWindlass Brakeの整備。

(f) F'cle/ Poop Deckの係船作業AreaのSide Lineよりの岸壁側見越しの改善。

(g) 係船中の喫水・干満によるHawser/Wire Ropeの調整作業は2人以上で行う。

B. 荷役作業（艀内昇降、食料・船用品積込を含む）：  
Liquid Cargoを除きDry Cargoの荷役作業時の災害の主な原因を次の3つの作業の場合について考えて見る。

## (A) 荷役準備作業中（跡片付を含む）：

- (a) Steel Hatch Cover/Side Port Door開閉作業時：Typeによって異なるがHatch Cover/Doorからの転落、開閉中のHatch Coverの暴走、Roller等に挟み込まれ
- (b) Derrick Boom Set & Storing時：  
Topping Lift, Guy Ropeの切断／根付けの外れに依るBoomの落下、Hanger WinchのStopperの故障等
- (c) Deck Crane, Travelling Crane Set & Storing時Limit Switchの故障、運転台への昇降時の転落
- (d) Midship Ramp, Stern Ramp, Shore Ramp, Bow Door等のSet/開閉：  
Limit Switchの故障、Winch切替Lever操作Miss
- (B) 荷役機器作動中：
- (a) Wire, Rope類の切断／根付けの外れ
- (b) Cargo Block類の破損
- (c) Boom段取替え中の他Boom/Guy Ropeとの接触
- (d) Limit Switch類の故障
- (e) Over Load, 斜め引き、小Boom/Jib Angle等のMiss Operation

\* 株式会社 ピー・エム・シー

Pacific Marine Consultants 代表取締役

(f) Jib Crane の転倒

(C) 艙内作業中 (艙内水洗清掃作業を含む) :

- (a) 艙内梯子 (Hatch Coaming / Pillar 付梯子を含む) よりの昇降中転落
- (b) 2nd / 3rd Deck Hatch Coaming よりの転落
- (c) 積荷の落下, 荷崩れ, 積荷の移動, Cargo Hook または積荷との接触
- (d) 車両積込中の接触, Ramp Way よりの転落, 背打ち鼻打ち, 腹打ち, Elevator Opening よりの転落

(D) 港湾荷役規則および事故対策 :

荷役作業中の事故に関しては, Australian / Indian Dock Regulation 等の各港湾荷役規則で荷役機器, Hold Ladder 等が規制され Stevedore の安全はかなり確保されていると思われるが, 事故を減らすには更に下記の保守点検, 配慮が必要と思う。

- (a) 各 Rope, Block, Limit Switch 類の保守点検
- (b) 各荷役機器類の Block 類の保守点検
- (c) 2nd / 3rd Deck の 3 feet Line 等安全通路の確保
- (d) 車両積込速度制限
- (e) 各港湾荷役規則の遵守

C. 保守点検 / 塗装作業 (Tank 内点検を含む) :

(A) 機器類の保守点検と塗装作業時の災害

これ等の作業時の災害は高所で発生する場合が多く, これを防ぐ対策として下記の設備をすれば, かなり安全は確保できると思う。

- (a) 安全昇降梯子用 Back Stay
- (b) 横移動用足場および Hand Grip
- (c) 安全 Band 掛け用 Steel Bar
- (d) 作業補助用 Cleat
- (e) Stage 吊り用 Steel Bar

(B) Tank 内点検 / 作業時の災害

Tank 内は一般に狭く暗い上滑り易く, 頭を打ちついたり水平の Lightning Hole 等の転落の危険のある場所が多く, また酸欠の恐れのある Tank もあるので内部点検は余程慎重に行わないと人身事故につながる。

Tank 災害の防止対策として下記を実施する必要があると思う。

- (a) 事前の Tank 内 Gas 検知
- (b) 水平 Lightning Hole 転落防止 Bar 取付
- (c) 転落防止用 Hand Rail 取付
- (d) Tank 内 Floor の Lightning Hole に潜り抜け用 Hand Grip & Step 取付
- (e) Floor 乗越用 Hand Grip & Step 取付
- (f) その他必要箇所 Hand Grip & Step 取付
- (g) 昇降 Ladder (L ≤ 5 m) 交互設置

(h) Tank 内船殻状況詳細検査用足場の設置

D. 艙内作業の安全設備の範囲 :

艙内作業の安全のための設備は極めて対象が多く総て施行することは出来ないで, 船主 / 造船所間で施工の範囲を常識の範囲で取決め Trouble を避けるのが良いと思う。

⑤ 積荷の安全性 :

A. 在来型定航貨物船 :

(A) Cargo Damage の種類 :

- (a) 積荷の荷崩れ, 破損, 濡損, 汚損
- (b) 積荷の荷崩れ, 変質, 変色, 発錆
- (c) 積荷の荷崩れ, かび / 臭気の付着等が主なものとする。

(B) Cargo Damage の原因 :

- (a) Rolling / Pitching による Lashing / Shoring の緩み
- (b) 通風不足
- (c) Hatch よりの漏水, 艙内 Pipe 類の漏洩および隣接 Tank / 外板より漏洩
- (d) F.O. Tank の Heating の熱影響等が主なものとする。

(C) Cargo Damage を防止する基本対策 :

- (a) 定期的および時化後の艙内および甲板上積荷点検
  - (b) 定期的および時化後の艙内漏水 / 浸水調査
  - (c) 定期的艙内温度・湿度管理等
- Cargo Attend の善し悪しが積荷の安全につながり Cargo Damage を如何に防ぐかが運送技術の問題で定航各社が鎬を削った。

B. Bulk / Ore Carrier :

艙内点検は難しい場合が多い。Hatch Cover を解放して積荷表面の Check や Hold Bilge の Sounding 等で Hold の漏水 / 浸水を発見し得ても, 対応処置をすることが難しい場合が多い。

C. Vehicle Carrier :

(A) Cargo Damage の種類 :

- (a) 車両の凹損, 掻き傷
  - (b) 車両の汚損, 塗装の変色
  - (c) 車両の火災等
- が主なものと思う。

(B) Cargo Damage の原因 :

- (a) Rolling / Pitching による Lashing の緩み
- (b) Midship Ramp / Shore Ramp よりの漏水
- (c) 艙内 Pipe 類の漏洩, 積載車両の油漏れ等

(C) Cargo Damage を防止する基本対策 :

艙内点検の定航貨物船並の点検



D. Container 船：

靑波による On Deck Containerの流失・破損が主なものと思うが、適切な操船と定期的および時化後の Lashing 点検を実施すれば Damage はかなり防止できると思う。

E. Dry Cargo 安全輸送：

Dry Cargo の安全輸送に共通して基本的に重要な事項は次の3点であると思う。

- (A) きめ細かな積荷の点検
- (B) 定期的 Tank および Hold Bilge Sounding (船自体の安全の確認からも必要)
- (C) 船殻、艀装、Pipe類、塗装の十分な保守管理

⑥ 船の火災：

A. 統計資料による船舶火災の実態および原因：

船舶火災の実態を調査した海難審判庁の資料\*によると次のようになっている。

(A) 火災の実態：

(a) 船種別

漁 船 ( 230 )	64.9 %	貨物船 ( 85 )	24.0 %
油槽船 ( 12 )	3.4 %	その他 ( 27 )	7.7 %

漁船と貨物船で全体の約90%を占めている。

(b) G/T 別

300 未満	77.6 %	500 ~ 1,000	4.0 %
300 ~ 500	11.3 %	3,000 ~ 5,000	1.4 %
1,000 ~ 3,000	1.7 %	10,000 ~ 30,000	0.6 %
5,000 ~ 10,000	1.4 %	30,000 以上	2.0 %

300 G/T 未満が約80%、1,000 G/T 未満が約93%を占めている。

(c) 作業形態別

無作業中	54.3 %	荷役中	5.1 %
------	--------	-----	-------

(d) 運航形態別

航 走 中	55.0 %	着岸/錨泊中	30.8 %
-------	--------	--------	--------

(e) 発火場所別

機 関 室	59.9 %	船 員 室	16.7 %
調 理 室	6.2 %	貨 物 艀	2.8 %

機関室と船員室で約80%を占めている。

(B) 火災の原因：

- (a) 火気取扱の不注意…………… 21.2 %  
寝煙草、煙草・マッチの投げ捨て・煙草の火の不始末、溶接溶断作業時の火玉の飛散等
- (b) 整備点検不十分…………… 18.4 %

電線の外傷、絶縁低下、油管の破損・接合部の緩み、自動装置故障、排気管過熱等

- (c) 設備、器具の設置、取扱位置の不適切…………… 13.1 %  
振動防止装置不十分、オーバーフロー管の不備、油面計へのビニール管の使用
- (d) 設備、器具の取扱方法の不良…………… 11.5 %  
油量調整等の誤操作、配電盤・発電機および充電機等による過熱・短絡等
- (e) 可燃物の取扱の不注意…………… 9.5 %  
送油量の過多等
- (f) 部下指導監督不十分…………… 7.2 %

これ等で全体の約80%を占めている。

(C) 火災の全体的傾向：

漁船と貨物船で全体の約90%を占め、300 G/T未満が全体の約80%でその75%が漁船で、火災発生場所は機関室が全体の約60%で原因のほとんどが Human Error となっている。

B. 消火および火災探知の問題点：

(A) 在来貨物船の場合

火災の中では綿花の火災が一番厄介で、水を掛けても中に浸透せず、CO<sub>2</sub> Gasを放出しても空気となかなか置換しないため消火出来ず、CO<sub>2</sub> Gasを艀内に封入し空気を遮断して徐々に艀内温度が下がるまで待つしか、今の処良い方法はなさそうである。

綿花と同様に煙草の葉、Roll 紙等も水を弾くので消火が大変なので、東京消防庁の消防科学研究所にこれ等の消火に効果のある浸透性の優れた不燃性の化学薬品の有無を尋ねたが、このような化学薬品は無く研究もしていないし、研究する予定もない由である。

この点 Container Shipは火薬のようなものを積まない限り安全と言える。

(B) 自動車運搬船の場合：

(a) 火災の被害

自動車運搬船の場合も火災の被害は大きく、直接火に当たらなくても、煙に巻かれただけで、火災の臭いが車両に着き売り物にならず廃却処分になる由である。

PCCには2~3 Deckに渡る防火区画が幾つかあり、区画の一つが火災に遭うとその区画に積載された車両は、ほとんど全部廃却処分の対象になっても、それ以外の区画の車両まで問題になることは少ないと思われる。

(b) 火災の発生

自動車運搬船の火災は、北米向けを例にとると、日本を出帆してから大体一週間前後で火災が発生しているが、原因の第一は車両積込の Driver の煙草の火の不始末で、次いで電氣的な原因に依るものと思われる火災があるが、

\* 昭和49年~58年の10年間の354件の裁決記録、昭和61年2月公表、これ以降の調査記録はない。

今もって何故電氣的な火災が発生したのか分からない現状である。

(c) Fire Detector 性能 Test

PCCのDetectorは船級協会の規則で各防火区画の最上部のDeckの裏側に設置すれば良かった(最近各Deck毎に設置するよう指導されている)ので、下部のDeckで発生した火災の煙がどのようにLashing Holeを通して上のDeckに昇りDetectorに達するか、PCCの建造中に発煙筒を燃やしてTestしたことがある。

このTestで煙は直上のDeckまではすぐ上昇するがLashing Holeを直には通らず横に流れDeck Girder/Deck Transで一旦止まりDeck Girder/Deck Transの深さまで煙がたまって初めてLashing Holeを通して上のDeckに煙が上昇したが、この間約10分位であった。

2 Deck上にDetectorがあったが、このDetectorが煙を感知するのに十分な発煙筒を準備していなかったため煙が足りず途中でTestを終わらざるを得なかった。

(d) Test結果からのAlarmまでの推定時間

1回のTestだけで推定するのは乱暴な話であるが、Detectorの位置によって検知までの時間が異なるので発火点の鉛直上の各DeckにDetectorがあると仮定して、Alarmが鳴るまでの時間を次のように推定した。

Detectorの位置と時間

- ㊶ 直上にある場合 5分
- ㊷ 1 Deck上にある場合 20分
- ㊸ 2 Deck上にある場合 60分以上

(Detector～本体間は2分と仮定)

この結果からPCCで防火区画の最上層にDetectorの設置を認めた船級協会の規則は、極めて不十分であると考えていたが、最近各Detector1個当たりの $m^2$ を増やしたり、Detector間の距離/Detectorと外板間/DetectorとWall間の距離を緩和して、各Deckに設置されるようになった。

(C) 乗組員の体験:

船火事を体験した定航路/Vehicle Carrierの乗組員の話をつか聞いたことがあるが、共通しているのは最初に異常に気付くのは臭いで、次にVentilator/Derrick Postからの煙で何れもFire DetectorのAlarmが鳴るよりかなり前であった由である。

船舶の火災の原因は種々研究されているが、火災を根絶することは難しく、有効な防火/火災探知/消火の研究の方向に進まざるを得ないと思われるが、上記の乗組員の体験は極めて貴重であると思う。

C. 火災の早期発見・初期消火と予防:

火災は早期発見と初期消火が被害を最小限に止める基本的な事項であることはいうまでもないが、早期発見以前の問題として、予防対策を如何に行うかも重要で、これ等の方策を取上げてみたいと思う。

(A) 防火意識の徹底

船内火気取扱に関する指導・監督の強化、防火に関する基礎知識の普及・啓発

(B) 防火計画の策定の防火訓練の実施

(C) 荷役関係者の喫煙・火気取扱の規制および管理

(D) 定期的艙内点検

(E) 設備、器具等の安全確保および消防設備の整備

(F) Detectorの増設および臭いに依る火災探知Systemの開発

(G) 油槽船については静電気防止対策の実施

Earth, SUS Plateの取付、電導Paint、静電気付着防止服・手袋の採用等

⑦ 安全性の対価:

船舶の安全性は船舶安全法および関係各規程、各船級協会規則、SOLAS条約等により確保されているが、各種海難事故の統計、原因の分析等により対策が立てられ、安全性関係の研究が進むに従い、年々規則が広範かつ厳しくなっており、新造船は勿論在来船も安全性確保のための費用が、確実に増加することは否めないと思われる。

この他RuleやRegulationに左右されない船内交通・各種作業等の安全性も時代と共に向上し、船全体としての安全性が高まって行くにつれ、船主の経済的負担はMaintenanceの費用も含めかなりのものと考えられるが、人命・積荷の安全のための当然の義務として、船主が負担すべきもので、これを受け入れない船主は船を持つ資格がないと考える。

(2) 環境汚染:

① 海洋汚染:

海水汚染は、国際法としてはMARPOL、国内法としては海洋汚染防止法によって、油・汚水・廃棄物の排出が規制されている。

Oil Tankerに対する規制は油の大量流失事故、特に1989年EXXON VALDEZ号の事故は地球環境を守る運動の盛り上がりをもたせた。

1990年8月AmericaはAmericaの経済水域を航行する新造Tankerに対しDouble Hullを強制するThe Oil Pollution Act of 1990(OPA90)を決議し、一方IMOは1992年3月海洋汚染防止条約を改正し、新造Tankerに対しDouble Hull, Middeckおよび同等の機能要件を満足(Performance Standard)するよう規制したことは周知のことである。

この Performance Standard に基づく船体設計を行うには、数値 Simulation Program を開発し衝突および座礁の場合の破壊がどれ位になるか正確に予測する必要がある。

しかし変形と破壊を伴う現象には Scale Effect があるので、Full Scale の実験の結果を取入れて数値 Simulation Program を改良する必要がある。

ここでは現在どのような衝突・座礁に関する研究が進められているか主なものを紹介する。

#### A. 日本造船研究協会 RR61 :

二重殻構造に対し座礁時の船底の亀裂長さを求める簡易計算法を開発し実験との比較の結果、妥当性が認められた他、Mid-Deck Tanker, 負圧式 Tanker につき油流失防止効果、実用性、安全性、経済性の検討、二重殻構造との比較を行い、Mid-Deck Tanker は二重殻構造と同等以上であるが、負圧式 Tanker は信頼性に問題があるように報じられている。

#### B. 造船業 基盤整備事業協会 (ASIS) :

##### (A) Tanker の破壊事例の研究

##### (B) 破壊予測技術の研究 :

##### (a) 構造模型破壊実験

##### a. 要素模型実験

##### b. 構造模型座礁実験

##### c. 構造模型衝突実験

##### (b) 実 Tanker 衝突実験

##### (c) 衝突時の船体運動の予測研究

##### (d) 数値 Simulation による衝突・座礁解析方法の開発

##### (C) 油流失予測技術および期待値の研究 :

##### (D) 新形式 Tanker の設計研究 :

以上の研究が1991~1997年までの Schedule で行われている。

##### (E) オランダにおける実 Tanker 衝突実験 :

1991年オランダ海事研究財団と共同で世界初の長さ80mの実 Tanker 同士の衝突実験は4回にわたり行われ、衝突力・貫入量・被衝突 Tanker の歪および両 Tanker の動きが計測され、溶接部の破断強度が問題であること、Doubleの方がSingle Hullより優れていることが判明し実験は多大の成果を挙げた。

##### (F) 三菱長崎における構造模型破壊実験 :

構造模型破壊実験は三菱長崎で1994年まで続けられ、1997年には Performance Standard に基づく船体設計が可能になるものと思う。

これは Tanker の設計のみでなく、他の船舶の構造設計にも応用し得ると思われる。

##### (G) その他の研究 :

##### (a) Denmark の Great Belt Link の橋脚への衝突に対する研究

##### (b) DnV の油流失の確率的 Model および衝突・座礁

##### (c) Model の開発

##### (d) MIT の座礁と油流失に関する Project での Personal Computer で動く Program "Damage" 等の開発

#### ② 大気汚染 :

大気汚染の問題は、化石燃料の燃焼で発生する NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> 等による酸性雨による森林破壊、CO<sub>2</sub> による地球の温暖化、Freon Gas による Ozone 層の破壊等汚染は地球規模で拡大し、港湾に近い都市部でも大気汚染は無視できない問題となっていることは良く知られている。

このため IMO でも2000年までに船舶の NO<sub>x</sub> を30%, SO<sub>x</sub> を50%削減する排気規制案が検討され始めている。これに対し我が国でも船舶から排出される NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> 等を削減する研究開発を、運輸省からの補助金を得て造船業基盤整備事業協会 (ASIS) が平成3年度から7年計画で実施している。

この研究開発の現状と課題および今後の Schedule はおおよそ下記の通りである。

#### (A) 実船排気ガス計測と計測結果 :

##### (a) 排気ガス中の NO<sub>x</sub> と SO<sub>2</sub> の最高濃度

	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
2 Cycle Diesel	2,200 ppm	445 ppm
4 Cycle Diesel	1,950	510

この濃度は自動車、飛行機に比べかなり高い。

##### (b) 燃費 NO<sub>x</sub> は相容れず、燃費を良くすると NO<sub>x</sub> は増加し、NO<sub>x</sub> を減らそうとすると燃費が悪くなる。

#### (B) 脱硝技術の開発と課題 :

##### (a) NO<sub>x</sub> の削減には SCR 法\* が有効であるが船舶用にするにはかなりの改良が必要

##### (b) 船舶用脱硝装置の課題

##### a. 装置の小型化の研究

外航 Container Ship の場合、現在の脱硝装置を従来の Engine Room に配置すると、Engine Rm. の長さを 1.6 m, Engine Casing の高さを 5.5 m 高くする必要がある、小型化が要求される。Bulk Carrier や内航 Ferry でも Engine Room を大きくする必要がある。

##### b. 低温での触媒の活性化と NO<sub>2</sub> の発生の研究および

\* 排気ガスから NO<sub>x</sub> をチタンバナジウムなどの触媒を使いアンモニアなどの還元剤で効率的に還元し除去する技術

び新触媒の開発

- c. 低Costで取扱い容易な還元剤の開発
- d. 灰塵・腐食性物質の除去方法の開発
- e. その他

(C) 研究開発の Schedule :

- (a) 触媒・還元剤関係 1991~1995
- (b) 総合 System の設計 1995~1997

環境汚染防止運動は今後ますます広がり、規制も年々厳しくなると考えられ、その分新造船はじめ既存船に負担が掛かるが、当然のこととして受け入れる必要があると思う。

4. 他の交通機関との比較

船舶と他の交通機関との優劣の比較は、ある限定された条件では比較し得ても、全般的に比較するには同じ条件での各交通機関の Data を入手する必要がある。しかし各交通機関で同じ条件で Data を取っているものが少なく、比較するためには Data を加工する必要があるためか数値に基づいて発表されたものはほとんど見当たらないが、最近国内輸送の Modal Shift に関する調査の数値が運輸省より発表されている。

ここでは主として定性的に大雑把な数字で比較してみる。

A. 日本~外国間の輸送:

船舶と航空機以外今のところ輸送手段はなく、少量・高付加価値・輸送時間の短いものは航空機、大量・低付加価値のものは船舶によって輸送されている。

一例として日本~北米西岸(横浜~ロス:4,600 SM)の輸送を Cargo Jumbo Jet と 3,000 個積 Container Ship との比較を下記に挙げる。

	Cargo Jumbo Jet	Container Ship
輸送力 (t)	約 100	約 45,000 (15t/Cont.として)
速力	約 800 km/h	約 23 kn
輸送時間	約 10 時間	約 8.5 日
建造費	約 150 億円	約 50 億円

B. 日本国内輸送:

Modal Shift によると国内輸送では 500 km 以内の場合には Truck 輸送、500 km を超えると鉄道と内航海運が Energy, 環境保全 (CO<sub>2</sub>排出量), 労働力不足, 道路混雑等の面で有利で、1992年度の調査によると 1 ton の荷物を 1 km 運ぶのに消費する Energy は次の通りである。

- 鉄道 ..... 117 kcal ( 100 )
- 海運 ..... 118 kcal ( 101 )

- Truck (営業用) ..... 676 kcal ( 578 )
  - Truck (自家用) ..... 216 kcal ( 1,847 )
- (鉄道を 100 とした場合)

- また 1 度に輸送可能な貨物量 (Container 貨物) は
- 海運 ..... 3,000 ~ 5,000 kton
  - 鉄道 ..... 500 ~ 650 kton
  - Truck ..... 5 ~ 10 kton

で海運が圧倒的に有利である。

国内輸送の場合距離が 500 km を超えて長くなればなる程鉄道と海運が優位になり、津軽海峡には自動車用の海底トンネルがないので北海道への輸送では、鉄道と海運が一層有利になる。更に飛行場のない島への輸送は船以外に輸送手段しかなく、他の交通機関との比較は意味がないのは誰でも良く知るところである。

C. 船舶の優位性:

このように船舶の速力は他の輸送機関より劣るが、長距離・大量輸送・外国/離島への輸送に極めて適した輸送手段であるのみでなく、Energy 効率が良く公害も少ないという点で他の輸送機関より優れている。

しかし、現在研究開発中の Techno-Superliner が実現すれば、速力の劣勢も挽回でき東南アジア~日本間の生鮮食料を中心とした高付加価値品の輸送にも使用されるようになり、船舶の優位性は更に高まるものと思う。

5. 要約

「船とは」という設問に対する要約

- (1) 船は、船そのものだけでなく、船に関係する総ての人々に安全でなければならない。
- (2) 船は、美しいものでなければならない。
- (3) 船は、環境に優しいものでなければならない。

(つづく)

〔お詫び訂正〕

- 10月号 17頁 越後丸  
(誤) 丸→本間合名 (正) 丸一本間合名
- 10月号 17頁 洞雲丸 (右欄下から 2 行目)  
(誤) 輸出→ (正) 輸送
- 10月号 56頁 3 islander の花道  
右欄上から 12 行目 (誤) DW 1,467<sub>m</sub> → (正) DW 1,467 t
- 11月号 52頁 船会社の造船技術者より見た造船の諸問題  
右欄上から 4 行目 (誤) Nies → (正) NIES
- 53頁 左欄下から 11 行目 (誤) LNG Carrier → (正) LNG
- 59頁 左欄下から 6 行目 (誤) Epirb → (正) EPIRB

## ● 新型機関の開発

天然ガス焼きディーゼル実証プラント

## 大形低速2サイクル・ガスインジェクション・ディーゼル機関の紹介

— 三井-MAN B&amp;W 12K80MC-G I.-S —

(1)

三井造船株式会社ディーゼル事業部

ディーゼル工場第一設計部

## 1. まえがき

日本国内、特に大都市圏に発電設備を建設する場合、熱効率が高いだけでなく環境に優しい原動機が要求される。これまで国内の発電設備としては中速4サイクルディーゼルを使用した実績はいくつもあるが、大形低速の2サイクルディーゼル機関を使用した例はない。従来、大形低速2サイクルディーゼル機関は船舶用の主機関として技術が進歩してきており、内燃機関では熱効率と信頼性が最も優れていることを万人が認めているところであるが、国内では環境問題で敬遠されてきた。当社ではこれら大形低速2サイクルディーゼル機関を原動機とする発電設備をマカオ電力庁向けやミンダナオ島向け発電バージ等に幾つか納めた技術と実績を持っているが、ここに紹介するガスインジェクションディーゼル機関(G I D E)はそれに加えて、主燃料としてクリーンな燃料であるL N Gを、本来のディーゼル機関の高い熱効率と出力率で利用出来るよう開発したもので、当社の環境対策への1つの回答でもある。

本G I D Eを使用した発電試験設備が当社千葉事業所構内に完成し、1994年7月から運転を開始した。出力40MWの世界最大級の低速2サイクルガスインジェクションディーゼル機関が設置された試験設備の概要、機関構造の説明および調整運転時のテスト結果について紹介する。

## 2. 試験設備の概要

図1に発電試験設備の概要を示す。本試験設備は東京湾岸の日本でも有数の環境規制の厳しい場所に位置しており、千葉県、市原市および当社千葉事業所の3社間で結ばれた公害防止協定に準拠して全ての規制値を満足するよう設計されている。排ガス中のばいじんと硫酸化物の排出値についてはクリーンな都市ガスを主燃料として使うので問題ないが、窒素酸化物に関しては厳しい排出規制に加えて高性能であるが故にNO<sub>x</sub>排出濃度も高く、対応策として脱硝装置を装備することになった。

NO<sub>x</sub>排出規制は単位時間当たりの排出総量で規制さ

され、規制値をクリアするには計画段階で98.5%の削減が必要であり、脱硝面で高度の性能が要求された。図2に本試験設備の排ガスおよび脱硝系統のフロー線図を示す。脱硝装置の配置については4サイクルの定置式発電設備では過給機出口の排ガス温度が350~400℃と脱硝プロセスに必要なレベルにあるのに対して、低速2サイクルディーゼル機関では250℃前後と低いため、今回の試験設備では脱硝装置を過給機の上流に置いた。エンジンの動特性上は不利であるが、高圧下の脱硝となり、触媒量を少なくできるという経済的なメリットを重要視した。

本試験設備は毎日発停運転(D S S)であるため、脱硝装置前にガス焼きダクトバーナーを装備して、予熱およびロードアップ時に脱硝装置を加熱してエンジンの動特性を改善している。脱硝用アンモニアは一部バイパスした機関の掃気を用いて希釈した後、ダクトバーナー後の排気ダクトに注入している。なお、本試験設備は2つのコンピュータ、発電プラント全体を制御するコンピュータP P C(Programmable Process Controller)と脱硝関係を制御するコンピュータD N C(De NO<sub>x</sub> Controller)により自動制御されている。

## 3. ガスインジェクションディーゼル機関

## 3・1 機関構造

MC-G I 機関は既に数多くの実績を有する三井-MAN B&W K/S/L-MC型機関をベースとしており、主燃料としてガス燃料を効率よく利用できる機関としてその数多いシリーズの中に追加されたものである。表1に機関主要目を、図3に機関断面図を示す。

MC型機関のG I 化に際しては機関の主要構成部品および燃焼室構成部品は信頼性と耐久性の実証されているMC機関の部品をそのまま使用している。G I D Eでは新たにガス噴射用の部品が開発されたが、その主要なものを表2に示す。G I D E用として追加された補機類を表3に示す。



図4にガス燃料供給系を中心とした機関レイアウトを示す。ガス燃料は中圧の4.5 barでガス圧縮機に供給され150～300 barに昇圧された後、機関のガス燃料主管に導かれる。以下に高圧のガス燃料を受け入れるG I D E側の新規に設計された部品とその機能・安全システム等を表2に記した順に従って紹介する。

### 3・2 ガス供給ライン

#### ガス供給管

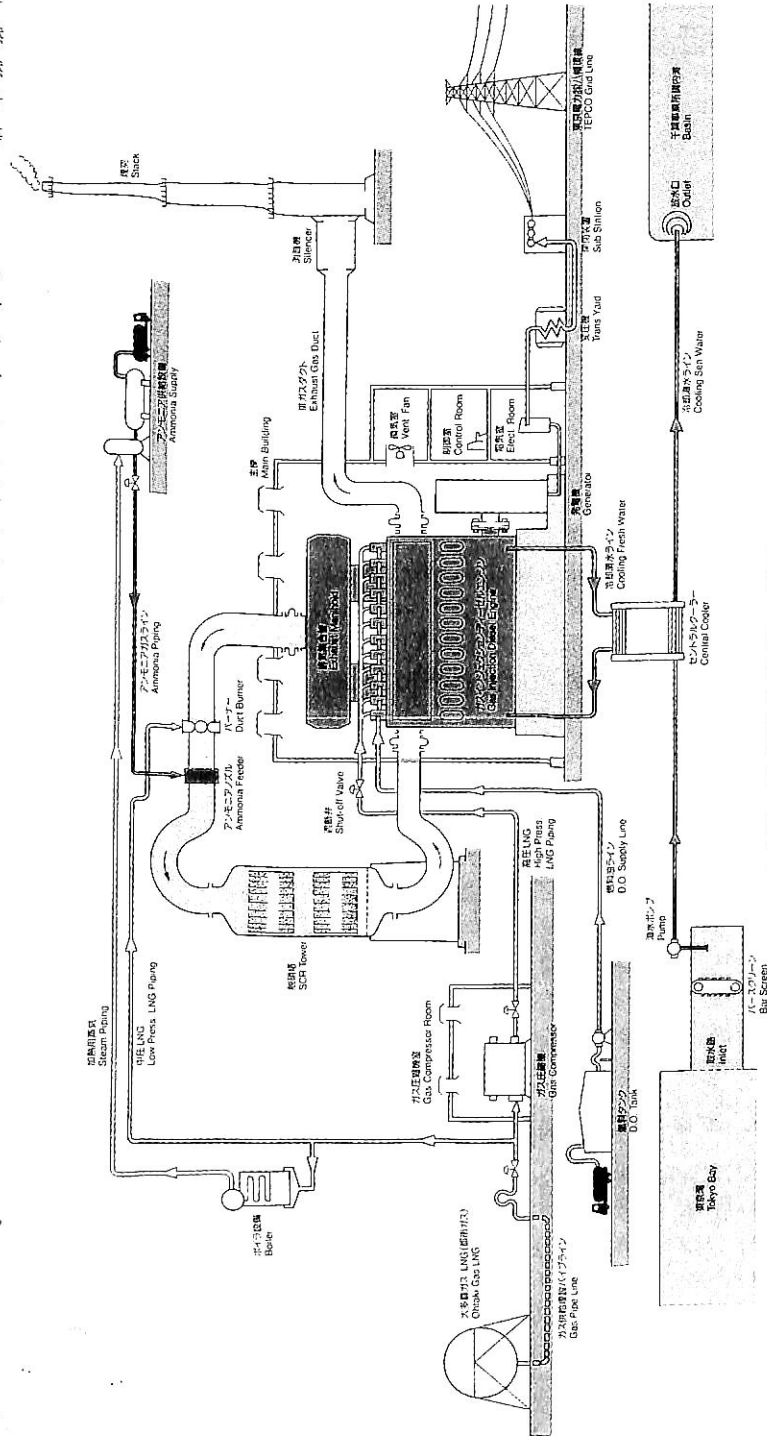
機関付きのガス管は供給主管とドレン主管および両主管と各シリンダのバルブブロックを結ぶ枝管から成り立ち、全て二重構造となっている。その空間は、ガス運転中、二重管出口部に設けられたエジェクタにより機関室より負圧となるよう常時換気されている。二重管内部の主管は図5に示すように軸方向には自由に滑るように外管より3点支持されており、機械的振動および熱膨張による内外管の変形差に対処している。

#### バルブブロック

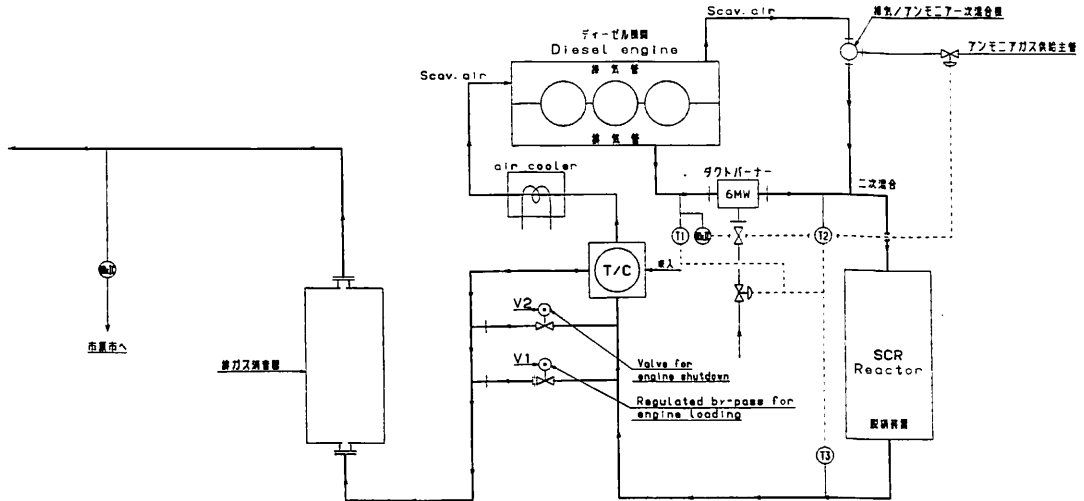
バルブブロックはシリンダカバーのカム軸側にボルト付けされている。図6に組み立て断面図を、図7にガス部品の外観写真を示す。バルブブロック内には大容量のガスアキュムレータ、シャットダウンバルブ、ブローオフバルブ、パーズバルブ、逆止弁およびアキュムレータ内ガス圧力監視用トランスジューサが装備されている。

アキュムレータはこの容積内に蓄積されたガス燃料の膨張のみで燃焼に悪影響を与えることなく1サイクル中のガス噴射ができ、次の噴射開始までに枝管よりガスが供給され、一定のガス供給圧力が確保できるよう十分な容積となっている。ガス燃料は各シリンダの枝管からアキュムレータ入り口部に設けられた逆止弁を経てアキュムレータに入り、通常の運転時はシャットダウンバルブからシリンダカバー内のガス孔へ導かれる。

ガス運転終了時には、先ずシャットダウンバルブを閉じ、同時にブローオフバルブを開いてシリンダカバー内のガス燃



▲ 図1 発電試験設備の概要



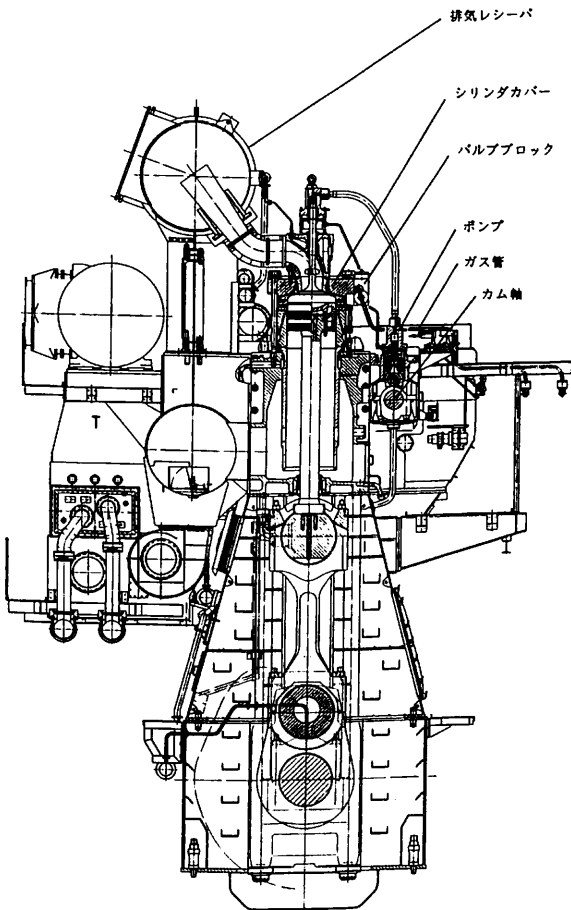
▲ 図2 千葉Gideプラント / アンモニア供給および排気系統図

▼ 表1 機関主要目

機関名	三井- MAN B&W 12K80MC-GI-S
形式	2サイクル・クロスヘッド形ガスイ ンジェクション・ディーゼル機関
出力 (クランク軸端)	40680 kW
回転数	103.4 rpm
平均有効圧	17 bar
ボア	800 mm
ストローク	2300 mm
シリンダ数	12

▼ 表2 ガス噴射用に付加された部品

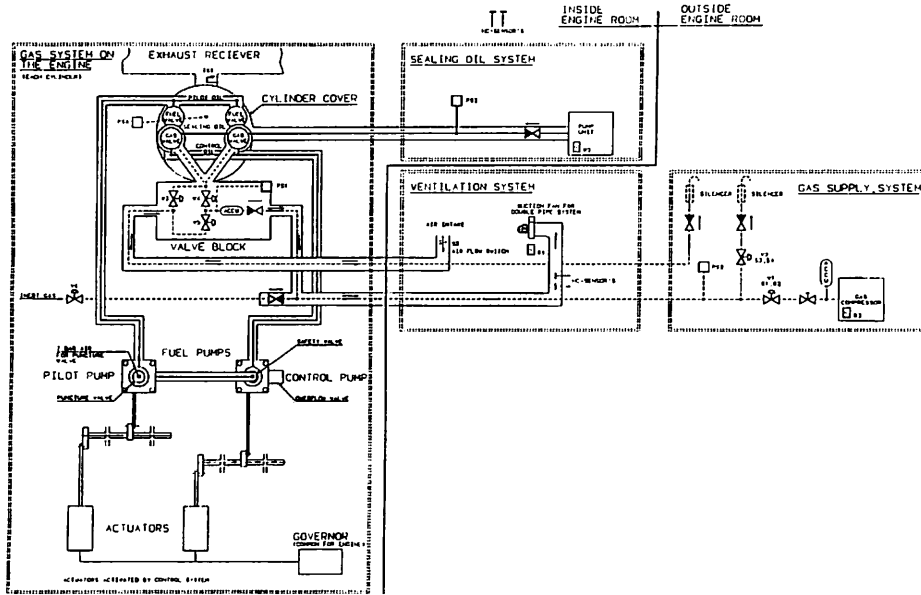
項目	部品名称	付属部品
ガス供給ライン	ガス管 (二重管)	入口主管、出口主管
		入口枝管、出口枝管
		シールオイル管
バルブブロック	バルブブロック	ガスシャットダウン弁
		ガスブローオフ弁
		ガスバージ弁
ガス噴射系	パイロットポンプ	
	コントロールポンプ	安全弁、オーバフロー弁
	パイロット弁	
	ガス弁	



▲ 図3 三井MAN-B&W12K80MC-GI-S 機関断面図

料を瞬時にガスドレン管に放出する。その後、逆止弁より後流のアクムレータ内に閉じこめられているガスをパージバルブよりガスドレン管に放出し、機関回りからガス燃料の放出を完了する。

また、万一ガス弁スピンドルが開位置でスティックした場合のような異常事態に対してはアクムレータ内ガス圧力監視用トランスジューサによりアクムレータ内ガス圧力の異常低下を検知して、ガス運転終了時と同じバルブ操作を採り、シリンダ内への異常ガス流入を最小限に止めるよう安全装置を装備している。なお、ガス燃



▲ 図4 ガス燃料系レイアウト

▼ 表3 Gide用として追加された補機

名称	機能・目的
ガス圧縮機及び同システム	中圧のガス燃料を150~300barに昇圧する。
シールオイルポンプ	ガス噴射弁内のコントロールオイルラインへ燃料ガスが漏れるのを防止する。
換気装置及びガス検知装置	二重管外側を常時換気し、ガス漏れを検知する。
イナートガス供給システム	ガス運転が終了した後、ガスラインを不活性ガスでパージする。

料シール部は他の部品と同様全て二重シール構造となっている。

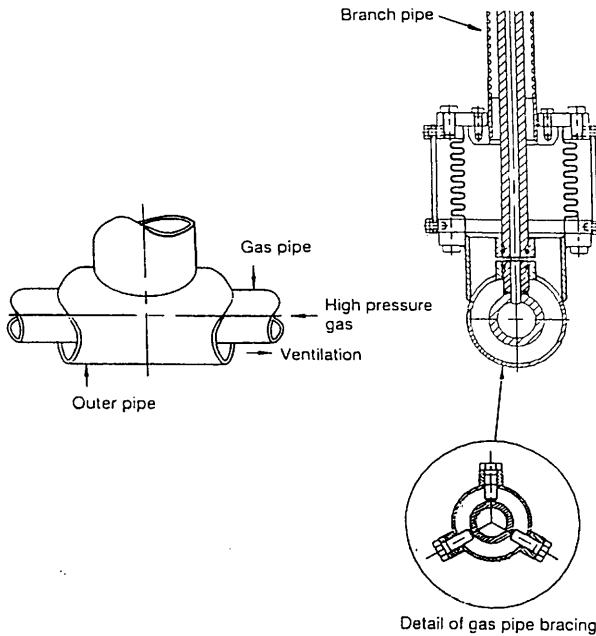
### 3・3 ガス噴射系

#### パイロットオイルポンプ

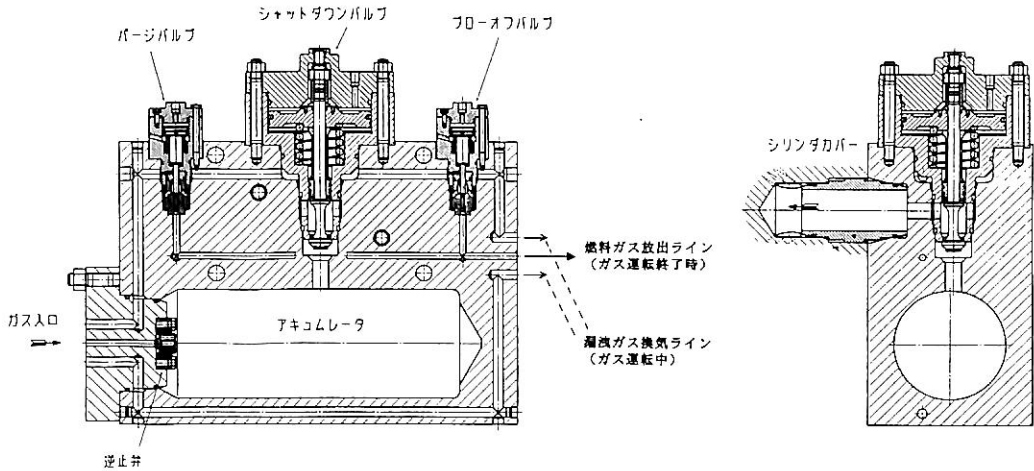
図8にパイロットオイルポンプとコントロールオイルポンプの配置を示す。本機関のパイロットオイルポンプはエンジン始動から30%負荷までの噴射量をまかなうのに必要な容量に止めており、小型のS50MC機関用の燃料ポンプを採用している。もちろん、LNG船主機関のように重油燃料で定格負荷までの運転が必要な場合にはK80MC用正規の燃料ポンプを使う必要がある。

#### コントロールオイルポンプ

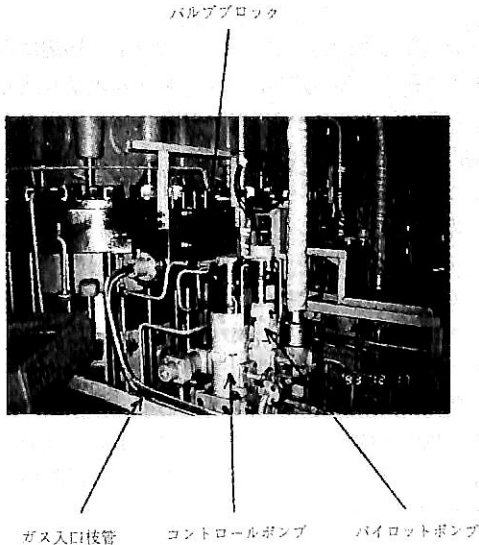
コントロールオイルポンプはパイロットオイルポンプと異なり、本来燃料消費がないため容量は小さくても良い。基本的にはパイロットオイルポンプと同一構造であるが、頭部に安全弁を装備している。安全弁はパイロットオイルポンプ油圧により作動し、これが開くことによりコントロールオイルポンプの圧縮が開始されるもので、パイロット燃料噴射が確実なときのみガス噴射条件が整う安全装置になっている。また、安全弁は2個の独立したパイロットオイルポンプとコントロールオイルポンプのタイミングを関係付ける重要な役割を担っている。即ち、コントロールポンプのタイミングは安全弁の動作で決まるのでパイロットオイルポンプの噴射タイミングを変えるとコントロールオイルポンプのタイミングは従属的に変わる。従って、シリンダ最高圧を調整する時、



▲ 図5 ガス供給管



▲ 図6 バルブブロック



▲ 図7 組立中のガス部品

コントロールオイルポンプ側のタイミング調整は不要となる。

コントロールポンプ付きオーバーフロー弁はガス弁が開いてもコントロールオイルが消費されないで過昇圧してしまう。このため、ある圧力以上になると開き、過昇圧を防止する仕組みになっている。

ところで、両ポンプは図9に示すように、それぞれの燃料調整軸により制御されるが、燃料調整軸は発電プラント全体を制御するコンピュータPPC (Programmable Process Controller) により制御される電気アクチュエータにより駆動される。始動および30%負荷までのパイロットオイル専焼運転時はパイロット用調整軸

のみを制御し、コントロール用調整軸はゼロ位置に固定される。ガス燃料切り替え時にはコントロール用調整軸の制御に移行し、パイロット用調整軸は一定速度で予め設定された燃料噴射量位置まで減少した後、その位置に固定される。なお、本試験設備ではパイロット燃料とガス燃料の発熱量比を当初の設計通り8:92とすることができた。

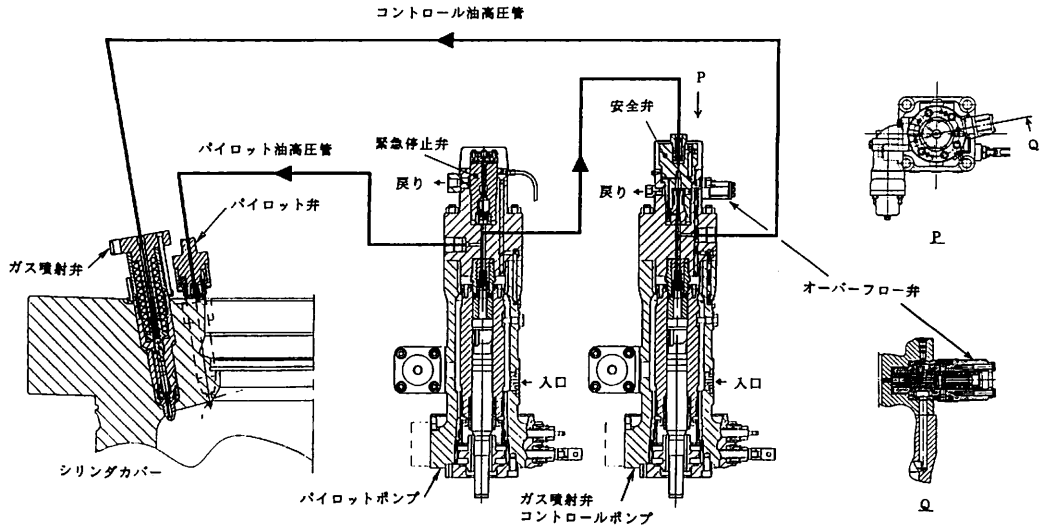
パイロット弁

シリンダカバーにはディーゼル機関用燃料弁と同一構造のパイロット弁とガス噴射弁が1シリンダあたり、それぞれ2本装備されている。機関始動から30%負荷まではパイロット弁のみにて運転される。それ以上の負荷ではガス燃料への着火用として少量のA重油をパイロット燃料として一定量噴射する仕組みになっている。このためパイロット弁もパイロットオイルポンプと同様に小型機関用を一部変更した燃料弁を採用している。従って、LNG船主機関のように重油燃料で定格負荷までの運転が必要な場合にはK80MC用正規の燃料弁を使う必要がある。

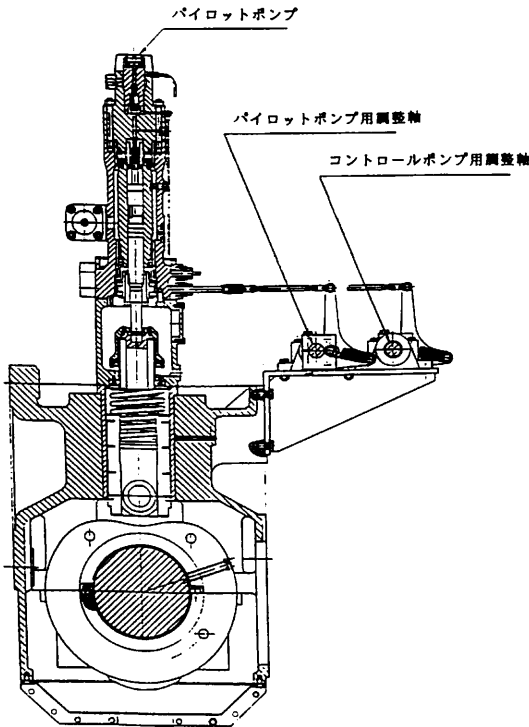
ガス噴射弁

ガス燃料はバルブブロックのアキュムレータよりシリンダカバー内のガス通路を通り、各ガス噴射弁に送られる。ガス噴射弁の開閉はコントロールオイルポンプにより昇圧される油圧で制御されるが、前述のようにコントロールポンプ付き安全弁により、パイロット燃料が噴射されたときのみガス燃料が噴射される安全システムになっている。

図10に組立断面図を示す。構造的には実績のあるスピ



▲ 図8 パイロット燃料およびガス燃料噴射系概略図



▲ 図9 パイロット/コントロール油ポンプ調整軸

ピンドルタイプであるが、次の点が従来の燃料弁と異なっている。

- 高圧ガス燃料の常時供給
- シールオイルの常時供給
- スピンドル開閉用のコントロールオイルの供給

従来の液体燃料用自動噴射弁とは異なって 150 ~ 300

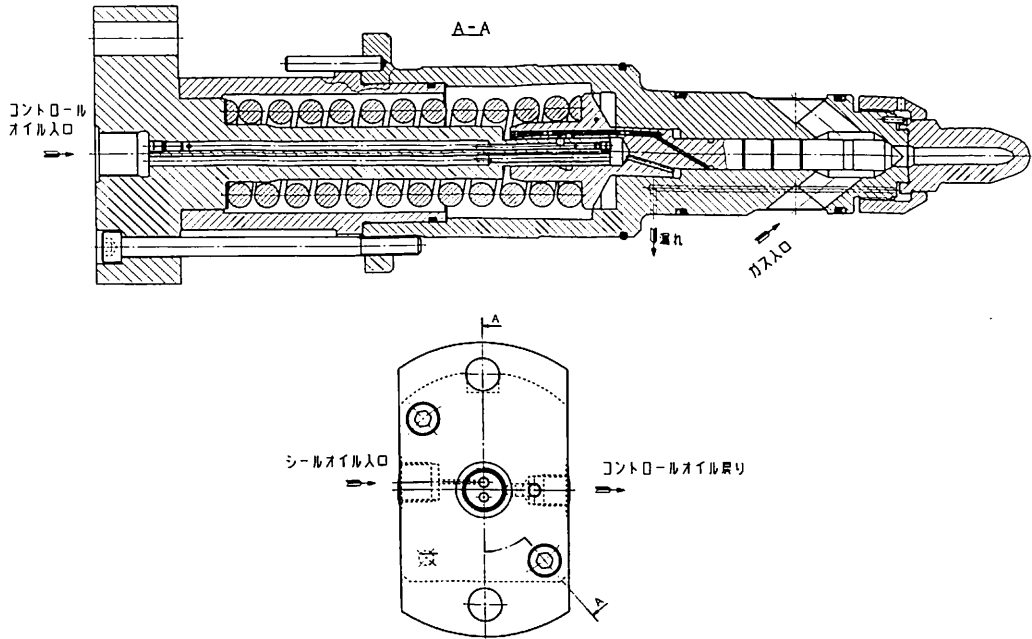
bar の高圧ガス燃料が常時ガススピンドル周辺に供給されており、ガス噴射期間はコントロールオイル圧力で制御される。コントロールオイル室とスピンドルのガス供給部の間にはコントロールオイル油圧が昇圧されていないときガス燃料がコントロール室に侵入するのを防止するため、独立電動ポンプでガス燃料より若干高圧にしたシールオイルが供給されている。ガス噴射弁の外周には高圧のガス燃料が漏洩するのを防止するためにシールリングが配置されている。このリングの材質はシリンダカバー内の比較的高温環境下において十分なシール性と急激な圧力変動に対する耐久性を有している。また、ガス噴射弁内およびシリンダカバー内にはドレン孔を設けた二重構造となっており、万一の場合にガス燃料が直接外部へ漏れない構造となっている。

#### 4. ガスモード運転

##### 定格運転時

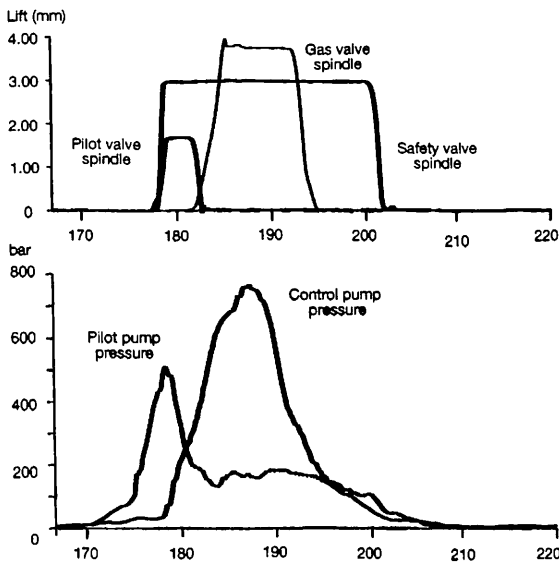
図11にガス噴射系の100%負荷における圧力関係の計測結果を示す。作動のメカニズムは次のようになっている。まずパイロットポンプ油圧が上昇し、噴射が始まるとコントロールポンプ付き安全弁が開いてコントロールオイルの圧縮が始まる。ガス噴射弁の開弁圧に達するとガス弁が開いてガス噴射が始まる。僅かな量であるパイロット燃料噴射は短時間に終了し、所定のガス燃料噴射が終了すると安全弁が閉じる。ガス噴射はパイロット燃料の燃焼が確実になったときに開始するようタイミングを決めている。

##### 燃料切り替え時



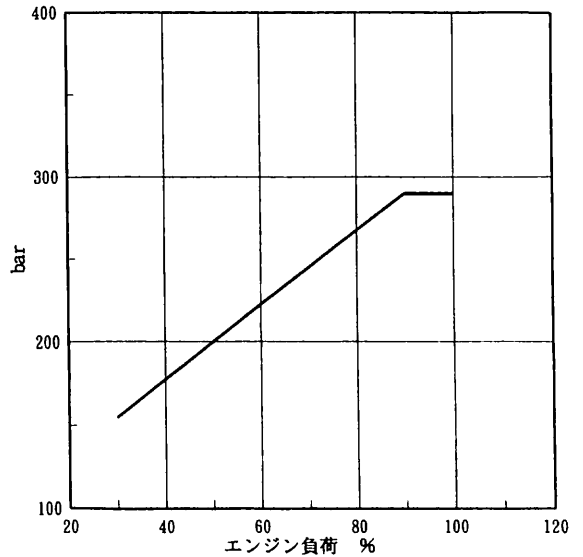
▲ 図10 ガス噴射弁

**12K80MC-GI Normal function of the safety valve**



▲ 図11 ガス噴射系の弁リフトポンプ圧力波形

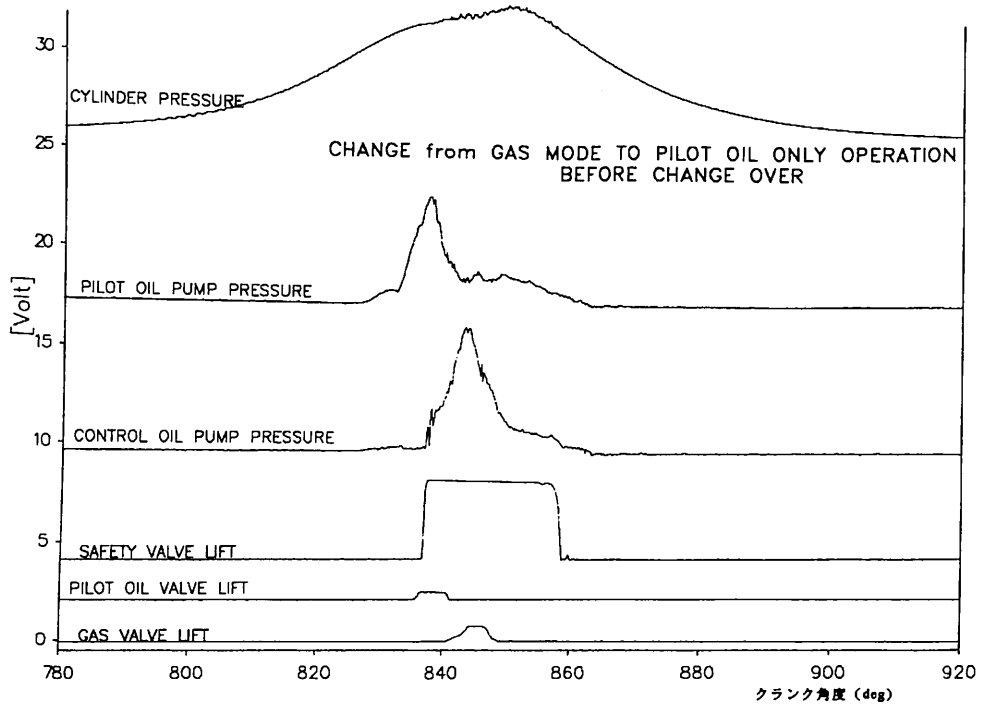
燃料の切り替えは30%負荷において行う。ロードアップ時パイロット運転からガス運転へ切り替えるときはパイロットオイルの噴射量を徐々に減らし、コントロールポンプマークを増やしてコントロール油圧を徐々に上げ、ガス噴射弁の開弁圧に達するとガス噴射が始まる。図12



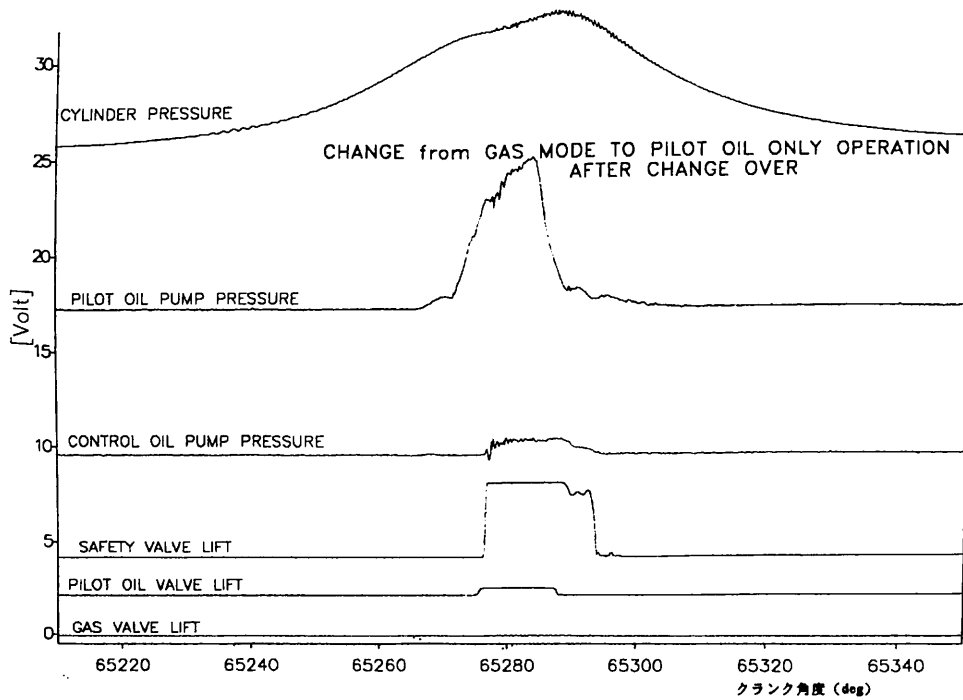
▲ 図12 エンジン負荷に対するガス燃料供給圧のパターン

にエンジン負荷に対する供給燃料ガス圧パターンをこれはP P Cが設定値になるようガスコン側を迅速に制御する。ロードダウン時はロードアップ時と逆の動作になる。図13にパイロット燃料運転→ガス運転切り替え前の1サイクルの圧力波形を、図14に切り替え直後の

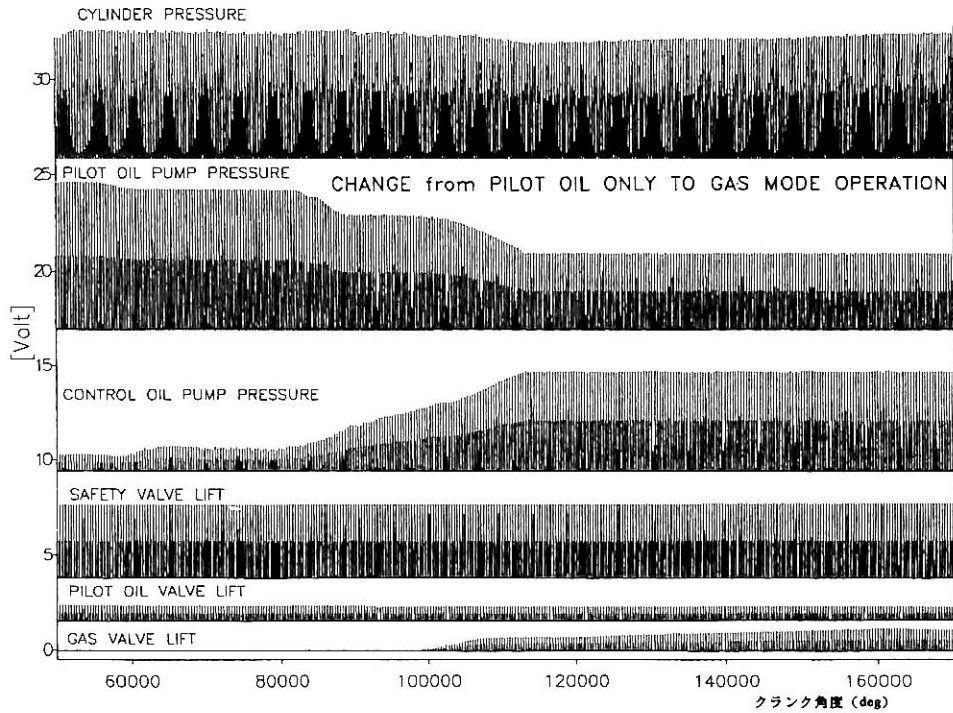




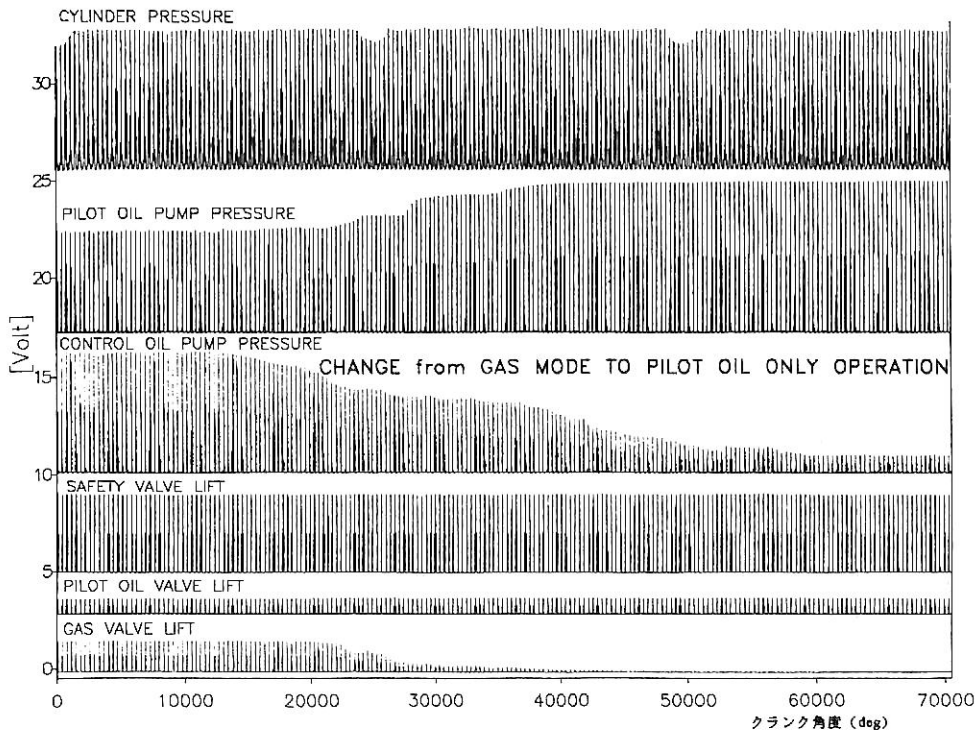
▲ 図13 ガス運転 → 重油運転切り替え前 1 サイクル分の波形  
(12K 80MC - G I - S 機関)



▲ 図14 ガス運転 → 重油運転切り替え後 1 サイクル分の波形  
(12K 80MC G I - S 機関)



▲ 図15 重油運転→ガス運転切り替え時の挙動 (12K 80MC-G I-S機関)



▲ 図16 ガス運転→重油運転切り替え時の挙動

1 サイクルの圧力波形をそれぞれ示す。図15にパイロット燃料運転→ガス運転切り替え時の連続計測波形を、

図16にガス運転→パイロット運転切り替え時の連続計測波形を示す。(つづく)

## LNG船の推進機関の現状と将来

アトランティック造船所プロジェクト技師

ロジャー・カーティ

### 1. まえがき

石油危機以来、燃料節約のためにディーゼル機関が大勢を占める中で、LNG船だけは蒸気推進を採用してきた。それは大気圧で約 $-160^{\circ}\text{C}$ の沸点の天然ガスを液化して運搬するのに、蒸発ガスを燃焼するために船内で利用可能な安全で容易な方法がとれるからである。

タンクの周囲の断熱材の厚さと品質を考慮すれば、船内の推進・電力等の需要より少ない“ボイルオフ”量にすることが出来る。従ってボイルオフの余剰ガスを大気中に放出したり浪費する必要はない。

蒸発するガスの量と質は、船の往復航の間で変化するので、できれば低質重油を追加しておく方がよい。

2種類の燃料を使用するボイラは、両者を安全かつ信頼して燃焼出来るよう、十分適合したものになっている。

また蒸気タービンは維持費が少なく、使用上十分な信頼性があることが証明されていなければならない。

将来を見通すとき、蒸気プラントの効率が低いことと、運転要員が得難くなることから、船主はこれらの船の推進手段を変更するようになるであろう。

そこで以下次のことを検討してみる。

- LNG船用の推進プラントが満足すべき条件
- 推進プラントの代替案、蒸気プラントとの比較法

### 2. LNG船推進プラントの満足すべき条件

主要な要求は大気中にボイルオフガスを放出させないことである。蒸発ガスをただ燃やしてしまうのは不経済である。そこで次の3つの可能性を考えることが出来る。

- ボイルオフを回避する。
- 蒸発ガスを再液化する。
- 推進プラントで燃焼する。

#### (1) ボイルオフの回避

ボイルオフを避けるためには、断熱構造を非常に低い熱伝達率のものにすべきで、余剰のボイルオフは数日の航海の後にはタンク内の圧力を高めるので、これを閉じ込めておかなければならない。

現在計画されているボイルオフ率の水準は $0.10\sim 0.15$ %/日、第一世代のLNG船の標準の約 $\frac{1}{2}$ になっている。

この水準を更に減少させるのは経済的に無理であろう。それは断熱の厚さから次の問題が生ずるからである。

- 断熱材そのものの容積と費用の増大
- 船体寸法から与えられる貨物倉容積の損失

一方、封じ込めたボイルオフによる圧力上昇は、どのタンク方式に対しても技術的には解決出来ないものである。(例えば $-100^{\circ}\text{C}$ に対しても、タンク圧力は約 $27\text{bar} \approx 27\text{kg}/\text{cm}^2$ ,  $2.7\text{MPa}$ ) またもしこれを解決するとしても、ガスターミナルにとっては受入れ難いものになるであろう。これはターミナルの陸上タンクは大気圧であるので、LNGに含む余分のボイルオフを処理しなければならないからである。

ガスターミナルは普通、蒸発したLNGを早急に排除しなければならない。それは $13\text{万m}^3$ の容量で $0.15\%$ /日のボイルオフ率で5日間の航海では約 $460\text{t}$ にもなる。

ボイルオフは全体として回避不能であり、注意しなければならぬものである。

#### (2) ボイルオフの再液化

この解決法は魅力的に見えるかもしれない。またすべてのLNG貨物を引渡すことが出来るし、推進は重油のみを燃料として効率のよいディーゼル機関を採用出来るかもしれない。しかしながら再液化装置はかなり高価なものである。またこの装置は冗長性のあるものにするが、ボイルオフを燃焼させる追加機器で補完しなければならない。

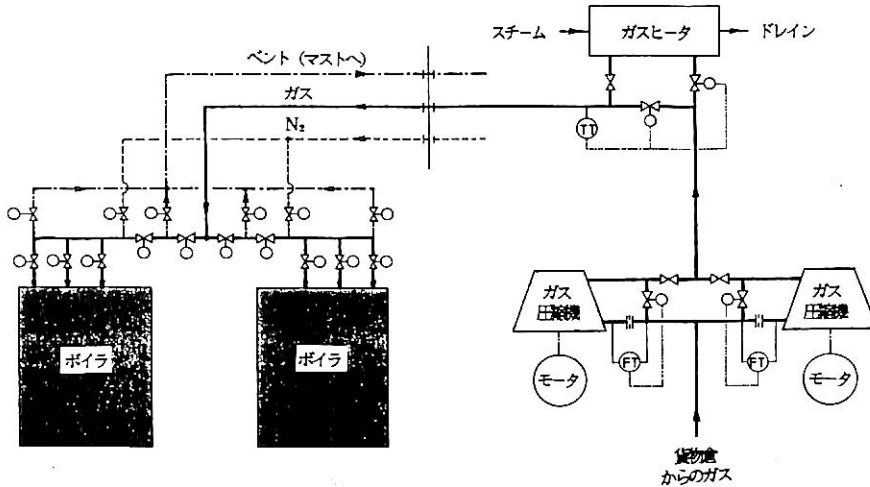
再液化プラントは資格のある乗員によって保守することが追加的に必要であり、大きな電力消費を伴い、まだ海上で実際に試験されたことがないのである。

更にまた、ボイルオフガスの中に存在する大量の無益な窒素ガスを再液化することにもなる。LNGは $1.2\%$ の液化窒素を含有しており、結果的にはボイルオフガス中の約 $27\%$ のガス状の窒素となっている。

この解決法は現在の低ボイルオフ率に対しては経済的に正当化されない。

#### (3) 推進プラント内のボイルオフ使用

##### (ア) 現存のプラント



▲ 第1図 ボイラへのガス供給 (蒸気推進)

▼ 第1表 燃料油の仕様

燃料油の仕様			
粘 度	Cst / 50 °C		700
密 度	g / ml		0.991
コンラドソン炭素	質量%		22
水 分	質量%		1.0
硫 黄	質量%		5.0
灰 分	質量%		0.2
バ ナ ジ ウ ム	ppm		600
ナ ト リ ウ ム	ppm		100
ア ル ミ ニ ウ ム	ppm		30
引 火 点	°C		60

蒸気ボイラ内でボイルオフガスを燃焼させることは慣例になっている。(第1図)

ガスはバーナに供給するために最大1.6bar(1.6kg/cm<sup>2</sup>)まで圧縮する。機関室内へガスが漏洩しないように必要な予防策は容易に設備できる。

蒸気プラントは効率が低いため、利用可能なボイルオフガスは容易に吸収する。追加燃料は重油か、貨物タンクから汲み出したLNGをガス化することで供給される。

ボイルオフの水準を減少させると共に、現在提案されているように、満載航海中蒸気プラント全体のエネルギーバランスの50%をボイルオフガスでカバーするに過ぎない。この値はバラスト航海中は20%近くまで低減される。

結果的に追加の燃料は缶の中で燃焼させなければならないのである。

(1) 代替推進プラント

代替プラントは次のことを提案すべきである。

- 燃費の著しい低減(ディーゼルプラントが達成するのと比較出来る程の)
- 乗員の操作が極端に複雑ではないこと。
- 現在の減少したボイルオフの水準に十分適合すること。  
ガスを燃焼させるためには次の解決法が考えられる。

- ガスタービン機関
- ディーゼル機関

燃料の供給については、2

つの代替案が可能である。

- 二重燃料操作(LNG+重油またはディーゼル油)
- 単一燃料運転(LNGのみ)

3. 二重燃料運転

(1) ガスタービン

ガスタービンはボイルオフしたメタンのように清浄な燃料の燃焼に十分適合しているが、重油には適していない。特に船用のものは非常に貧弱な品質のものである。

(第1表)

従って、燃料の組成はガス(ボイルオフの強制による)またはディーゼル油でなければならない。

ガスタービンの効率は蒸気タービンとディーゼル機関の間である。

推進プラントの効率向上のために、ガスタービンは熱回収蒸気ボイラおよびタービンによってトッピングすべきである。これはかなり複雑で高価なシステムとなる。

推進プラントはまたボイルオフに利用できる大きさのガスタービンと、必要な推進動力を得るために重油を焚く追加のディーゼル機関を含めることが出来る。

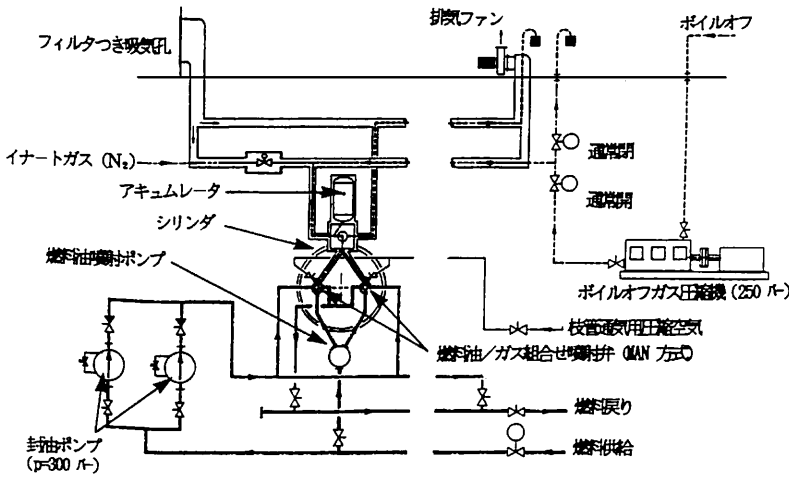
この解決法はディーゼル機関・ガスタービンおよび蒸気プラントを含むので特に複雑で高価になる。

推進プラントはボイルオフの変化と、また帰路に少ないボイルオフガスで航海する可能性に留意して大きなサイズにしなければならない。

上記の理由でガスタービンはLNG船の推進として十分適合しているとはいえない。

(2) 二重燃料ディーゼル機関

ディーゼル推進は、ディーゼル機関が低い燃料消費であるため(蒸気プラントの消費量の約65%)、熱回収プラ



▲ 第2図 二重燃料運転 (1シリンダのみ表示)

ントを追加しなくともよい最も希望のもてる解決法である。

更にまたこの機関はガス・ディーゼル油ないし重油でも運転可能である。

LNG船にとって、ディーゼル機関は利用出来るボイラを燃やし、船主は最も経済的な追加燃料であるガスまたは重油を選択することが出来る。

この解決策はもちろん開発されているが、今までのこの機関の長期使用について不確定であるため、未だ採用されたことはない。

この不確定さとは何であり、如何にしてこれらを回避するかである。

低速機関 (スルツァーおよびB&W製造の) に対しては、ガス・燃料油はともに高圧で注入する。(第2図)

同じ技術が中速機関 (Wärtsilä製) に対して提案されている。

高圧ガス注入の利点は、機関が古典的ディーゼル・サイクルに従って減速せずに作動することである。ガスの安全燃焼は燃料先立ち噴射によって制御される。

機関は燃料油のみを焚く機関とそれ程異なっていない。追加設備はガス噴射に対して必要であるが、二重燃料ボイラ用に何が安全に使用されたかを比較した時に、それに伴う複雑さは非現実的ではない。

ガスは噴射前に高圧 (約250 bar (絶対圧約250 kg/cm<sup>2</sup>) 即ちボイラに対して必要な圧縮の160倍) に圧縮しなければならない。ガスの圧縮に必要な動力は利用出来るエネルギーの約6%であるが、ガス圧縮は技術的には許容出来るものである。

安全面 (爆発の危険性) からすると、高圧を維持する

ように設計された燃焼室に入る前にガスが空気と混合されないで、ボイラに比べて改良しなければならない。

ある中速エンジン (Pielstick と Bergen 製) は低圧ガス (3~5 bar) でも作動するが、これは進入弁を通して燃焼室に入る前後に空気と混合する。

点火は、火花の着火によるか、燃料の先立ち噴射によって圧縮の終期に生ずる。爆発を避けるために機関は僅かにディレートの。そこで平均有効圧力 (MEP) は約15barを超過しない。

そのような機関はガスとディーゼル油で運転する陸上動力プラントで長い経験をもつ有利性があり、ガスの高圧圧縮を必要としない。

低圧か高圧のどの解決法であったとしても、ガスと重油を燃焼するディーゼル機関を利用したものは今のところない。

今日、機関はガスとディーゼル油で運転し、両燃料とも良質で同種の潤滑油で運転出来るので、一般にこの解決法ならば、長期にわたって保守が困難になることはないであろうと期待される。

陸上プラントにおいて大がかりに試験されるまで、船主はLNG船に対してこのような解決策をとることはためらうであろう。

結論として、ガスと重油を燃焼する二重燃料のディーゼル機関は、LNG船の理想的推進システムの代表であると言うことが出来るが、この解決策はまず陸上基地プラントで実際の運転状態で広範な試験をしなければならない。

#### 4. 単一燃料 (LNGのみの) 運転

LNG船についてディーゼル機関の導入の第一段階は、ガス燃料のみで運転するディーゼル機関の使用、もしくは緊急時と特別の運用の際にディーゼル油を使用することであろう。

ガスと重油よりも柔軟性のない運転を許容することには驚かれるかも知れないが、この解決策は蒸気推進プラントの提案と比較する価値がある。

ガスはディーゼル機関にとってすぐれた燃料である。保守を最少限にすることが出来、機関の寿命は蒸気機関にひけをとらぬであろう。

これらの点はすでに数十年間適正に運転されてきた陸上基地のディーゼルガス機関によってはっきりと証明されている。

自然発生のボイルオフは燃料の必要量を満たすには十分でなく、特にバラスト航海中がそうなるので、次の2つの解決策が考えられている。(第3図)

- 重油のみで運転する追加の推進用ディーゼル機関をもつこと。
- ボイルオフを必要な量だけ強制して、LNGをバラスト航海用として1つのタンクを持つこと。

第1の解決法は最大航海速力で必要とする出力の100%以上(ガスタービンと同様の配慮)を装備する必要がある。

更に、重油で運転するディーゼルは低負荷で長期間運転しなければならない。

これらの2つの理由に対して、その解決策は現在のボイルオフの水準では受入れられないものである。

この水準が更に低下して(それが立証できれば、それが実際経済的であるが)、0.1%より更に低い値になるならば、重油焚のディーゼル機関はほぼ全力で定格の主推進機関になるであろう。そしてガス焚機関はガスが利用出来るときは出力増強用として使用されるであろう。

第2の解決策はLNG燃料の追加消費となるので、引渡す貨物が若干減少することになる。

しかしながら単純な比較で容易に示すことが出来るように、蒸気プラントと比べたとき、推進用に使用される全エネルギーは大きく減少する。

### 5. ガスディーゼル機関対蒸気タービン

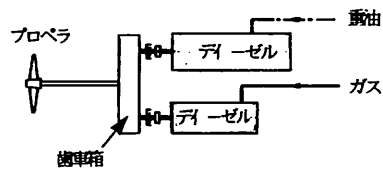
ガスの利点ないし二重燃料機関を評価するために、次の典型的な例を選択した。

満載貨物容量	130,000 m <sup>3</sup>
航海距離	2,600 浬
最大船速	21 kn
所要出力	26,720 kW
積込積卸時間	24 時間
ボイルオフ率	0.15 %/日

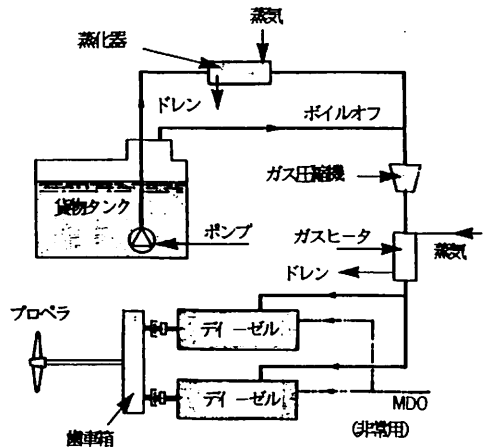
比較を容易にするために、ガス焚機関の効率は二重燃料機関の効率と同じであると仮定し、またガス燃料と重油の平均発熱量は等しいとする。

実際とそれ程かけ離れていない上記の仮定で、ディーゼルの二重燃料とディーゼルガス推進のエネルギー消費量は等しい。

船主の観点と若干違うのは、二重燃料機関については、自然のボイルオフが利用され、荷主に引渡すガスの量が



第一解決法



第二解決法

▲ 第3図 中速機関

わずかながら多いことである。

次の数値を計算で求めてみた。

- 年間引渡しLNG量
- 年間重油消費量
- 年間LNG消費量

第2表は20knで計算したものである。

第4図の曲線は船速の影響を示している。

1年を基本にして20knの平均速力で、両ディーゼルプラントとも蒸気タービン運転に比べ、24,041tの同等の燃料油を節約できる。

ディーゼル推進においてガスのみを使用することは、強制蒸発によって19,605tの特別のLNGを必要とする。全貨物量の僅か1.14%ながら引渡量が少なくなっている。しかし重油またはディーゼル油は使用されない。

蒸気船はLNGを19,605t節約するが、43,646tの燃料を余分に消費する。

ガスだけのディーゼルプラントと二重燃料のディーゼルプラントの間の燃料費の差額は19,605tの重油と同量のLNGの価格の差である。

船主の選択はガスと重油の相対的価格差によるのみで



ある。

右表の数字はガスみのディーゼル推進における実際の費用の利点があることを明らかに示している。

ガスと重油の現在の典型的値段は、日本においてはガスに対して約3\$/MBTU、重油に対して約2.5\$/MBTUである。

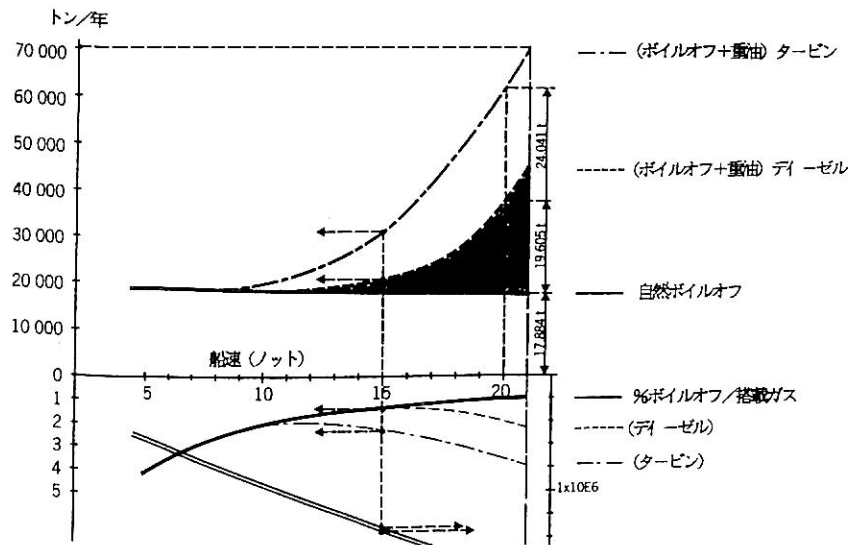
興味のある情報がまた次のように得られている。

- 年間の自然ボイルオフガス量は、ほとんど船速とは無関係である。しかしボイルオフと引渡し貨物の比は、船速が増加すると減少する。
- ガス推進のみに必要とする特別のLNGは輸送貨物の約1%である。
- 輸送貨物のトン当たり最少消費エネルギーは14~18knの間にある。しかしこの比は速力と共に非常にゆっくり増大し、20knの通常速力は依然経済的であるといえる。
- ガスみの推進は非常に低いボイルオフ率をもはや必要としない。従って船の断熱を著しく減少させられるであろうから、船に対する資本費の相対的減少となり得るであろう。

▼ 第2表 年間燃料消費量

	タービン	二重燃料機関	ガス機関
積載ガス (t/年)	1,725,548	1,725,548	1,725,548
燃焼ガス (t/年)	17,884	17,884	37,489
揚荷ガス (t/年)	1,707,664	1,707,664	1,688,059
燃焼ガス/積載ガス (%)	1.04	1.04	2.17
△ 燃焼ガス (t/年)	-	-	19,605
△ 燃焼重油 (t/年)	43,646	19,605	0
(重油+ガス)合計(t/年)	61,530	37,489	37,489
△ 燃焼エネルギー (t/年)	24,041	-	-

注) ボイルオフ: 0.15%, 速力: 20 kn



▲ 第4図 重油とガスの消費曲線

## 6. 結論

近い将来LNG船用の蒸気機関はディーゼル機関を使用したもっと効率のよいプラントによって置き換えることが出来るであろう。

二重燃料のディーゼル機関の発展状況は、ガスと重油を燃焼する機関を使用して安全で長期の運用を確保するのに十分なものとは言えない。

信頼出来る推進配置は既にあるガスのみか、ガスとディーゼル油を燃焼するものである。

そのような装備を選択する場合、可能な資本費対運用費(燃料と保守)を考慮に入れなければならない。

運転費はLNGとディーゼルまたは重油の相対価格に第一にリンクしており、現在において明日のLNG船の機関室配置がどうなるかについて決定的意見を述べることは困難である。

ある経済的仮定に対し、費用効果と信頼性のある設計が利用できる。

ディーゼル機関製造社間の研究開発が、造船所と船社に正しい決定をする手助けとなるように、未だに必要なのである。

(GEC Alsthom Technical Review 1991-7より)

## ● 海洋随筆

## 貨客船百花繚乱 (5)

兵頭喜明\*

### 2-4 パラオ丸（内南洋航路）日本郵船

夏は、照りつける太陽に生命の躍動を覚えるが、反面それは、木影で静かに憩う休養と反省の季節でもある。私は夏が大好きであった。夏休み、海水浴、和霊祭り、舟遊び、旅行、そんな楽しいものは、すべて夏がもって来てくれるというイメージがあったのであろう。それが遂には、透きとおる海、ヤシの樹影、南十字星、サンゴ礁等と常夏の南の島へのあこがれへと成長して行ったのである。

当時、わが国は、国際的なとり決めにより、南洋諸島の一部海域の統治を委任されていた。そんなことから、その海域内にあるサイパン島、トラック島、パラオ島等に対しては特別の親しみの感をいだいていたのであった。

私は、日本郵船の南洋航路案内用の2枚の絵はがきをもっていた。(図2-4C)(図2-4D)色鮮やかな南洋の島の風景を描いたもので、その表面は油絵を表現するためプレスで凸凹がつけられ一層画面をひきたてていた。そしてそれは、かねてからその画風に魅力を感じていた海洋画家 村上松次郎の筆になるものであったことから、私は油絵道具を引っぱり出して、その絵の模写に熱中したのであった。どこか心の片隅に、かのタヒチ島で絵かきとしての情熱を燃やしつくしたフランスの画家ゴッパンの人生にあこがれをもったりして――。

その頃の世の中は軍国調が押しよせて、そんなのききなことが考えられる時節ではなかったのだが、世間の風潮に同調することのキライな私の反骨性がそろそろ頭をもたげて来ていたのかも知れない。

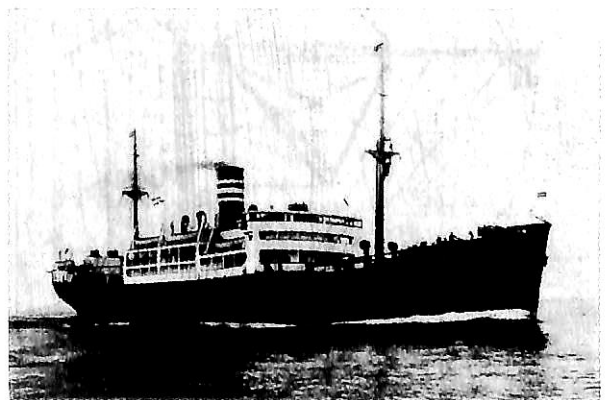
大東亜戦争ばっ発。あの夢の島は一転、悲しい玉砕の島となってしまった。戦争中、もれてくるこれらの島の悪戦苦闘の状況は、国民の胸を引き裂かんばかりであった。平和になった現在、そこは飛行機でひとつ飛びの身近なところとなり、若者達の遊びたわむれる観光が商売の平凡な島に成りさがってしまった。「英霊が泣くぞノ」と怒鳴りたくなる。聞くところによると、それらの島は、

一年毎に海の水が濁りを増し、風物は俗化し、昔のおもかげは消え失せてしまったということである。

○一般配置について(図2-4A)(図2-4B)

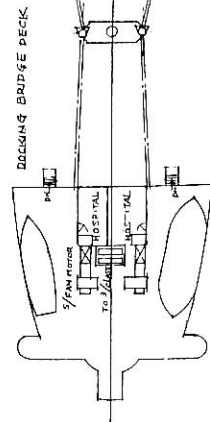
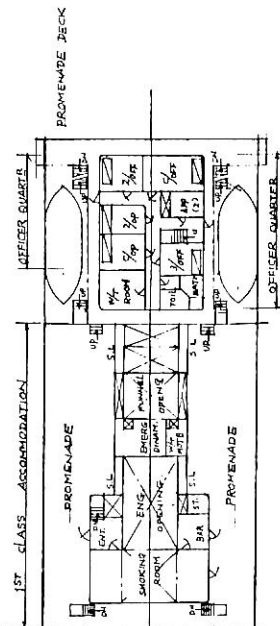
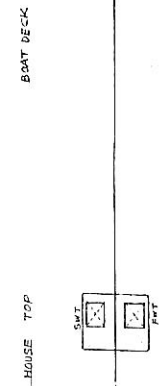
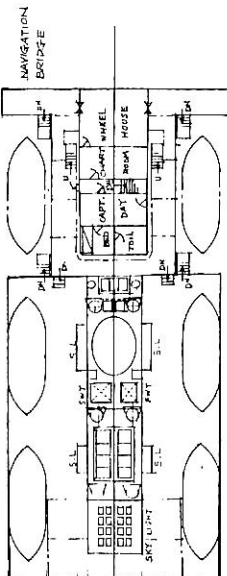
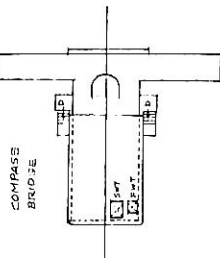
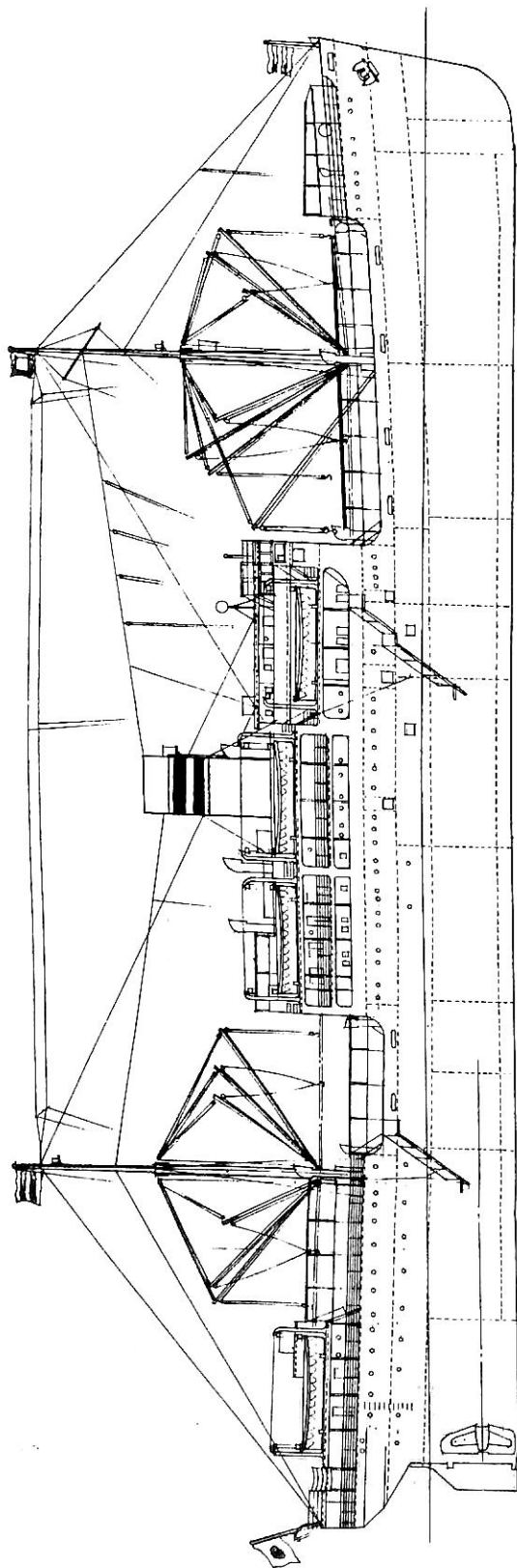
甲板高さを1段高くしたBridgeと、そのために船首側のボートが、うしろのものより低い位置に格納されているという、この船独特のスタイルは、見る目にちょっとしたユーモアを感じさせる。何よりも目をひく天井の高いところに配置されているのは、やはり、この船で一番大きく立派な部屋、Dining Saloonである。内部の配置は図に示すとおりだが、室内写真のないのが残念である。(図2-4E) 食堂もさることながら、順を追って進む私の目を止めてしまったのは、Promenade Deckの広くて自由な空間である。

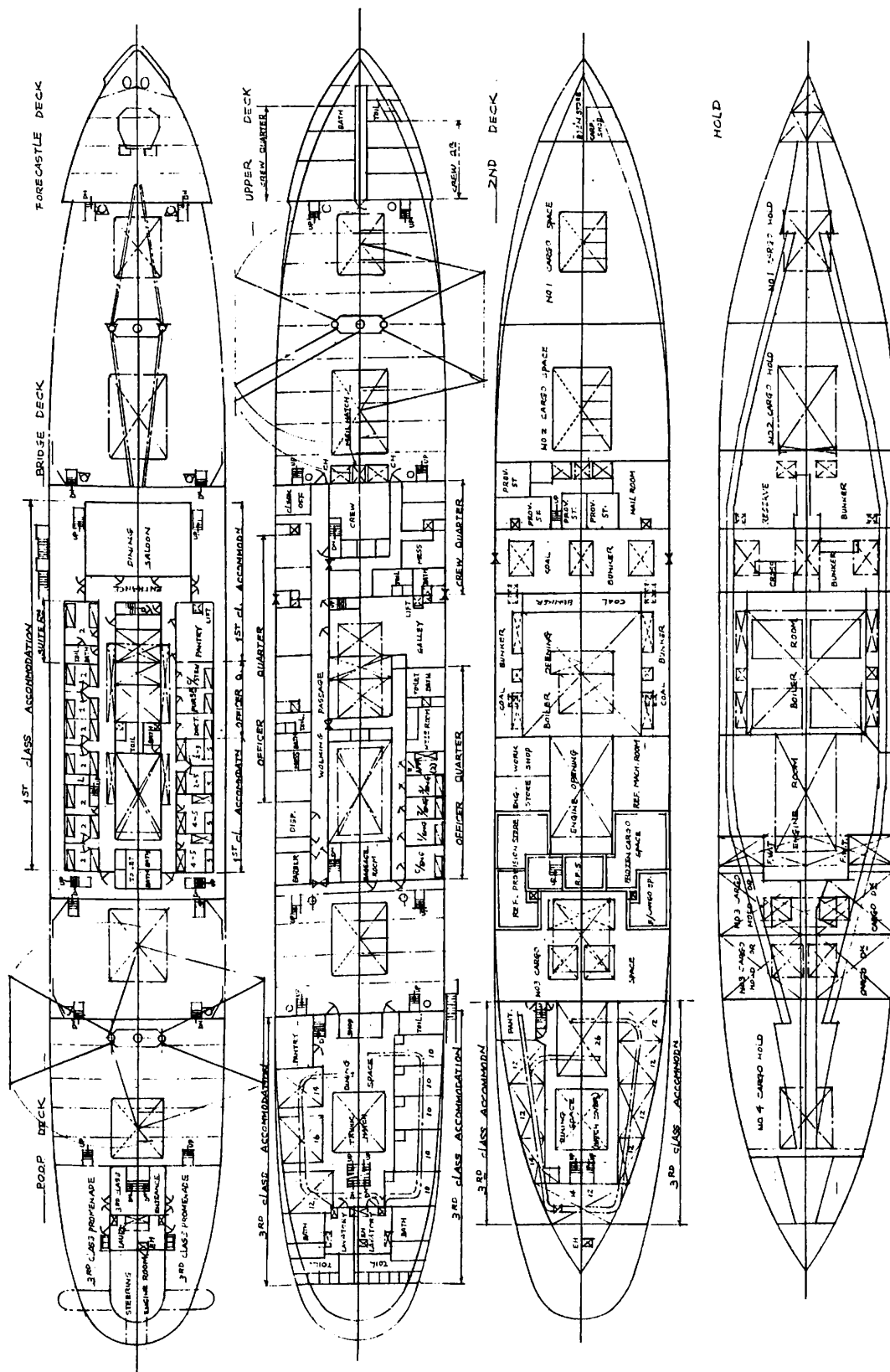
――豪華船の必要はない。それよりも、船自身の泣き笑いを身をもって感じることもできる、この愛すべき4,000 9%の船に我が身を託そう。そしてわずらわしい世間とのかかわりを絶ってしまおう。白くつづく木甲板の果てには喫煙室も酒場もちゃんとそなわっていて、いつでも自分を待っていてくれる。天井のBoat Deckの頑丈な甲板は、ひさし、となつて、ひどい雨風からも、焼けつく太陽からも我が身をしかと護っていてくれるのだ。背後には船室の白亜の壁がつらなり、ハンドレールにさえぎられた紺青の海には、魚が跳び、やがて真赤な夕日



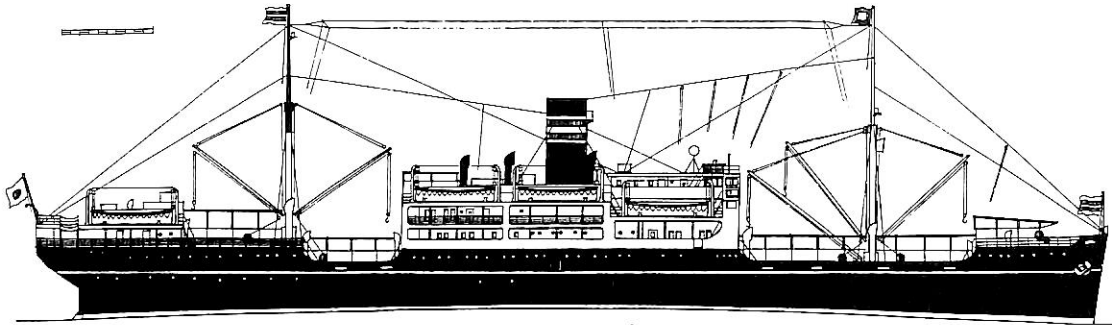
▲ 図2-4A パラオ丸

\*イラストレーター 元・日立造船株式会社勤務





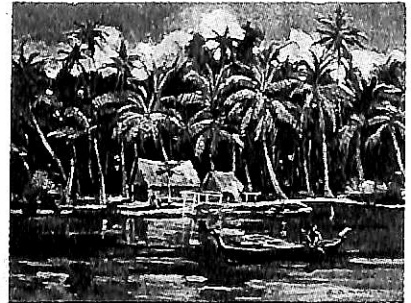
日本郵船・“バラオ丸”一般配置図



▲ 図 2-4 B パラオ丸プロフィール



▲ 図 2-4 C 南洋風景絵はがき



▲ 図 2-4 D 南洋風景絵はがき

が沈む。これだけそろえばもうこのあと何んにもいら  
ない。デッキチャーに身をまかせ気ままなひるねを楽し  
もう—

空想からさめて、ふと気がつくと、そこは、いつもの  
我が家の机の前であった。—

さて、次に目をひくのは long poop である。この広  
い船尾楼甲板内には、106 人の特別 3 等の船客を収容す  
るに充分の設備がととのえられているのである。

暑さへの対応策であろう。通風用のトランクが上下の

3 等室の天井に配置され大型電動ファンが後部 Boat  
Deck 上に 2 台設けられている。

また、上甲板上前方にある Galley については、その  
天井の一部が甲板一層の高さだけ Canopy 状に開放され、  
その上部はさらに Sky light Trunk となって Boat  
Deck に抜けるという亜熱帯海域航行船に対する積極的  
な配慮の程が感得される。

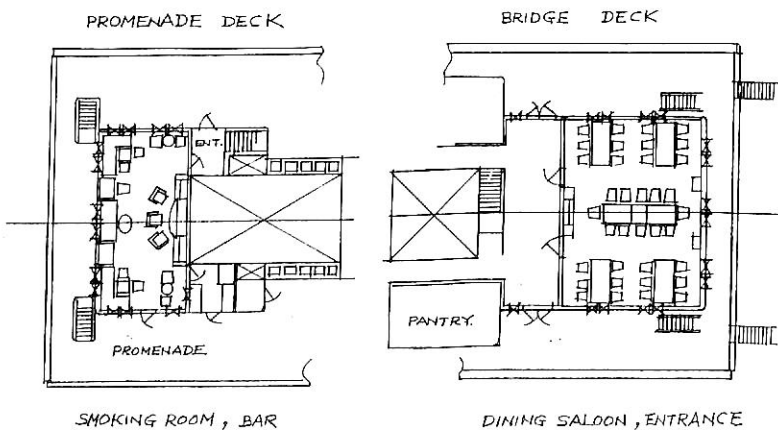
#### 2-5 サイパン丸 (内南洋航路) 日本郵船

前船にくらべて 1,000 ㏄も大きくなったこの船、パラ  
オ丸の改良型であることは明白なの  
だが側面図もなく配置の内容も全然  
わからない。外観写真も一般に流布  
している例のもの一枚しかない。

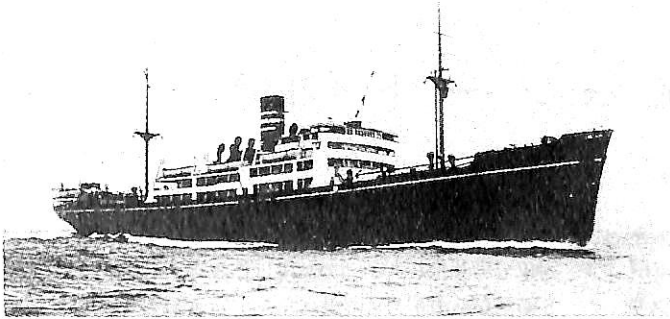
(図 2-5 A)

#### 2-6 近江丸, 山城丸 (内南洋航路) 日本郵船

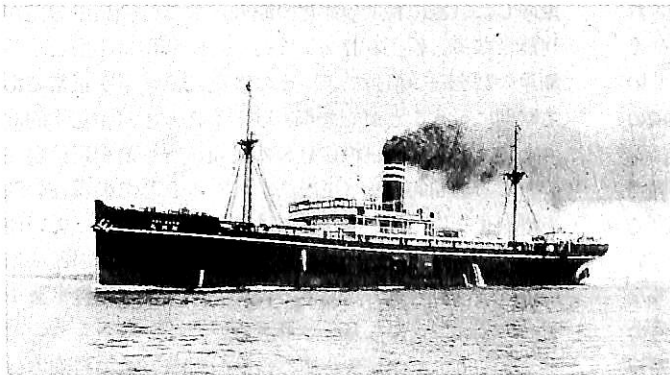
昭和 15 年 11 月印刷の日本郵船の内  
南洋航路案内を見ると“内南洋郡島  
へ定期航海している船は 9 隻で、神  
戸を起点として門司、横浜を經由して南洋各地行、毎月約五回の定期を  
実施している”と記されている。そ  
してそれらの代表船として、サイパ



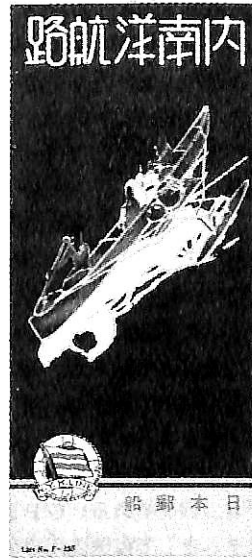
▲ 図 2-4 E 室内配置図



▲ 図 2 - 5 A サイパン丸



▲ 図 2 - 6 A 近江丸・山城丸外観



▲ 図 2 - 6 B 内南洋航路案内

ン丸、パラオ丸および近江丸の外観図が掲載されている。近江丸も、私にはその内容の少しもわからぬ覆面の船だが、煙もくもくの姿を船舶画報から拾って載せておくことにする。(図 2 - 6 A)(図 2 - 6 B) また、この航路の 3 隻の要目についても、まとめて次表に示す。

	パラオ丸	サイパン丸	近江丸
建造年月	昭和 9 年 (1934)	昭和 11 年 (1936)	明治 45 年 (1912)
建造所	三菱長崎	三菱長崎	英国
総トン	4,495	5,532	3,393
長さ	110.72	116.20	105
幅	15.55	19.4	14
深さ	8.5	10.15	8.5
速力	17.0	16.79	11.0
馬力			2,500
機関	タービン付レシプロ		
喫水	6.744	6.54	
船客定員	1 / 31	1 / 31	
	特 3 / 106	特 3 / 85	
	3 / 158	3 / 262	

(つづく)



## 船舶電子航法ノート(209)

木村小一

(本月はGPSのインテグリティの問題を取上げる。

インテグリティとは、完全性とも訳され、そのシステムが航法に使用すべきでなくなったときに、利用者にタイムリーにその警報を与えるシステムの機能と定義されており、いわばシステムあるいは衛星の故障をすばやく利用者に告知するシステムの機能である。GPSのこのインテグリティは、システムとしては国防用の目的のみ考えられ、民間航空用としては全く不十分であり、システムを民間航空用として使用する場合の最大の問題点であった。この問題はすでにこのノートでも取り上げており、その解決の方法として二つの方法が提案されている。その第一はGICと略称されるGPSインテグリティチャンネルと呼ばれる方法で、地上各所にGPS信号の監視局を置いて、GPS衛星からの信号を受信し、監視をして、その精度が劣化すれば、それをGPSとは別の通信チャンネルで放送する方法で、その概要や問題点はすでにこのノートで述べている。この方法は最近ではWIB、広域インテグリティ放送と呼ばれることもある。もう一つの方法は、略称をRAIMと呼ばれる受信機自立インテグリティ監視であり、これがここでのテーマである。

この方法はかなり難解であるので、できるだけ簡単に紹介するに止める)

### A・7・38・3 航空へのGPSの応用のその他の問題

RAIM、受信機自立インテグリティ監視は、GICと異なり受信機の内部処理で故障衛星を発見する手法である。それには測定の冗長度を利用するものである。衛星の数が少ない間は別の航法システムとの比較が提案されていたが、最近では較正された気圧高度計のみがその

対象であり、システムの故障は衛星のみの故障と考え、5衛星からの信号の受信によって、どれかの衛星に故障のあること、また、6衛星からの信号の受信によって、故障した(測位精度の劣化の原因となる)衛星の分離が可能となる。較正された気圧高度計の利用は必要とする衛星の数を一つ減少でき、その較正は、衛星が正常である時期に行うことができる。以下がRAIMの基本的な考えであるが、現在のGPSの民間航空への利用は現在のところ補間的航法(主航法システムとしての現在の陸上のシステムの補助的な役割に使用される)としての使用のみであり、次の機会に述べるが、単独手段の航法用には、現在FAAで計画中のWAAS(広域補強システム)の完成以後になりそうである。

アメリカの航空無線技術委員会(RTCA)の特別委員会(SC-159)は多年にわたってGPSのインテグリティの規格について作業をし、その結果であるGPSの補間的使用による最低運用性能要件(MOPS)では表1のように与えられている。この表についてはおおむね次のような注記がなされている。

(a) 航法の水平放射状誤差は、進行中の飛行段階に対する規定の警報限界より大きいときがあると故障と定義される。逆にいえば、誤差が規定の範囲内のときは故障はない。

(b) 最大許容警報率とは、衛星の誤動作がないのに正規の運用をする装置の全警報率として引用される。まれではあるが、ほとんどのインテグリティ警報は、選択利用性の正規の効果、伝搬の不確定さと受信機雑音で導入されるであろうことが予測される。告知されない

衛星の誤動作による警報が非常にまれに考えられる。表に規定された警報率は150,000の2分間当たり平均1警報だけが許される。インテグリティのシステムが衛星の幾何学が悪いことによって作動しないと宣言したときは、これらの期間は規定の警

表1 GPSのインテグリティの規格

飛行段階	性能の項目			
	警報限界	最大許容警報率	警報までの時間	最低警報確率
エンルート (国内、大洋上、ランダムとJ/Vルート)	2.0 海里	0.002/Hr	30 秒	0.999
ターミナル	1.0 海里	0.002/Hr	10 秒	0.999
RNAV進入(非精密進入)	0.3 海里	0.002/Hr	10 秒	0.999

報率には含まれていない。この警報率は、所有している衛星の軌道構成に関係なく全時間、全世界的に適用される。

- (c) 警報までの時間は、上の(a)に定義した通りの故障の始まりから、インテグリティ警報が告知されるまでの最大許容経過時間として定義される。
- (d) 検出確率は、暫定的確率、すなわち、規定の限界の外にある水平誤差に対して正しい決定をする確率として定義される。規定された検出確率は、使用されている全衛星の告知されない故障が $10E-6$ を与え、 $10E-9$ の10秒間に検出されない故障の確率を達成することになる。これは個々の衛星に約2年のMTBFを要求し、これは告知されない衛星の故障とされる。検出確率は1-ミスの確率として定義される。ミスの確率は、実際に故障があるときに、故障が存在しないと検出アルゴリズムが決定する暫定的確率である。このインテグリティシステムは、インテグリティが保証できず、従ってフラグが表示されるときこれらの状態を除いて、衛星の一つの故障に対する全時間、全世界的な規定された検出確率に適合する。この規定した検出確率は、現存の衛星の軌道配置には関係なく使用される。この確率は1飛行時間当たり $3.8E-8$ の検出されない故障率を与えるようなもので、告知されないゆっくりした衛星の故障率が全24衛星の構成に対して9ヶ月当たり1故障より大きくないことを与え、これは個々の衛星のこの種の故障に対して18年間のMTBFに等価である。
- (e) 装置の製造者は表に与えられているものよりもよきびしい要件の使用の注文を与えられる。例えば、ある製造者は非精密進入に0.3マイル、その他の飛行段階のすべてに1.0マイルの二つだけの警報のレベルをもつよう選ばれるかもしれない。そのような変更はこの表の意向の範囲内である。
- (f) 表に与えられた規格のすべては、使用されているすべての衛星に課せられつつある全選択利用性に適合されなければならない。

近い将来のすべての実際の目的に対して、この時点ではGICの完成はなお数年後になるだろうから、これは、RAIM(または他の航法の援助付きのRAIM)を前提とした規格の表ということになる。SC-159の当時の考えでは、何かの特定のRAIMの方法を規定することは考えられていない。更にはまた、この表にははっきりした稼働率の要件がないことも注目される。補間的な航法に対しては、稼働率は基本的には安全に関係ないというのが委員会の意見である。

しかしながら、表1を引用した補間的な航法のMOP Sにはその付録のFとしてRAIMの一つの方法が解説されている。この付録にあるRAIMの方法は最小二乗法の残差を使用する方法で、Stanford大学のB.W. Parkinson教授の提案\*によるものである。以下、この付録に基づいてこの最小二乗法の残差によるRAIMの方法を解説する。

この方法で、ここでは良い幾何学の配置の5衛星のみを選んで使用して、三次元の位置と時間の4未知数を求めるのに五つの方程式を使用して、過決定であるから線形の最小二乗解を作るが、それで最小二乗法による最良整合の“解”は式の右辺に残差を残すことになる。

ここでの解説では、RAIM法に使用される衛星数は5に制限をしている。しかし、このアルゴリズムは容易に“視野の中の全衛星”拡張ができて、その場合は性能上の若干の改善が達成されるとされている。

この残差は二乗してその後、検証統計値を形成するために加算する。検証統計値が予め定めたしきい値を超えたときには衛星に故障があることが宣言され、検証統計値がそのしきい値以下であれば、故障なしと決定する。この簡単な方法の直観的な原理は次の通りである。すなわち、測定値が一致すれば、最小二乗法の整合は良好で、結果的な残差は小さい。一方、衛星に故障があれば、それは測定値の不一致を導き、最小二乗法の整合は悪くなり、残差は大きくなる。これが最小二乗法残差法の基本的な考えである。

このRAIMの方法を使用するためには、視野の中に少なくとも5衛星がなければならない。“視野の中”とは、ここでは仰角 $7.5^\circ$ より上を意味するとしてある。視野の中に5以上の衛星があると、受信機は故障検出目的のために受入れ可能な幾何学のここでの5衛星の組合せ選択できる。受入れ可能な幾何学は、4衛星で解を求めるときの5組の組合せの各々のHDOPを調べることによって決定される。こうして作られた5組のHDOPの最大値は、許容できる警報限界と所要の検出確率とで定められる予め定めた値以下でなければならない。こうして航法解に使用される衛星のすべては、インテグリティの点検に使用される5組の組合せに含まれることになる。

ここでは、単なる平均から得られるよりも大きな利点がある。それは高い周波数の雑音の効果を減少し、雑音の少ない検証統計値を作るからである。一方で、平均は

\* B.W. Parkinson & P. Axelrad: Autonomous GPS Integrity Monitoring Using the Pseudorange Residual, Navigation, Vol.35, No 2 (1988)

突然の衛星の誤差の観測値を平滑化し、遅延効果をもつ可能性がある。こうして、非精密進入の航法の場合には、何等かの平均を行う場合には2～3秒間隔に制限されなければならない。すなわち、検証統計値は、非精密進入の場合には、基本的なデータ収集間隔は最小二乗法の残差法を使用するときは5秒と仮定される。最低4サンプルが、5秒の間隔中に使用される5衛星の各々ととられる。これらのデータは次に証細を述べるように一つの検証統計値を作るように集中される。そうして作られた検証統計値は、基本の5秒間隔の各々の終りに使用可/不可の故障の検証として、それが使用され、警報の告知器は各5秒間隔の終りにそれぞれに対応した動作をする。これは制約をしすぎと見えるかも知れないけれども、警報までの時間は非精密進入の場合は10秒である。しかし、5秒間隔の後の部分で起きるときには、平均では、穏やかな故障の場合ははっきりしないかも知れないことを認めなければならない。規定の方法では、この種の故障は、最初の時間間隔ではミスする可能性があるが、それは5秒周期で検出がなされるから、10秒の要件にはなお適合する可能性がある。

測位のこの例は非精密進入での条件について行われている。同様の手順は、警報までの時間の規格が異なる他の飛行段階にも適用できる。

非精密進入を例にして、最小二乗法の残差法の検証統計値は次の手順を使用して作られる。

a. 各測位点では同時に求めた五つの擬似距離の測定値をもっている。また、基本の5秒間隔中に同時に4点でとった擬似距離の測距離をもっているとする。時間的に平均したのがそれぞれの残差であり、それで線形化した最小二乗解を同時の各測位点で作られなければならない。この最小二乗解は次の良く知られた式で求められる。

$$X_{LS} = (H^T H)^{-1} H^T Z \quad (1)$$

ここで、H = 位置のXYZの3成分と時間の測定値に関係する線形の接続行列（この場合は、5×4の行列）

Z = 測定擬似距離と公称位置と時間のバイアスに基づく予測擬似距離の間の差を取ることで作られる線形の測定値のベクトル（この場合、5×1のベクトル）

$X_{LS}$  = 公称位置と時計のバイアスからの乱れの最小二乗推定値（この場合、4×1のベクトル）

b. それから、最小二乗法の残差のベクトルを同時に各測位点で作る。ここでは、4測位点で使用されている。

$$\left. \begin{aligned} r_1 &= Z_1 - HX_{LS} \\ r_2 &= Z_2 - HX_{LS} \\ r_3 &= Z_3 - HX_{LS} \\ r_4 &= Z_4 - HX_{LS} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

c. 四つのベクトルの残差は、ここで5秒間隔の平均の残差ベクトルを作るよう平均される。前述したようにこれは、高い周波数の雑音を減少する効果をもっている。

$$r_{ave} = \frac{r^1 + r^2 + r^3 + r^4}{4} \quad (3)$$

ここで、 $r_{ave}$ は5×1のベクトルである。

d. 次のステップは $r_{ave}$ の五つの成分の二乗の和をとる。この段階で、Sは検証統計値となる。

$$S = (r_{ave} \text{の成分} 1)^2 + (r_{ave} \text{の成分} 2)^2 + \dots + (r_{ave} \text{の成分} 5)^2 \quad (4)$$

この最小二乗法の残差法の特長の一つは、この手順での検証統計値が自動的に正規化されるということについて述べている。故障の存在しない普通の状態では、Sの統計的な分布は幾何学完全に独立であり、これは状態が特異でないと仮定してのことである。

式(4)で作られる検証統計値Sは、一度の自由度の $\chi^2$ 乗分布をもっている。この形式の分布の表またはその代わりのよく解釈される正規の表は、しきい値を設定するのに利用可能である。適当な質のGPS受信機でのこの例の手順を説明すると次になる。

まず、検証統計値Sに関連する標準偏差 $\sigma$ のパラメータを求めなければならない。選択利用性の誤差成分を仮定することから始まり、それを5秒の平均間隔にわたる定数として仮定する。説明用としては、これを次のようにとることができる。

$$\sigma_{SA} = 32.5 \text{ m}$$

また、受信機の雑音による白色雑音成分があると仮定すると、それは次になる。

$$\sigma_{white} = 15 \text{ m}$$

一つの効果として、全体の擬似距離の測定値の誤差は、一つは長い相関時間を持ち、もう一つは短い相関時間をもつ、二つの成分から構成されているとする。すべての誤差の原因は、この二つの種類の一つまたはもう一つに入れられ、 $\sigma_{SA}$ と $\sigma_{white}$ はそれぞれの全体の効果を表わしている。白色雑音の部分は4測位点を平均すると減少するので、その全影響は次式となる。

$$\sigma_{white}(\text{平均}) = \frac{15}{\sqrt{4}} = 7.5 \text{ m}$$

従って、

$$\sigma_S = \sqrt{\{(32.5)^2 + (7.5)^2\}} = 33.3 \text{ m}$$

故障のない正規の状況の下で0.002/hに警報率を設定したとする。2分ごとに独立の測位が可能であるし、S Aの相関時間は120秒であるとする、測位当たりの警報率は次になる。

$$\text{警報率/サンプル} = \frac{0.002}{30} = \frac{1}{15,000}$$

サンプル当たり

正規化しない $x$ 二乗の統計値のしきい値を17,740に設定すると、所要の警報率が達成される。この結果は正

規化された $x$ 二乗の変数が約16のところでは所要の確率が生ずることを注意して $x$ 二乗の表から得られる。こうして正規化されないときのしきい値は

$$16 \times (33.3)^2 = 17,740 \text{ となる。}$$

これで検出のアルゴリズムは完了する。対応する検出確率を見つけるために、ここで衛星の一つに故障が導入された(オフラインの)膨大なコンピュータシミュレーションをランすることができ、その後、実験データからの検出確率が評価される。(つづく)

## ● IMOコーナー

### 第63回海上安全委員会 (MSC63) の概要

運輸省海上技術安全局

標記会合はロンドンIMO本部において、平成6年5月16日から5月25日までの会期で開催された。以下審議概要と結果を紹介する。

#### 第63回海上安全委員会

相変わらず今回も審議された項目は多岐にわたるが、設備関係で今時合会において採択された条約改正案件は以下のものがある。

##### ① 燃料管の二重化

II-2/15規則

発効：98年7月(現存船は2003年7月)

適用：SOLAS対象船舶

##### ② 非常用曳航装置の設置義務化

V/15-1規則

発効：96年1月(現存船は次回ドック時より)

適用：2万DWT以上のタンカー

##### ③ 適用：船橋視界の要件

V/22規則

発効：98年7月

適用：長さ45メートル以上の船舶

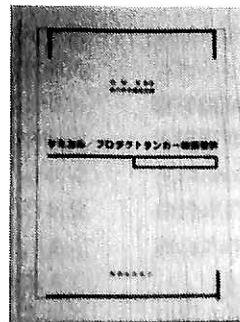
このほか、注目に値する審議内容としては、貨物の積付に関するコード(SSコード)の一部強制化に関して合意がなされ、次回MSC64で採択予定となっている。

(文責：石原典雄)

造船・海運界他専門家の全面協力を得て最新技術、動向を網羅した座右の技術資料書。

## ケミカル / プロダクト タンカーの技術資料

田宮 真監修・船の科学編集部編



本書は内航および外航の中小型から大型のケミカル・プロダクトタンカーに関する/基礎的な解説・資料/最新の条約・国内法規の解説/設計・建造・運航について/材料・塗料・タンククリーニングの解説/実船例紹介/等という内容であり、実船例としては主要70

数隻のケミカルタンカー、プロダクトタンカーを網羅している。さらに付録として全ての化学品の適用規則、主要物性の一覧表、品名索引を掲載しているので設計・建造・運航関係者のみならず荷主、材料、機器メーカー等に関係する方々に必要不可欠の技術資料と確信いたすわけでありませう。

B5判・540頁・上製本・定価30,000円  
(〒350円)

(株)船舶技術協会

〒104 東京都中央区新川1の23の17

(マリビル) 電話 (03)3552-8798

&lt; 第155回 &gt;

## 第39回防火小委員会の結果について

運輸省 海上技術安全局

国際海事機関(IMO)の防火(FP)小委員会第39回会合が、平成6年6月27日から7月1日までの間、ロンドンのIMO本部で開催された。今次会合における主な審議事項は以下のとおり。

### 1. 議長を選出

昨年の会合で1994年の議長として選出されていた米国のマター女史が本会合に出席できないことから本年の議長の選出がおこなわれ、我が国代表団の吉田公一氏(船舶機装品研究所)が蘭の推薦、多数の国の支持により満場一致で選出された。

### 2. SOLAS条約II-2章(防火・消防関係)の総合見直し

本件に対する我が国及びスウェーデンからの提案文書の簡単な説明の後、英国から我が国提案の総合見直しの方向性を評価する発言があった。議長より議題の重要性及び作業量の大きさから本件をコレスポネンスグループ(CG)を設けて検討していくことが提案され、ドラフティンググループによりII-2章総合見直しの目的の明確化、規定規則と機能規則の長所短所の比較等10項目にわたるCGへの付託事項が定められた。CGでは、今後この付託事項に沿って総合見直しの方向性及び新II-2章の全体枠組みを検討することとなった。なお、CGのコーディネーターはNKの山本博氏がつとめることになった。

### 3. 不燃性貨物のリスト

固定式ガス消火装置の備付けを免除できる不燃性貨物のリストのMSCサーキュラー案については、我が国提案の6品目のうちPetroleum coke, Pencil pitch及びWood pulp pelletsの3品目を新たに火災の危険性の低い貨物としてリストに追加することが合意された。残る3品目(Iron sponge spent, Metal sulphide concentrates及びFishscrap)については、我が国の見解を主張したが支持を得られず、リストへの追加は認められなかった。

### 4. 居住区及び機関区域の水系消火装置

本件については、ワーキンググループ(WG)で検討された。各検討項目の審議結果は以下のとおりであるが、各々の承認ガイドライン、火災試験方法等については、作成されたドラフトがバルキーであったので仏語、西語への翻訳が今次会合中には間に合わなかったため、合意には至らなかった。本年10月1日以降ハロン消火装置の新規設置が認められないという緊急性から、上記の試験方法等を含むガイドラインは本年12月のMSC64での採択が不可避であり、翻訳等が済み次第、原案は各国に送付される。またMSC64では本件に関するWGが開催され技術的審議を経た上で採択される見込みである。

#### 1) 居住区の同等水系消火装置

SOLAS条約II-2章第12規則に規定されたスプリングラシステムの同等物としての散水消火装置の承認に関する総会決議A.755(18)の改正が検討され、水噴霧ノズルの製造基準及び居室に対する火災試験方法を付録とする総会決議案が作成された。

火災試験方法の審議は、前回会合のWGでまとめられた試験方法の原案に対してCGに集められた各国のコメントをおりこんで作成されたドラフトに基づき行われた。このため最終案は、原案とは構成、内容等が大きく変更になった。主要な変更点は、試験を①通常の船室と通路を設定しこの中の様々な場所における火災を想定した船室及び通路テスト②広い居室火災を想定した豪華船室テスト③公室火災を想定した公室テスト④商品が収納された場所の火災を想定した売店・倉庫テストの4つに分け各々について判定基準を明確にしたことである。なお、試験方法案では水噴霧ノズルの故障を想定したテストを行うこととなっているが、このテストは部品の信頼性と保守の問題であり、方案に入れるのは疑問である旨指摘があったが、故障テストも重要との意見が大勢を占め変更は行われなかった。

#### 2) 機関室のハロン消火装置の代替水系消火装置

A類機関区域及びカーゴポンプ室のハロン消火装置の代替となる水系消火装置の承認ガイドラインがMSCサーキュラーのドラフトとして作成された。本ガイドラインは、A.755(18)の改正案に添付されたのと同じ水噴霧ノズルの製造基準及び機関室等に対する火災試験方法を付録としている。

火災試験方法の審議は、前回会合のWGでまとめられた試験方法の原案に基づき開始されたが、これに先立ち我が国は、提案文書にしたがって大型火災モックアップ試験は危険であり全世界で試験を行える施設の数が少ないこと、更に1つのモックアップ試験が多様な機関室全てに適用することができない点を指摘し、新たにオイルパン試験及びスプレー火災試験からなる簡易火災試験方法案を提出した。WGでは、機関室の水系消火装置はトータルフラディング方式とローカルアプリケーション方式に分けられることが確認され、我が国提案の火災試験方法はローカルアプリケーション方式に位置づけられた。WGは、今次会合ではハロン代替装置としての試験方法確立が最優先させるべきと考え、トータルフラディング方式の試験方法を完成させることになった。

トータルフラディング方式の試験方法としては、上記原案を基に審議がなされた。最初モックアップ試験を最大500㎡の機関室の船の火災試験に適用できる500㎡モックアップ試験方法に限って議論がなされたが、WGの議長の意見から全ての船に適用できる試験方法を確立することとなり、大型船は大型モックアップ試験を行うこととし、サイズの最大制限が取り除かれた。更に審議を行った結果、原案から次のような変更をすることで試験方法がまとめられた。1) 500㎡以上の機関室の船のモックアップ火災試験は3,000㎡以上の試験室で行うこととなった。2) 火災シナリオについて多くの追加が行われた。なお、防熱層や電線等の奥でのディープシーティド火災についての火災シナリオが必要との意見が多かったが、設定の難しさから今回は見送られることとなった。

また、我が国提案の試験方法はローカルアプリケーション方式に対して有用であることから、次回検討されることとなった。

## 5. 煙の制御

まず、スウェーデンから煙制御の機能要件等についてのCGでの検討結果の説明があり、ついで我が国から煙の制御に関する今後の作業の進め方及び実物大試験結果について説明を行った。本件は、既に新造客船の居住区に適用されII-2章の総合見直しの中で取り扱っていくことが確認されているが、そのための作業方針として我が

国提案にあるような枠組みを作成して作業することが支持された。今後CGにおいては条約には基本的要件のみを規定し、詳細要件、検査方法等はガイドラインに記述するという方針に沿ってSOLAS改正案の作成及びガイドラインの作成を行っていくことになった。

## 6. 火災試験法

### 1) 煙と毒性

内装材等の発煙性試験方法及び毒性試験方法については、ISO DIS 5659 Part 2をもとにした試験方法が承認された。また、毒性の測定法など細部については、1996年を目標に引き続き検討されることになった。

### 2) 熱荷重評価方法

本件に対しては、我が国及び米国から各々提案文書の説明があった。米国提案の方法は、非常に簡便である旨各国の理解が得られたものの科学的根拠が希薄であるとの指摘も多く、また我が国提案の方法は、科学的根拠が明確である旨理解されたが、承認にはいたらなかった。そこで、当日議場で配布されたロシア案も含めて各国に次回会合までにコメントを提出するよう要請された。

## 7. 消火泡の性能及び試験基準のガイドライン

本件は、CGで高膨脹泡について検討が進められてきたが、コーディネーターである伊より各国の意見が分かれたため、ISOに基づいたガイドライン案とNEPAに基づいたガイドライン案の2案を作成した旨報告があった。議長より各国にどちらが適当であるかとの意見を求めたところ、結局、ISOに基づいたガイドライン案を採用する事になった。また、ロシアから中膨脹泡についてのガイドライン作成を求める発言があり、さらにIACSから提案された文書でケミカル貨物についての泡消火の妥当性につき検討を求められていたところ、今後、両案件ともCGにおいて検討を行うこととなった。

## 8. 議長の選出

1995年の議長として吉田氏がギリシャの推薦、英、中、リベリア等の支持により、副議長としてロドリゲス氏(チリ)がそれぞれ再選された。

(文責：田口晴邦)



「船の科学」内容索引

第47巻(平成6年1月～12月号)

◎新造船写真と要目

- (1) 沖ノ嶋丸, 恵光丸, 第二十三明神丸, 興晴丸, 第十二八光丸, あきつしま, 第十えのき丸, びーなす, 光進丸, とらいでんと えーす, 望星丸, Vinga, New Vitality, Toba(鳥羽), Buccleuch, Blazing River, London Pride, Pacific Prospect, Mass Merit, Ever Royal, Oval Nova, Bandar Ayu, Bosphorus Bridge, Oriental Harmony, Blue Bridge Highway, Magellan Phoenix, Daiwa Challenger
- (2) 湯川山丸, クイーン コーラル, 大伸丸, まりんろーど 2, 第一清江丸, 第三十三浅川丸, 瑞光, サンファン・パウティスタ号, Libra Star, Mass Glory, Mercury Diamond, Shinano Reefer
- (3) へすていあ, 豊誠丸, 千祥丸, 松盛丸, 第十六日丹丸, あたご丸, Berge Stavanger, Apollo Ohshima, Oceanic Star, Aegean Star, Columbia Bay, 武神(Bujin), Feeder Chief
- (4) さんふらわあ みと, 扇洋丸, 昭裕丸, 明太丸, 貴和丸, 第十一霧島丸, 第七いく丸, Al-Bali Star, Atlantic Ruby, Mitsmine, Arctic Sun, 珍河(Zhen He), Ivory Falcon, Global Juno, Haru Verdy
- (5) 筑前丸, 興洋丸, 第十八親力丸, 第二さんよう, そうめい, Takayama(高山), Maritime Queen, Full Sources, American Trader, Mexican Reefer, Sunrise Iris
- (6) ルミナス神戸2, 喜英丸, 昭久丸, 祥光, 宮島, Navix Adventure, Polyclipper, Forest Champion, Kai Jin(海神), Sapphire Ace, Amber Lily, Polar Eagle
- (7) フェリーあざれあ, ジェイ エイ サンシャイン, 千島丸, フェリーちくし, 弓削丸, わかせと, ひたちなか, Diamond Falcon, Sea Grace,

- Tien Shan(天山), Torben Spirit, Senang Spirit, Dwiputra, Christitsa, European Trader, Kirishima, Nedlloyd Hongkong, Shina, Antwerp
- (8) Kibi, おれんじ7, 三京丸, 雄成丸, Berge Stadt, African Ruby, Maritime Omi, Helga
- (9) 新鑿真(Xin Jian Zhen), なかと丸, 第二三恭丸, 双葉丸, エメラルド ウイング, アクアジェット スーパーⅢ, 疾風, 飛翔, Bona Sailor, Tinglev Maersk, Triton Diamond, Nantai Venus, Apollo Satu
- (10) LNG Vesta, ブリリアント リバー, 第十七菱安丸, レインボウ のうみ, ジーラ, Sea Gloria, Olympic Sponsor, Samjohn Spirit, Harmony, Nantai Queen(南泰皇后), 竜神
- (11) 関空エクスプレス, 葛城丸, ニューいぶき, Saga Spray, Florida Rainbow II, Cupid Feather, Western Viking, Da He(大河), Maipo
- (12) Han-ei, フェリーなみのうえ, ほるす, 長春丸, 鳥羽丸, Diamond Grace, Corona Ace, West Fortune, Panans Perla

◎新造船紹介(一般配置図(GA), 中央断面図(MS))

- 二重反転プロペラ油槽船“沖ノ嶋丸”(IHI) GA…1
- 訓練船“望星丸”(三保) GA……………1
- STL油槽船“Vinga”(サノヤス) GA……………1
- FRP遊漁船“Daiwa Challenger”(IHIクラフト) GA……………1
- 翼付双胴Superjet-30“瑞光”(日立) GA……………2
- 999総トンLPG船“第十六日丹丸”(内海) GA……………3
- クルーズフェリー“さんふらわあ みと”(三菱下関) GA……………4
- 15万T型鉬炭船“筑前丸”(サノヤス) GA……………5

相馬港監督測量船“そうめい”(ヤマハ)GA	5
レストラン船“ルミナス神戸2”(三菱神戸)GA	6
78型シャトルタンカー“Polyclipper”(三井)GA	6
リゾートフェリー“フェリーあざれあ”(IHI)GA	7
港湾監督船“ひたちなか”(ヤマハ)GA	7
450T重量物船“Kibi”(三菱下関)GA	8
Aflamaxダブルハルタンカー“雄成丸”(雄洋)GA	8
日中フェリー“新鑿真”(尾道)GA	9
コンテナ船“Nantai Queen”(南泰皇后)	10
貨物RO/RO船“関空エクスプレス”(臼杵)	11
鳥羽商船高等専門学校練習船“鳥羽丸”(三井)	12

◎日本商船隊の懐古(写真・解説) 山田早苗

照川丸, 大井川丸, 福栄丸	1
さんるいす丸, 大球丸, 日帝丸	2
北京丸, ばるちもあ丸→加古丸→北満丸, 潮州丸	3
富士川丸, 富士山丸, えとな丸→大文丸	4
竹川丸, 第2大運丸, 富美丸	5
葛城丸, 伏木丸, 会下山丸	6
桃川丸, 大冶丸, 大運丸	7
六甲山丸, 大亨丸, 伏見丸	8
大信丸, 釜山丸, 不動丸	9
相模丸, 越後丸, 洞雲丸	10
大連丸, 福浦丸, 栄城丸	11
春幸丸, 天佑丸, 鉄海丸	12

◎世界の船舶 府川義辰

仏“Floreal”クラスフリゲート艦(6隻シリーズ)	1
仏NCL社の客船“Dreamward”(1), (2)	1, 2
元ソビエト客船“Marco Polo”として再デビュー	2
クバルナー社3隻の大型クルーズ客船を受注	3
R.V.L社の“Royal Viking Queen”(1), (2)	3, 4
インドネシア内航旅客船 “Ciremai”及び“Dobonsolo”	4

9,400T型光ファイバーケーブル敷設船受注	5
クルーズ客船“Zenith”のインテリア(1), (2)	5, 8
カーニバル社5隻目の7万Tクルーザーを建造	6
SNCM社43,500T型フェリーを発注	6
P&Oグループ10万T型客船の建造を発表	6
短距離40ノット型旅客カーフェリーの概念	7
チャーター可能な世界の豪華ヨット(2)	7
帆走客船“Lili Marleen”6月末に竣工	8
RCCL社7万T客船 “Legend of the Seas”の断面図	9
7万Tクルーザー6隻中第4船“Fascination”	9
P&O社スーパーライナー“Oriana”進水(1), (2)	10, 11
セレブリティクルーズ社“Century”建造に着手	10
コスタ社74,000T型客船の建造に着手	10
クバルナー社高級指向客船を受注	11
クバルナー社ケーブル敷設船“Asean Restorer” “Asean Restorer”竣工	12
客船“Silver Cloud”地中海にデビュー	12

◎ニュース解説 米田 博

新時代を担う船舶技術開発	1
日本の造船業はどうなるか	2
OECD造船協定協議物別れ	3
平成6年度予算案	4
韓国造船業の能力増強	5
サブスタンダード船対策	6
造船材料費の問題点	7
OECD造船協定合意	8
海運造船円高対策	9
平成7年度海事関係予算要求	10
造船需要の見通し	11
低船価受注の危機	12

●平成6年内内容索引

◎論文と解説

年頭所感……………戸田邦司……1  
 IMO・MEPC議長P.バグマイヤ代表講演…運輸省……1  
 DLA構造設計手法の概要……………住友重機械……1  
 船体構造部材の修理技術に関する一考察…押切昭夫…1  
 慶長遣欧使節船“サン・ファン・パウティスタ”の  
 建造に携わって……………山本 武……2  
 木造船の復活……………渡辺修治……2  
 立て積みコンテナ船……………栗岩常明……3  
 メンテナンス・エンジニアのためのセミナー……  
 ……………湯浅通史……3  
 第6回国際会議IMAM'93に出席して…間野正己……3  
 R.Q.D.物語……………高城 清……3  
 焼玉エンジンの思い出(1), (2)……………小林茂夫……3, 4  
 Off-Center Propeller船の就航実績……NKK……4  
 BHPを推定するチトフ法の紹介とその一部修正  
 ……………村瀬和彦……4  
 チョックファストによる船尾管軸受の据付作業…  
 ……………強力造船……4  
 試運転夜話 (1), (2)……………高城 清……5, 6  
 線状加熱曲げ加工法の自動化……………IHI……6  
 コンテナ船の主要目概算法……………村瀬和彦……6  
 スーパーライナー実験船「疾風」・「飛翔」の概要  
 ……………遠藤久荷……7  
 東京エムオウユウ事務について……………岡田光豊……7  
 造研の研究成果報告会より……………編集部……8  
 砕氷船に関するチトフ教授の論文の紹介と検討…  
 ……………村瀬和彦……9  
 Numerical Study on flow and Thrust Produced  
 by Oscillating 2D Hydrofoil ……土井康明……10  
 計算機支援板曲方案自動作成システムの開発……  
 ……………村川英一 他3名……10  
 損傷情報のフィードバック手法に関する研究……  
 ……………山本規雄……10

RPG 規準による疲労き裂伝播挙動の研究……………  
 ……………豊貞雅宏……10  
 渦格子法によるスーパーキャビテーション・  
 プロペラの性能計算……………工藤達郎……11  
 鋼材の脆性き裂伝播停と挙動に関する一考察……  
 ……………刀根知佳子……11  
 造船業CIMSのための日程計画情報に関する研究  
 ……………峯村隆久……11  
 船会社の造船技術者より見た造船の諸問題…松宮 熙…11  
 大形低速ガス焼きディーゼル実証プラント…三 井…12

◎随筆

宇和島港・我が青春の日の船影(6), (7)……………  
 ……………兵頭喜明……1, 2  
 立法における科学の使命……………尾花 皓……1  
 “スターボード”と“ポートサイド” ……山川英夫……2  
 人命救助体制整備の一私案……………尾花 皓……3  
 アイウエオと島名……………山川英夫……3  
 船と女性……………池内迪彦……5  
 私のアンカー理論……………尾花 皓……5  
 無人航海, 保険……………尾花 皓……7  
 3-islanderの花道-和川丸物語……………高城 清……10  
 貨客船百花繚乱(1)~(5)……………兵頭喜明……7~12

◎船型設計ノート — 連載中 — 森 正彦  
 (10)~(21)……………1~12

◎船舶電子航法ノート — 連載中 — 木村小一  
 (199)~(210)……………1~12

◎日本船舶史(抄) (14) ……遠藤 昭……2, 5, 9

◎続・中速艇の一設計法 大隅三彦  
 (12), (13), (14)……………2, 3, 4

- ◎フェリー乗船体験記 山本文雄  
(2) ~ (4)..... 3, 4, 5
- ◎船舶用アルミニウム合金の溶接 簗田和之  
(1) ~ (7)..... 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12
- ◎海洋開発草分け話 武藤郁夫  
(1) ~ (6)..... 6, 7, 8, 9, 10, 11
- ◎海外文献  
スペースと重量を節約できる簡易型スタビライザ..... 2  
既存クルーズ船の安全向上..... 5  
Azipod (旋回式電動推進機)..... 5  
新次元船級Ship Right.....ロイド船級協会..... 5  
クバルナー・マーサ・ヤードのLNGタンク製造設備..... 6  
Autoship のプログラム..... 7  
LNG船の自動化..... 9  
インテリジェントエンジン構想  
— Wärtsilä Diesel Group ..... 10  
LNG船の推進機関の現状と将来..... 12
- ◎IMOコーナー 運輸省海上技術安全局  
(144)第23回バルクケミカル小委員会の結果..... 1  
(145)第18回総会の報告..... 2  
(146)第1回海上安全委員会/海洋環境保護合同  
委員会/第39回無線通信小委員会の報告..... 3  
(147)第45回危険物運送小委員会CDGの結果..... 4  
(148)第2回旗国小委員会(FSI)..... 5  
(149)第37回設計設備小委員会(DE)の結果..... 6  
(150)船舶からの大気汚染の防止措置に関する  
IMOの最新動向..... 7  
(151)第38回復原性・満載喫水線・漁船安全  
委員会の結果..... 8  
(152)第25回救命・捜索・救助小委員会報告..... 9  
(153)第33回コンテナ貨物(BC)小委員会の結果..... 10  
(154)第2回SOLAS条約締約政府会議の概要に  
ついて..... 11  
(155)第39回防火小委員会の結果について..... 12
- ◎技術短信およびニュース (主なもの)  
PDプロペラ1号機実装船の就航  
.....日本造船技術センター..... 1  
停船時用小型船減揺装置.....三菱重工業..... 1  
新型スリムデッキクレーン.....IHI..... 2  
水平すみ肉溶接走行台車.....日鉄溶接工業..... 3  
三菱みなとみらい技術館.....三菱重工業..... 5  
アミューズメント用シミュレータ.....三井造船..... 5  
Ship of the Year '93 "Polar Eagle" が受賞  
.....日本造船学会..... 6  
NKの「ISO9001」認証取得.....IHI..... 6  
新型油圧コンパクトシリーズ.....ヘグラント..... 7  
船上荷役装置.....カヤバ・マックグレゴリー..... 8  
“疾風”・“飛翔”の試験開始.....TSL技術研究組合..... 9  
システム操船装置.....三井造船..... 9  
船舶の操縦性能推定法の精度向上に関する共同研究  
.....日本造船技術センター..... 10
- ◎海外ニュース (主なもの)  
麻薬とアルコールの排除.....ロイド船級協会..... 2  
高速大型フェリー用ガスタービン.....Kvaerner Energy..... 4  
新型船用消火装置 Unifog.....Unitor..... 4  
韓国のロイド入級船.....編集部..... 8  
地中海初の高速RO/RO旅客船“Majestic”..... 9
- ◎統計資料  
ロイド造船統計概括.....ロイド船級協会..... 4  
ロイド商船統計表(1993年版).....ロイド船級協会..... 8  
ロイド海難統計1993年.....ロイド船級協会..... 10

# 平成6年度（10月分）新造船許可集計

運輸省海上技術安全局

区 分		4 月 ~ 10 月 分				10 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	11	257,268	400,850		0	0	0	
	油槽船	5	14,437	24,298		0	0	0	
	その他	3	10,399	4,588		2	3,699	2,218	
	小計	19	282,104	429,736		2	3,699	2,218	
輸出船	貨物船	160	4,495,030	6,949,005		22	671,600	1,100,087	
	油槽船	49	2,680,836	4,616,450		14	690,700	1,185,170	
	その他	0	0	0		0	0	0	
	小計	209	7,175,866	11,565,455		36	1,362,300	2,285,257	
合 計		228	7,457,970	11,995,191	742,274 百万円	38	1,365,999	2,287,475	120,538 百万円

● 編 集 後 記 ●

☆ 長谷川謙浩氏が11月12日に逝去された。新聞等で既に読者もご存知であるが、氏は昭和16年東大船舶工学科を卒業後、川崎重工業に入社、一貫して船舶設計に従事されたが、取締役・常務・副社長を経て昭和52年から6年間社長を勤められた。この間造船不況による業績の立て直しには大変な苦勞をされた。また日本機械工業連合会会長、日本造船工業会会長、日本船舶輸出組合理事長など数々の要職も歴任された。当社の株式会社設立に当たっては、株主としても参加され、初代社長とは同級のよしみもあり、気軽に編集委員会に参加されたこともあった。期界における偉大なご功績をしのび、謹んでご冥福をお祈りする次第である。

☆ 10月21日午前7時半頃ソウル市の漢江（ハンガン）にかかる聖水（ソンス）大橋の中央部分が約50mにわたって突然落下し、車両10数台が約20m下の川に落ち、30名以上の死者が出たといわれている。20年前に完成したこの橋は、計画当初の交通量が2倍以上になり、疲労破壊の前兆が指摘されながら何等改善策がなされなかった

として司直の追求が行われているようである。当初計画の交通量が2倍以上になっている例は日本でも事欠かないであろう。

船体についても腐食・疲労等で補修ないし廃棄を決断しなければならぬ場合が考えられる。他山の石として検討すべき事例は多い。

☆ 更に今度は3日後の漢江上流において観光船が全焼し、死者20名行方不明11名という惨事が起こった。

高度成長過程での避けられない教訓と言ってしまうばそれまでであるが、安全に対する配慮は常に忘れてはならないことは言うまでもない。事故が発生した場合の費用を考えると、日常の費用は出し惜しみしてはならないものであろう。

事故というものは全く考えも及ばない所に生ずることがあり、また単一の原因でない場合が多い。管理責任まで考えると事故はすべて人災といってもよい程である。事故の危険のある所には特に入念な安全対策が要望される所以であろう。

☆ 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 8,200円  
税 込 { 1ヶ年分 15,800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47巻 第12号 (No. 554)  
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・FAX 03 (3552)8798

平成6年12月5日印刷 { 昭和23年12月3日 }  
平成6年12月10日発行 { 第3種郵便物認可 }

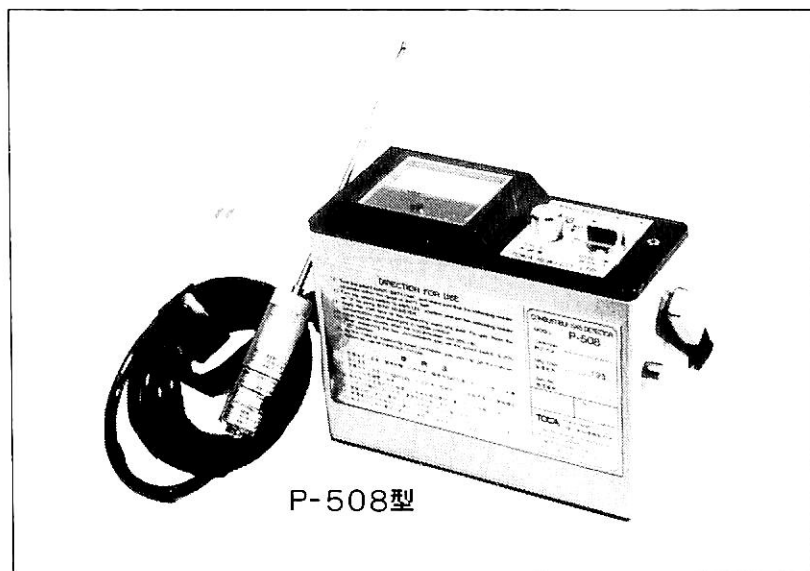
(本体 1,359円) 定価 1,400円 (〒84円)  
発行人 濱 村 建 治  
編集委員長 米 田 博  
印刷所 大洋印刷産業株式会社

# 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収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。
- ポ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%LEL)のガス検知も容易です。
- 警報ブザーを内蔵しており20%LEL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)

TELFAX 044(722)7460



平成六年十二月五日印刷  
昭和二十六年十二月十日発行  
昭和二十三年十二月三日第三種郵便物認可

船の科学

定価 一四〇〇円  
（本体 一三五九円）

東京都中央区新川一丁目三十一番七（マリニビル）  
（株）船舶技術協会  
電話 〇三（三五五二）八七九八番



# ミーム大艦

ミーム大艦のミームは  
歴史的な時代の進化の図像、海を渡るべきである。  
そして進められたが、船はなによりも。  
このミーム、それ自身の進歩と進歩の技術と進歩の  
共進するミーム大艦。

日鐵溶接工業

保存委番号  
196011

雑誌07739-12

T1007739121401



ニッチェン・ムレス フラックス入りワイヤ  
**SF-SM**  
wire