

# 船の科学 1986

VOL.39 NO. 10



**HÄGGLUNDS**

L型クレーン ・ 巻上げ能力 8 ~ 40 T ・ 旋回半径 20 ~ 30 m 巻上げ速度 35 ~ 50 m/min

## ヘグランド日本 株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-8-10 (第9興和ビル)

TEL.(03) 588-0291 FAX.(03) 582-3237

TLX. 2422179 HAGJPN.J



# 356 SUNNY DAYS!!

修繕と改造はカリブ海“キュラソー”で…  
降雨量は年間わずか400ミリ。

設	備
● 修繕ドック	2基
150,000 d w t	1基
28,000 d w t	1基

- 1,800m(総延長)修繕岩壁
- 各種クレーン(ドックサイド)9基

### 事業内容

- 船舶の修繕・改造
- 発電機・モーターの修繕と巻換え
- 電子機器及び自動化装置の修繕
- 年中無休サービス、ジェット便は北米、南米、ヨーロッパ各地へ直行便毎日運航。



入渠中のカベラケミカル殿ケミカルタンカー

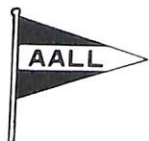
### 会社別主要御得意先(順不同)

大 洋 商 船	北 真 船 舶	東 京 マ リ ン
三 光 汽 船	英 雄 海 運	安 保 商 店
日 正 汽 船	萬 野 汽 船	日 魯 漁 業
上 村 海 運 商 会	東 興 海 運	雄 洋 海 運
関 海 外 航 一	大 乾 マ リ ン	シ ン コ ー ・ マ リ タイ ム
近 海 タ ン カ ー	山 下 新 日 本 汽 船	永 井 海 運
鹿 島 汽 船 船	関 兵 海 運	大 洋 海 運
大 阪 商 船 三 井 船 船	住 友 商 事	神 幡 汽 船
中 野 海 運	フ ァ ー イ ス ト ・ シ ッ ピ ン グ	八 幡 汽 船
フ ァ ー イ ス ト ・ シ ッ ピ ン グ	ク リ ム ソ ン ・ ラ イ ン	パ ル シ ッ ピ ン グ
中 村 汽 船	矢 野 海 運	共 栄 タ ン カ ー
	神 戸 シ ッ ピ ン グ	極 東 船 舶



## CURACAO DRYDOCK COMPANY INC.

Curacao NETHERLANDS ANTILLES



総代理店

### オールアンドコンパニー リミテッド

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

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



夢、ふれあつて未来へ。

# 青年海外協力隊員募集

秋募集期間  
10/15~11/30

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

**水産分野**の協力隊員は、開発途上にある国々で現地の人々に漁具漁法、養殖、水産物加工、船舶機関、航海術、水産統計等10職種で協力活動をしています。この分野では既に321名が派遣され、現在59名の隊員が約20ヵ国で活躍中です。あなたも開発途上の新しい国づくりに参加してみませんか。

●詳しい資料・願書をご希望の方は、ハガキに住所・氏名・年齢を明記し、資料請求券を添付の上事務局国内課まで。



国際協力事業団 ☎03(400)7261

青年海外協力隊

■事務局 〒150 東京都渋谷区広尾4-2-24

**職種** 農林水産・製造加工・電気・電子機器・機械保守・自動車整備・土木建築・保健衛生・教育文化・スポーツなど約130の職種  
**資格** 満20歳以上、原則として35歳までの日本国籍を持つ青年男女  
**選考** 1次(筆記)62年1月11日(日)各都道府県で実施  
2次(面接)62年2月中旬東京で実施  
**派遣前訓練** 約3ヵ月間(訓練終了後62年7月下旬、12月下旬出発予定)  
**派遣期間** 2年間  
**費用** 訓練、派遣に係わる経費(往復航空運賃も含む)災害補償経費等事務局負担。現地生活費：月額240~440ドル(派遣国により異なる)その他に無職で参加の場合国内積立金：1ヵ月あたり、本邦在任期間50,000円、海外在任期間90,000円が積立金として帰国時一括支給されます。

**休職と所属先補てん制度** 官公庁、会社等に勤務されている方で、本人と所属先との話し合いにより有給による休職参加が可能となった場合、協力隊事務局が所属先に対して人件費の一部を補てんする制度があります。又、民間の場合はさらに間接経費の補てん制度もあります。

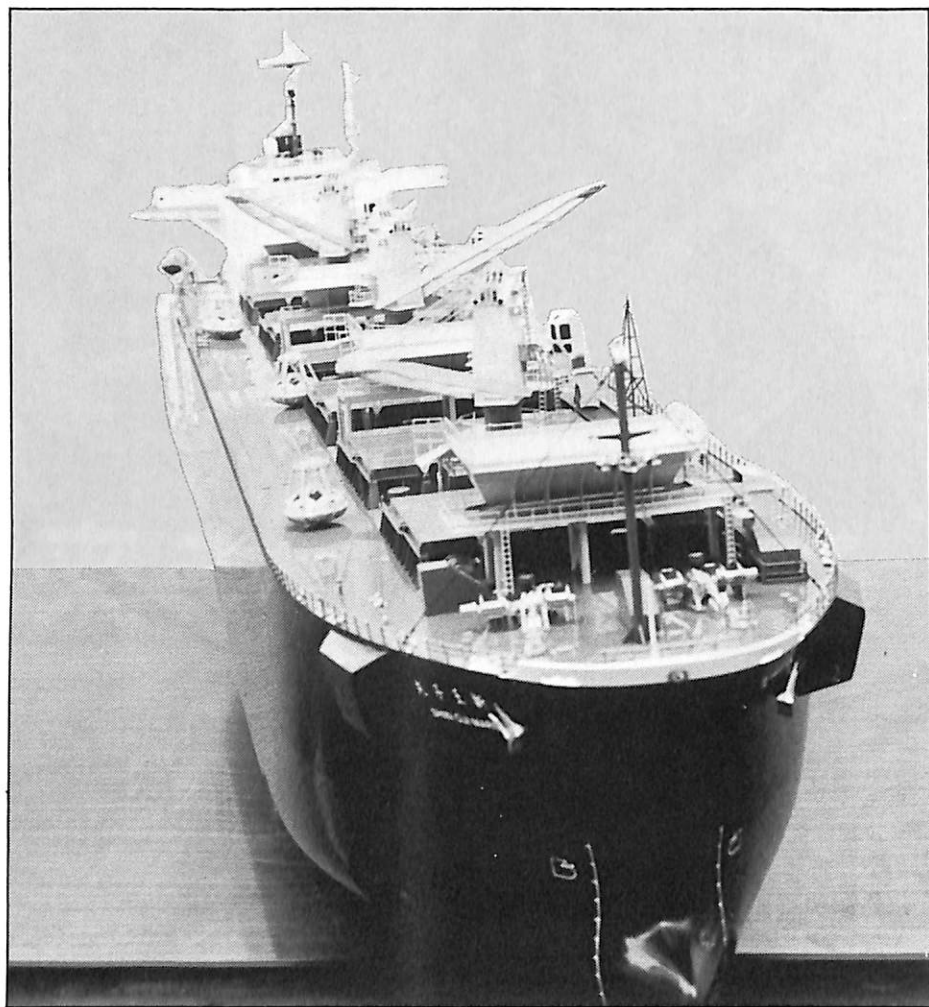
**応募方法** 協力隊所定の願書を事務局へ提出して下さい。11月30日消印有効

協力隊の雑誌 **クロスロード**  
crossroad

社団法人協力隊を育てる会 ☎03(402)2153

資料請求券  
船の科学

進水記念贈呈用に  
不二の船舶美術模型を



チップ運搬船“新王子丸”

縮尺：1/150模型 発注先：今治造船株

株式会社 不二美術模型

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



主機の大幅な回転変動にも追従できる!!

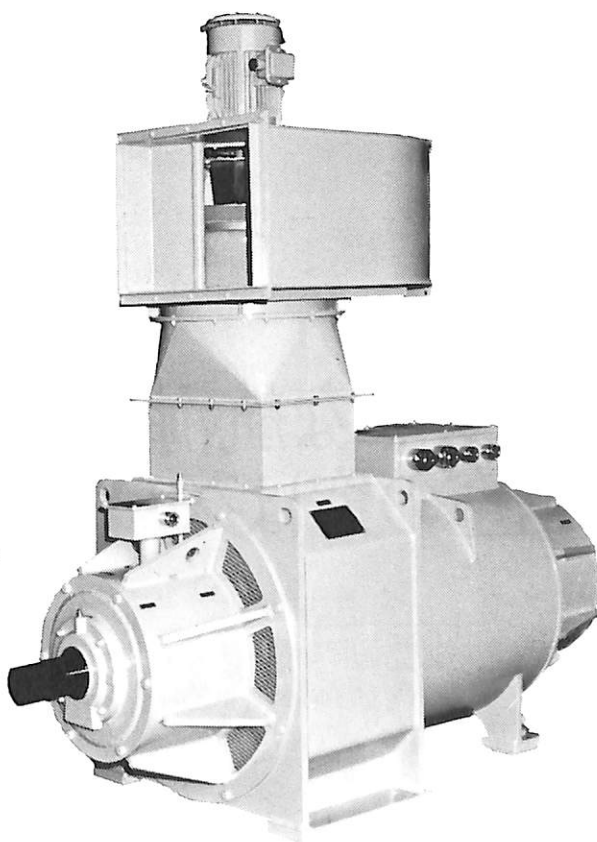
# 三信定速発電装置

—CG形《主機駆動三相交流発電機》—

■7.5KVA~250KVAまで各種豊富

運輸省設計承認・予備検査受検品

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



三信船舶電具株式会社

日本工業規格表示許可工場

三信電具製造株式会社

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

■営業所

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



## 安全な航海のため、 操舵室の窓はクリアーに。

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

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

**ヒートライト®C**

 **旭硝子**

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



# 船の科学

1986

10

Vol. 39

## 目次

- 7 新造船写真集 (No.456)
- 11 ジェット・フォイルNo.3 “ぎんが” 就航……………佐 渡 汽 船
- 16 日本商船隊の懐古No.87 (第2菱丸, 第8多聞丸, 永代丸)……………山 田 早 苗
- 19 商船の映像(38)「ケープタウン港の商船」……………野 間 恒  
(エンプレス・オブ・オーストラリア)
- 20 60,000 T型豪華大型客船の概要と船内スケッチ……………府 川 義 辰
- 23 新造外国船紹介 (貨客船 KELIMUTU, ホーバーマリン DONAUPFEIL)
- 
- 25 9月のニュース解説 (海運・造船経営安定対策予算要求)……………米 田 博
- 28 中国向けセルフ・アンローダー石炭運搬船“北极星”……………三 井 造 船
- 35 528総トン型旅客兼自動車航送船“第二ななしま”……………大内造船所/市河設計
- 39 30,000㎡型半加圧式エチレン運搬船 (Trilobe式タンク試設計)……………編 集 部
- 
- 昭和61年度日本造船学会授賞論文要約紹介
- 44 Calculation of Ship Viscous Resistance and Its Application……………永 松 哲 郎
- 46 半潜水式海洋構造物の転覆機構に関する一考察……………宝 田 直之助
- 48 深海潜水調査船チタン合金耐圧殻の工作法に関する研究……………遠 藤 倫 正
- 50 大型超低速船用ディーゼル主機の振動……………藤 田 一 誠
- 
- 船舶塗料について<その14>
- 52 第2章 船底塗料……………中 国 塗 料
- 造船技術変遷史シリーズ
- 57 船型試験をめぐって<その31>……………横 尾 幸 一
- シリーズ・日本の艦艇・商船の電気技術史<その25>
- 66 第2章 商船の電気機装・電気機器……………徳 永 勇
- 
- 70 造船工学覚え書<32>……………川 上 益 男
- 73 冷凍運搬船<37>……………角張昭介・椎原裕美
- 76 続・液化ガスタンカー<29>……………恵 美 洋 彦
- 81 船舶電子航法ノート(113)……………木 村 小 一
- 
- IMOコーナー(第57回)
- 86 IMO第31回復原性・満載喫水線・漁船安全小委員会の報告……………運輸省海上技術安全局

●技術短信 船舶用省エネルギー装置 導風膜“ART”を開発

三井造船

●お知らせ 船の科学館にて「船の絵画」展開催(10月10日~11月30日)

日本海事科学振興財団



油槽船 **コスモ ギャラクシイ** 共栄タンカー株式会社・日本郵船株式会社  
COSMO GALAXY

石川島播磨重工業株式会社第一工場建造(第2910番船) 起工 60-3-27 進水 61-2-8 竣工 61-5-28  
 全長 319.00m 垂線間長 306.00m 型幅 54.5m 型深 29.30m 満載喫水 19.121m  
 総噸数 136,681T 純噸数 68,638T 載貨重量 238,770t 貨物油槽容積 292,091m<sup>3</sup>  
 主荷油ポンプ 5,000m<sup>3</sup>/h×135m×3 デリック 20t×2 燃料油槽 4,944.7m<sup>3</sup> 燃料消費量 58.8t/day  
 清水槽 754.6m<sup>3</sup> 主機関 IHI-Sulzer 7RTA 84型(テ)機関×1 出力(連続最大) 22,620 PS (67.0rpm)  
 (常用) 20,360 PS (64.7 rpm) プロペラ 5翼1軸 補汽缶 IHI 16kg/cm<sup>2</sup>G×飽和×80t/h×1,  
 排エコ 4.3 kg/cm<sup>2</sup>G×222°C×3.39t/h×1 発電機(テ) 900kW×AC450V×60Hz×720rpm×2, (SSG) 900kW  
 ×AC450V×60Hz×1,800rpm×1 無線装置 送(主) 1.2kW×1 (補) 0.05kW×1 航海計器 レーダー  
 速力(試運転最大) 15.0kn (満載航海) 14.03kn 航統距離 22,100浬 船級・区域資格 NK 遠洋  
 船型 後部サンクインデッキ付平甲板型後部機関室 乗組員 35名

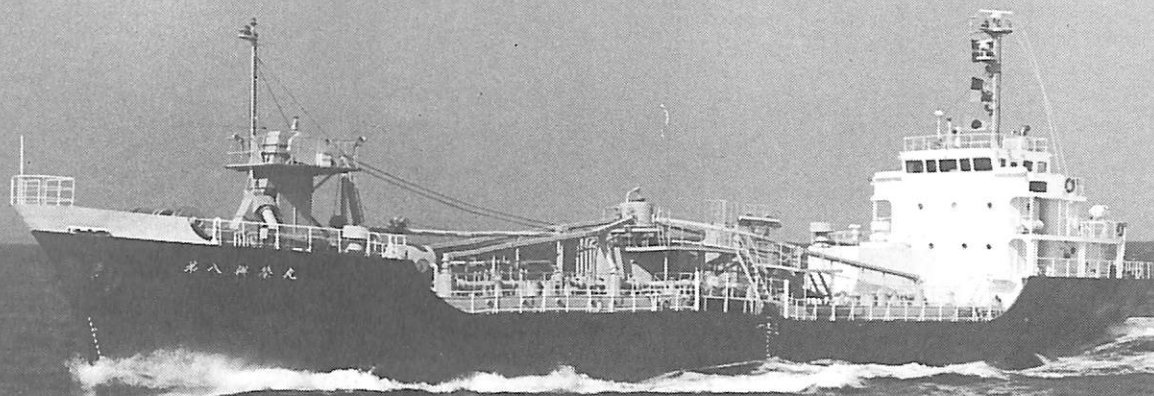
8

カーフェリー **くりはま丸** 東京湾フェリー株式会社  
KURIHAMA MARU

林兼造船株式会社長崎造船所建造(第936番船) 起工 61-1-30 進水 61-3-31 竣工 61-6-19  
 全長 78.83m 垂線間長 72.90m 型幅 17.50/15.70m 型深 4.70m 満載喫水 3.464m  
 総噸数 2,231T 載貨重量 757t Car搭載数 トラック(8t) 30台, 乗用車29台又はバス(12m) 19台  
 乗用車 34台 客室甲板 乗用車 24台 燃料油槽 96.93m<sup>3</sup> 燃料消費量 11.3t/day  
 清水槽 27.96m<sup>3</sup> 主機関 新潟-6 M31AETE 型(テ)機関×2 出力(連続最大) 1,600 PS×2 (350 rpm)  
 (常用) 1,360 PS×2 (332 rpm) プロペラ 4翼2軸 CPP 補汽缶 フジシッピング 1kg/cm<sup>2</sup>未満×85°C以下 180,000  
 発電機 240kVA×AC 225V×360PS×1,200rpm×2 無線装置 VHF 航海計器 レーダー  
 速力(試運転最大) 15.041kn (満載航海) 13.0kn 航統距離 2,300浬  
 船級・区域資格 JG 限定沿海 船型 平甲板型 乗組員 18名  
 旅客 590名 航路 久里浜～金谷(千葉)







セメント運搬船 第八興栄丸 同栄運輸株式会社  
KOEI MARU No. 8

宇部船渠株式会社建造 (第196番船)	起工 60-12-24	進水 61-3-31	竣工 61-5-31
全長 65.12m	垂線間長 60.00m	型幅 10.50m	型深 4.70m
満載排水量 2,074.25 t	総噸数 642T	載貨重量 1,422 t	満載喫水 4.258m
燃料油槽 40m <sup>3</sup>	燃料消費量 3.84t/day	清水槽 18m <sup>3</sup>	貨物艙容積 (グ) 1,091m <sup>3</sup>
(デ) 機関×1	出力 (連続最大) 1,300PS (720/258 rpm)	主機関 ヤンマー T260-ST型	
プロペラ 4翼1軸	発電機 大洋電機 (主) 80 kVA×AC 455V×60Hz×1, (礎) 30kVA×AC 445V×60Hz×1, (荷) 主機駆動	無線装置 船舶電話	航海計器 レーダー
速力 (試運転最大) 13.50 kn	(満載航海) 10.6 kn	航続距離 1,500 浬	船級・区域資格 NK 沿海
船型 凹甲板船尾機関室型	乗組員 8名		

カーフェリー 太田川 船舶整備公団・瀬戸内海汽船株式会社  
OHTAGAWA

株式会社神田造船所建造 (第294番船)	起工 61-1-29	進水 61-4-8	竣工 61-6-25
全長 55.900m	垂線間長 50.000m	型幅 14.000m	型深 3.800m
満載排水量 1,008.05 t	総噸数 698T	載貨重量 237.00 t	満載喫水 2.77m
燃料消費量 8.0t/day	清水槽 22.25m <sup>3</sup>	主機関 ダイハツ 6DLM-26 (L) 型(デ) 機関×2	燃料油槽 36.04m <sup>3</sup>
出力 (連続最大) 1,300PS×2 (700/281 rpm)	(常用) 1,105PS×2 (663/266 rpm)	プロペラ 4翼2軸	無線装置 船舶電話
発電機 西芝 160 kW×1,200 rpm×2 (原) ダイハツ 270PS×1,200 rpm×2	速力 (試運転最大) 15.599 kn	(満載航海) 14.2 kn	航続距離 1,200 浬
航海計器 レーダー	船型 平甲板型	乗組員 16名	
船級・区域資格 JG 平水第二種船	バウスラスタ, カラーレーダー	航路 広島~三津浜	
旅客 400名			





漁業実習船 新りあす丸 岩手県

SHINRIASU MARU

東北造船株式会社建造 (第216番船)	起工 60-10-22	進水 60-12-24	竣工 61-3-17
全長 56.30m	垂線間長 49.00m	型幅 9.10m	型深 3.90m
満載排水量 1,099 t	総噸数 471T	国際総噸数 703T	満載喫水 3.729m
載貨重量 481 t	貨物艙容積(ベ) 109.6 m <sup>3</sup> (グ) 122.4 m <sup>3</sup>	燃料油槽 305.8 m <sup>3</sup>	燃料消費量 6.19t/day
清水槽 78.6 m <sup>3</sup>	主機関 赤阪-DM28AKD型(デ) 機関×1	出力(連続最大) 1,400 PS (400/209.4 rpm)	純噸数 210T
(常用) 1,050 PS (363.4/109.3 rpm)	プロペラ 4翼1軸	発電機 神鋼 350 kVA × AC 225 V × 3φ × 60Hz × 2	無線装置 送(主) 500 W × 1 (補) 125 W × 1
受(主) 全波 × 2 (補) 全波 × 1	VHF	航海計器 ロラン オメガ	NNSS 衝突予防装置 レーダー
速力(試運転最大) 13.635 kn (満載航海) 11.0 kn	航海日数 90日	船級・区域資格 JG・第三種漁船	。鮭鱒流網, 延縄・鮪延縄の実習等
船型 凹甲板型	乗組員 士官9名 船員16名 教官4名 生徒50名		

漁業実習船 香川丸 香川県

KAGAWA MARU

株式会社讃岐造船鉄工所建造 (第1158番船)	起工 60-9-18	進水 61-1-11	竣工 61-3-19
全長 54.10m	垂線間長 46.70m	型幅 8.80m	型深 4.00m
満載排水量 1,035.67 t	総噸数 450T	純噸数 202T	貨物艙容積(ベ) 168.15 m <sup>3</sup>
(グ) 153.74 m <sup>3</sup>	艙口数 2	燃料油槽 343.03 m <sup>3</sup>	燃料消費量 4.02 t/day
清水槽 56.96 m <sup>3</sup>	主機関 赤阪-DM30FD型(デ) 機関×1	出力(連続最大) 1,500 PS (385 rpm)	(常用) 1,125 PS (350 rpm)
プロペラ 4翼1軸	発電機 大洋電機 350 kVA × AC 225 V × 2	(原) ヤンマー 420 PS × 1,200 rpm × 2	無線装置 送(主) 500 W × 1 (補) 125 W × 1
受(主) 1 (補) 2	VHF	航海計器	速度(試運転最大) 13.743 kn (満載航海) 11.5 kn
航続距離 20,650 浬	船級・区域資格 JG・第3種漁船	船型 船首楼船尾楼付一層甲板型	。鮪延縄漁撈装置, 調査観測装置
乗組員 18名・教官2名, 生徒30名			







まき網漁船 第八わかば丸 株式会社 極 洋  
WAKABA MARU No. 8

株式会社三保造船所建造 (第1281番船) 起工 60-12-12 進水 61-3-10 竣工 61-5-16  
 全長 56.15m 垂線間長 54.00m 型幅 12.00m 型深 7.02/4.55m 満載喫水 4.51m  
 総噸数 349T 魚艙容積 (グ) 1,190m<sup>3</sup> バースランチ 12.5/23.0t×1, バングウインチ 3.5t×2  
 チョーカーウインチ 7.6t×2 燃料油槽 423m<sup>3</sup> 燃料消費量 9.6t/day 清水槽 35m<sup>3</sup> 主機関  
 ダイハツ-8DLM32型(テ)機関×1 出力(連続最大) 2,600PS (520/169 rpm) プロペラ 5翼1軸かもめプロペラ  
 発電機 富士電機 650kVA×AC 445V×60Hz×2 (原) ヤンマー 830PS×900rpm×2 無線装置 送  
 (主) 250W×1 (補) 150W×1 受(主) NRD-92 国際VHF 航海計器 NNSS レーダー 速度  
 (試運転最大) 16.22kn (満載航海) 14.2kn 航続距離 18,400浬 船級・区域資格 JG 第一種漁船  
 船型 全通船楼甲板船型 乗組員 21名 冷凍装置 ブライン艙/保冷艙 18艙 バウスラスター  
 。カラー魚群探知器



ジェット・フォイル No. 3 “ぎんが” 就航

佐渡汽船(株)は、8月1日よりジェット・フォイル“ぎんが”を新潟～両津間(航海距離67.2km, 航海時間60分)に投入して“おけさ”“みかど”他カーフェリーを含め共に船旅をより快適なものとしている。3艇は同型であり、特徴は波高3.5mの荒海でも43kn以上の超高速でピッ

チングやローリングがなく、船酔しないという特殊な性能を有している。

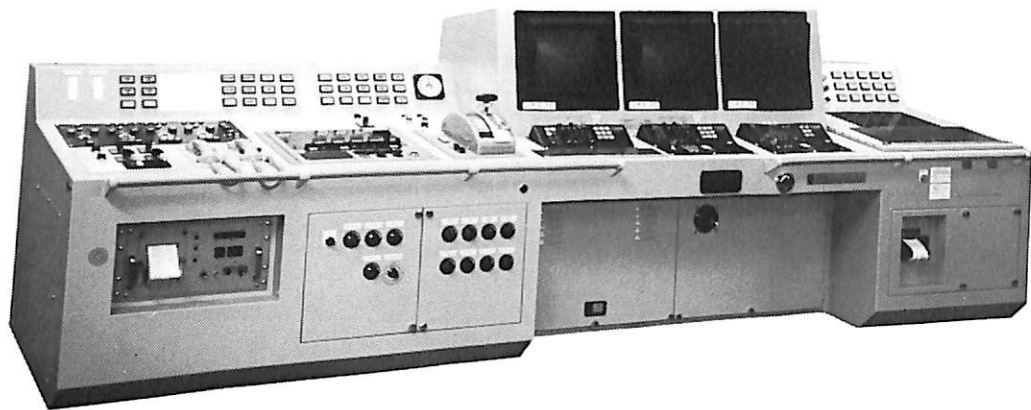
“ぎんが”は昭和53年9月に起工して、アイルランド国内において運航(約2年間)されていた艇である。

表は3艇の概要を示す。ジェットフォイルの詳細は本誌Vol.30 No.5, 6 “おけさ”, Vol.32 No.6 “みかど”を掲載している。

	おけさ	みかど	ぎんが
造船所	ボーイング社	ボーイング社	ボーイング社
進水年月日	昭和51年12月9日	昭和53年6月29日	昭和54年11月14日
就航年月日	昭和52年5月1日	昭和54年5月1日	昭和61年8月1日
総トン数	296.25T	281.04T	277.32T
最大速度	45kn	47kn	46.02kn
航海速度	43kn	45kn	43kn
船体	長さ	27.43m	23.44m
	幅	9.14m	8.53m
機関	デトロイト・ディーゼル・アリソン社		
	馬力	3,800PS×2	3,800PS×2
旅客定員	282名	286名	260名

◎ガスタービン、ウォーターJET推進、自動制御装置、水中翼アップダウン装置等

# 渦潮電機の最新技術で 船の近代化・省力化と経済性アップ!!



UMS-35 マイクロコンピュータシステム



UGS-10 パワーマネジメントシステム

船舶電機のトータルエンジニアリング 設計・製作・艤装

## 渦潮電機株式会社

代表取締役社長

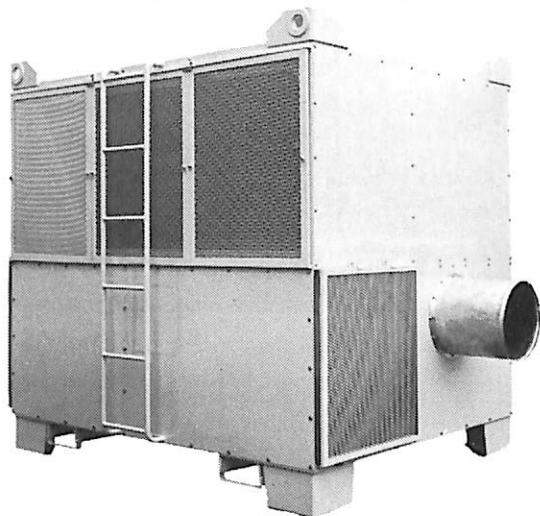
小田 道人 司

本 社	愛媛県越智郡大西町大字九王甲1520	TEL(0898)53-6111(代)	FAX(0898)53-2266
東京営業所	東京都港区西新橋1丁目19-9	TEL(03)508-1266(代)	FAX(03)508-1265
大阪営業所	大阪市東淀川区東中島1丁目18-27	TEL(06)320-0455	FAX(06)320-3110
松山営業所	松山市南齊院町179	TEL(0899)71-9945	
広島営業所	広島市中区本川町2丁目6-10	TEL(082)291-0958	



未来を開くパイオニア!! 空調装置と冷凍装置の総合メーカー

## 潮 スポットクーラー

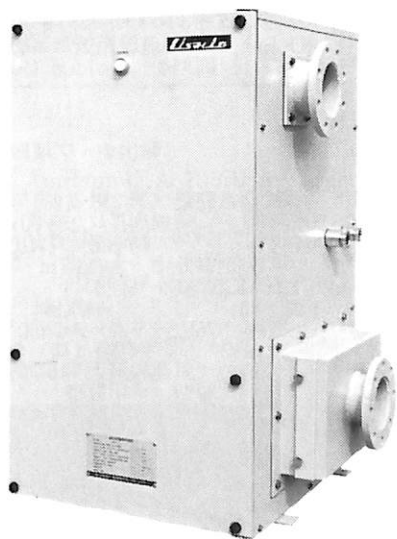
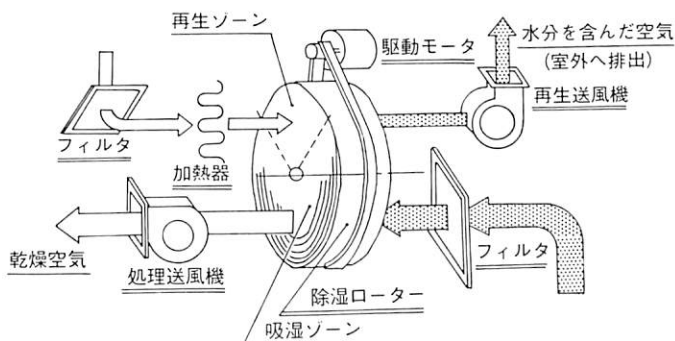


# 風神

こんなところにはスポット冷房を!

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

## 貨物倉内除湿装置ドライキーパー



# 潮 冷熱株式会社

代表取締役社長 小田 團

本社	愛媛県越智郡大西町大字九王甲1520	TEL(0898)53-6111(代)	FAX(0898)53-2266
東京営業所	東京都港区西新橋1丁目19-9	TEL(03)508-1266(代)	FAX(03)508-1265
大阪営業所	大阪市東淀川区東中島1丁目18-27	TEL(06)320-0455	FAX(06)320-3110
松山営業所	松山市南斎院町179	TEL(0899)71-9945	
広島営業所	広島市中区本川町2丁目6-10	TEL(082)291-0958	



ニコラス

輸出撒積貨物船 **NIKOLAS**

船主 Konpira Marinera S. A. (Panama)	起工 59-8-29	進水 61-1-30	竣工 61-5-28
株式会社サノヤス水島造船所建造 (第1054番船)	型幅 31.20m	型深 16.00m	満載喫水 11.431m
全長 189.80m	垂線間長 180.00m	載貨重量 43,352 t	貨物艙容積 (ベ) 47,990.9 m <sup>3</sup>
総噸数 24,843 T	純噸数 14,922 T	燃料油槽 2,128.8 m <sup>3</sup>	燃料消費量 30.6 t/day
(グ) 55,581.1 m <sup>3</sup>	艙口数 5	デリック 15 t×4	出力 (連続最大) 10,840 PS (113 rpm)
清水槽 360.6 m <sup>3</sup>	主機関 住友-Sulzer 6RTA58型(テ)機関×1	補汽缶 4翼1軸	燃料消費量 7 kg/cm <sup>2</sup> G×1,600 kg/h
(常用) 9,760 PS (109 rpm)	プロペラ 4翼1軸	無線装置 送(主) 1.5 kW×1 (補) 50W×1	受(主), (補) 全波各1 VHF
発電機 612.5 kVA×AC450V×3	航海計器 デッカ ロラン NNSS	衝突予防装置 レーダー	速力 (試運転最大) 16.50 kn
航海計器 デッカ ロラン NNSS	衝突予防装置 レーダー	船級・区域資格 A B 遠洋	船型 凹甲板船尾機関型
(満載航海) 14.8 kn	航続距離 20,000 浬		
乗組員 31名	同型船 Golden Condor		

グレース タイオー

輸出チップ運搬船 **GRACE TAI0**

船主 Bright Pacific S. A. (Panama)	起工 60-11-13	進水 61-3-31	竣工 61-7-1
日本海重工業株式会社建造 (第238番船)	型幅 32.20m	型深 21.40m	満載喫水 10.616m
全長 196.50m	垂線間長 188.00m	載貨重量 43,062 t	貨物艙容積 (グ) 91,141 m <sup>3</sup>
総噸数 35,641 T	純噸数 17,104 T	燃料消費量 23.4 t/day	清水槽 435.6 m <sup>3</sup>
艙口数 6	燃料油槽 1,711.7 m <sup>3</sup>	出力 (連続最大) 9,000 PS (100 rpm)	主機関 (常用) 8,100 PS (96.5 rpm)
三井-B&W6L60MCE型(テ)機関×1	補汽缶 コンボジット	油焚 1,200 kg/h×6 kg/cm <sup>2</sup> ×1,	排エコ 1,000 kg/h×6 kg/cm <sup>2</sup>
×1	プロペラ 4翼1軸	Phases×60Hz×900 PS×720 rpm×2	無線装置 送(主)
発電機 762.5 kVA×AC450V×3	航海計器 デッカ ロラン NNSS	衝突予防装置 レーダー	速力 (試運転最大) 15.778 kn
×1	航海計器 デッカ ロラン NNSS	衝突予防装置 レーダー	(満載航海) 14.0 kn
1.5 kW×1 (補) 75W×1	速力 (試運転最大) 15.778 kn	航続距離 18,500 浬	船級・区域資格
レーダー	船型 平甲板型	乗組員 27名	
NK 遠洋			





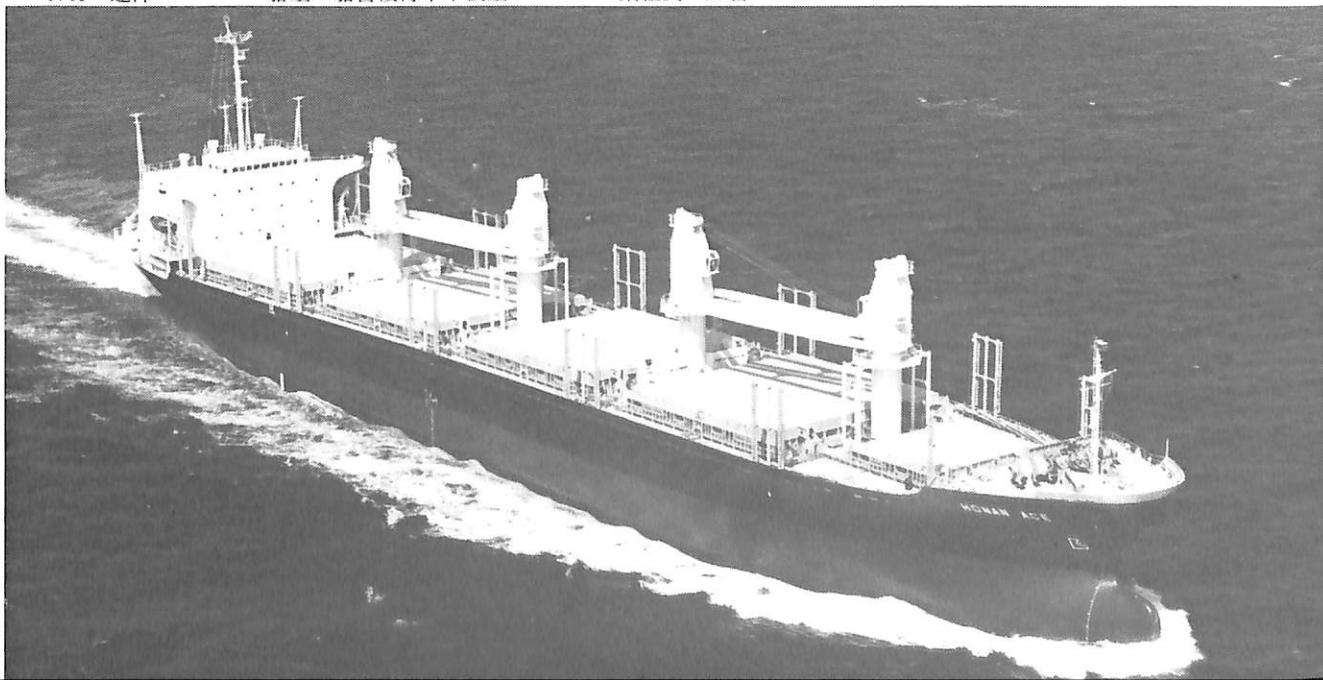


輸出セルフアンローダー石炭運搬船 **北 極 星** (BEI JI XING)

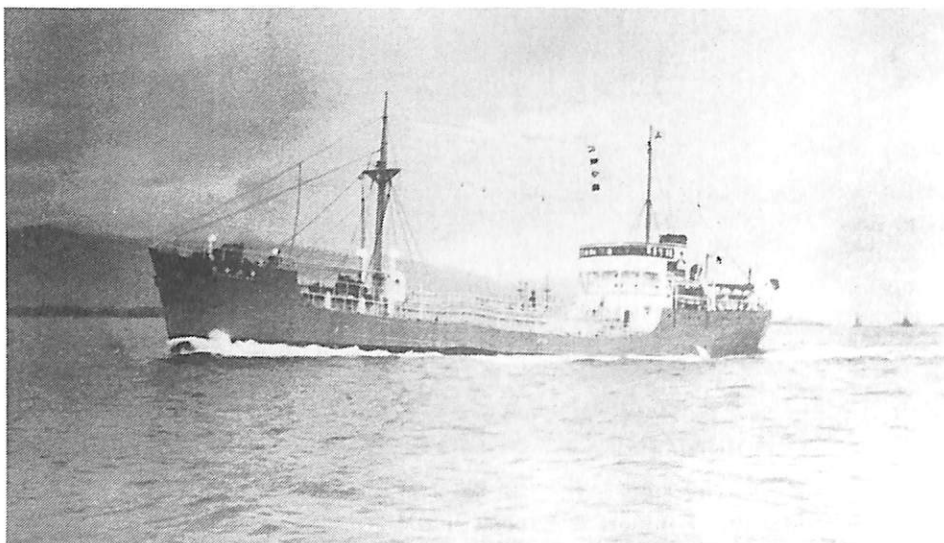
船主 China National Machinery Import & Export (中国)  
 三井造船株式会社千葉事業所建造 (第1332番船) 起工 60-12-20 進水 61-5-7 竣工 61-7-7  
 全長 175.000m 垂線間長 165.000m 型幅 27.800m 型深 16.000m 満載喫水 9.465m  
 総噸数 20,550T 純噸数 6,165T 載貨重量 27,526t 貨物艙容積 (グ) 31,818<sup>m</sup> 艙口数 8  
 燃料油槽 445<sup>m</sup> 燃料消費量 16.2t/day 清水槽 229<sup>m</sup> 主機関 三井-B & W 6 L42MC 型  
 (デ) 機関×1 出力 (連続最大) 5,700PS (151 rpm) (常用) 5,130PS (145.8 rpm) プロペラ 4翼1軸  
 補汽缶 コンボジット型 油焚 1,800 kg/h, 排エコ 700 kg/h×6 kg/cm<sup>2</sup>×1 発電機 大洋電機 800 kW×400V  
 ×3, (原) ヤンマー 1,200 PS×750 rpm×3 無線装置 送(主) 1.2 kW×1 (補) 150 W×1 受(主), (補) 各1  
 VHF 航海計器 ロラン 衝突予防装置 レーダー 速度 (試運転最大) 14.34 kn (満載航海) 12.7 kn  
 航続距離 6,700 哩 船級・区域資格 ZC 遠洋 船型 船首楼船尾楼付平甲板型 乗組員 48名  
 ・パウスラクター Self-Unloading System 3,500 t/h (本文28頁参照)

輸出木材 / 撒積貨物船 **HONAN ACE**

船主 Nippo Marine, S. A. (Panama)  
 南日本造船株式会社建造 (第583番船) 起工 60-12-7 進水 61-1-13 竣工 61-3-9  
 全長 174.00m 垂線間長 164.00m 型幅 27.50m 型深 13.15m 満載喫水 9.217m  
 総噸数 17,264T 純噸数 9,528T 載貨重量 26,841t 貨物艙容積 (ベ) 35,791<sup>m</sup> (グ) 37,407<sup>m</sup>  
 艙口数 5 クレーン 30T×22m×3 30T×24m×1 燃料油槽 1,228<sup>m</sup> 燃料消費量 18.3t/day  
 清水槽 395<sup>m</sup> 主機関 赤阪-三菱6UEC52LA型(デ)機関×1 出力 (連続最大) 7,170PS (113 rpm)  
 (常用) 6,095PS (107 rpm) プロペラ 4翼1軸 補汽缶 堅型コンボジット油焚 1.1t/h,  
 排エコ 1t/h×1 発電機 440 kW×AC445 V×60 Hz×720 rpm×3 (原) ヤンマー 660PS×720 rpm×3  
 無線装置 送(主) 1.2 kW×1 (補) 130 W×1 受(主), (補) 各1 VHF 航海計器 NNSS 衝突予防装置  
 レーダー 速度 (試運転最大) 16.381 kn (満載航海) 13.5 kn 航続距離 17,000 哩 船級・区域資格  
 NK 遠洋 船型 船首楼付平甲板型 乗組員 29名



## 油槽船 第2 菱丸 扇町タンカー→三菱石油→三菱汽船→近海油槽船



三菱重工業(株)神戸造船所建造 (第435番船)	船舶番号 42695	信号符字 JKML
起工 昭11-8-10	進水 11-11-30	竣工 12-2-1
全長 58.00m	型幅 10.00m	型深 4.90m
総噸数 856.95T	純噸数 552.28T	満載喫水 4.293m
(ベ) 306㎡	(グ) 333㎡	主機関 三菱式4衝程無気噴油直立単動可逆転式トラックピストン型ディーゼル機関
×1	出力(連続最大) 750PS (計画) 500PS	満載排水量 1,742.0m
船級・区域資格 逓信省第2級重構船 近海 鋼船	乗組員 20名	貨物艙容積 11.62kn (満載航海) 10.0kn
船籍港 東京		旅客 1等2名

扇町タンカー所有のガソリン専用小型タンカーで東京を船籍港とす。主として川崎を基点に、天津、上海方面へのガソリン輸送や、内地間の輸送に当る。

昭和16年9月9日、海軍に徴用され、9月20日には、特設給油船として連合艦隊に配属される。

昭和16年11月28日、徳山を出港、ガソリンを満載して12月9日パラオに入港、ダバオ上陸作戦に参加する連合艦隊への給油に当る。その後、カムラン湾、サイゴン、シンガポール、ペナンを経て昭和17年4月、呉に帰る。

昭和17年4月、呉にて船首に短8cm砲1門を装備、4月1日付で、ナウル・オーシャン攻略作戦の主力部隊の給油船となる。

昭和17年5月、ミッドウエー攻略作戦の北方部隊の給油船となり6月6日加能別基地に進出、7月14日キスカ防備隊の基地航空隊の附属となる。

昭和17年8月11日北方部隊から解除され、ラバウル、ブイン、ショートランド方面での艦隊給油に当る。

昭和18年2月15日、中部ソロモン及び東部ニューギニア方面防衛強化作戦の基地航空部隊の附属部隊に配属される。

昭和18年夏、内地にもどり因島にて修理ののち10月、食糧品を積んで佐伯発。パラオにて揚陸ののちバリックパバンに向い航空用ガソリンを満載してトラック島に向

い艦隊給油に当る。

昭和18年8月、合併により三菱石油の所有となり、同年12月には三菱汽船の所有となる。

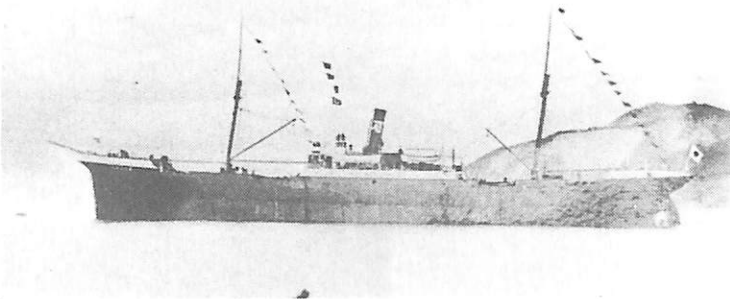
昭和19年2月12日、トラック発 7125船団で2月18日パラオ着、トラックは本船出港後大空襲を受けた。これは連合艦隊主力がトラックよりパラオに後退するときに随伴したため難をのがれることが出来た。

昭和19年2月21日、パラオ発、2月24日タラカン着、ガソリンを積み取り3月4日タラカン発、3月21日パラオにもどる。3月30日パラオ大空襲により中破したが応急修理ののち4月30日阿蘇山丸、立神丸と船団を組み、ダバオに向う。途中、阿蘇山丸が撃沈され本船は同船の乗組員を救助して5月2日ダバオ着。5月11日ダバオ発5月14日ボンガオ着、5月19日タラカン着、5月20日には近海油槽船運航株式会社の所有となる。

昭和19年10月20日、アメリカ軍はレイテ島に上陸を開始、本船は風雲急を告げるマニラに対し、バリックパバンよりガソリンを急送することになり11月6日マニラのキャピテ軍港にガソリンを揚陸した。11月7日マニラにて食糧品をつみ、Bo2船団でマニラ発、バリックパバンに向う。11月9日午後3時、ミンドロ海峡アボ島灯台附近北緯12°24'東経120°45'にて雷命を受け船体は分断されて3分間で沈没した、乗組員のうち11名が救助された。

## 貨物船 第 8 多 聞 丸 八馬永蔵→八馬兼介

J. C. Tecklenberg, Geestemünde (独)  
 建造 船舶番号 13212 信号符字 LKH W  
 進水 1889年(明22年) 垂線間長 96.34m  
 型幅 12.80m 型深 8.71m  
 満載喫水 6.55m 純噸数 2,985.50 T  
 満載排水量 1,834 t 載貨重量 4,000 t  
 貨物艙容積 (グ) 205,360 f<sup>3</sup>  
 主機関 三連成レシプロ機関×1 出力  
 (連続最大) 1,600 PS 速力  
 (試運転最大) 11.5 kn (満載航海) 10.0 kn  
 船級・区域資格 逓信省第1級船 鋼船  
 船籍港 須磨→西宮



元 **Johannisberger**号 (Deutsche Dampf Schifffahrte Ges. "Hansa"所有, プレーメン籍 ドイツ)

**Syfang**号 (Die derichsen Jabsen & Co.所有  
 ハンブルグ籍 ドイツ)

**Matilda Körner**号 (Die derichsen & Co.所有  
 ハンブルグ籍 ドイツ)

明治43年1月11日, 八馬永蔵が輸入し, 第8多聞丸と改名, 須磨を船籍港とす。明治44年船籍を西宮に移す。

大正3年8月より1年間元三井の内田信也が備船。

大正4年11月, 南洋貿易KKの南洋マーシャル, カロリン群島間に配船。大正6年, 八馬兼介の所有となる。

大正7年, 太洋海運が備船しジャワ航路の第2船として配船。大正7年8月, ラングーン米の緊急輸入のためラングーンに向う。大正12年11月19日より大正13年11月12日まで北日本汽船が備船し大阪・小樽線に配船。

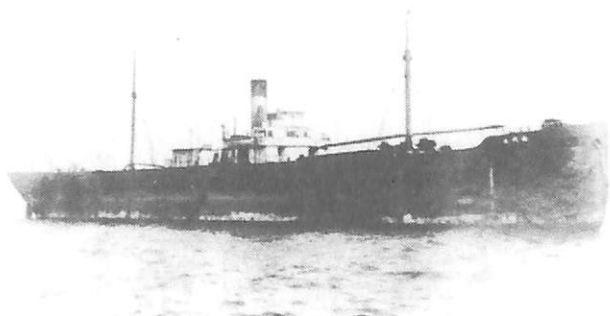
大正14年1月23日, 八馬汽船創立とともに八馬兼介が20万円で会社に売却。昭和2年12月, 不況のため笠戸島に係船。昭和7年2月11日より老朽化のため神戸に係船。

昭和7年11月三井物産に売却され, 天城山丸建造の解体見合船として昭和8年1月, トン当り18.5円で大阪の窪田へ売却され, 3月3日解体を完了した。

(写真提供: 八馬汽船)

## 貨物船 永 代 丸 勝田銀次郎→勝田汽船→八馬汽船

Ropner & Son ストックトン (英) 建造  
 船舶番号 18652 信号符字 MVKP  
 → JCTD 進水 1889年(明22-4)  
 全長 95.64m 型幅 12.31m  
 型深 7.61m 満載喫水 6.27m  
 総噸数 2,825.47 T 純噸数 2,017.16 T  
 載貨重量 4,174 t 貨物艙容積  
 (グ) 220,197 f<sup>3</sup> 主機関  
 三連成レシプロ機関×1 出力(連続最大)  
 1,400 PS 速力(試運転最大) 11.0 kn  
 (満載航海) 9.0 kn  
 船級・区域資格 逓信省第1級船 近海区域  
 鋼船 乗組員 36名 旅客 1等1名  
 船籍港 神戸→新居浜→神戸→京都府中



元 **Aislaby**号 (R. Ropner & Co.所有, Whartlepool籍, 英)

**Doddswell**号 (Roth, Bros所有, Whartlepool籍, 英)  
 大正4年, 岸本商會が英国より輸入し永代丸と改名, 勝田銀次郎の所有とし神戸を船籍港とす, 大正6年, 勝田汽船の所有となり新居浜に船籍を移す。大正7年~8年にかけて太洋海運が備船。大正9年, 船籍を神戸に移す。

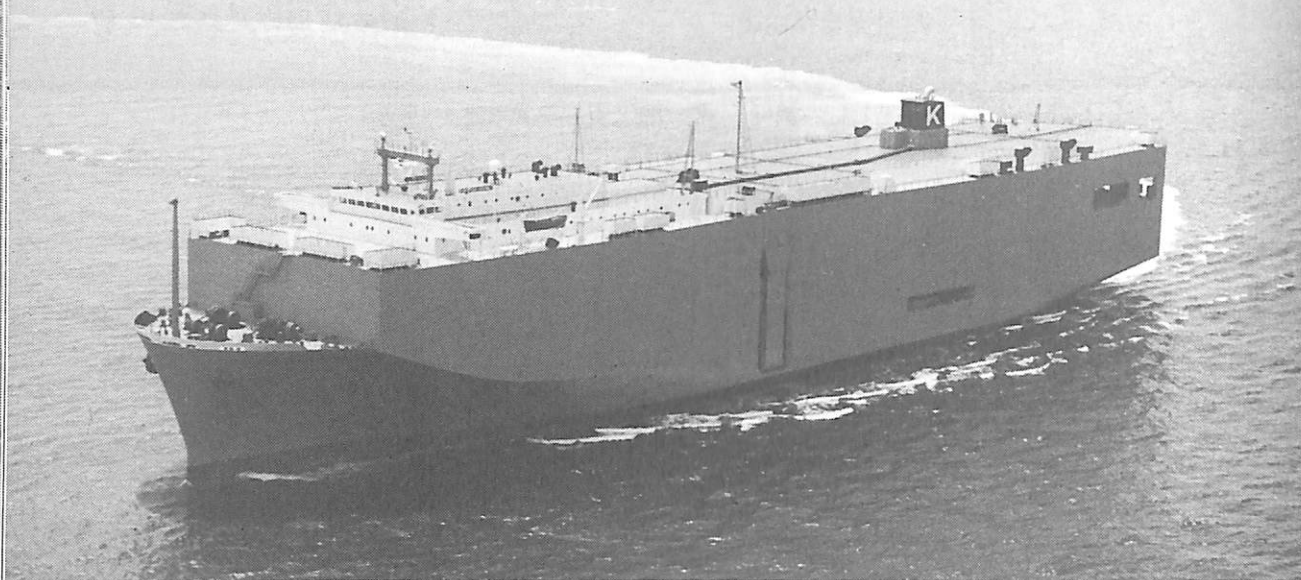
昭和3年, 山東出兵の軍用船となり7月21日午後6時, 山東出兵の帰還兵650名, 馬140頭を積み彦島沖を通過中, 関門海峡トンネル海底地質調査船と衝突し, これを

沈没せしむ。本船は無事, 昭和5年12月29日より昭和7年2月まで不況のため神戸に係船。

昭和7年2月, 八馬汽船の所有となり船籍を京都府中に移す。昭和7年6月21日午前11時15分若松港外一の瀬に坐礁, 帝国サルベージの祐捷丸が6月23日午後11時30分, 浮揚させた。昭和8年12月, トン当り11円25銭で東洋汽船に売却, 月洋丸建造のための見合船となり昭和9年5月17日¥112,698で大阪の岡田に解体のため売却され昭和9年6月2日解体を完了した。

(写真提供: 八馬汽船)





ヨーロッパアン ハイウェイ

輸出自動車運搬船 EUROPEAN HIGHWAY

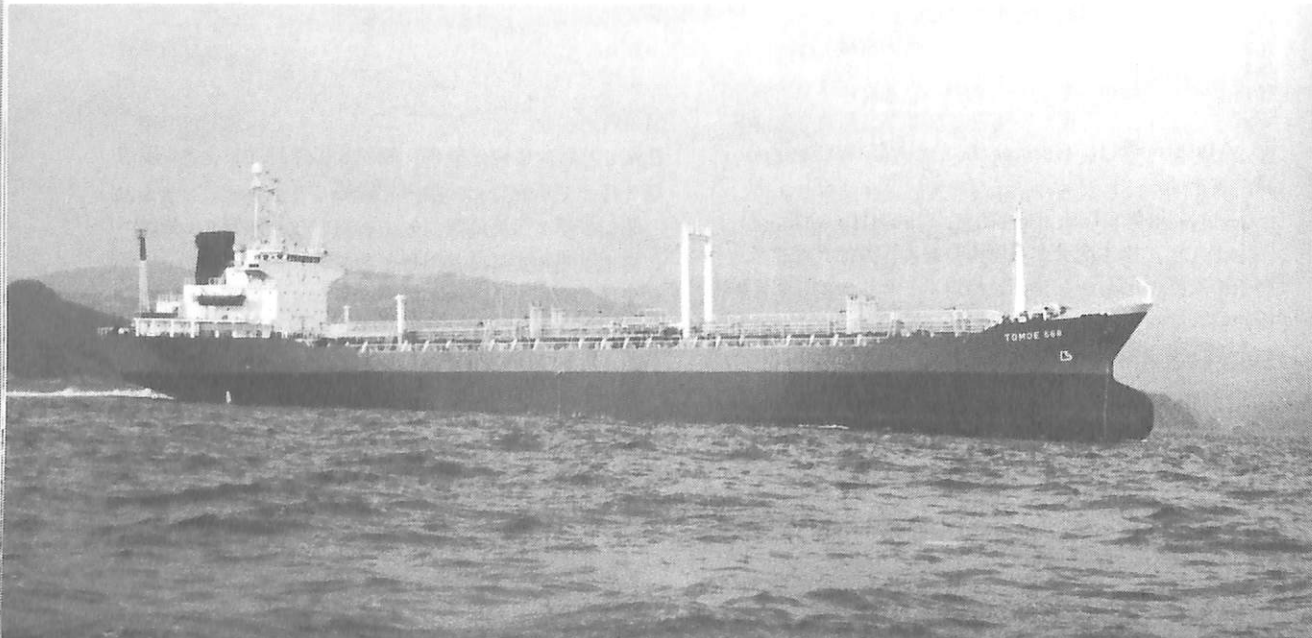
船主 Sun Glory S. A. (Panama)  
 三菱重工業株式会社神戸造船所建造 (第1166番船) 起工 60-11-16 進水 61-2-27 竣工 61-6-13  
 全長 190.0m 垂線間長 180.0m 型幅 32.2m 型深 30.98m 満載喫水 8.70m  
 総噸数 48,014T 純噸数 14,405T 載貨重量 14,569t Car搭載数 5,444台 (コナRT43L)  
 燃料油槽 2,650.3m<sup>3</sup> 燃料消費量 34.4t/day 清水槽 465.3m<sup>3</sup> 主機関 三菱-Sulzer 7RTA58型  
 (テ) 機関×1 出力 (連続最大) 13,660PS (116 rpm) (常用) 11,610PS (110 rpm) プロペラ 5翼1軸 補汽缶  
 1,500kg/h×6.0kg/cm<sup>2</sup>G×1, 排エコ 1,300kg/h×6.0kg/cm<sup>2</sup>G×1 発電機(主) 富士電機 1,000kVA×AC450V×3  
 (原) マンマー 1,200PS×720rpm×3 (非) 富士電機 125kVA×AC450V×1 (原) ヤンマー 155PS×1,800rpm×1  
 無線装置 送(主) 1.2kW×1 (補) 75W×1 受(主)(補) 全波各1 船舶電話 海事衛星装置 VHF 航海計器  
 デッカ NNSS 衝突予防装置 レーダー 速度(試運転最大) 20.64kn (満載航海) 18.4kn 航続距離 20,700浬  
 船級・区域資格 NK 遠洋 船型 多層甲板型 乗組員 30名 ◦アフトショアランプ×1 (右舷)  
 ミッドシップ・ショアランプ×2 (両舷) 車輪甲板 13層

- 18 -

トモエ

輸出ケミカルタンカー TOMOE 568

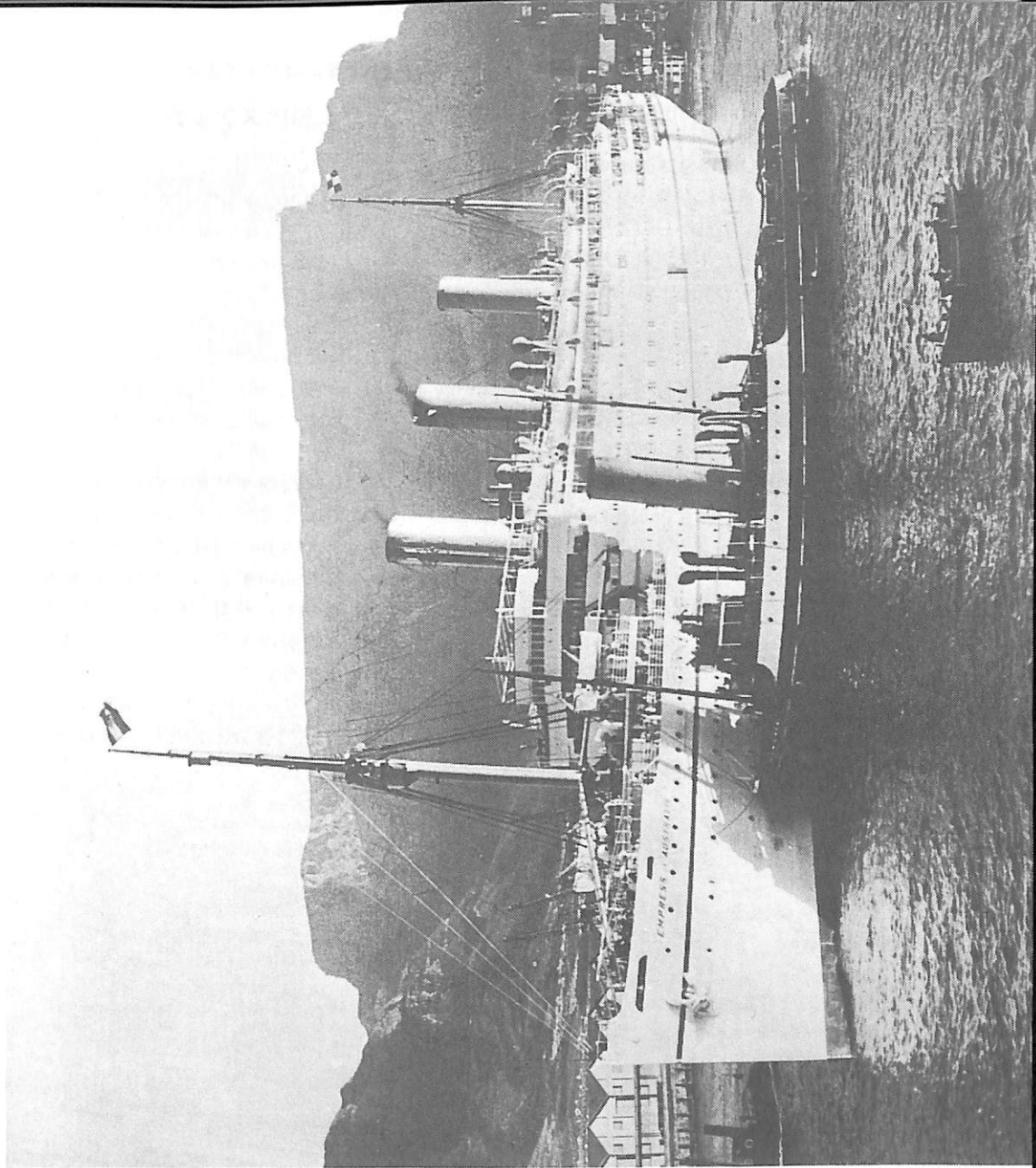
船主 Chie Shipping S. A. (Panama)  
 株式会社栗之浦ドック建造 (第217番船) 起工 60-9-9 進水 61-1-19 竣工 61-3-20  
 全長 140.80m 垂線間長 131.0m 型幅 21.00m 型深 11.85m 満載喫水 9.30m  
 満載排水量 19,267t 総噸数 8,197T 純噸数 5,226T 載貨重量 15,037t  
 貨物油槽容積 18,379m<sup>3</sup> 主荷油ポンプ 300m<sup>3</sup>/h×70m×6, 200m<sup>3</sup>/h×70m×7, 400m<sup>3</sup>/h×75m×1,  
 燃料油槽 1,300m<sup>3</sup> 燃料消費量 17t/day 清水槽 488m<sup>3</sup> 主機関 赤阪-三菱 6UEC45LA型  
 (テ) 機関×1 出力 (連続最大) 7,000PS (158 rpm) (常用) 6,300PS (153rpm) プロペラ 4翼1軸  
 補汽缶 三浦工業 VWN-6700E×2 発電機 大洋電機 450kVA×AC445V×900rpm×3  
 (原) ダイハツ 540PS×900rpm×3 無線装置 送(主) 1kW×1 (補) 75W×1 受(主)(補) 各1 海事衛星装置  
 VHF 航海計器 ロラン NNSS レーダー 速度(試運転最大) 15.141kn (満載航海) 13.0kn  
 航続距離 18,000浬 船級・区域資格 NK 遠洋 船型 凹甲板船尾機関型 乗組員 25名  
 ◦荷油槽 S U S 316 L (センター) その他エポキシ塗装



## EMRESS OF AUSTRALIR at Cape Town

## “エンプレス・オブ・オーストラリア”

白亜の船体を着岸させようとしているのは、カナディアン・パシフィック・ライン (CPL) の客船エンプレス・オブ・オーストラリア (21,498 総トン) である。写真の撮影日時は分らないが、1927～30年冬季になされたクルーズの時と思われる。この頃、本船は北大西洋定期に就いていたが、シーズン・オフには僚船とともに、世界各地にクルーズしていた。そのクルーズのうち最も有名なものは、1929年12月に行われた 137 日間世界一周クルーズであった。この時には日本も訪れており、別府～(瀬戸内海)～神戸～横浜と寄港している。昔、雑誌「海と空」に、別府沖に碇泊する本船の写真が掲載されていたのを記憶されている読者もあろう。この船はもともと、ドイツ客船テイレルピッツTIRPITZとして建造中だったが、第一次大戦後の賠償として連合軍に渡され、CPL が买下けをうけたものである。1922年カナダ西岸～極東線に登場した時は、当時の太平洋水域で最大の商船と喧伝された。1923年9月1日、たまたま本船が横浜港から解纜寸前に関東大震災が発生した。このとき本船は、火災の危険を冒して、3 千余名の避難民を収容した。



Sitmar Cruise社 (イタリア) が1988年に就航を予定する

60,000 T 型豪華大型客船の概要と船内スケッチ

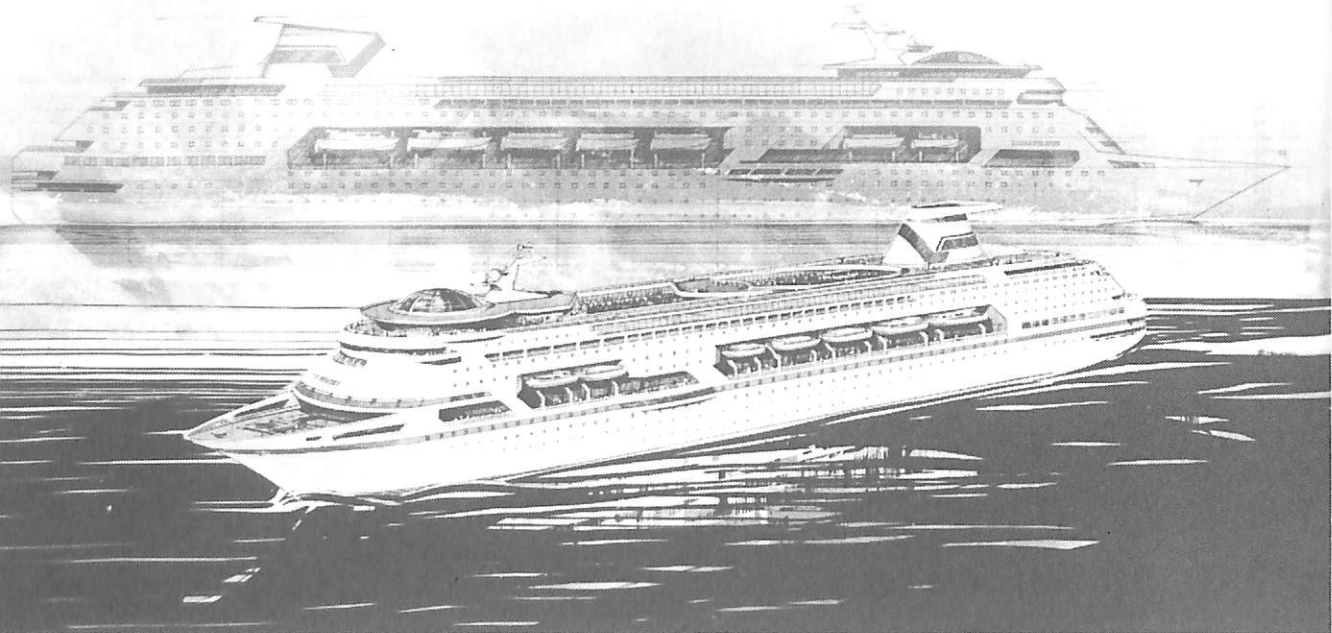
Yoshitatsu Fukawa  
府 川 義 辰

シトマークルーズ社(Sitmar Cruises)は、1949年イタリアで創立、ファンネルに“V”の字をマーキングした会社として有名である。戦前からの名だたる多くの客船会社が客船界から撤退した中で誕生した会社であり、現在では創立37年の実績を有する老舗のクルーズオペレーターに成長し活躍をしている。

創立当初は、まだ戦後の混乱期といえる時代で、イタリアを中心としたヨーロッパ各地からの移住者輸送が主なもので、イタリアとオーストラリア及び南アメリカへの航路を維持していたがその後、時代の安定と共に移住者の輸送にもかけりが見え始め、イタリアと北アメリカを結ぶライナーサービス、更に、現在のロスアンジェルスベースとしたカナダ、アラスカの太平洋沿岸域、メキシコの太平洋沿岸域、カリブ海海域及びオーストラリアをベースとした南太平洋海域をクルーズサービスエリアとして着実な実績を維持している。特に、アラスカ、カナダ及びメキシコの太平洋沿岸海域のクルーズエリアとしての開発は、シトマークルーズ社が先駆けであり、その成功に刺激され、この沿岸海域が、世界有数のクルーズ客船の活躍の場となったとあって良いであろう。

去る、6月25日、シトマークルーズ社は、現在同社が擁する“フェアスター”“フェアウインド”“フェアシー”及び“フェアスカイ”に続き2隻の60,000トン級豪華大型客船の建造契約に調印をしたと発表した。

建造にあたるのは、フランスのアトランティック造船所(Chantiers de L'Atlantiqueで、建造価格はUS 30,600万ドル(邦貨換算約490億円)と発表されている。船型は、船長・船幅一杯にハウス部を盛り上げたものとなっており、昨今の大型客船の形状が固定化してきている一例である。この両船は主要目から見た船容からの比較では船客収容力が小さく、相当な豪華仕様の船となることが予想される。又船容からして船客1名当りの居住空間も大きく、他船に比し相当快適度の高い船となる模様で、船客用キャビンも標準なもので、最低190ft<sup>2</sup>が確保されることになっている。両船の船名及び就航海域は追って発表されるが船容からして、シトマークルーズ社のサービスエリアも含むワールドワイドに就航するものと思われる。各々の竣工予定は、1988年と1989年の第四半期となっている。



(主 要 目)

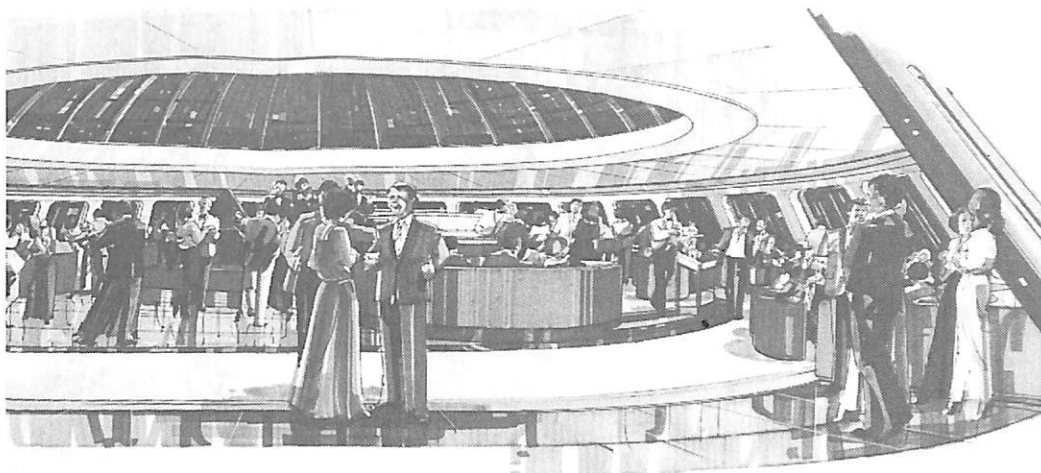
全 長	804 ft	(内側 550 室, 外側 156 室)
全 幅	102 ft	デ ッ キ
喫 水	25 ft	船客用エレベーター
総 噸 数	約 62,500 T	乗 組 員
船 速	約 21.5 kn	スラスター
船 客 収 容	1,412 名	機 関
船客用キャビン	706 室	旗 籍

▲ 62,500Tの超豪華客船のイラスト、全長、全幅一杯にしたハウス構造となっており、昨今の大型客船の形状もこのタイプに固定化してきている。



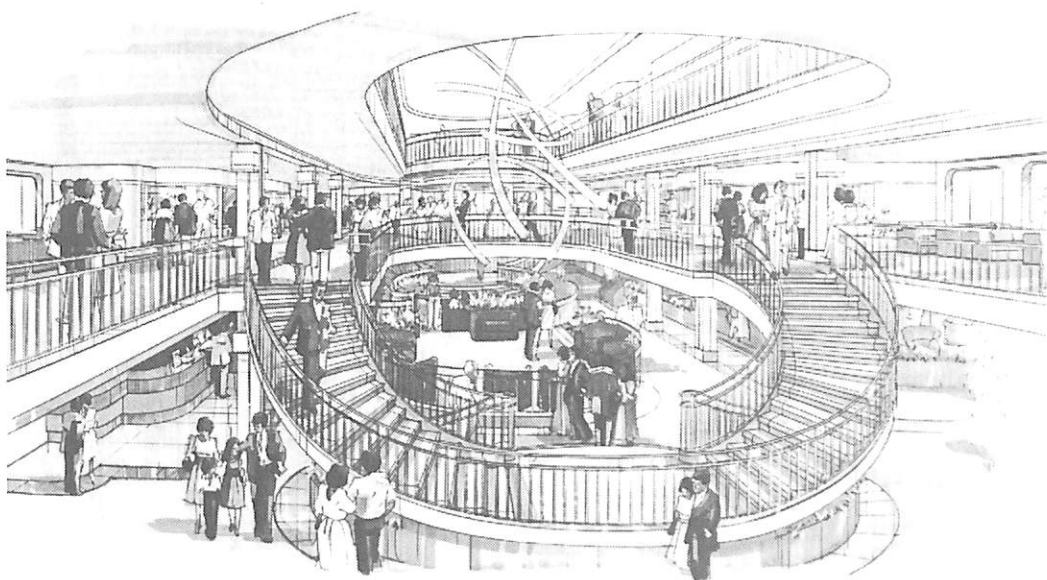
“Observation・lounge”

船首部の最上デッキに出来る社交場で、天井はガラスのドーム状になっている。展望は270度楽しめる。



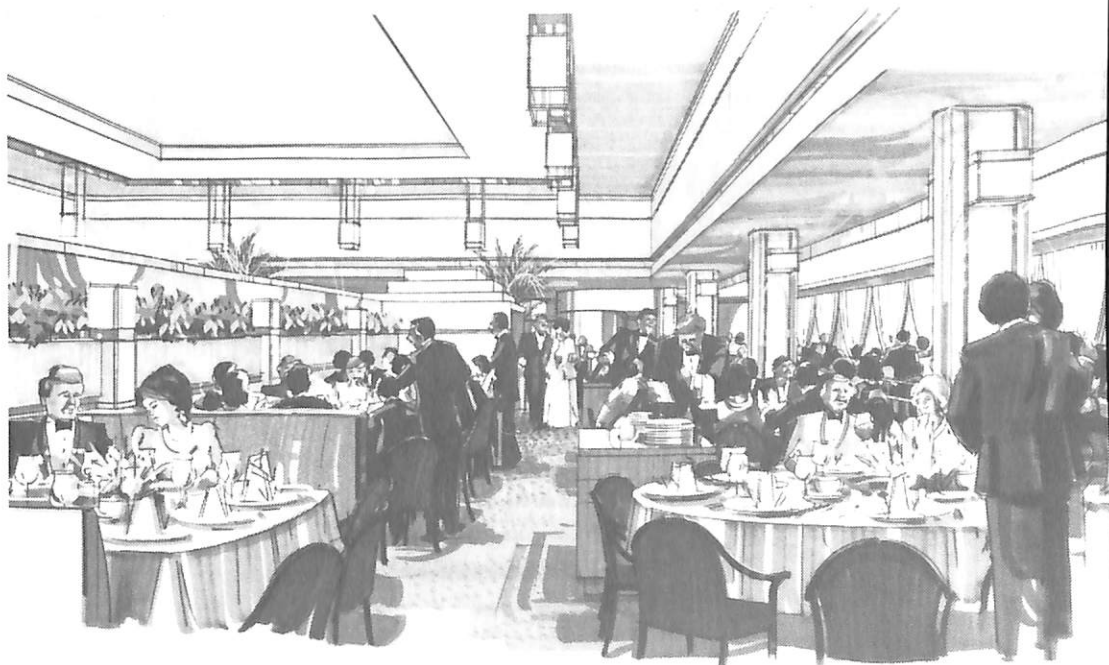
“Entry foyer・shopping arcade”

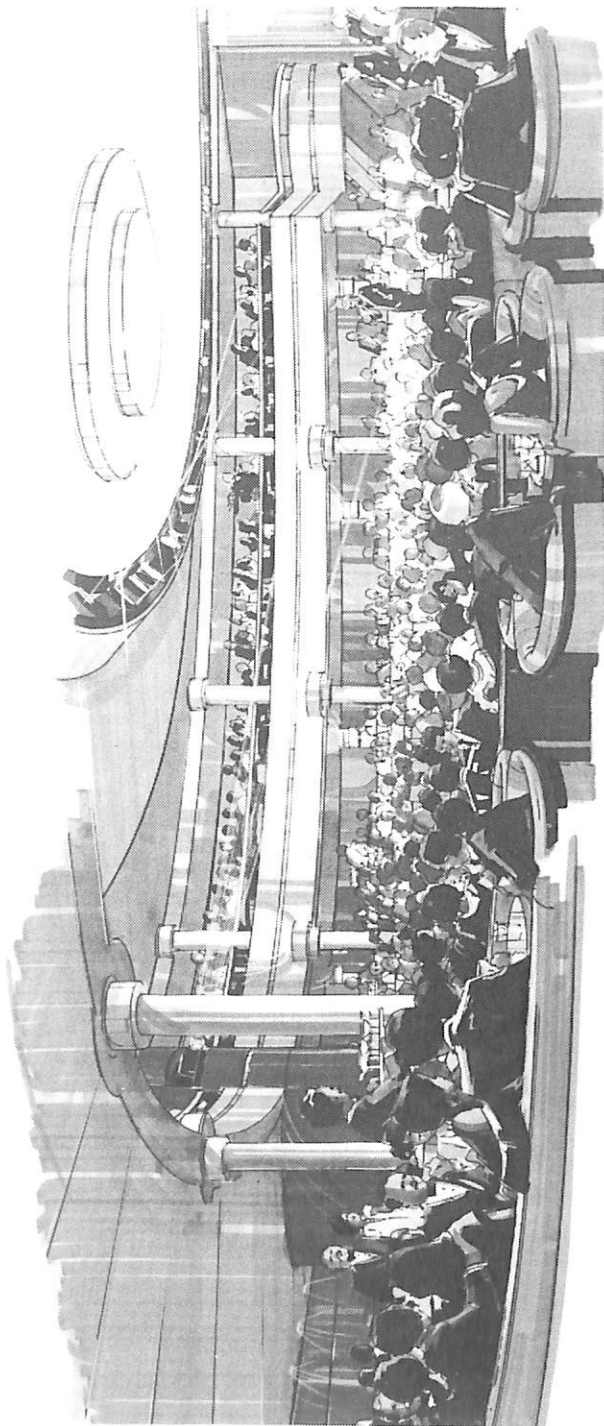
乗船して、すぐに3デッキ吹き抜けの広場になっているところで、中央に旋階段があり、パーサーズ・ビューロー、ショッピング・アーケード、オーシャン・ビュー・バー等に連続している。



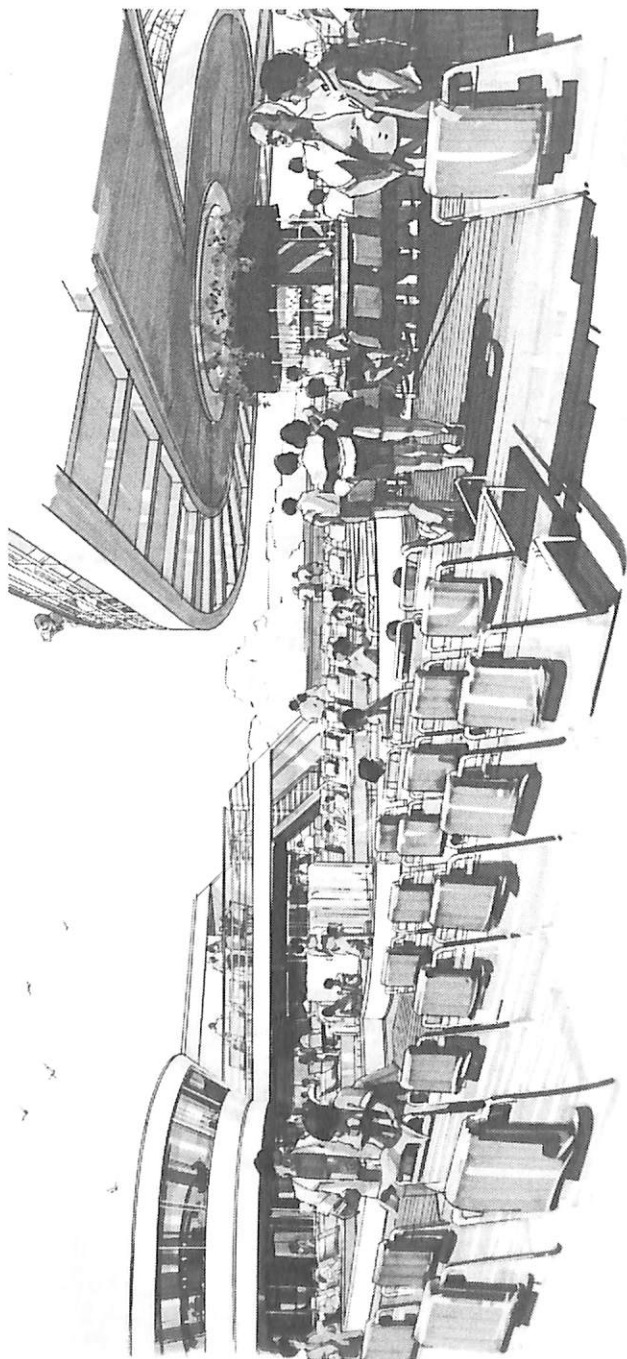
“Main dining room”

収容力は不明、ツースittingサービスになっており、ギャレーはこの階下に設けられ、スチュワードサービスはエスカレーターにより行われる。





“Main show room”  
船内最大の社交場である。



“Pool deck”

水泳、デッキゲーム、ランニング、  
トラック、日光浴等日中最大の社交  
場、アイスクリーム、ジュース、パ  
ーやコンピュータエンターストア等もある。

(Photo : Sitmar Cruises)

【お詫び訂正】

9月号23頁“HOMERIC”竣工

(誤)スライディング ルーム →

(正)スライディング ルーフ

27頁 商船の映像 (船と摩天楼)

(誤)フェアウインド →

(正)フェアウインド



ケリムツ

国内航路用客船 **KELIMUTU**

船主 Directorate General of Sea Communication (Indonesia)  
 Meyer Werft Papenburg (西独) 建造 (第614番船) 進水 1986-4-19 竣工 1986-7-4  
 全長 99.80m 垂線間長 90.50m 型幅 18.00m 型深 (3rd deck 6.90m) (4th deck 9.40m)  
 満載喫水 4.20m 総噸数 5,685T 載貨重量 1,450t 主機関 Mak-6 Mu 453型(デ)機関×2  
 出力(連続最大) 2,176PS (1,600kW)×2 プロペラ 2軸 発電機 525kVA×456kW×620PS×  
 1,000rpm×4, (非)210kVA×184kW×250PS×1 航海計器 マグネットコンパス, ジャイロコンパス  
 オートパイロット, レーダー, エコーサウンダー 速力(満載航海) 14kn 船級・区域資格 KI・G Lloyd  
 A 100 A 4 乗組員 84名(含士官) 旅客 1等(2名 7室)14名, 2等(4名 10室)40名  
 エコノミー 866名 救命ボート 8 救命筏 20 パウスラスター 480kW×653PS×7.20t  
 同型船 Lawit 受注6隻中の5番船 (4月19日横すべり方式にて進水)(府川義辰)

ドナウプフェル

ホーバーマリン **DONAUPFEIL** (HM 221型)

船主 First Danube Steamship Co.(DDSG) (Austria)  
 Vosper Hovermarine(U.K.) 建造 竣工 1986-4-1 全長 21.40m  
 全幅 6.10m 全高 5.35m 喫水(オフクッション時)1.75m, (クッション時)1.06m  
 推進機関 GM-8 V92TI型(デ)機関×2 出力 445PS×2 (2,300rpm)  
 リフト機関 GM-6V-92TI型(デ)機関×1 出力 356PS (2,300rpm) プロペラ 2軸  
 速力(満載航走時)31kn 航続距離 140哩 乗客 108名  
 。巡航は530kmで、ウィーンと西独、チェコスロバキア及びハンガリーと結んでいる。(Vosper Hovermarine)







シューウン ポールスター  
輸出ケミカルタンカー SHOUN POLESTAR

船主 Orangefield Steamship Co. Inc. (Panama)  
 株式会社来島どっく大西工場建造 (第2441番船) 起工 60-7-12 進水 60-8-29 竣工 61-1-8  
 全長 113.32m 垂線間長 104.00m 型幅 18.00m 型深 8.00m 満載喫水 6.30m (型)  
 6.318m (Ext.) 総噸数 4,509T 純噸数 2,140T 載貨重量 6,756.78t 貨物油槽容積  
 7,648.703m<sup>3</sup> 主荷油ポンプ 400/230m<sup>3</sup>/h×6.5kg/cm<sup>2</sup>×4 クレーン 5t×2 燃料油槽  
 F. O. 632.63m<sup>3</sup> D. O. 142.93m<sup>3</sup> 燃料消費量 12.18t/day 清水槽 556.49m<sup>3</sup> 主機関  
 日立-B & W 6 L 35MC 型(デ)機関×1 出力(連続最大) 4,068 PS (200 rpm)(常用) 3,702 PS (194 rpm) プロペラ  
 4翼1軸 補汽缶 10,000kg/h×7.9kg/cm<sup>2</sup>G (max. 10kg/cm<sup>2</sup>G) 発電機 神鋼 300kVA(240kW)×1,200rpm×360 PS  
 ×2 無線装置 送(主) 1kW×1(補) 75W×1 受(主)(補)各1 VHF 航海計器 ロラン NNSS レーダー  
 速力(試運転最大) 13.98kn (満載航海) 13.2kn 航続距離 14,500浬 船級・区域資格 NK 遠洋  
 船型 凹型一層甲板型 乗組員 27名

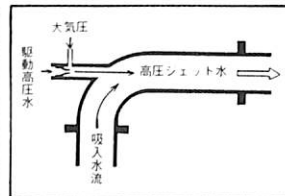
## 撒積船船倉内清掃の排出装置!!

# MJP(混気ジェットポンプ)

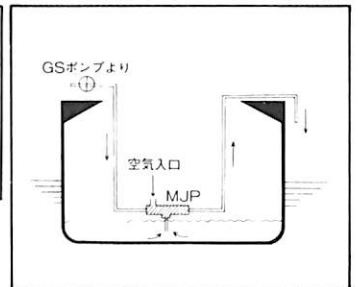
- 船倉内の残鉱石及び固形物は大きさ、形、比重に関係なくGSポンプの圧力水により吸引し全て船外に吐出されます。

### 〈特徴〉

- 吸入口径の90%以内の物はすべて流送可能。
- 構造がシンプルなためメンテナンスフリー。
- ポンプ形状が小さく、狭い場所での作業が可能。



MJP 構造



MJPのフローシート

(特許多数取得済み)

### 〈用途〉

真空ポンプ/雪の管移送/土木関係/漁業関係  
土砂流送/固形物の洗浄/食品及び化学関係

—MJP開発株式会社代理店—



株式会社

國森製作所

本社 神戸市中央区東川崎町七丁目12番2号 電話 (078) 651-5252(代)  
 東京営業所 東京都港区東新橋二丁目5番11号 電話 (03) 437-5022(代)

## 9月のニュース解説

米田 博

## 海運・造船日誌

8月20日～9月17日

○海運・造船問題

●一般政治経済問題

8月

- 20日●東京外国為替市場の円相場は、一時1ドル(水) = 152円55銭をつけ、瞬間値としての戦後最高値を更新した。
- 21日○日本船舶輸出組合のまとめた7月の輸出船(木) 契約実績によると受注7隻の内3隻が西オーストラリアLNGプロジェクト向けLNG運搬船で、引渡し時期は64, 65, 66年度各1隻。このため7月末の手持ち工事量は60年11月以来8カ月ぶりに前月実績を上回り、600万トン台を回復した。
- 26日●経済企画庁は8月の月例経済報告で、これ(火) までの報告に入っていた「景気拡大」の表現をはずし、「景気の足どりは緩やかになっている」と変え、景気の後退を認めた。
- 27日○外航二船団(外航労務協会、外航中小船主(水) 労務協会)と全日本海員組合は、船員政策協議会を開き同協議会に緊急雇用対策特別委員会を設けて、余剰船員問題を協議していくことを決めた。
- 28日○海運造船合理化審議会海運対策部会小委員(木) 会。運輸省から62年度海運関係予算の概算要求の説明と、日本船の国際競争力低下を廻る当面の海運対策の説明が行なわれた。
- ジャパンラインと全日本海員組合は同社の再建合理化計画全般にわたり合意に達した。10月1日付で海上従業員1,170人、部長を除く陸上従業員約400人を新会社「ジェー

・エル・ SHIPPING」に移籍する予定。

- 29日●西アフリカのカメルーン西部の火口湖ニオ(金) ス湖からガスが噴き、近くの住民1,700人余りが死亡した。
- 30日○昭和海運は、①借入金約985億円の内200(土) 億円について元本返済猶予の金融支援を受ける、②従業員の3割弱に当たる400人程度の希望退職を募る、を柱とする再建計画をまとめた。
- 31日○黒海で乗客乗員1,234人が乗ったソ連の定(日) 期客船アドミラル・ナヒモフ(17,053トン)とソ連大型貨物船が衝突し、ナヒモフは約10分後に沈没した。この事故でナヒモフの乗客ら398人が死亡し、ソ連海難史上最悪の結果となった。
- 9月
- 5日○石川島播磨重工業は相生工場の全面閉鎖、(金) 呉工場の船台2基中1基休止を63年度中におこない、これに伴って生じる4,000人の余剰人員と他部門での合理化と合せた計7,000人の人員を削減するなどを骨子とする合理化計画をまとめ同社労組に提示した。これは造船設備の6割、社員の3割に当たる。
- 9日●宮沢蔵相が閣議に報告した62年度予算の一(火) 般会計の要求総額は、57兆7,003億円で、今年度予算に比べ6.7%増となった。
- 11日●第107臨時国会が召集され、会期は11月29(木) 日までの80日間と決定した。
- 15日●ガット閣僚会議がウルグアイのプンタデル(月) エステで開会した。
- 17日○山下新日本汽船は、①主力銀行の三和銀行(水) などに対し、長期借入金約911億円のうち約200億円の返済猶予を要請する、②従業員1,936人のうち約700人の希望退職を募集する、などの合理化計画案を発表した。

## 海運・造船経営安定対策予算要求

### 利子補給金支払い繰り延べ対策

大蔵省は例年どおり8月31日、62年度予算の概算要求を締め切り、9月9日宮沢蔵相が閣議に報告したが、一般会計の概算要求総額は61年度当初予算に比べ6.7%増の57兆7,003億円であった。政策的経費である一般歳出は防衛費の6.3%増、政府開発援助(ODA)7.4%増などにもかかわらず全体では0.5%増の32兆7,460億円にとどまった。この半面、国債の償還費、利払いなどの国債費は24.9%増の14兆1,387億円となり、一般会計に占める割合は24.5%に達した。

運輸省の海運・造船関係予算要求では、前向きの船腹拡充、船舶輸出の確保よりは、金額の単位は小さいけれど海運・造船業の経営安定、船員雇用対策などに大きな特色がみられた。

まず「外航船舶の整備」では開銀融資(第43次計画造船)975億円で161万総トンの建造を予定しているが、融資比率を超省力化船について80%に引き上げを要求している。

利子補給に関しては海運経営安定の見地から新政策を打ち出している。すなわち、利子補給金の支払い繰り延べに対する新たな対応策である。

現在海運会社に支給されている利子補給は、54~56年度の3カ年間にわたって計画された外航船舶緊急整備計画に基づき、同期間内に締結された利子補給契約によって支給されている。

原契約によると54~66年度までに総計897億円の補給金が支給されることになっているが、国の緊縮財政のため57年度から補給金の一部が後年度に繰り延べ支給されているのが実情である。このため原契約どおりならば54~61年度間に677億円が支給され62~66年度分は220億円残っているのみのところ、現実には54~61年度間には448億円のみが支給され228億円が繰り延べられた。この

ため62~66年度に支給すべき額は449億円となっている。

しかし現在の財政事情下ではその確保は極めて困難な状況にあるので、運輸省は概算要求で、開発銀行による利子猶予方式を打ち出したのである。その具体的なきみは、利子補給対象船舶を所有する海運会社が建造融資契約に基づいて返済している開発銀行と市中銀行の利子のうち、開銀に支払うべき利子の一部(利補支給予定額相当分)の支払を猶予することで利子補給金支給と同等の経済効果をもたせようとするものである。

利子補給対象海運会社は開銀から62~66年度間の約177億円の利補支給予定額に見合う利子の返済猶予を得、同期間中従来方式により272億円が支給されれば、449億円が66年度までに完済されるのと同等の効果が得られることとなる。

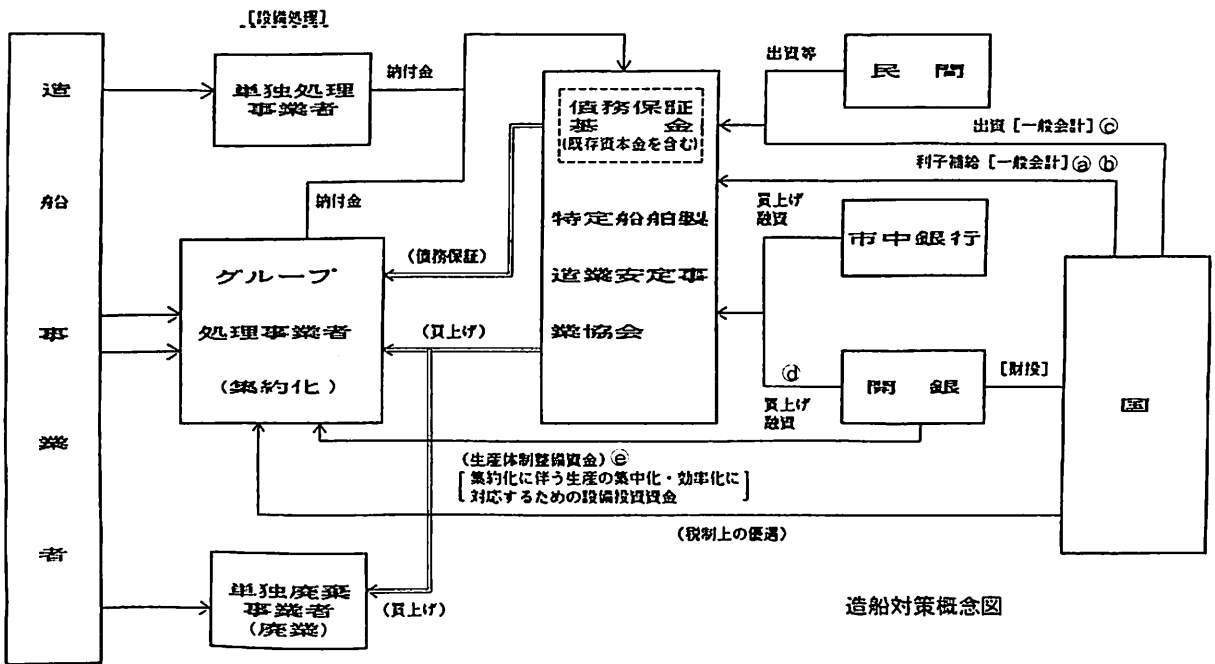
これが可能となるためには開銀が船会社から返済猶予した利子分が生む利子について国が開銀に一般会計からはてんしなければならぬ。この間のしくみを書くに紙面が足りないので結論だけ書くと、62年度では運輸省は「開銀利子猶予措置に係る金利相当支給額」として1億1,900万円を要求している。この他に従来方式による利子補給額73億3,100万円の要求とあわせて、利子補給制度のメリットを海運会社が当初予定どおり受けられるようにしようというのが、新政策の狙いである。

### 造船業経営安定対策

造船関係では、船舶輸出の確保のための輸銀融資額は僅か202億円しか要求していない。輸出船の起工量を前年度の8%減の329万総トンと試算し、うち輸銀対象船を32万総トンとみている。

造船業経営安定対策としては、一般会計から24億4,800万円と財政投融资(開発銀行)238億円を要求している。これは海運造船合理化審議会の答申を受けて62年度中に5,000総トン以上の主要造船所44社を対象に20%の新造設備削減を実施するに伴い各種一連の造船対策を行なうための予





算である。

その概要は、

- (1) 特定船舶製造業安定事業協会により、大手7社以外の中・小37造船会社の過剰設備を買い上げる。その買上げ規模を300億円とする。
- (2) 安定事業協会法を改正し、協会内に債務保証基金(50億円)を創設する。
- (3) その基金で、造船会社が金融機関から借り入れる余剰人員の退職金資金、担保解除資金などに対して債務保証する。債務保証総額は約500億円、うち担保解除資金170億円、退職金資金などに330億円。
- (4) 生産の集中化、効率化を進めるために、グループ化を実施する企業に対して、「生産体制整備資金」を融資する制度を作る。

運輸省はこれらの対策を説明するために上図のような「造船対策概念図」を作成しているが、先に述べた概算要求の一般会計および財政投融资の内訳は右表に示すとおりである。

62年度概算要求内訳表

(1) 一般会計	
1) 特定船舶製造業安定協会に対する補助金	
(i) 54年度から継続している分	3億 1,500万円㉔
(ii) 新たな設備処理による追加分	3億 2,400万円㉕
2) 債務保証基金の出資金の上積み国庫分	10億円 ㉖
3) 船舶解撤業促進協会への解撤助成金 (65万総トン分)	8億 900万円
計	24億 4,800万円
(2) 財政投融资	
1) 特定船舶製造業安定協会に対し、 設備処理の一部である土地買上げ総額193億円の 70% (開発銀行融資)	135億 1,700万円㉗
2) グループ処理事業者への生産体制整備資金融資、 自動化効率化機械設備などを対象とした 設備投資総額146億4,000万円の70% (開発銀行融資)	102億 4,800万円㉘
計	237億 6,500万円

●新造船紹介

27,500 DWT型第1船

中国向けセルフ・アンローダー石炭運搬船“<sup>ペイ</sup>北<sup>シ</sup>極<sup>シン</sup>星”

三井造船株式会社  
船舶・海洋プロジェクト事業本部

1. まえがき

本船は、中華人民共和国機械進出口総公司の注文による2隻の27,500重量トン型セルフアンローダー石炭運搬船のうちの第1船であり、当社千葉事業所で建造され、昭和61年7月7日船主に引渡され、本船の運航を担当する大連輪船公司により、処女航海の途についた。

本船は、中国渤海沿岸の石炭積出し港である秦皇島港から、同じく渤海遼東湾内にある営口鯨魚圈港に石炭を輸送する目的で計画され、中国交通部、上海海運管理局、大連輪船公司の助言、監督のもとに、当社にて設計・建造されたものである。セルフアンローダーは毎時3,500トンの連続揚荷能力を持ち、各種の安全装置を備え、単純な操作で飛躍的な荷役効率を達成するものである。

当社内での各種試験、連続無負荷運転のあとに、三井埠頭株式会社川崎石炭ヤードでの部分負荷試験を順調に遂行し、また引渡し後、中国においての実揚荷試験を昭和61年8月に秦皇島港および営口鯨魚圈港において実施し、所期通りの成果をおさめた。

セルフアンローダー船は、後述の通り、特殊な装置(ハードとソフト)を具備した高付加価値船であり、船価面でも、通常の撒積船に比して、かなり高いものとなる。このような船がメリットを発揮するのは、船のトータル運航時間の中で、荷役に要する時間の占める比重が高い船といえる。

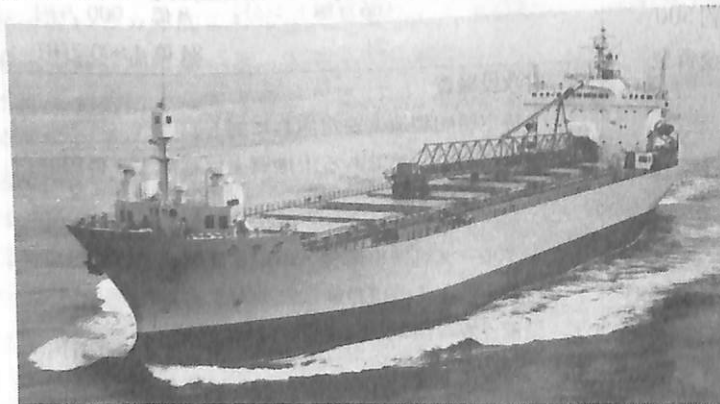
本船は、前述の通り、主として中国渤海沿岸の秦皇島～営口間(約130マイル)で運航され、航海時間は片道10時間程度であり、船のトータル運航効率はまさに荷役時間に左右される。従って、約27,000トンの石炭を8時間足らずで揚荷できる本セルフアンローダー船は、十分にその特性を享受できる船といえる。

中国にとって、初めてのプロジェクトであるセルフアンローダー船“北極星”は、本年11月頃に完成予定の第2船“南極洲”と共に、港湾の機械化・近代化と相まって、中国沿岸の石炭輸送に革新的役割りを果たすものと期待される。

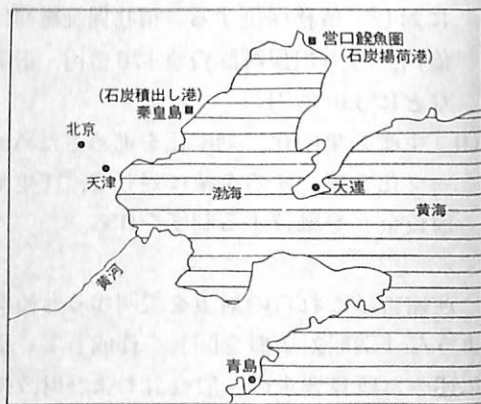
以下、本船の概要についてアンローダー装置を中心に述べる。

2. 本船主要目

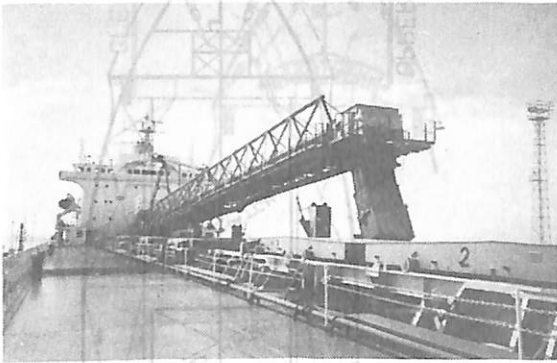
船種	セルフアンローダー石炭運搬船
航行区域	遠洋区域
船型	船首・船尾楼付平甲板船
船級	中華人民共和国船舶検査局(ZC) *ZCA, Bulk Carrier, Ice Class B, *ZCM, MCC
全長	175.00 m
垂線間長	165.00 m
幅(型)	27.80 m
深さ(型)	16.00 m



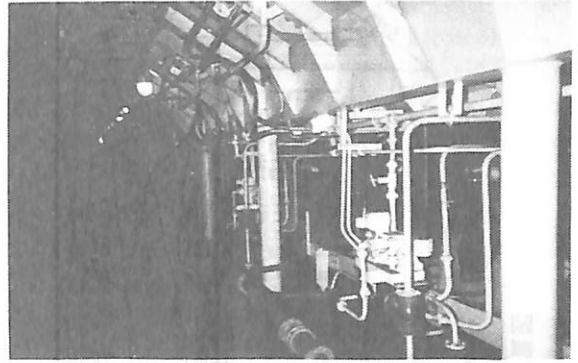
セルフ・アンローダー石炭運搬船“北極星”(北極星の意味)



航路地図



ブームコンベア



ホールドコンベア

満載喫水(型)	9.45 m
総トン数	20,550 T
純トン数	6,165 T
載荷重量	27,526 t
貨物倉容積	31,818 m <sup>3</sup>
バラスタタンク容積	11,540 m <sup>3</sup>
燃料油タンク容積	445 m <sup>3</sup>
清水タンク容積	229 m <sup>3</sup>
主機関	三井B&W 6 L42MC 1基
	連続最大出力 5,700 PS × 151rpm
試運転速度(バラスタ状態にて)	14.34kn
航海満載速度	12.7kn
航続距離	6,700 浬
セルフアンローダー	インクラインドタイプ
	(バンドーショルツ ノルドストローム製)
	揚荷能力 3,500 t/hr
発電機	800 kW ディーゼル発電機 3台
	80 kW 非常用発電機 1台
ボイラ	1,800 kg/hr コンポジット形 1基
定員	48名

### 3. セルフ・アンローダー装置の概要

#### 3・1 全体システム構成

本船の貨物区画は、5 ホールドからなり、ホールド底部は各舷39個(合計78個)のゲートに向かって全面傾斜構造としている。これらゲートから排出された石炭は、ゲート直下に配備された各舷1条のベルトコンベア(ホールドコンベア)にて船尾方向に移送され、機関区域内のコンベアトンネルを通して船尾部の横方向ベルトコンベア(クロスコンベア)に運ばれる。

各舷1条のクロスコンベアで船体中心線上に運ばれた石炭は、続いて機関区域、居住区内のコンベアトンネ

ル内に装備されたインクラインコンベアによって居住区前部に運ばれ、ブームコンベアに移送される。ブームコンベアはトラス構造のブームとベルトコンベアから構成され、油圧シリンダーにより各舷90度の旋回、および0~18度の俯仰が可能である。陸側の揚荷位置(受入設備)に合わせてブーム位置をセットすることにより、揚荷が行なわれる。

コンベアベルトは、全て、強化帆布ゴムベルトであり、電動プーリーにより駆動される。

上記構成からなるセルフアンローダーは、粉炭から最大300mmまでの石炭塊を毎時3,500トンのレートで連続揚荷することができる。

#### 3・2 貨物ホールド

貨物ホールド底部は、各舷1条設けたホールドコンベアトンネルに向かって、船側および船体中心から傾斜ホッパを設けると共に、船の前後方向にも各ゲートに向かって傾斜構造としている。この傾斜部には、超高分子量ポリエチレンライナーをステンレス製のスタッドボルト・ナットで張りめぐらし、石炭が停滞することなく、ゲートに滑り落ちるようにしてある。

ゲートは、合計78個、左右対称に設けられ、ホールド容積を十分確保しながら、ホールドへの残荷を回避できる配置である。ゲートの開閉は2本の油圧シリンダーにより行なわれる。

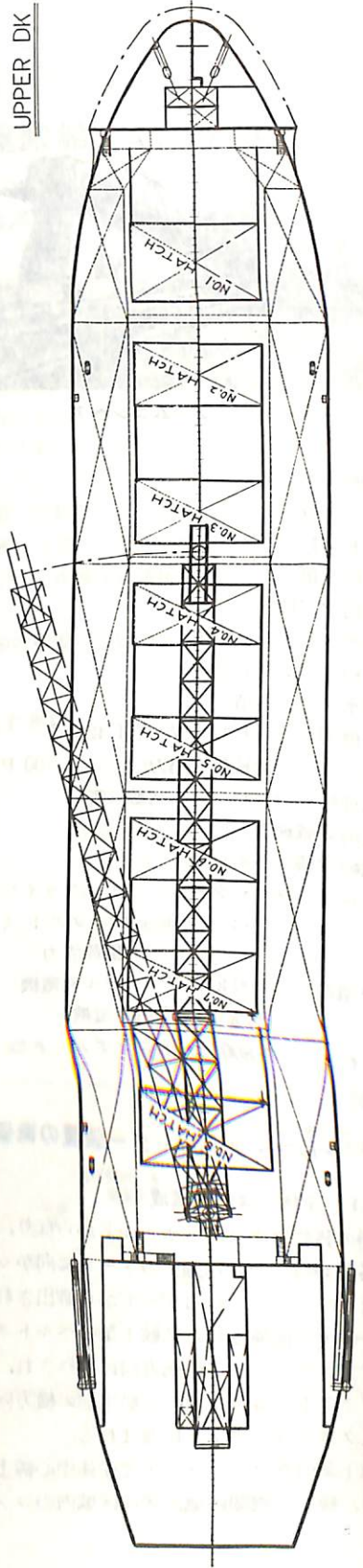
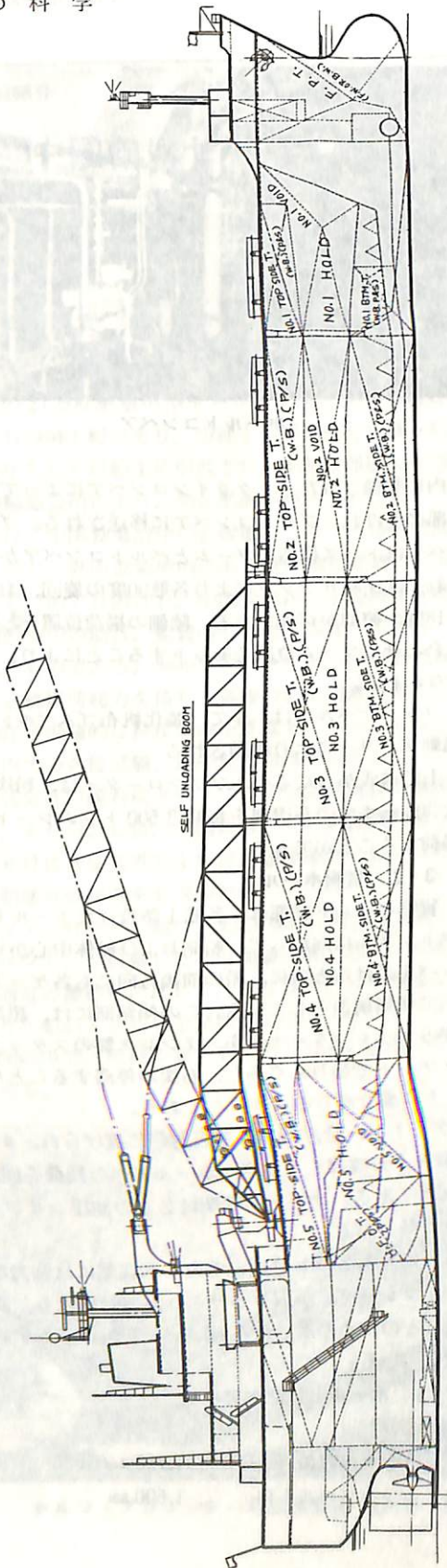
さらに、各ゲート付近のホールド底部には強力な油圧式バイブレーターが取り付けられ、振動により、高水分含有などのため停滞した石炭がゲートから落下するようになっている。

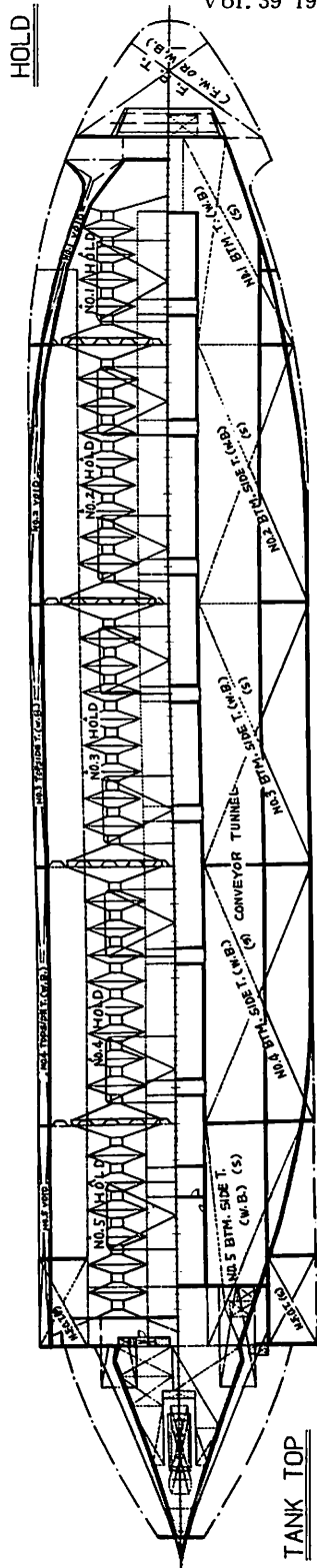
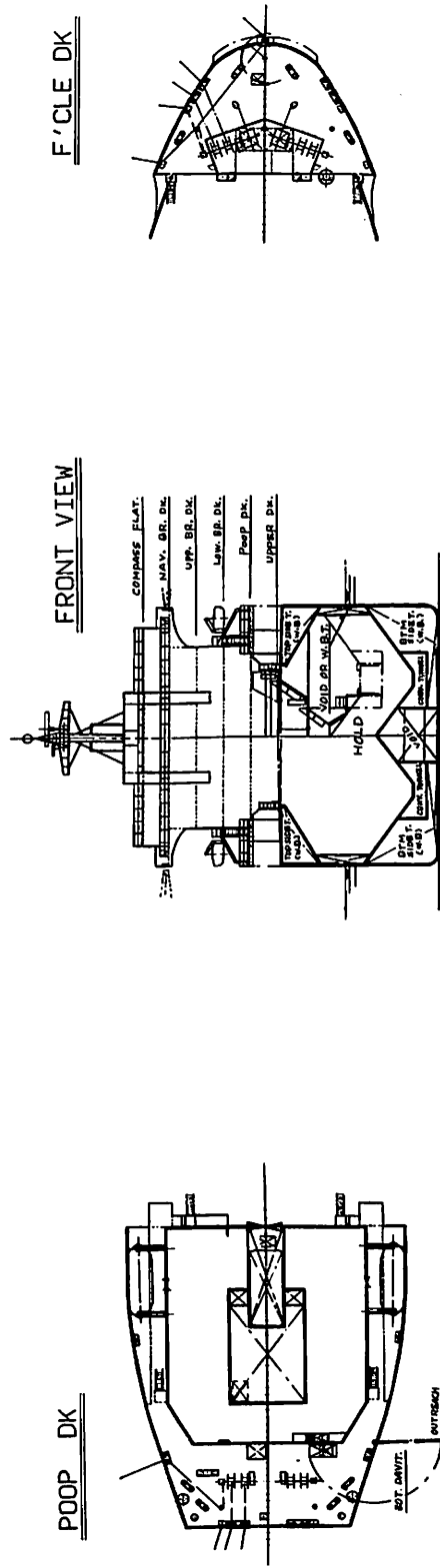
#### 3・3 ホールドコンベア

要目;

- 1) コンベア容量 ; 1,750 t/hr
- 2) コンベアベルト巾 ; 1,600 mm







中国向け 27,500 DWT 型セルフ・アロナーダ-石炭運搬船 “北极星” 一般配置図  
三井造船・千葉事業所建造



- 3) コンベアベルト速度 ; 200 m/min
- 4) コンベア全長 ; 約 160 m

各舷1条のホールドコンベアは、ゲート(片舷39個)と一線になってホールド下部のコンベアトンネル(二重底構造)に配置されており、ホールドパートの後部では、船尾部に設けられたクロスコンベアへのトランスファースhootまで、機関室内のトランクの中を導設され、石炭が滑り落ちることなく移送される。

コンベアベルトは、多数のガイドローラーで支持され、かつ、3組のローラーでベルトが35度(トラフアングル)の凹形になるようになっている。

また、ベルト上の石炭の量、船体の撓み、ないしはベルトの経年変化による伸びなどの状況下においても、ベルトの張力が一定になるように、自動張力制御装置(油圧シリンダー式)が具備されている。

コンベアトンネルは、コンベアベルト両側に約1.5 mの通行スペースを設け、コンベアの点検、ゲート操作などに便なるようにし、また、各ゲート付近のコンベアベルト直上に清水によるスプレーノズルを配置して、石炭粉塵の飛散防止を図っている。

### 3・4 クロスコンベア

要目;

- 1) コンベア容量 ; 1,750 t/hr
- 2) コンベアベルト巾 ; 1,600 mm
- 3) コンベアベルト速度 ; 210 m/min
- 4) コンベア全長 ; 7 m

ホールドコンベアにより運ばれた石炭は、トランスファースhootを介して、各舷1条のクロスコンベアに移り、船体中心線上にあるインクラインコンベアへのトランスファースhootへ移送される。

クロスコンベアの構造は、前述のホールドコンベアと類似である。

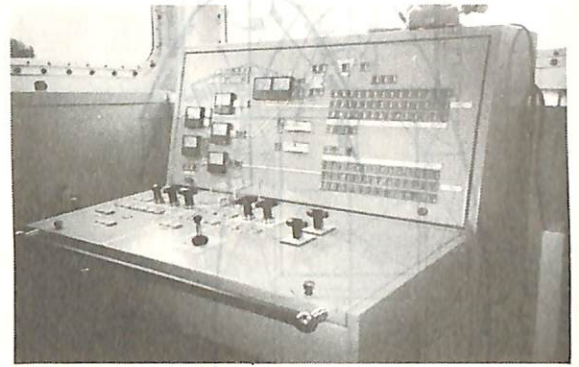
### 3・5 インクラインコンベア

要目;

- 1) コンベア容量 ; 3,500 t/hr
- 2) コンベアベルト巾 ; 1,800 mm
- 3) コンベアベルト速度 ; 270 m/min
- 4) コンベア全長 ; 35 m

各舷各1条のホールドコンベア、クロスコンベアで運ばれた石炭は、船体中心線上に配置されたインクラインコンベアへ移る。インクラインコンベアは、機関室および居住区構造内に導設されたトランク内を走るが、揚荷操作中においても、居住区区域内の騒音レベルを低く抑えるべく十分な防音処置を講じている。

コンベア構造、自動張力制御装置は、ホールドコンベ



アンローダー制御卓

アと類似である。

### 3・6 ブームコンベア

要目;

- 1) コンベア容量 ; 3,500 t/hr
- 2) コンベアベルト巾 ; 1,800 mm
- 3) コンベアベルト速度 ; 270 m/min
- 4) コンベア全長 ; 76.5 m
- 5) ブーム俯仰角度 ; 0~18度
- 6) ブーム俯仰速度 ; 7.5 min/18度
- 7) ブーム旋回角度 ; 各舷90度
- 8) ブーム旋回速度 ; 6 min/90度

ブームコンベアは、インクラインコンベアからトランスファースhootを介して、石炭を受け、陸側の指定場所へ移送する。

ブームは、鋼管製のトラス構造であり、居住区前部の上甲板上に旋回支点、コンパス甲板に俯仰支点を持ち、旋回、俯仰共に油圧シリンダーで動作する。コンベア上には、散塵防止のため、全面FRPカバーが備えられ、コンベア両側には通路を敷きつめて、点検作業に便なるようにしている。

コンベア構造、自動張力制御装置は、ホールドコンベアと類似である。

ブームコンベア先端には、遠隔操作のテレスコピックシュートが備えられ、陸側受入設備に合わせて、石炭排出高さが調整できる。

### 3・7 操作要領

セルフアンローダー装置の制御は、居住区前面の上甲板両舷に設けられたコントロールステーションから遠隔で行なわれる。コントロールステーションは、周囲を全面ガラス貼りとし、甲板上および陸側が監視でき、内部には、アンローダー制御卓をはじめとして、喫水計(ヒール・トリム計を含む)、船内・陸側との専用電話など、



揚荷作業に必要な機器が備えられている。

セルフアンローダーの操作は、概略下記の通りである。

#### 1) ブーム制御

ブームは、制御卓上のレバーにより、遠隔で俯仰・旋回される。陸側設備に合わせて、ブーム角度・テレスコピックシュート高さをセットする。

#### 2) コンベア順次起動制御

コンベア起動ボタン操作により、ブームコンベア→インクラインコンベア→クロスコンベア→ホールドコンベアの順序で、コンベアシステム下流側から数秒のタイムラグで順次、起動される。これは、石炭がコンベア上に停滞しないための手順であり、通常のコンベア起動は本要領による。

#### 3) コンベア順次停止制御

コンベア停止ボタン操作により、順次起動と逆の順序で各コンベアが停止する。各コンベア順次停止のタイムラグセットは、各コンベア上の石炭が全て下流側のコンベアに移送されるまでの時間（数秒～数十秒）で設定されている。通常のコンベア停止操作は、本要領による。

#### 4) コンベア単独起動・緊急停止制御

上記の外、点検時などのための単独起動・緊急時のための停止も、プッシュボタン操作により可能である。

#### 5) 船陸間信号伝達

セルフアンローダーは、直接、陸側石炭受入設備へ揚荷することになるので、揚荷の続行・停止および揚荷レートの設定など陸側と密接なコミュニケーションが必要である。このための主なる設備として下記のものが設けられている。

船陸間専用電話

アンローダー運転状況連絡信号

陸側停止信号によるアンローダ順次停止制御

陸側緊急停止信号によるアンローダ緊急停止制御

### 3・8 安全装置

安全装置として下記のものが備えられている。

#### 1) プルコードスイッチ

コンベアベルト全長にわたってベルト両側にワイヤコードを導設し、緊急時、このコードを引くことによりコードに連結されたスイッチが働き、コンベアを瞬時に止めることができる。

#### 2) 揚荷レート指示装置

刻々の揚荷レートが判るように、コントロールステーション内に指示計を設けると共に、ホールドコンベアトンネル内に適当な間隔で揚荷レート指示ランプ（50%ロード以下、50～75%ロード、75～100%ロードおよび100%ロード以上の4段階で、白、緑、黄、赤色のランプが

点灯する）が備えられている。

#### 3) その他安全装置

下記要素でコンベアが、順次停止または緊急停止する。

各コンベア間トランスファシュートの石炭高レベル  
コンベアベルトの過大蛇行  
油圧装置の低油圧・低油量  
コンベアベルトの低張力  
コンベアベルトの低速度  
船体の過大傾斜  
過大風速 など

### 4. 船殻構造

本船は、冬期に結氷の可能性のある勃海内北部が航路として計画されているので、ZC船級のIce Class“B”符号を取得しており、バラスト喫水から満載喫水間にIce Belt補強を行なっている。

上部構造については、構造の軽量化を図りながら、耐震設計に努めた結果、船型の割りに船橋の大きな構造にも拘わらず、振動の少ない乗り心地の良い船となっている。

### 5. 船体部機装

#### 5・1 係船装置

揚錨機、係船機は電動油圧駆動式とし、係船ドラムはオートテンション機構付である。

船首部の揚錨機・係船機については、冬期低温下（-25℃）での波浪による着氷防止の意味から閉閉スペースの中に配置している。

#### 5・2 バウスラスタ

運航効率を高めるため、本船では、着岸・離岸作業を迅速に、かつ、容易に行なえるよう1,000馬力のバウスラスタを1基装備している。

#### 5・3 諸管装置

ホールドコンベアトンネル内の石炭粉塵発生を防止し、また、トンネル内の洗浄のため、清水によるスプレー装置および洗浄ノズルが備えられている。清水は、フォア・ピーク・タンクに張水することとし、専用のポンプにて給水する。

揚荷時の船体ヒール調整の迅速化、容易さのため、ヒール角警報を設けると共に、ヒール調整タンク（バラストタンクと兼用）を設けている。

#### 5・4 居住区配置

操舵室は、前面にブームのトッピングサポートが取り付けられているが、前面壁を前方に張り出すことなどにより、前方・側方の視界を確保すると共に、操舵室を舷

側近くまで拡げることにより、冬期においてもブリッジウイングでの監視を容易にしている。

居住区域内をインクラインコンベアトランクが導設されることにより、騒音対策が重要な課題であったが、設計開始時から騒音解析を十分行ない、内張の二重化など効果的処置により、アンローダー運転時でも60デシベル以下の良好な結果を得た。

サロン、休憩室、運動室などを十分なスペースをとって配置し、乗組員に快適な船上生活ができるよう配慮している。

### 5・5 通風装置

本船の通風装置として特に重視したのは、ホールド・クロス・インクラインの各コンベアスペースであり、石炭粉塵の迅速で効率的な排除による、安全で人体に悪影響のない環境を確保することである。給気・排気システムの効果的システムの採用により、石炭実揚荷試験において粉塵の存在がほとんど気にならない良好な結果を得た。

## 6. 機関部艙装

### 6・1 主機関

主機関に最新型低燃費高出力エンジンである三井B&W 6 L42MC型1基を搭載している。本機関はLMC/MCEシリーズの超ロングストローク機関であり、ボア・ストローク比3.24を有している。燃料油としては、3,500秒相当の低質油を使用できるよう艙装関係を含めて計画されている。

### 6・2 発電装置

本船は、セルフアンローダーコンベア駆動のため、船型のわりに大容量である800kW主ディーゼル発電機3台と80kW非常用発電機1台を装備し、主発電機関にはブレンド油を使用できるようになっている。

### 6・3 機関室配置

機関室配置の特徴として、第3甲板レベルに各舷1条のホールドコンベアトランクが、また上甲板レベルには船体中心に1条のインクラインコンベアトランクが配置されている。本船は、操作性および保守整備作業の容易性に主眼をおいて計画し、主ディーゼル発電機3台を機関室床面の主機前方に、機関制御室・工作室・倉庫などを第2甲板レベルに集中配置するなど機関室配置には、特別の配慮がなされている。

### 6・4 機関室諸艙装

本船は機関室当直を前提としているが、自動化設備としては、機関制御室に最新式の監視・警報装置を装備したほか、各種の自動制御装置を設け、乗組員の省力化と安全性が確保されている。

また、冬期低温下での運航を考慮して、主機関および発電機艙の冷却海水を利用したホールドコンベアスペースの保温装置、シーチェスト・船外吐出管に対して蒸気による氷結防止装置などを装備している。

## 7. 電気部艙装

### 7・1 航海・無線装置

航海装置として、Sバンド・Xバンドのレーダー、衝突予防援助装置、無線方位測定器、ロラン受信器、ドップラースピードログ、エコーサウンダーなどを装備している。

無線装置としては、1.2kW主送信器、150W非常送信器をはじめとして、VHF無線電話装置2台、気象用ファクシミリ1台を無線室に装備している。

### 7・2 通信装置

通信装置として、自動電話、直通電話、共通電話、船内指令装置などを装備している。

### 7・3 その他電気艙装

各コンベアトンネル内には、十分な数の防爆天井灯を設け、作業の安全を図っている。

## 8. あとがき

以上、述べてきた通り、セルフアンローダー装備を主特徴とする本船は、中国にとって初めてのプロジェクトとして建造されたため、その成果が大いに注目をあびている。

中国秦皇島港および営口鯉魚圈港での実揚荷試験も全てにわたって極めて良好に遂行され、本船ならびにセルフアンローダー装置の評価は高いものであった。

今後、本船の特性を最大限に発揮して、中国沿岸の石炭輸送に画期的な革新をもたらすことを期待すると共に、永く安全な航海を続けられるよう祈りたい。

最後に、本船の設計・建造に際し、ご協力を頂いた、ZC船級協会、LR船級協会、そして中国交通部以下船主側諸関係部署、またアンローダー実揚荷試験に特別の配慮を頂いた中国秦皇島港および営口鯉魚圈港関係者に深く感謝の意を表し、本船の紹介としたい。

### ●船の科学刊行の本●

『船舶写真集』船の科学編集部編 B5判(丁当社負担)			
1952年版	掲載船 232隻	写真頁 96頁	定価1500円
1968年版	掲載船 356隻	写真頁 194頁	定価2500円
1976年版	掲載船 353隻	写真頁 229頁	定価3500円
1978年版	掲載船 252隻	写真頁 159頁	定価3000円
1980年版	掲載船 246隻	写真頁 147頁	定価3500円

## ●新造船紹介

省エネ・高操船性の新時代にマッチした

## 528総トン型旅客兼自動車航送船“第二ななしま”

有限会社 大内造船所  
設計監修 市河設計

## 1. まえがき

本船は愛媛県温泉郡中島町役場より発注をうけ、有限会社大内造船所にて建造された528総トンの旅客船兼自動車航送船で、昭和60年9月30日起工、昭和61年2月25日進水、昭和61年3月13日無事竣工、引渡された。本船の計画に当っては中島町工務課と大内造船所および株式会社市河設計のスタッフとの間で接岸対策等については徹底した検討が行われた。

本船は主として松山～中島及び広島間を結ぶ定期航路に就航し、在来就航の“ななしま”の老朽化に伴う代替船として計画され、低価格で、省エネタイプ及び操船の簡略化等の特徴をもった新時代にマッチしたカーフェリーの誕生をみた。

## 2. 船体部

## 2・1 主要目

全長	44.00m
登録長さ	41.01m
垂線間長	39.05m
幅(型)	9.50m
(最大)	11.00m
深さ(型)	3.40m
計画満載喫水(型)	2.60m
満載排水量	586.56 t
総トン数	528 T

## 航行区域

JG 平水区域  
(1.5時間未満)

## 試運転最大速度

14.568 ノット

航海速度(70%載貨状態, 85%出力, 10%シーマージンにて)

13.5 ノット

## 航続距離

約1100 浬

## 燃料油タンク

31 m<sup>3</sup>

## 清水タンク

12 m<sup>3</sup>

## バラスタック

94 m<sup>3</sup>

## 潤滑油タンク

3 m<sup>3</sup>

## 旅客定員

## 遊歩甲板旅客室

(座席160名, 椅子席104名) 264名

## 遊歩甲板立席

136名

計400名

## 乗組員(甲板部5名, 機関部2名)

7名

合計407名

## 自動車搭載能力

大型トラック 6台(90 t)

普通乗用車 19台(28.5 t)

## 2・2 船型および配置上の特徴

本船は全通一層甲板(上甲板)上に船楼、遊歩、航海船橋の各甲板を有し、船首尾にランプドアを設け大型トラック6台を車輻区域に搭載しうるものとした。2機2軸1舵を有し、また接岸に対して、棧橋、スベリ等現状の設備に対応できるよう、また潮流も考慮して船首部水線下にサイドスラスタを設けた。

機関室は船体中央部船尾寄りに配置し、その前後は空所、モーター室、倉庫等を設けた。

上甲板上両舷には、錨鎖庫、バッテリー室、倉庫、浴室、賄室、船員食堂、汚物処理装置、事務室、便所等を配置した。

遊歩甲板上は、旅客室、便所(両舷)、航海船橋甲板上は、操舵室及び船員居住区等を配置した。



◀旅客兼自動車航送船“第二ななしま”



### 2・3 船体構造

本船は小型鋼船構造基準に準拠して設計、建造された。車輻甲板（上甲板）は大型トラック（総重量15t/台）を搭載できる強度とした。また船体振動を極力少なくするよう細心の注意を払い、主機、補機の共振防止には特に注意し、上部構造の軽量化に努めながら、耐振設計をした。

### 2・4 旅客設備

本船の内装は、船主、造船所、内装業者との密接な協力により、時代感覚にマッチし、また船は永年使用されるものであるから、経年後もフレッシュに感じられるものとし、南国らしい装飾を船内各所に設備し、近代的で明るい旅客設備とした。

遊歩甲板の客室は、室内が広く感じられるよう軽快な白色を基調とした色彩とし、明るい落着きのある雰囲気を作り出した。前部及び中央部の椅子席は特産のミカンに合わせオレンジ色のソファとした。眺望の良い窓側の4ヶ所の座席はゆったりとくつろげる感じを出し、明るさと清潔感を基調とした色彩で、小グループのお客が利用できるよう余裕をもった広さとした。

客室の後部には、自動販売機4台を設置した。

遊歩甲板後部の立席は充分なスペースをとり、瀬戸内海の島々が見わたせる旅客の散策のための場所とした。

### 2・5 車両乗降装置

上甲板船首尾に油圧シリンダー駆動によるランプドアを設けた。ランプドアの強度は大型トラック（総重量15t）が安全に通過できる構造としている。

### 2・6 冷暖房設備

本船はパッケージ型空調機を設置し、ダクトにて旅客室、船員居住区及び操舵室の冷暖房を行い、快適な船旅ができるよう計画した。

### 2・7 防火構造・消火設備

船舶防火構造規程に従い内張材、天井材および通路壁

は不燃材を使用し、機関区域と隣接する車輻区域、車輻区域に隣接する居住区域等は必要に応じA-60防熱を施工した。

消火設備としては、機関区域には持運び式泡消火器を設け、イオン式検出器および熱式検出器を設け、操舵室に火災探知警報を行うようにした。

車輻甲板区画には、持運び式炭酸ガス消火器を設けるとともに、防爆型の熱式検出器を設け、操舵室に火災探知警報を行うものとした。また海水消火栓を各所に設け、消防兼雑用水ポンプにより給水するようにした。

### 2・8 甲板機械

#### (1) 操舵機

（レーダー分電盤サイドスラスタ、他コンソール一体型）

#### (2) 揚錨機

電動油圧 3 / 1.5 t × 12 / 24m / min × 2

#### (3) 係船機

電動油圧 3 / 1.5 t × 12 / 24m / min × 2

（油圧ポンプには、可変ポンプ使用）

### 2・9 救命設備

救命浮器 22人用 19個

救命浮環 救命索付 2個

救命浮環 2個

救命胴衣 大人用 41個

小人用 10個

自己点火灯 2個

自己発煙信号 1個

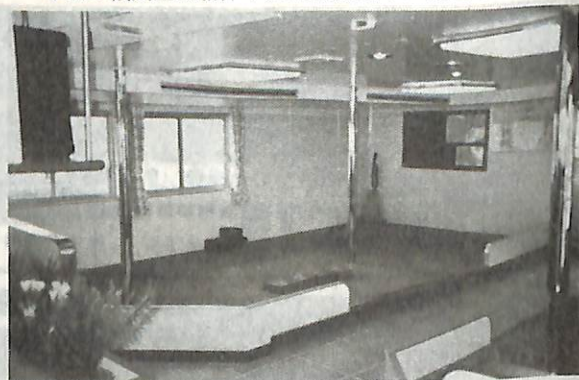
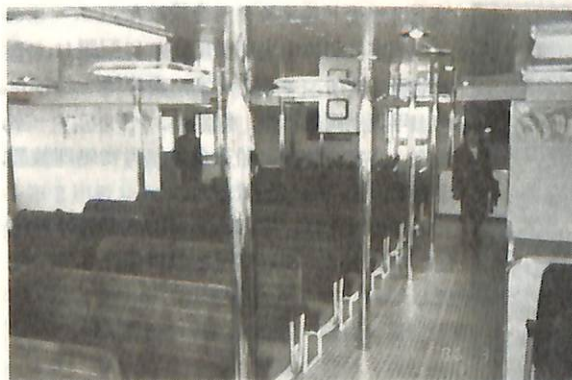
落下さん付信号 2個

網梯子 2個

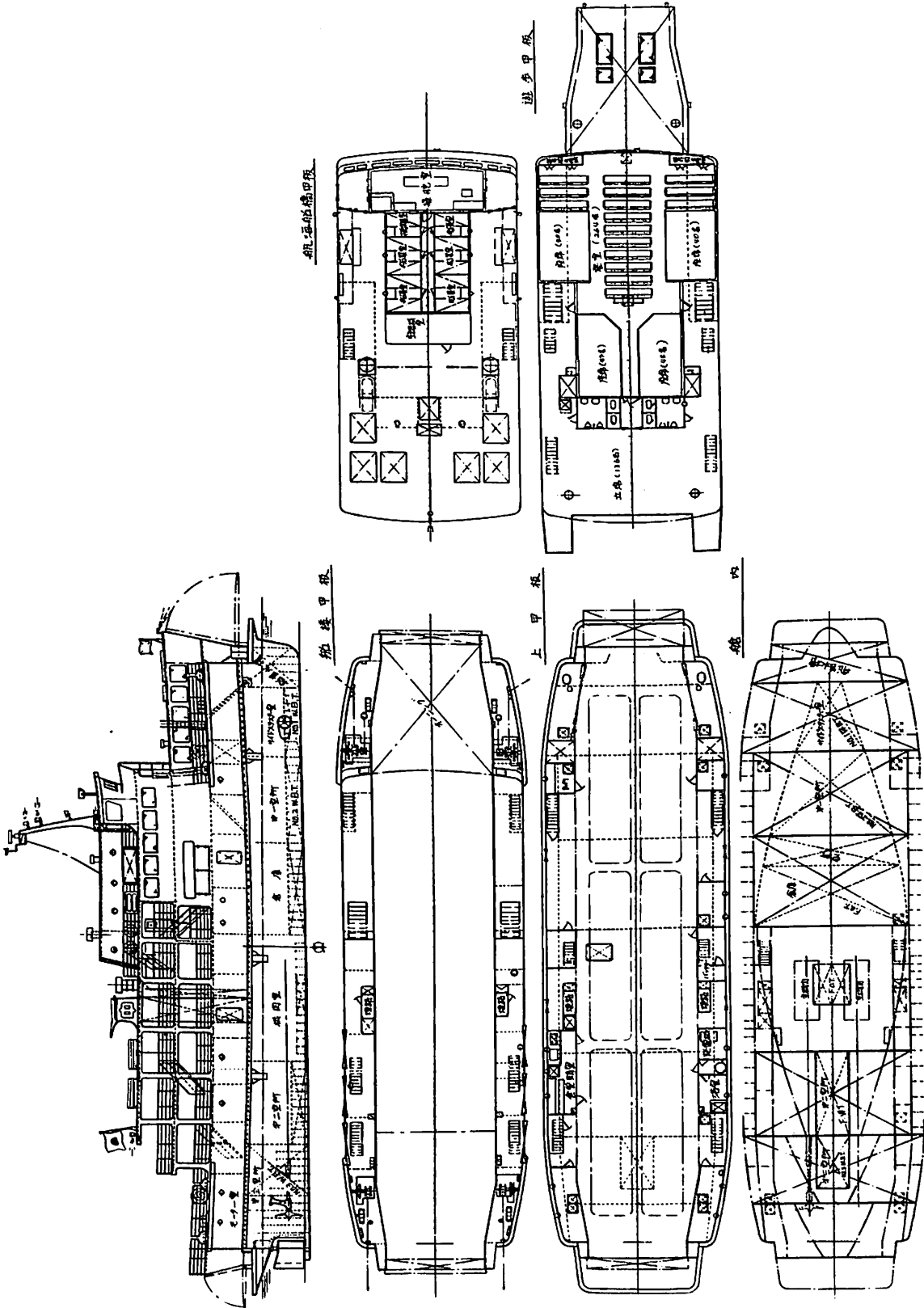
### 3 機関部

#### 3・1 概要

本船の機関室は船体中央部船尾寄りに配置している。



旅客室（椅子席104名、座席160名）



中島町役場向け 528 総トン型旅客兼自動車航送船“第二ななしま”一般配置図  
大内造船所 建造

# 船の科学

主機関として立形直列6気筒4サイクル単動無気直噴式、過給機、空気冷却器、逆転クラッチ付ディーゼル機関駆動のものを2基装備している。発電機は4サイクルディーゼル機関駆動のものを2基装備している。

操船が容易かつ迅速に行えるように船首に電動サイドスラスタを設け操舵室より遠隔操作ができるようになっている。また客室に対する騒音、振動を軽減するため、主機、補機の共振防止には特に注意をはらった。

## 3・2 機関部主要目

### (1) 主機関

型式×台数 : ダイハツディーゼル  
 右舷機 6 D L M - 24 S } 各1基  
 左舷機 6 D L M - 24 S L }  
 連続最大出力 : 1,000 PS × 750 rpm  
 常用出力(85%) : 850 PS × 710 rpm

### (2) 軸系 (2機2軸)

中間軸 : 155 mm φ × 2式  
 プロペラ軸 : 170 mm φ × 2式  
 プロペラ : 4翼一体型(直径1,900 mm φ)  
 × 2個

### (3) 発電装置

発電機 : 防滴型  
 144 kW × AC 225 V × 2台  
 原動機 : 4サイクルディーゼル機関  
 220 PS × 1,200 rpm × 2台

### (4) サイドスラスタ

型式×台数 : 固定式 (TFN-100) × 1台  
 推力 1.5t

## 3・3 自動化

本船は主機関の速度制御および前後進切替、サイドスラスタ装置の遠隔操作を操舵室より行い得るものとしている。

## 4 電気部

### 4・1 電源装置

#### (1) 発電機

防滴保護型交流発電機 2台  
 180 kVA, AC 225 V, 3φ, 60 Hz

#### (2) 蓄電池

DC 24 V, 200 AH, 鉛式 2組

#### (3) 変圧器

一般用 7.5 kVA, AC 225 / 105 V, 1φ,  
 60 Hz 3台  
 冷暖房機用 5 kVA, AC 100 / 200 V, 1φ,  
 60 Hz 1台

### 4・2 配電装置

#### (1) 配電盤

デッドフロント防滴自立型 1面  
 (220V給電盤および100V給電盤より成る)

#### (2) 充放電装置

DC 22~30V, AC 100V, 1φ, 60Hz 1式

### 4・3 動力装置

電動機はE種絶縁を採用している。始動器は機関部主要補機の集合始動機とし、その他は用途別または装備位置ごとに配置している。

### 4・4 照明装置

旅客区画, 乗組員区画, 車庫区画, 機関室等には蛍光灯を、その他諸倉庫には白熱灯をそれぞれ装備し、また甲板照明には水銀灯、白熱灯を採用している。

### 4・5 船内通信・計測装置

応信装置 2組  
 船内電話 共電式 1式  
 エンジンテレグラフ 2組  
 非常警報装置 1式  
 火災探知装置 1式  
 船内指令装置 1式  
 操船指令装置 1式  
 船舶電話 1式  
 テレビ受像装置 4台

### 4・6 航海計器

磁気コンパス } コンソール一体型  
 10吋レーダー }

## 5. おわりに

最後に本船の計画・建造にあたり、終始ご指導・ご協力をいただいた船主・メーカー並びに関係官庁各位に対し深く感謝するとともに、本船の航海の安全と乗組員ご一同のご多幸を祈ります。(執筆:市河設計)

### 追記 大内造船所の最近の新造船建造状況

昭和58年11月	94 499型ケミカル船(IMCOタイプII)	SNNo. - 175
昭和59年1月	94 199型貨物船	SNNo. - 178
昭和59年5月	94 199型貨物船	SNNo. - 180
昭和59年10月	94 130型貨物船	SNNo. - 181
昭和60年3月	94 199型貨物船	SNNo. - 183
昭和60年9月	94 199型貨物船	SNNo. - 185
昭和61年3月	94 530型フェリー	SNNo. - 287
昭和61年6月	94 199型貨物船	SNNo. - 288
建造中		SNNo. - 301



30,000 m<sup>3</sup>型半加圧式エチレン運搬船\*

—Trilobe式タンク試設計—

編集部編訳

## 1. 液化ガスタンカーの貨物格納設備

新しい液化ガスタンカーの設計者は、以下に示す要件及びこれらの要件間の相互関係を主要な支出と運航費を最小限にするように向上させる義務に直面している。

貨物格納設備の設計には、以下に示す基本的な要件を考慮しなければならない。

- 理想船型を考慮した貨物タンク設置区画の有効利用
- 工程削減及び経費節減のために貨物タンクを船体とは別建造を可能とする。
- 貨物の種類の変更及び異種貨物の同時積載の容易さ。(例えば、エチレン(比重 569 kg/m<sup>3</sup>)のような軽いものとアンモニア(比重 683 kg/m<sup>3</sup>)のような重いもの)
- 最大積載量を実現する最小タンク重量
- 低コスト及び簡潔なタンク製造工程
- 再液化システム及びそのエネルギー消費を最小にするためにタンク表面積の容積に対する比を抑える。
- タンク内付属品の数を最小限にできるタンク形状の開発

これらを達成するためには、船主のこれまでの経験のみならず、全ての技術的・経済的分野の経験の関与が、初期計画の段階から有機的に連係することが必要である。

貨物格納方法(タンク形状等)が、この種の船の全体的設計に決定的に影響を与えることは明らかである。

## 1・1 球形タンク

球形タンクは、加圧状態で貨物を運送する場合には、理想的な容器である。この場合、球形は他の形状と比較して最も薄い板厚とすることができる。球形タンク表面に引張応力が均一に分布することは、最終的に球形タンクの材料コストが比較的低く抑えられることを示す。

しかしながら、球形タンクを使用する時には、いくつかの不利益に甘んじなければならない。球形タンクは、

船の二重底上に据えた支持スカート(シリンダー状)が必要である。この比較的重い部材は、タンク赤道部周囲に接続する。この赤道部は、厚肉板で且つ複雑な構造要素となる。支持スカート及び赤道部は、球形タンク方式に於いて重量増加の要因となる。更に、次のような不利益も忘れてはならない。

- 船殻に球形タンクを設置する場合、比較的多い未利用空間が残存する。
- 船体に於ける貨物重心位置が高くなり、復原性確保のために船幅を増加する必要が生じる。船幅/喫水、船長/船幅の比が不本意なものとなることは、本船の航行性能に悪影響を及ぼし、翻って運航費の増加を招く。
- タンク壁の板厚が薄いため、タンク外面に設置するディープウエルポンプ支持部及び配管支持部の設計に際しては、海象状況が劣悪な時にも、これらの個所に有害な変形を生じないように考慮する。

## 1・2 円筒タンク

円筒形圧力容器を用いる場合、船体形状はより有効に活用される。しかし、所要運送圧力及び円筒直径にもよるが、工作上の問題解消のため、比較的薄いタンク壁が必要となる。この板厚の制限から特定の使用圧力に於いて可能なタンク容積が制限される。

球形と比較した場合、円筒タンクは同一直径を保ちながらタンク長さを延長できるので、増大する貨物運送量を考える場合有利である。しかし、このこともタンクを船に据え付けることを考えれば必ずから制限のある利点である。

## 1・3 双胴タンク

双胴タンクの主な利点は、船体形状にかなりよくマッチできることと、球形タンクに比べより低い重心位置が確保できることにある。

円筒タンクと比較した場合、双胴タンクの設計手法には、第3の寸法可変要素が存在している。即ち、直径と長さの変化のみならず、各胴の中心間距離を変化させることによりタンク全体の幅を変化させることができる。これにより、船体の長さ/幅の比の設定が楽になる。

\* H. Backhaus and R. Ölschläger  
LGA Gastechnik GmbH, Remagen-  
Rolandseck, West Germany

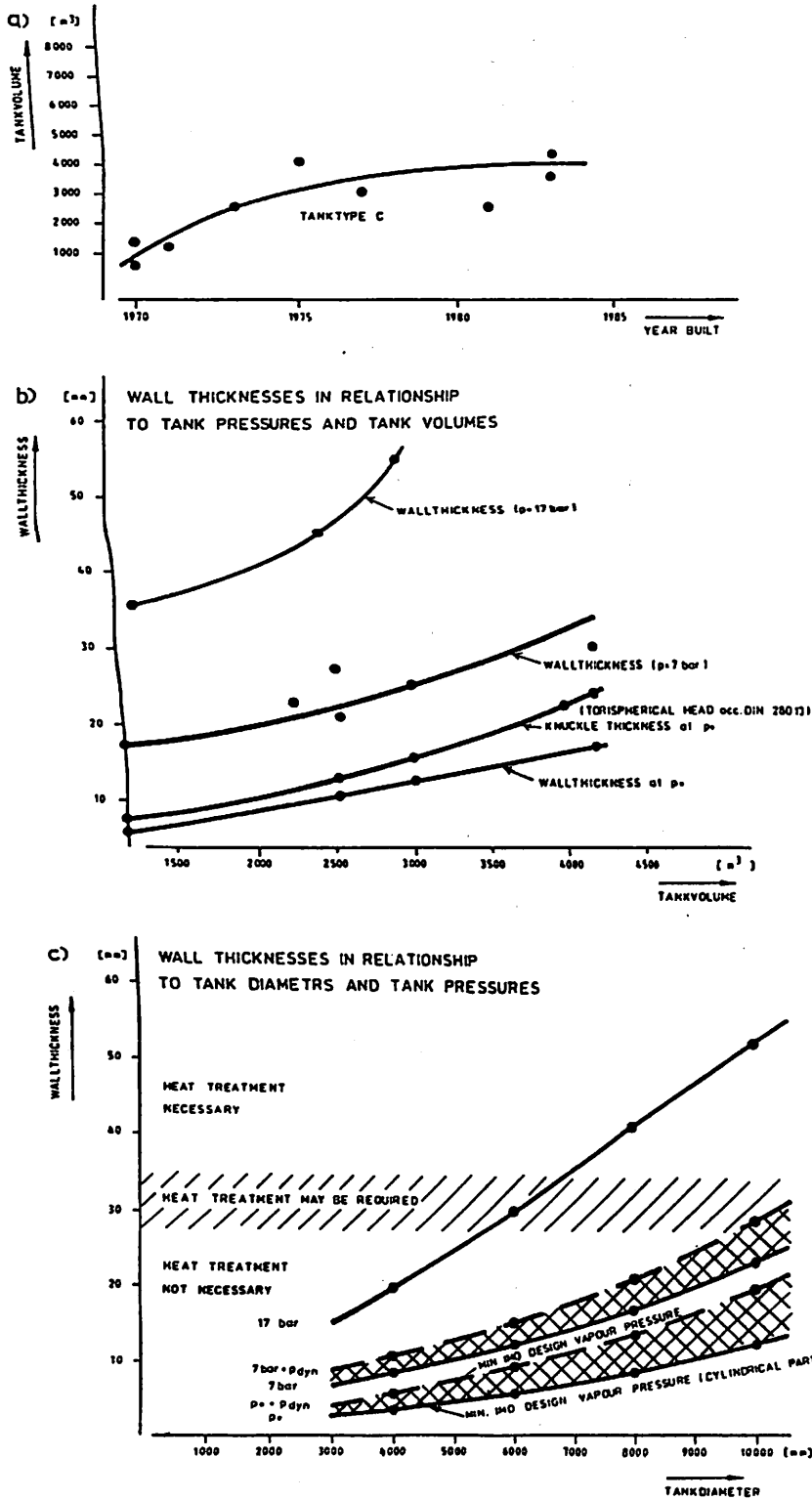


図1 液化ガス/ケミカル運搬船のタンク容積及びタンク板厚の傾向

特定圧力を有する多量の貨物に対しては、双胴タンクは、円筒タンクよりも薄いタンク壁とすることができる。しかしながら、この場合の最大容積は、4,000 m³を少し上回る程度である。

図1の(b)に示すように、タンクの板厚は容積に比例して増大している。図1の(c)では、タンク直径と関連するタンク板厚とタンク圧力（IMOベース）が急激に上昇し、工作の複雑さならびに熱処理を必要とする事態に至ることを示している。

圧力、各胴の直径、両胴の中心間距離等の要素の関係は、タンクの板厚をある一定値以下に保持し、且つ、熱処理さえも行わないで済むようにすることを常に念頭に入れて検討すべきである。

従って、過去に於いては双胴タンクの容積には飛躍的な増加はなく、また、将来に於いても、それは望むべくもない。尚、タンクと船体設計とのマッチングを考えるとときには、正常時/損傷時復原性の確保が重要な要素であることにも注意しなければならない。

1・4 多胴タンク

特定の圧力とタンク板厚の下に於いては、双胴タンクの寸法はある一定の値を超えることはできないことを考慮し、LGAは新形式のタンクを開発することになった。ここでは、タンクの幅と長さの他に高さ方向の寸法にも自由度を持たせることが計画された。

IMO規則をベースに30,000 $\text{m}^3$ 型船を設計・開発するに当たり、4タンク（即ち、各タンク約7,500 $\text{m}^3$ 容積）を有する方式が必要であることが判った。

図2に示されるように、船体形状からして最船首部のタンクは、比較的小さな円筒タンクとせざるを得なかった。従って、船体中央部の3つのタンクは、寸法を大きくして、各タンクは少なくとも8,500 $\text{m}^3$ の容積となるように計画した。

タンク寸法及びタンク長さに関する前述の制限から、タンク容積を増加するには、先ず、円筒タンクの幅または高さのいずれを増加させることがよいかを検討された。幅を増やすには、図3(a)に示す配置が考えられた。従来形の双胴タンクに代わり、我々は3つの円筒を一列に並べることを考えた。

一方、3番目の円筒を図3(b)に示すように、2つの円筒上に配置することが考えられた。これは、高さ方向並

びに幅方向を同時に活用したことになる。LGAから提案された、このタンク形状を以下に詳細に説明する。

## 2. 3胴タンク

### 2・1 タンク設計データ

#### (1) 設計圧力

タンク及びガスシステムは、エチレン、エタン、LPG及びアンモニアの運送用に設計された。下表の値がGL/IMO/USCG規格適用時に用いられるタンクの最小設計圧力( $p_0$ )である。

タンク	GL/IMO $p_0$ (bars)		USCG $p_0$ (bars)	
	エチレン	アンモニア	エチレン	アンモニア
1	4.030	4.671	3.145	3.502
2~4	4.305	5.000	3.300	3.688

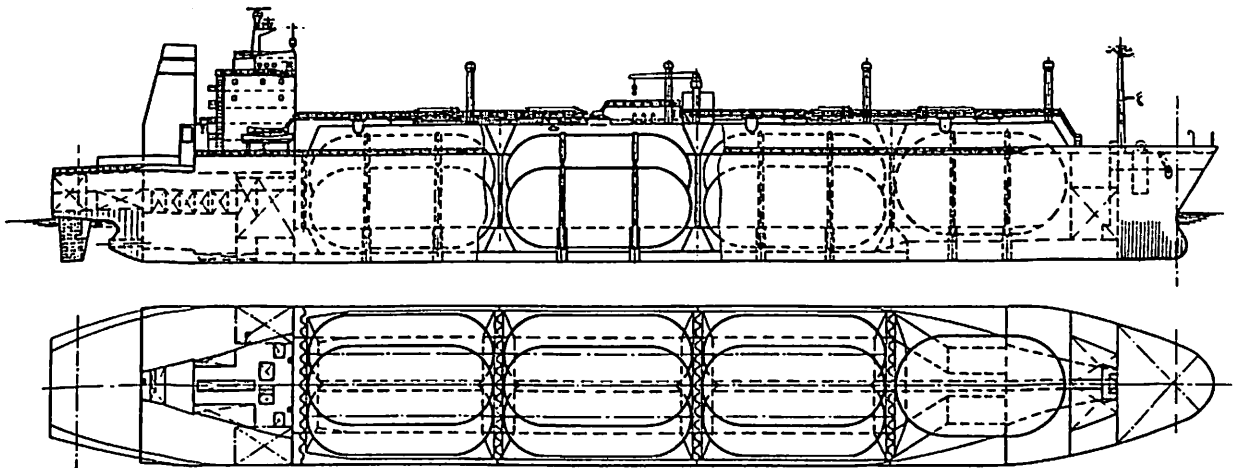


図2 30,000 $\text{m}^3$ 型エチレン運搬船一般配置図(垂線間長175.00m、型幅27.00m)

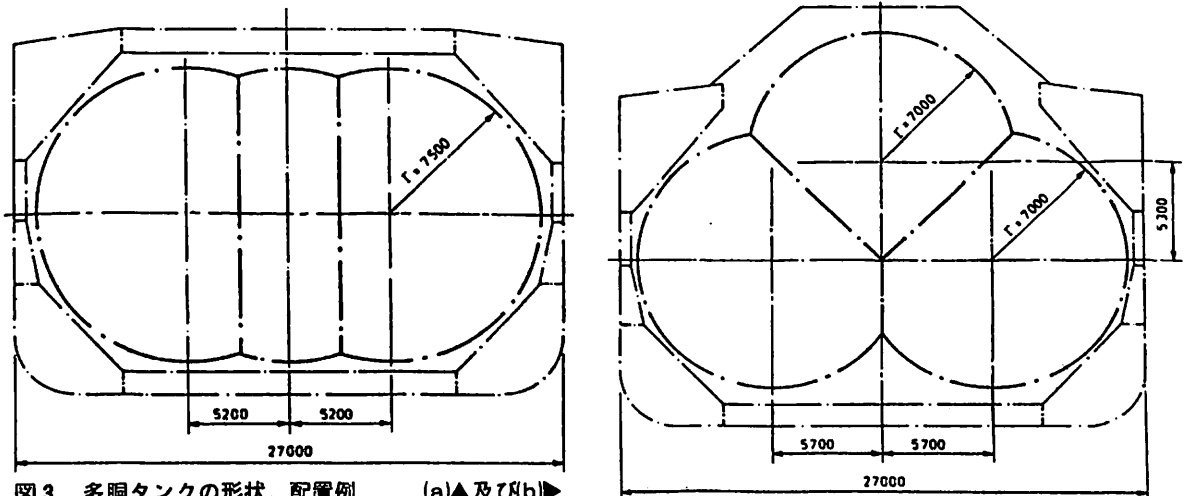


図3 多胴タンクの形状、配置例 (a)▲及び(b)▶



(2) オペレーションに関するデータ

- 大気圧下の最低使用温度 : -104°C(169 K)
- 最大ガス圧 (エチレン, GL/IMO) : 4.3 bars
- “ (LPG, GL/IMO) : 5.0 bars
- “ (エチレン, USCG) : 3.300 bars
- “ (LPG, USCG) : 3.688 bars
- 空タンク時の最大圧力 : 0.25 bars
- 最大許容外圧 : 0.3 bars

(3) タンクに関するデータ

2つの方式のタンクを同一船に搭載した場合のタンク容積及びタンク自重の比較を次表に示す。

	推定容積 (m <sup>3</sup> )		推定自重 (t)	
	並列式 (Multilobe)	積上式 (Trilobe)	並列式 (Multilobe)	積上式 (Trilobe)
タンク 1	4,900	4,900	190	190
タンク 2	8,200	9,200	300	400
タンク 3	8,200	9,200	300	400
タンク 4	8,200	9,200	300	400
計	29,500	32,500	1,090	1,390

これにより、水平方向に3つの円筒を並べた方式の3胴タンク (multilobe) では、合計 29,500 m<sup>3</sup> の容積しか

積載できないが、3番目の円筒を積上げた LGA 開発方式の 3 胴タンク (Trilobe) は、さらに 10% 程の増加が可能であり、約 32,500 m<sup>3</sup> の合計容積となることがわかる。

2・2 LGA 開発の Trilobe 式 3 胴タンクの特徴

本方式は、平行な 3 つの円筒により構成され、そのうち 2 つの円筒が底部に、1 つがその上に配置された形となる。鏡板は半球形が採用された。その理由は当然ながら、この形状が他の形状に比較して最も薄い板厚となるからである。工作を容易にするため各円筒は全て同一直径としている。

(1) タンク支持構造

各タンクは、図 4 に示すように、それぞれ船長方向に配置された 2 つの受け台に支持され、前後の受け台ともに同一荷重を受け持つように配置されている。船尾側の支持台は固定ベアリングであり、船首側は滑りベアリングとなっている。タンクの下向き荷重は、木製ブロックを介して船体構造に伝達される。

タンクは、移動防止並びに衝突・動揺による船長方向の荷重に耐えるように設計されている。船尾側の受け台 (固定) は、タンクが船長方向に移動することを防止する。

(2) タンク機装品

各タンクには、次のものが装備される。

- 1) 全てのプロセス用及び安全用接続部を取り付けることのできるドーム (1 個 / 1 タンク)
- 2) サブマージドポンプ用のドーム (2 個 / 1 タンク)

下側の 2 胴の各胴に夫々 1 台の貨物ポンプを配置する。ポンプは LPG およびエチレン用に特別設計されたものである。

タンク形状により、ポンプの配置には次の 2 案が考えられた。

- 1) 垂直設置 (図 5 参照)

垂直に設置することは、次の長所・短所がある。

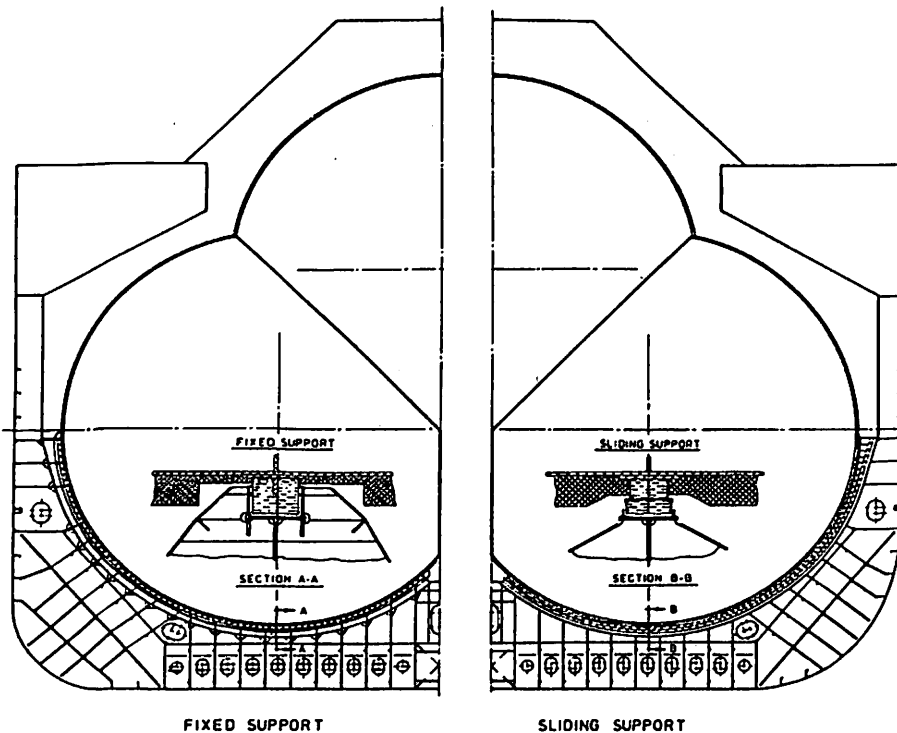


図 4 3 胴タンク支持構造

### 〈長所〉

- ・取付け、位置決め及び芯出しが容易となる。
- ・組立、取外しが単純である。

### 〈短所〉

- ・ポンプドームが比較的長くなる。
- ・船体のトランクデッキを貫通するため、船体縦強度に影響を与える。

### 2) 傾斜設置

傾斜設置には、次の長所・短所があることが判明した。

### 〈長所〉

- ・垂直設置に比べポンプ接続ピースの長さを減少できる。
- ・上甲板のみに開口が設けられる。

### 〈短所〉

- ・取付け・取外し・位置決め等が難しい。
- ・傾斜ポンプの作動実績が不足している。
- ・ベアリング及びガスケットが特別設計となる。
- ・振動（特にポンプ・シャフト周り）に対し弱い。

両者を比較し、エンジニアリングの立場から検討した結果、垂直設置の方が優れていると判断された。

### (3) タンク防熱

3 胴タンクの防熱は、タンク壁に直接施工される。これは、従来の双胴タンクでの実績と比較しても何ら問題は無いパネルタイプ防熱材が選定され、全厚さを2層で構成する。

タンクに接触する防熱層は、予め組立てられた状態の硬質フォームと弾性フォームにより構成される。弾性パネルの目的は、タンク膨張、収縮を吸収することである。2 層目の外表面はアルミシールにより気密が保たれる。2 層目もパネル方式であるが、パネルの突合せ継手部は、一層目のものと位置がずらされている。

### 3. 再液化装置

液化ガス船マーケットからの船の多用途化に対する要求の増加に答えるため、LAGにより開発されたタンカーは、four-grade System と称するシステムを備えている。これは、各タンクが独立の管系統を有し、夫々のマニホールド部にて接続可能とするものである。これにより本船は、同時に4種類の異なった貨物を積載することができる。

また、接続システムにより、2つ以上のタンクを1つのシステムとしてまとめることができる。このような状況下では、再液化装置も、自ずと全ての想定されるケースに対応可能なものでなければならない。そのためには、概略、次に示すような要件が必要となる。

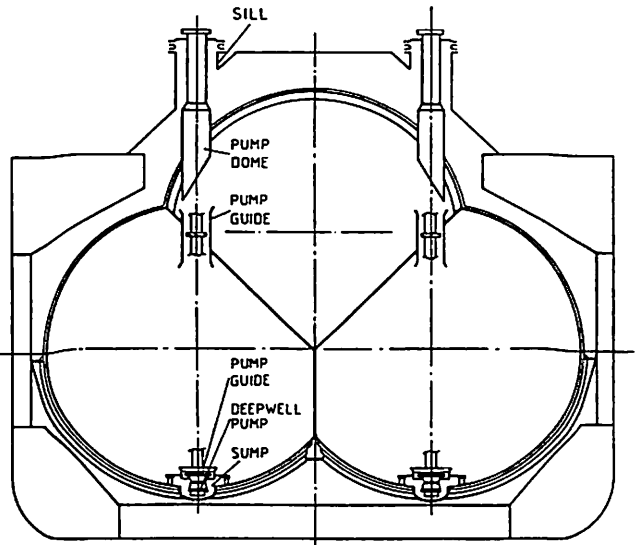


図5 3 胴タンク内の貨物ポンプ配置（垂直設置形）

- 1) エチレン及びその他の極低温貨物を $-104^{\circ}\text{C}$ 及び相当タンク圧にて運送する場合、その積荷プロセスに於いて正確な制御が可能であること。
- 2) 貨物の圧力を設定値内に保持できること。異なる貨物が3つのシステムを使用することにより冷却された状態で運送できること。（貨物の1つは、常温貨物となる。）
- 3) 航海中、貨物の圧力/温度を顧客の要求する揚荷状態にまで制御できること。
- 4) 揚荷中、タンク内を最低圧力に維持できること。
- 5) 再液化装置全体、または、その一部は貨物の変更に十分対応できるように設計されていること。

### 4. 結 言

LAGは、将来の液化ガス貨物の動向を考慮して、より多くの貨物スペースを確保することができる新しいタイプのエチレン船を開発した。LAGの開発した所謂3 胴タンク (Trilobe) は、球形及び円筒形に比較しても船体寸法の選定に高い自由度を与える。ここで提案された30,000 $\text{m}^3$ 型船(半加圧半冷凍式)は、完全冷却式船に比べ非常にフレキシブルに多種の貨物に対応できるといえる。

なお、タンク支持構造の計算は、実績のある従来の双胴タンクの手法と同一の手法を用いて評価している。

(本稿はGASTECH 84論文集より抜粋・抄訳した)

# Calculation of Ship Viscous Resistance and Its Application

永松 哲郎\*

## 1. はじめに

より多くの貨物をより少ない燃料でより速く運ぶことが経済性の優れた、すなわち、推進性能の優れた船型であり、このような船型の開発は最近の特に重要な研究課題のひとつである。推進性能の優れた船型とは、船体抵抗が小さく、推進効率が大きい船型のことである。船体抵抗は波抵抗と粘性抵抗に大別されるが、最近の船舶は省エネルギーの観点から低速運行しており、このような船舶では船体抵抗の大部分が粘性抵抗で占められている。

特に、いわゆる肥形船では全抵抗の90~95%以上が粘性抵抗である。従って、このような船舶では粘性抵抗をいかに小さくするかが船型計画上の重要なポイントとなるが、そのためには粘性抵抗の物理的性質や船体形状との相関についての知識が必要となってくる。

船の粘性抵抗は船体表面に作用する摩擦応力による摩擦抵抗と、船尾付近の圧力上昇が妨げられることによって生じる粘性圧力抵抗の2成分からなっているが、従来の実験的研究では、これらの抵抗成分が船体のどの部分で、どのような過程で、どの程度の大きさかという分析的な情報が得られず、従って、粘性抵抗と局所的な船体形状との関係を把握するのが困難であった。

一方、理論計算では、応力計算の定式化により粘性抵抗の定性的な理解ができ、また計算結果から摩擦応力や圧力の分布が得られるので、各抵抗成分の割合や船体形状との相関を明らかにすることができる。しかしながら従来の理論的研究では、境界層計算による摩擦抵抗の推定はできても、船体形状との相関が強い粘性圧力抵抗の推定は殆んど不可能であった。

本研究では、船の初期設計や船型改良への実際的な利用を念頭に置いて、粘性圧力抵抗が特に大きな肥形船を対象に、粘性圧力抵抗と密接な関係がある船尾の流れの特性を考慮した高次境界層理論を展開して、摩擦抵抗のみならず粘性圧力抵抗をも計算する方法を開発した。そして、計算結果を実験結果と比較して、その妥当性を確認し、更に船型設計への応用について試みたものである。

## 2. 粘性抵抗の計算法

船の粘性抵抗を計算するためには、まず船の周りの粘性流の計算をしなければならない。船のような高レイノルズ数の流れでは、粘性の影響は船体表面近くの薄い層、すなわち境界層に限定され、その外側は粘性のないポテ

ンシャル流として取り扱われている。

しかしながら、船尾付近では境界層は急激に厚くなるため、従来の境界層理論では適合できず、計算結果と実験結果の一致は良くない。そこで本研究では、肥形船型の模型船船尾周りの詳細な流場計測を実施して、それに基づいた新しい境界層方程式を導いた。

その主な特徴は、

- (1) 境界層内の圧力変化、
- (2) 境界層と外部ポテンシャル流との相互干渉を考慮していることである。

この新しい境界層計算から船体の各部分における摩擦応力と圧力が得られるので、それらを船体の全表面について積分するとそれぞれ摩擦抵抗と圧力抵抗（造波抵抗も圧力抵抗の一種であるから、これと区別するために粘性圧力抵抗と一般に呼ばれている）が求められる。

粘性圧力抵抗は粘性のないと仮定したポテンシャル流場における圧力 $P_0$ が境界層の存在によって変化したために生じるものと考えることができる。そこで本計算法では、境界層計算から得られた圧力 $P_w$ と $P_0$ の差を粘性圧力抵抗成分として、これを船体全表面について積分して粘性圧力抵抗を求めている。ただし、境界層計算が発散した位置より後方については、実験結果を参考にして、各流線について $(P_0 - P_w)$ が一定と仮定している。

このように、摩擦抵抗と粘性圧力抵抗を別々に、しかも、それぞれは摩擦応力と粘性圧力抵抗成分を積分して求めているので、船体のどの部分で摩擦抵抗或いは粘性圧力抵抗が大きいかが分る。従って、船型改良のための指針が得られ易い。これが本計算法の特徴のひとつである。

## 3. 粘性抵抗計算法の応用例

### 3・1 船尾フレームラインと粘性抵抗

船の粘性抵抗は船尾のフレームラインと密接な相関があり、しかも実際の船型計画においてはフレームラインを種々変更することが多い。この時、フレームラインの変更による粘性抵抗の変化を理論計算で正しく推定できると船型計画に益するところが大きい。

そこで、本計算法の適用性を調べるために、船体前半部は同一で船尾のフレームラインが若干異なる2隻のタンカー船型 Ship - B と Ship - C について粘性抵抗の計算を行った。図1に Body Plan の比較を示す。



表1 form factor の比較

	Ship-B	Ship-C
$K_{exp}$	0.425	0.358
$K_{cal}$	0.565	0.417
$K_F$	0.078	0.104
$K_P$	0.487	0.313

粘性抵抗は通常form factor  $K$  で評価されるので、表1にform factor の計算値  $K_{cal}$  と実験値  $K_{exp}$  の比較を示す。計算値の方が若干大きい相対的な大小関係は一致している。同表の  $K_F$  はform factor の摩擦抵抗成分、 $K_P$  は粘性圧力抵抗成分を示しているが、両船型の  $K_F$  の差は小さく、 $K_P$  の差は大きい。すなわち Ship-B は粘性圧力抵抗が大きいことが分る。S.S. 1のフレームラインに沿って粘性圧力抵抗成分の分布を比較して図2に示す。これよりShip-Bの方がビルジ部から船側にかけて粘性圧力抵抗が大きくなっていることが分るから、船型改良すべき部分が明らかとなり、効果的な対策が可能となる。

3・2 船型数式表示法とその粘性抵抗計画への応用  
初期設計の段階で船型計画を行う場合を考えると、計画船に対して適当なタイプシップを選定し、それをベースに主要目比や横断面積曲線、フレームライン等を系統的に変えて、推進性能やプロペラ起振力等の検討が行われる。

このような検討項目のひとつとして、船体周りの境界層や粘性抵抗の計算を行うとき、上記した系統的な船型変更を手軽に行うために、exponential spline を利用した船型数式表示法を導いた。

exponential spline とは、既知の離散点間を指数関数を含む、2次微分まで連続な関数で近似するものである。船体形状は各 Square station におけるフレームラインと、フレームラインをほぼ等分割した点を船長方向に結んだ線をそれぞれexponential spline で表示した。

このようにしてタイプシップの船体形状が表示されると主要目比や横断面積曲線の系統的船型変更が容易になる。本研究では1例として、 $B/d = 2.25, 2.60, 3.00$  の  $B/d$  シリーズ船型を創り、それらについて粘性抵抗の計算を行った。そして、この船型では  $B/d$  が大きいほどform factor が大きくなること、そしてそれは粘性圧力抵抗の増加が主であることを示した。

3・3 粘性抵抗極小船型の計画

理論計算によって、ある設計条件のもとで粘性抵抗が極小となる形状を求めることは船型計画をする上で大変有益である。そこで、非線型計画法と呼ばれる最適化手

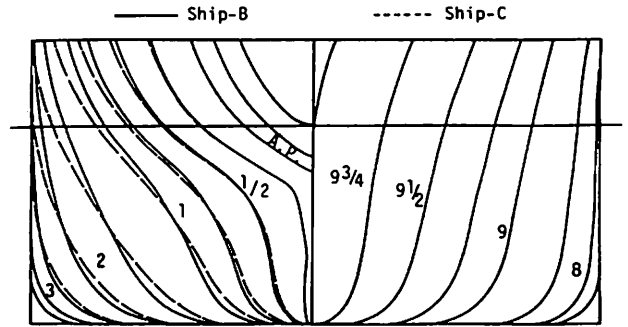


図1 Body plan の比較

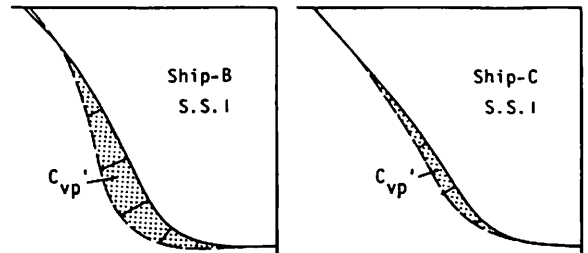


図2 粘性圧力抵抗成分の比較

法と粘性抵抗計算法を組み合わせ、ある拘束条件のもとで粘性抵抗極小形状を求める試みをした。

ただし、非線型計画法では非常に多くの船型について粘性抵抗の計算をするから、計算時間と費用の低減を図るために、船型間の定性的な優劣を判定しうる程度に粘性抵抗の計算法を簡略化した。

まず、2次元形状について、レイノルズ数  $R_n$  が  $10^6$  と  $10^7$  の時の粘性抵抗極小形状を求めた。その結果、 $R_n = 10^6$  の時は流線形の翼型が、 $R_n = 10^7$  の時は層流翼型が得られ、本計算法の妥当性が確かめられた。次に、肥形船型を対象に、主要目や排水量等を一定として粘性抵抗が極小となる船型を求めた。

4. おわりに

近年、省エネルギー船、すなわち推進性能の優れた船型の開発が益々重要な研究課題となっている。本研究では、船体抵抗の主要な成分である粘性抵抗の実用的な計算法を開発し、そして、それが粘性抵抗の小さな船型を設計するうえで有効な手段となり得ることを示した。

しかしながら、推進性能は粘性抵抗のみならず、造波抵抗や推進効率にも深く関係しているので、単に粘性抵抗が小さい船型が推進性能もベストということにならない。

今後は船体抵抗と推進効率の双方を考慮して、真に推進性能の優れた船型を開発する手段へと研究を進展させることが大切と考える。

(\* 三菱重工業(株) 長崎研究所)

## 半潜水式海洋構造物の転覆機構に関する一考察

宝田直之助\*・中嶋俊夫\*\*・井上隆一\*\*

### 1. まえがき

半潜水式海洋構造物は、波浪強制力に対する応答が小さいこと、復原力が小さく動揺の固有周期が波の平均周期に対し十分長いために波との同調を避けることができること等から、波浪中の動揺性能が優れている。しかし、反面復原力が小さいことは、風圧力、潮流力等の定常力により容易に大変位、大傾斜が惹き起これることを意味する。このような構造物に対して、現行の復原性規則のあるものでは、風圧エネルギーの1.3倍以上の復原エネルギーを持つことを要求している。潮流力は風圧力に釣り合う水面下の抗力として付随的に取扱われており、また波浪外力および動揺などの動的影響は、復原エネルギーの余裕率として考慮されているものと思われる。本論文では、半潜水式海洋構造物のローハル部分に働く上向きの波浪定常力による定常転倒モーメントが安定性、復原性上重要なこと、現行の復原性規則を満足しても、複合外力下に係留された場合に、転覆に至る可能性のある危険状態に陥ることを実験的、理論的に示した。さらに、この危険状態の発生を防止するための、 $\overline{GM}$ 値の設定法とその適用例を示した。

### 2. 半潜水式海洋構造物に働く波の定常転倒モーメント

水面下のローハルには、波浪中で没水深度に依存する上向きの定常力が働く。この為に、一旦傾斜すれば、各ローハルの没水深度に差が生じ、この上向きの定常力の相違による定常転倒モーメントが発生する。図1に示すような半潜水式海洋構造物に働く波の定常転倒モーメントの模型実験結果の例を定常傾斜角に対して図2に示す。定常傾斜が波下側から波上側5°前後までの範囲では波下側へ傾斜させるモーメントであり、波上側に約5°以上になると波上側へ傾斜させるモーメントになる。図2で、全定常転倒モーメント( $M_H$ )から直立状態にお

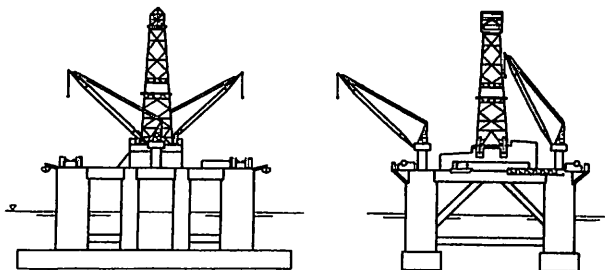


図1 半潜水式海洋構造物

ける定常転倒モーメント( $M_D$ )を差し引いた残りのモーメント( $M_L$ )とすると、これがローハルに働く上向きの定常力による定常転倒モーメントと考えられる。この際、 $M_D$ は、波漂流力によるモーメントと考え、かつ波漂流力及びそのモーメントは定常傾斜角に依存しないと仮定している。これは、実験的に裏づけられ、かつ $M_L$ は、ローハルに働く上下方向定常力の理論計算結果から求めた値とよく一致する事が確かめられた。

### 3. 複合外力下におけるシミュレーション計算

図1に示す構造物を8点で係留した場合の定常傾斜をシミュレーションで計算した。図3は、構造物側での係留位置(重心からの高さ)を変えた場合の例で、 $\lambda/L$ ( $\lambda$ :波長、 $L$ :ローハル長さ)ベースで示す。図中のCal(A)は、ローハルに働く上下方向定常力によるモーメント $M_L$ を考慮した場合、Cal(B)は考慮しない場合の結果である。これより、ローハルに働く上下方向定常力が無視できない事、係留位置が重要である事が理解できる。

次に、風、潮流、波が複合した場合の結果の一例を図

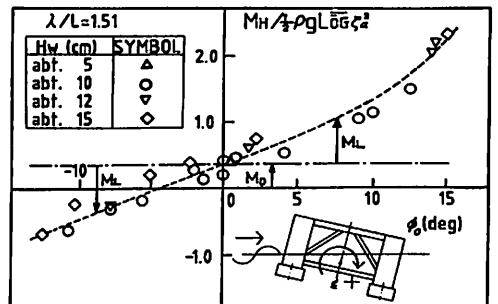


図2 波の定常転倒モーメント

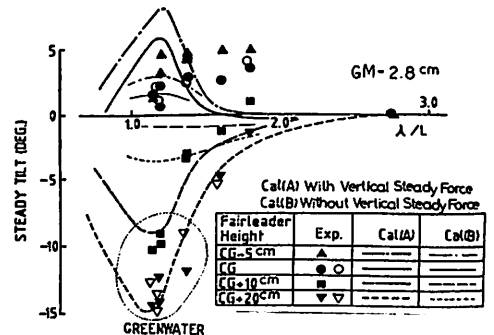


図3 規則波中での定常傾斜

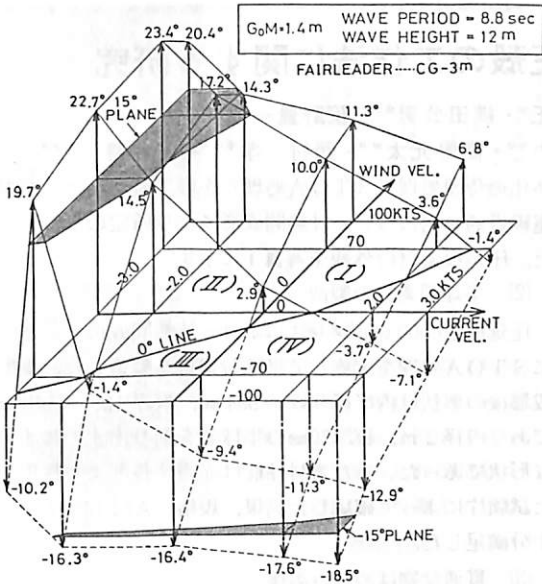


図4 複合外力下での定常傾斜のシミュレーション計算結果

4に3次的に示す。係留位置は、重心より3m下で構造物は現行の復原性規則を一応満足している。波に対して風が順方向、潮流が逆方向の第II象限では波下側に、風が逆方向、潮流が順方向の第IV象限では波上側に15°以上大傾斜することがわかる。定常傾斜が15°を越えると、波が上甲板下を打ちついたり、上甲板上に打ち込むような危険な状態に陥ることになる。

4. 大傾斜防止のための最小GM値の設定法及び適用例

現行の復原性規則では、係留状態で種々の外力を考慮することが十分にされていない為に、危険状態に陥る可能性があることがわかった。したがって、危険を防止するには考えられる外力を網羅し、その複合外力下で定常傾斜を許容限界傾斜角 $\phi_0$ 内におさえる最小 $\overline{GM}_r$ を求めることが有用であろう。垂直舷側船、喫水変化なし等の仮定の下に、 $\overline{GM}_r$ は、次式で求められる。

$$\overline{GM}_r(\phi_0) = \overline{GM}_0(\phi_0) + \sum_{i=1}^4 \Delta \overline{GM}_i(\phi_0) \quad (1)$$

ここで

$$\overline{GM}_0(\phi_0) = \{ \overline{M}_0(\phi_0) / W \} F(\phi_0) - (BM/2)G(\phi_0) \quad (2)$$

$$\Delta \overline{GM}_i(\phi_0) = \{ \overline{M}_i(\phi_0) / W \} F(\phi_0) \quad (3)$$

また、復原及び転倒モーメントの釣合から静復原てこにより $\overline{GM}_r$ を求める場合と、復原及び転倒エネルギーの釣合から動復原てこにより $\overline{GM}_r$ を求める場合とで、 $\overline{M}_i$ などはそれぞれ次のように表される。

〔静復原てこ〕      〔動復原てこ〕

転倒モーメント      転倒エネルギー

$$\overline{M}_i(\phi_0) : \quad M_i(\phi_0) \quad \int_0^{\phi_0} M_i(\phi) d\phi$$

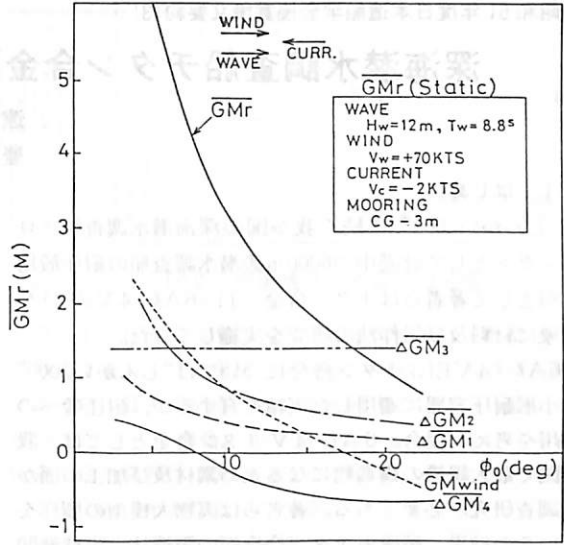


図5 限界傾斜角に対する $\overline{GM}_r$ の変化(静復原てこ)

$$F(\phi_0) : \quad 1/\sin\phi_0 \quad 1/(1-\cos\phi_0)$$

$$G(\phi_0) : \quad \tan^2\phi_0 \quad (1-\cos\phi_0)/\cos\phi_0$$

$\overline{GM}_0$ は、基本となる転倒モーメント(エネルギー)で従来最も重視される風荷重を考え、その他の外力は、修正値 $\Delta \overline{GM}_i$ として $\overline{GM}_0$ に加算することにより $\overline{GM}_r$ が求められる。図5は、図1に示す構造物に対し、風速70ノット、潮流-2ノット、風と同方向に進む波(波高12m、周期8.8秒)を考えた場合の $\overline{GM}_r$ (静復原てこの場合)である、この時の係留位置は、重心より3m下である。同図より、許容限界傾斜角15°とすると、 $\overline{GM}_r$ は、約1.9mとなる。同図中の $\Delta \overline{GM}_i$ の $i=1, 2, 3, 4$ はそれぞれ、潮流、 $M_D$ 、 $M_L$ 及び係留反力によるものを表わしており、それぞれの要因の $\overline{GM}_r$ に対する影響の度合いがよくわかる。

5. あとがき

半潜式海洋構造物の復原性に関し、係留状態において各種の外力を考慮する必要のある事を中心に述べた。さらに、安全性確保のための最小GMの設定法を示し、半潜式海洋構造物の設計に関する一つの考え方を提案した。しかし、複雑な外力及び応答、特に過渡的現象を考えるとこの分野の研究は、漸く方法論をさぐり当て、緒についたばかりであるといつてよい。今後益々研究し、経済的で安全な設計手法を確立してその特徴を活用することが望まれる。

- (\* 住友重機械工業(株)平塚研究所 (研究時))
- \*\* 住友重機械工業(株)平塚研究所



# 深海潜水調査船チタン合金耐圧殻の工作法に関する研究

遠藤倫正\*・横田公男\*\*・笹野亘一郎\*\*

豊原 力\*\*・高野元太\*\*・西村 孝\*\*\*・安井健一\*\*\*

## 1. はじめに

“しんかい2000”に続く我が国の深海潜水調査船プロジェクトとして計画中の6000m級潜水調査船の耐圧殻用材料として著者らはチタン合金(Ti-6Al-4VELI)を対象に材料及び工作法の研究を実施してきた。

6Al-4VELIチタン合金については“しんかい2000”の小形耐圧容器に適用した実績を有するが、耐圧殻への適用を考えた場合、6Al-4Vチタン合金としては、我が国で最大規模の構造物になるため素材及び加工の面から調査研究が必要である。著者らは実物大模型の製作を行いその結果、超厚板チタン合金板の製造法、半球熱間成形法、熱処理、電子ビーム溶接法、三次元機械加工法等の工作法を確立することができた。

さらに実物大模型を解体し各部の材料特性及び残留応力を調査することにより、本研究による工作法で製造されたチタン合金製球殻が深海潜水調査船の耐圧殻としての要求性能を満足することを確認し、チタン合金製耐圧球殻の実用化への見通しを得た。

## 2. 実物大模型の製作

実物大模型の形状を図1に示す。実物大模型は内径2m、最終板厚70mmの実機の耐圧殻を模擬したものであり、半球(N半球)及び赤道リング(赤道継手部)には6Al-4Vチタン合金を赤道継手部を除く半球(S半球)には工業用純チタンを使用した。N半球には視窓貫通金物(直径500mm)2個、電線貫通金物(直径800mm)1個及びハッチ開口(直径500mm)1個を設けた。

### (1) 素材の製造

N半球用圧延板は真空溶解により9tonインゴットを素材厚115mmまで鍛造、圧延し製造した。また赤道リング及び貫通金物用素材は5tonインゴットより鍛造、溶

体化過時硬処理(STOA処理)を経て製造した。なお電線貫通金物については熱間成形により所定の形状とした。圧延板素材の外観を写真1に示す。

### (2) 半球殻素材の製造

圧延板を8000tonプレスにより一体熱間成形し、さらにSTOA処理を実施して半球殻素材を製造した。熱間成形後の形状は内半径968~994mm、板厚105~140mmであり内径2m、板厚70mmの半球殻を削り出すのに十分な形状であった。また素材性能は赤道余長部より採取した試験片によって確認した結果、規格(AMS4907C)を十分満足した。

### (3) 貫通金物はめ込み溶接

N半球に粗加工を実施した後、貫通金物用穴明け及び貫通金物の電子ビーム溶接を実施した。電子ビーム溶接装置は45kWタイプを使用し、半球を回転させながら下向姿勢で実施した。このとき同一条件で試験板を溶接し継手性能について確認したが母材の引張強度を十分満足する良好な結果が得られた。溶接完了後残留応力解放のため溶接後熱処理を実施した。

### (4) 半球精密加工

赤道部を除き内外面に対して三次元機械加工法により精密加工を実施した。本法の適用により貫通金物溶接後に機械加工を行い溶接による歪が残存するのを防止することができほぼ真球に近い半球を加工することができた。

### (5) 赤道溶接及び最終仕上げ加工

赤道リングのついたS半球とN半球を電子ビーム溶接法によって接合した。赤道溶接は横向姿勢で球殻を回転させて実施した。赤道溶接についても試験板による確認試験を行い母材の引張強度を満足することを確認した。赤道溶接完了後、溶接後熱処理及び赤道部の最終仕上げ加工を実施した。

### (6) 溶接部非破壊試験及び形状計測

各溶接継手についてRT(放射線透過試験)、UT(超音波探傷試験)、PT(浸透探傷試験)を実施した。貫通金物はめ込み継手は、PT及びRTもすべて合格であり表面及び内部健全性が確認された。また、最終形状計測における真球度は1.003以内であり“しんかい2000”の1.062と比較すると極めて良好な形状が得られた。実物大模型の外観を写真2に示す。

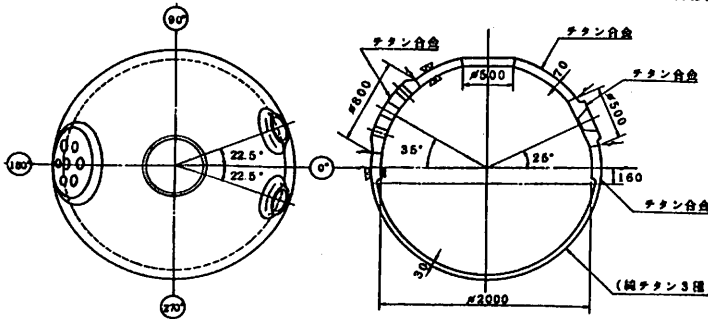


図1 実物大模型の形状

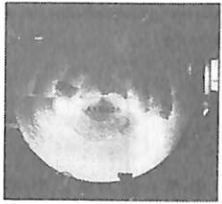


写真1 圧延板素材の外観



写真2 実物大模型の外観

表1 試験項目

位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N半球母材	○	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
赤道貫通金物	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
赤道継手	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
はめ込み継手	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

3. 解体試験

製作した実物大模型を解体しN半球母材、貫通金物、赤道溶接継手及び貫通金物溶接継手より試験片を採取し評価試験を行った。試験項目を表1に示す。また主な試験結果を以下に示す。

(1) 引張特性

N半球母材及び貫通金物より試験片を採取し引張特性を調査した。試験結果は採取方向、採取位置による差は少なくいずれも規格を満足した。溶接金属についても採取位置、溶接始末端による差は少なく引張強さは母材よりも若干高い(95~99kgf/mm<sup>2</sup>)傾向を示した。伸びは母材より若干低い(9~14%)傾向を示したが“しんかい2000”の仕様値の5%を十分満足した。溶接継手については継手引張試験では溶接継手が母材より高い引張強さを有することが確認された。以上の結果、母材及び溶接継手のいずれも良好な引張特性を有することが確認された。

(2) じん性

Ti-6Al-4VELI合金の場合、鉄鋼材料のような低温域での遷移現象は認められないのでシャルピー衝撃試験はAMS等の規格では特に規定されていないが参考のため実施した。試験結果は母材については採取位置及び採取方向による差は少なく、溶接部については、HAZ、Bond、溶接金属の順に若干ではあるがシャルピー吸収エネルギーの低下が認められた。

DT特性については母材、溶接継手ではほぼ同様の傾向でありRAD線図と比較したところ弾塑性破壊の領域にあり脆性破壊の領域にはないことが確認できた。

(3) 応力腐食割れ感受性

応力腐食割れ感受性は母材及び溶接金属についてK<sub>ISCC</sub>値で160 kg·f/mm<sup>3/2</sup>程度であった。K<sub>ISCC</sub>を150 kg·f/mm<sup>3/2</sup>として引張作用応力を残留応力分布(図4)より1/10σ<sub>y</sub>と仮定した場合許容欠陥寸法は530mmであり非破壊試験によって十分検出可能な寸法である。

(4) 低サイクル疲労特性

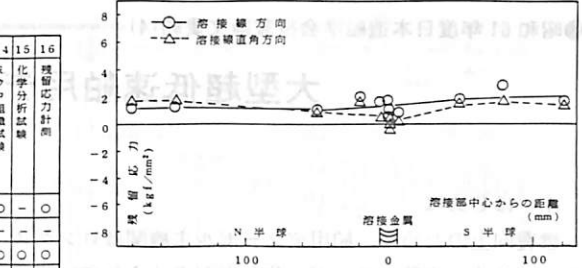


図2 赤道継手の残留応力分布

低サイクル疲労強度は大気中と3.5% NaCl水溶液中で殆ど変わらず、母材と溶接継手においてもほぼ同様であった。最大圧縮応力を0.2%耐力の75%(圧縮歪で0.53%)とした場合、1000回のくり返し数におけるき裂発生全歪範囲は1.75%であり設計値(0.53%)に対して安全側にあることがわかる。

(5) マクロ及びミクロ組織

母材及び溶接継手のマクロ組織はいずれも欠陥のない健全な組織であった。またミクロ組織は母材については等軸αと変態βの混合組織、溶接金属は針状α組織であり特に異常は認められなかった。

(6) 残留応力分布

赤道継手及びはめ込み継手の残留応力を計測した。溶接後熱処理により残留応力の殆どが解放されており3kgf/mm<sup>2</sup>以下であった。図2に赤道継手の残留応力分布を示す。

4. まとめ

“しんかい2000”に続く大深度潜水調査船の計画に対処して6Al-4Vチタン合金製耐圧殻の実用化研究を実施し次の結果が得られた。

- (1) 超厚板チタン合金板の製造技術、熱間成形による半球殻製造技術、熱処理技術、三次元機械加工技術、電子ビーム溶接技術及び非破壊試験技術を確立し、真球度1.003のほぼ真球に近い6Al-4VELIチタン合金製実物大耐圧殻模型を製作することができた。
  - (2) 実物大模型の解体試験により母材部及び溶接部の材料特性及び残留応力分布などについて調査した結果いずれも良好な値であり深海潜水調査船の耐圧殻として所要の性能を満足していることを確認した。
- 以上の結果、大深度潜水調査船耐圧殻へのチタン合金の適用は可能になったと考えられる。

この研究の実施に当り御指導を賜った、山本善之東大名誉教授、佐藤邦彦大阪大学教授、木村啓造工学院大学教授に深く感謝致します。

(\* 東海大学 \*\* 三菱重工業(株) \*\*\* (株)神戸製鋼所)

# 大型超低速船用ディーゼル主機の振動

香川 洗二\*・藤田 一誠\*

## 1. はじめに

燃費向上のために、船用ディーゼル主機関はロングストローク化、少数シリンダー化などが進められている。この結果、機関室長の短縮、保守・点検費用の軽減などの利点がある反面、構造的には背高となり架構の剛性低下をまねくために、起振力増大とあいまって振動上は好ましくない傾向にある。

本論文では主機架構前後振動を機関室二重底との連成振動現象としてとらえ、その振動特性を調査した。また主機前後振動防振対策の効果とその上部構造振動への影響について、さらに主機前後振動起振源としての軸振動特性について検討したので併せてその結果を述べる。

## 2. 主機前後振動の概要とその原因

5気筒主機を搭載した当社建造の8万トンタンカーで海上試運転時、常用回転数近傍において主機架構前後方向に気筒数次165galの振動が発生した。振動状況を図1に示す。実船対策として、ブレーシングの設置などを実施し、応答を50gal以下に低減した。

このように前後方向の振動が問題となってきた原因として次の点が考えられる。

- (1) 機関室構造および主機系の連成振動数の低下。
- (2) 主機起振振動数の急激な低下（少数シリンダー化および常用回転数の低下）。
- (3) 主機起振力の増大（1気筒当りの馬力増大）。

(1)としては、主機の重量増、高さの増加、少数シリンダー化に伴う前後方向の剛性低下などがある。主機架構の振動は、その支持構造である機関室二重底の影響を受

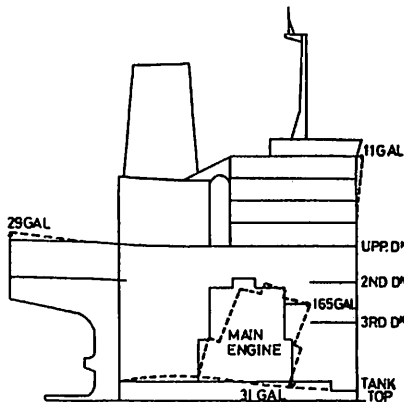


図1 主機前後振動の概要

けるので、主機前後振動を機関室二重底との連成振動現象として検討する必要がある。そこで主機および二重底それぞれ単独のFEM計算結果を用いての連成振動特性の検討にモード合成法を適用した。

主機振動数をパラメータとして計算を行い、主機前後振動の応答について図2に実測と比較して示す。 $\psi$ は主機前後振動応答の大きさを表わすパラメータである。図2に示すように $\psi$ について実測と計算の傾向は良く一致しており、応答特性はほぼ本方法で概略推定することができる。

主機単独の振動数がある程度高くなると振動数を上昇させる効果が小さくなるが振幅低減の効果が認められる。また主機頂部に取り付けたブレーシングの効果は主機の撓み剛性を補強して、主機単独振動数の上昇、応答減少に効果があるものと考えられ、これらは実測の傾向とよく対応している。

従来型主機では常用回転数が比較的高く、一般に多気筒であることが相俟って常用回転数より下方に共振回避していたため気筒数次の振動は問題にならなかったものと思われる。しかし、気筒数が少ない主機では、主機振動数の低下と二重底との連成によって生じる振動が、常用回転数域で起振力の大きい気筒数次の起振振動数と共振し、主機架構に過大な振動を発生したものと思われる。

## 3. 船殻へ伝達された振動

4気筒主機を搭載した当社建造の34,000D/Wトンバルクキャリアにおいてブレーシングによる主機防振対策

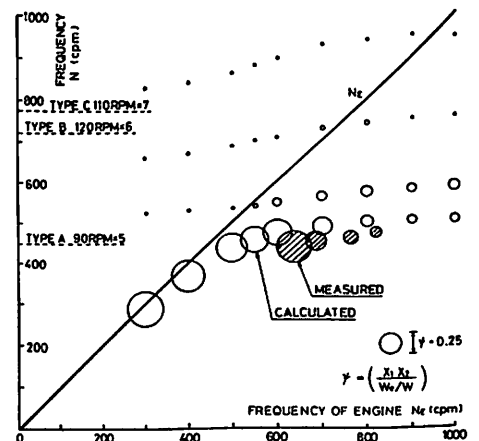


図2 主機振動数と応答の関係



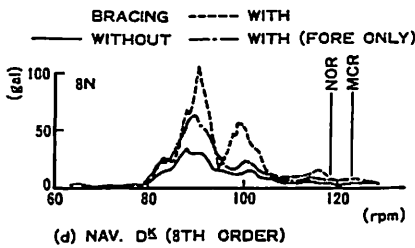


図3 上構へ伝達された振動

を行なった。海上試運転時の計測結果、ブレイシングによる4N成分の主機頂部の応答低減効果を確認した。その時の8次成分について上構の応答曲線を図3に示すが、ブレイシングを装着した場合には、ブレイシングがない状態に比べ、上部構造振動が増加して共振峰が高くなっている。

このうち90rpm(8次成分)の共振峰の原因は720cpm(90rpm×8)に軸捩れ振動の共振点があり、捩れ振動に伴う変動推力に誘起された主機前後振動がブレイシングを介して船体構造へ伝達されたものと考えられる。一方、98rpmの共振峰の原因は、ブレイシングにより主機を含めた船尾部全体の振動特性が変化して生じた連成振動と思われる。

このようにブレイシングの装着状態と船体構造の振動応答とはかなり密接な関係があると思われ、ブレイシングの状態を調節することによって、上部構造の応答を制御できるものと考えられる。本船では具体的な実船対策として、主機のブレイシング装着を前方のみ装着することにして、90rpm(8次成分)および98rpm(8次成分)での上部構造の応答を減少させた。

#### 4. 軸系縦捩れ連成振動とその影響

前章の4気筒機関船について軸の縦捩れ連成振動計算を行い、実船計測結果と比較して主機架構を励振する軸振動特性について調べた。

軸系の捩れ振動に伴い、縦振動が生じることは、時に実船で経験されるが、本船でも図4に示すように捩れ振動に伴い縦振幅が計測されている。このような現象は、ディーゼル船ではクランクローの構造特性が原因として説明されている。また、タービン船では、プロペラ流体反力の影響が挙げられている。

プロペラからクランク軸先端までの軸系を連続な屈曲した梁構造にモデル化した。軸系縦捩れ連成振動計算より得られた固有振動特性を用いてプロペラ起振力および主機起振力による応答計算を実施した。図4に示したように、軸縦振動と軸捩れ振動の連成状況は軸振動応答計

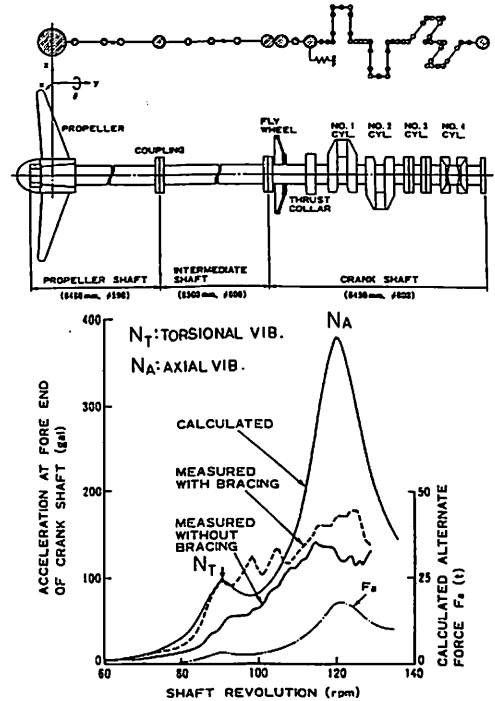


図4 軸振動応答の実測と計算の比較

算からも確認され、計算結果ほど明確でないが実測でも同様の現象が計測されている。

軸系の縦捩れ連成振動計算によれば、軸前後方向の振動慣性力が、変動推力として、推力軸受台に作用している。この力は軸共振点で極大値を示す他、軸回転数と共に増加している。最近の少数気筒機関のように、常用域近くに、主機前後振動共振点がある場合には、この変動推力が、前後起振力となって主機振動を誘起しているものと考えられる。従って常用回転域からの主機振動数の共振回避が大切である。この共振回避が不十分な場合には、軸振動による変動推力を小さくするために軸系の振動数を常用域から十分離すことが望ましいと考えられる。

#### 5. おわりに

以上、少数気筒機関の架構前後方向振動について振動の原因と防振対策及びその効果と影響について述べた。今後省エネ型エンジンとして主機の少数シリンダー化、超低速化、大出力化などが進むなか、振動上より安全な防振対策を実施するためには、更に、起振力の伝達機構とプロペラ流体力の影響などの起振力発生機構を調査し、船殻構造への振動の伝播などを検討する必要がある。

(\* 三菱重工業㈱技術本部 長崎研究所)

## 第2章 船底塗料

中国塗料株式会社 技術本部  
中尾 学 編

### 2・5 防汚塗料の性能評価

防汚塗料は一般塗料に比べて特異な塗料であり、性能評価の方法も一般塗料とは違った方法がとられている。防汚性能評価のために用いられる方法を列記する。

#### (1) 静置浸漬試験

防汚塗料を塗装した試験片を筏に吊るして海中に浸漬し、海中生物の着生状態を調査する。

#### (2) 動的浸漬試験

試験片を海中に設置した回転ドラムまたは海水を導入するフローチャンネルに取り付け、(1)と同様な評価を行う。

#### (3) 塗膜中の防汚剤分布測定

海中浸漬後の塗膜中に残存する防汚剤の分布状態を、X線マイクロアナライザーなどを使用して分析する。

#### (4) 防汚剤溶出速度測定

浸漬試験片から溶出する防汚剤の濃度を測定して評価する。

#### (5) 生物検定法

実船の船体に付着する生物の幼虫を人工的に飼育し、防汚塗料に対する致死効果を調べる。

#### (6) 実船塗装法

実際に運航している船舶に防汚塗料を塗装し、生物の着生状態を調査して評価する。

防汚塗料の防汚性能評価は、このような6方法があるが、(1)～(5)は予備的な試験であり、最終的には(6)の方法で確認を行なう必要がある。

### 2・5・1 静置浸漬試験

現在最も一般的に用いられているのが試験筏による静置浸漬試験である。図2・73に試験板設置の様子を示す。

この方法は多数の試料を同時に比較することができ、スクリーニングには効果的である。しかし、生物の付着は季節や海域により大きく変化し、水深、潮流、方角によっても影響を受けるので、開発する塗料の目的に合った浸漬筏を選ばなければならない。

例えば、褐藻やアオサのような植物性の付着生物は、海水温度が10℃以下で、日光の影響を受ける浅い部分で繁殖する性質をもつので、防藻性試験を行なう海域と季節は限定される。これに対し、フジツボやセルプラなどの動物性の汚損生物は水温15℃以上で繁殖する。特に4～6月と9～11月とに繁殖のピークを持ち、冬季には新しく付着しない。

同一の塗料でも条件によって性能が異なる場合があり、各試験場所の特徴を知るため、同一試料を同時に浸漬する方法も試みられる。実船の場合と同様、浸漬試験板においても、アオサなどの孢子が付着の足掛かりを作るのは、毒物溶出の低下した部分である。船舶の航行中には殆んど生物汚損は起こらず、停泊中に付着生物が足掛かりを作ると考えられる。

これに対し、浸漬試験板は、潮流と波の影響は受けるものの塗膜表面の摩耗は少なく、スライムや浮泥のようなルーズに付着する生物の汚損を受けやすく、試験結果にも影響する。

試験片は定期的に汚損度を評価する。評価基準は色々あるが一例を表2・21<sup>39)</sup>に示す。

また、試験場の海況調査も定期的に行なうことが望ま

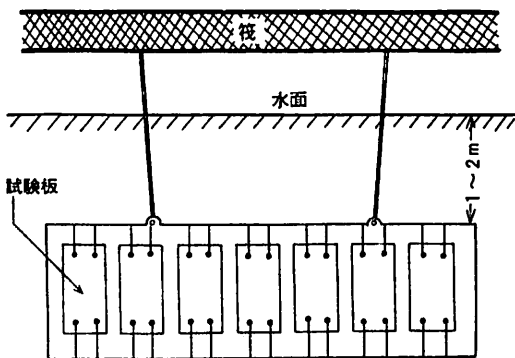


図2・73 試験板海中静置浸漬

表2・21 汚損評価基準

	生物付着面積	評価点
総合評価基準	1% 以下	5
	1 ~ 5	4
	6 ~ 20	3
	21 ~ 50	2
	51% 以上	1

しい。調査項目は気温、水温、pH、比重、塩分濃度、C. O. D., S. S. などである。

2・5・2 動的浸漬試験

船舶の運航条件に近似した評価法として、海中に設置した回転円筒に試験片を取り付け、回転-静止を繰り返す過程での汚損度を調査するダイナミック試験がある。図2・74<sup>30)</sup>に試験装置の一例を示す。

回転周速を10~20ノットに調節し、1ヶ月毎に回転-静止を繰り返す。1~2ヶ年この行程を継続し、試験片の汚損度を調査する。この他にも所定期間回転後、防汚剤の溶出速度、塗膜の消耗度、表面粗度の変化などの測定に利用される。

水中における塗膜の動的試験は、このような回転円筒

他にもウオータートンネル、ジェット噴射を利用した流水法があるが、渦流やキャビテーション作用による不整流、機械的損耗が懸念されるため、平行流中における動的試験としてフローチャンネル装置が考案されている。概略を図2・75<sup>35)</sup>に示す。

流速は流量調節弁またはモーターの回転数を調節して流量を変えることで任意に制御できる。試験片はテストセクション部の内壁に対向させてはめ込み固定する。フローチャンネルを用いると上記の試験項目に加え、塗膜の摩擦抵抗が測定できる。摩擦抵抗は管摩擦抵抗係数および摩擦速度と比較する。摩擦抵抗は図2・76のような小型円筒試験装置でも計測できる。

2・5・3 塗膜中の防汚剤分布測定

防汚塗料の防汚効果を推定するには、塗膜の防汚剤の分布状態を調べるのも有効な方法である。防汚剤の分布はX線マイクロアナライザー(XMA)および走査電子顕微鏡(SEM)を用いて測定する。XMAは試料に電子線を走査させ、発生する二次電子線から塗膜断面の微細構造を見ることができ、特性X線から元素分析が行なえる。

回転円筒に取り付けた試験片を回転後、塗膜断面をXMAによって解析すると図2・77のように錫および銅の分布状態が特性X線像によって明らかとなる。線分析を行なうと本章2・2・1 図2・25のように、より一層明瞭に分布状態がわかる。

防汚塗膜の消耗膜厚は二次電子像からも求められる。

図2・78はセルフポリッシング型防汚塗料の船舶運航前後の塗膜断面の二次電子像である。一年運航後、防汚塗膜の半分が完全に消耗しているようすを明白に見ることができる。

塗膜中の残存防汚剤分布は、蛍光X線分析法(XRF)により蛍光X線のインテンシティ(カウント/秒=CPS)でも表示できる。本法は、防汚剤濃度の異なる塗膜について検量線を求めておけばカウント-濃度の関係から定量可能となる。

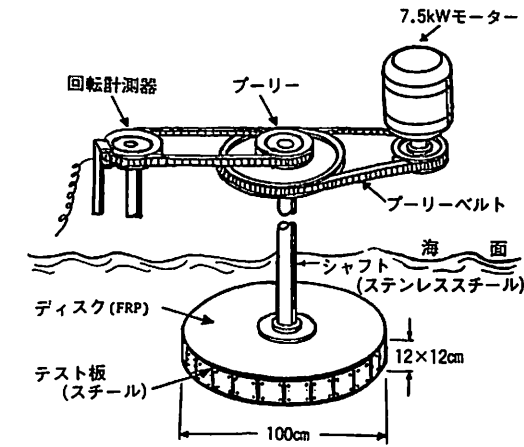


図2・74 海中回転円筒試験装置

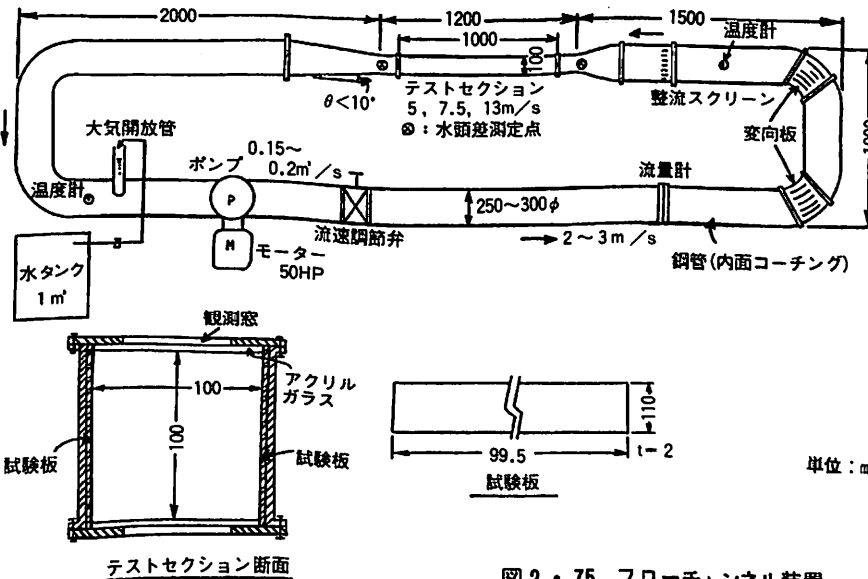


図2・75 フローチャンネル装置



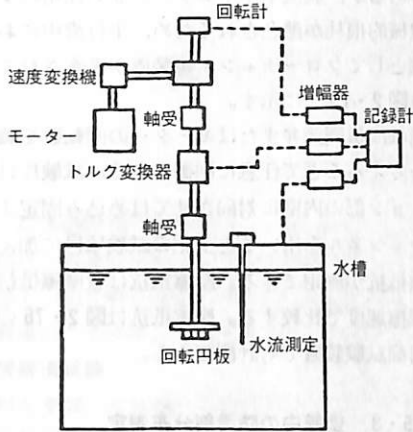


図 2・76 回転円板型摩擦抵抗測定装置

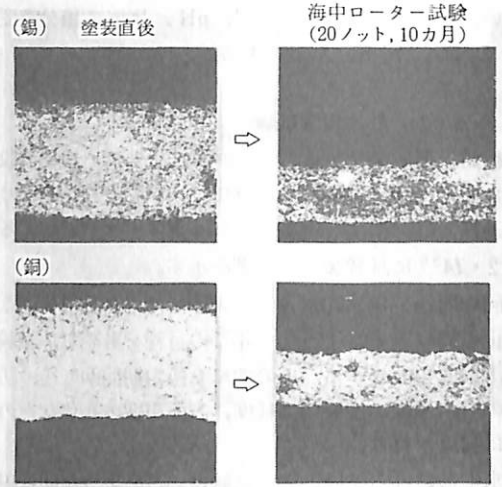


図 2・77 セルフポリッシング型防汚塗膜の XMA による錫、銅分布測定

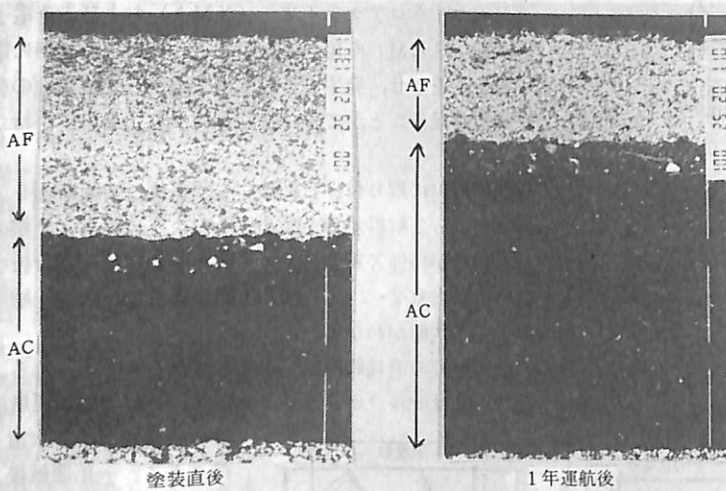


図 2・78 セルフポリッシング型防汚塗膜の断面分析 (SEM)

2・5・4 防汚剤溶出速度測定

防汚塗膜中の防汚剤は海水中で徐々に溶出していき、塗膜表面の極く近くに防汚剤溶液ができ、その濃度が有効濃度を超えている時のみ防汚性が得られ、それ以下の濃度では生物が付着する。防汚剤が必要以上に溶出すると防汚性は十分に発揮されるものの浪費が多く、防汚有効期間は著しく短くなる。従って、防汚剤の溶出速度を適度に調節し、長期間定期的に溶出させることが防汚塗料設計の本質となる。

防汚剤の溶出速度は通常、塗膜表面の 1cm<sup>2</sup> から 24 時間に海中に溶出した防汚剤の μg 数 で表わされ μg/cm<sup>2</sup>/day なる単位が用いられる。

(1) 防汚剤溶出速度測定法

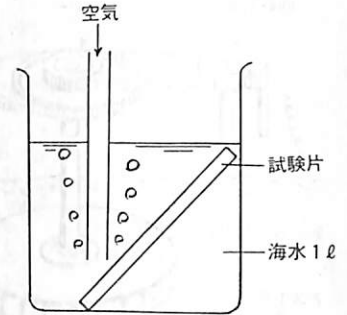


図 2・79 防汚剤溶出試験法

防汚剤の溶出速度測定には、いろいろな因子 (浸漬場所、試験片の状態、海水温度、pH、塩素イオン濃度など) が影響を与える。

溶出速度を測定する一般的な方法は、先ず、一定面積 (200cm<sup>2</sup>)、例えば 10×10cm のガラス板あるいは軟鋼板に防汚塗料を塗付し (必要とあれば下地に防食塗料を塗付しておく) 海中に浸漬する。浸漬後、試験片は定期的に海中より引きあげてスライムを軽く丁寧に刷毛で洗い落とし測定に供する。

海水 1ℓ をビーカーに取り、図 2・79 のように試験片を全没し、500 cc/min の空気を吹き込み、試験片の表裏各 1 時間防汚剤を溶出させ、直ちに試験片を取り出す。海水中に溶出した防汚剤の量は (2・28) 式で算出する。

$$\begin{aligned} & \text{防汚剤の溶出速度 } (\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}) \\ &= \frac{\text{海水中の防汚剤量} \times \text{海水量} \times 24}{\text{塗膜面積} \times \text{溶出時間}} \quad (2 \cdot 28) \\ &= \frac{(\mu\text{g}/\text{cc}) \times (\text{cc}) \times (\text{hr}/\text{day})}{(\text{cm}^2) \times (\text{hrs})} \end{aligned}$$

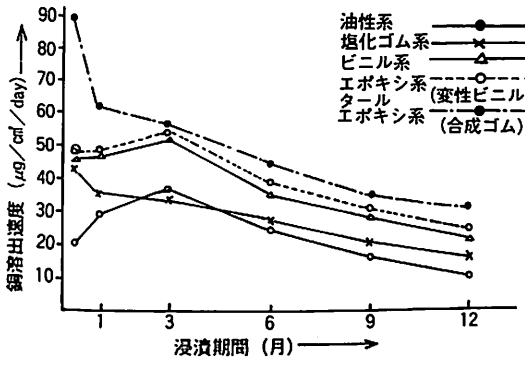


図 2・80 各種防汚塗料の銅溶出速度

$$\left( = \frac{\text{測定値} \times 1000 \text{ cc} \times 24 \text{ hr/day}}{200 \text{ cm}^2 \times 2 \text{ hrs}} \right)$$

海水中に溶出した防汚剤（銅および錫）の定、量は、次の方法で行なう。

- 1) 無炎原子吸光法
- 2) ジチオール法
- 3) ポーラロ法
- 4) カルバメート比色法

(2) 促進溶出試験法

防汚塗膜からの防汚剤の溶出を促進させ、短期間で塗膜の有効期間を推定する方法がある。この方法には促進リーチング液を使用する。従来古くから用いられているものでは Kechum のグリシン溶液がある。その液組成は、

グリシン	1.785 g
NaCl	27.950 g
0.1 N NaOH	28.8 ml
蒸留水	1000 ml

pH 10.5 に調整

であるが、これは銅防汚剤を対象としたものであり、有機錫化合物を配合した塗料に対しても適否は明らかでない、促進液については種々の改良が検討されており、その促進倍率の研究が進められている。

(1)と同様に試験片を調製し、促進液に所定期間浸漬した後、図 2・80 のような方法で防汚剤の溶出速度を計測する。促進倍率は 20~30 倍とみなされる。

(3) 動的試験法

船舶の運航時は相対流によって、防汚剤の溶出速度が急速に増加する。この動的要因が塗膜表面、防汚剤の溶出に与える影響を調べるため、試験片を回転円筒又はフローチャンネルに取り付け、船舶の運航速度と同一に周速あるいは流速を合わせ、所定期間海水流動下で浸漬した後、試験片を取り出し(1)の方法で防汚剤溶出速度を測

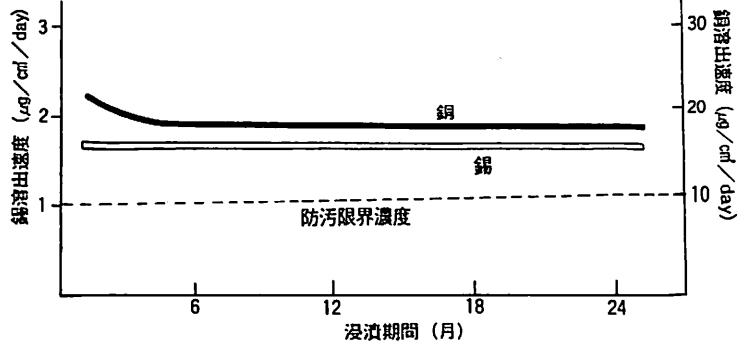
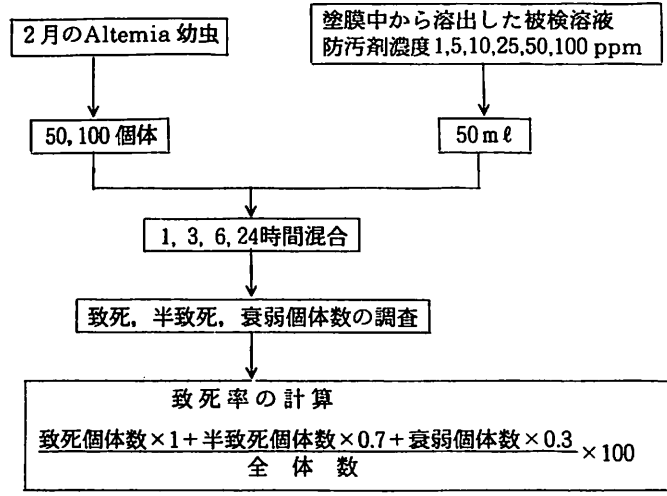


図 2・81 セルフポリッシング型防汚塗料の銅、錫溶出速度



注) 致死個体:係数 1 半致死個体:係数 0.7 衰弱個体:係数 0.3

図 2・82 アルテミアスケール法の致死率計算法

定する。

この方法で測定された溶出速度と XMA による塗膜断面の防汚剤分布の状態から、動的環境下における防汚塗膜の挙動が調査でき、防汚有効期間、防汚効力をかなり正確に推定できるようになった。

防汚塗料の防汚剤溶出速度は経時とともに変化する。この変化は塗料により異なるものである。即ち、亜酸化銅を含有する油性系防汚塗料では初期の溶出は低く、次第に上昇し、2~3ヶ月で最高となり、その後は徐々に低下する。接触型防汚塗料は一般に初期の溶出が大きく経時とともに減少する。

これに対し、セルフポリッシング型防汚塗料は長期間一定の溶出を示す。図 2・80 は従来型防汚塗料の銅溶出速度を、図 2・81 はセルフポリッシング型防汚塗料の銅、錫溶出速度を示す。

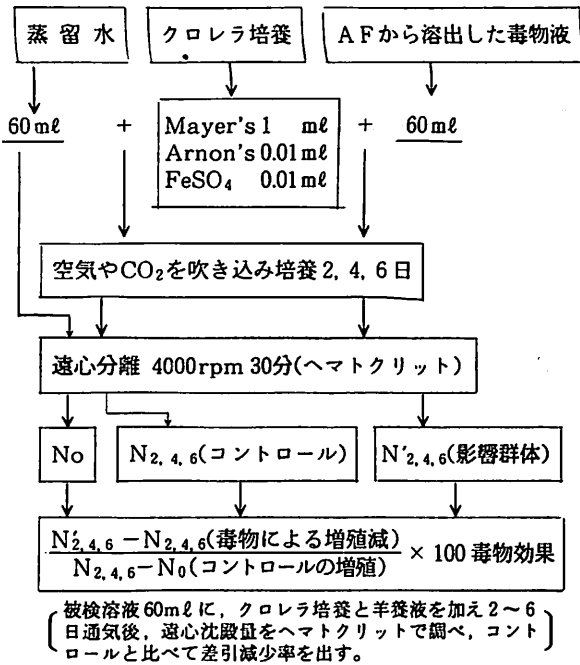


図 2・83 クロレラスケール法の作業模式図

2・5・5 生物検定法<sup>36) 37)</sup>

薬剤自体の効果を実験室で飼育した汚損生物を利用して直接評価する方法がある。この方法は薬剤の投与濃度とその条件下における生物の致死率との相関性より薬剤効果を評価する。

(1) アルテミアスケール法

汚損生物の代用として、フジツボと同じ甲殻類のブラインシュリンプ (学名 *Artemia Salina*) を用いて防汚効果を評価する。

市販のブラインシュリンプの乾燥卵を3%食塩水の中に浮かべると2~3日中に幼虫が孵化する。小容器に被検溶液のシリーズを用意し、これに幼虫を50~100匹の割合で入れると、時間経過とともに検体の毒性によって幼虫が死ぬ。一定時間後の致死率をもって薬剤の効力を判定する。致死率の計算法は図2・82のように行なう。

この方法から24時間後の半致死濃度  $T L_m 24$  を出すことも容易である。

(2) クロレラスケール法

海藻類などの植物性汚損生物の代用としてクロレラを培養し、防汚剤の効力を検定する方法がクロレラスケール法である。

培養液にクロレラを接種し、光、温度、ガスを供給して培養する。正常状況下では一定速度で増殖するが、培養液内に不適当な薬剤が混入していれば、その増殖率が

低下する。この増殖低下率を用いて薬剤効果の強弱を検定しようとするのがこの方法の原理である。

実験は1週間単位で行ない、2、4、6日目に増殖状況を調べ、コントロールとの差を%として表現すると、アルテミアスケール法と同じに取扱うことができる。図2・83にクロレラスケール法の作業概略を示す。

(3) 細胞変質測定法

S R - 141 研究部会でアオノリを使用した検定法が検討されている。

アオノリの葉状体の中央部を一定の大きさに切り取り、防汚剤の各濃度の培養液中で光を当て、一定時間後この葉状体をユリスロミン溶液で死滅細胞を赤く染色し、その面積比率より防汚性を評価する。

2・5・6 実船塗装法

船底塗料の開発に当たって、最も信頼できる評価法は実船試験である。通常室内試験や各種浸漬試験を行なった後、スクリーニングした品種につき実施する。この場合も標準となる防汚塗料と塗り分けて比較する方法が採られる。しかし、船主側の意向や塗り分けの混雑などの問題があるので、十分にこの点を考慮して実施しなければならない。

参考文献

- 33) S R 172 研究部会, No 338 - 1, March 1981
- 34) S R 172 研究部会, No 318, March 1979
- 35) S R 189 研究部会, No 372 - 1, March 1984
- 36) 馬渡静夫: 中国塗料機関誌, Vol. 7-4 Oct. 1973
- 37) Echo Research: "防汚塗料に関するレポート", July 1981

●お知らせ

10月10日~11月30日

船の科学館にて「船の絵画」展開催

内容は、時代を越えて多くの人に愛されてきた船舶画。その不思議な魅力と潮の香り、そして海や船への親しみをあますところなく紹介した絵画展であり、著名な画家やイラストレーターの作品が一堂に会するのは、日本で初めてである。出品点数は約100点。

一般公募による「ハガキに描いた船」も多数展示される。入館料大人500円。小人300円。

問合せ先 (財)日本海事科学振興財団

〒135 東京都品川区東八潮3-1 ☎03(528)1111

●連載●

# 船型試験をめぐって

<その31>

(財)日本造船技術センター

横尾幸一

### 6・9・3 船舶の馬力節減を目的とした多軸船に関する研究

高馬力船や高速船を除き、一般船舶においては1軸推進を採用するのが普通であるが、プロペラ効率の向上により馬力節減をはかる方法として、プロペラの大直径化

と多軸化がある。

昔1軸船と2軸船の比較が行われた時には、1軸船の方が良好な推進性能を示したが、その当時の船の幅喫水比 $B/d$ は比較的小さく、最近の $B/d$ の大きい広幅浅喫水船では多軸船の方が良くなる可能性が大きい。

表6・17 模型船の船体要目表

M. S. NO.	R016	R017	R018	R019	R020
$L_{PP}$ (m)			6.000 (150.000)		
$L_{DWL}$ (m)			6.2400 (156.000)		
$B_{MLD}$ (m)			1.0000 ( 25.000)		
$d_{MLD}$ (m)			0.2667 ( 6.667)		
BILGE CIRCLE(m)			0.1120 ( 2.800)		
$C_B$	0.6995	0.7008	0.6991	0.6987	0.7006
$C_P$	0.7139	0.7152	0.7135	0.7131	0.7150
$C_M$	0.9798				
$l_{CB}(\% \text{ of } L_{PP})$	2.332	2.397	2.370	2.290	2.402
$L/B$	6.000				
$B/d$	3.750				
$\nabla/L_{PP}^3(\times 10^{-3})$	5.181	5.192	5.179	5.176	5.190
船型の特徴	1軸在来船型	2軸マルチ船尾船型	3軸マルチ船尾船型	3軸在来船型(ボッシング型)	3軸フラット船尾船型

注) ( ) 内の数値は、対応実船の寸法を示す。

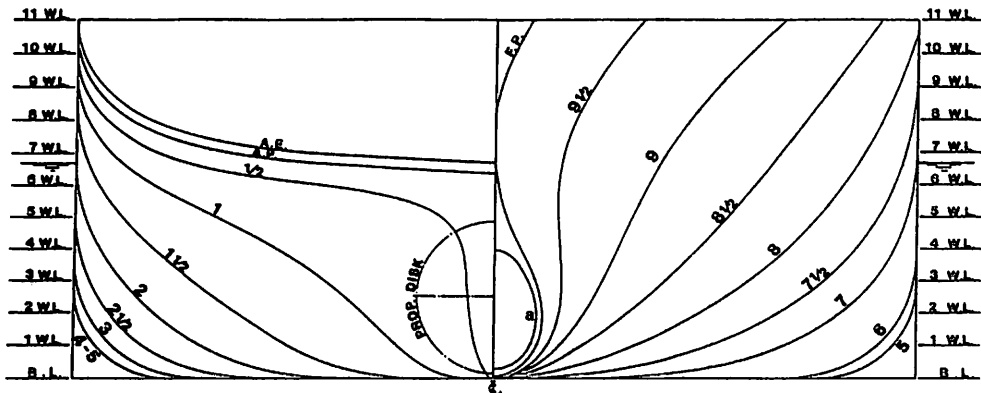


図6・52 1軸在来船型 (M. S. No. R016) の船体正面線図



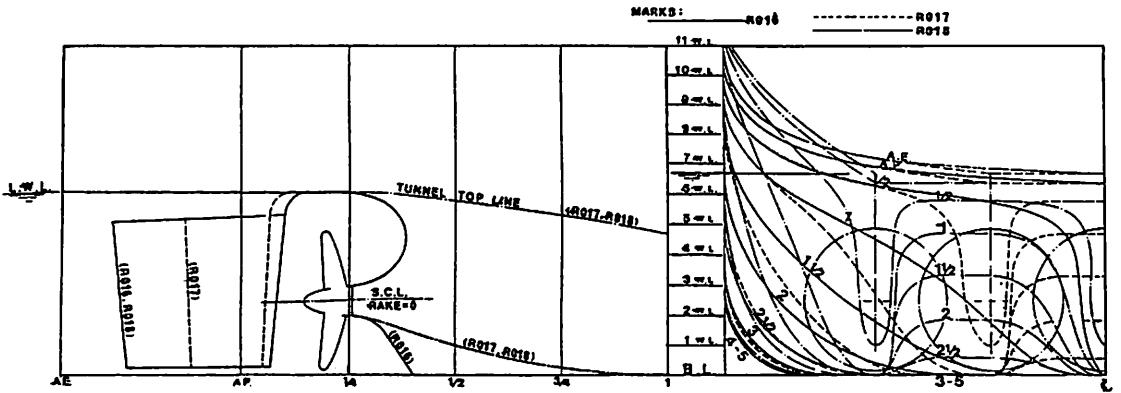


図 6・53 船体後半部形状の比較 (1軸在来船型, 2軸マルチ船尾船型および3軸マルチ船尾船型)

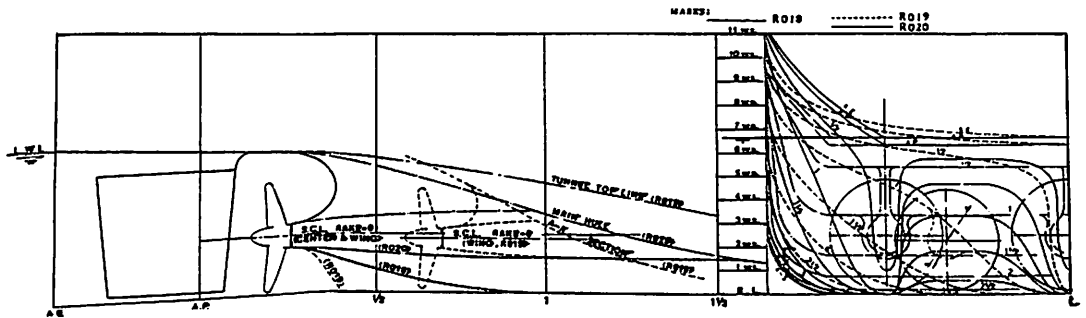


図 6・54 船体後半部形状の比較図 (3軸マルチ船尾船型, 3軸在来船型および3軸フラット船尾船型)

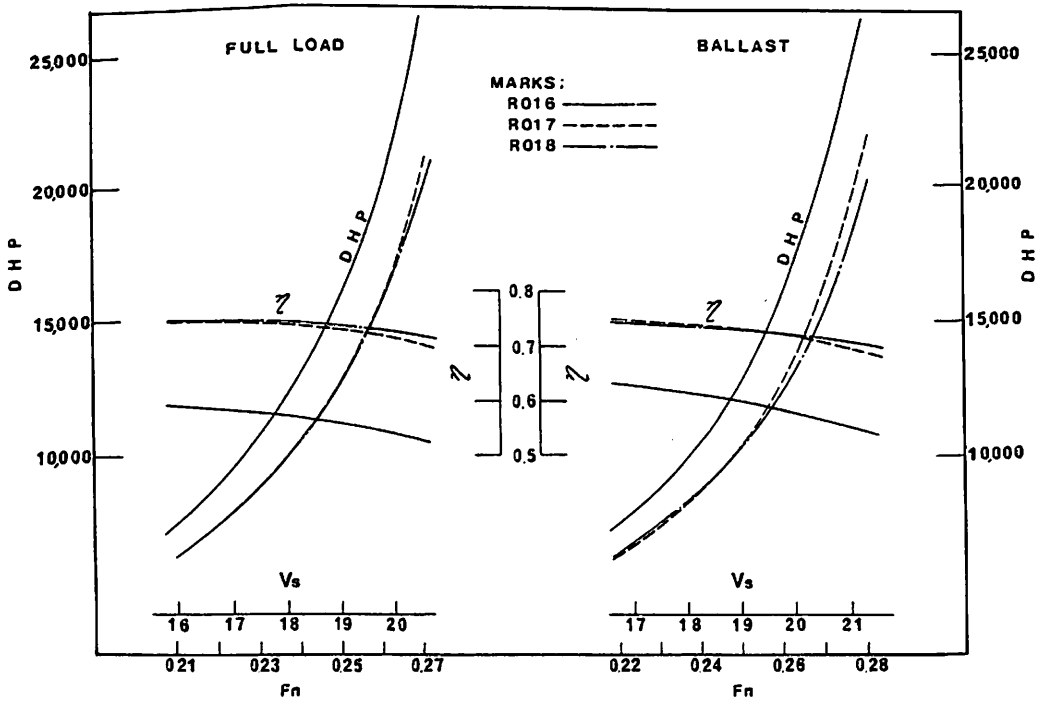


図 6・55 軸数変化によるDHPの比較

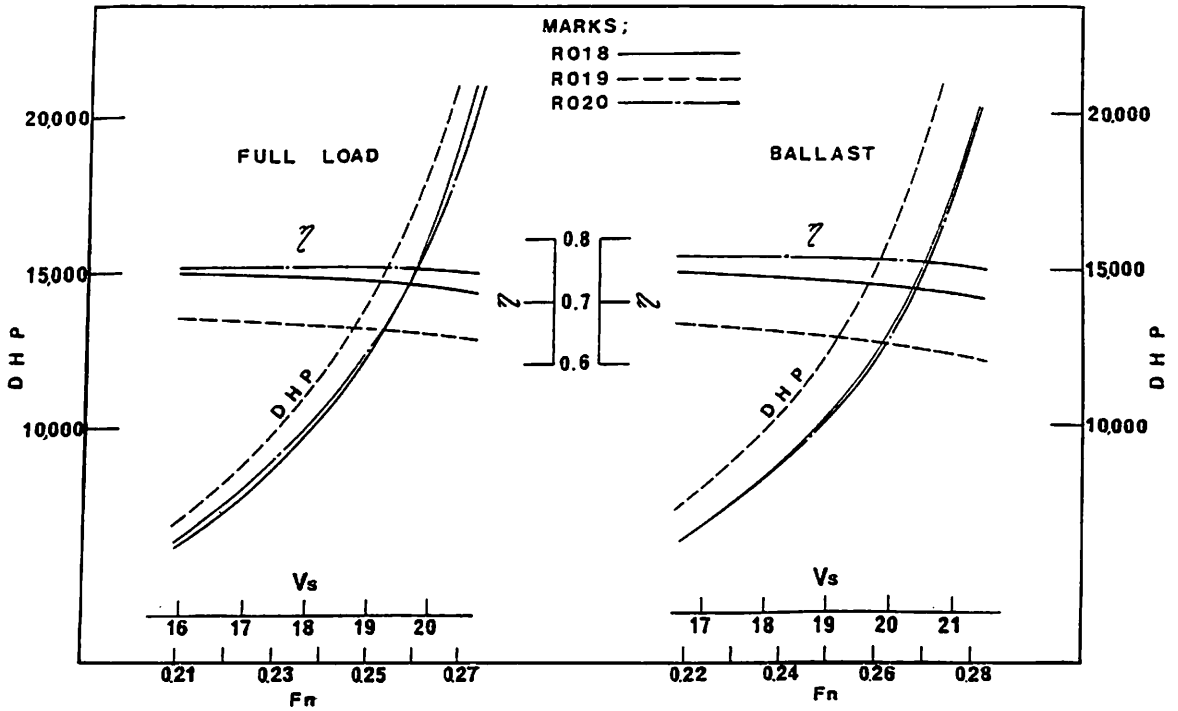


図 6・56 3軸船型の船体後半部形状の変化によるDHPの比較

表 6・18 模型船の船体要目及び試験状態等

$L_{PP} = 6.0000m$   $B_{MLD} = 1.5000m$   $d_{MLD} = 0.3000m$

M. S. NO.		R021		R022		R023		R024		R025		R025A	
COND.		FULL LOAD	BALLAST	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B
DRAFT (m)	A.P.	0.3000	0.1833	0.3000	0.1828	0.3000	0.1868	0.3000	0.1850	0.3000	0.1873	0.3000	—
	M.S.		0.1473		0.1468		0.1508		0.1490		0.1513		—
	F.P.		0.1113		0.1108		0.1148		0.1130		0.1153		—
TRIM (m)		0	0.0720	0	0.0720	0	0.0720	0	0.0720	0	0.0720	0	—
$\nabla_M$ (m <sup>3</sup> )		2.16096	0.99404	2.16043	0.99380	2.16102	0.99350	2.16017	0.99388	2.15898	0.99340	2.14378	—
$S_M$ (m <sup>2</sup> )		10.4274	8.3588	10.4410	8.3729	10.6070	8.3144	10.9972	8.6925	11.5631	9.0484	11.3004	—
$C_B$		0.8004	0.7499	0.8002	0.7520	0.8004	0.7321	0.8001	0.7412	0.7997	0.7295	0.7940	—
$C_P$		0.8037	0.7563	0.8035	0.7585	0.8038	0.7382	0.8035	0.7475	0.8031	0.7355	0.7973	—
$C_M$		0.9958	0.9915	0.9958	0.9915	0.9958	0.9917	0.9958	0.9916	0.9958	0.9918	0.9958	—
$C_r$		0.8588	0.8178	0.8578	0.8168	0.8997	0.8106	0.8858	0.8186	0.9114	0.8235	0.9114	—
$l_{CB}$ (%)		-3.451	-1.545	-3.442	-1.670	-3.368	-0.378	-3.501	-2.106	-3.414	-2.723	-3.707	—
船体後半部		在来型 (2軸ボッシングタイプ)						2軸スケグタイプ		3軸スケグタイプ		3軸スケグタイプのセンタースケグをはずしたもの	
船体前半部		在来型		U型		カットアップ型		在来型					
試験時水温(°C)	R.T.	21.2	21.2	20.4	20.3	21.1	21.1	19.8	19.8	19.3	19.2	18.6	—
	S.P.T.	21.1	21.1	20.4	20.3	21.1	21.1	19.8	19.8	19.3	19.2	18.6	—
	W.T.	21.5	—	—	—	—	—	19.6	—	18.9	—	—	—

注) 1. R.T.は抵抗試験を示す。 2. S.P.T.は自航試験を示す。 3. W.T.は伴流計測を示す。

表 6・19 想定実船および模型船のプロペラ要目

M. S. No.		R021	R022	R023	R024	R025 A	R025		
							センター	ウイング	
想定実船プロペラ	直径 (m)	5.90							
	ボス比	0.180							
	ピッチ比	0.706	0.706	0.701	0.707	0.710	0.869	0.767	
	展開面積比	0.367	0.375	0.379	0.356	0.360	0.296	0.290	
	翼数	4							
代用した模型プロペラ	M. P. No.	2004 RL				2012 N	2004 RL		
	直径 (m)	0.1563				0.160	0.1563		
	ボス比	0.192				0.180	0.192		
	ピッチ比	0.750				0.700	0.750		
	展開面積比	0.469				0.650	0.469		
	翼数	4				5	4		

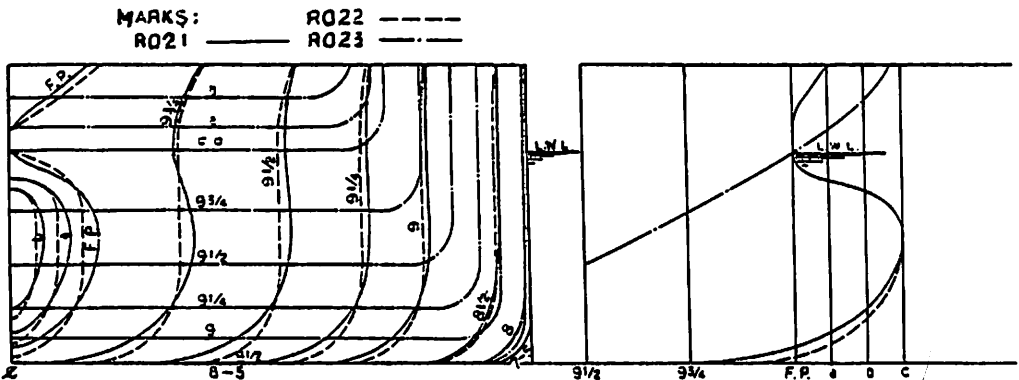


図 6・57 船体正面線図および船首形状 (船体前半部形状シリーズ)

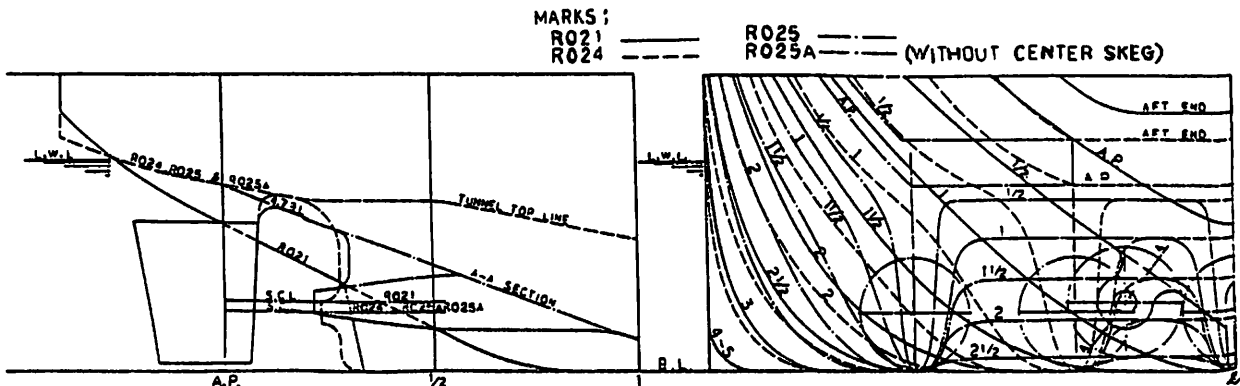


図 6・58 船体正面線図および船尾形状 (船体後半部形状シリーズ)

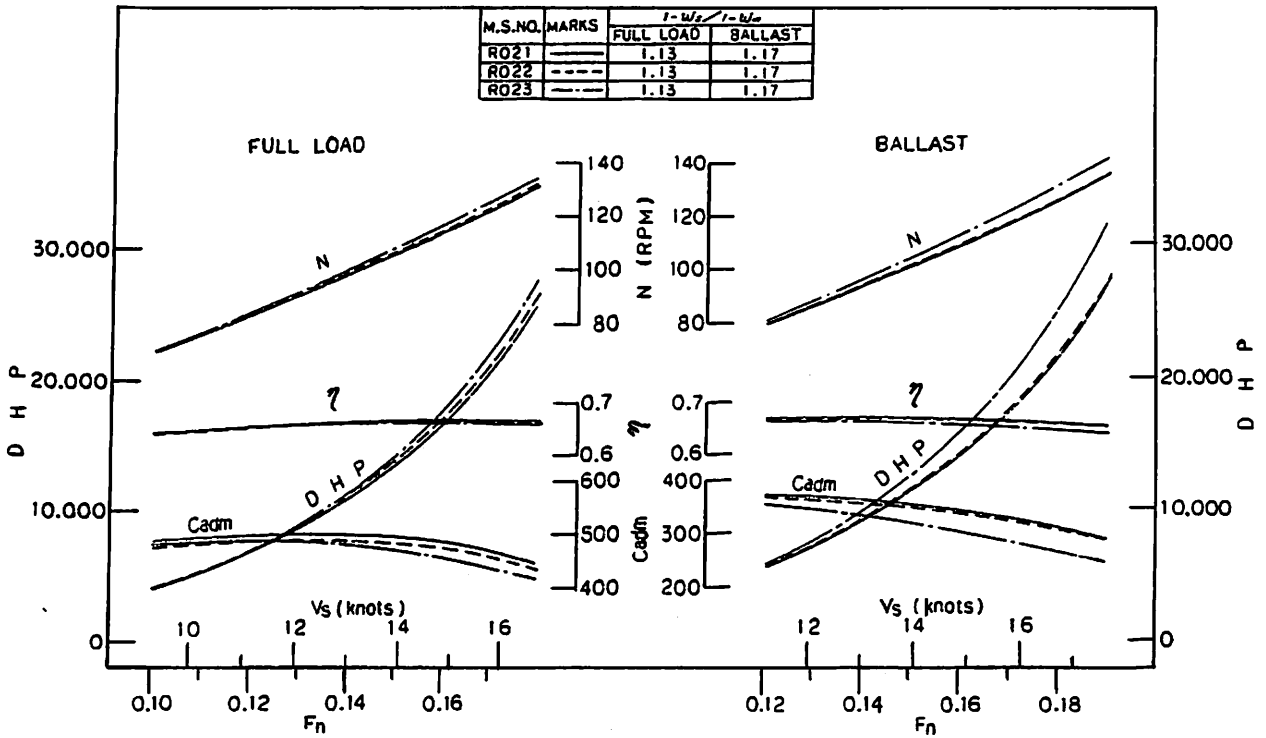


図 6・59 船体前半部形状シリーズのDHP等の比較 (ウイングプロペラの回転方向, 内回り)

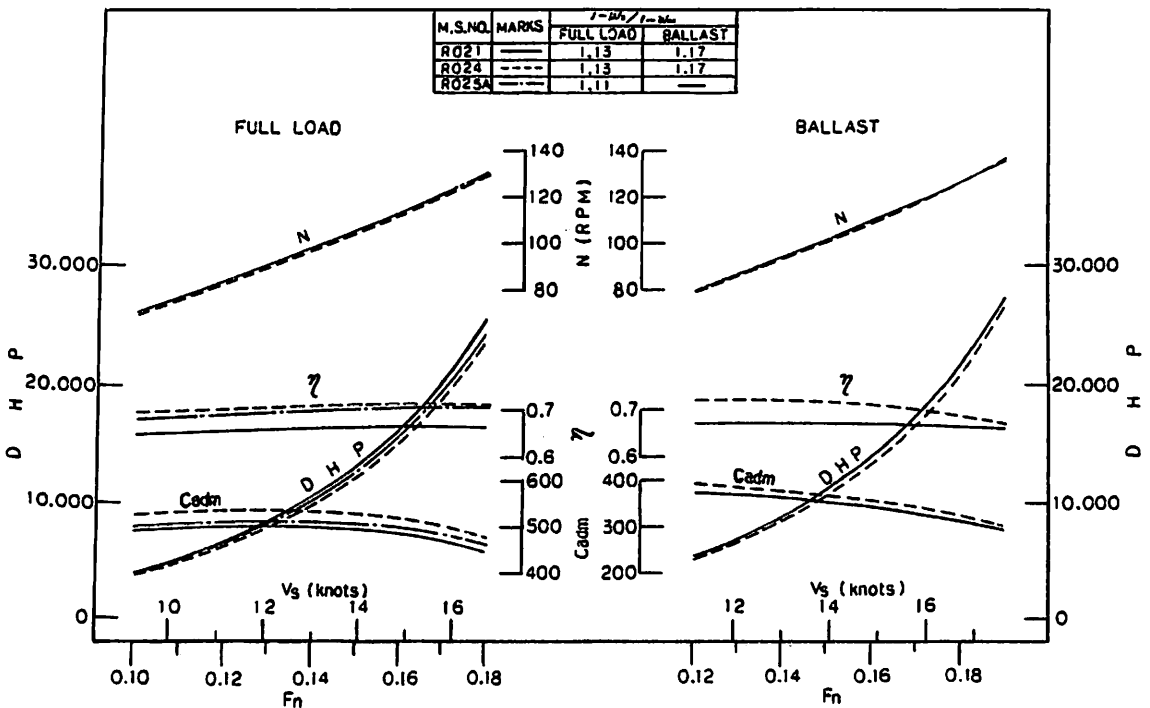


図 6・60 船体後半部形状シリーズのDHP等の比較 (ウイングプロペラの回転方向, 内回り)



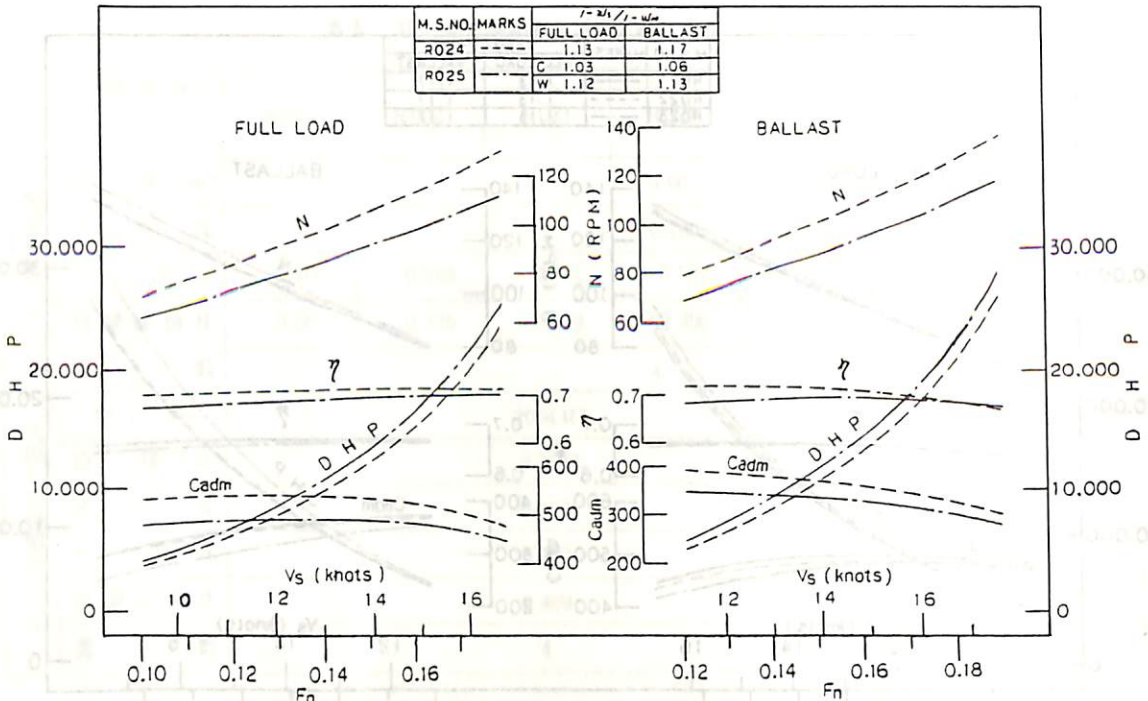


図6・61 軸数変化シリーズのDHP等の比較 (ウイングプロペラ回転方向, 内回り)

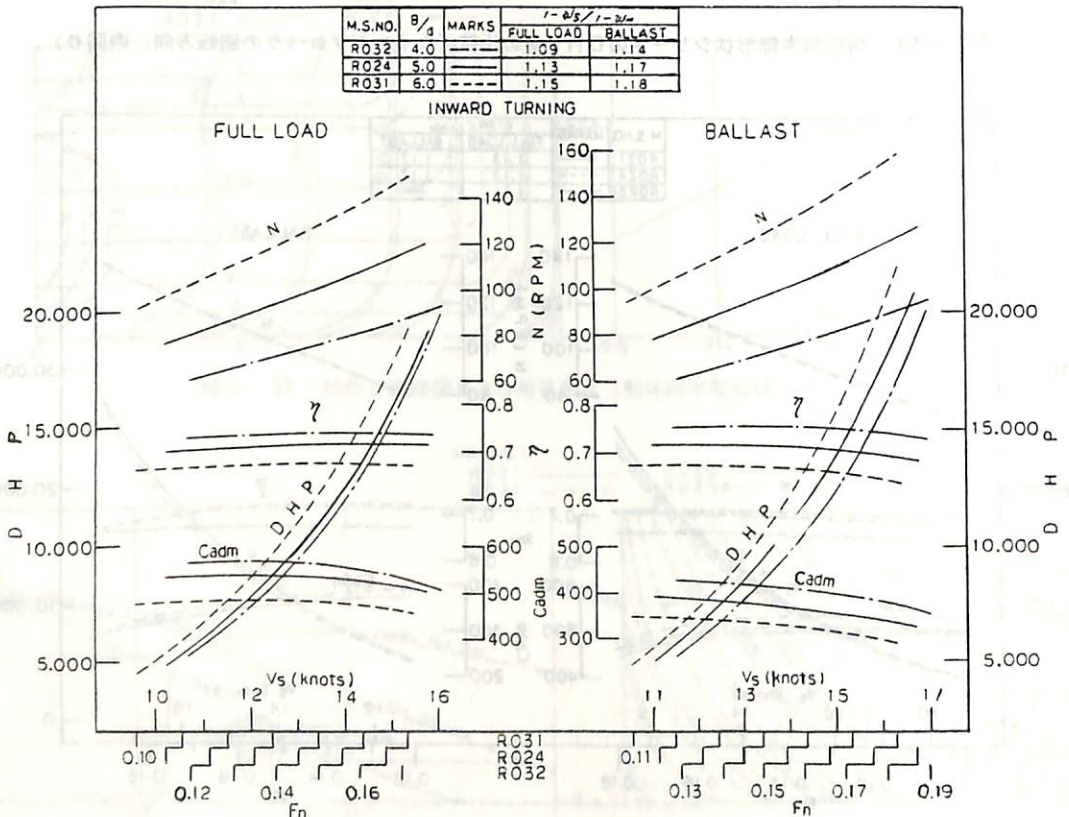


図6・62 B/dシリーズの伝達馬力等の比較 (排水容積一定)

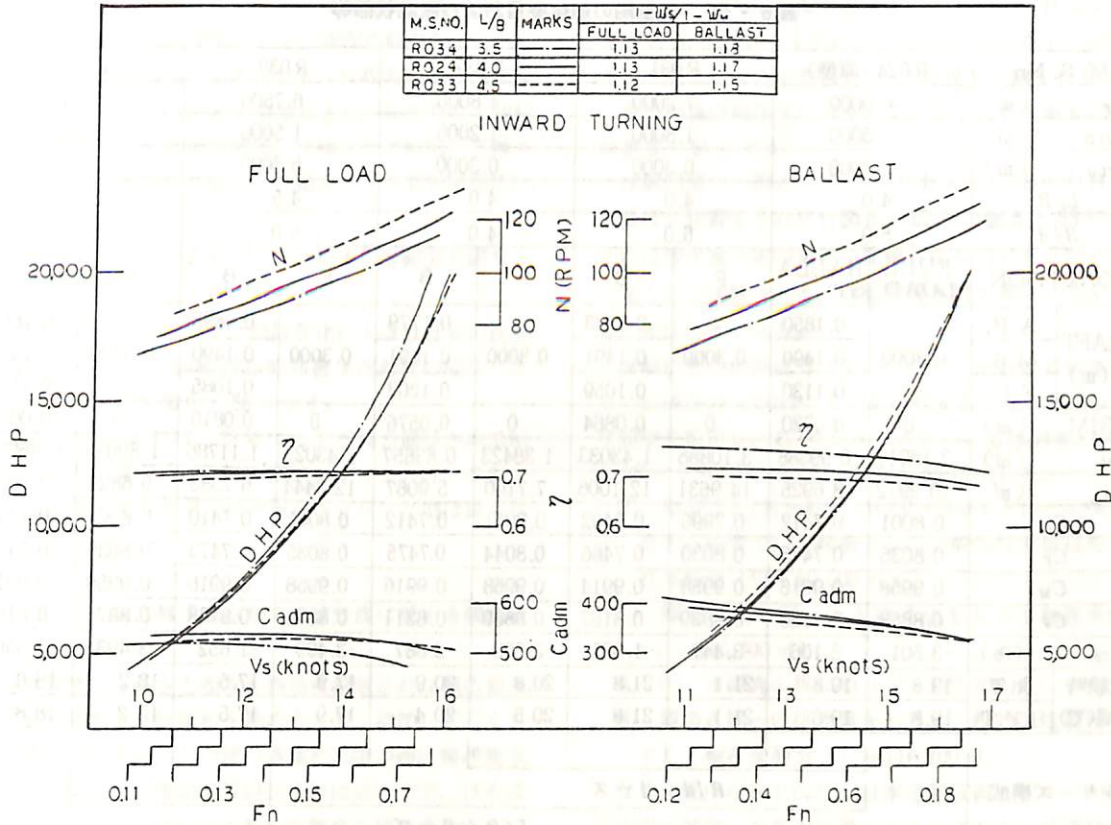


図 6・63 L/Bシリーズの伝達馬力等の比較 (排水容積一定)

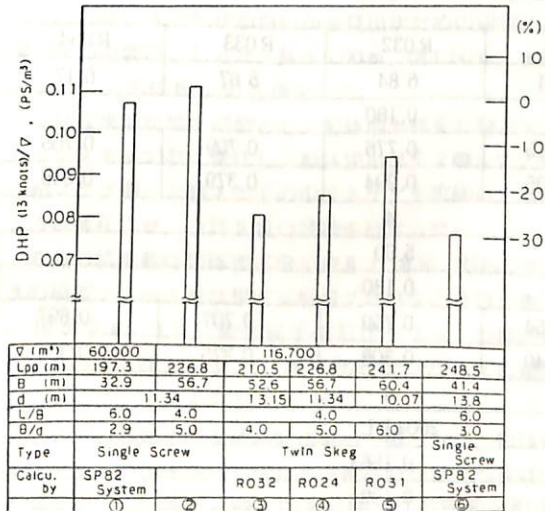


図 6・64 超広幅浅喫水船のスケールメリット (B/dシリーズ)

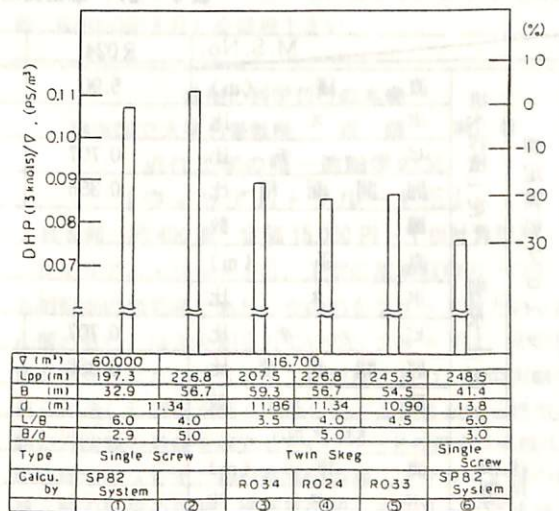


図 6・65 超広幅浅喫水船スケールメリット (L/Bシリーズ)

表6・20 模型船の船体要目および試験状態等

M. S. No.		R024 (原型)	R031	R032	R033	R034					
$L_{PP}$ (m)		6.0000	7.2000	4.8000	6.7500	5.2500					
$B_{MLD}$ (m)		1.5000	1.8000	1.2000	1.5000	1.5000					
$d_{MLD}$ (m)		0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000					
$L/B$		4.0	4.0	4.0	4.5	3.5					
$B/d$		5.0	6.0	4.0	5.0	5.0					
CONDITION		FULL LOAD	BALLAST	F	B	F	B	F	B	F	B
DRAFT (m)	A.P.	0.3000	0.1850	0.3000	0.1923	0.3000	0.1779	0.3000	0.1895	0.3000	0.1804
	M.S.		0.1490		0.1491		0.1491		0.1490		0.1489
	F.P.		0.1130		0.1059		0.1203		0.1085		0.1174
TRIM (m)		0	0.0720	0	0.0864	0	0.0576	0	0.0810	0	0.0630
$\nabla_M$ (m <sup>3</sup> )		2.16017	0.99388	3.10886	1.43033	1.38423	0.63657	2.43023	1.11786	1.89035	0.86937
$S_M$ (m <sup>2</sup> )		10.9972	8.6925	14.9631	12.1006	7.7100	5.9067	12.3444	9.7583	9.6825	7.6339
$C_B$		0.8001	0.7412	0.7996	0.7402	0.8011	0.7412	0.8001	0.7410	0.8001	0.7414
$C_P$		0.8035	0.7475	0.8030	0.7466	0.8044	0.7475	0.8035	0.7473	0.8035	0.7478
$C_M$		0.9958	0.9916	0.9958	0.9914	0.9958	0.9916	0.9958	0.9916	0.9958	0.9915
$C_r$		0.8858	0.8186	0.8839	0.8167	0.8889	0.8211	0.8844	0.8188	0.8876	0.8195
$\ell_{CB}$ (%)		-3.501	-2.106	-3.447	-1.327	-3.553	-2.887	-3.499	-1.652	-3.493	-2.556
試験時水温(°C)	R.T.	19.8	19.8	21.1	21.8	20.8	20.9	17.9	17.5	18.2	18.8
	S.P.T.	19.8	19.8	21.1	21.8	20.5	20.4	17.9	17.5	18.2	18.8
シリーズ構成		B/d シリーズ									
		L/B シリーズ									

注) 1. R.T. は抵抗試験を示す。 2. S.P.T. は自航試験を示す。

表6・21 想定実船及び模型船のプロペラ要目

M. S. No.		R024	R031	R032	R033	R034	
想定実船 プロペラ	排水容積一定	直 径 (m)	5.90	5.24	6.84	5.67	6.17
		ポ ス 比	0.180				
		ピ ッ チ 比	0.707	0.675	0.776	0.709	0.705
		展 開 面 積 比	0.356	0.435	0.294	0.379	0.346
		翼 数	4				
	喫水一定	直 径 (m)	5.90				
		ポ ス 比	0.180				
		ピ ッ チ 比	0.707	0.754	0.759	0.707	0.697
		展 開 面 積 比	0.356	0.449	0.308	0.375	0.354
		翼 数	4				
代用した 模型プロペラ	M. P. No.	2004 RL					
	直 径 (m)	0.1563					
	ポ ス 比	0.192					
	ピ ッ チ 比	0.750					
	展 開 面 積 比	0.469					
翼 数	4						

そこで、日本造船技術センターは昭和56年度の(財)日本船舶振興会の補助事業として、標記の研究を行なった。

文献等の調査結果を参考にして、比較的高速の広幅浅喫水船である Ro/Ro 船を対象にとり、在来型の 1 軸船型を原型とし、船体後半部に、2 軸スケグ船尾、3 軸スケグ船尾、3 軸在来型船尾、3 軸フラット型船尾を設計、製作した。

模型船の主要目を表 6・17 に、船体正面線図を図 6・52～図 6・54 に示す。

試験結果の 1 例として、軸数変化による DHP の比較を図 6・55 に、3 軸船型の船体後半部形状の変化による DHP の比較を図 6・56 に示す。

図 6・55 によれば、多軸化による馬力節減が非常に大きいことが分かる。また、図 6・56 によれば、このような広幅喫水船の船型では通常のボッシング型は良くないことが分かる。

#### 6・9・4 超広幅浅喫水船の推進性能に関する調査研究

港湾事情から長さ喫水を極端に制限された超広幅浅喫水船の需要は、鉾炭船を始めとして、増加して行くものと考えられるが、この種の低速肥大型の超広幅浅喫水船については、水槽試験資料が皆無に近いので、日本造船技術センターは(財)日本船舶振興会の補助事業として、昭和57および58年度の2ヶ年計画で標記の研究を行なった。

昭和57年度に行なった研究は超広幅浅喫水船の船型として、どのような形状が良いかを見出すための研究で、模型船の主要目としては、長さ 6.00 m、幅 1.50 m、喫水 0.30 m、方形係数 0.80 を選定した。

2 軸在来型船型を原型とし、船体前半部を U 型およびカット・アップ型に変化し、船体後半部を 2 軸スケグ型、3 軸スケグ型、3 軸スケグの中央スケグを取除いた型のように変化させ、合計 6 隻の試験を行なった。

6 隻の模型船の船体要目等を表 6・18 に、対応プロペラの模型プロペラ及び想定実船用プロペラの要目を表 6・19 に示す。また、船体前半部形状シリーズの模型船の正面線図を図 6・57 に、後半部形状シリーズの模型船の正面線図を図 6・58 に示す。

これらの模型船の水槽試験結果の一例として、船体前半部形状、船体後半部形状および軸数の DHP へ及ぼす影響をそれぞれ図 6・59、図 6・60 および図 6・61 に示す。これらの試験結果によれば、これらの模型船の中で、推進性能上最も良かった船型は、在来型の船首形状 2 軸スケグ船尾形状の M.S.R 024 である。

そこで、昭和58年度の研究としては、M.S.R 024 を原型として、L/B を 4.5 および 3.5 に、B/d を 6.0 及び 4.0 に変化させた主要目シリーズの模型試験を行なった。

模型船及び模型プロペラの要目をそれぞれ表 6・20 及び表 6・21 に示す。

試験結果の一例として、B/d および L/B の DHP 等に及ぼす影響をそれぞれ図 6・62 及び図 6・63 に示す。これは排水量一定の条件で比較したものであるが、長さ一定として比較すると、各船の排水量が異なってくるので、差は大きくなる。

満載状態の計画速力 ( $V_s=13\text{kt}$ ) における排水量当りの伝達馬力 (DHP/▽) を比較するため、下記のような船型を想定し、B/d シリーズについては図 6・64 に、L/B シリーズについては図 6・65 に示した。

- ① 原型 (L/B=4.0, B/d=5.0) と同一の喫水を有する船型で、1 軸船として一般的な主要目をもつ在来船型 ( $\nabla=60,000\text{m}^3$ )
- ② 原型と全く同一の主要寸法をもつ 1 軸在来船型 ( $\nabla=116,700\text{m}^3$ )
- ③～⑤ 本研究の供試船 ( $\nabla=116,700\text{m}^3$ )
- ⑥ 原型と同一の排水量を持ち、一般的な主要目を有する 1 軸在来船型 ( $\nabla=116,700\text{m}^3$ )

なお、図中の S P 82 は、日本造船技術センターが昭和 57 年度に開発した馬力計算システムである。計算結果と実験結果とが含まれた比較で、多少厳密さは欠けるが、スケールメリットが非常に大きいこと、スケグ船型がかなり良い成績を示していることが分かる。詳しくは報告書(昭和59年3月)を参照下さい。

#### ●船の科学刊行の本●

横浜国立大学名誉教授 吉岡 勲 著

近代工学の曙—造船学の父

『ウィリアム・フルード伝』

B.5 判 約 400 頁 定価 15,000 円 (丁当社負担)

ウィリアム・フルードは、工学の基本原則の一つである相似則の発見者であり、その名をフルード数という語に留めることはよく知られている。フルードは、その原理を発見しただけでなく、この原理に基づく模型実験を自ら建造した試験水槽で実践して、工学における模型実験の方法論の基礎を確立した。フルードの偉大な業績は、相似則のみならず、船の動揺の理論、トロコイド波の理論、船の抵抗の法則、摩擦抵抗則、スクリュウプロペラ理論などに亘り、まさに、近代工学の先駆者の一人としてその名をあげるにふさわしい偉人であります。



<その25>

## 第2章 商船の電気機装・電気機器

徳永 勇\*

### 4・1・6 交流化船金剛丸の出現

#### (1) 船舶の交流化の問題点

船舶の電化が進むにつれ、当時の電気技術者間ではこれを取り上げ問題になっていた。この問題点を拾ってみれば次のとおりである。

- (a) 船内は狭いため、陸上のように高圧化は危険のためできないからそれほど利点がない。
- (b) 交流機は直流機のように速度調整が平滑に出来ないために、ウィンチなどに不向きである。また、電圧変動率が大きい。
- (c) 船内の発電機容量が割合に大きくないので、直流発電機の方が交流発電機よりすべてを勘案して安価である。
- (d) 発電機の並行運転は直流発電機の方が容易である。

また、乗組員は直流の取り扱いに馴れている。

以上のようなことで、交流化は進展しなかった。しかし、一方アメリカ海軍では大正2年(1913)に、USS Jupiter号の電気推進装置にのみ交流を採用した。これは1台のターボ交流発電機から、2軸の2台の誘導電動機に電力を供給した方法で、初めて交流艦が出現した。

昭和7年(1932)にアメリカの駆逐艦 Farragut号に初めて交流230V系統の軍艦が建造されたが、可変速度電動機やサーチライトなどには、直流発電機を別に装備して、これらに特に電力を供給した。このようにして、アメリカ海軍では次第に交流化されていった。

また、昭和9年(1934)の3月号のイギリスの船用機関学会誌に、W. J. Beleyが発表した「交流船に対する利点」という題の論文を参考のために次に記載する<sup>37)</sup>。

イギリスのある大型客船に使用している直流機に対し、これを交流化した場合における交流機の形式使用分類は次のようになる。

型式	かご形誘導電動機		巻線形誘導電動機	交流整流子形可変速度電動機
	定速度	極数変換2段速度		
台数	112	154	4	18

なお、その他を比較する。

- (a) 建造費 — 交流とする場合は、直流の場合より少なくとも1~0.5%安くなる。
- (b) 重量 — 発電機、電動機、配電盤、制御器、電線(ケーブル)等一切を含めて、電動機288台として、直流の場合392.3t、交流の場合286.5tすなわち27%軽くなる。
- (c) 効率 — 電動機装置全体として効率2~2.5%交流の場合が良くなる。

以上のように、海外ではこのほか、いろいろ論議されたが、国内の大勢は直流の方が優っていたので終戦時以降まで続いた。

ここで、特記すべきことは、1部高電圧配電を施行したことである。三菱神戸造船所<sup>38)</sup>、昭和11年に建造した宇部セメント製造会社のセメントタンカー 清忠丸(3,080GT)に、荷役電動機用のために、交流2,200V、3相、60Hzの550kW発電機を1台装備した。

その他は通常電圧の直流75kW、2台で給電したことである。

鉄道省では、新造の関釜連絡船の金剛丸及び興安丸を交流化しようという強い考えから、交流化についての研究を実施せよとの三菱長崎造船所への要請があった。そのためこの研究調査が行われ、遂に上記両船が交流化に決定したという。

#### (2) 金剛丸(姉妹連絡船興安丸)

上記両船とも鉄道省の関釜連絡船としては優秀船であって、昭和11年に三菱長崎造船所で建造された。

本船が我が国の船舶としては初めての交流化のため、三菱長崎造船所では、いろいろと英智を傾けるとともに苦労も多かったようである。これらを拾ってみれば、次のようである。

- (a) 周波数は60Hzとしても、電圧は440V級が有利であるが、この時代には、安全法及び船級協会規則などで、これは許されずに、交流220Vを採用した。
- (b) 客船であるために、騒音と振動を避けるためにわざわざ発電機はギヤー連結とせずにタービン直結とした。
- (c) 交流発電機の電圧変動率が直流機に比べて、大きいため、特に自動電圧調整器もカーボンパイル型か

\* 日本船用機関調査研究委員会 電気専門委員会委員長

らシルバースタット型に変更したり、また、かご形誘導電動機の始動電流の影響の点、更には、交流電動ウィンチを、どのような形式にするか、などに苦労したようである。

(d) 交流発電機の並行運転の問題、ケーブル布設の問題、回路保護の問題など苦心談が三菱長崎造船所発行の「三菱長崎電気ものがたり」に記載されているので参照されたい。

金剛丸の電気設備要目については、表 2・24 を参照のこと。

## 4・2 電気機器の変遷

### 4・2・1 発電機容量の推移

4・1において新造船の船種、総トン数、航路別等について縷々説明した。それに対応してき装内容も多様化し、また、増大したため、電化の程度も必然的に進むものである。したがって、明治・大正時代と違って発電機容量の推移もより近代化した様相がある。図 2・19 は貨物船について、また、図 2・20 は客船についての発電機容量の推移を示した。

表 2・24 金剛丸の電気設備要目<sup>21) 39)</sup>

船名	金剛丸		主タービン機	15,600PS	総トン数	7,105トン	進水	昭和11年(1936)
船種	関釜連絡船							
船主	鉄道省		造船所	三菱長崎造船所				
電気要目	種目	主発電機			非常発電機			
	容量	500 kW, 225 V, 60 Hz, 3φ, AC p.f. 80%			20 kW, 225 V, 60 Hz, 3φ, AC p.f. 80%			
	原動機台数	タービン 3			石油発電機 1			
	種目	変圧器			変圧器			
	容量	35 kVA, 100 V, 1φ, 60Hz (油入自冷式)			6 kVA, 100 V, 1φ, 60 Hz (油入自冷式)			
	台数	3 + 1 (予備用)			3 + 1 (予備用)			
(1)	<p>注：変圧器は3台を三角形接続にして、電灯、電熱器などに給電する。このほかにテレグラフ用50V及び呼鈴装置用20Vの小型変圧器がある。</p> <p>また蓄電池24V、165 Ah-2を有し、亜酸化銅整流器付充電装置を使用する。用途は電話機、ログ及び音響測探機などである。</p>							
(2)	<p>陸上電源給電装置、600 A, 225 V, 1式</p> <p>電動機：かご形誘導電動機は25馬力まで、25馬力を超えれば単巻始動器又は巻線形を使用する。過負荷継電器はバイメタル式を初めて採用した。</p> <p>100馬力ウインドラス及び50馬力キャプスタンにはワードレオナルド制御方式を採用する。</p> <p>3t, 2tウインチはかご形誘導電動機の極数変換による4段可変速度のものである。</p>							
(つゞき)	<p>2t起重機はジャーネー式電動油圧式で、可変速度の旋回電動機及びトッピング電動機付きである。かじ取機は電動油圧式で、かご形誘導電動機付き。電動ポートダビット、電動水密扉開閉装置、石炭積機等、機関部用は、補助給水ポンプ以外は電動である。また、非常ビルジポンプ用かご形誘導電動機の始動はポートデッキからも出来る。</p> <p>石炭積機は、本船が石炭焚きのために、石炭をベルトコンベア式にして石炭を運ぶ機械である。</p> <p>エアコンディショナーを装備し我が国の船舶に最初に湿度・温度を自動的に制御する装置を付けた。</p> <p>電灯：100Vで1,650個、電力約70kW。</p> <p>2等客室及び3等客室の照明光度は変圧器によって加減できる。非常灯は所要個所に設け、危急時には非常発電機から点灯できる。</p> <p>電熱器：酒沸器、コーヒー沸器、トースタ、電気冷蔵庫など</p> <p>通信機：交流式50V電気テレグラフ、ラダーアングルインジケータ、プロペラ軸回転計、シップログ、サルログ、電動測深機、ヘンリー・ヒューズ式音響測深機、エヤーホン、霧中信号用自動吹鳴装置、機関部警報諸装置、自動式電話機、高声電話機、電灯式呼鐘装置、放送装置、ベビーモータサイレン、電気時計(交流式で自動速速調整装置付)、蓄音機など。</p> <p>無線機は500W長中波-1、150W電話装置-1無線方位測定機(テレフンケン式)一式</p> <p>ケーブル：ゴム絶縁被鉛鉄線編組がい装線を使用した。単線の場合には鉄線がい装の代わりに、燐青銅線がい装を使用した。</p>							

4・2・2 発電機

この時代の発電機は直流発電機が主であって、単機容量は、225 V 級で最大 600 kW、最小 33kW にまたがっている。110 V 級では最大 80 kW もあるが、通常は、貨物船では 40 kW 未満、タンカーでは 50kW 未満は、ほとんど 110 V 級である。これは補機がスチーム駆動によるためである。

いずれも、直流 2 線式であった。ただし、昭和 8 年に播磨造船所で建造した国際汽船会社の小牧丸<sup>40)</sup> (6,465 GT) の貨物船に初めて、富士電機会社が製作した 3 線式直流発電機 180 kW、225 V、3 台が装備された。

特殊な例として、4・1・6 にも述べたが、交流発電機は、昭和 11 年建造の鉄道省の関釜連絡船 7,105 GT の金剛丸に採用した以降においては、鉄道省は 3 相交流発電機 225 V、60 Hz を各船に採用している。このほかに、出雲丸、樫原丸は 1,600 kW、AC 225 V、60Hz、3 台（進水前に空母に改装）がある。

発電機の原動機は、スチーム船はレシプロまたはタービン駆動であって、ディーゼル船は、ディーゼルエンジン駆動が主で、非常または予備発電機用として石油エンジン駆動のものがある。次に秩父丸の発電機の外形図及び結線図を図 2・21 に示す。

発電機の形式は、開放防滴形が通常である。開放形であるため、防滴のため発電機の整流子部分などの上部にキャノピー（葎い）を設けて、天井からの水滴などを防ぐよう

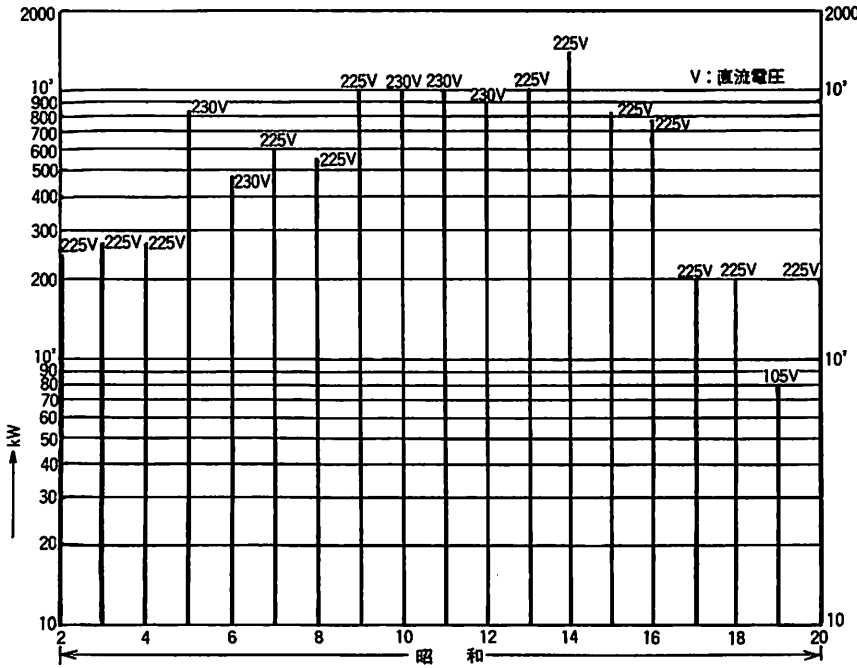


図 2・19 貨物船の発電機総容量推移 (1 隻分)

(補助、非常発電機は含まない。年間建造中最大のものを選ぶ。)

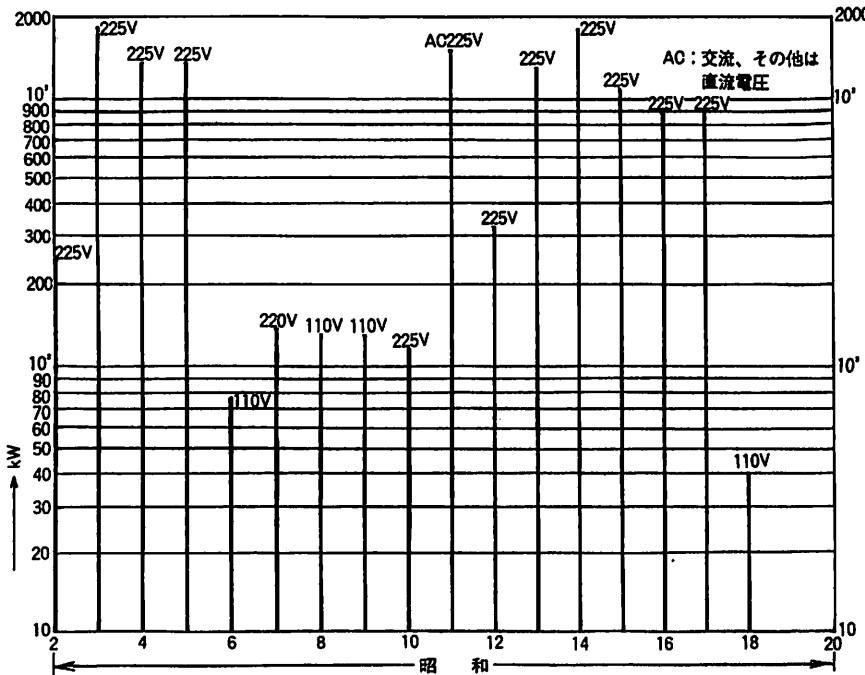


図 2・20 客船の発電機総容量推移 (1 隻分)

(補助、非常発電機は含まない。年間建造中最大のものを選ぶ。)

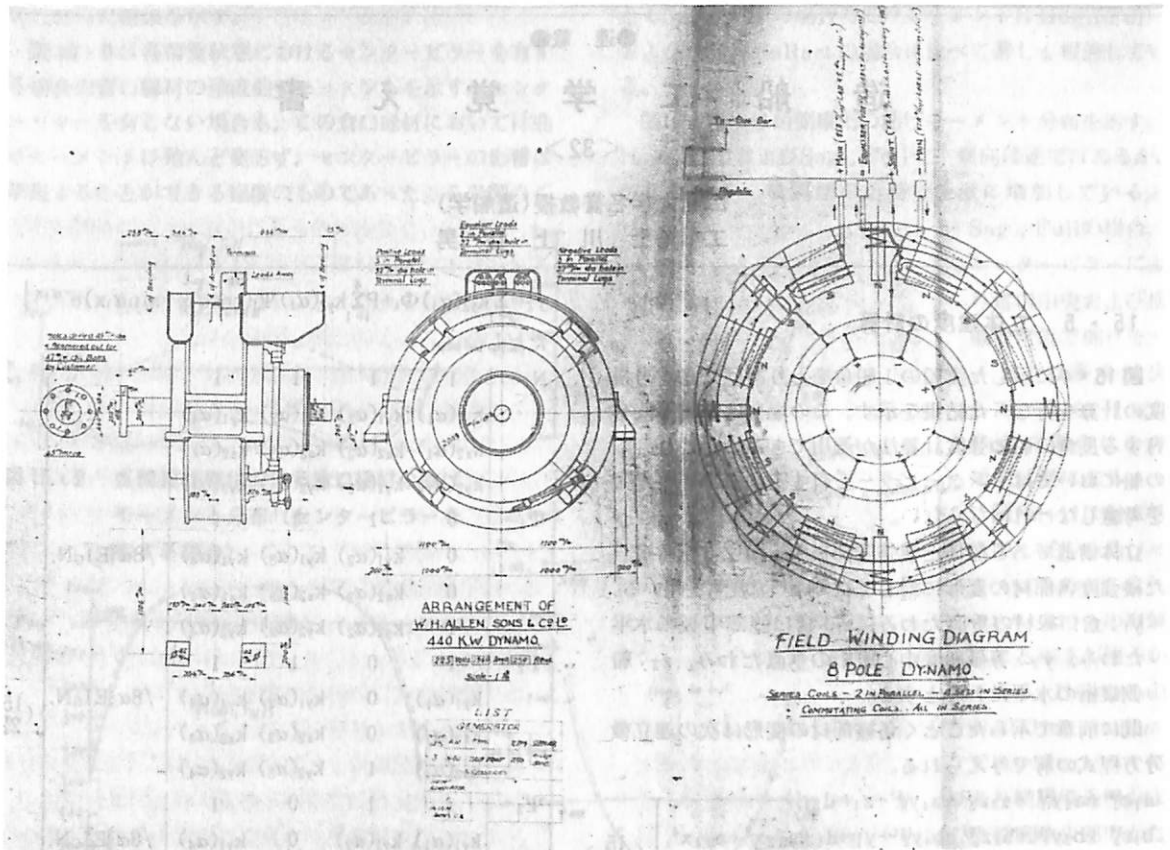


図 2・21 秩父丸 440 kW 225 V 直流発電機 (アーレン・ソン社)

表 2・25 発電機及び電動機の温度上昇限度

機械の部品名称	温度上昇(寒暖計法)(°C)	
	全閉型でないもの	全閉型
(1) 下記の材料で絶縁された巻線及びこれに接する鉄心	40	50
(2) 整流子	45	55
(3) 滑動環 { 開放型 密閉型	45	55
	55	55
(4) 絶縁していない部分(絶縁された巻線に接しない鉄心を含む)	隣接部分の絶縁材料に損傷を及ぼすような温度に達せないこと	

にした形式が用いられた。軸受は、2個付きベテスタル軸受形が多く、この方式は、据付けと分解などが容易のためである。回転速度は、初めのころは低速度であった。15~40kWで500~600rpm, 50~130kWで400~500rpm, 200~400kWで350rpm前後が通常であった。

巻線の絶縁材料はA種絶縁材料が多く採用されていた。したがって、発電機及び電動機の温度上昇限度は、表2・25に示す値によったものである。(帝国海事協会鋼船規則昭和8年版による)

全負荷では連続運転後の各部の温度上昇は、表2・25に示す値を超えてはならない。

参考文献

- 37) 「モーターシップ」 S.9-7
- 38) 「モーターシップ」 S.12-10
- 39) 「モーターシップ」 S.12-1
- 40) 「モーターシップ」 S.9-3

備考1) 表(1)の絶縁材料は木綿、絹、紙及び類似の材料にワニス類を含浸したるもの、又は、常に油中に浸したる場合並びにエナメル線とする。

2) 周囲温度: 40°C 海拔: 1,000 m



造船工学覚え書

<32>

広島大学名誉教授(造船学)  
工学博士 川上 益男

15・5 立体強度の計算

図15・4に示した実船の1船倉をとりあげて立体的強度の計算を行なった結果を示す。この場合は一層甲板を有する長倉口船の強度計算法が適用できる。ただし、この船においてはセンターピラーを有するので、その影響を考慮しなければならない。

立体構造である船体と横強度部材からの反力を考慮した縦強度各部材の変形に対して次のような記号を用いる。  
 $y_1$ : 倉口縁材の垂直たわみ,  $z_1$ : 倉口側部甲板の水平たわみ,  $y_2$ : 等価船底中心縦桁の垂直たわみ,  $z_2$ : 船側縦桁の水平たわみとする。

既に前章で示したごとく各縦部材の変形は次の連立微分方程式の解で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} a_1 z^{(4)} + a_2 y^{(4)} + a_3 z^{(4)} + a_4 y^{(4)} + z_1 &= d_{z1}, \\ b_1 z^{(4)} + b_2 y^{(4)} + b_3 z^{(4)} + b_4 y^{(4)} + y_1 &= d_1 + a_{s2} x^2 + a_{s1} x^4, \\ c_1 z^{(4)} + c_2 y^{(4)} + c_3 z^{(4)} + c_4 y^{(4)} + z_2 &= d_{z2}, \\ g_1 z^{(4)} + g_2 y^{(4)} + g_3 z^{(4)} + g_4 y^{(4)} + y_2 &= d_2 + a_{s2} x^2 + a_{s1} x^4 \end{aligned} \right\} (15 \cdot 19)$$

ただし、(4) =  $d^4/dx^4$  である。

センターピラーを有する構造では、センターピラーを有しない場合の解と、センターピラーのみの影響を考えた解とを別々に求めて両者を加え合わせるにより解は求められる。そして前者に対しては既に求めた解をそのまま適用できるので、ここでは後者に対する解を求める。

$$\left. \begin{aligned} (15 \cdot 19) \text{の一般解においては、} d_{z1} &= 0, d_1 = 0, d_{z2} = 0, \\ d_2 &= 0, a_{s2} = 0, a_{s1} = 0 \text{として、さらに倉口中央} x = 0 \text{で、} \\ z^{(1)} &= 0, y^{(1)} = 0, z^{(2)} = 0, y^{(2)} = 0, \\ z^{(3)} &= 0, y^{(3)} = 0, z^{(4)} = 0, y^{(4)} = P/2E\bar{I}_G \end{aligned} \right\} (15 \cdot 20)$$

ただし、P: センターピラーの反力。この境界条件により、各縦強度部材のセンターピラーの反力Pによる変形は、次式で求められる。ただし、ここに用いた記号は前章と同じである。

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \sum_{i=1}^4 \Phi_i + P \sum_{i=1}^4 \Psi_i (\cos \alpha_i x + \sin \alpha_i x) e^{-\alpha_i x}, \\ y_1 &= \sum_{i=1}^4 k_{y1}(\alpha_i) \Phi_i + P \sum_{i=1}^4 k_{y1}(\alpha_i) \Psi_i (\cos \alpha_i x + \sin \alpha_i x) e^{-\alpha_i x}, \\ z_2 &= \sum_{i=1}^4 k_{z2}(\alpha_i) \Phi_i + P \sum_{i=1}^4 k_{z2}(\alpha_i) \Psi_i (\cos \alpha_i x + \sin \alpha_i x) e^{-\alpha_i x} \end{aligned} \right\} (15 \cdot 21)$$

$$y_2 = \sum_{i=1}^4 k_{y2}(\alpha_i) \Phi_i + P \sum_{i=1}^4 k_{y2}(\alpha_i) \Psi_i (\cos \alpha_i x + \sin \alpha_i x) e^{-\alpha_i x}$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} N &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ k_{y1}(\alpha_1) & k_{y1}(\alpha_2) & k_{y1}(\alpha_3) & k_{y1}(\alpha_4) \\ k_{z2}(\alpha_1) & k_{z2}(\alpha_2) & k_{z2}(\alpha_3) & k_{z2}(\alpha_4) \\ k_{y2}(\alpha_1) & k_{y2}(\alpha_2) & k_{y2}(\alpha_3) & k_{y2}(\alpha_4) \end{vmatrix} \\ \Psi_1 &= \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & k_{y1}(\alpha_2) & k_{y1}(\alpha_3) & k_{y1}(\alpha_4) \\ 0 & k_{z2}(\alpha_2) & k_{z2}(\alpha_3) & k_{z2}(\alpha_4) \\ 1 & k_{y2}(\alpha_2) & k_{y2}(\alpha_3) & k_{y2}(\alpha_4) \end{vmatrix} / 8\alpha_1^3 E \bar{I}_G N, \\ \Psi_2 &= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ k_{y1}(\alpha_1) & 0 & k_{y1}(\alpha_3) & k_{y1}(\alpha_4) \\ k_{z2}(\alpha_1) & 0 & k_{z2}(\alpha_3) & k_{z2}(\alpha_4) \\ k_{y2}(\alpha_1) & 1 & k_{y2}(\alpha_3) & k_{y2}(\alpha_4) \end{vmatrix} / 8\alpha_2^3 E \bar{I}_G N, \\ \Psi_3 &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ k_{y1}(\alpha_1) & k_{y1}(\alpha_2) & 0 & k_{y1}(\alpha_4) \\ k_{z2}(\alpha_1) & k_{z2}(\alpha_2) & 0 & k_{z2}(\alpha_4) \\ k_{y2}(\alpha_1) & k_{y2}(\alpha_2) & 1 & k_{y2}(\alpha_4) \end{vmatrix} / 8\alpha_3^3 E \bar{I}_G N, \\ \Psi_4 &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ k_{y1}(\alpha_1) & k_{y1}(\alpha_2) & k_{y1}(\alpha_3) & 0 \\ k_{z2}(\alpha_1) & k_{z2}(\alpha_2) & k_{z2}(\alpha_3) & 0 \\ k_{y2}(\alpha_1) & k_{y2}(\alpha_2) & k_{y2}(\alpha_3) & 1 \end{vmatrix} / 8\alpha_4^3 E \bar{I}_G N \end{aligned} \right\} (15 \cdot 22)$$

また(15・21)の $\Phi_i$ の中の8個の積分定数は、次の境界条件より求められる。

$$\left. \begin{aligned} x = \ell_1/2; z_1 = 0, y_1 = 0, z_1^{(1)} = 0, y_1^{(1)} = 0, \\ x = \ell/2; z_2 = 0, y_2 = 0, z_2^{(1)} = 0, y_2^{(1)} = 0 \end{aligned} \right\} (15 \cdot 23)$$

二列倉口船では、倉口側部甲板の剛性はクロスデッキ部のそれに比べて非常に小さいので端部は固定とした。

もしセンターピラーの伸縮を無視すれば、センターピラーの位置における等価船底中心縦桁および中央甲板のたわみを等置することによりセンターピラーの反力は求められる。ここで、中央甲板の端部もクロスデッキの位置で固定とした。

以上に示した理論計算法に基づき実船に関する計算結果を示すことにする。

図15・4に示す実船の1船倉間の立体構造強度について、表15・2に示す最も厳しい荷重状態につき数値計算

を行なった結果を示す。

図15・9は各荷重状態におけるセンターピラーを有する場合の倉口縁材の垂直曲げモーメントを示す。センターピラーを有しない場合も、この倉口縁材においては曲げモーメントは殆んど変わらず、センターピラーの影響は無視することができる程度のものであった。この図のご

とくSag., Fullの場合の曲げモーメントはHog., FullおよびHog., Ballastの場合に比べて著しく相違している。

図15・10には船側縦桁の曲げモーメント分布を示す。Hog., FullおよびSag., Fullで、傾向は逆ではあるが、かなり大きく横隔壁の近傍で急激に増加している。

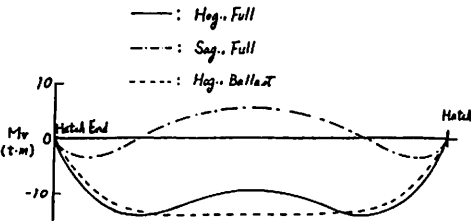


図15・9 各荷重状態における倉口縁材の曲げモーメント分布 (センターピラーを有する場合)

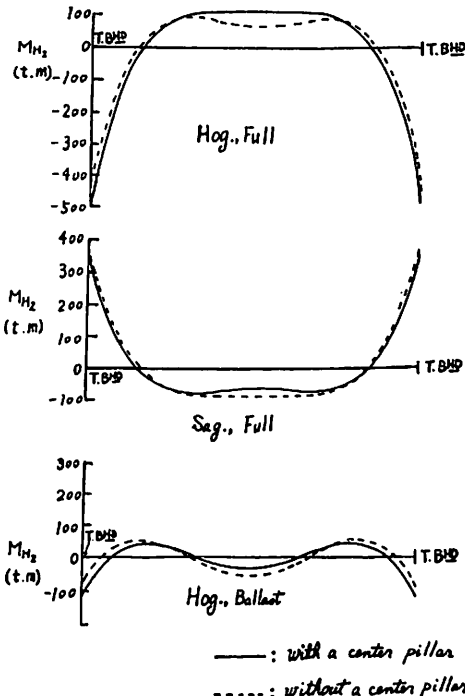


図15・10 各荷重状態における船側縦桁の水平曲げモーメントおよび梁柱の有無による相違

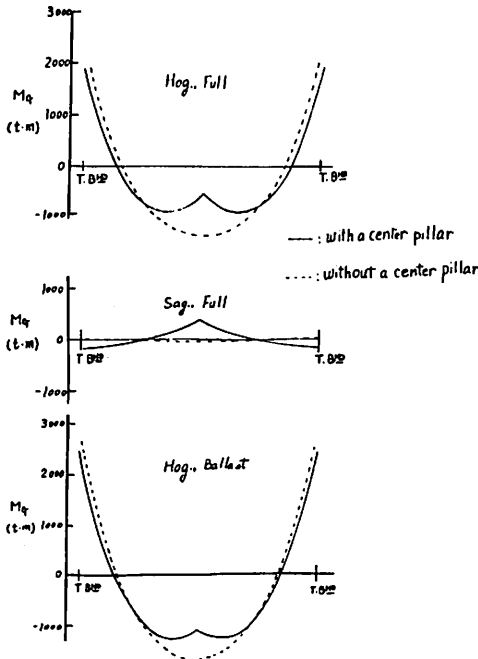


図15・11 各種荷重状態における船底等価中心縦桁の曲げモーメントおよび梁柱の有無による相違

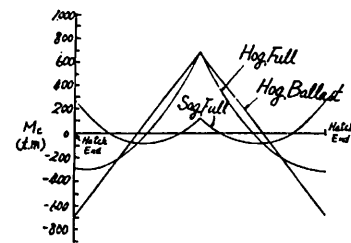


図15・12 各荷重状態における中央甲板の曲げモーメント分布および梁柱の効果

Sag., Fullの場合、センターピラーにより倉口中央および横隔壁付近で曲げモーメントは多少減少しているが、Hog., Fullの場合はこの傾向は逆になる。

図15・11は船底等価中心縦桁の曲げモーメント分布を示す。センターピラーの有無による相違が明らかである。Hog., FullおよびHog., Ballastでセンターピラーにより横隔壁近傍および船底中央部でかなり曲げモーメントは減少することがわかる。Sag., Fullの曲げモーメントは、

Hog., Ballast およびHog., Fullに比べて小さい。そしてセンターピラーにより中央部で顕著な相違がみられる。

図15・12に中央甲板の各荷重状態の曲げモーメントを示す。これでわかるごとくSag., Fullでは小さく、Hog., Fullでは荷重により中央甲板は下方にたわみ、また船底部材が水圧により内方にたわむためセンターピラ

表15・2 各種荷重状態

荷重状態	$f(m)$	$w_{H1}(t/m)$	$w_{D1}(t/m)$	$w_D(t/m)$	$w_s(t/m)$	$w_B(t/m)$	$w_C(t/m)$
Hog., Full	0	9.78	7.32	24.5	37.0	38.4	15.5
Sag., Full	6.65	9.78	7.32	24.5	14.9	16.4	15.5
Hog., Ballast	4.00	0	0	0	23.1	24.6	0

ーには圧縮荷重が作用し、センターピラーの反力もかなり大きくなり、倉口中央の曲げモーメントが大きくなる。

Hog., Ballast では中央甲板には荷重は作用しないが、船底水圧による内方たわみによりセンターピラーの反力は大きく、これにより中央甲板の曲げモーメントは、Hog., Fullの場合と殆んど同じ位になる。

図15・13に各種荷重状態における横強度部材の曲げモーメント分布を示す。Sag., Fullのときは小さいが、Hog., FullおよびHog., Ballastのとき大きい。特にHog., Fullにおける船底湾曲部、Hog., Ballastにおける船底中心部の曲げモーメントが大きくなる。

この図において実線及び二点鎖線は、それぞれセンターピラーを有する場合と有しない場合の倉口中央の横部材の曲げモーメントを示し、点線はセンターピラーを有する場合の倉口端部横部材の曲げモーメント分布、さらに一点鎖線は縦強度部材を無視した場合を示している。

これより判明するごとく、縦強度部材を無視した場合は、立体計算における場合と船底湾曲部および船底中心部の曲げモーメントはかなり相違しており、またセンターピラーを有すれば、倉口中央の横強度部材の曲げモーメントはHog., Ballastにおいて湾曲部およびセンターピラーの位置で約20%減少し、Hog., Fullにて湾曲部で約10%減少する。このように倉口中央で大きくなる横部材の曲げモーメントをセンターピラーによって減少させることができる。

立体強度上センターピラーは、縦強度よりも横強度に大きな影響を与えることがわかるが、注意しておかねばならないことは、両者への影響は船倉部の縦横寸法比によって異なることである。

15・6 結 言

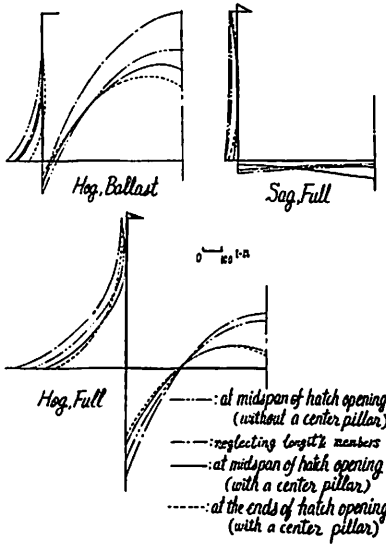


図15・13 各荷重状態における横強度部材の曲げモーメント分布

二列倉口船の縦曲げにおける中央甲板の有効度および一船倉部の立体強度を検討し、さらに立体強度におけるセンターピラーの効果について解析ならび一部実験を行なって比べて得られた結果を要約すると次のようである。

- (1) 二列倉口船においては第一船倉が1個または2個の倉口を有する2種類の構造のものがあるが、両者に対応した境界条件を適当に取り入れる解法を求め、実船に対する計算を行い、これら両構造の中央甲板の有効度を比較してみると、第一船倉に2個の倉口を有する方が約2%有効度は大きい。
- (2) 第一船倉に1個の倉口を有するものでは側部甲板の縦応力は中央甲板のそれに比べ何れの倉口においても大きいですが、第一船倉に2個の倉口を有する場合は第一および第二船倉の中央甲板の縦応力は側部甲板のものより大きくなる。二列倉口船で中央甲板の応力が側甲板のそれより大きくなるか小さくなるかは甲板前後端の構造、曲げモーメント、剪断力などに支配されることが理論式および計算結果より判明する。
- (3) 機関室開口の前端の剪断応力はかなり大きくなるので注意する必要がある。
- (4) 光弾性実験による開口甲板応力の計測応力と計算応力とを比較してみると両者は良く一致しており、このような解析法が十分実用的であることがわかった。
- (5) 立体構造強度計算を行なった結果、船底縦桁では横隔壁部および倉口中央部の曲げ応力が大きくなり、横強度部材においては湾曲部の特設肋骨および船底肋板の船体中心部で大きくなる。
- (6) センターピラーにより倉口中央部の船底縦桁および船底肋板の曲げ応力を減少させることができるが、その効果は余り大きくない。
- (7) センターピラーは横強度部材の曲げモーメントに大きな影響を与える。
- (8) 縦強度部材の影響を無視した横強度計算では、部材の曲げモーメントは実際よりかなり異なった結果を与えることになる。

●船の科学刊行の本●

海運造船の戦後復興から石油ショック後の今日まで  
著者の眼が捉えた生の戦後史

米田 博 著『私の戦後海運造船史』

海運・造船関係者にとっては特に、自分たちの歩んだ足どりを確かめるのに本書は有意義な読む資料である。

B5判165頁 上製カバー装 定価1,500円(〒300円)

● 連 載 ●

# 冷 凍 運 搬 船<37>

— Reefer —

角 張 昭 介・椎 原 裕 美

## 8・2・1 防熱された囲壁・天井・床部分での熱貨流率 (つづき)

### (6) 外面フィンの影響係数 ( $\xi$ )<sup>3)</sup>

機関室前端隔壁、2重底頂板、船首隔壁等冷蔵倉囲壁を構成しつつ、外気に接する面において桁、肋骨等の各種防撓部材が張り出している場合には、これらの防撓部材が吸熱フィンの役割を果たすために、その影響を考慮に入れておく必要がある。

外面フィンの影響係数 ( $\xi$ ) は、図8・15に示すように、アングル材、T型材等のフランジまたはフェース部も含めて、外気中に張り出した部分のフィン効率を、これと等価な甲板および隔壁板におきかえることで求める。

$$\xi = 1 + \phi A_f / A_p \quad (8 \cdot 25)$$

$$= 1 + 2 \phi (h + F) / L$$

$\xi$  : 外面フィンの影響係数

$\phi$  : フィン効率 (図8・16参照または次式)

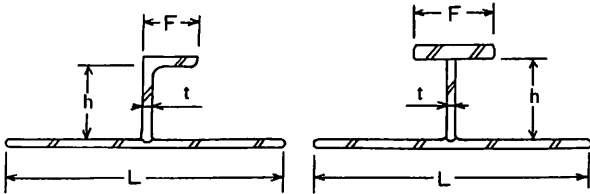


図8・15 吸熱フィンとしてのアングル及びT型材

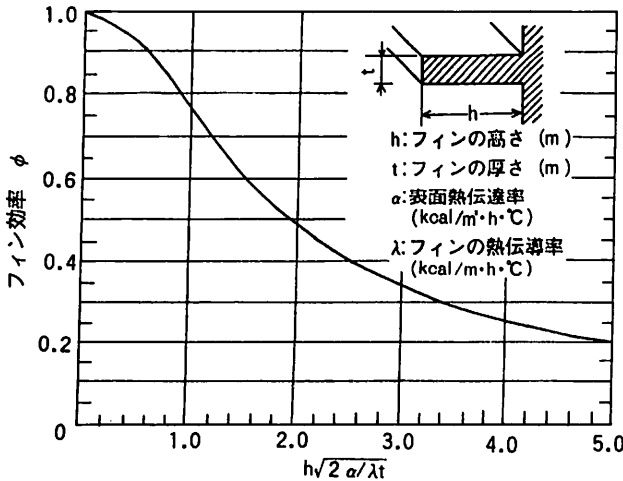


図8・16 板状フィンのフィン効率

$$\phi = \frac{\tanh(h\sqrt{2\alpha/\lambda t})}{h\sqrt{2\alpha/\lambda t}}$$

$A_f$  : フィンの表面積 ( $m^2$ )

$A_p$  : 甲板または隔壁板の表面積 ( $m^2$ )

$h$  : フィンの高さ (m)

$L$  : フィン (防撓材) 間隔 (m)

$F$  : フランジまたはフェース部の幅 (m)

## 8・2・2 額縁部からの熱侵入率<sup>6)</sup>

甲板縁、隔壁縁等額縁部からの熱侵入率は、次式において求められる。(図8・17参照)

$$H = \frac{\lambda t}{D + \left(\frac{\lambda t}{K_1 + K_2}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (8 \cdot 26)$$

$H$  : 甲板縁 (隔壁縁) 1 m 当たりの侵入熱量 (kcal/m・h・°C)

$\lambda$  : 鋼 (甲板および隔壁) の熱伝導率 (kcal/m・h・°C)

$t$  : 甲板 (隔壁板) の有効厚さ (m)

$$t = t_0 + \frac{A}{S}$$

$t_0$  : 鋼板の厚さ (m)

$A$  : 防撓材の断面積 ( $m^2$ )

$S$  : 防撓材の間隔 (m)

$K_1$  : 甲板 (隔壁) 表面の熱貨流率 (kcal/ $m^2$ ・h・°C)

$K_2$  : 甲板 (隔壁) 裏面の熱貨流率 (kcal/ $m^2$ ・h・°C)

$D$  : 船側から船体防熱の最も内側までの距離 (m)

(8・26) 式の中で、甲板の有効厚さは、各種防撓材

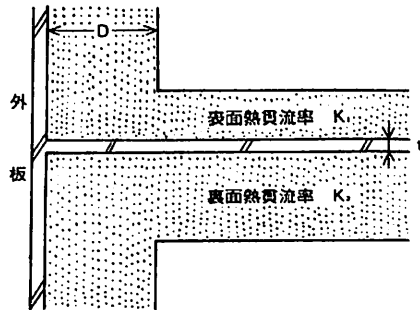
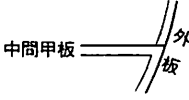


図8・17 甲板縁 (隔壁縁) からの熱侵入



表 8・9 額縁部からの熱侵入率の計算例

額縁部防熱材	H (kcal/m <sup>2</sup> ・h・°C)
 中間甲板 表・裏とも非防熱	1.12
 中間甲板 裏面は防熱あり、 表面はなし	0.97
 中間甲板 裏面は防熱あり、 表面は舷側から900mm、 厚さ50mm程度の防熱 あり	0.58
 中間甲板 裏面防熱あり、 表面は厚さ75mm程度の 全面防熱あり	0.51
 中間甲板 裏面防熱あり、 表面は厚さ150mm程度 の全面防熱あり	0.45
 隔壁 両面とも防熱あり	0.30

の断面積相当分を考慮に入れた厚さをとり、甲板裏面に横方向に甲板梁が通っている時は、その分も同様にして算入する。表 8・9 に (8・26) 式による計算例を示す。

8・2・3 平均熱貫流率及び冷蔵設備能力の確認方法<sup>5)</sup>

冷蔵倉負荷に対して冷凍機の冷却・保冷能力は (8・1) 式で確認されるが、負荷の中でウェイトの大きい侵入熱負荷に主眼を置き、その中の熱貫流率として冷蔵倉全体の平均熱貫流率を用いて、保冷能力を確認する方法が船級協会によって採られている。

平均熱貫流率は、次の 3 つから成り、それぞれ設計値および冷蔵設備施工後に行われる熱平衡試験によって得られる計測値から求められる。

- a) 冷蔵倉全体の防熱装置の平均熱貫流率 ( $K_{m1}$ ) (設計値)
- b) 保冷時における冷蔵倉全体の防熱装置の平均熱貫流率の許容限度 ( $K_{max}$ ) (設計値)
- c) 熱平衡試験の測定データから導出される平均熱貫流率 ( $K_{m2}$ )

この 3 つの平均熱貫流率を用いて、設計時においては  $K_{max}$  と  $K_{m1}$  の比により、防熱装置として冷凍能力に余裕があることを確かめる。通常、この比を 1.2 程度にとる。ただし、この値は冷凍能力に直に 20% 程度の余裕が

あることを意味するわけではなく、(8・1) 式からも判かるように、侵入熱負荷として 20% 程度の余裕であり、侵入熱負荷の全冷凍負荷に占める割合によって、冷凍能力自身の余裕は異なってくる。

就航後の設備の劣化は、冷凍機自身および防熱装置に対して考慮すればほぼ足りるので、侵入熱負荷の占める割合の大きい凍結品専用の冷凍運搬船では、全熱負荷に占める侵入熱負荷の割合を仮りに約 80% とすると、先の  $K_{max}$  と  $K_{m1}$  の比 1.2 における冷凍能力の余裕は、16% 程度を見込んだものとなる。逆に、その割合の小さい冷蔵貨物専用の船では、割合を仮りに約 30% とすると同様に冷凍能力としての余裕は 6% 程度しかないことになる。

しかし、冷蔵貨物専用の船では、全冷凍負荷に占める割合の大きい新鮮空気導入熱負荷に (8・11) 式の換気回数として、ある程度の余裕を見込んであるので、十分と言える。

設計時に冷蔵設備能力の確認が行われているので熱平衡試験終了時には、 $K_{m1}$  と  $K_{m2}$  の値に差がないことが確かめられれば良い。これは、通常、多くの経験により裏付けされた設計値を基に、施工結果を判断することにも繋がる。大体、10% 程度がその目安となろう。つまり、 $|1 - K_{m2}/K_{m1}| \leq 0.1$  である。

$K_{m1}$  に比べて  $K_{m2}$  の値が大きく異なった場合は、まず、工事の施工状況の調査が必要となると同時に、 $K_{m1}$  に比べて  $K_{m2}$  の値が大きい場合は、改めて冷凍能力の余裕があることを確認する必要が生じる。

次に、これらの平均熱貫流率の求め方を示す。

(1) 冷蔵倉全体の防熱装置の設計時における平均熱貫流率 ( $K_{m1}$ ) の求め方

(8・8) 式で求まる侵入熱負荷として、額縁部からの侵入熱も合わせて求め、(8・27) 式から防熱壁の熱貫流率の平均値とする。

$$K_{m1} = \frac{\sum K_i \cdot A_i \cdot \Delta T_{Di} + \sum H_i \cdot L_i \cdot \Delta T_{Di}}{\sum A_i \cdot \Delta T_{Di}} \quad (8 \cdot 27)$$

$K_i$ : 各防熱壁の熱貫流率 (kcal/m<sup>2</sup>・h・°C)  
(8・2・1 参照)

$A_i$ : 各防熱壁の外表面積 (m<sup>2</sup>)  
 $\Delta T_{Di}$ : 各防熱壁の内外の設計温度差 (°C)  
(表 8・10 参照)

$H_i$ : 各額縁部の熱侵入率 (kcal/m<sup>2</sup>・h・°C)  
(8・2・2 参照)

$L_i$ : 各額縁部の長さ (m)

通常  $K_i$  および  $H_i$  は、(8・21) 式および (8・26) 式から求まる値に、作業係数として 20~30% 程度のマージンを見込んだ値を用いる。

表 8・10 標準設計温度 (°C)<sup>2)</sup>

区 分	遠 洋	沿 海
外 気 温 度 °C	35	32
海 水 温 度 °C	32	28
上 甲 板 表 面 温 度 °C	60	55
外 板 “ (水面上) °C	50	45
機 関 室 内 温 度 °C	45	42
前 端 隔 壁 温 度 °C	40	37
二 重 底 温 度 °C	32	28
居 住 区 内 温 度 °C	30*	32
甲 板 上 ス ト ア 温 度 °C	40	38

\* 印は空調をした場合の温度を示す。

(2) 保冷時における冷蔵倉全体の防熱装置の平均熱貫流率の許容限度 ( $K_{max}$ ) の求め方

保冷時の予備機を除いた冷凍能力の合計から、侵入熱負荷以外の全熱負荷を差し引いた残りの冷凍能力を侵入熱負荷にあてたものとして、平均熱貫流率の許容される最大値を求める。

$$K_{max} = \frac{N_1 Q_{DC} - \sum Q_{D1}}{\sum A_i \cdot \Delta T_{Di}} \quad (8 \cdot 28)$$

- $N_1$ : 保冷時の冷凍機の台数 (予備機を除く)
- $Q_{DC}$ : 冷凍機 1 台の冷凍能力 (kcal/h)
- $\sum Q_{D1}$ : 冷蔵倉内熱負荷で侵入熱負荷を除いたものの総和 (kcal/h) (8・1・2 参照)
- $\sum A_i \cdot \Delta T_{Di}$ : 各防熱壁の外表面積と内外の設計温度差を乗じたものの総和 ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )

冷凍能力は、保冷状態での標準冷凍能力を用い、冷媒液の過冷却度  $5^\circ C$ 、圧縮機吸入ガスの過熱度  $0^\circ C$  および凝縮温度  $40^\circ C$  とした場合の値を用いるのは当然である。

(3) 熱平衡試験の測定データから導出される平均熱貫流率 ( $K_{m2}$ ) の求め方

$K_{m1}$  が平均熱貫流率の設計値であるのに対して  $K_{m2}$  は実測値と言える。熱平衡試験の測定データを用いて次式で求められる。

$$K_{m2} = \frac{N_2 Q_{TC} - \sum Q_{T1}}{\sum A_i \cdot \Delta T_{T1}} \quad (8 \cdot 29)$$

- $N_2$ : 熱平衡試験時の冷凍機運転台数
- $Q_{TC}$ : 熱平衡試験時の冷凍機 1 台の冷凍能力 (kcal/h)
- $\sum Q_{T1}$ : 熱平衡試験時の冷蔵倉内熱負荷の合計 (kcal/h)
- $Q_{T1}$ : 倉内循環送風機による放熱量 (kcal/h)
- $Q_{T1} = n \times p \times 860$

$n$ : 熱平衡試験時の送風機の運転台数

$p$ : 入力電力実測値 (kW)

$Q_{T2}$ : 電灯の放熱量 (kcal/h)

$$Q_{T2} = n \times p \times 860$$

$n$ : 熱平衡試験時の電灯の点灯個数

$p$ : 入力電力実測値 (kW)

$Q_{T3}$ : その他の熱源の実負荷 (kcal/h)

$\sum A_i \cdot \Delta T_{Ti}$ : 熱平衡試験時の防熱壁外表面積とその内外温度差との積の総和 ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )

$Q_{TC}$  の値は実際の運転状態に合ったものとして、(8・7) 式により、種々の補正の行なわれた値を用いる。また、冷凍能力線図から冷凍能力を求める際の凝縮温度および蒸発温度は、通常、各々圧縮機吐出圧力および圧縮機吸入圧力の測定値から求まる冷媒の飽和温度が用いられる。

熱平衡試験中は、倉内熱負荷としては倉内循環送風機による放熱量に特定して良い (グリッドタイプの場合はもちろん、この負荷は無い) が、ブラインシステムの場合、キャンドタイプのブラインポンプ等は、ポンプの出力エネルギーがブラインの圧力として吸収されるため、この熱負荷も算入することになる。

熱平衡試験中の防熱壁内外の温度差の取り方 (詳細は 8・3 参照) には、外気温の影響が倉内温度変化になって表われるまで、数時間のタイムラグがあるために注意が必要であり、外気温の変化が数時間を通して少ない時の最後付近の測定値を用いるのが良い。

また  $K_{max}$  の値は、熱平衡試験にはいる前に十分の予冷が行われ、防熱材および倉内臓装品からの熱除去が十分に行われていない場合には、 $\sum Q_{T1}$  の中にその量が含まれることになるので、十分の予冷が必要ということはいうまでもないことである。

参考文献

- 8) 日本機械学会: 「伝熱工学資料」改訂第 3 版

● 船の科学刊行の本 ●

★ 荷役装置の設計・取扱い関係者必須の指針 /

「船舶用荷役装置の安全と構造設備のための要件」

B 5 版 本文 88 頁 定価 3200 円 (送料共)

船舶の荷役作業における職業上の安全と健康に関する ILO の指針を、船舶揚貨装置を取り巻く最近の情報変化に鑑み、「新条約」および「新勧告」の英和対訳並びに本巻 1 冊で充分なるよう、従来より利用されている現行第 32 号条約の「ILO 実行指針」を訳出し、読者各位の技術資料として役立てるよう刊行することにした。

## 液化ガスタンカー関連の重大災害事例(下)

恵美 洋彦

### 4. プロピレンタンクローリの火災爆発

メキシコの事例に続く液化ガス設備における史上2番目の大災害は、1978年7月11日、スペインで発生した液化プロピレン輸送のタンクローリの爆発である。これは、死者総計150名を超える大きな災害となった。(即死者約100名を含み、総計200名の死者という報道もある。)次に、主として文献<sup>9)</sup>に基づいてその概要を紹介する。

#### 4・1 爆発の状況

爆発したタンクローリは、43㎡円筒形タンクを有し、液化プロピレンを満載していた。貯蔵は、圧力式(液温はほぼ常温)であった。この爆発は、タンクローリが道路上で停車中に突然に発生した。

被害の状況は、図4に示すとおりであった。タンクローリの運転台は、道路上前方約140mのところまで飛翔して落下した。

タンクは、溶接線に沿って前部と後部の2つに大きく分断された。前部(タンクの約 $\frac{2}{3}$ )は、およそ100m前方の個所まで飛んで落下した。後部( $\frac{1}{3}$ )は、縦に裂開して後方約100mの個所まで飛翔・落下した。さらに、前端鏡板の一部は、前方約200mおよび左前方約100mのところまで飛翔した。この飛翔方向は、円筒形タンクの長手方向となる。

道路の左側(海側)には、高さ約1.5mの煉瓦塀が設けられていた。この煉瓦壁は、爆風によって約100m余に亘って破壊した。煉瓦壁の破片は、全て道路側に落ちていた。タンクローリの前方に残った塀も、道路側に傾

いていた。

目撃者によると、爆発音は、数秒の間隔をおいて前後2回聞こえた。最初の爆発音は、タンクの破壊時、後の爆発音は、大気中に瞬間的に流出・拡散したプロピレンの大気中混合ガス爆発時と推定されている。

道路の左側(海側)は、キャンプ場になっており、爆発時に、大勢(約800人)のキャンパーがいた。したがって、死者約150ないし200人(文献により、150余、180、200名等)、負傷者120人という大惨事に至った。また、自動車は、約100台、建物は、約14棟が炎上または倒壊した。

被害の範囲は、道路沿いに長さ約220m、道路から海岸方向の幅約30ないし80mに亘った。

災害発生経過としては、最初にタンクが突然に燃焼反応を伴わない爆発的破壊を起こし、液化プロピレンが瞬時に流出・蒸発・拡散した。そして、白い傘状の貨物蒸気雲がキャンプ場をおおって、着火し、ファイアボールを含む混合ガス爆発に至った。このファイアボール中心の火炎温度は、約1500℃という報告がある。このとき、風は陸から海側に向かって吹いていた。

#### 4・2 発生原因

この災害は、最初に生じたタンク大破壊を主要原因とするが、この経過は、次のように推定されている<sup>9)</sup>。

最初の爆発は、ブレーブ(蒸気爆発)によって発生した。このブレーブの発生原因は、貨物の過剰充填に起因する過圧によるタンク大破壊と考えられている。事故発生当時の気温は、24℃程度であり、さらに、タンクは直射日光にさらされていた。したがって、当日の朝、気温の低いときに液化プロピレンが過剰充填されたとすると、タンクは、温度上昇による液膨脹によって容易に破壊する。(100%液充填とすると、1℃の液温上昇で20kg/cm<sup>2</sup>程度の圧力上昇をもたらす<sup>14)</sup>)そして、タンクに大きな亀裂破孔が発生し、貨物の瞬時流出・内部圧力の急激低下によってブレーブ発生に至ったと考えられる。即ち、燃焼反応を伴わない最初の爆発音は、ブレーブ発生によると推定される。

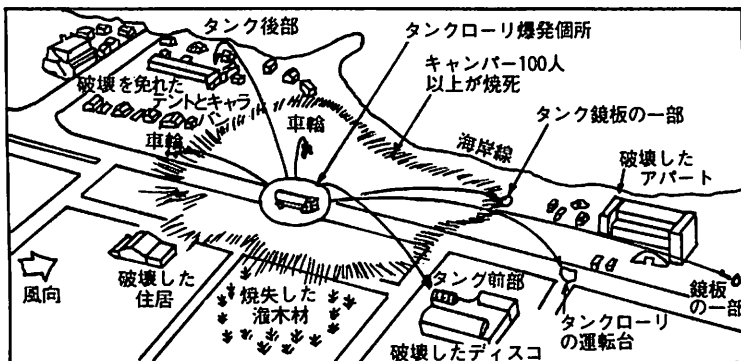


図4 タンクローリの爆発による災害の状況

タンクの最初のき裂は、底部長手方向に生じた。次いでタンクは、円周上の溶接線の後 $\frac{1}{3}$ 、前 $\frac{2}{3}$ に切断され、内容物の噴出によって図4のように飛翔したと推定されている。このように、大気中に放出された液化プロピレンは、フラッシュ蒸発を伴ってミスト状に急速に分散した。そして、空中拡散し、キャンプ場の着火源によって、混合ガス爆発が発生したと推定されている。後の爆発音は、この混合ガス爆発によると考えられる。

前述のように、道路沿いの煉瓦塀が道路側に落ちていたことは、キャンプ場内で着火した混合ガス爆発による爆風圧で破壊したとの推定根拠とされている。この爆発による燃焼生成ガスが地表面上を半球状に拡がったと仮定すると、温度 $1500^{\circ}\text{C}$ として、その拡散直径は200mとなる。これは、前述の被害範囲(220m×30m)とほぼ一致するとされている<sup>9)</sup>。

#### 4・3 考察

ブレーブの多くは、発生条件である容器内高圧飽和液体の急激圧力降下に至るのに貨物漏えい・流出火災によって容器加熱・温度上昇・タンク破壊という経過をたどる。しかし、本件は、火災爆発なしにブレーブ発生に至った少ない例の一つである。ほかにも、1978年米国においてLPG貨車脱線事故の際発生した亀裂によりブレーブを発生した例がある<sup>9)</sup>。また、液化アンモニア容器でも発生例がある。これらは、圧力式(あるいは低温圧力式)液化ガスタンカーにおいて、タンクに大きな亀裂・破孔を生じた場合、ブレーブ発生のおそれがあることを示唆する。

### 5. LNGタンクの火災爆発

死者数では4章の事例に及ばないが、被災面積のはるかに大きい災害としては、1944年米国のLNG貯蔵タン

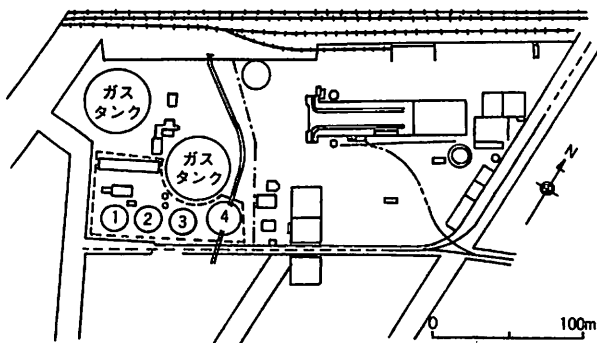


図5 米国、クリーブランドのLNG基地  
(图中、1ないし4は、Nos.1ないし4 LNGタンク)

クの火災爆発がある。この事例は、多くの文献でとりあげられており、著明な事例である。ここでは、主として文献<sup>10)</sup>によってこの災害の概要を示す。

米国オハイオ州イーストハイオガス社クリーブランド工場のピークシェービング用LNGタンクおよび関連設備は、図5に示すような配置であった。Nos.1ないし3 LNGタンクは、1941年建造された3.5%Ni鋼製の球形タンクであった。タンクの外殻は、炭素鋼製であった。No.4 LNGタンクは、屋根および底板が球形の円筒形タンクで、容積は、4,250 m<sup>3</sup>であった。材料は、球形タンクと同じであった。LNGは、低温貯蔵(約 $-160^{\circ}\text{C}$ )されていた。

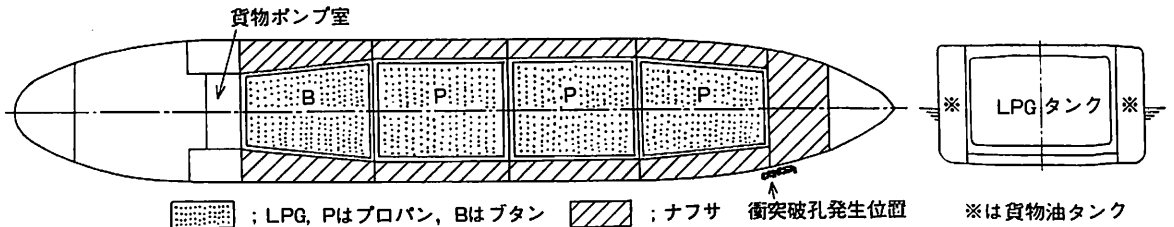
1944年10月20日、午後、No.4 LNGタンクの高さ $\frac{1}{2}$ ないし $\frac{3}{4}$ のところから液とガスが噴出しているのが目撃されている。そして、No.4 LNGタンクから地面をほうようにしてガスが工場内を拡散し、白雲状の蒸気雲が形成された。これがある地点に達したとき、着火し、連鎖的に黄橙色のフラッシュ火炎が生じた。この火炎により、近接の他のLNGタンクが倒壊し、さらに、大規模な火災爆発が発生した。火災は、1500m離れた住居地域まで拡がった。火炎高さは、840mに達し、きのこ雲状の火炎形状が観察された。死者は、128名(文献によっては133名)、負傷者は、200ないし400名であった。焼失面積は、12万m<sup>2</sup>に及んだ。全焼は、家屋79戸、工場2、自動車217台、トラクタ1台であった。半焼は、家屋35戸、工場2であった。火災は、約10時間続いた後に鎮火した。

原因は、いうまでもなく材料(3.5%Ni鋼)選定の不適切によるぜい性破壊である。ただし、当時(1941年)は、3.5%Ni鋼でLNGの低温に十分耐えると考えられていた。なお、最初に漏えい・流出を生じたNo.4 LNGタンクは、第1回目のLNG受入れ時に、タンク底板に亀裂が入り、補修されていたとのことである。

### 6. 第10雄洋丸(低温式LPG兼ナフサ運搬船)の衝突によるナフサの火災爆発

1974年、東京湾内で衝突して流出ナフサが炎上した本件は、液化ガスタンカーとしての災害ではなく、むしろ、油タンカーとしての火災爆発である。しかし、周辺大火災における液化ガスタンカーの低温式LPGタンクへの影響を考察する上に、極めて貴重な経験である。ここでは、主として文献<sup>11)</sup>により、その概要を紹介する。

本船は、1966年に低温式LPG・原油混載船として設計・建造された。ただし、衝突時に船側の貨物油タンクには、ナフサを積載し、センターのLPGタンクには、



; LPG, Pはプロパン, Bはブタン    
  ; ナフサ    
 衝突破孔発生位置    
 ※は貨物油タンク  
 L<sub>all</sub> : 227.1 m     D : 20.75 m     載貨重量 : 53,684 t     総トン数 : 35,315 GT  
 L<sub>pp</sub> : 215.0 m     d : 12.0 m     貨物油タンク : 33,983 m<sup>3</sup>  
 B : 35.8 m     満載排水量 : 71,413 t     LPGタンク : 47,400 m<sup>3</sup>

図6 第10雄洋丸のタンク配置および衝突時積荷

プロパン、ブタンを積載していた。

タンク配置の概要は、図6に示すとおり<sup>13)</sup>。

本船の舷側タンクおよび船首レザータンクは、貨物油タンクとして原油や石油精製品積載に使用されていた。LPGタンクは、センターホール드에設置されており、いわゆる独立型方形方式タンクタイプAであった。タンク防熱としては、ポリウレタンフォームが外部に設けられていた。このホールドスペースには、可燃性ガス検知器および換気装置が設けられていた。イナートガスは、充填されていなかったようである<sup>注)</sup>。

注；現行規則では、この方式のタンクの場合、タンク周囲にイナートガスを充填する必要がある。しかし、本船建造時の規則では、必ずしも、必要でなかった。

1974年11月9日13時37分少し前、本船は、東京湾内、中の瀬北口付近で貨物船“Pacific Ares”と衝突した。そして、船首レザータンクおよびNo.1舷側タンク(S)のナフサが流出・引火・炎上した。衝突時の両船の状況は、次のとおりであった；

衝突箇所・角度	: 図7参照
衝突速度 Pacific Ares	: 8 kn
第10雄洋丸	: 9 kn
衝突時喫水 Pacific Ares	: 船首 8.3m
	船尾 9.26m
第10雄洋丸	: 船首尾 12.0m
第10雄洋丸積荷 貨物油タンク	: ナフサ 20,831 kT
	No.1~3 : プロパン 20,202 kT
	No.4 : ブタン 6,443 kT

第10雄洋丸は、図6のように、船首レザータンクおよびNo.1舷側タンク(S)にかけて右舷側外板に大破孔を生じた。同時に、ナフサに引火して黒煙に包まれた火炎が高く噴き上げ、右舷側海面が火の海となった。14時5分、乗組員は、全員が退船した。(38人中、5人が海中で溺死)この時、本船の機関は停止され、また、炭酸ガス消火装置の弁は開放されていた。

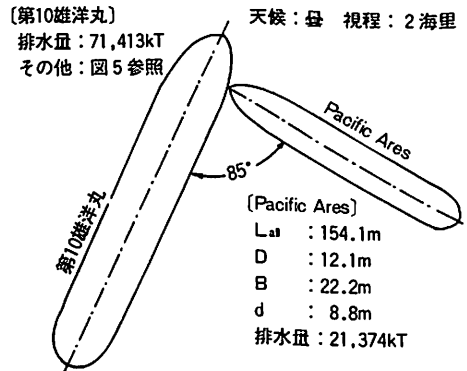


図7 衝突状態

船体は、炎上しながら漂流を続けた。11月9日16時40分ごろ大爆発を起こし、火勢を増して漂流を続けた。新聞報道によると、水面上火炎高さは、約50mに達した。同日21時26分、決死的作業で曳船索が取り付けられ、曳航を開始した。同日23時36分、中の瀬4番ブイから2マイルの水深10mの浅所に座州させられた。

本船は、その後、炎上を続けた。そして、11月15日、海上保安官8名、船主代表1名の調査班が本船に乗船し、船内主要部の点検を行なった。また、船首部に曳航索が取り付けられた。11月19日、湾外曳航のための準備作業(泡消火液注入等)、20日10時浮揚され、曳航が開始された。同日21時、南西風のため、大きな爆発が発生し、曳船等の安全のため、曳航索が切離された。本船は、黒潮に乗り、炎上しながら漂流した。

11月27日、海上自衛隊による砲撃が開始された。結局、約7時間に亘る魚雷、ロケット弾、艦砲弾による攻撃で28日18時47分、犬吠埼灯台東南東280海里のところで沈没した。

衝突後、攻撃開始までの19日間、本船のレザータンクおよび舷側タンクのナフサは、船内および海上で炎上し続けた。しかし、低温式LPGタンクに殆んど影響が



ないことは明らかであった。Nos.1ないし3 LPGタンクの過圧安全弁、液面計等から漏えい・流出した蒸発ガスは着火燃焼した。これらの艤装品には、アルミニウム合金が使用されていたと推定される。(現在の規則では不可)しかし、LPGタンクが破壊した事実は認められていない。

なお、Pacific Aresは、衝突によって船首部を圧壊大破し、第10雄洋丸から吹き出した火炎および流出したナフサを船首楼から上甲板全般に亘って浴び、瞬時にして全船火災に至った。このため、乗組員29名中、生存者は僅か1名であった。死亡原因は、焼傷、酸欠または溺死と推定されている。

## 7. 結論

本編でとりあげた重大災害事例からは次のようなことがいえる。

### (1) 低温式液化ガスタンカー

(a) 低温式LPG船の貨物格納設備は、周辺あるいは頂部火災に対して十分な抵抗力がある。1章および6章に示したのは、かなり厳しい事例であるが、火災爆発によるLPGタンク破壊の進行はなかった。これは、

- (i) タンク周囲が鋼構造(ホールドスペース周囲壁)で周辺火災から保護されていること。
- (ii) インタバリヤスペース(タンクとホールドスペース周囲壁の間)が狭く、この頂部破孔では内部タンク周囲に火が廻りにくいこと。
- (iii) 前(ii)の配置に加え、防熱材には、可燃性ではあるが、引火性ではない材料が使用されていたこと。
- (iv) 貨物の蒸発は外部からの入熱に依存するため、タンク開口を生じても激しい蒸発(フラッシュ蒸発)を起こさないこと。
- (v) 周辺火災による入熱は、LPGの蒸発に費やされ、タンクや貨物温度の上昇には費やされないこと。

の構造配置および低温式液化ガスの特徴による。

(b) 前(a)の火災爆発に対する抵抗性は、LPG船のみならず、LNG船等の全ての低温式可燃危険性液化ガスタンカーに対して、一般的にいえる。なお、タンク周囲にイナートガスを充填する場合、火災爆発に対して、さらに、抵抗力を増す。

(c) 低温式可燃性液化ガスタンカーの頂部火災は、タンク側壁・底部が破壊しない限り、鎮火可能である。

(d) 衝突等により1つのタンクに大破壊が生じ、貨物流出・火災爆発が発生しても、ホールドスペース周囲壁が健全な限り、他のタンクの破壊等に至る可能性は小さい。

(e) 6章に示した衝突事故が低温式LPG船等で生じたとすると、この衝突速度は、8knと想定されており、貨

物タンク破壊発生の限界速度を超える可能性が多い。港内における航行速度8knは、一見速いような気もする。しかし、ある港における航行速度の調査では、1,000ないし4万総トンの船舶の平均値は9kn強という観測結果もある。したがって、この事故例からも港内における衝突防止の適切な規制・対策は、安全上、最重要事項といえる。

### (2) 圧力式液化ガスタンカー

(a) 圧力式液化ガスタンカーでは、常温貯蔵下において、貨物の漏えい流出による火災爆発なしにブレーブ発生のおそれがある。蒸気圧の低い高沸点液化ガス(例、ブタン、ブチレン)は、中沸点液化ガスに比べて、常温貯蔵下においてブレーブが発生しにくいのは事実である。しかし、現在のところ、ブレーブの発生条件は定量的に解明されていない。したがって、危険性評価では、タンク大破孔が生じたとき、ブレーブの発生危険ありと仮定すべきである。

(b) 貨物の漏えい流出・火災爆発を原因とするブレーブ発生については、次のことがいえる。

- (i) 過圧安全弁が正常に作動する限り、放射熱およびタンク内液面より下での局部的な火炎の接触では、タンク大破壊即ちブレーブは発生しにくい。
- (ii) タンクが完全に火炎に包まれたような火災の場合、ブレーブ発生のおそれが多い。
- (iii) ジェット火炎がタンク気相部に接触する場合、その大きさや水噴霧の効果にもよるが、ブレーブに至るおそれがある。
- (iv) ある1つのタンクにブレーブが発生した場合、隣接した他のタンクは、破片または火炎に包まれて、大破壊・ブレーブ発生に至る可能性が多い。
- (v) 円筒形タンクでブレーブを生じた場合、タンクは、前後部に2分され、それぞれ、前後方向に飛ぶ可能性が多い。そして、それが隣接タンクを破壊してブレーブを再発生させる危険がある。

(c) 圧力式液化ガスタンカーのタンクは、構造配置的に前(b)(ii)のような状態の火災に至りにくい。ホールドスペース周囲壁が健全であり、緊急しゃ断弁、水噴霧装置および過圧安全弁が正常に作動する限り、周辺火災ではブレーブ発生の可能性は小さい。

### (3) 低温圧力式液化ガスタンカー

圧力式液化ガスタンカーに比べ、正常時の蒸気圧が低いため、ブレーブは生じにくいといえる。ただし、定量的には明確でない。

さらに、周辺火災でのブレーブは、頂部がタンクカバーで覆われているため、圧力式液化ガスタンカーに比べ

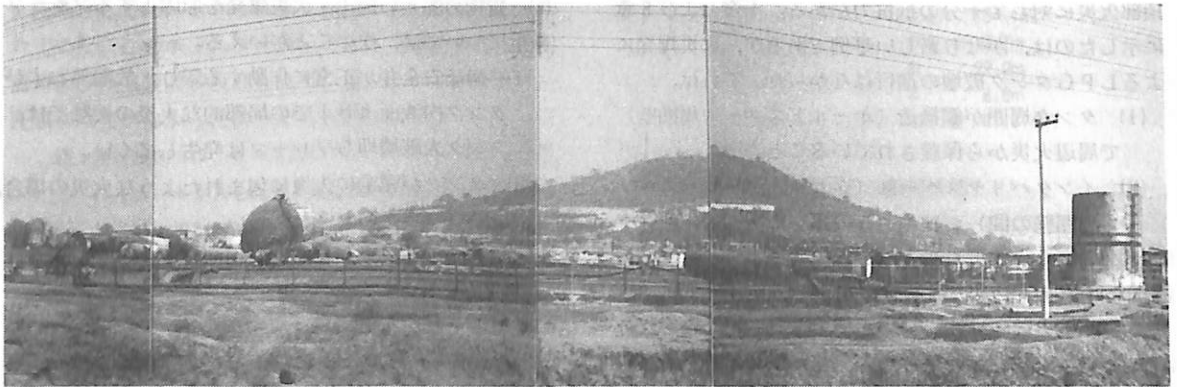
て発生しにくい。

参考文献

1) 恵美, LNG 船 / LPG 船技術資料, 船舶技術協会  
 2) IV編, 液化ガスタンカーの重要損傷・故障および人間エラーについて  
 3) Capt. J. A. Carter, Salvage of Cargo from the War-Damaged 'Gaz Fountain', Gastech 85  
 4) C. M. Pietersen, Analysis of the LPG Disaster in Mexico City, 19 November 1984, Gastech 85  
 5) 千葉, メキシコで液化ガスタンク群大爆発, 安全工学 Vol. 24, No. 1 (1985)

6) K. W. Blything, 'BLEVE' Probability of a 100 te LPG Storage Vessel, Gastech 85  
 7) 高圧ガス保安協会, 高圧ガス事故例集, 昭和57年3月  
 8) 北川, 化学安全工学, 日刊工業新聞社  
 9) 北川, スペインの液化プロピレン・タンクローリの爆発原因の解析, 安全工学, Vol. 18, No. 2 (1979)  
 10) 化学工学協会, 事故災害事例と対策, 丸善  
 11) 横田ほか, 海上交通の安全を求めて - 第拾雄洋丸衝突事件の記録 -, 海文堂  
 12) 日立造船, LPG / 原油混載船第拾雄洋丸について, 船の科学, Vol. 20 - 6, 1967  
 13) VII編, 貨物災害の予測と評価, 船の科学  
 14) III編, 貨物の潜在的危険性概論

●資料 本資料は、前号にて紹介した「3. メキシコにおけるLPG災害」の爆発1ヶ月後の現場状況の写真である。



メキシコ・シティ北部サンファンコ地区ガス爆発現場 (1984年12月28日: 米田博氏撮影)

<写真解説> 手前側に鉄道線路があり、この付近も人家が密集し被害を蒙った。また、山の斜面にも人家が密集していた。

●船の科学刊行の本●

恵美洋彦・曾根 紘・角張昭介 共著

『ケミカルタンカー』

B 5 版 300 頁 5000 円

『続・ケミカルタンカー』

B 5 版 424 頁 7500 円

(※ご注文は当社に直接お願いします。送料は当社負担致します。)

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

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

# 船舶電子航法ノート(113)

木村 小一

## A・7・3・10 MITのGPS受信機

連邦航空局が国防省のZセットでの飛行試験をしたのちに、その経験から新しいGPS受信機の開発をマサチューセッツ工科大学(MIT)のリンカーン研究所に委託をした。そして、開発された受信機は小型航空機用であるが、いくつかの特長を持っているので以下に紹介する。

この受信機は、試作機での試験用の構成となっており、2チャンネルのC/Aコードのみを使用する受信機と、受信機を管理するコンピュータ、航法と計装用のコンピュータおよび制御表示器とから構成されている。

この受信機は2チャンネルとしては、おそらくはじめてのもので、一つのチャンネルではすべての視野中にある衛星を速い切換えで順次受信をして、擬似距離を測定し、もう一方のチャンネルで衛星からの航法用のメッセージを復調取得する。

受信機の管理と測位計算をするコンピュータは受信機の一つのチャンネルの動作を制御して、両チャンネルで得られた擬似距離と航法メッセージを受取る。擬似距離のデータは、まとめて2.2秒ごとに最小二乗法処理が行われ、位置のデータは $\alpha$ - $\beta$ 追跡器で1秒ごとの推定位置とされる。

航法と計装そして記録用のコンピュータは、表示のための計算とデータを記録のための動作をする。制御表示器は航空機用であるため、普通の制御表示器の他に針路

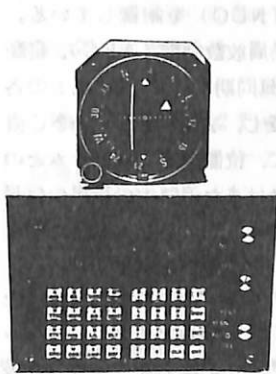
の偏差などを示す計器とから構成されている(第A・7・132図)。

測位は視野中にある10までのすべての衛星からの測定値が組込まれるので、この受信機では衛星が水平線近くまで沈んでも、衛星からの信号が弱くなっても、また、航空機の旋回によって衛星が一時マスクされても、測位動作が中断されることはないという一つの特長を持っている。見えているすべての衛星から最良のGDOPをもつ衛星の組合せをきめるが、信号が弱くなったり、マスクされたようなときには、再捕捉のための時間は余り気にすることなく、連続的な測位を可能としている。

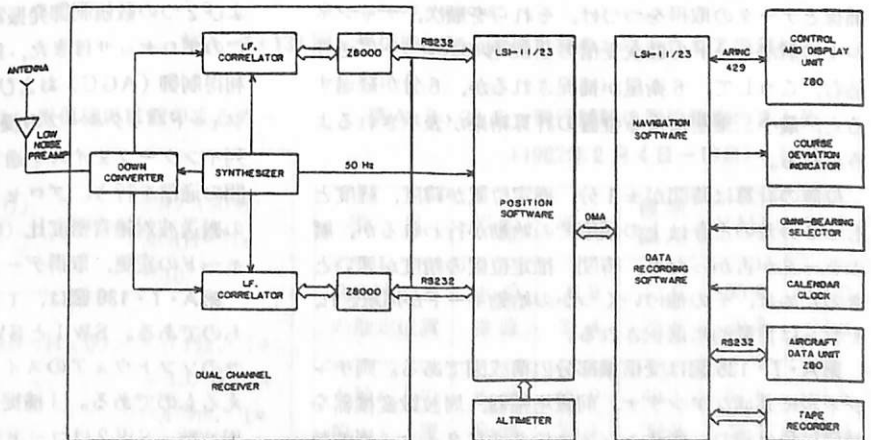
受信機全体のシステム構成は第A・7・133図に示す。

受信機を始動させるときの、受信機動作のタイミングは第A・7・134図に示す。まず、制御用のコンピュータが受信機と組み込みマイクロプロセッサの動作を診断し、記憶している衛星の暦(アルマナック)のデータの古さをチェックする。そのデータが30日以上も前のものであれば、新しく衛星からの暦のデータを取り込むため、最初の位置の得るまでの時間(TTFF)は十数分間と遅くなる。

記憶している暦のデータが利用可能であるならば、受信機が記憶している最後の位置データと暦のデータとから最初に信号を捕捉する4衛星を決定し、それらの衛星のC/Aコードと同じコードの発生地の準備をする。そして、



第A・7・132図 上図は制御表示器、下図はコース偏差計/全方位選器



第A・7・133図 MITの受信機と試験用計装の構成図

一番目の衛星の信号を両方のチャンネルを使ってさがす。

衛星からの信号はドップラ効果を受けているので、一つのチャンネルでは予期される周波数を中心とする1,500 Hz幅の中のC/Aコードである1023ビットのコードの同期点をさがし、もう一つのチャンネルでは隣接の1,500 Hz幅のコードをさがす。

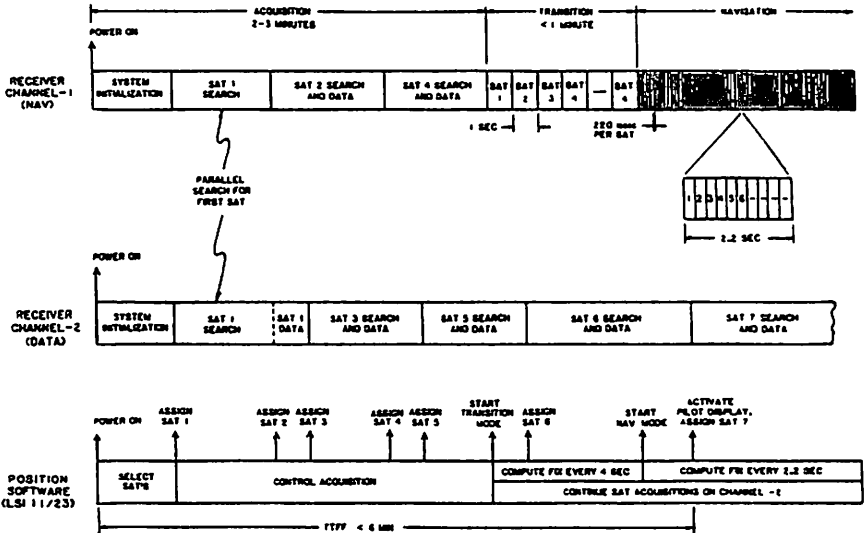
図ではチャンネル2がこの衛星からの信号を捕捉したことになっているが、その信号の捕捉が終了後、この衛星1 (SAT 1) からのメッセージ1500ビットを30秒かけて取り込む。チャンネル2が衛星1の信号を捕捉すると、直ちに、チャンネル1は衛星2の捕捉とデータの取得にかかり、また、チャンネル2は衛星1からのデータの取り込みが終了すると衛星3の捕捉とデータの取得をする。

こうして、衛星4までの捕捉とデータ取得が終了すると、チャンネル1は「移り変わり」モードに移る。このモードの開始の時点では、まだ、衛星からのコードと周波数には、 $\pm 17$ チップと $\pm 750$  kHzの不正確さを残しているが、衛星ごとに1秒、計4秒のこのサイクルを数回繰り返したのちに、その不確かさは、 $\pm 0.16$ チップと $\pm 200$  Hzになり、そうすればチャンネル1は正規の「航法」モードとなり、2.2秒の間に10の衛星を順次受信するサイクルの繰り返し動作をするようになる。

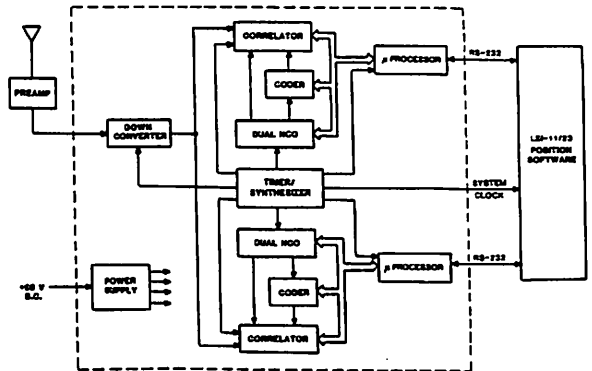
一方、チャンネル2は衛星5以下の衛星からの信号の捕捉とデータの取得をつづけ、それらを順次、チャンネル1の航法モードの順次受信の0.22秒のスロットに送り込む、こうして、6衛星が捕捉されるか、6分が経過すると、最小二乗法による位置の計算結果が表示されるようになる。

位置の計算は時間が $\pm 1$ 分、推定位置が緯度、経度とも $\pm 3$ 分差のときは上の順序での始動が行われるが、暦のデータが古かったり、時間、推定位置の精度が悪いときのために、その他のいくつかの始動モードが用意され、それらは自動的に選択される。

第A・7・135図は受信機部分の構成図である。両チャンネルに共通なアンテナ、前置増幅器、周波数変換器を受信信号は通り、両チャンネルに共通なタイマ/周波数合成器が時間信号と所要の周波数を作って送っている。



第A・7・134図 受信チャンネルの動作のタイミング



第A・7・135図 受信回路の構成図

両方のチャンネルは同じ構成で、それぞれがZ8000マイクロプロセッサをもち、それらは相関器、符号器および2つの数値制御発振器(NCO)を制御している。このプロセッサはまた、自動周波数制御(AFC)、自動利得制御(AGC)および遅延同期ループ(DLL)の各フィードバックループの操作をし、また、RS-232C直列インターフェイスを通して、位置決定プログラムとの間の通信を行う。プロセッサはまた追跡中の衛星の信号の搬送波対雑音密度比(C/No)を計算し、衛星の捕捉モードの変更、取得データの種類の指定などを行う。

第A・7・136図は、1つのチャンネルの動作を示したものである。SW1とSW2はZ8000マイクロプロセッサのソフトウェアのスイッチで、チャンネルの動作を変えるものである。「捕捉」モードのときはSW1は固定周波数、SW2はコードのサーチにセットされ、「航法」と「移り変わり」の両モードでは、SW1はAFCに、

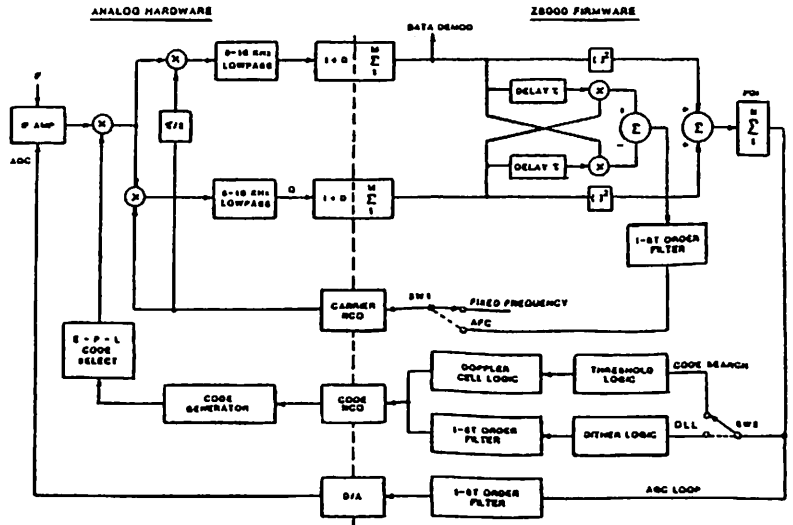
SW 2は遅延同期ループにセットされる。

コードの選択回路は、コードのサーチとデータ抽出のための時間一定モードとDLLでのコード追跡のための遅いディサ（追跡のための制御電圧を作るために同期点を前後に少しづつずらせる。）モードの何れかで動作をする。前述したようにAFC、差動コヒーレントのデータ復調およびC/Noの推定は何れもZ8000でデジタル的に処理されている。

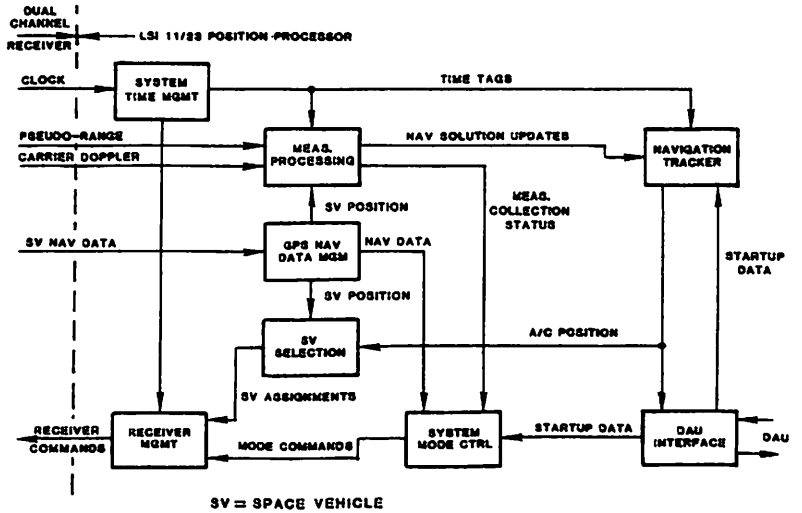
受信機の管理と測位用のコンピュータの動作は第A・7・137図に示す。このコンピュータは前にも触れてるように2つの受信チャンネルの動作を管理し、受信した擬似距離の測定値より推定位置を計算し、衛星からの軌道データと暦データを保有する。航法モードでは2.2秒ごとに10迄の擬似距離データを取込み、最小二乗法で誤差最小の推定位置を求める。この推定位置は $\alpha$ - $\beta$ 追跡器によって表示のための平滑化した毎秒1回の位置を推定し、もう一方のコンピュータに出力する。

8秒間推定位置が得られないときは、位置が求められていない警告を出す。擬似距離の残差、推測航法の時間HDOPおよび機器の機能も連続的にモニタしている。

毎秒1回の割で位置の推定値を受け取った航法および記録用のコンピュータは、それを表示用に直すための航法計算を行うとともに表示器の制御を行い、また制御表示器との通信を行う。また、このコ



第A・7・136図 各受信チャンネルの構成とソフトウェアの動作



第A・7・137図 受信機制御と測位計算のソフトウェアの流れ

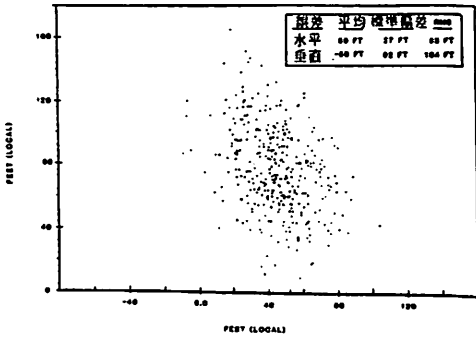
第A・7・37表 2チャンネル受信機の性能のまとめ

信号捕捉モード	
衛星捕捉時間(1衛星当り)	25秒(90%)
捕捉できる最小値	36 dB-Hz
ビット誤り率	$<10^{-5}$
航法モード	
AFC誤差(C/No $\geq$ 36dB-Hzで)	$<7$ Hz, $1\sigma$
C/No推定誤差(同上)	$<1.0$ dB, $1\sigma$
擬似距離誤差(同上)	$<47$ ns, $1\sigma$
同期外れの最小値	33 dB-Hz

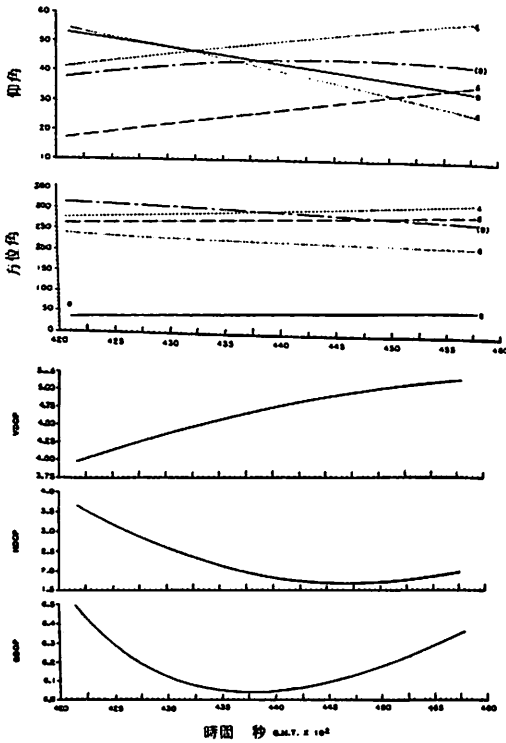
第A・7・38表 飛行試験の測位精度のまとめ  
(1982年2月4日~10日)(m)

項目	誤差	平均	標準偏差	RMS	95%
2.2秒ごとの推定位置	水平	29.9	43.6	55.0	93.0
	垂直	31.4	23.8	39.3	73.8
1秒ごとの位置	水平	29.9	49.1	57.6	101.5
	垂直	35.1	28.3	45.1	84.4





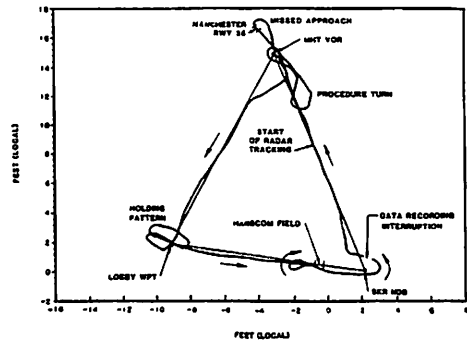
第A・7・138図 静止位置での測位誤差



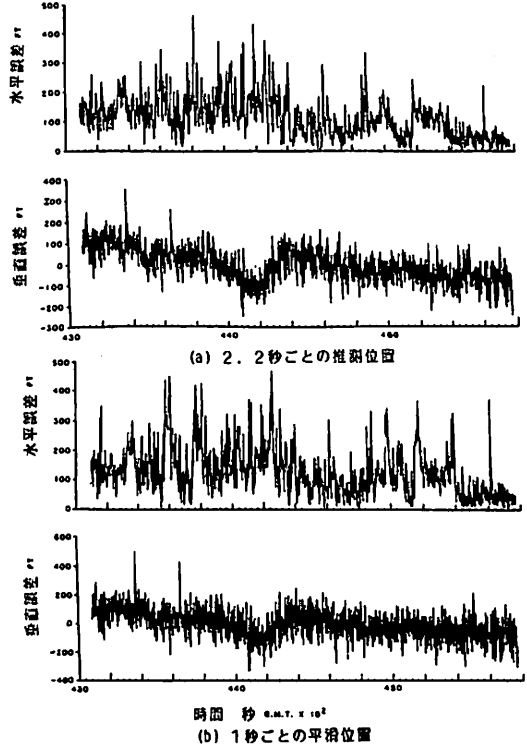
第A・7・140図 飛行試験時の衛星位置とGDOPなど(1983.2.9)

ンピュータ経由で9トラックのテープレコーダへ位置などの記録を行う。

この受信機はまず、研究室内で衛星シミュレータによって試験された。その結果は第A・7・37表に示す。1982年11月19日に5実衛星を用いた静止試験の位置のばらつきは第A・7・138図のとおりで、水平のRMS誤差は93 ft (28.3 m)、高さ方向のRMS誤差は104 ft (31.7 m)であった。1983年5月には、気圧高度計のデータを使った3衛星での測位による静止試験では、RMS水平誤差は95 ft (29 m)と三次元測位による水平誤差とほぼ同じ



第A・7・139図 飛行試験の航跡(1983.2.9)



第A・7・141図 飛行試験時における測位誤差(1983.2.9)

であった。

1982年2月9日に行われた第A・7・139図のコースによる飛行試験では第A・7・140図のような衛星9を除く4衛星(衛星4,5,6,8)を使用し、そのときのGDOPなどは同じ図に示すとおりであった。2.2秒ごとに求められた推定位置をレーダ追跡(距離精度40 ft (12 m)、角度精度0.05°)と比べた誤差を第A・7・141図(a)に示す。同図(b)はこの推定位置を $\alpha$ - $\beta$ 追跡器により毎秒1回の位置の推定値に直したときのデータで、RMS水平誤差は154 ft (47 m) 95%値は299 ft (91 m)であった。このような飛行試験のまとめを第A・7・38表に示す。

— 4700 台積自動車運搬船に搭載—

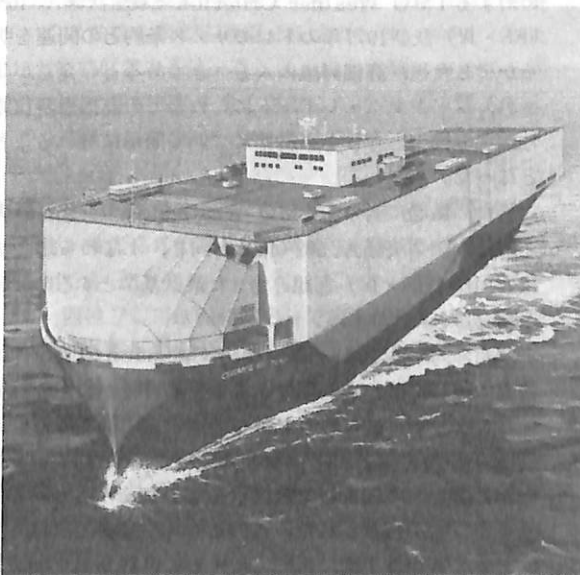
### 船舶用省エネルギー装置 導風膜“ART”を開発

三井造船(株)は、(財)日本船用機器開発協会のもとで大阪商船三井船舶(株)および太陽工業(株)と協同し、船舶航行における風圧抵抗の減少を図ることを目的とした省エネルギー装置演田式導風膜“ART”(Air Resistance Reduction Tent, 通称:省エネテント, 特許出願中)を開発した。

“ART”は、(財)日本船舶振興会の援助を得て、4700台積外航自動車運搬船“Cosmos Venture”に搭載され、本年6月21日に船主に引渡された。

風圧抵抗の減少による省エネルギー化については、一般に船舶航行における全抵抗に占める風圧抵抗の割合がきわめて小さいため、従来あまり注意を払っていなかったのが現状であった。しかし、自動車運搬船のような上部構造物の大きな船舶では、強風時における風の抵抗を無視することはできず、より省エネ化を図るためには重要な課題であった。

本船に搭載した“ART”は、船首部、カーデッキ前方に設置され、型钢やパイプ構成のフレーム構造体にポリエステル製の膜材を取り付け、全体として流線形状を保つように構成された、いわゆるテント構造になってい



Cosmos Venture のイラスト

る。

日本船用機器開発協会の委託を受けて、三井造船は風洞試験により基本形状の検討と性能把握を行ってきたが、その結果、前方から両舷130°の範囲の風向きに対し、風圧抵抗が減少し、風速10m/secで最大約3%、さらに風速15m/secにおいては最大約7%もの馬力節減が図られることが実証された。

“ART”は、固定膜構造部(テント部)と可動膜部(カーテン部)から構成されており、テント部は船首曝露甲板上高さ約3mで6本の支柱によって支えられ、50m/sec以上の強風にも耐えられる構造になっている。

さらに、カーテン部は前方から風の流入を防ぐため、ブルワークとテント部の範囲に取り付けられており、カーテン部を閉開可能とし係船時の作業の便を図っている。

今回の基本計画は、当社および大阪商船三井船舶が実施し、設計・製作は太陽工業が担当した。

#### 特長

- (1) 風抵抗の減少により馬力節減が得られる。“Cosmos Venture”では全方向から風速15m/secの風が一様に吹く場合でも、約2.5%の馬力節減が得られる。
- (2) パイプおよび膜材による構造のため軽量であり、鋼板構造に比べて重量増が小さい。
- (3) 雨天時にも甲板が濡れずに済み、作業の容易さと乗組員の安全が図られる。
- (4) 本開発の導風膜は、船橋(ブリッジ)の前面に取り付けることも可能で、タンカーやバルクキャリアーなどの省エネ化も図られる。また、テント構造のため、船の総トン数や艀装数に影響を与えない。

#### “Cosmos Venture”の主要目

船種	: 外航自動車運搬船
積載台数	: 4700台
長さ	: 178.0 m
幅	: 31.0 m
深さ	: 32.1 m
喫水	: 8.2 / 9.2 m
載貨重量	: 16,900 kt (9.2 m 喫水で)
航海速力	: 18 kn
	(85% MCO, 15% シーマージン)
主機出力	: 12,900 PS × 107 rpm (MCO)
造船所	: ㈱金指造船所

## 〈第57回〉

## IMO第31回復原性・満載喫水線・漁船安全小委員会(SLF)の報告

運輸省 海上技術安全局

標記小委員会は、去る昭和61年6月2日から6月6日までロンドンのIMO本部において日本を含む加盟国31カ国と5つの非政府間機関の参加のもとに開催された。今次会合に於ては、以下の議題について審議が行われた。

(1)Ro/Ro 船を含む乾貨物船の区画及び損傷時復原性、(2)非損傷時復原性、(3)旅客船のための損傷時残存復原性基準、(4)タンカー以外の貨物船に対する二重底の強制、(5)1966年満載喫水線条約に関するIACSの解釈、(6)高い舷側構造物を有する船舶における安全性の意味、(7)旅客船のための区画及び損傷時復原性規則の適用についての経験による見直し(決議A.265(VII))、(8)甲板積木材運搬船に関する安全実施基準(ティンバー・デッキ・コード)と1966年満載喫水線条約との間の将来の関連、(9)漁具外力、(10)着氷の基準と実際、(11)特殊容器による放射性使用済核燃料を運搬する専用船の残存能力、(12)MODUコードにおけるwellとmoonpoolsの取扱い、(13)MODUコードの復原性及び区画規定の見直し、(14)非損傷時復原性資料の船長供与、(15)1966年満載喫水線条約の将来の改正のための基本原則の検討、(16)1966年満載喫水線条約第2条(8)と第3規則(1)に規定される長さの見直し、(17)その他

以上の議題のうち、(1)(2)及び(3)についてワーキング・グループが設置された。

## 1. Ro/Ro 船を含む乾貨物船の区画及び損傷時復原性

本件については、1960年SOLAS条約の第II章B部の同等物基準(総会決議A.265(VII))をベースにした、ノルウェー提案をもとに一応の基準案が作成され、次回までに各国の意見が求められることになった。

本会議での審議において我が国は、本件については全ての乾貨物船に損傷時復原性を緊急に課することの必要性について、未だ疑問を有しているとの見解を再度、冒頭に表明し、その上で作業を進めるのであれば第52回海上安全委員会の決定に従い、確率論的手法で本件の開発を進めることにつき協力する用意がある旨の意見を述べた。

また具体的検討にあたり前回会合にて作成された案に比べ今回提出されているノルウェー提案がより現実的であり、特に垂直方向の損傷範囲を明確に導入したことを高く評価できることから、このノルウェー案をベースとして検討を進めることを提案した。

更に我が国は、本件の実質作業を今回できる限り急いで行うべきであるとの米国提案に抗する形で、小型船、長尺物、または重量物を輸送する船舶、及びP・C・C(自動車専用船)など、ノルウェー提案における基準では、有効な貨物の積載ができなくなる恐れのある、各種船型に対しても適合可能な、基準R(要求区画指数)、A(区画指数)など十分な時間をかけて作業を進めるべき課題が多いことを指摘した。

つづいて各国からの意見の後、議長よりワーキング・グループにおいて、本会議で述べられた各国の意見を考慮しつつ、かつ、作業終了目標年の1987年を念頭に置きつつ、ノルウェー提案をベースにして、できる限り早期に本件作業を終了するよう試みる、とのまとめが行なわれ、了承された。

## 2. 非損傷時復原性

本議題に関するワーキング・グループには、9カ国が参加しており、以下の4つの議題について討議された。

## (1) Weather Criterion

まず、Weather Criterionについて、ワーキング・グループの冒頭において、ノルウェーよりIMO Weather Criterionに関し誤解を生ずることを防ぐため漁船に対するIMO Weather Criterionと総会決議A.168(ES・IV)及び1977年のトレモリノス条約との関連を明らかにした後、詳細討議に入るべきであるとの発言がなされ、ワーキング・レポートにこれまでの非損傷時復原性関連の勧告とりまとめ経緯について簡単に触れることとなった。

また、漁船に対するIMO Weather Criterionの考え方は、総会決議A.562(14)と同じ、すなわち総会決議A.168(ES・IV)と組み合わせた最低基準とすることが原案とされた。

漁船に対するIMO Weather Criterionの適用性の審議に関しては、1988年にとりまとめ目標が設定されていること、また既に長さ45メートル以上の漁船に対する同種の基準が総会決議A.562(14)で勧告されていることを考慮し、次回会合で最終案をとりまとめる方向で作業することが合意された。このため今次会合では試算に必要な情報を正確に各国に伝えること並びに次回議事促進の観点から総会決議A.562(14)及びトレモリノス

条約をベースにドラフト案に近い試算用ガイダンスとしてまとめられた。

## (2) 追波中の復原性

本件に関しては、とりまとめ年度が明確に設定されていないが、今後の作業の進め方について討議された。

この中で議長が特に強調した事項は、

(i) 追波中の復原性についてすでに20数年前からIMOの場で、各国からの提案の都度討議してきたが、いずれも最終的合意をみていない。

(ii) 追波中の復原性は大きく分けて、復原力減少、ブローチング及びパラメトリック動揺の3つの危険な現象と深く関連しているが、これら全てを網羅する取扱いが見出せず又シンプルな提案もされていない。

(iii) しかしながら、前回会合で提出された西独提案は合理的解析法に従い、かつシンプルな基準であり、各国が独自の追波中復原性基準を持つに至らない現在、これをIMOの場で追波中復原性基準作成の第一段階案として検討する価値がある。

(iv) 本ワーキング・グループに与えられた使命は、物理現象と復原性基準との関係を重視しながらも、国際的に合意できる現実的かつシンプルな基準作りである。

この件に関し、意見交換後ワーキング・グループとしては、この考え方を基本的に了承した。

これに関し英国・ソ連の発言に続き西独は、前回の提案(SLF/34)について各国の疑問点について補足説明を行なった。その要点は、

(i) 西独案は現実的な面を重視した。たとえば、限界GZ曲線を求める過程で極端にそのレベルを下げた(標準偏差の3倍)ことは、模型実験においても乗組員の操船技術を全く考慮に入れていないことによる補正が大きなウェイトを占めているためと解釈している。

(ii) 西独提案はコンテナ船の実験に基づく提案であるが、構造様式と同じ現代の貨物船・コンテナ船に適用できる。

(iii) 西独としては船舶にとって最も危険な状態は追波中であると考えているので西独提案は船舶の全ての状態をカバーすることが可能だと考えている。

(iv) 実験では、復原力減少、ブローチング及びパラメトリック動揺等の現象も観測されているので、西独提案は追波中のすべての現象を一応カバーした基準であると考えている。

(iii)に関してノルウェーは船舶にとって危険な状態は、船の大きさ等により異なり、海水打ち込み、breaking

wave、漁具外力等他にもたくさん考えられ、ワーキング・グループとして危険な状態とは何かを討議すべきであると主張した。

我が国は、東独・ポーランド提案の方が合理的であると考えているが、西独提案も現実的な追波基準の一つとして検討しておく必要があり、特にform factor "C"の適用性について、東独・ポーランド提案との比較を含め十分検討すべきであると発言した。

## (3) ポンツーンの復原性

本件に関して、西独の統一基準案が提案され、復原力範囲(提案では30度)が本件の最も重要な要件であることが認識された。本件に関しては、既にMSC/circ. 348として各国に回章され、検討を要請されている事項であり西独提案を機に、次回最終案としてとりまとめられる状況にある。なお、本件に関しては各国に西独提案に基づく実稼動状態への適用や事故統計からの検討が要請されている。

## (4) その他

カナダから小型漁船(長さ10~20メートル)を対象として、最も危険な状態を想定した研究成果(模型実験、理論)を踏えた復原性基準づくりを開始していることが報告された。

## 3. 旅客船のための損傷時残存復原性基準

標記基準の見直しについては、ワーキング・グループにおいて原案を作成すべく検討が行なわれた。その結果、本要件には、旅客の移動モーメント、救命艇退船時の舷外モーメント、風等も考慮すべきであるとの合意は得られたものの復原てこ: GZ、正復原力範囲、GZ曲線下の面積の具体的な要件について最終的な合意には至らず、2案を併記した形で、次回会合にて、最終化すべく各国の意見を求めることとなった。

## 4. タンカー以外の貨物船に対する二重底の強制

前回会合にて作成された、タンカー以外の貨物船に対して二重底の設置を義務付けるとのSOLAS条約の改正に関し、前回第52回海上安全委員会からの指示に基づいて、米国の修正提案につき検討が行われた。米国提案の趣旨は、サプライ・ボート等従来の伝統的な設計とは異なる新しい型の船舶については、当該改正案の実施は困難であり、適当な損傷時復原性要件を満たす船舶には二重底の免除を行おうとのものであったが、我が方より本件は別議題の下で審議されている乾貨物船の損傷時復原性の要件と密接な関連を有するものであり、結論を急がず両者の整合を図る必要があるとの指摘を行った。その結果、本件作業完了日は来年まで延長され、次回上述の損傷時復原性との関連の中で再検討されることとなった。

# 昭和61年度(8月分)新造船許可集計

運輸省海上技術安全局

区 分		4 月 ~ 8 月 分				8 月 分			
		隻	G. T.	D. W.	契約船価	隻	G. T.	D. W.	契約船価
国内船	貨物船	23	748,362	1,155,500		5	181,450	253,250	
	油槽船	3	54,590	60,980		0	0	0	
	その他	2	33,400	13,400		0	0	0	
	小 計	28	836,352	1,229,880	99,024 百万円	5	181,450	253,250	19,515 百万円
輸出船	貨物船	49	915,054	833,745		6	156,240	108,750	
	油槽船	4	100,790	165,959		2	61,190	98,400	
	その他	0	0	0		0	0	0	
	小 計	53	1,015,844	999,704	140,186 百万円	8	217,430	207,150	25,347 百万円
合 計		81	1,852,196	2,229,584	239,210 百万円	13	398,880	460,400	44,862 百万円

● 編 集 後 記 ●

□社会党の委員長に土井たか子氏が決まった。わが国政治史上で初めての、大政党での「女性」党首の誕生である。戦後第一回の総選挙で一挙に39人の婦人代議士が登場したが、その後は平均して10人弱。いま、女性の国会議員は、衆参あわせて29人である。ことしから男女雇用機会均等法が施行されたことにみられるように、女性の社会進出は大きな流れになり、また、女性党首の誕生は一つの時代の変化を感じさせるものでもある。新生社会党として「正しい現実感覚」と「やわらかなステップ」をキャッチフレーズにする土井氏を党の顔にすえたことは、絶叫型のオールド社会党のイメージから脱皮するチャンスといえよう。

□造船業界の新造船工事量の窮迫ぶりが目立ってきた。設備処理とは別に設備の自主休止を計画する造船所も増えている。新規需要の低迷と円高の進行で、新規受注はほとんど途絶えており、今秋以降、事実上設備休止に至る工場は増える様だ。いずれにしても各造船所では、設備処理に備えて昨秋から今春にかけて各社が打ち出した

合理化計画では間に合わない状況となっており、さらに、もう一段の合理化計画を検討する造船所も出てくることになる状況だ。しかし、ここで神風をあてにするより、思い切ってドラスチックな対策を打ち出す時期であろう。

□日本造船学会は創立90周年事業として懸賞論文の募集を行う。同学会会員を対象とするもので、論文テーマは、①これからの海運造船界のあり方、②これからの日本造船学会のあり方、③船舶・海洋の今後の教育および技術研究のあり方、というもの。応募した論文の中から入選3件(各50万円)、佳作5件(各20万円)が決められる。締め切りは62年1月31日。かつて世界を席巻した造船界はその勢いを失って構造不況という呪わしい名称で呼ばれている現在、いかなる論文が提出されるか楽しみだ。なお、本号に毎年おこなわれている造船学会の61年度授賞論文要約4点を掲載しました。

□毎年のことであるが、9～11月にかけて連休が多い月である。業界不況で気分はすぐれないでしょうが、休日位は仕事の事を忘れ充分な休養をとって欲しいものだ。

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

予約金 { 6カ月分 6,900円  
1ケ年分 13,200円 (送料共)

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 コピー 第39巻 第10号 (No.456)

発行所 株式会社 船舶技術協会

〒104 東京都中央区新川1の23の17(マリビル)

振替口座 東京 3-70438 電話 03(552)8798

昭和61年10月5日印刷 { 昭和23年12月3日 }  
昭和61年10月10日発行 { 第3種郵便物認可 }

定価 1,200円 (〒55円)

発行人 天田尚孝

編集委員長 田宮真

印刷所 大洋印刷産業株式会社



# 船舶用可燃性ガス警報器

## TS-303型

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

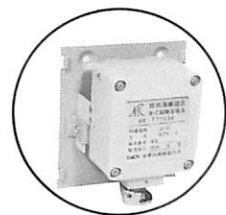
各種  
検定  
船級  
対応



内航LPG船から  
VLCCまで、各  
種危険物運搬船  
の安全管理に最  
適です。

### 特徴

- 完璧な耐蝕性
- 向上した耐アーク・絶縁性
- 超軽量(本体わずか800g)
- ライトタッチの操作ボタン
- 豊富なオプション機能



拡散式検知部DZF-3

**TOCA** 株式会社 **東科精機**

川崎市中原区新丸子町756  
〒211 ☎044(733)3381(代)



# MITSUBISHI STANDARD AQUARIUS-80

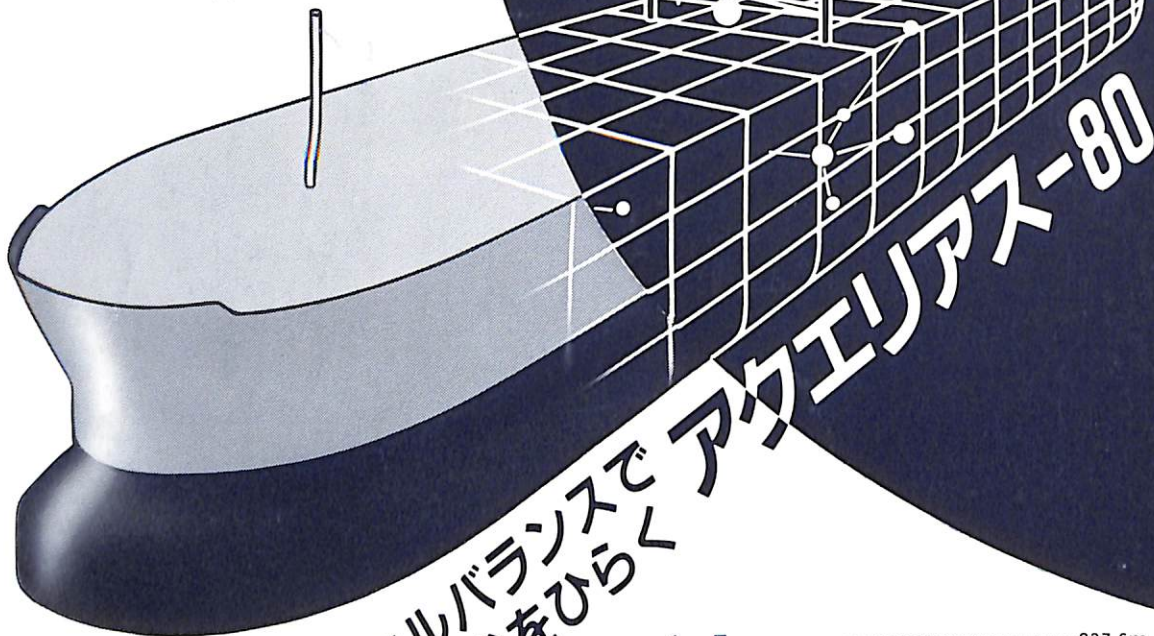
80,000DWT TANKER

❑ 超低燃費

**26.6** t/D (満載14kt)

❑ 12.19m吃水にて

**81,000** DWT  
(荷油比重0.76)



経済性とトータルバランスで  
タンカー新時代をひらく

アケリアス-80

全長	237.6m
幅(型)	41.00m
深さ(型)	19.50m
計画満載吃水(型)	12.19m
構造吃水(型)	13.60m
載貨重量	計画満載吃水 81,000トン
	構造吃水 93,000トン
主機	三菱—スルザ 4RTA84M 最大 12,550PS×72rpm
航海速力	14.7ノット

お問合せは

三菱重工業株式会社

本社 船舶鉄構事業本部

東京都千代田区丸の内2-5-1 〒100 ☎東京(03)212-3111 ファクシミリ(03)201-6037

昭和六十一年十月五日印刷  
昭和六十一年十一月十日発行  
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 一三〇〇円

東京都中央区新川一丁目三三(七)マリンビル  
(株)船舶技術協会  
電話東京(03)八七九八番