

船舶

造船・海洋開発

SHIP BUILDING & OCEAN TECHNOLOGY
SENPAKU

12

DECEMBER

First Published in 1928 — 1982 Vol.55 / No. 615

超省エネ船“邦英丸”の基本計画と設計・建造／海洋研究
船“淡青丸”／連載・液化ガスタンカー／新高速艇講座

大阪大学

57.12.-2

工学部



省エネ鉱石兼石炭運搬船“はりえつと丸”

全巻に歴史的な船の貴重な写真を多数収載!!

上野喜一郎／著

船の世界史 全3巻

上 巻

B 5 判上製 380 頁、カバー装、図版 1 S B N 4 8072 4008 0
330 余、定価 5,000 円 (送料 350 円) C 3056 Y 5000 E

上巻では、古代、船の起源に始まり、近世に至るまでの、日本で言えば明治初期の頃までを扱う。

●主な内容● 第1編 船の起こり・船の思いつき・船の始り・進んだ船・最も進んだ船 第2編 手漕ぎ船から帆船へ・河を行く船・海を行く船・大洋を行く船・日本の船・手漕ぎ船の推進装置・古代の航海・第3編 帆船の発達・帆船の生い立ち・大航海時代の船・軍船の発達・商船の発達・帆船の推移・日本の船・中国および朝鮮の船・帆船時代の航海・船のトン数 第4編 汽船の出現・汽船の出現・木船から鉄船へ・推進機関の発達・推進器の発達・大西洋航路客船の発達・日本の汽船・汽船時代(19世紀)の航海 付録＝船の歴史年表、汽船の発達史上有名な船の要目

中 巻

B 5 判上製 300 余頁、カバー装、図版 1 S B N 4 8072 4009 9
250 余、定価 4,300 円 (送料 350 円) C 3056 Y 4300 E

中巻では、19世紀の終り頃から第2次世界大戦の末期まで、日本で言えば明治、大正、昭和(戦中)の時代。世界海運の全盛期、技術革新による近代汽船の花ざかりの時代を扱う。

●主な内容● 第1編＝汽船の発達・船体構造の発達・汽船の出現・鋼船の出現・特殊材料の採用・鋼船の構造・材料の接合・船底塗料の発達・特殊構造船の出現・船体の強さ・船型の発達・船体・船首・船尾・上部構造・船の形態・推進機関の発達・蒸気機関の発達・内燃機関の出現・電気推進の採用・その後の蒸気機関・推進器の発達・2・3・4 軸船の出現・スクリューフロヘラの特配置の採用・特殊のスクリューフロヘラの発達・別種のスクリューフロヘラの出現・特殊の推進器の発達・大西洋航路客船の発達・イギリス船の躍進・イギリス・ドイツ船の競走・マンモス船の出現・世界最大船の出現・汽船の速力・船と速力・ブルーリボン・大西洋の横断速力の推移・汽船時代の航海・航海の区域・航海の方法・船のトン数・わが国におけるトン数速度の沿革・現在のトン数測度の方法・運河トン数 第2編＝日本の汽船・明治時代・汽船の誕生・鉄船から鋼船へ・航路の伸長・航洋船の建造・特殊貨物船の建造・特殊船の出現・その後の造船・造船機・大正時代・客船の発達・貨物船の建造・特殊貨物船の発達・特殊船の発達・ディーゼル船の出現・昭和時代(戦前)・客船の発達・貨物船の発達・特殊貨物船の発達・特殊船の発達・昭和時代(戦時)・戦争と船・鋼船の建造・造船所の拡充と建設・その他の船の建造・商船の艦艇への改装・陸軍特殊船の建造・戦時中の造船量 付録＝船の歴史年表(2)、汽船の発達史上有名な船の要目(2)・船体・推進装置

下 巻

B 5 判上製 330 余頁、カバー装、図版 1 S B N 4 8072 4010 2
220 余、定価 4,600 円 (送料 350 円) C 3056 Y 4600 E

この巻では、第2次世界大戦後、1970年代の終りまでを述べる。船の超自動化、新しい輸送方式・推進方法の開発など、造船・操船上の技術革新は、船の歴史に質的転換をもたらした。

●主な内容● 第1編＝現代の汽船・現代の客船・マンモス定期客船・3 万総トン未満の定期客船・貨物船の高速化・多目的貨物船の開発・特殊貨物船の発達・輸送の革新・現代の特殊船・漁船・作業船・調査船・取締船・その他の特殊船 第2編＝現代の汽船の技術・船体の発達・特殊材料の採用・電気溶接の普及・溶接ブロック建造・船体防食法の改良・船型の改良・推進機関の発達・蒸気機関の発達・ディーゼル機関の発達・ガスタービンの採用・その後の電気推進・原子力の利用・船の自動化・自動化船の出現・超自動化船の出現・推進装置の発達・プロペラの特配置の採用・特殊のスクリューフロヘラの発達・特殊の推進器の発達・特殊の推進方法の採用・日本の汽船・日本の汽船・船の技術革新・船の建造上の技術革新・船のトン数・トン数測度規則の統一・船の大きさの推移・船腹量の推移・造船量の推移 付録＝船の歴史年表・汽船の発達史上有名な船の要目・船の統計・世界の船腹量の推移・国別の船腹量の推移・推進機関別の船腹量の推移・世界の造船量の推移・国別の造船量の推移・全巻の総索引

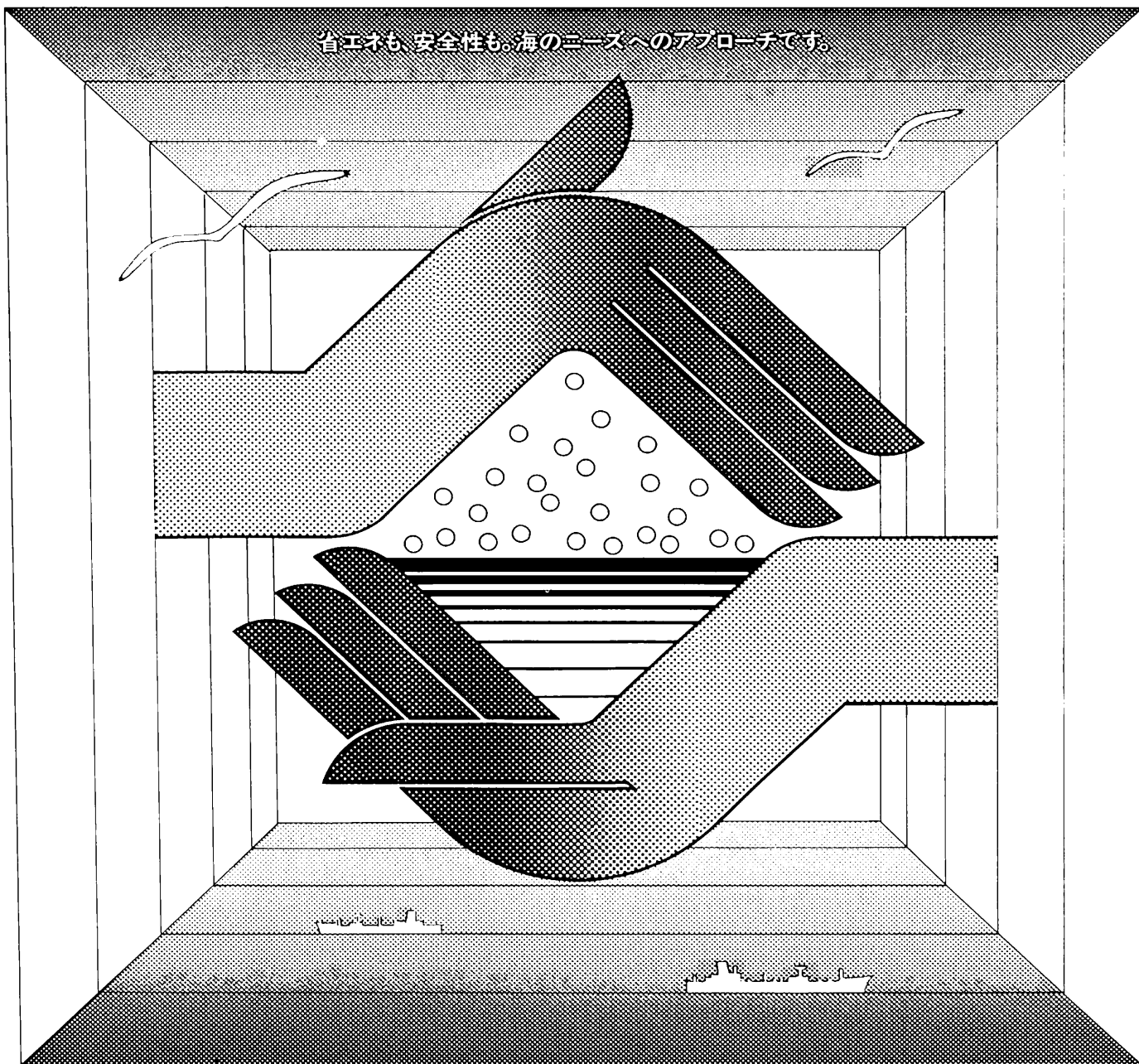
発行：舵社 〒105 東京都港区浜松町1-2-17
☎03-434-5181 振替 東京1-25521番

発売：天然社 〒162 東京都新宿区赤城下町50
☎03 267 1931(舵社販売部)

技術も地球資源

安全への航路。

省エネも、安全性も。海のニーズへのアプローチです。



ガデリウスの船用機器

船舶には、高い安全性と、優れた経済性がつねに求められています。タンカーの安全運航に欠かせないイナートガス装置から、省力や燃費節減のための各種機器まで。豊富な経験とノウハウに裏づけられたガデリウスの技術は航海の安全と経済性に、大きく貢献しています。

新しい視点で明日へ

ガデリウス

ガデリウス株式会社

神戸市中央区浪花町27 興銀ビル 〒650 ☎ (078) 391-7251 (大代)

東京都港区赤坂5-2-39 〒107 ☎ (03) 584-1411 (大代)

札幌・名古屋・福岡・長崎

■ユングストローム船用空気予熱機 ■ダイヤモンドスートブロワ ■サンロッドオイルヒータ 船用補助ボイラ 排ガスエコノマイザ
■コープス各種制御装置 ■ハウデンイナートガス装置 ■ホレックイナートガス発生装置 ■ベンコブリマバックシステム ■フレクト船用空気調和装置

SEIKO MARINE QUARTZ CHRONOMETER

厳しさに耐える信頼の精度 セイコークォーツクロノメーター(セイコー船舶時計)

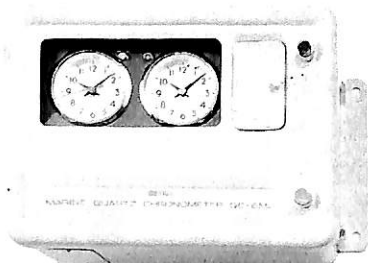
安全航海に信頼の標準時計をお選びください。
厳しい環境条件に耐えぬく特別設計。

その上、インテリア感覚あふれるデザインですから、
船舶用としてだけでなく、正しい時間が要求される
いろいろな所でお使いいただけます。

主な特長

- 平均日差±0.1秒以内(20℃)の高精度
- 天測がしやすい0.5秒刻みのステップ
- 厳しい環境条件に耐えるすぐれた防水機構
- 乾電池なしでも40時間は動く二次電池内蔵
- 単一乾電池3個で1年間以上作動

船内の
子時計を
駆動する
親時計として



セイコークォーツクロノメーターQC-6M2
300×400×186mm 20kg

- 子時計は豊富に揃ったデザインからお選びください。
- カタログご請求ください。

標準時計に小型・軽量、持ち運び自由な

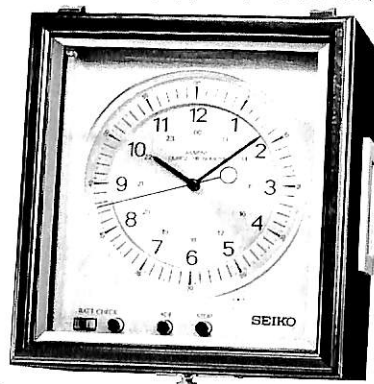


セイコークォーツ
クロノメーター

QM-10

標準小売価格
150,000円
184×215×76mm
2.2kg

マホガニー木枠のインテリア感覚あふれる



セイコークォーツ
クロノメーター

QM-20

標準小売価格
188,000円
200×220×107mm
2.8kg

新造船の紹介/New Ship Detailed

- 超省エネ鉦石兼石炭船“邦英丸”の基本計画……………日邦汽船工務部…11
On the Basic Planning of Revolutionary Energy-Saving Ore/Coal Carrier "HOEI MARU" Nippo Kisen
- 世界最大の可変ピッチプロペラ装備の超省エネ船“邦英丸”の設計と建造……………
Design & Building of "HOEI MARU" equipped with the World's Biggest C.P.P
- ……………川崎重工業坂出造船事業部…22
Kawasaki Heavy Industries

Newly-built Ship Profile

- 177,000DWT 鉦石兼石炭運搬船“はりえつと丸”……………31

- 連載／船殻設計の理論と実際<8>板の設計……………間野正己…34
- 連載／液化ガスタンカー<53>……………恵美洋彦…44

海洋開発

- 東京大学海洋研究所の最新鋭海洋研究船“淡青丸”……………53

- 連載／新高速艇講座<14>高速艇の推進……………丹羽誠一…63

- IMOレポートNo.12／欧州のポートステートコントロールについて……………9

- 海外事情／ACL社発注のスーパーハイブリッド船“G3”……………30

- ／フィンランドの新世代RORO船“ARCTURUS”……………42

- NKコーナー……………52

- 1982年9月末現在の造船状況……………75

- ニュース・ダイジェスト……………78

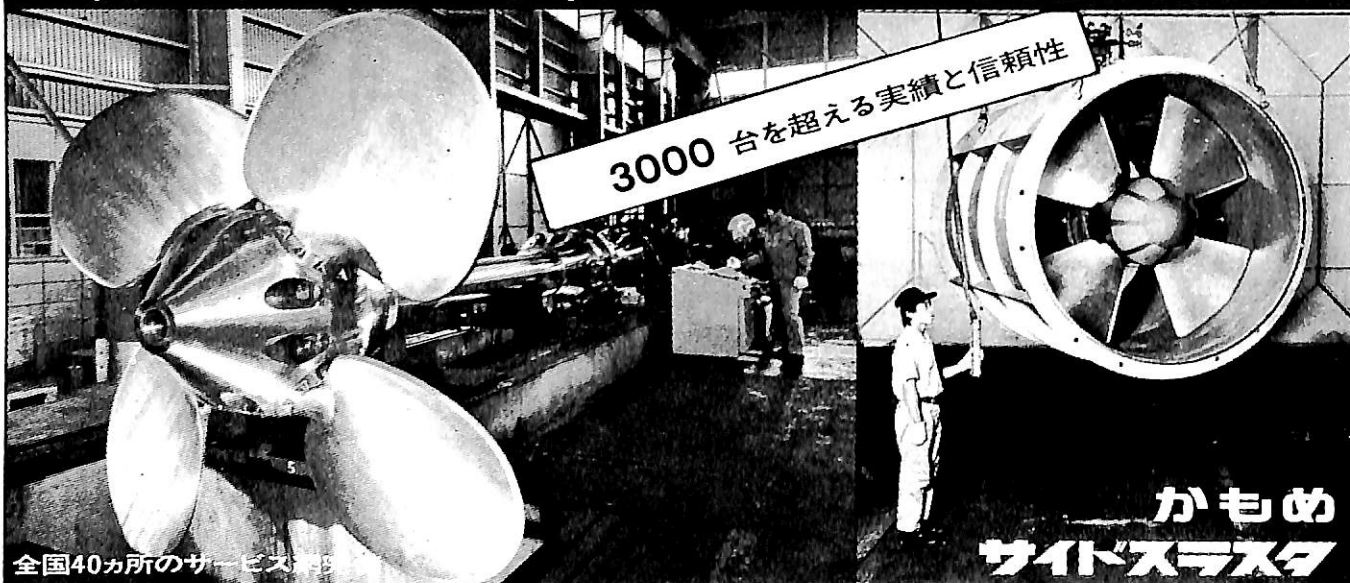
- 特許解説／Patent News……………80

表紙／177,000DWT 型鉦石兼石炭運搬船“はりえつと丸”

本船は三井造船千葉事業所で竣工した大阪商船三井船舶・大阪船舶向け鉦石兼石炭運搬船であり、世界最初の低燃費型ディーゼル機関“三井B&W L-GBE”の1番機を搭載した省エネルギー船である。詳細は本文「Newly-built Ship Profile」に収載。

省エネルギー対策にピタリ!!

KAMOME PROPELLER



全国40ヵ所のサービス所

**かもめ
サイドスラスター**



**かもめ
可変ピッチ
プロペラ**

Availability

c.p.propeller=up to 15,000BHP
side thruster=0.5~20tons thrust

KAMOME PROPELLER CO.,LTD.

690 KAMIYABE CHO, TOTSUKA KU, YOKOHAMA, JAPAN
CABLE ADDRESS: KAMOMEPROP YOKOHAMA
TELEX: 3822315 KAMOME J
PHONE: (045) 811-2461

運輸大臣認定製造事業場

かもめプロペラ株式会社

本社：横浜市戸塚区上矢部町690 ☎245 ☎(045) 811-2461(代表)
東京事務所：東京都港区新橋 5-34-7 ☎105 ☎(03) 431-6438-434-3939

最新の技術と実績を誇る 福島製の甲板機械



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



株式会社 **福島製作所**

本社・工場：福島市三河北町 9 番 80 号 ☎0245(34)3146
東京事務所：東京都千代田区四番町 4-9 ☎03 (265)3161
大阪営業所：大阪市東区南本町 3-5 ☎06 (252)4886
営業所：北海道・東北・尾道・下関
海外駐在員事務所：ロンドン

防錆・防食

技術の中川が責任をもって施工します

電気防食

アルミニウム合金陽極 (ALAP)

塗覆装

亜鉛合金陽極 (ZAP)

防食剤

自動制御外部電源方式 (NACC)

電解防汚

無機質亜鉛末塗装 (ジンキー #10)

耐熱防錆塗覆材(ナカボーコンパウンド)

海水タンクの防食剤(ナカボーグリーン)

海水電解式防汚装置 (CHLOROPAC)

防錆、防食の調査、設計、施工、管理



中川防蝕工業株式会社

本社 (〒101) 東京都千代田区鍛冶町2-2-2 03(252)3 1 7 1

支店 大阪・名古屋

営業所 千葉・京浜・広島・福岡・沖縄

出張所 札幌・仙台・新潟・水島・高松・大分・鹿児島

高速艇工学

丹羽誠一著／価4000円(送350円)

ISBN4-8072-5003-5 C3056 ¥4000E

体系的モーターボート工学。

基本設計/船型/運動性能/構造強度/副部・機関部設計/他

新版 強化プラスチックボード

戸田孝昭著／価3800円(送300円)

ISBN4-8072-5004-3 C3056 ¥3800E

FRP関連技術の進歩発展に沿って、旧版内容を全面改訂。新たに5章と最新資料を追加。

現場のための 強化プラスチック船の工法と応用

田中勤著／価2300円(送300円)

ISBN4-8072-1011-4 C3056 ¥2300E

FRP船の正しい工法と応用作業の実際を巨細にわたり平易に解説。現場技術者必携書。

ボート太平記

小山捷著／価2000円(送300円)

ISBN4-8072-1013-0 C3056 ¥2000E

流体力学、構造力学をはじめ、むずかしい「舟艇の物理」を平易に解説。

結びの図鑑(PART: I)

中沢弘・角山安筆著／高橋唯美画／価3500円(送300円)

ISBN4-8072-4006-4 C3056 ¥3500E

ベテラン帆船乗りが解説するロープワークの百科事典。イラスト画400余点。

結びの図鑑(PART: II)

中沢弘・角山安筆著／価4000円(送350円)

ISBN4-8072-4007-2 C3056 ¥4000E

前著「PART: 1」を上回る240余種の「結び」を精巧な写真によりその手順を解説。

帆船史話

杉浦昭典著／価3500円(送350円)

ISBN4-8072-4003-X C3056 ¥3500E

帆船軍艦からクリッパーシップまで、帆船にまつわる凄絶・けん爛たる歴史とドラマを描く。精確な考証による帆船風俗史でもある。

帆船 その機装と航海

杉浦昭典著／価3300円(送350円)

ISBN4-8072-4002-0 C3056 ¥3300E

神戸商船大学教授の著者が20余年の研究と資料を集大成した大著。古今東西の帆船の事典。

発行／株式会社 舵 社

新宿営業所: 〒162 東京都新宿区赤城下町50

発売／株式会社 天然社

☎東京(03)267-1931(代) 振替・東京1 25521番

"夢のプランニメーター"出現!

TAMAYA DIGITAL PLANIMETERS

PLANIX 7

新製品

あらゆる面積測定をクリアする抜群の高性能。

タマヤプランクス・セブンは、平面上のあらゆる形状のどんな縮尺の図形でも、トレーサーで輪郭をなぞるだけで面積を簡単に測定できます。測定値は内蔵のコンピュータにより処理され、 cm^2 、 m^2 、 km^2 、(in^2 、 ft^2 、 acre)単位でデジタル表示されます。

PLANIX 7は、コンパクトな構造にもかかわらず専用LSIにより、多くの機能を備えた最新型の面積測定器です。

■特長

- 電源ユニットも電源コードも必要のないコンパクト設計。
- ワンタッチで0セット
- 単位や縮尺のわずらわしい計算が不要
- 豊富な選択単位 (cm^2 、 m^2 、 km^2 、 in^2 、 ft^2 、 acre)
- メモリー機構により縮尺と単位の保護
- 測定値がオーバーフローしても、上位単位へ自動シフト
- 測定精度を高める平均値測定が可能
- ホールド機能による大きな図形の測定に便利な累積測定
- AC・DCの2電源方式
- 消エネ設計のパワーセーブ機能



■仕様

表示：液晶、8桁数字、ゼロサプレス方式
シンボル：SCALE、HOLD、MEMO、Batt、
E、 cm^2 、 m^2 、 km^2 、(in^2 、 ft^2 、 acre)、◆(インディケーター)

測定範囲：1回の測定範囲約300mm×300mm

精度：±0.2%以内 (±2/1000パルス以内)

電源：①密閉型ニッケルカドミウム蓄電池(付属のACアダプターにて充電)

②AC100V (付属のACアダプター使用)

使用時間：約30時間 (充電約15時間)

重量：本体650g

寸法：本体150×241×39mm (ケース183×260×64mm)

付属品：専用プラスチック収納ケース、ACアダプター

タマヤ プラニクス・セブン

¥85,000 (専用プラスチック収納ケース付)

世界を測る 計測器のタマヤ

 TAMAYA

株式会社 玉屋商店

営業所 〒104東京都中央区銀座3-5-8 ☎03 561 8711(代)

本社 〒104東京都中央区銀座4-4-4 ☎03 561 8711(代)

池上工場 〒146東京都大田区池上2-14-7 ☎03 752 3481(代)

●カタログ・資料請求は、当社までハガキか電話にてご連絡ください。

欧州のポートステートコントロールについて

1. 欧州のポートステートコントロールの概要

本年、1月26日、パリにおいて開催された欧州地域会合（欧州閣僚レベル会議）において、ポートステートコントロールに関する合意メモ（MEMORANDUM OF UNDERSTANDING）及び宣言文（FINAL DECLARATION）が採択されました。

これは、欧州として統一したポートステートコントロールを行い、欧州各国に入港するサブ・スタンダード船（国際基準に満たない船舶）を締め出し、あわせて、各種国際条約の早期発効、普及を促進する目的で作成されたものであり、7月1日より実施されています。

署名国は、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、西独、ギリシャ、アイルランド、イタリア、オランダ、ノルウェー、ポルトガル、スペイン、スウェーデン及び英国の14カ国であり、合意メモで扱う条約は、1966年満載喫水線条約、1974年 SOLAS 条約、1978年 SOLAS 議定書、1978年 MARPOL 議定書、1978年 STCW 条約、1972年衝突予防条約及び1976年の商船の最底基準に関する条約（ILO 147号条約）の各条約です。

合意メモの内容には、

(1)合意メモが効力を生じた後、3年以内に外国船入港隻数の25%を立入検査すること、(2)条約が発効している場合に、その条約を未だ批准していない国の船舶及び条約に定められた公正な証書を保持していない船舶に対しては、詳細な検査を行うこと、(3)立入検査を実施するにあたり、油タンカー、ガスキャリア、ケミカルタンカー等の船舶及び最近欠陥が発見された船舶に重点を置くこと、(4)明白な根拠のない場合には、過去6カ月以内に合意メモを実施する他の海事当局によって立入検査された船舶に対し、重複して検査することは避けること等が盛り込まれ、欧州域内で効率的なポートステートコントロールを実施するため、事務局を定め、各国間で情報の交換を行うこととなっています。

合意メモに関連する各種条約についてはIMOの場において積極的な審議が行われており、1974年 SOLAS 条約及び1978年 MARPOL 議定書につ

いて、参考までに、それらの動きを追ってみましょう。

まず、1974年 SOLAS 条約は1980年5月25日に、1978年 SOLAS 議定書は1981年5月1日に発効したのがご存知と思いますが、1978年 MARPOL 議定書については、9月の下旬よりギリシャ、イタリアと連続して批准し、議定書の発効要件である商船船腹量50パーセント以上、15カ国以上の批准という要件を満たし、昭和58年10月2日に発効することとなりました。

ただし、議定書の規定により、有害液体物質についての規制に関する Annex II は3年間据え置かれた後、昭和61年10月2日に発効する予定であり、包装等の規制に関する Annex III、汚水の規制に関する Annex IV 及び廃棄物の規制に関する Annex V については、それらの附属書が選択附属書となっており、10月現在まだ発効要件を満たしていないため、Annex I より少し遅れて発効するものと思われます。

次に、1974年 SOLAS 条約の改正につきまして、その第1次改正は昨年11月に開催されましたIMOの拡大海上安全委員会で採択され、1984年9月1日に発効する予定となっています。第2次改正は現在IMOで審議されており、その主な改正内容は次の2点があげられます。

まず第1の改正点は、現行の1974年 SOLAS 条約第Ⅲ章の救命設備関係規則の大巾な改正で、新しい救命設備として、全閉型救命艇、救助艇、イマージョンスーツ、サテライト EPIRB 等、多くの規定が盛り込まれています。

第2の改正点は、現行の1974年 SOLAS 条約中、危険物の運送について規定している第Ⅶ章の改正です。現在IMOの勧告としてバルクケミカルコード及びガスキャリアコードがありますが、第2次改正では、ケミカルタンカー、ガスキャリアに対する規制を条約上で強化しようとするもので、条約第Ⅶ章に Part B としてケミカルタンカーに関する項、Part C としてガスキャリアに関する項を新設し、また新しくIBCコード及びIGCコードをつくり、それらのコードを国際航海に従事する新船について適用することとしています。

以上のような SOLAS 条約の第 2 次改正についての検討は、本年 9 月に開催されました IMO の海上安全委員会で行われ、来年 6 月に開催される拡大海上安全委員会では採択される予定となっています。第 2 次改正自体の発効日については、一応 1986 年 5 月 1 日とすることで合意されています。

2. 成立経緯

1978 年頃より欧州の海岸が船舶の事故により油で汚染されることに関し、欧州共同体内での船舶事故に対する関心が高まってきました。

代表的なタンカー事故としては、トリーキャニオン号事故、アモコカジス号事故、タニオ号事故等がありますが、特にアモコカジス号の事故は欧州に強烈なショックを与え、当時の新聞報道によれば「黒い油でブルターニュの海が死ぬ!! 海の問題児『便宜置籍船』の無責任な事故の処理による全くの人災」とか「若い漁民が自殺」とかの記事が載せられています。

欧州議会は、このような油汚染事故に対し、船舶の安全性を高め、油による汚染を防止するために EC 共同体が積極的に行動するよう表明しました。以後、欧州として、船舶の安全性を高めるために積極的な措置が執られてきました。

特に、1980 年 12 月パリにおいて開催された欧州地域会合では、欧州各国に入港する船舶が条約を守っていることを確保するためのポートステートコントロールの方法について作業部会を設立し、統一案を作成することが決定されました。この作業部会は 1981 年 8 月末に開かれ、今年 1 月の欧州地域会合を開催する運びとなったものです。

3. 合意メモの内容について

合意メモでは、各海事当局が次の指針に沿って統一的にポートステートコントロールを行うこととなっています。

- (1) 船舶の監督手続 (IMO 決議 A. 466 (XII))
- (2) 安全配乗指針 (IMO 決議 A. 481 (XII))
- (3) 合意メモの附属書に定められている手続

(注: 合意メモの附属書には立入検査のガイドラインの他、報告テレックスの様式、立入検査の報告書の様式及び情報伝達システムについて定められています。)

ポートステートコントロールに関する欧州の組織としては、年 1 回会議を行い検査の運用指針の検討

を行う委員会とオランダ運輸省に置かれた事務局とで成り立っています。また委員会は、メンバーとして、合意メモの各海事当局の代表及び EC 委員会により構成され、オブザーバーとして、IMO 及び ILO が参加しています。

4. 合意メモの目的等について

合意メモの目的としては、(1) 欧州域内に入港する船舶に対し、IMO、ILO 関係の条約に適合していることを確保するため、条約で各国に委任されている監督事項を統一して詳細に定め、(2) 効率的なポートステートコントロールが実施できるようにするため、事務局を定め、各国間で情報の交換を行い、(3) サブスタンダード船を欧州から締め出すことであると考えられますが、船舶の安全確保・海洋環境の保全という表向きの目的の他に、EC とソ連との海運上の経済問題等の複雑な問題がからんでおり、本年 3 月下旬の IMO の海上安全委員会ではソ連の強硬な意見が出されています。

以上のように、欧州のポートステートコントロールに関しては、我が国だけでなく世界各国から関心が寄せられており、今後の IMO の場においても、港湾における外国船舶の取り扱いの具体的な方法について議論が展開されるものと思われます。

Ship Building News

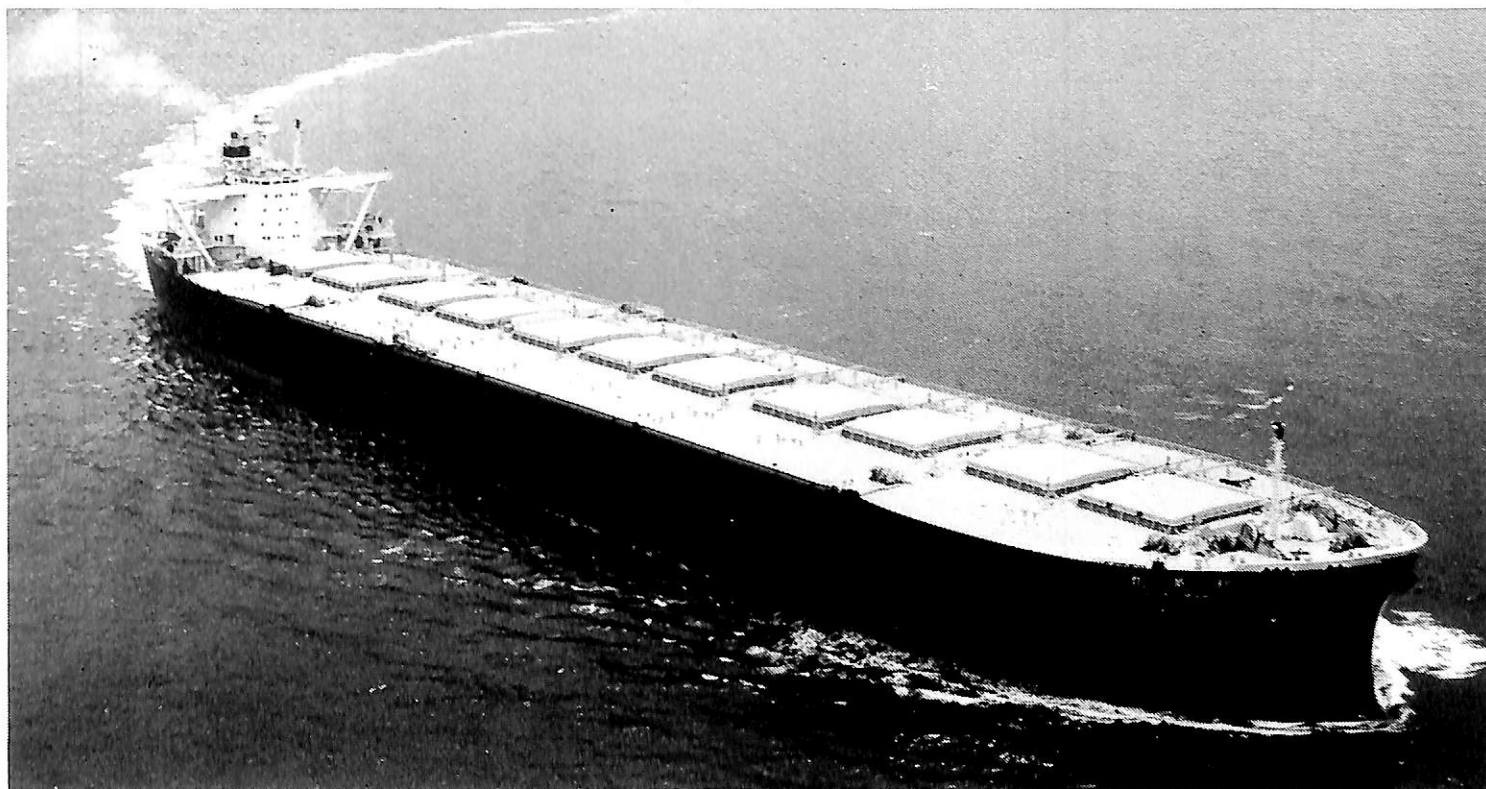
■三井造船、SSC 型海中作業実験船を受注

SSC 型船舶はすでに東海汽船の 402 人乗り旅客船“シーガル”および第四港湾建設局の海洋調査観測船“ことざき”が就役しているが、このほど三井造船は 3 船目として海洋科学技術センターより海中作業実験船を受注した。

SSC 型海中作業実験船は水中エレベーターと船上減圧室を搭載装備した潜水支援母船として、また洋上で長期間位置保持のできる安定性に優れた洋上実験基地としての機能を持つが国でも初めての実験船として計画されたものである。主要目のはつぎのとおり。

長さ(垂線間)/53.0 m, 幅(型)/28.0 m, 深さ(型)/10.6 m, 最大吃水/6.3 m, 総トン数/約 2,800 トン, 主推進電動機/4 台, 定格出力 860 kw, 常用出力 760 kw, 満載航海速力/12 ノット。

New Ship Detailed



On the Basic Planning of Revolutionary Energy-Saving Ore/Coal Carrier
"HOEI MARU"

by Technical Department, Nippo Kisen Co., Ltd

超省エネ鉱石兼石炭船“邦英丸” の基本計画

日邦汽船・工務部

●はじめに

オイルショックに端を発した省エネルギー政策に添うべく、先に当社は35次船にて新日本製鉄㈱積荷保証の13万トン型鉱石兼撒積貨物船“邦隆丸”を建造(本誌No. 593 掲載)、同型従来船に比して20数パーセントの省エネ効果を達成した。しかし新日本製鉄においては抜本的な省エネ化対策を実施した結果、55年度には製造部門での重油消費量の半減化を達成し、56年度には更にその低減化を推進する状況下にあった。

かかる状況下で製造部門以上に重油消費量の多い原料輸送部門における省エネが大きな問題として浮上して来るのは当然の帰結で、同部門での大巾な省エネ化を推進すべく抜本的対策を講ずる必要が生じ、該時点で近い将来の建造を目標として、新日本製鉄

一日邦汽船—川崎重工業の三者が一体となって新たに省エネルギー船を開発すべく上記主旨委員会(三社の頭文字を採ってSNK委員会と称した)を55年6月に発足させた。

注; 同時に新日本製鉄—新和海運—三菱重工業のSSM委員会も発足。

同委員会での検討開発の主眼は言うまでもなく省エネ船の計画建造であるが、近い将来の建造を想定した以上在来船の延長として考えざるを得ないこととなり、各社の主分担は当然の帰結として新日本製鉄・総括、川崎重工業・省エネ、日邦汽船・合理化および省力化ということになった。

省エネに関しては当初達成度の目標を35次船をベースとして30%減、即ち日本—豪州西岸航路において、貨物1トン当りの燃料油所要量が10~11kg(1ラウンド)であったものを7kg/T程度とすること

	在 来 船 35 次 130 型	→ (大 型 化) →	(低 速 化) →	本 船 37 次 208 型
主 要 目				
全 長	270.00 m	315.00 m	同 左	同 左
垂 線 間 長 さ	260.00 m	305.00 m	〃	〃
型 巾	43.00 m	50.00 m	〃	〃
型 深 さ	23.80 m	24.60 m	〃	〃
満 載 吃 水 (型)	16.30 m	18.30 m	〃	〃
載 貨 重 量	abt 130,000 kt	abt 204,000 kt	〃	abt 208,000 kt
主 機 関	2 サイクル直結	同 左	同 左	2 サイクル・ギヤダウン
連続最大出力	23,700 PS	31,500 PS	21,500 PS	17,960 PS
同上ディレーティング	20,500 PS × 94 RPM	28,000 PS × 93 RPM	19,350 PS × 93 RPM	15,500 ^{PS×45/126} ^{RPM}
常用出力	17,400 PS × 89 RPM	23,800 PS × 88 RPM	16,450 PS × 88 RPM	13,200 ^{PS×43/119} ^{RPM}
速 力				
満 載	14.2 kn	14.2 kn	12.4 kn	12.4 kn
空 船	15.0 kn	15.3 kn	13.5 kn	13.5 kn
燃 料 消 費 量	60.0 kt/日	81.9 kt/日	56.7 kt/日	43.5 kt/日
主機燃料消費率	138 g/PS/hr	138 g/PS/hr	138 g/PS/hr	132 g/PS/hr
輸送貨物 1 屯 当り燃料消費量 (日本↔豪州)	10.7 kg/kt	9.0 kg/kt	7.2 kg/kt	5.5 kg/kt
同 上 百 分 比 比 較	100 %	84 %	67 %	51 %
		-16%	-20%	-24%

注；（大型化）及び（低速化）と本船で載貨重量に約 4,000 KT の差が有るのは、高抗張力鋼の大量使用と設計の合理化による船殻重量の軽減に基くものである。

としたが、同委員会で検討開発され 37 次船として建造された“邦英丸”では上表に示すごとく 50% 近い省エネ度を達成することが出来た。

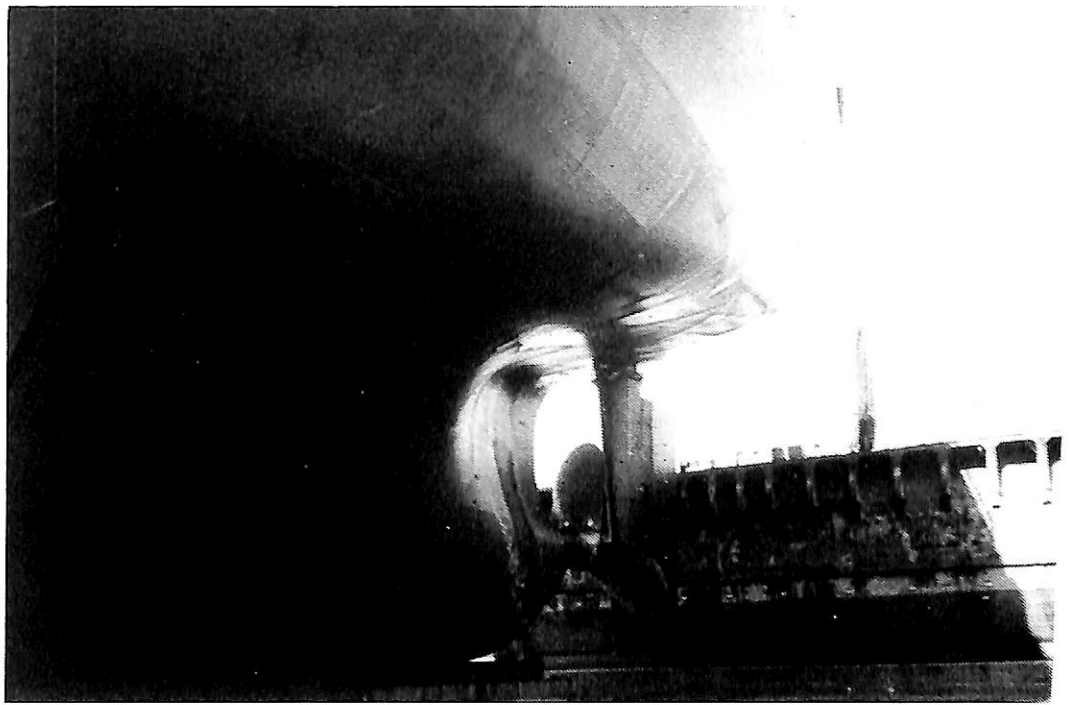
合理化および省力化に関しては、当初 14 名程度を目標として出発する予定であったが、船価、機器開発及び乗組員問題等の現状を勘案した結果、大勢として 35～36 次船並みと言う所に落ち着いた。当社としては 35 次船計画時海陸合同で、社内に設置した合理化船委員会での検討結果を生かし、更に前進させて将来に備えるべくバラストニング、係船作業、レスメインテナンス等の面で大巾な自動化・省力化・改善を推進させるべく本船において、その第一歩を踏み出したかったのであるが、上記理由で他日に譲ることとした。

●主要目の決定

上表にも示すごとく輸送貨物 1 トン当りの燃費を大巾に低減させるには、省エネ機関、機器およびシステムの開発採用は言うまでもないが、従来通り船型の大型化に依存する度合もまた大きい。従って船型は計画当初から積揚地港湾事情から許容される最大船型とすることとしたが、本船の主航路に想定した豪州兩岸の鉄鋼原料積出諸港の現状および開発計画と、本船の竣工時期を勘案して L・B・d の主要寸法が決定された。

大型化と同様に輸送貨物 1 トン当りの燃費低減には低速化も大きく寄与する。特に昨今のごとく燃料油価格が高騰した場合には、最適航海速力の低速化が一段と推進されることとなる。言うまでもなく輸送貨物 1 トン当りの燃費低減は、輸送コストの低減

特異な船尾形状



化と両立しなくてはならない。そこで本船計画に際しては川崎重工業㈱開発の電算機プログラムにより、速力およびCbをパラメーターに運航諸元の概要を設定の上、運航コストの等高線を作成し、コスト最低となる点を求め、最適航海速力選定の有力材料とした。

運航諸元のうち最も不明確なのが速力およびCbに対する気象海象の影響量の推定で、これは船型の大小にも影響されるので、その推定はより一層困難である。気象海象の影響量を若干変えても、最適航海速力は0.5～1ノット程度移動するが、本船の計画範囲では船型に比して主機出力が非常に小さいので、最適速力付近でのコスト・カーブは非常に緩やかで直線に近い様相を呈し、前後2ノットぐらいは誤差の範囲に収まってしまう。

従って本船の予定主航路が比較的気象海象条件の良い日本～豪州西岸航路であること、また最近の船

底塗料の防汚性能の大巾な向上等を考えれば、保証船としては出来るだけ下限に最適速力を選定すべきで、他要素も考慮の上、最終的に満載航海速力は、12.4ノットと決定された。

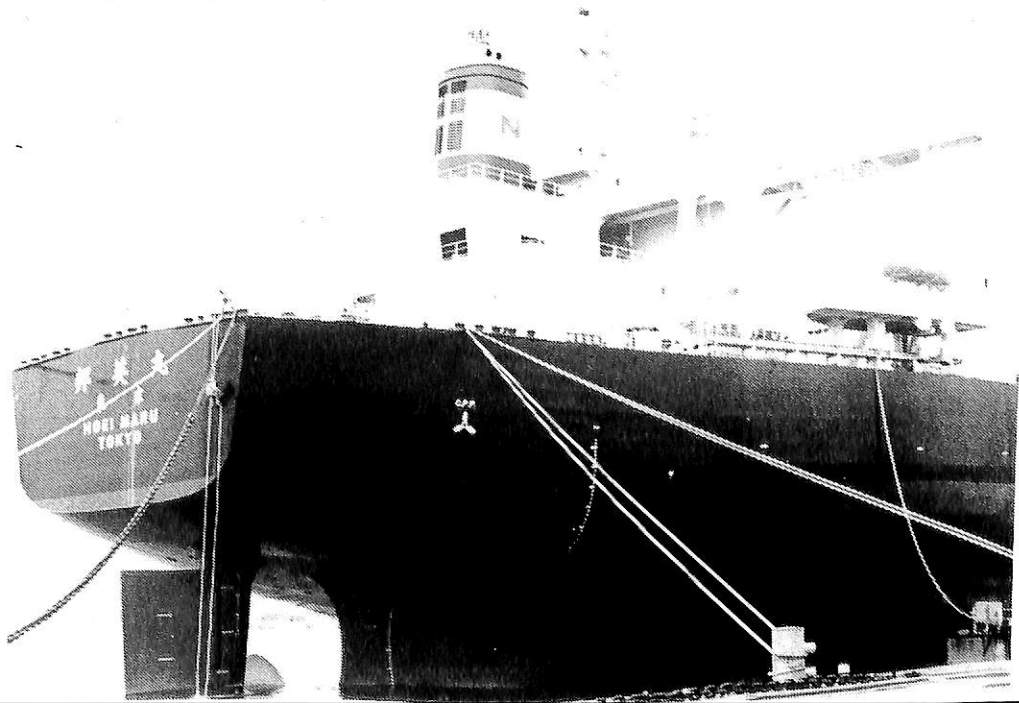
●省エネルギー対策概要

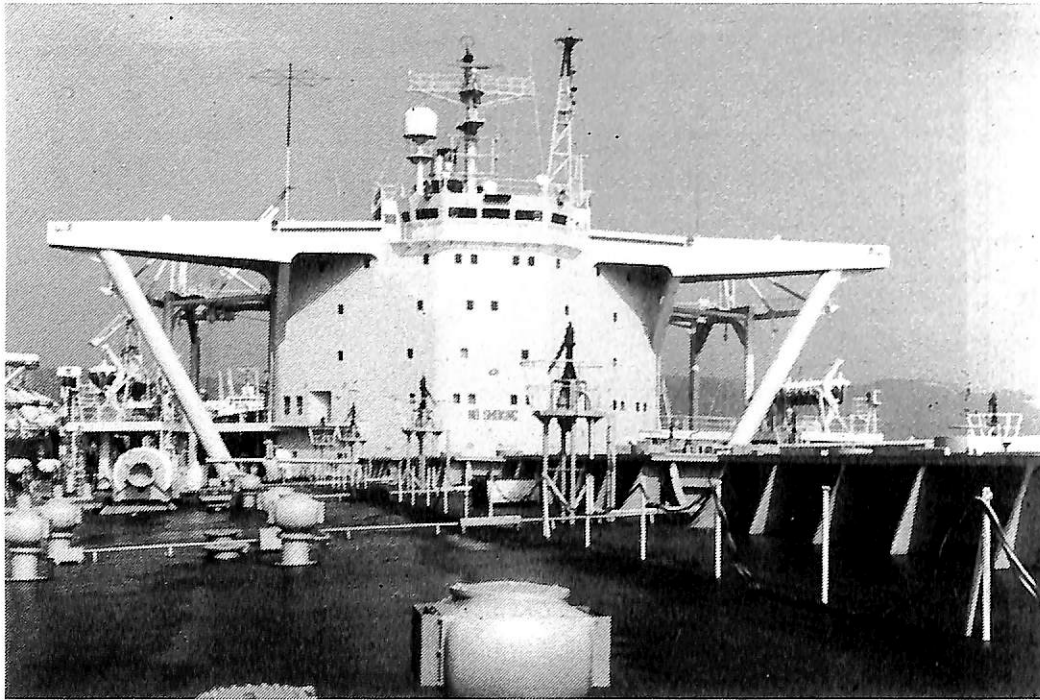
(1)新船型の採用

本船は下記するように現時点では最大級に推進器低回転大直径化のメリットを追求したので、バラスト航海時に従来船型より若干深く吃水が必要である。

この吃水増による排水量増加に基く速力の減少を防ぐ目的で、川崎重工業㈱開発の改良型新船型を採用した。本船型は中央平行部のビルジ部および船底の一部容積を、船首尾部の満載吃水線付近に移動させ、バラスト航海時に排水量の増加なく十分な吃水を確保すると共に、ラインスの改良により一層の推進効率の向上を計り、満載状態における造波抵抗の増加

マリナー型反動舵を採用





風圧抵抗の減少
を図った船橋

も摩擦抵抗および形状抵抗の減少により相殺させ、更にスターン・バルブの採用により船体下部がファインになったことによる伴流減少の回復および推進器面内伴流分布の均一化を計り、在来船型に比し、満載状態で約1%、バラスト状態で約3%の効率向上をもたらした。

本船型の効力は本船で採用したC_bより若干小さいC_bでより発揮されるようであるが、重量貨物船および低速船であることを考えれば本船程度が妥当であろう。

(2)大直径可変ピッチ・プロペラの採用

推進器低回転・大直径化による効率向上を現時点では最大限に追求した結果、上記計画での推進器直径は5翼で10.7m、3翼で11.0mとなった。5翼と3翼では推進器単独では約10%の効率の差があるが、平均伴流値の低下等、自航要素の変化により全体としての効率向上は約3%と推算され、新船型の採用により、より大直径推進器の採用が可能になったこと及び低速化による推力の減少により、3翼推進器の実現が可能となり、3翼を採用したわけである。

大直径化と共に推進器低回転かつ大型低出力船の港内等操船の安全確保、また適正ピッチによる平均推進効率の向上および主機関適正運転による適正燃料消費率の保持による省エネ等を計るために、可変ピッチ・プロペラの採用は当然の帰結となり、ここに世界最大直径の可変ピッチ・プロペラの出現となった次第である。

(3)マリナー型反動舵の採用

推進器大直径化によるバラスト状態吃水増加を減少させるために、マリナー型舵の採用は当然であるが、本船では従来逆G型舵にのみ採用されていた反動舵をマリナー型に採用することにより、約1%の効率向上を計ると共に、舵下面にフィンを取付けることにより舵効を良くし、舵面積の減少および蛇行の防止を計った。

(4)高張力鋼の大巾採用と船殻構造設計の合理化

高張力鋼が一般商船に利用されだした当初から見れば、その価格・加工費共一般造船用鋼材との格差が大巾に減少した。これは沖修理を含めた一般修繕の場合の高張力鋼関係工事の一般化を示すものである。そこで本船では高張力鋼を全体で重量比約70%、中央部0.8L間で重量比約85%使用することにより従来の最も多く使用した場合(24~25%)より約2,000トン、更に船殻構造設計の改良により約2,000トン計約4,000トンの船殻重量の軽減、即ちその分の載貨重量の増加を図った。これは方形係数ベースで見て約2%の推進効率の向上となる。

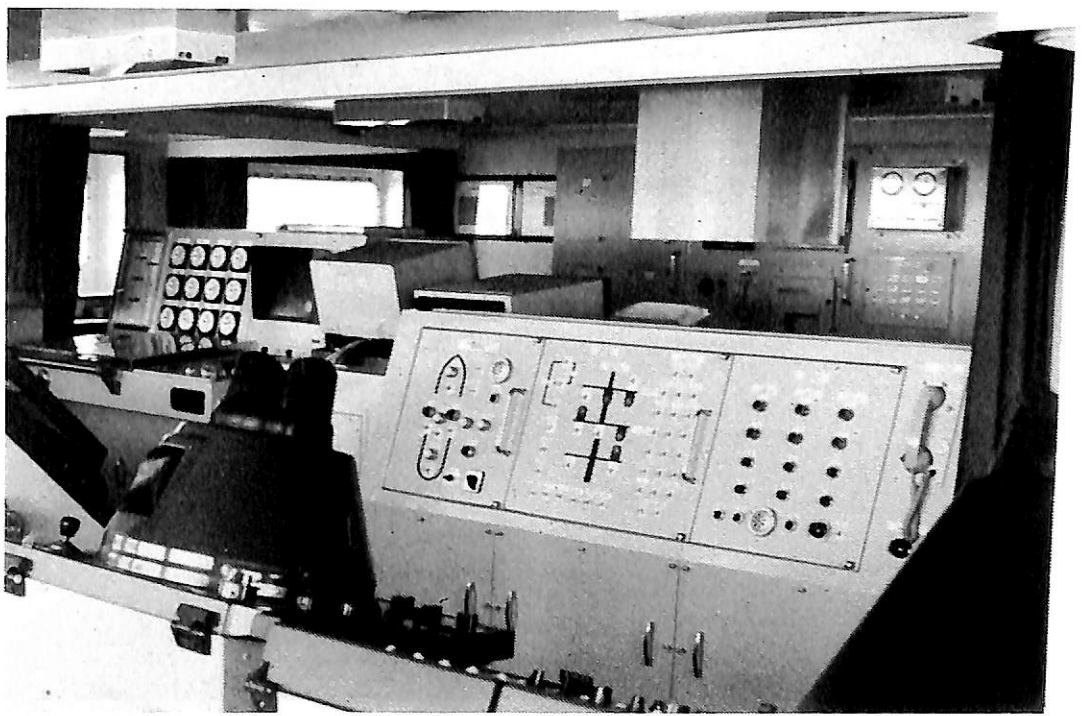
(5)居住区および船橋形状の改良

居住区及び船橋の前面垂直壁に45°の角度を持たせ、風圧抵抗の減少を図った。居住区配置の点で若干不都合が生じたが、これにより約1%の効率向上を得た。

(6)省エネタイプ主機関の採用

無冷却型川崎MAN-NA57 排ガス過給機付主機関・川崎MAN K8SZ70/150Ceを採用。燃料

船橋内。左上にブリッジ・
モニター・パネルが見える



消費率は123 g/PS/HR となり、35次船に比して約4%減少した。また本機関は4,500秒油の使用が可能である。

(7) 低速1機1軸ギアダウン方式の採用

速力の低速化と燃料油の粗悪化に対処して、世界最初の2サイクル大型低速ディーゼルエンジンの1機1軸ギアダウン方式を採用した。この結果MCRで45RPMという推進器の超低回転化が可能となり、その結果、大直径推進器の採用とあいまって約11%の推進効率の向上を計り得た。更に主機関は当社35次船と同様のディレーティング仕様を採用、約1.5%の燃料消費率の低減化を計った。

(8) その他

上記の他、軸発電力授受システム、直結LOポンプ、2段変速式海水ポンプ、吸収式エアコン装置、ホモジナイザー、インタークーラ熱利用タンクヒーティングシステム、補助缶用ロータリーバーナー等

等の採用により約2%の省エネ効果を図った。言うまでもなくセルフポリッシュ型長期防汚型船底塗料も採用している。

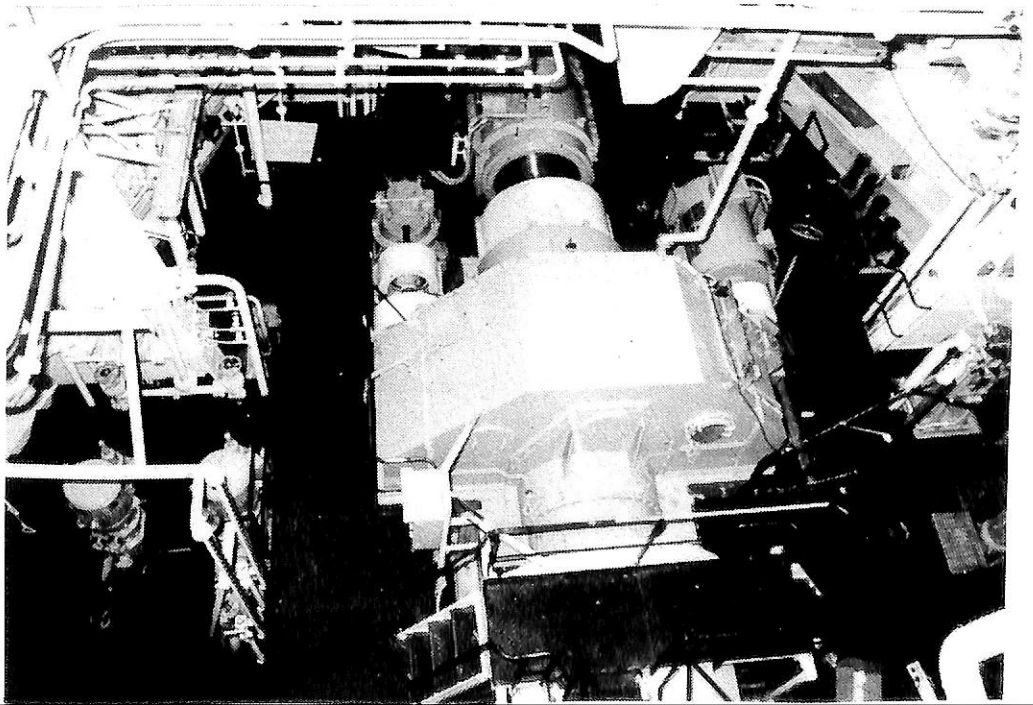
●省力化・合理化対策概要

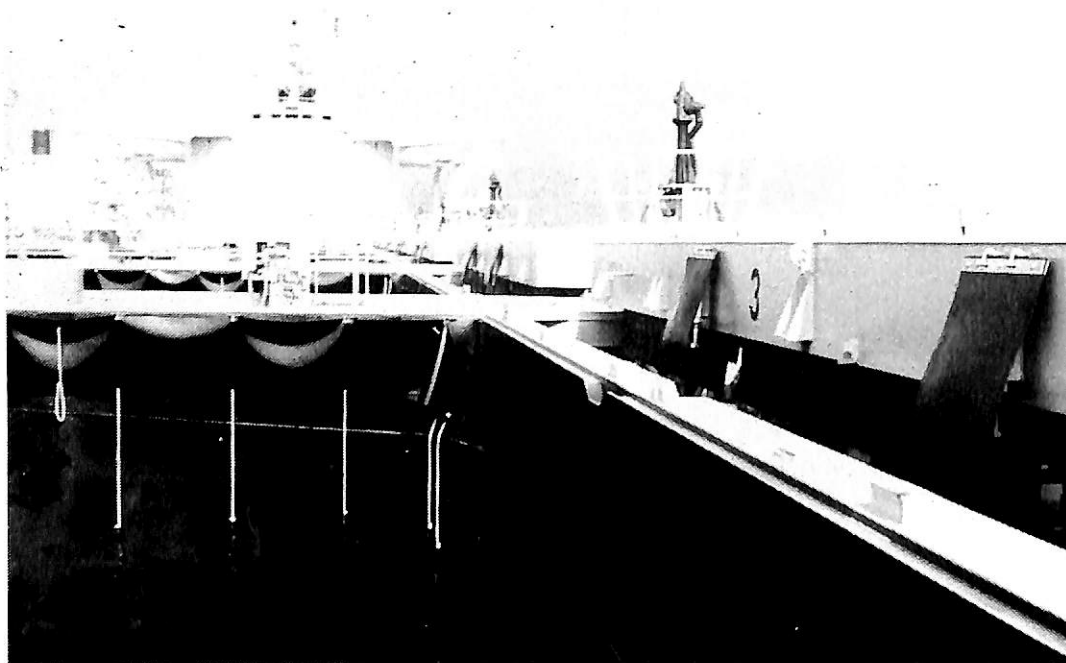
委員会発足当初は14名船を目標としたが、建造が早期に且つ具体化した関係で35次船同様18名船構想で行くことに落ち着いた。従って基本的には省力化・合理化に関しては35次船と同程度という線で進めたので、特記すべきほどのことはないが、後述された造船所の説明と重複しない程度で以下に略記する。

(1) 係船設備

14名あるいはそれ以下の乗組員で運航する場合に、係船装置に関しても遠隔集中監視制御等根本的に考え方を改めなければならないが、18名船であれば35次船での考え方を船型に合わせて変更するのみの方針で行くこととした。

エンジンルーム内。弾性接
手、遊量歯車、CPPコン
トロールボックス、軸発、
LOポンプが見える。





No.3 ホールド。甲板洗淨機とバルカー・パッド（右）を見る

遠隔集中監視制御を前提とすれば、係船機は1ウインチ1ドラム式が現状では望ましいわけであるが、本船型では係船機数が27台と従来船では考えられない程多数要することになる。結局35次船並みの省力化となったので、係船機は14台となり、全て1ウインチ2ドラム式とした。

当初本船係船機は捲込み20トン20メートル、捲出し60メートルで計画されていたが、検討の結果、捲込み20トン15メートル、捲出し60メートルとし、油圧ポンプを1台減ずると同時に若干電力消費の節減を計った。また上甲板中央部にタグライン捲上げ用キャプスタン6台を配し、タグライン作業の安全化と省力化を計った。

(2)ハッチ関係

ハッチカバーは省力化のためオートクリートタイプを採用しているが、35次船ではメーカーの関係上フック式を使用せざるを得なかったが、今回は保守

手入れの省力化を期待してウェッジ式とし、開閉方式も水平式ラック・ピニオン式となった。

積揚荷役時、ハッチコーミング上に堆積する鉱石・石炭等の除去作業を軽減し、安全性の向上を計るために35次船で日立造船㈱と共同開発した“バルカーパット”は当然装備している。その他カバー上面には当社実績に基き、ポリウレタン樹脂塗料を塗装して鉱石落下による塗膜の損傷防止を計っている。

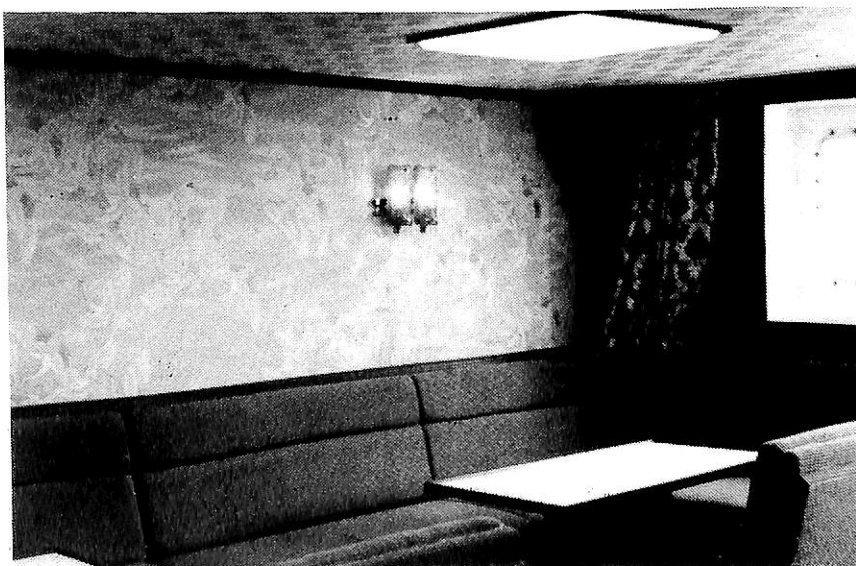
(3)甲板自動洗滌装置

35次船同様、当社が積極的にその開発・使用に協力した甲板自動洗滌機を24台装備している。

(4)機関部計装関係

主機および補機類等各機器の計測・監視用として時間分割多重伝送方式のデーターロガーを装備し、同一機能の中央処理装置と並列に設置し、CRTディスプレイ不良の時はバックアップアラームパネル、またログタイプライター不良の時はハードコピータ

サロン





全室バス・トイレ付

イプライターが機能を代行する等、バックアップ・システムを充実させ、安全性の向上および省力化のより一層の推進を計った。その他拡張機能として、①データートレンド、②スタンバイディスプレイ、③C P Pパワーカーブ (SHP-RPM)、④トルクリミットカーブ (BHP-RPM)、⑤棒グラフ等の表示機能を持たせた。

超合理化船構想にも充分対処出来るよう、船橋にもカラーCRTとモニターパネルを装備し、機器の

サンルーム
兼ジムナジ
ウム



発停、計測、監視は機関制御室と全く同じ機能を持つよう配慮している。

(5)居住設備関係

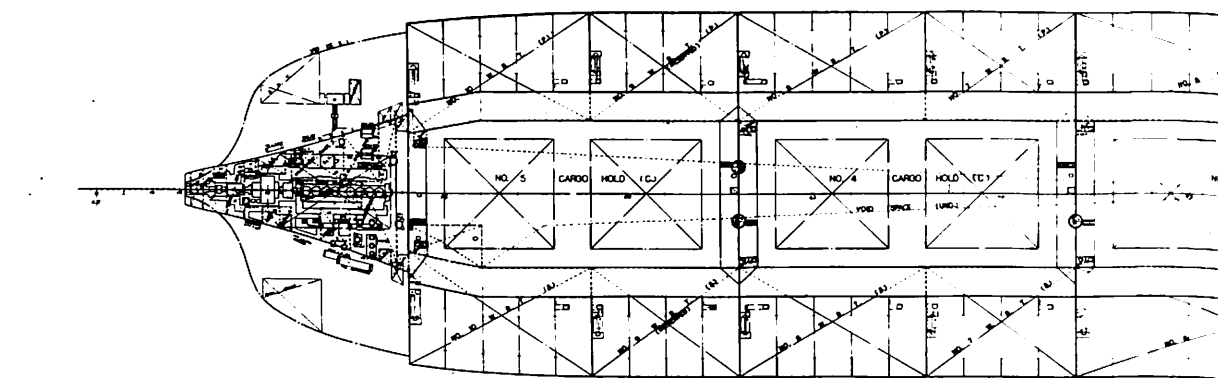
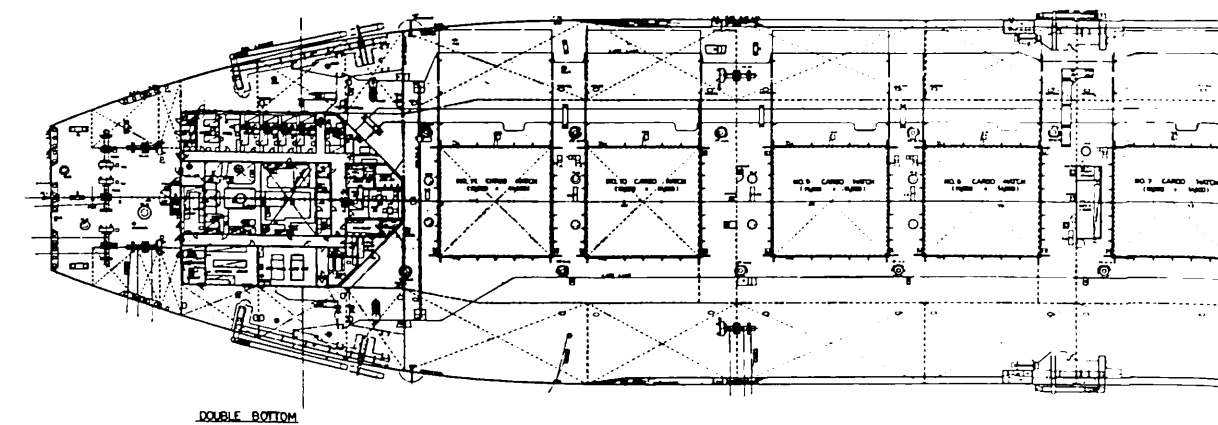
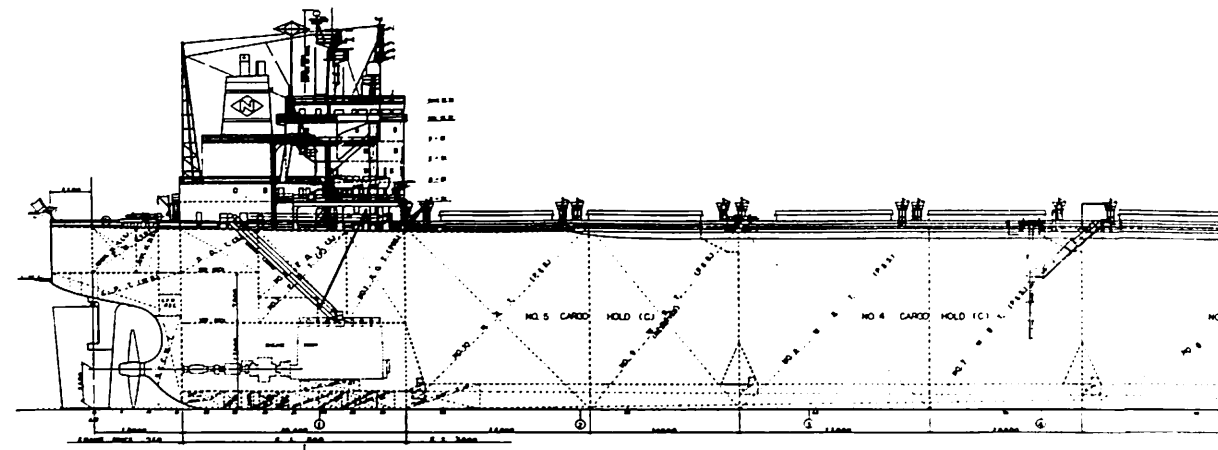
居住設備として、35次船との主な変更改良点は港務班用を除く乗組員全個室のユニット式シャワー・トイレを同バス・シャワー・トイレに変更し、新たに電気冷蔵庫を設置したこと、ジムナジウムに900×1,800の特大型角窓を4枚取付け、サンルーム兼用としたことおよびエレベーターを船橋操舵室まで1フロア延長したこと等で、ナイトパントリーシステム等35次で好評だったものは勿論、継続設備し、より一層の船内生活の快適化および精神衛生面での改善を計った。

●あとかき

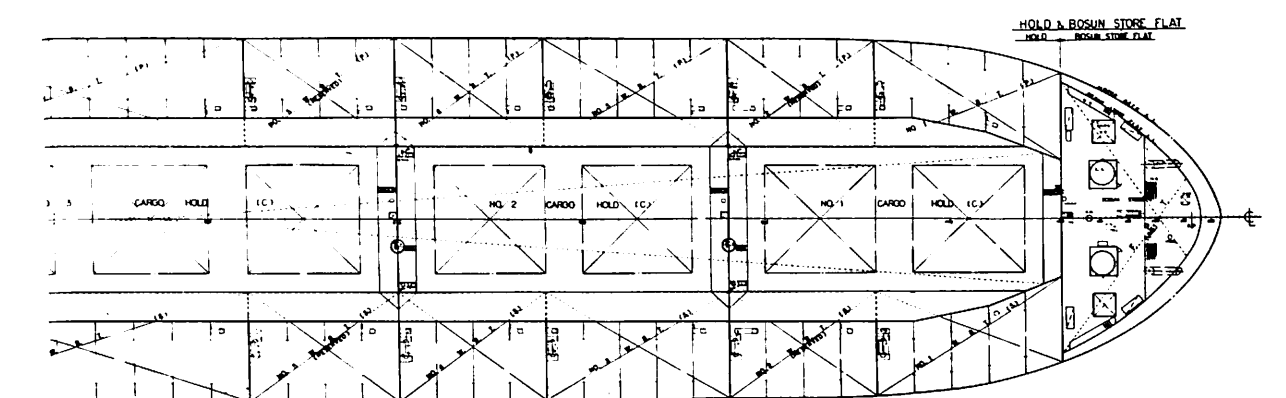
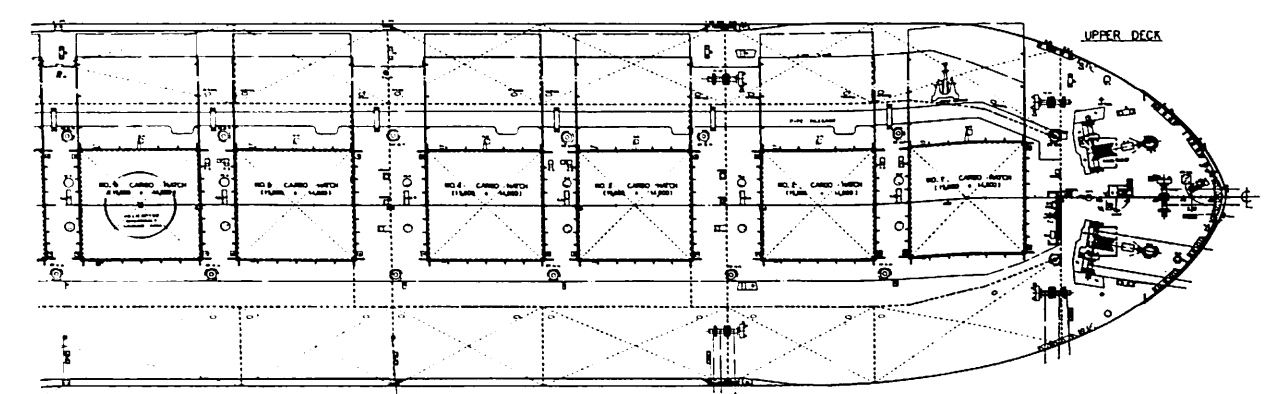
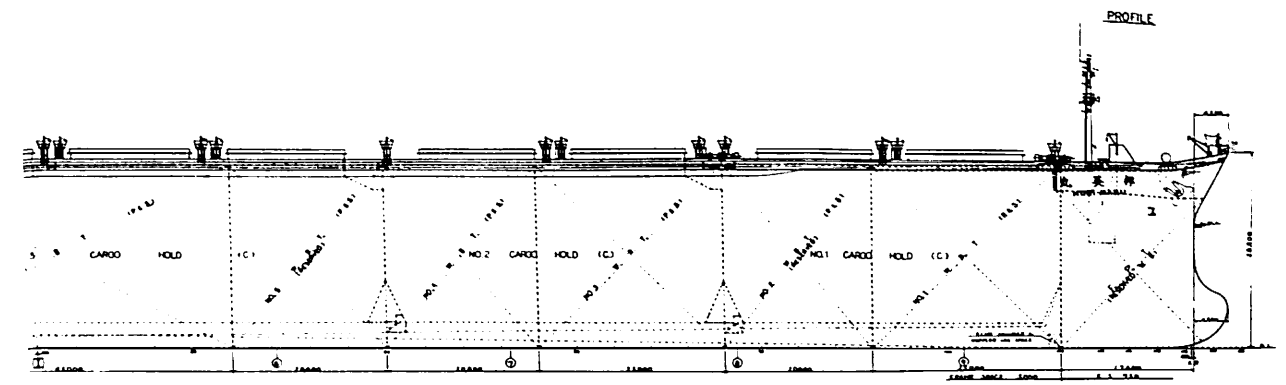
以上37次超省エネルギー船“邦英丸”の概要を紹介させて戴いたが、35次船に比し50%を超す省エネ化を実現した本船を安全に運航し、その効力を充分に発揮させるため、当社ではS N K委員会に引き続き37次船安全運航委員会を設け海陸一体となって、その運航に万全を期しております。幸い本船は9月7日竣工受取り後、既に日本～ポートウォルコットの第1次航を無事終了、第2次航ポートウォルコト向け順調に航海しております。これも偏に新日本製鉄関係者の皆様方のご指導・ご鞭撻と、川崎重工業㈱の技術・努力の賜物と一同深く感謝しております。

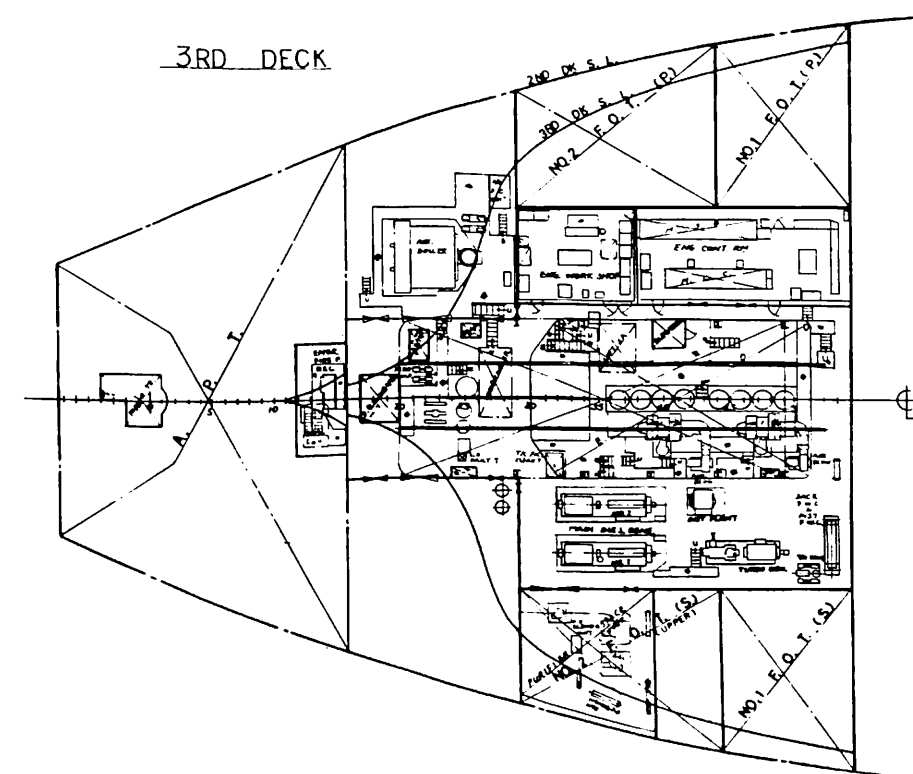
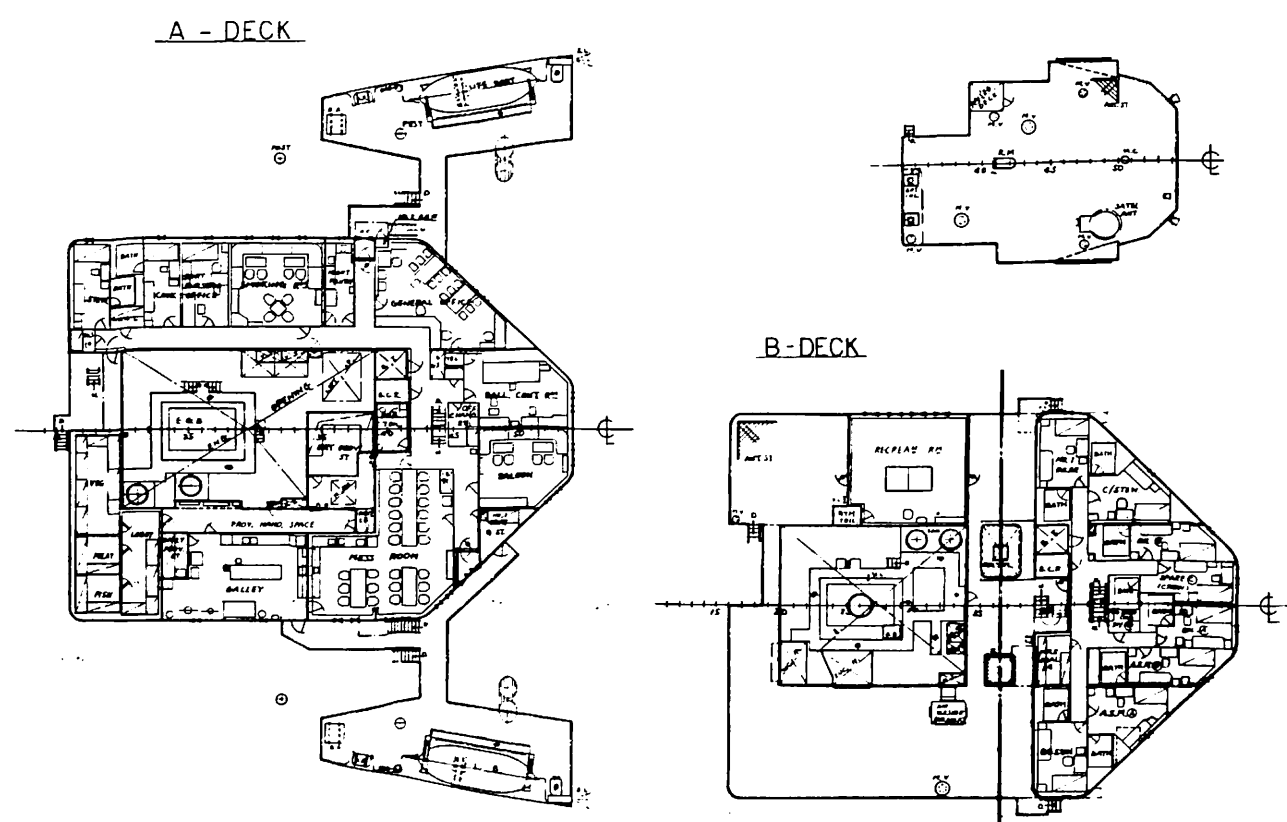
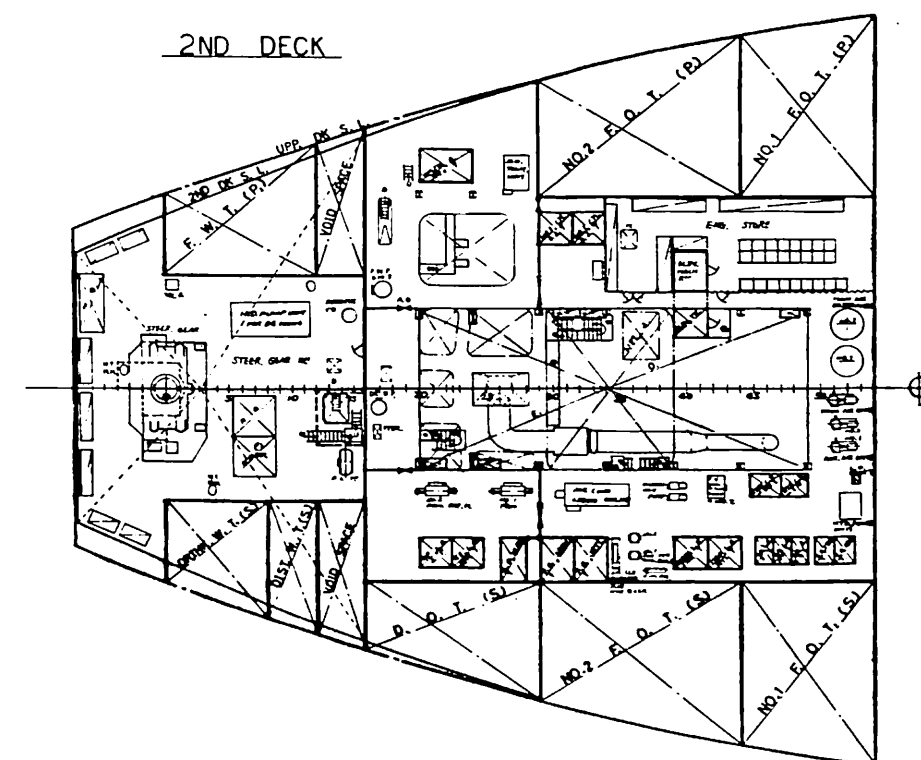
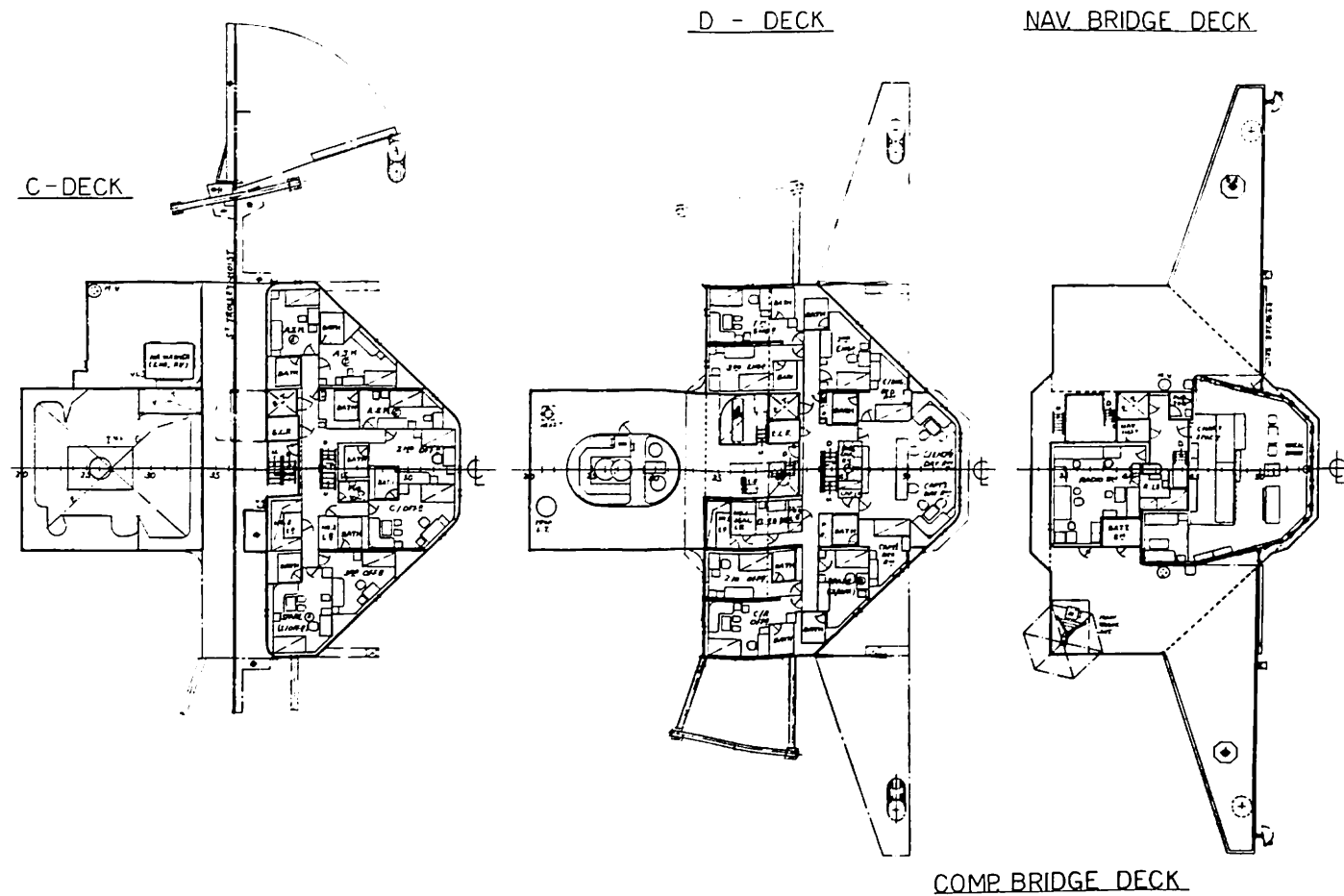
鉄鋼原料輸送の省エネ化、コストの低減化はこれで終わったわけではなく、将来より厳しくなるものと考えねばならず、現状では暗中模索の段階ではあるが鋭意努力する所存であります。

General Arrangement of Ore



Coal Carrier "HOEI MARU"







Design & Building of Revolutionary Energy-Saving Ore/Coal Carrier
 "HOEI MARU" equipped with the world's biggest C.P.P.

世界最大の可変ピッチプロペラ装備の 超省エネ船“邦英丸”の設計と建造

川崎重工業船舶事業本部
 技術室坂出設計部

1. まえがき

超省エネ船“邦英丸”は日邦汽船㈱殿ご注文の第37次計画造船として、昭和56年10月26日、川崎重工業坂出工場にて起工し、昭和57年4月30日進水、種々の海上試運転を終えて、同年9月7日無事、船主殿に引き渡され、現在、オーストラリアと日本間に就航している。

本船は「エネルギー高価時代に対処して製鉄原料輸送における抜本的な省エネルギー対策を実施する」との新日本製鐵㈱殿のご方針の下に、荷主（新日本製鐵㈱殿）、船主（日邦汽船㈱殿）および造船所（当社）の3者が委員会を設立し、約1年間にわたる様々な調査研究の結果誕生したものである。

その成果は満載航海速力12.4ノット（常用出力、15%シーマージン）で燃料消費量が43.5トン/日、オーストラリア～日本航路での輸送貨物1トン当りの燃料消費量に換算して、約5.5キログラムと、従来の130,000載貨重量トン型船に比較して、実に約

50%減という超省エネ達成度に表われている。

2. 主要目、一般配置等

2-1. 主要目

全長	315.00 m
垂線間長	305.00 m
幅（型）	50.00 m
深さ（型）	24.60 m
夏期満載喫水（型）	18.30 m
載貨重量	208,739 t
総トン数	114,409.64 T
純トン数	44,616.10 T
主機関	川崎MAN K8SZ 70/150 Ce 型 ディーゼル機関 1基
連続最大出力	15,500 PS × 126 rpm （プロペラ 45 rpm）
常用出力	13,200 PS × 約 119 rpm（プロペラ 43 rpm）

航海速力（常用出力において、15%シーマージン）

12.4 ノット

燃料消費量

43.5 トン／日

プロペラ 川崎エッシャー・ウイス型可変ピッチプロペラ（3翼、直径11m）

発電機

ターボ発電機 580 kw × 1

ディーゼル発電機 800 kw × 2

軸発電動機 150 kw × 1

乗組員 職員10人、部員12人、予備3人、合計25人

船級 日本海事協会 NS*（Ore/Coal Carrier）and MNS*, M0

2-2. 一般配置等

本船は一般配置図に示す通り、船首楼なしの一層甲板船で、船首部は球状型、船尾部はトランサム型となっており、居住区、機関室は船尾に配置し、中央部に貨物艙として5ホールドを有する鉱石兼石炭運搬船である。

ハッチはNo 3 ホールドに3ハッチ、その他のホールドには各2ハッチ、合計11ハッチが装備されており、鉱石あるいは石炭を積載するのに合理的な配置となっている。

貨物艙の周辺には、バラストタンクが配置されて

おり、大直径プロペラを水没させるのに十分な量のバラスト量を確保できている。

貨物艙内の交通装置として各艙ごとにスパイラル梯子と竖梯子が一条ずつ設けられている。

居住区はポートヘルパー室を除く全居室にバス／トイレおよび冷蔵庫を配備すると共に、セミダブルベッドを採用し、余裕のある快適な居住空間を実現している。また、食堂、サロン、喫煙室および和風休憩室は職員、部員の区別なく共用とし、少人数乗組員の親睦をはかる場としている。

乗組員の健康管理のための部屋として、大型の角窓を装備した娯楽室（サニールーム／ジムナジウム）を設けている。

2-3. 省エネ仕様の概要

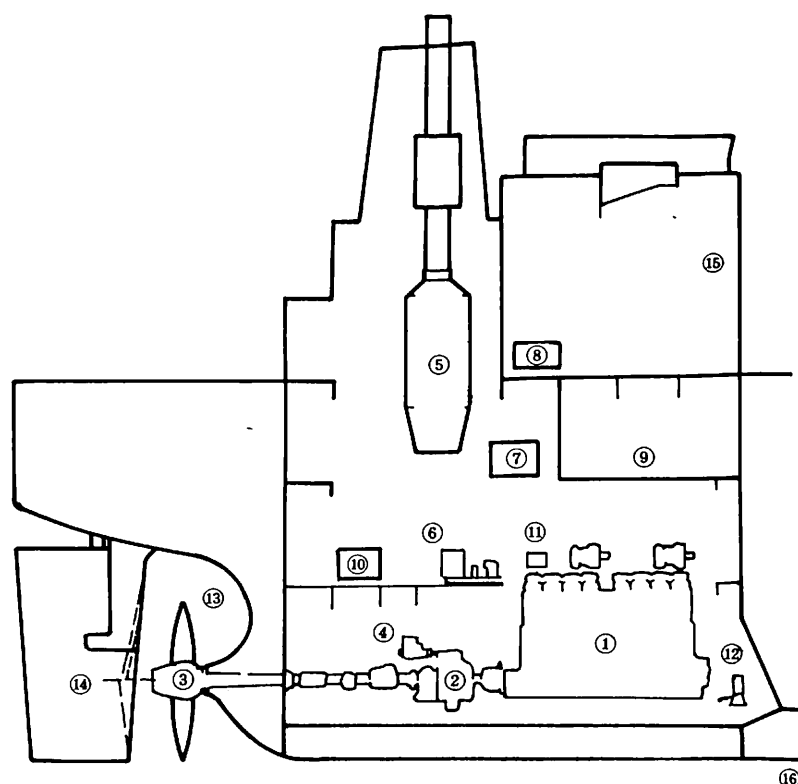
本船の省エネルギー仕様の概要は下図に示すとおりであるが、本船仕様の特徴は何と云っても、従来船の50%減を達成した省エネに関するものである。それらについての詳論は各章で後述する。

3. 船体部仕様

3-1. 本船の特徴

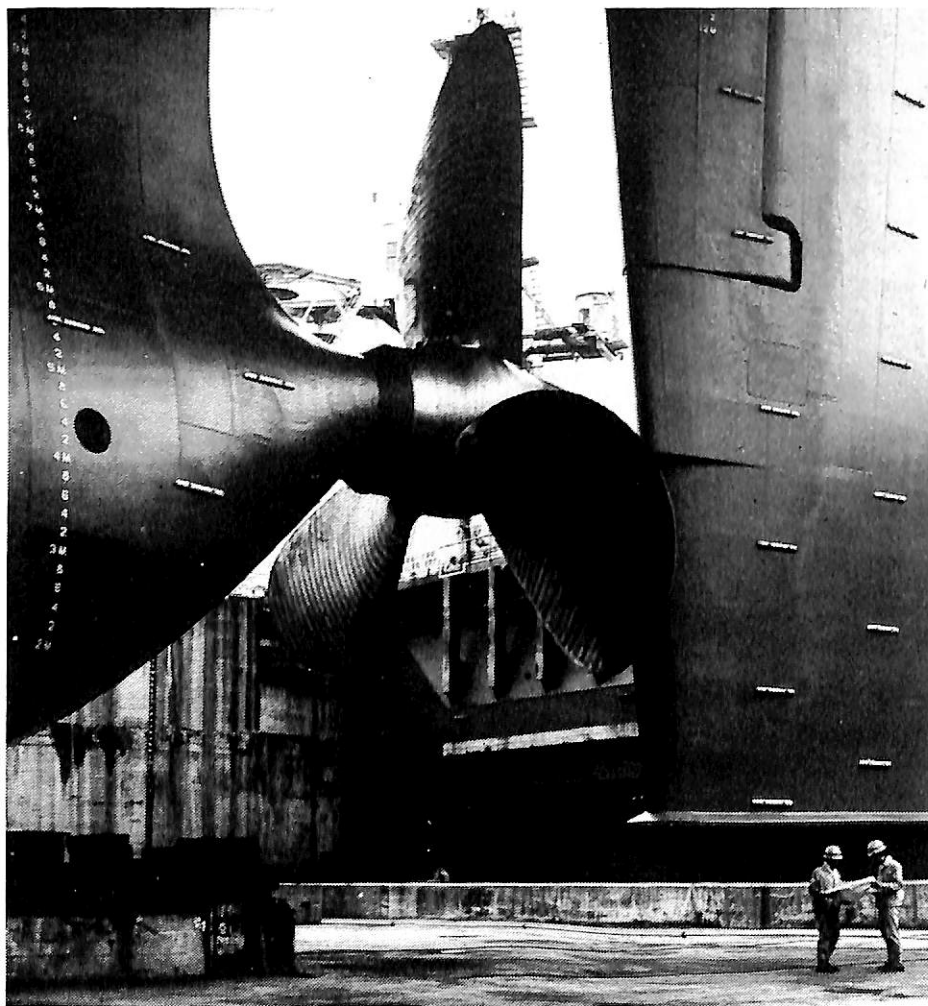
本船の船体部特徴は、まさに省エネルギー対策に関係するものである。それらにつき以下に紹介する。

(a)最適船型と最適航海速力



- ① 2サイクル低速主機関
- ② 減速歯車
- ③ 低回転・大直径プロペラ（C.P.P.）
- ④ 軸発電動機
- ⑤ 排ガスボイラー
- ⑥ ターボ発電機
- ⑦ 吸収式冷房装置
- ⑧ 暖房装置
- ⑨ タンク加熱
- ⑩ 造水装置
- ⑪ ボイラー給水加熱
- ⑫ 2速式冷却海水ポンプ
- ⑬ 船型形状の改良
- ⑭ リアクション・マリーナ舵
- ⑮ 風圧抵抗の少ない船橋形状
- ⑯ 自己研摩型船底防汚塗料

省エネルギー対策の概要



世界最大直径 (11 m),
3翼CPPとリアクション舵

省エネルギーという場合に、基本的なポイントとして、船を運航するにあたっての経済性、即ち運航採算について検討する必要があるが、これには船の主要寸法、荷役率、主機型式、航海速力、燃料油価格等数多くの要素が複雑に相互作用する。

コンピュータを駆使した膨大な検討の結果、

- 主要寸法は本船運航上許容される最大限まで大きくするのが有利である
- 燃料価格が安価な時代は、15ノット以上が最適船速となるが、今日のような燃料高価格時代には、12～12.5ノットが有利である

ことが判明した。このようにして本船の載貨重量、船速が決定されたが、特に船速については従来船に比べてかなりの低速であり、従って、主機馬力も低くなる馬力となるので、本船の操船性、経年変化、荒天運航時の安全性等、経済性以外の観点からも充分な検討を加えて選定した。

(b)船型形状の改良

バラスト状態では少ない排水量で、必要な喫水が

確保できるようにビルジ半径と船底勾配を大きくし、バラスト状態での大直径プロペラに対応する喫水においても、良好な推進性能が得られる新しい船型を開発した。また、船尾形状は大直径プロペラを収納し、かつ3翼プロペラ採用に起因する振動を軽減すべく伴流分布が均一となるように改良した。

(c)船殻重量の軽減

船体を軽くつくれば、省エネ化につながる。

本船では種々比較検討の上、構造配置を合理化し更に貨物艙部全体をモデル化してコンピュータを駆使してのFEM解析等、精密強度解析を加えて部材寸法の適正化を図った。このような検討の中から、高張力鋼が有効かつ大巾に使用され、船体重量の軽減に大きく寄与している。なお、高張力鋼は上甲板部に $36\text{kg}/\text{mm}^2$ 、その他の縦強度部材（船側、船底、縦通隔壁）および横強度部材の一部に $32\text{kg}/\text{mm}^2$ のものを使用している。

(d)くさび形船橋形状

向い風の場合、効果があることを風洞実験で確認

したので、本船においては船橋形状をくさび形とした。このことが、同時に操舵室からの展望を良くし、操船上有利であることも判明した。

(e)リアクション・マリナー舵

舵の前縁にひねりを与え、プロペラ後流の回転エネルギーを推力として回収できるように配慮したりアクション型舵を採用した。

(f)自己研磨型長期防汚塗料

本船のごとき大型かつ低速船においては、船体抵抗の大部分を摩擦抵抗が占め、しかもこの抵抗は経年と共に海洋生物が船体表面に付着することによって大巾に増加する。これを有効に抑制するため、船底船側部に自己研磨型長期防汚塗料を塗装した。

3-2. 一般

本船の要目、一般配置、特徴については前章で述べたとおりであるが、本船は超省エネ船であると同時に、省力化船でもあり、少ない人数での安全運航が可能であるという点で、第一級の設備を備えた鉾石兼石炭運搬船である。その点を中心に以下に述べる。

(a)係船機

船首部に3台、船尾部に5台を合理的に配置すると共に、船体中央部では両舷側に各3台をそれぞれ、その舷での係船作業専用に配置し、重い係船索を反対舷まで引張り出すという重労働を不必要としている。また、いずれの係船機も舷側部に設けられた、制御スタンドから遠隔にて、速度および回転方向を制御することが出来、この種の船で最も人手を要す

る係船作業が少ない人数で可能となっている。

(b)カーゴハッチカバー

油圧で開閉するシングルパネル・サイドローリング型であるが、クリートは自動締付型となっており、省力化が図られている。またハッチコーミング付のコンプレッションバーをゴム製カバーで覆うことによって、荷役後の落下粉塵処理作業の簡素化も図っている。

(c)甲板洗浄機

荷役後、上甲板上に落下した粉塵の洗浄用として、カーゴハッチ間の適当な位置に合計24組の甲板自動洗浄機を配備し、少ない人手で短時間に洗浄可能としている。

(d)バラストシステム

ポンプは電動式を2台装備しており、本船の運航を考慮したバラスト注排水時間に対して余裕をもった容量となっている。

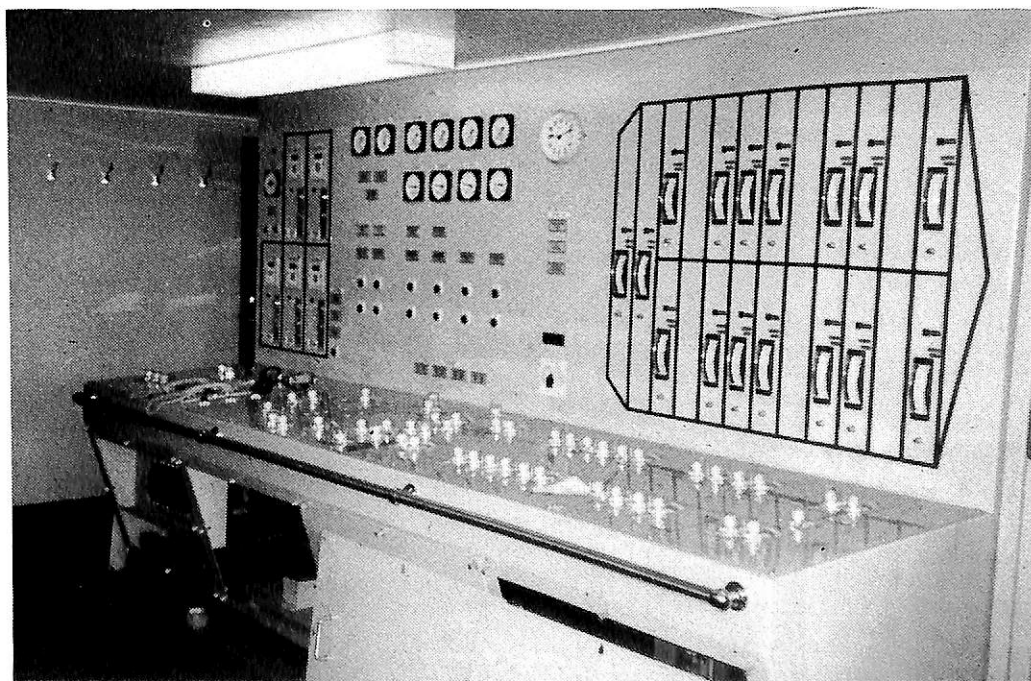
各バラストタンクへの配管はリングメイン方式とし、大容量のバラストを効率良く注排水できるようになっている。

ポンプの発停および主要バルブ開閉については、居住区画内に設けられたバラスト制御室内から遠隔操作が可能である。更に、この室には遠隔指示のバラスト液面計、喫水計、ヒール計等が装備されており、船の姿勢をも遠隔制御可能となっている。

4. 機関部仕様

4-1. 一般

バラスト・コントロール・コンソール



本船の機関部について省エネルギー仕様を中心に以下紹介する。

機関部の最大の特徴は、2サイクル低速ディーゼル機関を大容量弾性ゴム継手および遊星歯車式減速装置を介して、直径11mの世界最大の3翼可変ピッチプロペラに結合するという画期的なプラント構成にある。

その結果、主軸として前例を見ない常用42 rpmという超低速回転数が実現し、推進効率の向上による驚異的な省エネルギーを可能にした。また、廃熱回収について主機冷却後の温排水の有効利用等、従来にも増して徹底した省エネ対策を実施すると共に、軸発電動機による電力授受システムも装備され、回収エネルギーの完全活用をも図っている。

一方、自動化関係ではM0グレードの省力化に加えて、カセットテープによる各種測定値の自動記録やトレンドグラフ機能等、マイクロコンピュータを使用した様々なデータ処理が可能となっている。

以下にこれらの機器やシステムの概要につき述べる。

4-2. 2サイクル、ギアダウン主機

本船の推進プラントとして、減速歯車付2サイクル低速ディーゼル機関が採用されたのは低回転、大直径によるプロペラ効率の向上が著しいという点で最も卓越した省燃費システムが可能であり、将来予想される燃料油粗悪化への適応力、更にはより少ない保守作業等優位性が評価されたものである。

K8SZ 70/150 Ce という主機関は同C型機関をディレーティングしたもので、燃料噴射弁型式

および過給機特性を改善し、また、圧縮比を高めて、より燃料消費率の低いものとなっている。

2サイクル低速ディーゼル機関1機1軸推進プラントに減速歯車を装備するに当たって、最大の問題点は、変動トルクによる歯面への影響であり、特に本船では3翼プロペラによるトルク変動に対しての検討も不可欠となっている。

一般に、このようなトルク変動は撓み継手により抑制されるが、主機関が1基で、しかも低速ディーゼルである本船のような船での採用例はなく、従来の可撓継手ではトルク伝達容量が不足であったので、特に本船では大容量の弾性ゴム継手が新たに開発された。

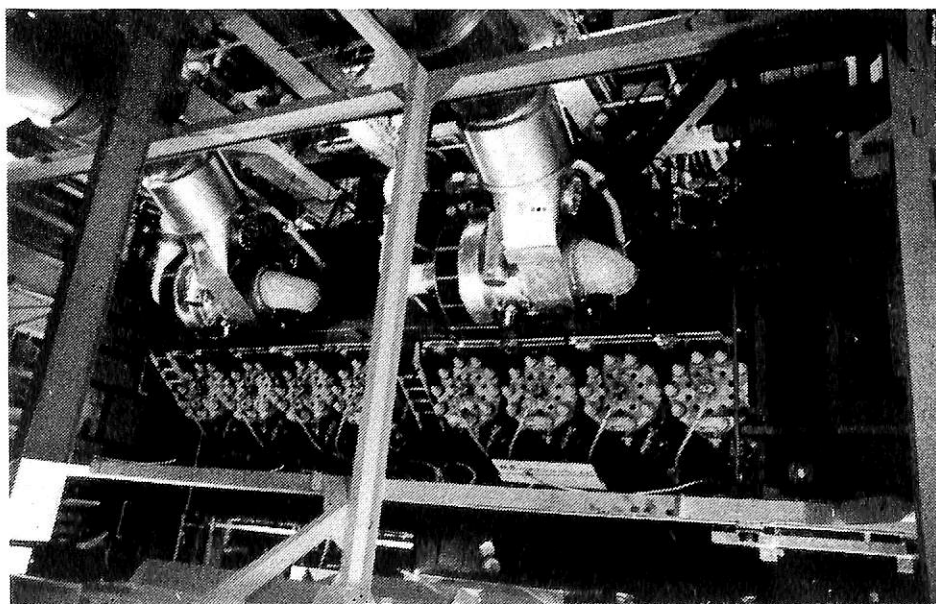
減速装置には入出力軸芯にオフセットを生じず、且つ遊星歯車の中では保守作業性の点で優れているプラネタリー型を採用している。減速比はこの種の形式では限界に近い2.8となっている。

また、本減速機には軸発電動機および主潤滑油ポンプ駆動用ステップアップギアが組み込まれており、電力授受あるいはターボ発電機負荷の削減が図られている。

4-3. 可変ピッチプロペラおよび軸系

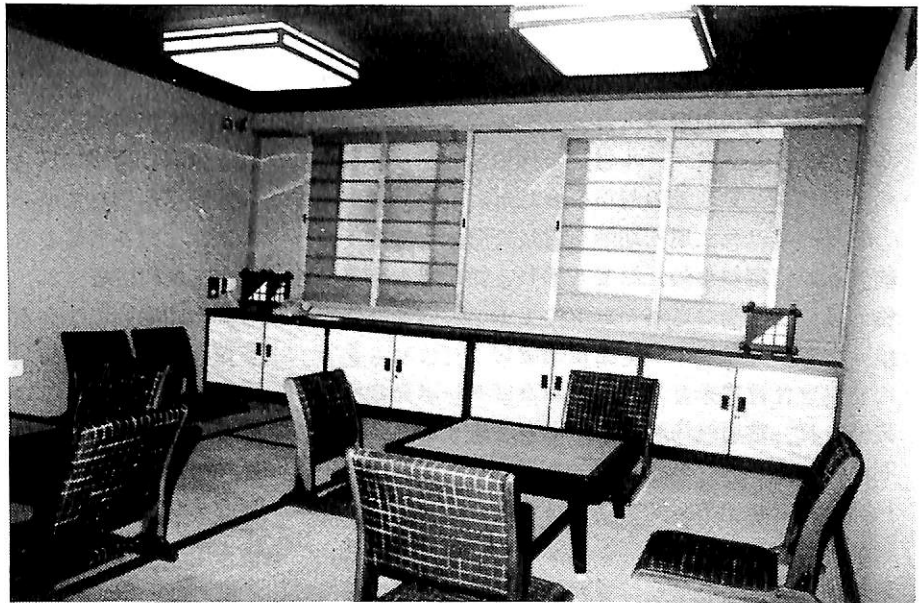
推進性能の向上による省エネが本船の最大の狙いであり、プロペラについても万難を排して低回転化、大直径化が図られている。また、プロペラ翼数についても効率向上の観点から実験において、その効果を確認した上で、大型プロペラとしては例のない3枚翼を採用しているが、特に留意すべきプロペラ起振力については伴流分布の改善により、従来船より

世界初の低速、2サイクル・ギアダウン主機





展望の良い操舵室



乗組員の和風休憩室



大型角窓を装備した明るいサンルーム／ジム
ナジウム

もむしろ軽減できることを Bearing Force, Surface Force の理論計算により確認し計画に万全を期した。

可変ピッチプロペラは経年変化によるトルクリッチを避けること、および本船のような超省エネ船では主機馬力に比して、船体の慣性力が従来以上に大きいので、時間のかかる主機逆転操作を要しない CPP による操船の方が容易であり、安全であるとの見地から採用した。また、主機逆転も可能としている。

本船の CPP は 1 翼が約 11 トンであり、プロペラの全重量は 76 トンに達するが、これはかつての 400 型タービタンカー用を凌ぐものである。

プロペラ強度の点からは回転数の低下により従来船以上の安全性があると予測されたが、軸系に関しては船尾管軸受の軸受荷重分布やマニューバリングにおける低回転時の潤滑油膜形成等に特に留意し、理論検討を含めた種々検討を重ねると共に、軸系アライメントにおいて工作的に細心の注意を払い、かつ、より強靱なメタル材質の採用、メタル表面のオイルスキン処理等の対策を施した。

結果的には海上運転期間を通じて海水温度プラス約 10℃ の安定した軸受温度を示し、従来船と何等遜色のない成績をおさめた。

4-4. 排ガスターボ発電装置

フィン付管式排ガスボイラおよびターボ発電機が装備され、常用航海時の船内電力を賄うことが出来る。

排ガスボイラの蒸発量とターボ発電機の蒸気消費量が見合っていれば、両者は平衡した関係を保ち、蒸気圧力は一定となるはずであるが、実際には船内電力負荷が変動するので蒸気圧力は変動し、蒸気量が余裕ある場合はダンプし、不足の場合は補助ボイラが点火するか、あるいはディーゼル発電機がバックアップするというのが従来船の多くのやり方である。

本船ではこのような変動を抑制し、かつ、折角の回収エネルギーをダンプという形で、捨て去ることなく推進に利用できるように軸発電動機システムを設けて回収エネルギーの完全利用を図っている。

4-5. その他の省エネ対策

まず廃熱回収システムとして、上記の排ガスボイラの他に主機温排水を利用した。

- ・造水装置（ジャケット冷却水）
- ・吸収式エアコン（空気冷却器冷却水）
- ・燃料油タンク加熱（空気冷却器冷却水）

・燃料油タンク加熱（空気冷却器冷却水）
を採用して徹底した発熱回収を図っている。一方タボ発電機の電力負荷を抵減するために、

- ・2速式冷却海水ポンプ
- ・直結式主潤滑油ポンプ

が採用されている。また A 重油消費量の削減のため

- ・C 重油焚きディーゼル発電機
- ・A/C ブレンダー

が装備されているほか

- ・補助ボイラの廃油焚システム
- ・主機燃料油用ホモジェナイザー
- ・パーシャル型燃料油清浄機

等燃料消費/経費節減のため各種の機器、対策が採用されている。

4-6. 推進プラント操縦装置

主推進プラントは操舵室および機関制御室からは、全プログラム制御による遠隔操縦が可能となっている。

プログラム操縦では、また、マニューバリング域以上の高負荷域では ALC (Auto Load Control) 方式が採用されており、主機および CPP が統合的に制御される。この方式では操縦レバーに見合う燃料が主機に供給され、あらかじめ船用特性から定められた回転数になるように CPP 翼角が自動的に調整される。

従って主機は経年変化や外乱にかかわらず、常に一定の出力を維持するのでトルクリッチが回避され、また、運転状態も安定し、燃料消費や保守作業の点からも有利なシステムとなっている。

4-7. 集中監視装置

機関室集中監視用にマイコン型データロガーが制御室に設置され、各検出器とは多重通信により接続されている。構成機器は CRT 1 台、ログ用およびハードコピー用タイプライター各 1 台から成り、また CRT 不調に備えたバックアップアラームパネルを装備している。

制御室に 64K バイトの記憶容量を有する CPU 2 基が装備され（1 基は完全予備）、本 CPU に組込まれたプログラムにより通常の警報動作の他、次のようなディスプレイや付属するカセットテープあるいは別途装備されている MIP カリキュレータと組合せて種々の情報処理が可能となっている。

- (1) 主機排気ガス温度偏差棒グラフ
- (2) 主機起動スタンバイディスプレイ
- (3) 船速/翼角/馬力/回転数グラフ
- (4) 主機運転点表示グラフ

(5)主機シリンダ内圧表示グラフ

(6)主要データトレンドグラフ

一方、ハードコピー用タイプライタはCRT画面を打出すことが可能で、上記(3)～(6)のグラフのハードコピーを採ることができ、更にカセットテープに記録されたデータログの各入力点のデータを随時打出させることができる。

また、操舵室にもサブCPUを内蔵したモニターパネルがあり、機関制御室並の情報を得ることができるように計画されている。

5. 電気部仕様

5-1. 一般

本船の電気設備は省エネルギーおよび省力化に対する考慮を随所に払って計画装備されている。これらを中心にその概要を以下に紹介する。

5-2. 電力授受システム

既に機関部で述べたように本船航海中は、排ガスターボ発電機と軸発電動装置との間で、電力授受が行なわれるが、これによって航海中でもバラストリング時以外は、ディーゼル発電機の運転を不要とするとともに、主機の排ガスエネルギーを最大限に利用するように計画している。

5-3. マイコンによる発電機の自動制御

本船の発電機制御システムにはマイコンを採用し、以下に述べる機能を持たせている。勿論、マイコンが万一故障しても船級規則の定めるM0船に対する要求事項は引き続き機能し、また、軸発電動機の運転も、ターボ発電機の高負荷検出によるモード切替を除き、全く損われることがないように、安全に設計されている。

(1)ターボ発電機運転中：電力の増加による軸発電動機の発電機運転へのモード切替（航海中ターボ発電機運転時のみ）

(2)ターボ発電機またはディーゼル発電機（1台）運転中：発電機が高負荷となった場合、スタンバイディーゼル発電機を自動並列投入させる。

(3)上記スタンバイディーゼル発電機が並列運転中：発電機の負荷率があらかじめ設定された値以下になると、そのスタンバイディーゼル発電機を自動停止させ、再びスタンバイの状態に待機させる。

(4)大容量補機の始動制御（スタートブロッキング）：あらかじめ選定された大容量補機を始動する際、運転中の発電機にこれを始動し得るだけの余剰電力があるかどうかチェックし、余剰電力があると判断されれば、その補機を始動し、無いと判断されれば、

スタンバイディーゼル発電機を自動始動させ、並列運転させた後に補機を始動させる。

(5)ターボ発電機とディーゼル発電機の溢流負荷分担制御：溢流負荷配分制御としてターボ溢流配分制御とディーゼル溢流配分制御の機能を持っている。航海中は主機の排ガスエネルギーを有効に使用するため、最大限にターボ発電機に負荷を負わせ、残りの負荷をディーゼル発電機に分担させるターボ溢流配分制御とし、一方、停泊時は補助ボイラーの追焚用燃料を節約するため、最大限にディーゼル発電機に負荷を負わせ、残りの負荷をターボ発電機に分担させるディーゼル溢流配分制御とすることが可能である。溢流配分制御時に分担する負荷は主配電盤上のデジタルスイッチにより任意に決定できる。なお、従来の比例配分方式の並列運転も可能である。

5-4. 操舵性能の向上

従来型の天候調整を持ったオートパイロットよりも操舵性能を改善したバリアブルデュアルゲイン型オートパイロットを採用し、保針性のみならず省エネルギーにも寄与している。

6. 本船運航上の諸性能

今まで述べてきたように、本船は新規性のある船型でもあり、2サイクルギアダウン低馬力主機、大直径3翼CPP等、斬新な省エネ仕様が大胆に採用されているが、実際に運航する上で果して問題ないかということが大きな関心事でもあった。

この点をふまえて様々な海上試運転が実施されたが、緊急停止性能、船体振動、居住区騒音、更には主機1筒減筒時、急旋回時、船尾浅喫水時（プロペラは海面上に突出）のような特殊な運転状態における主機推進システムの稼働状態等について、全てが所期以上の成果を収めた。

あとがき

本船は燃料高価格時代の要請に沿うべく、超省エネ船の嚆矢として開発建造されたものであるが、まだまだ省エネルギーの余地を残しているものと思われる、本船の建造実績を踏まえて、更に高度の超省エネ船に発展させたいと願っている。

おわりに、本船建造にあたって、絶大なご支援を賜った、新日本製鐵㈱、日邦汽船㈱の各関係者、本船乗組員の方々に厚くお礼申し上げますと共に、本船の航海の安全と今後のご活躍を心からお祈りする次第である。

海外事情

■ ACL 社発注のスーパーハイブリッド船 “G 3”

Atlantic Container Line コンソーシアムの 5 隻の大型 LORO 船が発注された。

わが国の海運会社は、この種のハイブリッド船に関心はほとんどなく、わずかに濠州航路に日本郵船の“兵庫丸”と川崎汽船の“おうすとらりあんしろう”が就航しているのに過ぎないが、ACL は、永年の経験とノウハウを生かした“G 3”と呼ばれる多目的船を 1984 年竣工ベースで発注した。

コンテナ、自動車、重車輛等の混載可能なこの船型の概要を紹介しよう。(編集部)

ACL は、スウェーデンと英国およびフランスのシェアホルダーによるコンソーシアムで、スウェーデンの Wallenius, Transatlantic および Brostrom の 3 社が Kockums 造船所へ、英国の Cunard は、Swan Hunter 造船所へ、フランスの CGM は France-Dunkerque 造船所へそれぞれ発注した。

Kockums 造船所は船価 7,000 万ドルと云っているが、ACL のコンソーシアム各社の負担額は 5,330 万ドルで、この差は各種補助金で埋められると云う。

Cunard は韓国で 5,800 万ドル、日本で 6,500 万ドルの見積りを得たと云う。

本船は 845 TEU の G-2 型タービン船 5 隻と入れ替えて、ACL の欧州～カナダ／北米東岸航路に投入される。

“G 3 船”は全長 250 m、36,000 載貨重量トンの 2,200 TEU 積みで、燃費を考慮してサービス速力を 17.5 kt に落とし、23,300 BHP のディーゼル主機

を搭載している。

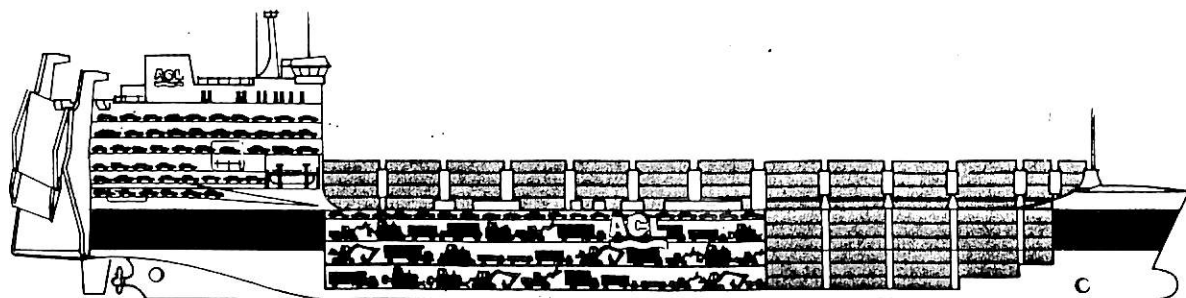
RORO スペース以外の船首部と曝露甲板上是、セルガイドが装備され、1,410 TEU のコンテナが搭載される。

NAVI RE 社の大型 RORO のクォーターランプから RORO で 700 TEU がブロック積付けにて積載されるほか 205 本の 40 フィートトレーラーや重量物が搭載可能である。

船尾には 600 台の自動車スペースがあるが、このほかに RORO スペースには 300 台分のリフトブルデッキが設備されている。

G 3 の主要目はずぎのとおり。

Length. o. a.	250.00 m
Length. b. p.	232.00 m
Beam, moulded	32.26 m
Depth	20.24 m
Draught, summer freeboard	10.70 m
Deadweight	36,000 tonnes
Machinery type	diesel
output	23,300 bhp
Service speed	17.5 knots
(Shipbuilding & Marine Engineering International Sept. 1982)	



Newly-built Ship Profile

三井B & WL-GBE 1番機搭載の鉱炭船

“はりえつと丸”

本船は大阪商船三井船舶・大阪船舶向け鉱石兼石炭運搬船で、三井造船千葉事業所で竣工、9月2日引渡された。

“はりえつと丸”は第37次計画造船で同社建造最大の鉱炭船であり、世界最初の低燃費型主機関「三井B & WL-GBE」を搭載、MIDP装備のほか各種省エネ項目を取り入れ、さらに甲板・機関部にわたって省力化機器を大巾に採用した最新鋭船である。

また本船の船倉区画は、9個のホールドに分かれ、No.4ホールドは、バラスト兼用ホールドとなっており、荒天時における航海中の所要吃水を確保している。またエンジンコントロール室、荷役制御室を一体化し、機関部・甲板部の業務合理化を図っている。

バラストコンソールには、バラストポンプ遠隔発停装置、バラスト・燃料油関係バルブ遠隔操作装置、バラスト・燃料油タンク液面指示計などを集中的に設置し、バラスト注排水・燃料油移送を容易にしている。

主要目

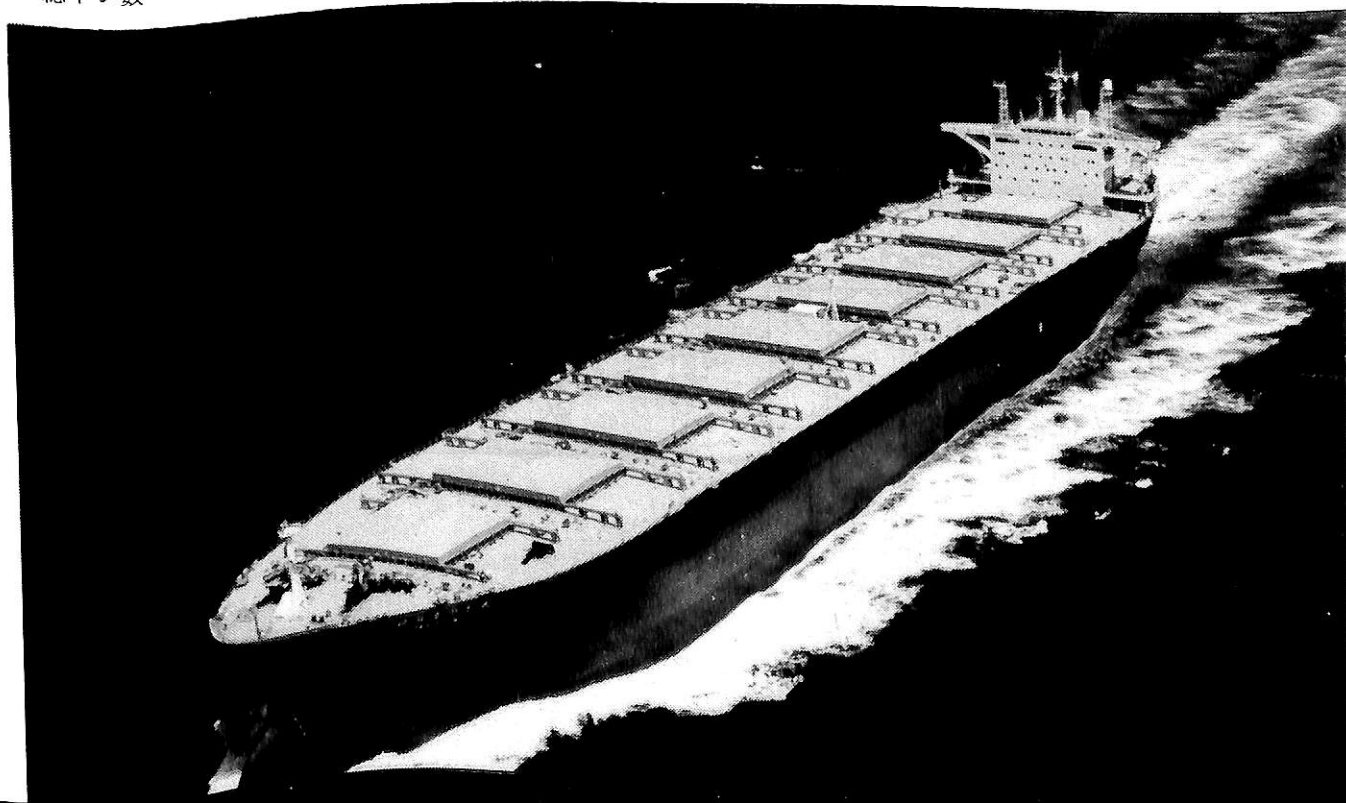
全 長	299.55 m
長 さ (垂線間)	285.00 m
幅 (型)	47.50 m
深 さ (型)	24.10 m
満載吃水	17.719 m
総トン数	92,331.60 t

載貨重量トン数	177,754 MT
貨物艙	190,594.0 m ³
燃料油タンク (H.F.O)	6,430.9 m ³
燃料油タンク (D.O)	531.0 m ³
清水タンク	617.7 m ³
バラストタンク	61,836.8 m ³
試運転最大出力	17.13 kt
満載航海速力	14.41 kt
航続距離	28,480 SM

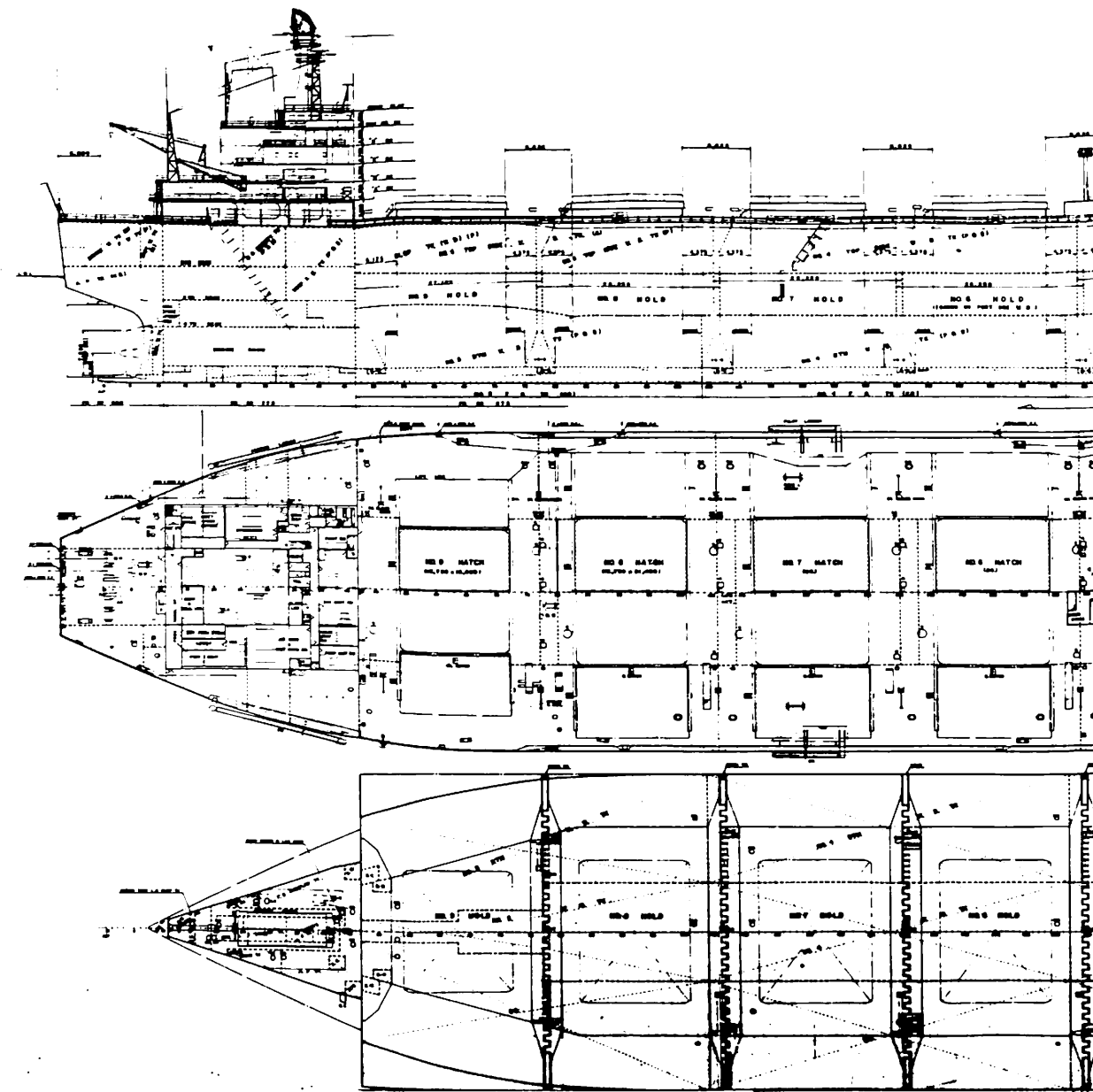
主 機 関	三井B & W 6 L 90 GBE 1 基
最大出力	23,700 BHP × 77 RPM
常用出力	18,500 BHP × 89 RPM
燃料消費率 常用出力時	128 gr / PS·hr (LCV 10200 Kcal/kg)

補助ボイラ	船用乾燃室丸ボイラ 7,400 kg/hr 11 kg/cm ² G 1 基
排ガスエコノマイザシステム	三井ATG-Sシステム
発 電 機	ターボ発電機 750 KW × 1 軸発電機 160 KW × 1 ディーゼル発電機 800 KW × 2

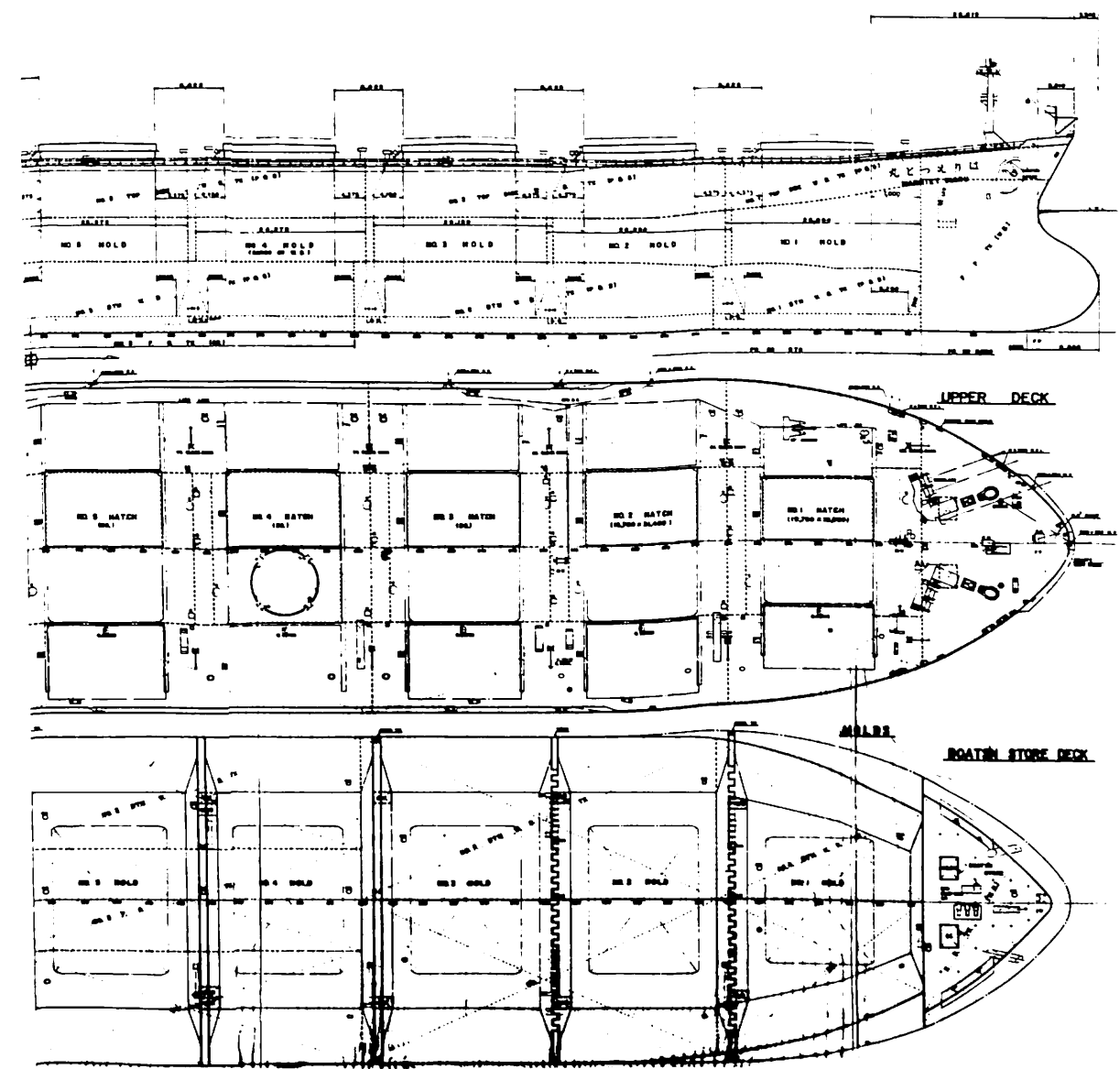
居住設備	士官/11人, 部員/19人, 合計30人
起 工	1981年12月29日
進 水	1982年4月17日
竣 工	1982年9月2日
船 級	NK NS*(BULK CARRIER) MNS*"M0"



General Arrangement of Ore



Coal Carrier "HARRIET MARU"



船殻設計の理論と実際

一つの世代から

< 8 >

間 野 正 己

工博・石川島播磨重工業技術研究所技師長

8. 板の設計

2. 梁の設計から、桁、柱、防撓板の設計と、船殻の構造要素について説明をすすめてきた。今回は構造要素の中で最も基本となる板の設計について述べる。

板は、船内に水が入ってくるのを防ぐのが主要な役目で、この場合は、板面に垂直な水圧を支える（横荷重により曲げをうける梁と同様に考えられる）。そして支えた水圧を梁に伝え、次いで桁に荷重が伝わり、防撓板全体として水圧を支えることになる。

板面に垂直な荷重の他に、板面内の荷重をうけることがある（軸圧縮力をうけて座屈する柱と同様に考えられる）。それは、Fig 3.1 梁断面に示されたように、板が梁の面材の相手となって曲げ応力をうける場合や、ハルガードにおける上甲板や船底外板のように面材そのものとして曲げ応力をうける場合である。

板面に垂直な荷重をうける場合、また板面内の荷重をうける場合、いずれにしても板は梁、桁、防撓材等で囲まれた矩形平板として用いられる場合が最も普通である。このような場合には、板の周辺条件の仮定が重要となってくる。

本章では、まず板の周辺条件について説明し、次いで、曲げをうける板、圧縮をうける板について説明する。

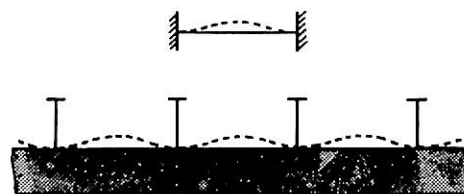
8.1 板の周辺条件

ここでは、話を判りやすくするために短辺 a 、長辺 b 、板厚 t の矩形板について考える。周辺の条件としては、固定、支持、弾性支持の3種類が考えられる。固定と支持とでは、板の変形、応力が相当異ってくるので、周辺条件をどのように仮定するかは大きな問題である。

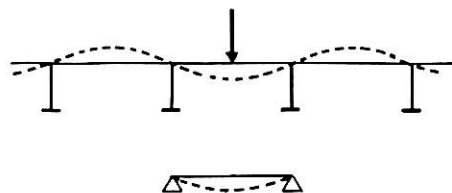
板は、梁や桁で周辺を支えられており、真実は、固定と支持の中間で、しかも梁が多少とも撓めば、弾性支持にも近づくと考えられる。

しかし、実際に板の設計を行う時には、一様な面外荷重をうける場合には、周辺固定、集中的な面外荷重及び面内荷重に対しては周辺支持としている。また、板の振動設計を行う場合にも周辺支持と仮定するのが普通である。

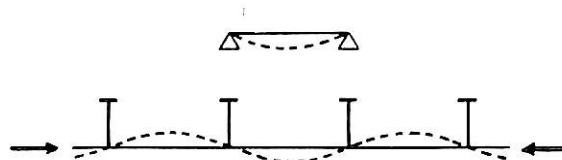
これは、荷重により板の変形モードが異なるからである。Fig. 8.1 にその概要を示した。Fig. 8.1(a) は一様な面外荷重をうける場合で、板の支持点に対して荷重が対称であることから、この点で固定された



(a) 一様な面外荷重をうける板



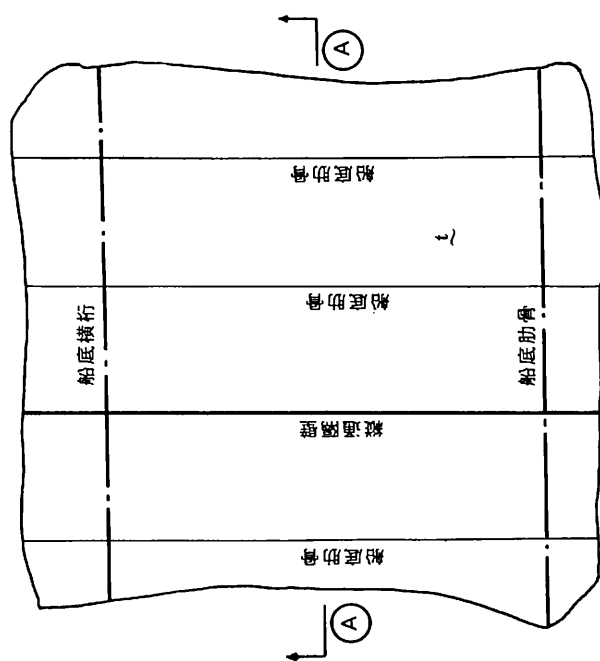
(b) 一カ所の集中荷重をうける板



(c) 面内荷重により座屈する板

Fig. 8.1 板の変形モード

船底外板



A-A 断面

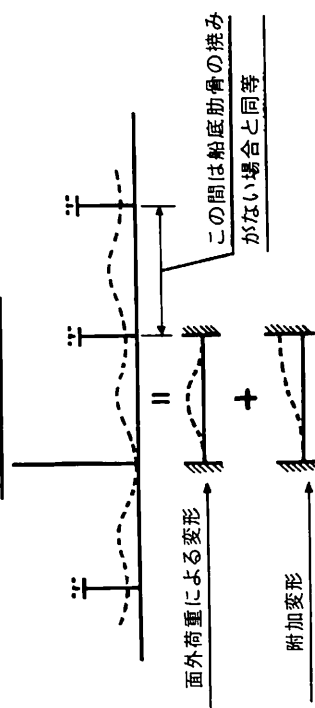
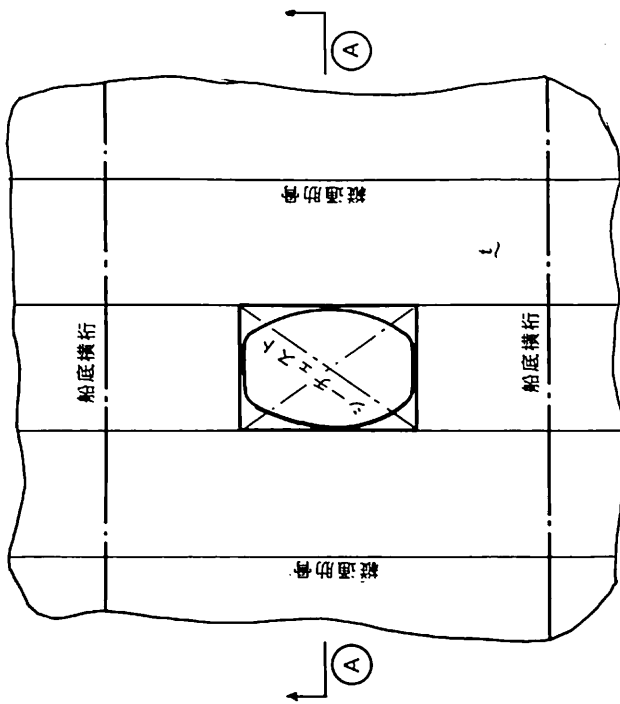


Fig 8.3 弾性支持による付加応力

船底外板



A-A 断面

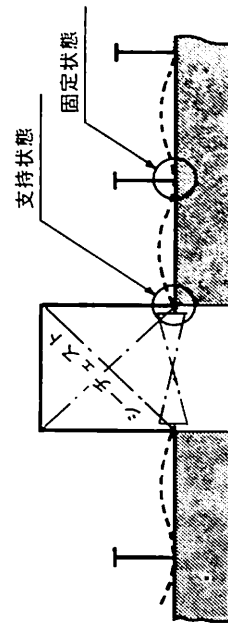


Fig 8.2 開口のある外板

板と同様の変形を生ずる。一様な荷重をうける連続梁は、その一つのスパンを取出して両端固定梁とみなせばよいのと全く同等である。(b)は、集中荷重を一カ所にうける場合で、変形モードから周辺支持と仮定するのが合理的であることがわかる。(c)は、面内荷重をうけて座屈する場合である。最初に生ずる座屈モードは梁と梁の間で凸と凹が交互に生ずるものであることから、この場合も周辺支持と仮定するのが妥当であろう。Fig. 8.10 の実船における上甲板の座屈モードも、これと同様である。

変形モードにより、応力や撓み量が決まるので、変形モードを考慮に入れることは極めて重要である。このことは、5.4 集中荷重による座屈のところ、座屈限界応力は座屈モードに対応していることを強調したのと軌を一にするものである。

Fig. 8.1(a)から、一様な面外荷重をうける板は、周辺固定と仮定できることが理解されたと思うが、Fig. 8.2 の場合は、様子がちがってくる。シーチェストのある外板等がこれに相当するが、開口のある部分には荷重が加わらないので、Fig. 8.1(b)の集中荷重を一カ所にうける場合と同様の状況となる。

矩形板の長辺を支えている梁が撓むと、この部分は弾性支持となる。相対する長辺の梁が等しく撓んだ場合は、長辺の中央における板の応力状態は、梁の撓みがない場合と変らない。一方の梁の剛性が大きい場合とか、一方が隔壁等で剛な場合は、長辺の中央における撓みが不均等となり、板に付加的な変形、従って応力が発生する。Fig. 8.3 にその概要を示した。

8.2 曲げをうける板（面外荷重をうける板）

船体を構成している板（外板、甲板、隔壁板等）は、板面に垂直な荷重、しかも水圧や鉋石圧のような等分布荷重をうける場合が多く、ほとんど等分布荷重により曲げをうける板として設計されている。

8.1 板の周辺条件で述べたように、この場合は、板を周辺固定の矩形板として取扱うのが妥当である。

a) 弾性設計

等分布荷重をうける周辺固定の矩形板の撓みおよび曲げ応力は、弾性範囲内では次式で与えられる⁽¹⁴⁾。

$$\left. \begin{aligned} w &= \alpha \frac{q a^4}{D} \quad \dots\dots\dots (8.1) \\ \sigma &= \frac{M}{Z} = \frac{6(1-\nu^2) M}{t^2} \\ M &= \beta q a^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8.2)$$

ここに w ……板の中央における撓み

σ ……長辺 b の中央における曲げ応力

q ……単位面積当りの等分布荷重

a ……板の短辺

b ……板の長辺

t ……板厚

$$D = E t^3 / 12(1 - \nu^2)$$

α, β ……Fig. 8.4 に示す値

Fig. 8.4 から板のアスペクト比 b/a が 2.0 を超えると、板の中央部の撓み、長辺の中央における曲げ応力が、板のアスペクト比の影響をうけなくなることがわかる。

板の中央部において短辺に平行に単位巾の板を切り出して、スパン a 、深さ t の梁として考えると、撓み w および曲げ応力 σ は次のようになる。

$$w = \frac{12 a^4 q}{384 E t^3} \quad \dots\dots\dots (8.3)$$

$$\sigma = \frac{a^2 q}{2 t^2} \quad \dots\dots\dots (8.4)$$

(8.3)(8.4) 式を、(8.1)(8.2) 式と比較すると、アスペクト比 b/a が 2.0 を超えると（普通船殻を構成している板のアスペクト比は 4.0 程度である）、板として考えなくても簡単に単位巾の梁と考えるても大差がないことがわかる。

b) 塑性設計

以上弾性設計に基づく考察を述べたが、次に塑性設計に基づく考察を行う。

矩形板が面外等分布荷重をうけ、屋根型崩壊をする場合の崩壊単位荷重は次式で与えられる⁽¹⁵⁾。

$$P_U = r_U \frac{M_p}{a^2} \quad \dots\dots\dots (8.5)$$

$$P_L = r_L \frac{M_p}{a^2} \quad \dots\dots\dots (8.6)$$

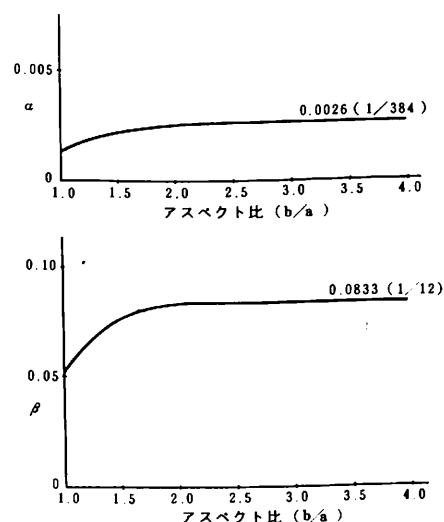
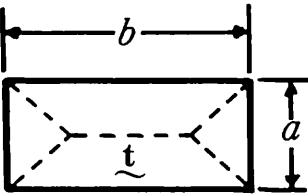


Fig. 8.4 α および β の値

表 8.1 短形板の崩壊荷重の係数

周辺条件		上限解 (r_U)	下限解 (r_L)
 ----- 塑性関節線	単純支持	$\frac{24 k^2}{(1 - \sqrt{1 + 3k^2})^2}$	$8 \left(1 + \frac{1}{k} + \frac{1}{k^2} \right)$
	固定	$\frac{48 k^2}{(1 - \sqrt{1 + 3k^2})^2}$	$16 \left(1 + \frac{1}{k^2} \right)$

$$k = \frac{b}{a} \text{ (アスペクト比)}$$

表 8.2 隔壁板の板厚要求算式

	NK (52年版)	AB (1982)	LR (1982)
水密隔壁板	$3.2 s \sqrt{h} + 2.5$	$\frac{h + 6.1}{1.83} s + 3.05, h \leq 18$	$4 s f \sqrt{h}$
深水タンク隔壁板	$3.6 s \sqrt{h} + 3.5$	$\frac{1000}{254} s \sqrt{h} + 2.54$	$4 s f \sqrt{h} + 2.5$

- (注) 1) 算式は軟鋼のものとした
 2) s : スチフナスペース(m)
 3) h : 水頭(m), 但し各算式によってとり方が異なる。
 4) f : パネルアスペクト比による修正係数

ここに P_U …… 上限崩壊荷重
 P_L …… 下限崩壊荷重
 r_U, r_L …… 表 8.1 および Fig. 8.5 に示す値
 a …… 板の短辺
 M_p …… 単位巾の板の全塑性モーメント
 $(t^2 \sigma_Y / 4)$
 t …… 板厚
 σ_Y …… 板の降伏応力

Fig. 8.5 から板のアスペクト比が大きくなるに従って r の値は一定値に近づくことがわかる。アスペクト比が 4.0 を超えるとはほぼ一定の値になると考えてよい。

塑性設計についても、板の中央部において短辺に平行に単位巾の板を切り出して、スパン a 、深さ t の梁として崩壊荷重 P を求めてみると次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{16}{a} M_p \\ M_p &= \frac{t^2 \sigma_Y}{4} \end{aligned} \right\} \dots\dots (8.7)$$

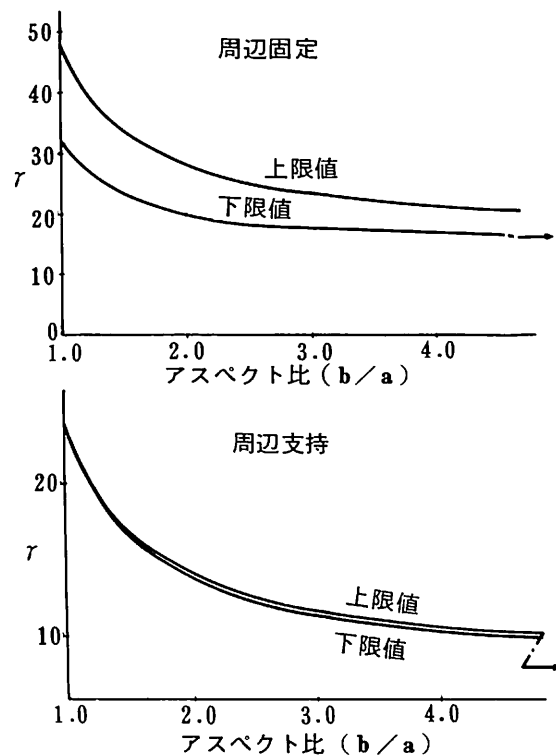
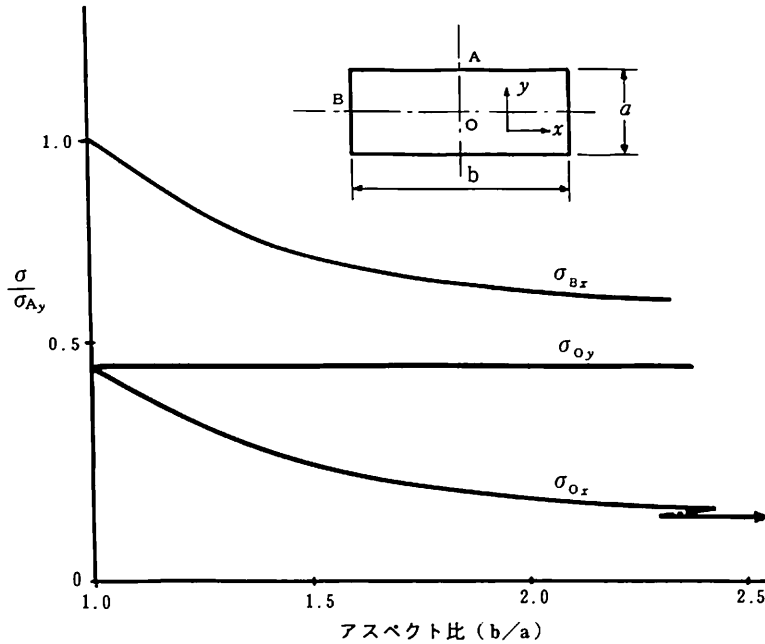


Fig. 8.5 r の値

Fig.8.6 板のアスペクト比と各点の応力



ここに P ……単位巾当りの崩壊荷重(両端固定)
 この場合は、アスペクト比が大きくなった場合の板の崩壊荷重と一致する。

c) 船級協会規則による板厚

表 8.2 に各船級協会の隔壁板の板厚要求計算式を示した。深水タンク隔壁板に対する計算式は、いずれも板の短辺の長さ a と水頭 h の平方根との積に比例する第一項と腐蝕に対する予備厚を意味する第二項から成立っている。

弾性設計の考えから、板の応力 σ は (8.4) 式により

$$\sigma = \frac{a^2 q}{2 t^2}$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{q}{2 \sigma}} a$$

即ち、 q は単位面積当りの等分布荷重で、水頭 h に比例するので、板厚は板の短辺の長さと水頭の平方根との積に比例し、前述の各船級協会の計算式と一致する。

また、塑性設計の考え方からは、板の単位巾当りの崩壊荷重 P は (8.7) 式により

$$P = \frac{16 \sigma_Y}{4 a} t^2$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{q}{4 \sigma_Y}} a \quad (p = q a)$$

となり、やはり船級協会の計算式と一致する。

次に、実例について深水タンク隔壁板の板厚、応力、崩壊荷重等を計算してみる。

$$a = 800 \text{ mm}$$

$$b = 4,800 \text{ mm}$$

$$h = 20,000 \text{ mm} \quad (10 \text{ 万トンの船の最下層の隔壁板})$$

とすると、NKの算式により

$$t = 3.6 s \sqrt{h} + 3.5 = 3.6 \times 0.8 \sqrt{20} + 3.5 = 16.5 \text{ mm} \quad \text{となる。}$$

水頭 20m は、単位面積当りの等分布荷重に換算すると 20 t/m^2 となる。弾性設計として (8.4) 式を用いて板の最大応力 σ を求めると (長辺の中央における応力)、次のようになる。

$$\sigma = \frac{a^2 q}{2 t^2} = \frac{800^2 \times 20}{2 \times 16.5^2} = 23400 \text{ t/m}^2$$

$$= 23.4 \text{ Kg/mm}^2$$

これは腐蝕に対する予備厚を入れた値で、予備厚を外して応力を求めると、 38 Kg/mm^2 にも達する。

次に塑性設計として崩壊荷重に対する安全率を求めてみる。(8.7) 式から崩壊荷重 P は次の値となる。

$$P = \frac{16 \sigma_Y}{4 a} t^2 = \frac{16 \times 24}{4 \times 800} \times 16.5^2 = 32.7 \text{ Kg/mm}$$

これに対し、実際に加わる荷重は $q \times a = 0.02 \times 800 = 16 \text{ Kg/mm}$ で、安全率は 2.0 である。腐蝕予備厚を外した場合は、安全率は 1.3 となる。

いずれにしても、実船においては隔壁板の防撓材のスパンの中央附近における板の応力は相当高いことがわかる。

d) 板の各点における応力

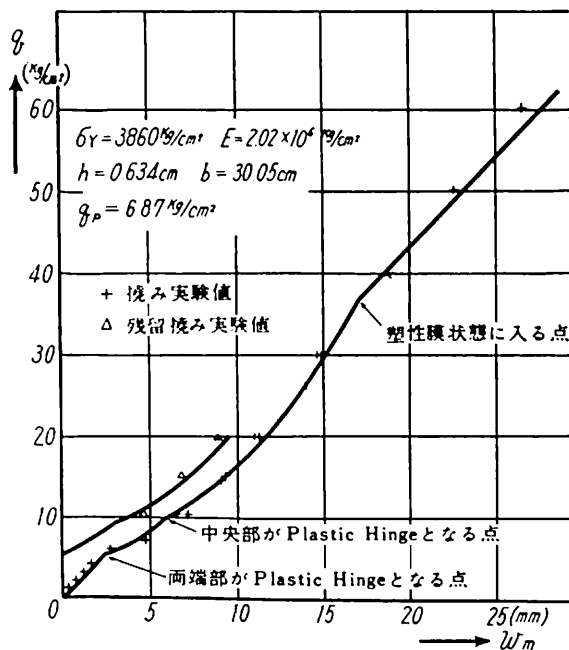


Fig. 8.7 膜力を考慮した塑性設計

これまでの、板の最大応力として長辺の中央において長辺に直角方向の応力に注目して板の強度を論じてきたが、ここでは他の主要点の応力が最大応力に対してどの程度のレベルにあるか調べてみる⁽¹⁰⁾。Fig. 8.6 に示すように、短辺の中央における応力は長辺の中央における応力の60～70%、板の中央における応力はそれよりも更に低い。

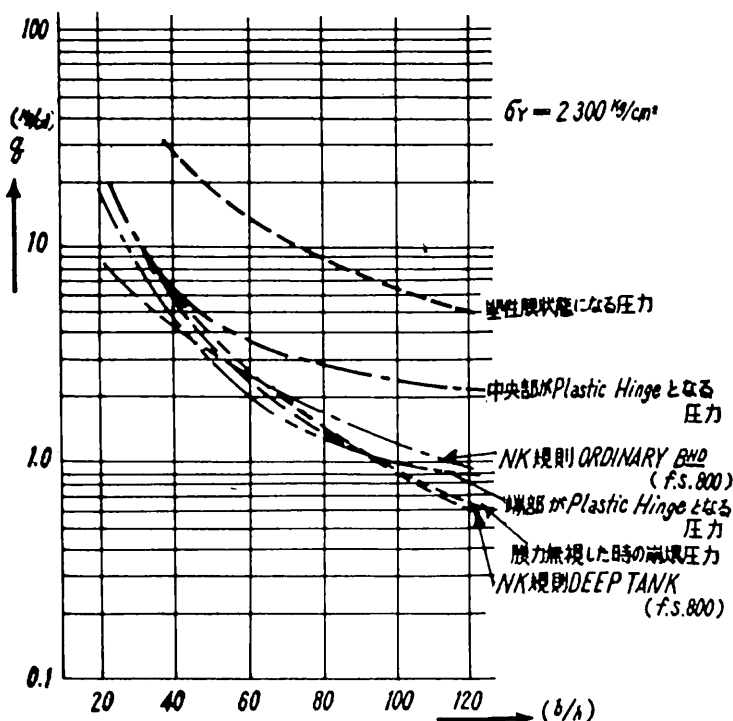


Fig. 8.8 種々の仮定による崩壊荷重

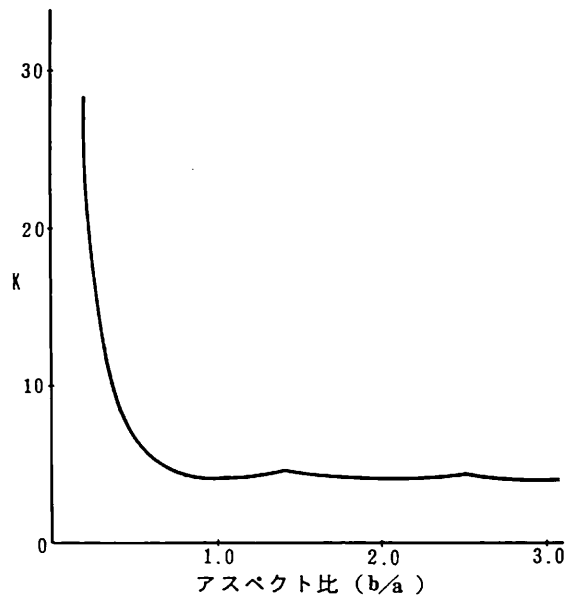


Fig. 8.9 K の値

e) 膜力を考慮した板の強度⁽¹⁶⁾

船級協会規則による板厚の隔壁板の応力は、降伏応力を超え、塑性設計の崩壊荷重に対する安全率も低い。しかし、実際には、水圧をうける板には膜力が生じるので、単純な弾性設計や塑性設計で得られた強度よりも高い強度を有している。

この膜力を考慮した塑性設計法と、その裏付けの実験により得られた結果を Fig. 8.7 に示す。縦軸は水圧、横軸は板の中央部における撓みで、実験は、

巾 30.05 cm、長さ 90 cm、厚さ 0.634 cm の軟鋼板を用いて行われた。図中の $q_p = 6.78 \text{ Kg/cm}^2$ は、膜力のない時の板の崩壊荷重 $4(h/b)^2 \sigma_Y$ を示す。

Fig. 8.7 から判るように、水圧を受ける板の強度は膜力の発生により、両端部がプラスチックヒンジとなり、更に中央部がプラスチックヒンジとなり所謂、崩壊状態になっても崩壊現象を生ずることなく、増加する荷重に対し撓みを増すことにより膜力を増加させて、これに耐え、塑性膜状態を超えてもなお荷重の増加を支えることができる。

板全体が塑性膜状態に入ると、溶接部あるいは材料固有の欠陥等の影響がでてきて破壊の危険が生ずると考えられるので、設計基準としては塑性膜状態に入る点をとるのが合理的であると思われる。

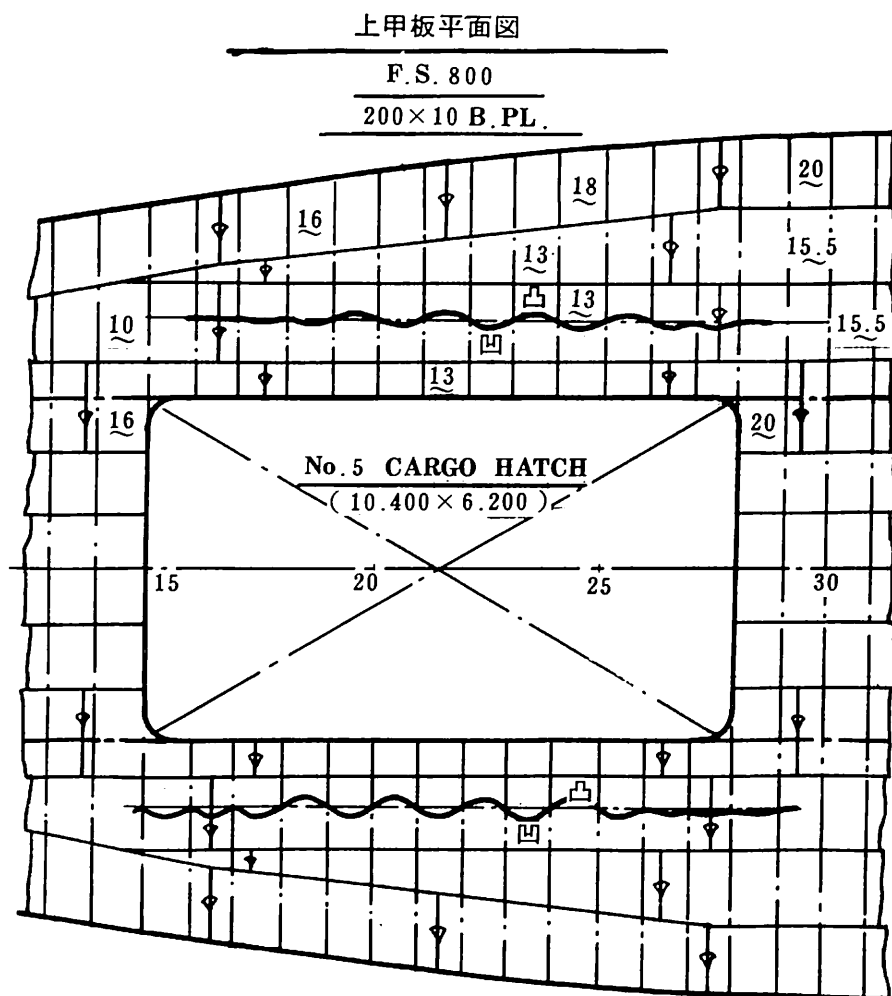


Fig.8.10 横肋骨式上甲板の座屈例（最大撓み量17mm）

Fig.8.8 には、縦軸に水圧、横軸に板巾と板厚の比をとり、NK規則の隔壁板および膜力を無視した時の板の崩壊圧力、端部がプラスチックヒンジになる圧力、中央部がプラスチックヒンジになる圧力及び塑性膜状態になる圧力を示した。

水圧をうける板の最終強度を、塑性膜状態になる時の強度と考えれば、NK規則による隔壁板もかなりの安全率を有していると云うことができる。

8.3 圧縮をうける板（面内荷重をうける板）

船体を構成する板の中で、上甲板や船底外板はハルガーダの面材として働くので面内荷重をうける。

面内荷重のうち引張り荷重は問題にならないが、圧縮荷重は、柱の場合と同様に、板に座屈を生じさせる。板の座屈を考える時には、8.1 板の周辺条件で説明したように、周辺支持と仮定するのが普通である。周辺支持の矩形板が一樣な圧縮荷重をうけた時の座屈限界応力 σ_{cr} は次式で与えられる。⁽¹⁷⁾

$$\sigma_{cr} = K \frac{\pi^2 E \eta}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{a} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (8.8)$$

ここに

$$K = \left[m \frac{a}{b} + \left(\frac{b}{a} \right) \frac{n^2}{m} \right]^2$$

…………… Fig.8.9 に示す。

E……………ヤング率

ν ……………ポアソン比

η ……………比例限度内では 1.0

a……………板の短辺

t……………板厚

m……………無荷重辺 b の方向に生ずる座屈の山数

n……………荷重辺 a の方向に生ずる座屈の山数

K の値が最も小さい場合が、最初にかかる座屈の限界応力となる。n に関しては、 $n = 1$ が最も低い限界応力を与える。m に関してはアスペクト比 b/a の値に応じて K の最低値に対する値が変化する。

$b/a = 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 \dots\dots$ に対して $m = 1, 2, 3, 4, \dots\dots$ がそれぞれ対応し、それぞれの場合の K の値は 4.0 となる。

b/a が 1.0 より大きい場合は、実船では縦肋骨式

の上甲板や船底外板に相当し、座屈限界応力 σ_{cr} は

$$\sigma_{cr} = \frac{4 \pi^2 E \eta}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{a} \right)^2 \dots\dots\dots (8.9)$$

となる。

横肋骨式の上甲板や船底外板は、 b/a が 1.0 より小さい場合に相当し、 $m=1$ 、 $n=1$ が K の最小値を与える。

b/a が 1.0 より小さい場合は、 b が短辺となるので、(8.8) 式の a の代りに b を代入する。アスペクト比 $k=b/a$ とおくと、 $a = \frac{b}{k}$ となる。

$$\begin{aligned} \sigma_{cr} &= K \frac{\pi^2 E \eta}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2 \\ &= K k^2 \frac{\pi^2 E \eta}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2 \dots\dots\dots (8.10) \end{aligned}$$

横肋骨式の板の場合、短辺を基準にした座屈限界応力の係数は $K k^2$ (k はアスペクト比) となる。

$$\begin{aligned} K k^2 &= \left[m \frac{a}{b} + \left(\frac{b}{a} \right) \frac{n^2}{m} \right]^2 k^2 \\ &= \left[\frac{1}{k} + k \right]^2 k^2 = [1+k^2]^2 \dots\dots\dots (8.11) \end{aligned}$$

(8.9) 式と (8.10) 及び (8.11) 式から縦肋骨式の甲板と横肋骨式の甲板の座屈強度を比較することができる。即ち、縦肋骨式の場合は、座屈限界応力の係数 K が 4.0 であるのに対し、横肋骨式の場合は、係数 $K k^2$ は、 $k=b/a$ の値が小さくなると 1.0 に近づく。従って縦肋骨式の甲板の座屈強度は、横肋骨式のそれの約 4 倍であると考えることができる。

Fig. 8.10 に、横肋骨式の貨物船の上甲板の座屈状況の一例を示した。上甲板の座屈状況は、右舷側ではハッチサイドから 1,250 mm、左舷側では 1,500 mm 離れた点で計測されたものである。

縦肋骨式の上甲板では、このような座屈例はない。

付 録

8.2 b) 塑性設計に基ずく考察の中で、上限崩壊荷重と下限崩壊荷重について述べたが、これらの意味は次の通りである⁽¹⁸⁾

上限荷重は「構造物の崩壊荷重は変形機構条件を満たす、すべての可能な崩壊形式に対して、仮想変位の原理から計算される荷重のうち最小のものである」。

あるいは「仮定した崩壊形式に基づいて計算された荷重は真の崩壊荷重より大きいとか高々等しい」という考えにより決定される。

これは、判りやすくぐだいていえば、崩壊モードを正確に推定すれば、正確な崩壊荷重が得られると

いうことで、正確な崩壊モードの推定が如何に重要であるかを示している。正確な崩壊モードを推定することは一般には困難で、人間が推定する崩壊モードは自然の崩壊モードよりも多くのエネルギーを必要とするともいえる。

下限荷重は、「構造物の崩壊荷重は平衡条件と塑性条件とを満たす、すべてのモーメント分布を考えて得られた荷重のうち最大のものである」。あるいは、「任意の不静定量を仮定した静的許容な荷重は崩壊荷重より小さいとか高々等しい」という考えにより決定されている。

これは、物理条件を満足することは、構造物の強度を考える上で基本的なことであるが、その条件を満たしているからといって人の考えた荷重条件ではなかなか構造物は崩壊しないということを物語っているように思われる。

ここにも偉大な神の存在の一鱗をうかがうことができる。(つづく)

参 考 文 献

- (14) Timoshenko and Woinowsky-Krieger ; Theory of Plate and Shells, 2nd Edition.
- (15) Norman Jones ; Plastic Behavior of Ship Structure, T. SNAME Vol. 84, 1976.
- (16) 藤井登喜男, 内野和雄 ; 膜力をともなう平板の塑性設計, 石川島播磨技報, 第 2 巻第 4 号, 昭和 37 年 1 月。
- (17) 吉識雅夫 ; 船体構造力学講義, 東京大学昭和 25 年 6 月 14 日
- (18) 木原博監修, 藤田譲, 楠田忠雄, 川井忠彦共著, 塑性設計法, 森北出版株式会社, 昭和 43 年 5 月 30 日, 第 9 版

■吉識雅夫氏、文化勲章を受章

57 年度の文化勲章受章者として吉識雅夫東京大学名誉教授が選ばれ、11 月 3 日皇居で伝達された。

船舶工業関係での文化勲章受章は、故山県昌夫氏に次ぎ二人目である。

このたびの受賞は、薄板構造の座屈強度、油槽船の隔壁強度とその合理的配置による船舶の軽量・大型化に関する研究や、溶接構造用鋼板とりわけ脆性破壊に関し独自の境地を拓き、船舶をはじめ航空機などの安全性向上に大きな影響と功績をもたらしたものである。

海外事情

■ フィンランドの新世代 RORO 船 “ARCTURUS”

フィンランドと英国を結ぶ Finanglia Ferries 社は、英国の United Baltic Corp. とフィンランドの Finland Steamship 社及び Finferries 社を母体とする Finncarrieres 社のジョイントベンチャーであるが、このたび2隻の新世代 RO/RO をその船隊に加えた。

欧州は、国際外航海運に RO/RO 船を使用するところが多く、多様な貨物の混載とコンテナ/トレーラーによる Door to Door 輸送により大きな成果を収めているが、極東の東南アジア各国の経済の発展によっては、日本を中心とする各航路に RO/RO 船が普及する日が案外近いかも知れない。(編集部)

フィンランドと英国間航路で最大の RO/RO 船“ARCTURUS”が、Rauma-Repola 造船所からオーナーの EFFOA に引渡され、“ORION”“SIRIUS”“BALTIC PROGRESS”、“BALTIC EAGLE”の4隻、と共に英国の Purfleet, Felixstowe, Hull およびフィンランドの Helsinki, Katka, Turku さらに Mantyluoto を結ぶ航路に投入された。

英国向け貨物には、新聞紙および他のフォレストプロダクツ、コンテナ詰め工業製品等で、フィンランド向け貨物は、コンテナは勿論、自動車、トラクタ、トレーラ、鉄鋼製品、化成品、その他工業製品である。

しかし、1981 年度の輸送実績は、英国向けが 46 万 3,900 トンであるのに対し、フィンランド向けはわずか 11 万 6,100 トンであった。

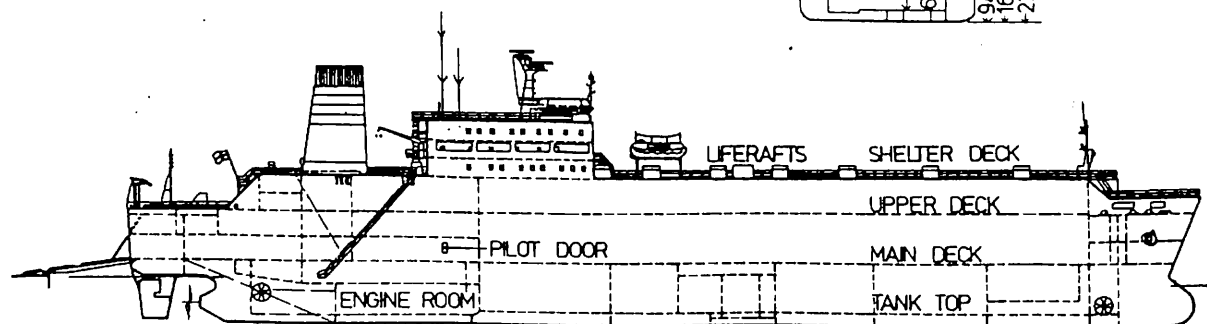
本船の船価は、姉妹船の“FINNMERCHANT”と2隻で 3,300 万ポンドであった。

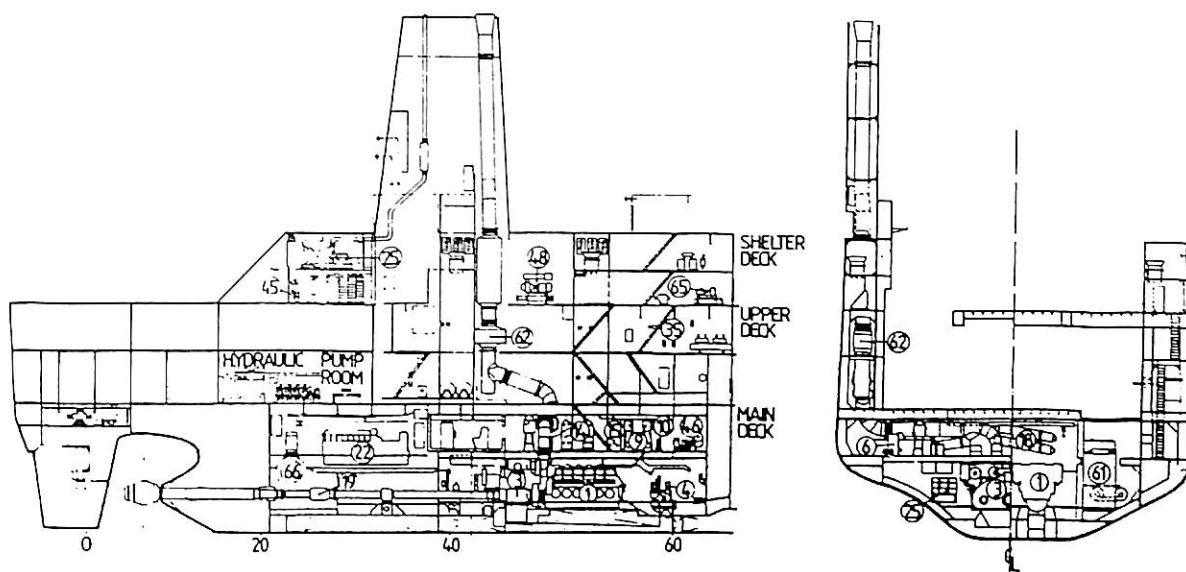
“ARCTURUS”の主要目

Length oa:	155.0 m
Length bp:	146.0 m
Breadth moulded:	25.0 m
Depth to upper deck:	16.9 m
Depth to main deck:	9.4 m
Draught summer:	8.46 m
Corres. deadweight:	abt. 12 700 tonne
Corres. displacement:	abt. 21 400 tonne
Gross measurement:	8,425 tons
Net measurement:	3,314 tons
Bale capacity:	34,476 m ³
Container capacity:	608 TEU
Trailer lane length:	2,170 m
Fuel oil:	1,200 m ³
Fresh water:	288 m ³
Water ballast:	7,344 m ³
Machinery output mcr:	13,200 kW
Trial speed:	19.4 knots

船殻は、バルチック海の通年通航可能なようにアイスクラス 1A-Super のグレードで補強され、タンクトップとメインデッキは主として新聞用ロール紙とフォレストプロダクトがトレーラーからフォークリフトで積付けられるが、この部分の甲板総面積は 3,700 m²、トレーラーレーン長さは 1,245 m である。

デッキのフリー高さは 6.3 m で、コンテナ 2 段積





機関配置図

可能であり、デッキの強度は均一荷重で5 t/㎡まで、前軸重60トンのフォークリフト、43トンの2軸ボギー荷重のトレーラーを搭載することができるよう設計されている。換気は機動25回/毎時である。

上甲板は、船尾が曝露甲板となっているが、この部分には危険品が搭載される。

甲板面積は2,700 ㎡、トレーラーレーン長さ925 m、フリー高さ4.5 mで、デッキ強度は均一荷重で2 t/㎡、60トン前軸重のフォークリフト、43トンの2軸ボギートレーラー、35トンのトレーラーが走行できる。前部の換気20回/毎時である。

曝露甲板には、1.46 TEUの空コンテナが、陸上クレーンで積載されるが、艙内には60本の冷蔵コンテナのプラグを装備している。

本船の特色は、艙内ランプを使用せずに、各デッキにはNAVIRE社製の19m長さ×3.8m巾、60ト

ン型カーゴリフター3基で荷役を行うことにある。

船尾のロードウェイ巾10.6 m、長さ12m（3 mフラップ付）のスターンランプ（NAVIRE社製）から2-ウェイ通行方式により60トンフォークリフトまたは40トントレーラーで搬入された貨物は、これらのカーゴリフトで各デッキに搬入されて、積付けられる。

なお、U型タンクによる傾斜修正システムは、圧縮空気により極めて短時間で傾斜修正ができる。

航海中の貨物の損傷防止のため、各GM値で有効な減揺タンクを装備している。

主機は、欧州で初めて製作された12筒のPC-2-6型で、8,970 BHP×118.3 rpmで、5.6 m直径の4翼CPPを備え、試運転速力は19.4 ktである。

(Shipbuilding & Marine Engineering International Sept. 1982 / The Motor Ship. Sept. 1982)



連 載

液 化 ガ ス タ ン カ ー

< 53 >

恵 美 洋 彦

日本海事協会

5. 5. 6 ガス検知一般

液化ガスタンカー用のガス検知器を性能／目的別に分けると、次のようになる。このほか、組成分析用機器も原理的には同じであるが、5. 5. 10で別にとりあげる。

可燃性ガス検知器；可燃性ガスのLEL（爆発下限界）の1/10ないし1/20，即ち0.1 vol. %単位を検知し得るもの。測定範囲上限は，一般的にLELまでで十分である。ただし，漏えい検知等の目的も兼ねて，0ないし100 %濃度の可燃性ガスを検知し得る能力が要求されることもある。

毒性ガス検知器；ある区域の雰囲気の安全性を確認する目的のため，毒性ガスの許容限度より十分低いガス濃度を検出し得るもの。毒性ガスの許容限度は，貨物によって異なるが，表1-12からも分るように，いずれにしてもppm単位である。一酸化炭素検知器もこの範ちゅうに入る。

酸素濃度計；イナートガス，貨物ガスまたは空気中の酸素濃度をvol. %単位（特別の場合，0.1 vol. %単位）で計測し得るもの。

漏えい検知用ガス検知器；ガスがすでに存在している区域のガス漏えい検知，或いは液漏えい検知目的のためのガス検知器，したがって，検知限界は，vol. %単位でもよい。

液化ガスタンカーには，貨物に適したガス検知器を設ける。さらに，検知目的に応じた適切な測定範囲のガス検知器を選定すべきである。液化ガスタンカーに用いられている各種ガス検知器と測定範囲の概要を表5-54に示す。設置に関する要件は，規則¹⁾にも定められている。

本項では，液化ガスタンカーのガス検知要件およびその他全般について述べる。検知器の詳細は，5. 5. 7ないし5. 5. 9を参照のこと。

(1)可搬式ガス検知器の装備

液化ガスタンカーには，貨物に適した可燃および／または毒性ガス検知器を2組以上備える。ただし，可燃および毒性のいずれにも指定されない貨物は，この限りでない。

(2)酸素濃度計

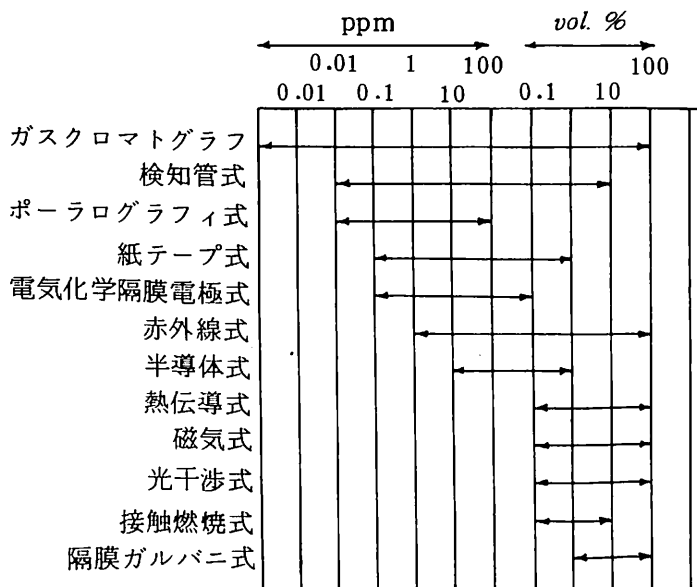
全ての液化ガスタンカーには，酸素濃度計を設ける。これは，可搬式としてよい。酸素濃度計については5. 5. 9を参照のこと。

イナートガス供給装置に設ける酸素濃度計は，固定式とする。

(3)ガス検知個所

液化ガスタンカーの各区域は，次に示すところに

表 5-54 ガス検知器の種類と測定範囲



より、有効にガス検知できる装置（ガス検知器、サンプリング装置等）を備える。

(a) 貨物タンク

貨物タンクには、ガス置換およびガスフリーの経過を監視するのに十分な数のサンプリング採取用連結管を備える。これは、タンクが圧力状態にあるとき、マンホール等をあけずに、ガス分析（酸素濃度計測を含む）できるようにするためである。

(b) 独立型タンクタイプCのホールドスペース

可燃ガス貨物の場合、特別のガス採取管を設ける必要はない。この区域に人間が入る場合には、マンホールまたはその他の適当な開口から酸素濃度計測を行なえばよい。

毒性ガスの場合、雰囲気気体を採取できる管装置が必要である。空気より重たいガスの場合、測深管を兼用させてもよい。

(c) 独立型タンクタイプAおよびBの場合

インタバリヤスペースには、固定式ガス検知および可視可聴警報装置の採取端を設ける。さらに、インタバリヤスペース外になるホールドスペースがある場合には、個々の設計に応じた適切なガス検知器を設ける。

(d) 一体型タンクのホールドスペース

前(c)のインタバリヤスペースの例と同じとすればよい。

(e) メンブレン／セミメンブレン方式タンクの場合

前(c)と同じ検知装置を設ける。

さらに、インタバリヤスペースおよび／またはホールドスペースには、全範囲に亘ってガス濃度を計測できる固定式ガス検知／警報装置を設ける。ここで、全範囲とは、容積率で0ないし100%ガス濃度をいう。

(f) ホールドスペース囲壁の外側の区域

ガス検知のための特別の装置は、不要である。しかし、この区域に、人間が入る場合の安全対策としてのガス検知、酸素濃度計測等が不要というのではない。マンホール等を利用して、サンプルを採取できる必要がある。

(g) その他の区域

次に掲げる区域には、固定式ガス検知／警報装置の採取端を設ける。ただし、(4)に示すように特別の貨物（塩素等）を除き、毒性ガスの場合、可搬式ガス検知器の使用が認められる。

(i) 貨物ポンプおよび圧縮機室

(ii) 貨物用電動機室

(iii) ガス安全区域でない貨物コントロール室

(iv) エアロック区域

(h) 二次防壁を有する場合の特別要件

二次防壁を有するタンクには、全ての個所におけるタンクの液密性のそう失または液体貨物の二次防壁との接触を検知する手段が必要である。これは、インタバリヤスペースにおける圧力や温度検知でも可能である。しかし、規則¹⁾では、その検知手段として、ガス検知を要求している。

一体型タンクもこれと同じ目的のガス検知が必要となる。

このガス検知は、前(c)ないし(e)に示すところにより設置するものと同じとしてよい。ただし、次の点に注意すること；

-インタバリヤスペースに防熱材が埋まっても、少なくとも、二次防壁に液が到達した時点では、ガス検知で発見できるようにする。

-毒性貨物の場合、固定式毒性ガス検知装置の設置は、しん酌される。しかし前述の液漏えい検知の目的の固定式ガス検知／警報装置は、必要である。

(i) ボイルオフガス燃焼装置を有する場合

LNG船のボイルオフガス燃焼装置に関連して、通風フード、ダクト等に固定式ガス検知／警報装置が要求される。これらについては、5.6を参照のこと。

(4) 毒性ガス検知に対する特例

(a) 固定式装置を設けない場合

前(3)(c), (d), (e)および(g)に示す区域は、毒性ガスの場合、次に掲げる要件に適合することを条件として、可搬式ガス検知器を使用してもよい。ただし、塩素、臭化メチルおよび二酸化硫黄には、この特例は認められない。

(i) 通常、4時間を超えない間隔でガス検知を行なう。

(ii) 区域に人間が入る前、可搬式ガス検知器による計測を行なう。

(iii) 区域に人間が入っている間、30分以内の間隔で、できるだけひんばんに可搬式ガス検知器による計測を行なう。

(iv) 可燃かつ毒性の貨物の場合、可燃性ガス検知器としての要件を満たす固定式ガス検知装置は、必要である。

(b) インタバリヤスペース

前(3)(c)ないし(e)に示す区域の毒性ガス検知手段は、前(a)と同じとしてよい。ただし、これらの区域には、少なくとも、前(3)(h)に示す要件を満足する固定式ガ

ス検知装置を設ける必要がある。これには、次の2つの方法がある。

- 毒性ガス検知の性能を有する固定式装置（警報付）を設ける。または、
- 毒性ガス検知の手段は、前(a)の方法とする。さらに、前(3)(h)の目的の固定式ガス検知／警報装置を設ける。この場合、固定式ガス検知装置の検知下限界の濃度は、可燃性ガス検知器と同程度でよい。

(5) 固定式ガス検知装置に対する一般要件

(a) ガス検知装置は、貨物コントロールステーション、船橋またはその他の適当な位置に設ける。

(b) 検知装置の設置位置がガス安全区域である場合、次に示す条件に適合すべきである；

- ガス採取管には、しゃ断弁または同等の隔離設備を設ける。
- しゃ断弁の位置は、暴露部またはガス危険区域内とする。
- 検知装置からの排出ガスは、安全な位置で大気に放出する。

(c) ガス採取管は、前(b)に掲げる場合を除き、ガス安全区域内を通過させたり／導いたりしてはならない。

(d) ガス採取管には、細径管としての貨物管の規定が適用される。（5.2.1 および 5.2.2 参照）

(e) 検知装置は、30分を超えない間隔で各採取端から順番に試料を採取／分析し得るものであること。ただし、前(3)(h)の通風用フードおよびガスダクトは、連続的に試料を採取するものとする。

(f) 共通のガス採取管を設けてはならない。

(g) 可視／可聴警報装置は、船橋、貨物コントロールステーションおよびガス検知指示計設置個所に設ける。警報の設定点は、次による。

(i) 可燃貨物の場合、LEL（爆発下限界）の30%とする。ただし、次を除く。

(ii) 可燃貨物でメンブレン／セミメンブレン方式タンクのインタバリヤスペースおよび／またはホールスペースのガス検知警報の設定点は、LELの30%または主管庁が認めた別の値とする。
〔あるLNG船の許容濃度³⁵⁾〕

インタバリヤスペース；20 vol. %

二次防壁外側の区域

（ホールスペース内）；LELの30%

注；このLNG船は、気密二次防壁を有するメンブレン方式タンクを備える。

(iii) 毒性貨物の場合、許容濃度より十分に低い適当な値。前(4)参照。

(h) ガスサンプルの採取端の配置は、貨物ガスの密度、検知区域の構造配置、通風／換気の方法等を考慮して適切に定める。特に、ガスの通過する空間／空隙が狭い構造配置の場合、モデルテスト等で採取端の配置の有効性を確認する。

(6) ガス検知器の精度／有効期間

ガス検知器の精度に関する規定は、特に定められていない。測定すべきガスの物性（即ち、密度／拡散性、爆発範囲、許容濃度等）および検知の目的によって、個々の例で適切に定める。

例えば、前(5)(g)(ii)に例示したLNG船のインタバリヤスペースの場合、その検知器固有の精度誤差は、多少大きくても差しつかえない。この検知器は、ガス漏えい量が急激に増えるのを、監視警報するのが主目的である。したがって、誤差が大きければ大きいなりに一定ならば、問題はない。むしろ、精度誤差を少々犠牲にしても故障率の少ない計器の方が好ましいといえる。

可燃性ガス検知器、毒性ガス検知器および酸素濃度計の本来の目的に対しては、次に掲げる数値を目安として、個々の例で基準を定めるとよい。

- 可燃性ガス検知器；LELをフルスケールとした場合、LELの±5%。

- 可燃性ガス警報，LELの30%を設定点とした場合，±10%。

- 毒性ガス検知器；許容濃度（TLV-TWA，表1-12参照）の±5ないし10%。

- 酸素濃度計；±0.5 vol. %，例えば，25 vol. %をフルスケールにすると，フルスケールの±2%となる。

ガス検知器では、特に、使用前および定期的な精度の確認調整が重要である。

この問題は、5.5.2(2)でも指摘した。

ガス検知器の検知素子等は、繊細な構造であり、経年劣化するものが多い。したがって、使用前の零点調整は、不可欠である。連続使用するものは、できるだけひんばんに零点調整を行なう。零点調整は、清浄空気または窒素ガスで行なう。

各種ガス検知器は、このような零点調整が容易にできるものでなければならない。さらに、測定範囲内のある点の調整／確認を行なえるような検定用標準ガス（スパンガスという）も準備する。

ガス検知器は、また、メーカーによってその要素、部品、試薬等の有効期間を定めているのが多い。この有効期間を過ぎたら計測精度は、著しく劣化するものと考えらるべきである。

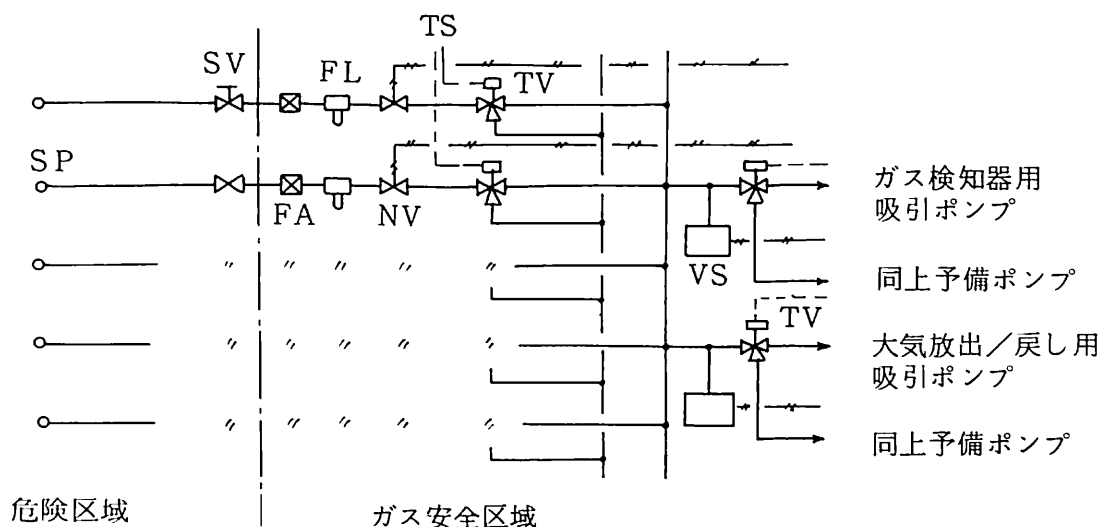


図5-105 ガスサンプリング管系統の例

(SP ; ガス吸引口, SV ; シャ断弁, FA ; フレームアレスタ, TS ; 時間制御, FL ; フィルタ, NV ; 流量調整弁, TV ; 三方弁, VS ; バキュームスイッチ)

(7) サンプリング装置

固定式ガス検知警報装置は、機構、保全性、コスト等の観点から検知部を指示警報装置と一緒に組込むのが一般的である。さらに、可燃性ガス検知器には、接触燃焼式、赤外線式等、検知部を本質安全防爆構造とできないタイプが多い。このような装置では、測定対象区域から検知部までガスを吸引するサンプリング装置を設ける。

ガスサンプリング装置の構成は、概ね、次のとおりである；

- サンプリングガス吸入口および管装置
- サンプリングガス放出／戻し用管装置。大気放出開口配置については、表5-46参照。
- シャ断弁。
- フィルタ，流量調整弁，自動切替弁等。
- 吸引ポンプ，流量計等。
- 自動制御機器（吸引点自動切替等）

サンプリング管系統の概要を図5-105に示す。これは、文献^{49) 53)}に基づいて作成した1例である。

サンプリング装置に関する規則¹⁾要件は、前(5)(b), (c), (d), (e), (f)および(h)に掲げてある。

サンプリング装置の管は、4ないし10mmφ程度の細径管である。暴露部では、炭素鋼管、ステンレス鋼管等、閉鎖区域内では、鋼管を使用する例が多い。アンモニア、ブタジエン、塩化ビニール等は、銅または銅合金が使用禁止材料（表1-1参照）となっているので注意を要する。

フィルタ，流量調整弁，自動切替弁，吸引ポンプ，自動制御機器等は、通常、検知，指示および警報装置と共に1つのユニット内に収納される。自動切替弁は、多点のサンプルガスをガス検知器に、順次、送りこむためのものである。この弁は、電磁三方弁とするのが一般的である。さらに、手動で、ある1点のサンプルガスを連続監視できるようにもなっている。

サンプルガスを検知器に送りこまないときは、そのまま、大気に放出する。または、イナートガス封入区域からのサンプルガスは、イナートガス供給管を通じて元に戻す。

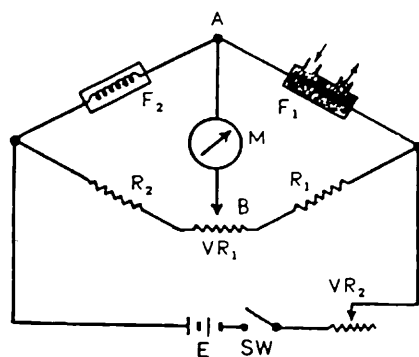
フレームアレスタは、規則¹⁾要件ではない。主管庁／船級協会の規定により、可燃性ガスの場合、設けることもある。

フィルタは、規則¹⁾要件ではないが、ガス検知器の性能維持のため、必要である。これは；容易に交換／手入れができる位置に設ける。

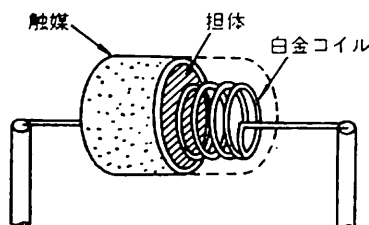
吸引ポンプは、ガス検知器用および大気放出／戻し用が設けられる。いずれも、予備ポンプを備える。そして、流量故障検出器により故障発生の場合、予備ポンプに切替えられるようにする。

5.5.7 可燃性ガス検知器

船舶用の可燃性ガス検知器としては、接触燃焼式および赤外線式が主として用いられている。そのほか、光干渉式、半導体式および熱伝導式も使用され



(a) 接触燃焼式の原理図



(b) コーティングタイプ的气体検知素子

図 5-106 接触燃焼式ガス検知器の概要

ている。なお、接触燃焼式以外は、可燃性以外のガス検知器としても採用される。

液化ガスタンカーの貨物部に採用されるのは、接触燃焼式および赤外線式が多い。

前者は、可搬式および固定式のいずれにも採用されている。その機構上、測定範囲は、0 ないし L E L（爆発下限）となるのが通常である。特定の区域（前 5.5.6(3)(e)等）を除き、可燃性ガスの検知範囲は、通常、この範囲で十分である。機構的にも簡単であり、最も多く採用されている。

後者は、主として固定式として使用されている。測定は、全範囲（0 ないし 100 %）も可能である。その下限は物質によって異なるが、L E L をフルスパンにした場合、数十 ppm 程度まで測定できる。故にこの方式は、通常、0 ないし L E L および 0 ないし 100 % 濃度の 2 段切換えで測定するようになっている。

次に、これらのガス検知器について概説する。

(1) 接触燃焼式ガス検知器

(a) 原理および構成

可燃ガスを含んだ空気が熱線素子（heated filament）において適当に加熱された触媒にふれるとする。このとき、可燃性ガスの分子は、触媒の表面で吸収され、空気中の酸素と反応（酸化）する。この反応熱（接触燃焼熱）は、触媒層の温度を高める。そして、熱線素子の温度も上昇させる。したがって

熱線素子の電気抵抗が増加する。

ガスの濃度が低く、かつ、酸素の供給が十分な範囲では発生する熱量は、ガス濃度に比例する。故に、熱線素子の電気抵抗もガス濃度に比例して変化する。これは、次式で表わせる。

$$\Delta R = \alpha \cdot \Delta T = \alpha \frac{\Delta H}{C} = \alpha a m \frac{Q}{C} \quad (5.44)$$

ΔR ；熱線素子のガスの接触燃焼による電気抵抗の変化

α ；熱線素子の電気抵抗の温度係数

ΔT ；ガスの接触燃焼による温度上昇

ΔH ；ガスの燃焼によって生ずる発熱量

C ；熱線素子の熱容量

m ；ガス濃度

Q ；ガスの分子燃焼熱

a ；熱線素子によって定まる定数

上式において、 α 、 C および a は、熱線素子の材質および構造によって定まる。 Q は、ガスの種類によって一定である。故に、 $\alpha a Q / C = B$ とくと、(5.44) 式は、次のとおり書き表わせる。

$$\Delta R = B \cdot m \quad (5.45)$$

このようにガス濃度 m に比例して熱線素子の電気抵抗が変化することが分る。そして、図 5-106 (a) に示すような熱線素子（ガス検知素子）を含むホイーストブリッジ回路を構成する。すると、ガス濃度は、この回路の偏位電流の変化として測定し得る。

図 5-106 (a) において、ガス検知素子 F_1 にガスが触れると熱線素子の温度は、ガス濃度に応じて変化する。したがって電気抵抗も変わる。故に、ブリッジ回路からガス濃度に比例した偏位電流が得られる。

ガスの接触によって、電気抵抗 F_1 が変化してブリッジ回路の A B 間に電位差 E が生じたとする。この E は、 F_1 と F_2 の電気抵抗の比 F_1 / F_2 が 1 に極めて近い範囲では、この比に比例する。即ち、次式が成立する。

$$E = k \frac{F_1}{F_2} = k \frac{F_2 + \Delta F_1}{F_2} = k \left(1 + \frac{\Delta F_1}{F_2} \right) \quad (5.46)$$

E ；A B 間の不平衡電位差

F_1 ；ガス検知用熱線素子の電気抵抗

F_2 ；温度補償用熱線素子の電気抵抗（ $\approx F_1$ ）

ΔF_1 ；ガスによる F_1 の抵抗変化

k ；ブリッジ特性によって定まる比例定数

F_2 は、ブリッジの周囲温度変化、電源 E の電圧または電流変動、雰囲気流との接触等に対してブリッ

表 5-55 可燃性ガスの限界燃焼熱の例

ガ ス	分子式	爆発下限等(mL) (vol. %)	真の分子燃焼熱(Q) (Kcal/mol.)	限界燃焼熱 ($m \times Q$; Kcal)
無機化合物				
水素	H ₂	4.0	57.8	2.3
アンモニア	NH ₃	13.3	76.2	10.1
一酸化炭素	CO	12.5	67.64	8.4
二硫化炭素	CS ₂	1.25	254.72	3.2
飽和鎖式炭化水素				
メタン	CH ₄	5.3	191.76	10.2
エタン	C ₂ H ₆	3.0	341.26	10.2
プロパン	C ₃ H ₈	2.2	488.53	10.7
ブタン	C ₄ H ₁₀	1.9	635.38	12.1
イソブタン	i-C ₄ H ₁₀	1.8	633.74	11.4
ペンタン	C ₅ H ₁₂	1.5	782.04	11.7
不飽和鎖式炭化水素				
エチレン	C ₂ H ₄	3.1	316.2	9.8
プロピレン	C ₃ H ₆	2.4	460.43	11.0
ブチレン	C ₄ H ₈	2.0	607.63	12.1
ブタジエン	C ₄ H ₆	2.0	589.15	11.8
その他の				
ベンゼン	C ₆ H ₆	1.4	757.52	10.6
トルエン	C ₆ H ₅ CH ₃	1.3	901.5	11.7
メタノール	CH ₃ OH	6.2	167.57	10.4
エチレンオキシド	C ₂ H ₄ O	3.0	287.6	8.6

ジの平衡を保つための補償である。故に、触媒不活性である点を除き、 F_2 の熱容量、放熱係数、抵抗温度係数等は、燃焼辺 F_1 と同一の特性とする必要がある。

F_1 および F_2 の両辺共、触媒活性体のついた同一のものを使用し、 F_2 のみを密閉容器に入れる方式もある。この場合、雰囲気流の変動による温度変化は、補償できない。

ガスの捕集には、自然拡散式と吸引式の両方がある。船舶用には、固定式または可搬式のいずれの場合でも、吸引式が採用されている。

接触燃焼式の場合、感知部を本質安全防爆とするのは、不可能である。これは、ガス危険区域内に感知部を設置することができないことを意味する。故に、ガス検知区域のサンプルガスを安全区域に設置された感知/測定部まで吸引することになる。

検知素子としては、白金素線方式およびコーティング方式がある。最近では、後者の方式が主として用いられている。

これは、図5-106(b)⁴⁹⁾に示す例のように、白金コイル素子上にアルミナ等の担体と呼ばれる触媒担持体を塗布したものである。さらに、担体上には、白金系金属触媒のコーティングを施す。このタイプでは、応答時間が白金素線方式よりやや劣る。しかし、その他の零点移動、感度変動、直線性、寿命等の特性は、はるかに優れている。長時間連続使用のガス検知器としては、この特徴に大きなメリットがある。

なお、最近では、白金素子のほか、サーミスタ、

ニッケル等の素子も用いられている。また、担体も、アルミナのほか、シリカ、トリア等も使用される。

(b)性能

この方式は、一般的には、空気中のLEL以下の濃度の可燃性ガスを検知するものである。しかし、定率希釈装置を設けて吸引サンプルを希釈すると、イナートガス中の可燃性ガス濃度を測定できる。或いは、雰囲気中の酸素の化学当量より高濃度の可燃性ガス濃度でも測定し得る。機器の使用/選定にあたって、可燃性ガスを検知する雰囲気にも十分の注意を払うことが重要である。

計器の精度は、フルスパンの±5%が標準的である。これは、可搬式/固定式のいずれも同じである。

この方式では、可燃性ガスのLEL濃度における接触燃焼熱を基準値、即ち100%目盛りとして設計する。各種可燃性ガス、特に炭化水素、の限界燃焼熱^{注)}は、一般的にはほぼ等しい。この場合、LELに対する%として表示すると、測定値は、可燃性ガスの種類によらずほぼ等しくなるはずである。

注；LELの濃度の空気との混合ガス22.4ℓが燃焼したとき生ずる熱量。即ち、LELと分子燃焼熱の積となる。表5-55に1例を示す。

したがって、1つの検知器で多くの可燃性ガスの濃度のある精度範囲では、そのまま、測定できることになる。また、より正確な値は、標準ガスと測定ガスの限界燃焼熱の比で修正すれば求め得る。

しかし、接触燃焼における触媒活性化作用等の影響によって、実際は、前述のようにならない。その

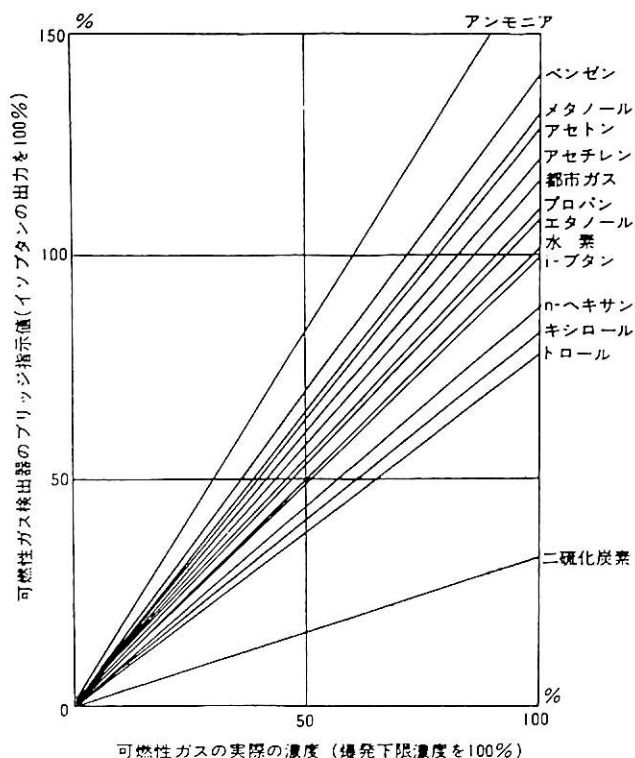


図5-107 接触燃焼式可燃ガス検知器の校正曲線の例

ため、多種用可燃性ガス検知器では、標準ガスと測定ガスの校正曲線が用意される。これは、実験的に得られるものである。図5-107⁴⁸⁾にその1例を示す。

この図では、i-ブタンを標準ガスとして使用し、その他のガスの補正值が示されている。これからみても、前述の理論とは必ずしも一致しないことがよく分る。

したがって、多種の可燃性ガスを検知する計器では、実験的に得られた校正曲線を使用することが重要である。または、標準ガスとして最も厳しいものを選ぶ。即ち、測定ガスの濃度が実際以上に指示されるものを標準として選定すべきである。

(c)仕様例

可搬式検知器の仕様例を次に示す。これは、メーカーカタログから任意に選んだものである。

〔可搬式接触燃焼型可燃性ガス検知器〕

- 外観；図5-108 参照
- 検知方式；接触燃焼方式（自動吸引式）
- 測定範囲；0ないしLEL，および0ないしLELの20%。
- 指示計目盛；ガソリン，LPGおよび水素の容積%およびLELに対する%併用目盛，およびLEL単独目盛

- 指示精度；フルスケールの±5%
- 警報方式；赤色ランプおよびブザー
- 警報設定点；25%LEL
- 応答時間；15秒以内
- 使用可能温度；-10ないし+40℃
- 防爆構造；id3aG4。電気回路(ポンプ含む)は本質安全，検知部は耐圧防爆構造
- 電源；Ni-Cd充電電池 単2タイプ3本
- 充電時間；15時間
- 連続使用時間；4時間以上
- 寸法；150×125×85mm
- 重量；1.6kg（本体のみ）

(2)赤外線式ガス検知器

(a)原理および構成

CO, CH₄, NH₃ 等のように異種原子からなる分子は、その種類によって異なる波長の赤外線吸収帯を有する。赤外線吸収の強さは、吸収波長に対して次式（Lambert-Beerの法則）に従う。

$$I = I_0 e^{-\alpha m \ell} \dots\dots\dots (5.46)$$

I ；透過赤外線の強さ

I_0 ；入射赤外線の強さ

α ；吸収係数（試料によって定まる）

m ；ガス濃度

ℓ ；吸収管の長さ（試料層の厚さ）

これから分るように、右辺は、濃度を除き、定数となる。故に、透過赤外線の強さ I を測定することによって、試料中のガス濃度を測定できる。

この方式は、単原分子や対称2原分子（H₂, O₂, N₂ 等）のように赤外線を吸収しないガスの検知器としては採用できない。

構成の1例を図5-109に示す。

これは、赤外線方式として工業的に最も多く使用されている非分散正フィルタ型の例である。ほかに、同じ非分散式であるが負フィルタ型，および分散型

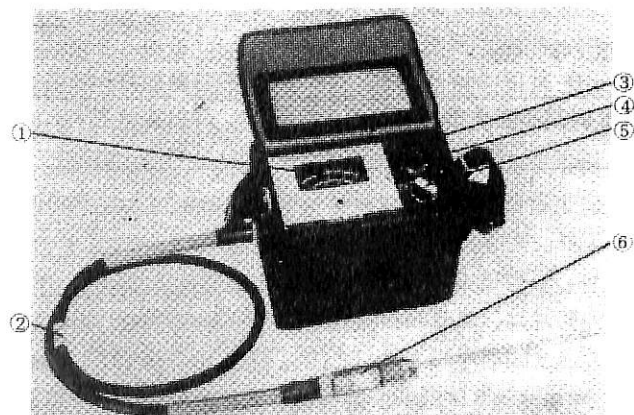


図5-108 接触燃焼式ガス検知器（可搬式）

表 5-56 赤外線式ガス検知器による測定ガス
および最小測定範囲（フルスパン）

測定成分	名 称	最小測定範囲 [ppm]	おもな干渉成分
CO	一酸化炭素	0 ~ 40 *	H ₂ O, CH ₄ , CO ₂
CO ₂	二酸化炭素	0 ~ 20 *	H ₂ O
CH ₄	メ タ ン	0 ~ 1000	H ₂ O, SO ₂ , 他のH,C
C ₂ H ₆	エ タ ン	0 ~ 500	他の H, C
C ₃ H ₈	プ ロ パ ン	0 ~ 500	"
C ₄ H ₁₀	ブ タ ン	0 ~ 1000	"
C ₂ H ₄	エ チ レ ン	0 ~ 500	"
C ₃ H ₆	プ ロ ピ レ ン	0 ~ 1000	"
SO ₂	亜硫酸ガス	0 ~ 100	H ₂ O, CH ₄ , CO ₂
NH ₃	アンモニア	0 ~ 50 *	H ₂ O, 他の H, C

* 加圧セル使用
H C は、炭化水素の略

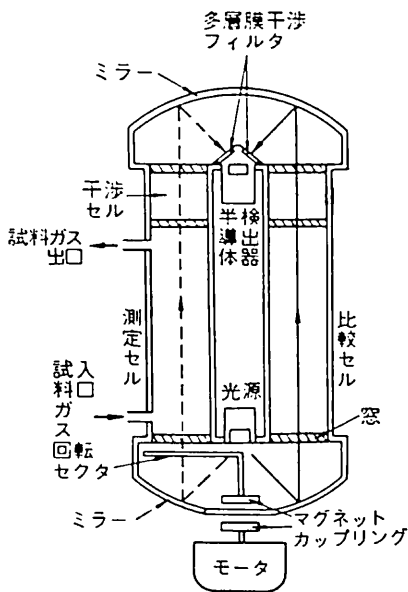


図 5-109 赤外線式ガス検知器

のものもある。

図の場合の測定原理は、次のとおり；

- 検知器の測定セルにサンプルガスを吸引する。
- 比較セルは、空気、窒素等の赤外線非吸収気体を封入する。
- 干渉セルおよび多層膜干渉フィルタは、サンプルガス中の干渉ガスの影響をなくすために設けられる。これは、測定ガス成分の赤外線吸収帯となる波長の光線のみを通過させるものであり、測定および比較セルの両方に設ける。
- 測定および比較セルを通った赤外線光量の差、即ち濃度を半導体検出器で読取る。

赤外線式ガス検知器は、比較的大型であり、固定式として使用されている。

(b) 性 能

この方式は、赤外線吸収性を有する全てのガスを測定対象として設計し得る。故に、可燃性ガス検知器のみならず数十ppm単位の測定範囲のガス検知にも使用できる。また、100%濃度までの測定も可能である。

精度は、フルスパンの±3%程度である。故に、低濃度および高濃度の両方を測定しようとする場合、切替式にする。

表 5-56 に主な測定ガスとその測定範囲を示す。ここで、主な干渉成分とは、測定ガスに干渉する他のガス種類をいう。サンプルガス中にこのような成分が含まれる場合、干渉誤差をなくす配慮を払う必要がある。

この方式のガス検知器は、LPG船、LNG船等の固定式可燃性ガス検知／警報装置として多く採用されている。ほかに、イナートガス中のCO/CO₂測定用、アンモニアガス測定用等としても用いられている。また、前 5.5.6(3)(h)のような液漏えい検知用としても用いられる。

なお、許容濃度がppm単位の毒性ガス検知器として使用するのには、不適當である。少なくとも許容濃度が数十ppm単位でなければならない。

(c) 仕様例

次に、赤外線式可燃性ガス検知／警報装置の仕様例を掲げる；

〔非分散型赤外線方式ガス検知警報装置〕

- 測定対象ガスおよび測定範囲；

CO	5,000 ppm (最小フルスケール)
CO ₂	1,500 ppm (")
CH ₄	5,000 ppm (")
C ₂ H ₄	5,000 ppm (")
C ₃ H ₈	2,000 ppm (")
C ₄ H ₁₀	2,000 ppm (")
その他の炭化水素	2,000 ppm (")

- 測定精度；フルスケールの±3%以内

- 警報設定；フルスケールの1/10以上の任意

- 応答速度；5秒（導管10m毎に1.5秒加算）

- 測定点数；多点同時連続測定（50点まで可能）

- 構 成；複数セル方式。多数測定箇所に対応する多数個の測定用セルを円周上に配列する。そして、順次、赤外線光線を投射して測定する方式。

（つづく）

■ 鋼船規則集、鋼船規則集検査要領および英文鋼船規則の改正案を承認

去る10月12日、日本工業倶楽部で開かれた昭和57年度第3回技術委員会において、NKの昭和57年版鋼船規則集、同年版鋼船規則集検査要領、1982年版英文鋼船規則の一部改正案および冷蔵設備規則検査要領の新設案が上程され、慎重審議の結果原案どおり承認された。改正点等の主なものは次のとおりである。なお、鋼船規則集の改正点については、所定の手続きを経たのち、鋼船規則集に編入される予定である。

1. 鋼船規則

(1)B編；これまで、M0船およびMC船（機関の集中監視制御設備を有する船舶）の定期的検査時における自動化設備の効力試験は、鋼船規則集検査要領に基づいて実施されていた。

既に、本誌 Vol. 55 No.607 に報じた本規則J編“自動制御および遠隔制御”の全面改正に伴い、M0船およびMC船の定期的検査時における効力試験の項目をB編に新設した。これに伴い、この新設規則に関連する内容を検査要領から削除した。

(2)K編；鋳鋼品および鍛鋼品に対するIACSの統一規則に整合させるため、次のとおり改正した。

鋳鋼品および鍛鋼品に対する機械的性質の要件を一部改正したほか、設計者が指定する引張り強さ（仕様引張り強さ）に対応して、降伏強さ、伸びおよび絞りを規定する方法を取り入れ、曲げ試験を削除した。また、低合金鍛鋼品については、2mm U切欠き衝撃試験片の使用を廃止した。

これらの改正に伴い、K編の1章通則、2章試験片および試験方法および3章圧延鋼材の一部を改正した。

2. 鋼船規則集検査要領

(1)鋼船規則集検査要領B編；大型船の定期的検査における専用バラストタンクの内部検査については、塗装の現状良好な場合、その精密な検査を省略できることになっていた。今回、この文中の表現を改めるとともに、大型船以外の船舶のうち、無塗装の専用バラストタンク（二重底タンクを除く）の検査について、新たに“大型船を除く無塗装専用バラストタンクの定期的検査”を設けて、その取り扱いを明確にした。

(2)冷蔵設備規則検査要領；冷蔵設備規則は、昭和54年版鋼船規則で大幅な改正が行われ現在に至っている。同規則の“登録を維持するための検査”に規定

された継続検査について、その取り扱いを明確にするために、本検査要領を新設した。

本要領に示された継続検査の内容は、同検査方式適用の承認および同検査受検計画書に関する事項を明記したほか、従来と同じである。

3. 英文鋼船規則

(1)B、CおよびF編

MARPOL PROTOCOL（1973年海洋汚染防止条約の1978年議定書）は、去る10月1日に締約国の数および船腹量が必要条件を満たしたため、来年10月2日から発効することになった。これに伴い、NK船級船もその構造および設備について、同議定書に基づく各国政府の規制を受けることになる。そこで、それらの規制のうち、NKが船級規則として規制することが適当と認められるものを、次に掲げるとおり該当各編に加えた。

B編／海洋汚染防止関係設備の検査

C編／油槽船に、タンク隔壁の配置、分離バラストタンクおよびスロップタンクの容量

F編／原油洗浄管その他の管装置

(2)N編；ガスキャリアーに関する現行規則N編は、1977年に液化ガスを船舶で安全にばら積輸送するための国際的基準として作成されたIMOガスキャリアーコード、IMO決議328（IX）に沿って作成されたものである。その後、このガスキャリアーコードは、3回改正が行われた。一方、本年には、IGC（International Gas Carrier）コードの改正も行われ、これはSOLAS 1974年の第2次改正に取り入れられて、1985年に発効することが予測される。

このような情勢にかんがみ、N編にIMOガスキャリアーコードの改正の一部を取り入れた。

(3)S編；ケミカルタンカーに関する現行規則S編は、前記N編と同様、1977年に危険化学品を船舶で安全にばら積輸送するための国際的基準として作成されたIMOバルクケミカルコード、IMO決議212（VII）およびこのコードの第1回ないし第7回改正に沿って作成されたものである。

しかし、このバルクケミカルコードは、その後も2回の改正が行われた。一方、本年には、IGCコードと調和をとったIBC（International Bulk Chemical）コードの改正も行われた。このIBCコードもSOLAS 1974年の第2次改正に取り入れられ、1985年に発効することが予測される。したがって、前記N編同様S編にIMOバルクケミカルコードの改正の一部を取り入れた。



東京大学海洋研究所の 最新鋭海洋研究船“淡青丸”

東京大学海洋研究所所有の海洋研究船“淡青丸”の第二世が、三菱重工業下関造船所で完工、去る10月22日、東京・晴海で一般披露された。

新“淡青丸”(469 GT)は初代“淡青丸”(258 GT)の代替船として建造されたもので、船型を大型化するとともに観測機器の近代化をはかった最新鋭の海洋研究船であり、日本近海における物理、化学、生物、地質、気象および水産学など各分野での基礎研究に威力を発揮するものと期待される。

なお本船は、400トンクラスの船舶ではわが国初のハイブリッド航法(デッカ、ロラン受信、ドップラソナー、航行衛星システムなど各種のセンサーによる船位データを計算機により自動的に解析し精度の高い自船の位置、針路を得る方式)を導入している。以下に“淡青丸”の概要を紹介する。資料提供・転載は東京大学海洋研究所のご好意によるものである。(写真撮影は本誌編集部)。

本船は初代“淡青丸”と同じく、海洋に関するあらゆる分野の基礎的研究を行うための海洋研究船であり、初代“淡青丸”に比べてかなり増トンされているため、性能が数段向上された。その主な特徴は次のとおりである。

船の性能

(1) 船型

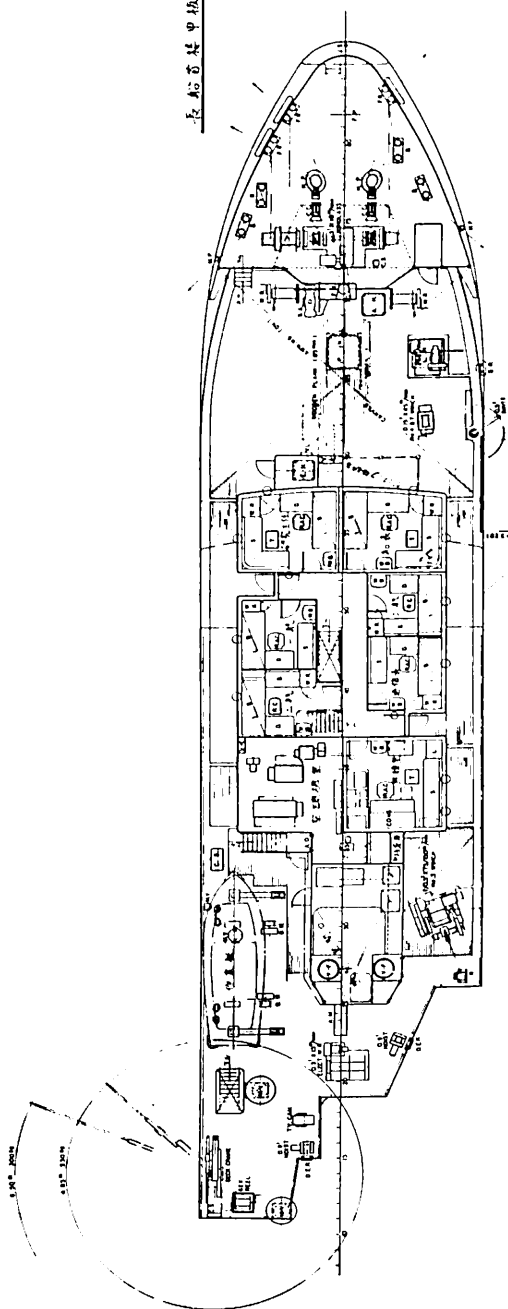
長船首楼甲板を有する一層甲板船で、設計にあたっては通常航海時の推進性能だけでなく、特に微速航行時の性能向上に対して十分な設計配慮がはらわれている。また、洋上における研究作業に支障がないよう、できるだけ耐航性能を重視した船型となっている。

将来の観測装置の追加変更に対して対応できるように十分な復原性能と予備浮力を備えている。

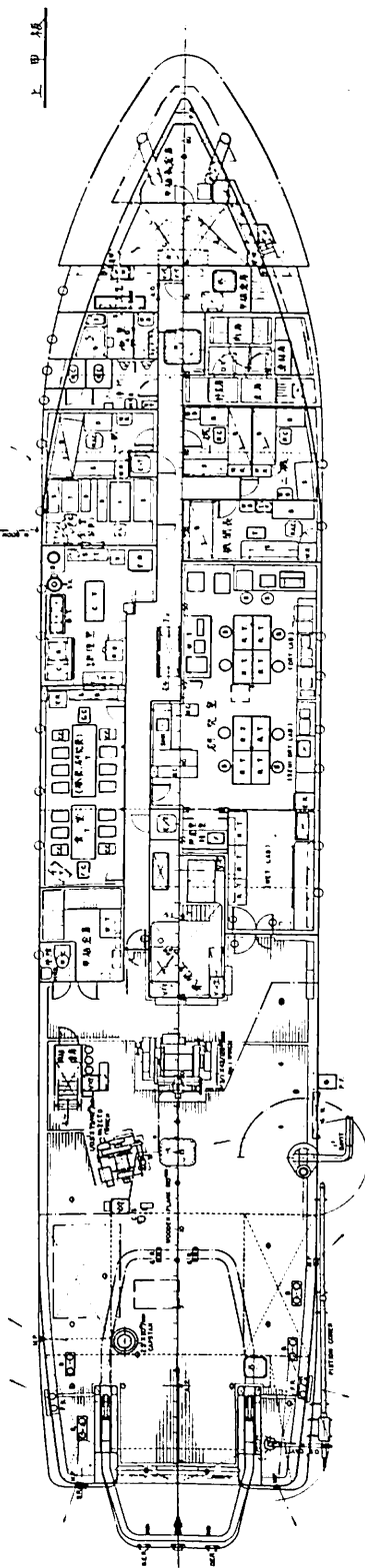
(2) 操船性能

観測作業時に要求されるきめの細かい操船性能お

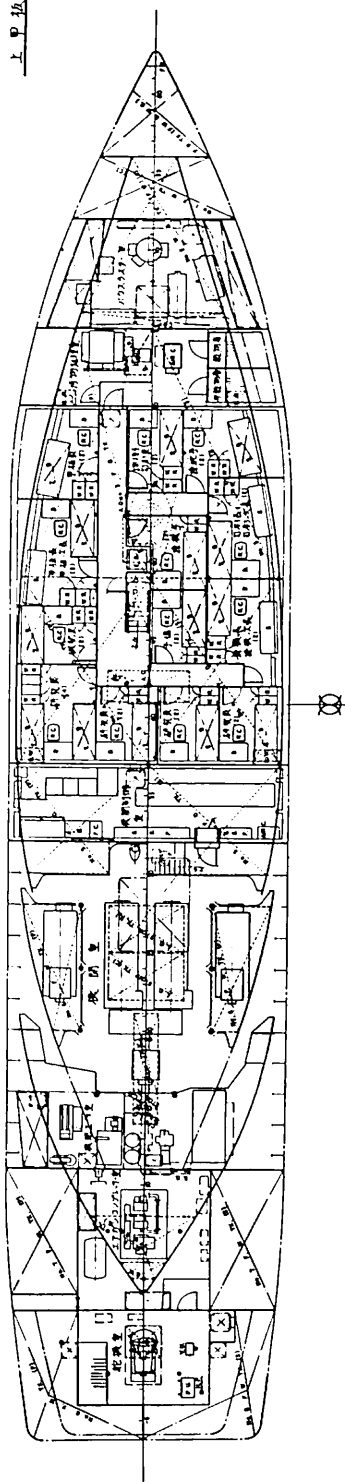
長船首楼甲板



上甲板



上甲板下



主要目

全長	51.00 m	清水タンク (兼用タンクを含む)	119.0 m ³
垂線間長	45.00 m	バラストタンク	16.7 m ³
幅 (型)	9.20 m	燃料油タンク	162.2 m ³
深さ (型)	4.20 m	潤滑油タンク	8.3 m ³
計画満載喫水 (型)	3.70 m	研究室	
夏期満載喫水	4.309 m	ドライ研究室	約 21 m ²
総トン数	469.84 T	セミドライ研究室	約 20 m ²
純トン数	125.24 T	ウェット研究室	約 12 m ²
航行区域	第三種従業制限	観測ウインチ	4 台
試運転最大速力	14.61 ノット	起倒式ガントリー	1 台
航海速力 (主機出力85%, 15% s. m.)	12 ノット	中折式クレーン	1 台
航続距離 (航海速力12ノットにて)	6,200 浬	回転ダビット	1 台
乗組員 (職員9, 部員14)	23 名	ピストンコアラ-用ダビット	1 台
研究員 (研究主任1, 研究員10)	11 名	作業艇 (6 人乗)	1 隻
容積		空調装置	全船内冷暖房一式

よび針路保持性能を確保するため、初代「淡青丸」と同様に可変ピッチプロペラとバウスラストを装備している。

舵の形状および面積の決定に当っては、初代「淡青丸」の実績と経験が十分に考慮されており、さらにバウスラストには自動船位保持装置を備えて一層の性能向上をはかっている。

(3) 機関関係

観測時には種々の船速の変化が要求されるため、高速から低速に至るまであらゆるスピードで長時間

の運転ができるように、2機1軸方式として負荷の変化に対して柔軟性をもたせている。なお主機関自体も低負荷対策を施した形式を採用している。

従って、主機関の所要出力が非常に少なく済む場合は1機だけの運転が可能であり、また万一主機関の片方に故障を生じたような非常の場合においても、残りの1機を用いて航行することができる。

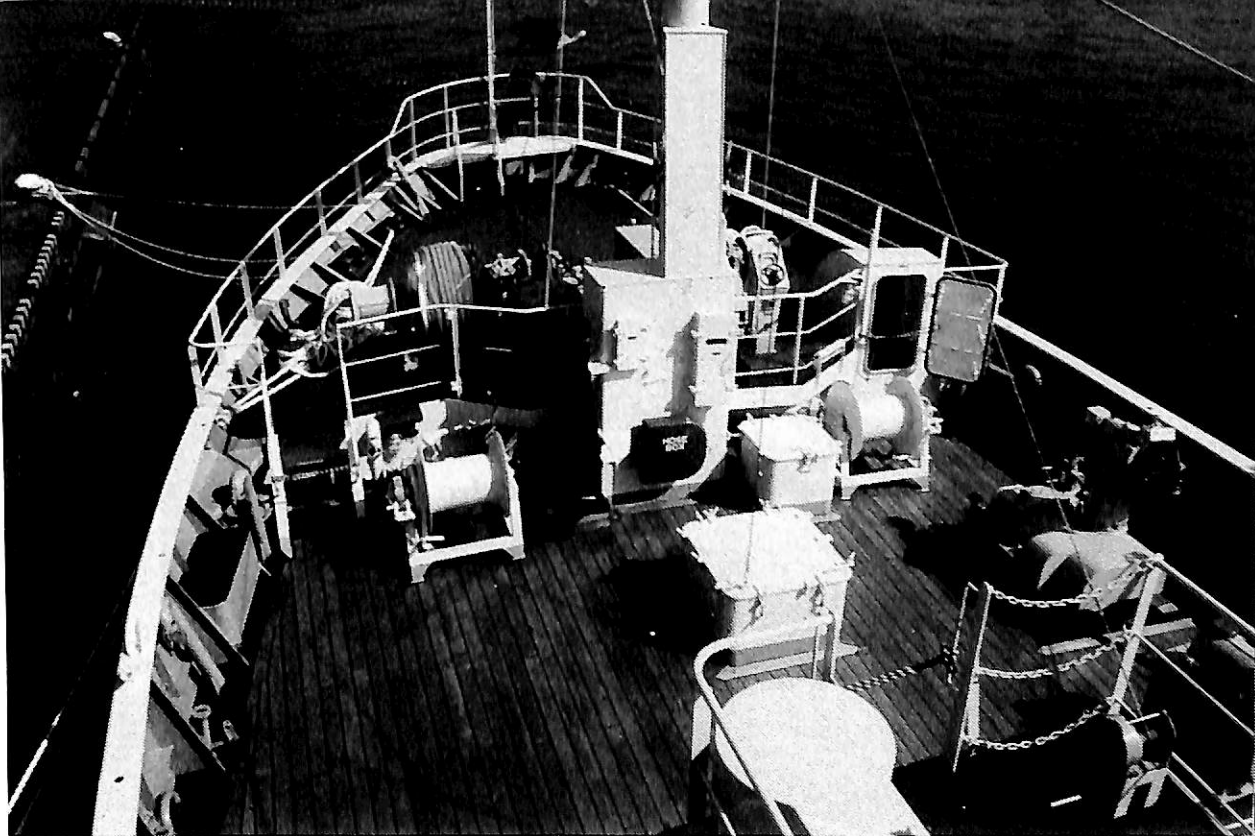
(4) 航海計器

本船クラスの大きさの船においては、はじめてのハイブリッド航法が導入され、研究航海で要求され



船尾の
起倒式
ガントリー

かなり広く、作業しやすい船首部デッキ。
右舷にラインホーラーがある。



る船位測定の精度が格段に向上されている。さらに、測定された船位は、作画装置によって自動的に作画されるため一層使いやすいものになっている。

研究観測設備

(1) 観測作業甲板

観測機器の大型化、多様化に対処するため、船尾に広い作業甲板が設けられ居住区は若干船首側に配置されている。なお居住区の形状および配置については、乗心地や船橋からの見とおし等についても十分な考慮をはらった上で決定されている。

また船首部居住区前方の長船首楼甲板上にも広いスペースが確保されており、ここでもかなりの観測作業が可能となっている。

作業甲板の配置については、船上の限られたス

ペースを有効に利用するため非対称な形になっており、左舷側に観測ウインチを配置し、右舷側は十分な広さを持った観測甲板にあてている。

(2) 観測用ウインチ

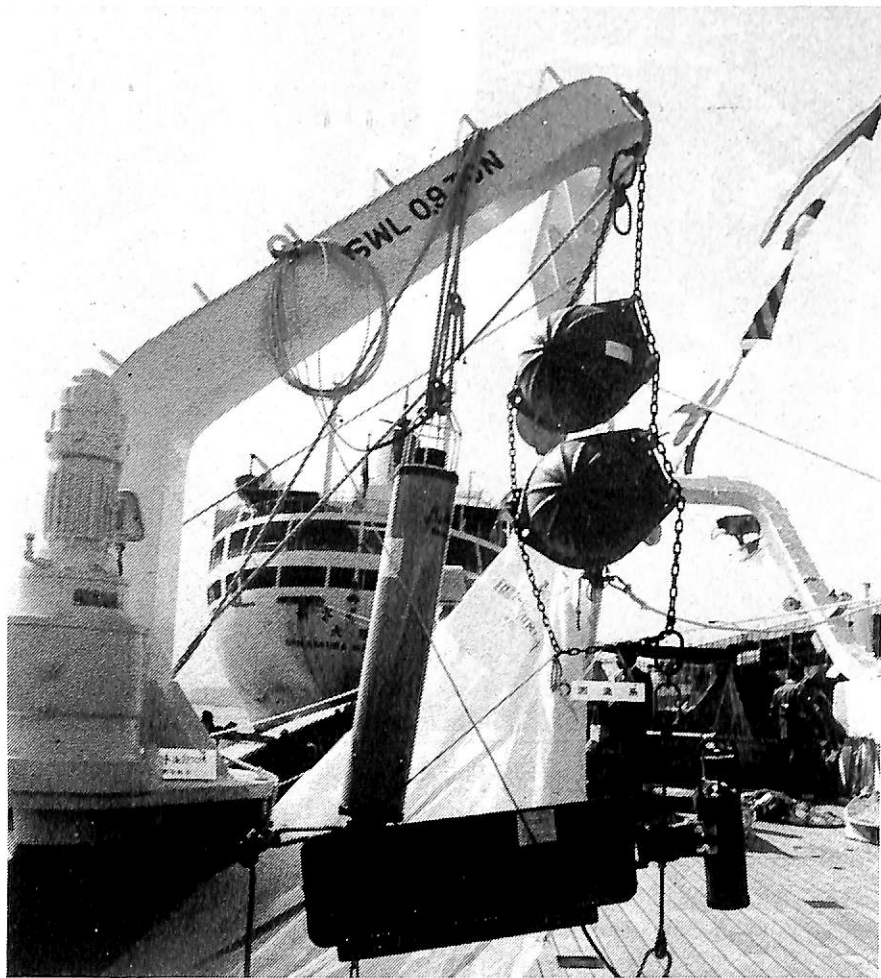
水深 7,000 m まで研究観測機器の揚下ができる大型ウインチをはじめ、計 4 基の観測ウインチが装備されており、作業甲板ができるだけ効率よく使用できるような配置となっている。また後日可搬型ウインチの搭載が可能のように考慮がはられている。

(3) 観測支援設備

船尾の全油圧駆動式のガントリー（大型 A フレーム）、右舷の電動大型回転ダビット、右舷船尾のピストンコアラ用ダビット、その他のダビットやブーム等を装備しており、大型機器の上下や係留作業を効率よく行うことができるようになっている。

船尾甲板。
大型ウインチをはじめ各種観測用ウインチが左舷側に配置されている。





右舷回転ダビット。
水中カメラ等の機器を吊り上げ
たまま舷外への振り出し上げ下
しができる。

その他複数のホイストや油圧駆動中折式デッキクレーンの装備によって、重量物の移動や荷役作業を能率よく実施できるようになっている。

(4) 研究室

研究室は船体中央部付近の最も便利な場所に十分なスペースをとり、後部作業甲板と直結させて作業の効率化をはかっている。各分野の研究活動に適合出来るように各コーナーの仕切りは設けずに、机の撤去、配置替、仮設ケーブルの展張も可能なように

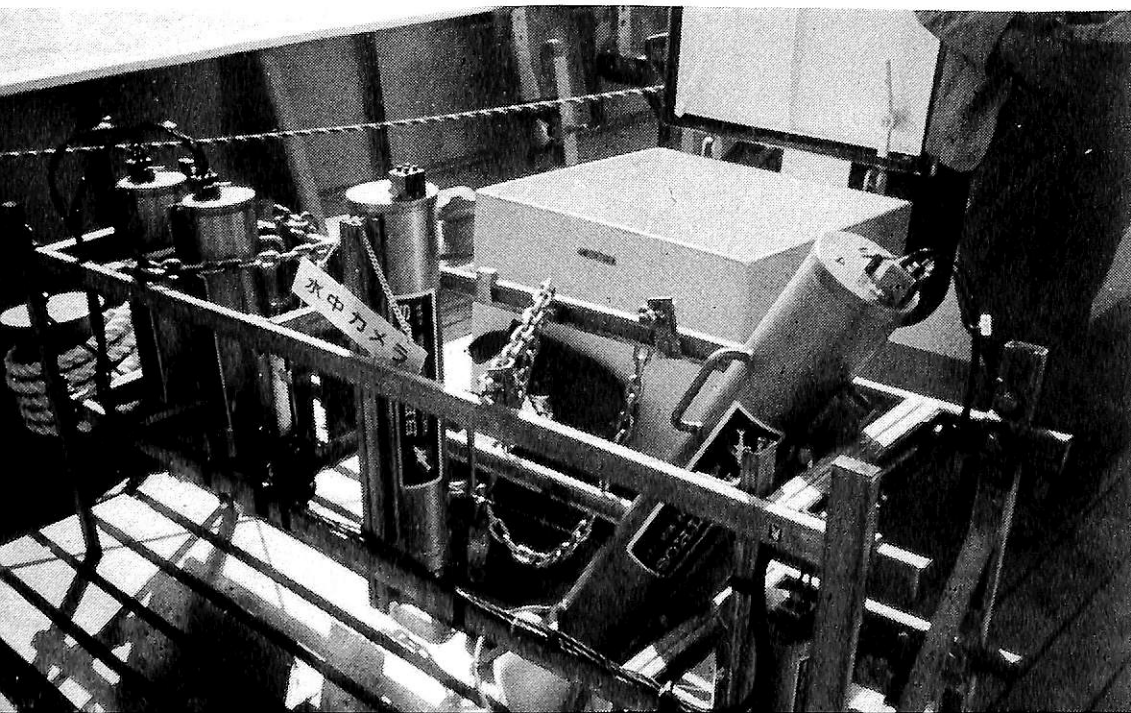
してあり、多目的に使用できるようになっている。

観測機器のうち特に船に装着が必要なものについては、あらかじめ装備されている。

室内の環境についても、空調は勿論、照明、電源、振動、騒音に対しても十分な配慮がはられている。

機関部概要

本船の主機、減速機および可変ピッチプロペラは機関制御室および操舵室のいずれからでも遠隔操縦



搭載されている
水中カメラ。

操舵室。
大きな角窓で非常に
室内が明るい。



が可能である。

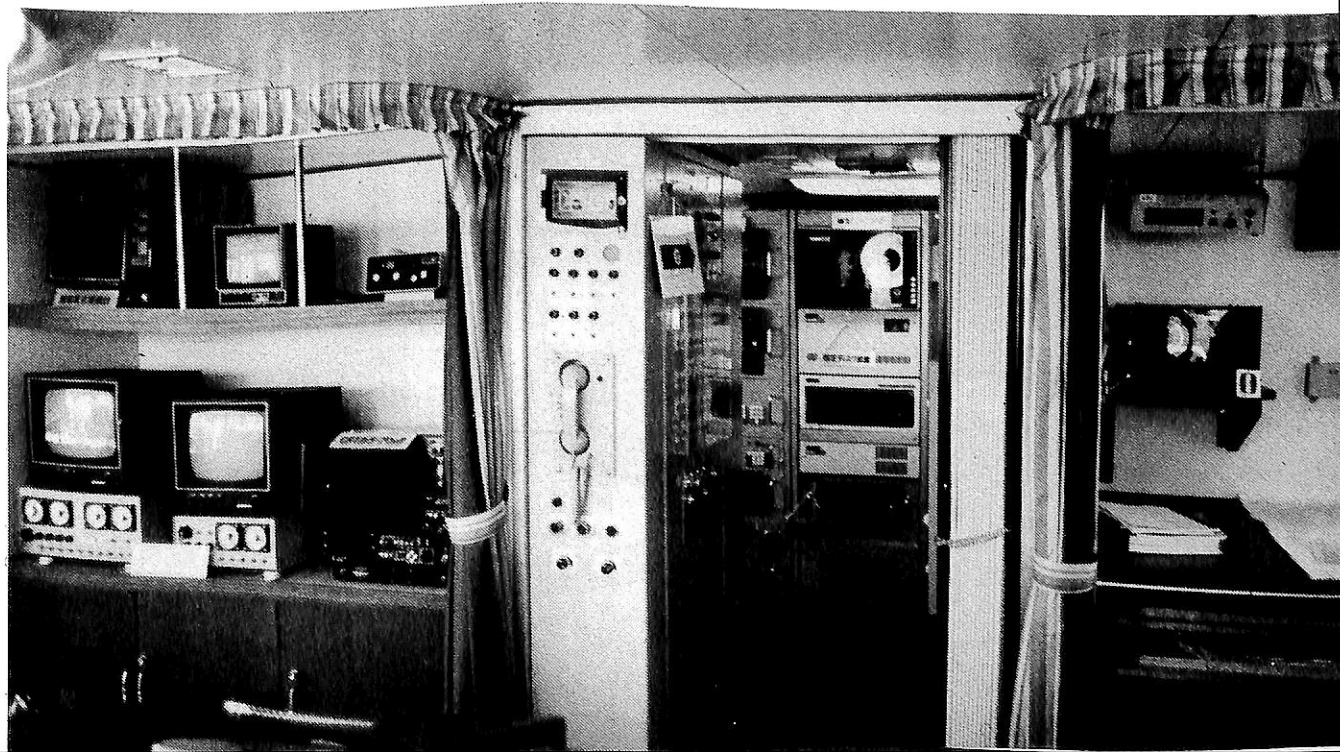
本船の研究観測作業時には、長時間にわたる低負荷運転が行われることを考慮して低負荷対策を施行した主機関による2機1軸システムを採用すると共に主機駆動発電機を装備し、省エネルギー化も図っている。

発電機関は機関制御室からの遠隔操縦装置および自動起動装置を装備している。

これらの各機関の圧力、温度等の諸データを自動的に監視し、記録し、警報を行うためのデータロガーおよびCRTが装備されている。また研究活動や船室の居住性向上のために、主機、減速機や発電機関の防振、防音にも特に留意されている。

主 機 関	.....	6 DSM-22N
	2機1軸	750ps×720rpm×2台
主 発 電 機		
原 動 機	.....	6PKT6-16
		360ps×1,200rpm×2台
発 電 機	.....	300KVA(240KW)×2台
補助発電機(主機駆動)		
	.....	300KVA(240KW)×1台
可変ピッチプロペラ	.....	2,650φ%×4翼×1台
バウスラスタ	.....	TC-20MN
		970φ%×4翼C.P.P×538rpm×1台
空 調 装 置		
居住区(上甲板室)...		パッケージ型7.5KW×1台

操舵室の背後。右舷側に監視用テレビ装置、左舷側寄りにチャートテーブル。奥はナビゲーションシステムルーム。





操舵室後方のナビゲーションシステムルーム内に設けられたハイブリッド航法の各装置。

居住区(上甲板下室)・・・パッケージ型3.7KW×1台
 研究室 …… パッケージ型3.7KW×1台
 機関制御室 …… パッケージ型2.2KW×1台
 汚物処理装置 …… エアロビクトTF-40型 40人用
 データロガー …………… JMC-SMS-2

電気部概要

本船の電気機器は研究船としての特性を考慮して、給電の連続性、電源品質の確保、研究機器への適正かつ十分な給電計画、研究観測作業のための円滑な連絡が行える通信系統、密度の高い艙装工事の施行、および将来の増設計画への対応性等に留意して装備されている。

電源装置

主発電機 …… 300KVA(240KW)AC 450V

3φ 60Hz …… 2台
 補助発電機 …… 300KVA(240KW)AC450V
 3φ 60Hz …… 1台
 静止形精密電源装置 …… 10KVA-AC100V
 60Hz …… 1台
 受電用陸上電源 …… AC 440V60Hz …… 1式
 変圧器 …… 一般用 450/105V25KVA…3台
 一般用 450/225V15KVA…3台

航海装置

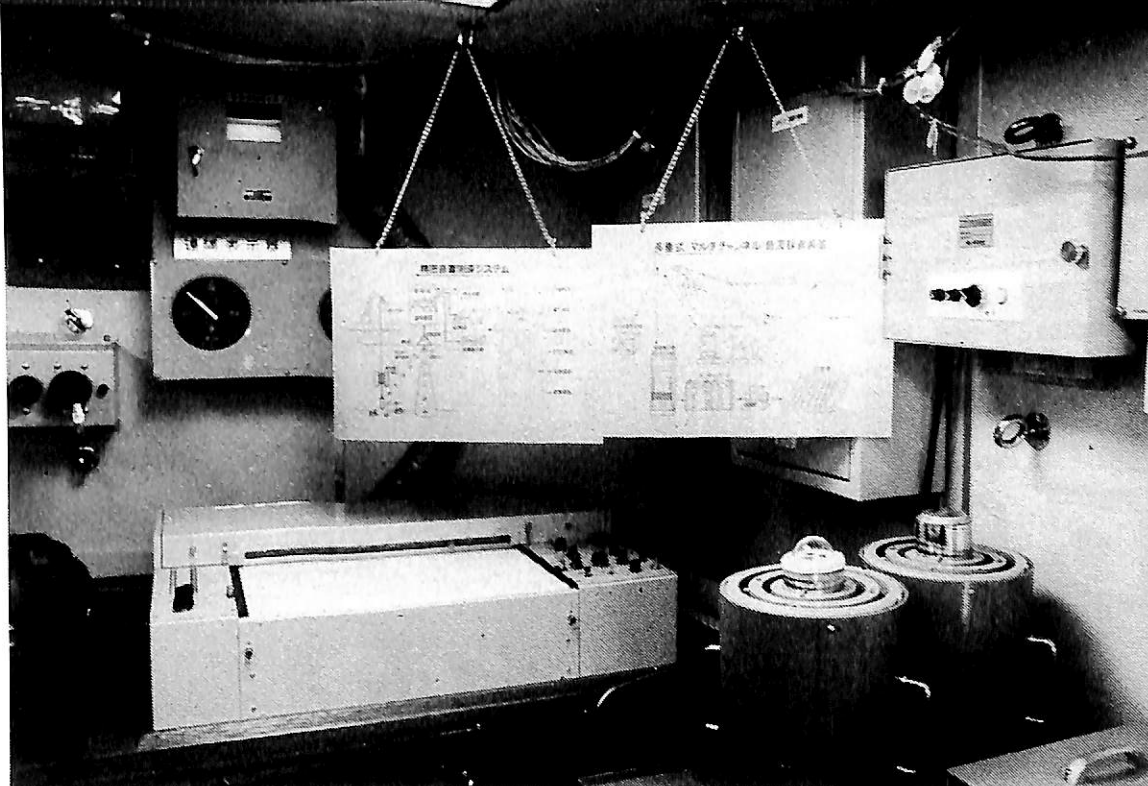
反映式磁気コンパス …… 1台
 電気式操舵装置 …… 1式
 電磁ログ …… 1台
 ジャイロコンパス …… 1式
 風向風速計 …… 1台
 ドップラー式速度計 …… 1式



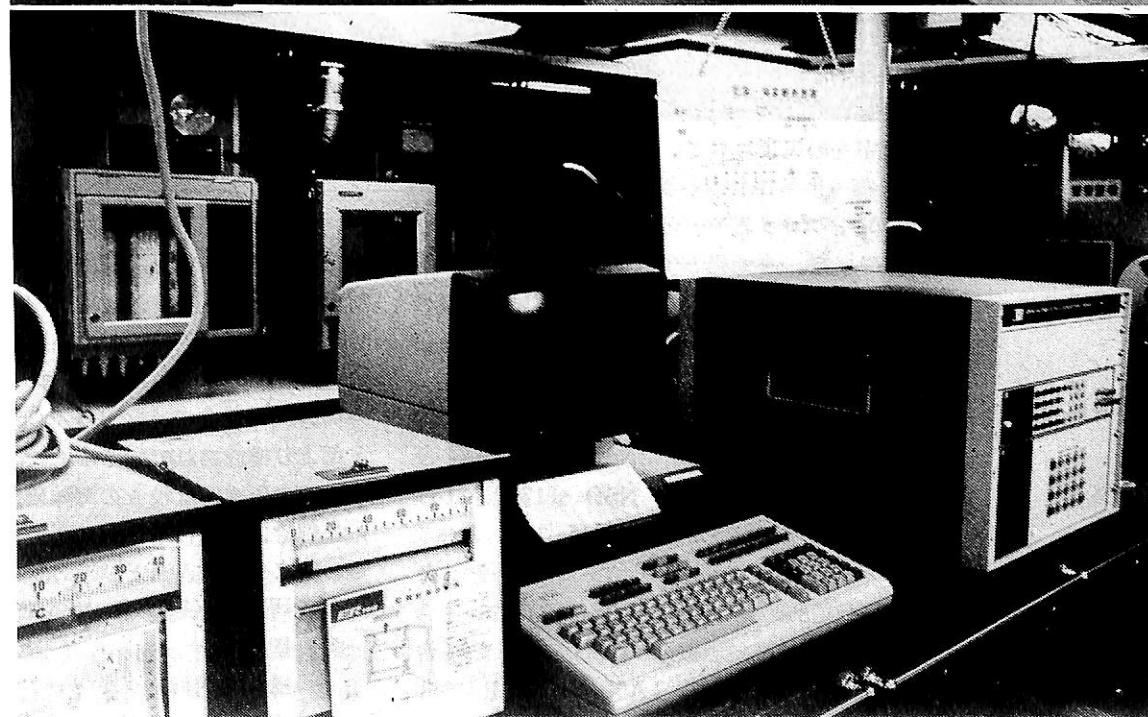
メスルーム

船体中央部に広い
スペースを取った
研究室。

精密音響測深シ
ステムのPDR 記録
器が中央にある。

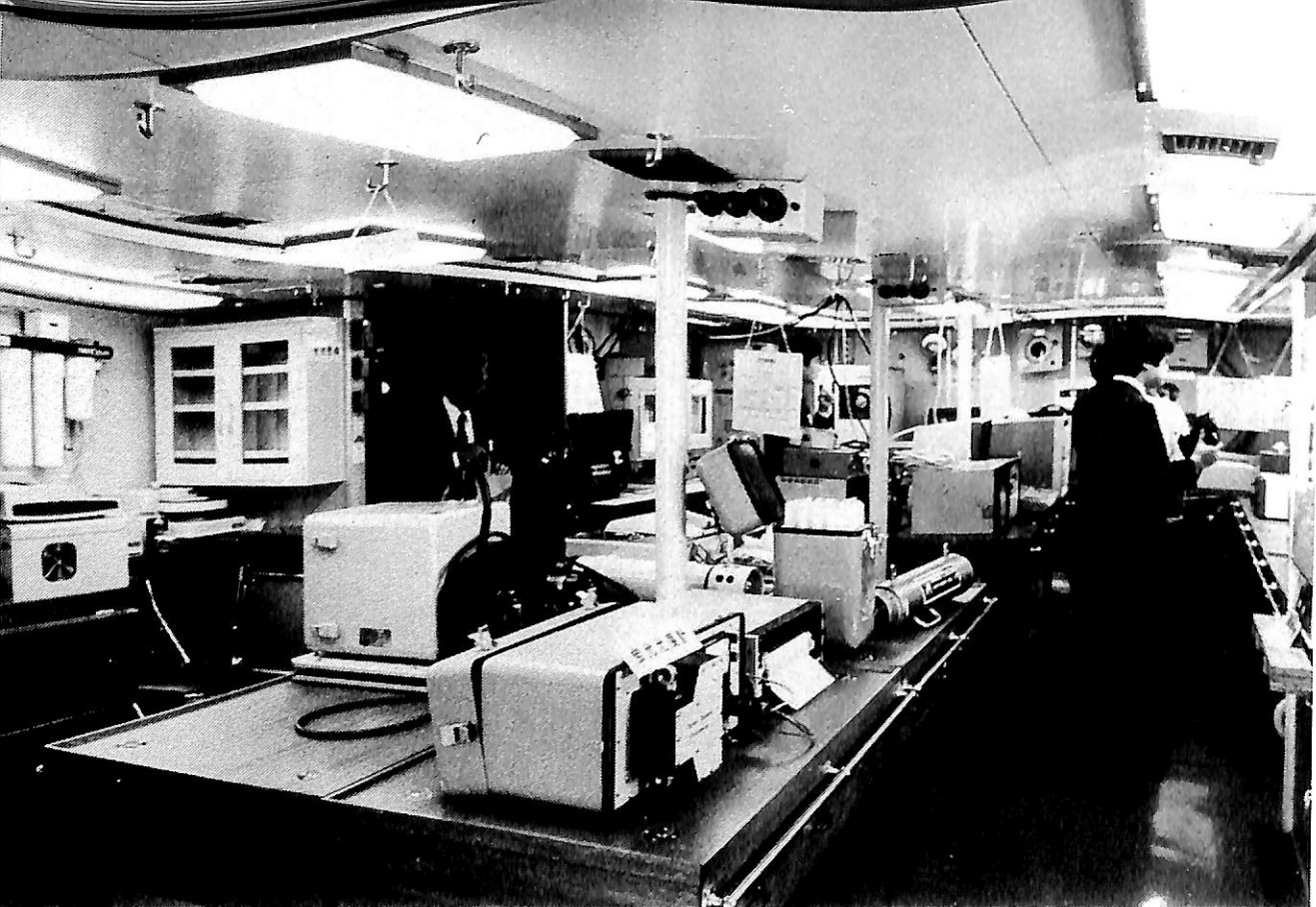


研究室中央。
気象・海象観測装
置がある。



無線方位測定機	.....	2 台
レーダー及び衝突予防装置	.....	2 台
音響測深機	.....	1 式
自記海水温度計	.....	1 台
監視用テレビ装置	.....	2 式
ハイブリット航法装置		
セ ン サ ー 部		
衛星航法受信部	 HX-1107-R	1 式
デッカ受信部	 MS-3A	1 式
デッカ・プロセッサ部	 DP-80	1 式
ロランC受信部	 LIC-80	1 式
ロランC円航法部	.....	1 式

ロランA受信部	 SAL-1A	1 式
ルビジュウム周波数標準器	 FRT-H	1 式
ドップラー速度計	 CI-20	1 式
中央処理装置部		
中央処理装置	 PANAFACOM U-1100	1 台
固定ディスク装置	 6080 G	1 台
CVCF電源部	 FLA-500 FHX	2 台
磁気テープ装置	 7028 A	1 台
CRTディスプレイターミナル	 FACOM 9410	1 台
出 力 部		
プ リ ン タ	 MP-130	1 台
X-Yプロッタ	 WX 4637	1 台



研究室を船尾より見る。手前がセミドライ研究室区域。

CRT カラープロッタ	TD -047	1 台
制 御 器		1 台
遠 隔 表 示 器	9" CRT	3 台
イベントマーク接続箱		1 台
無 線 装 置		
500 W 送信機	NSD - 1585	1 台
125 W 送信機	NSD -1135 G	1 台
75 W 補助送信機	NSD -1175 N	1 台
全 波 受 信 機	{ NRD-72+NDH-73 NRD-75	…2 台
補助全波受信機	NRD -72+NDH-73	1 台
ライフラフト用携帯無線機	JSL - 5	1 台
ファクシミリ	{ JAX -29HAP JAX -12V	…2 台
自動電信解読印字装置	DCR -550 F	1 式
国際 VHF 無線電話機	JHV -227	1 台
緊急自動受信機	{ JXA -15 A JXA - 8A	…2 台
船 舶 電 話		1 台
共電式電話装置	NQW	1 式
自動交換電話装置	NCF -733 A	1 式
船内指令装置	NVA -1051 -AT	1 式
テレトーク装置	NVA -1303 J -48	1 式
水 晶 時 計	QC -6M2 -N	1 式

研究設備

本船は主として海洋構造、海底構造、生物群集の動態などのあらゆる分野の研究を行うことを目的とし、これらに必要な研究設備を備えている。

研究室は後部作業甲板に直結して、上甲板右舷中央部に約53㎡を占め、ドライ、セミドライ、ウェット部より構成されている。

本船の研究室は種々の海洋研究に必要な多岐にわたる測定機器が使用されるので、個々の研究に対応する機器の搬出入および取り付けが可能である。

ドライ研究室（船首部 約21㎡）

各種指示器

風向風速計、ジャイロ、電磁ログ、ドップラー速度計、ハイブリッド遠隔指示器、ウインチ線長計その他水晶時計、電話、テレトーク装置、換気扇、ウインチターミナルなど

セミドライ研究室（中央部約20㎡）

自記水温計、クリーンブスター（無菌室）、薬品棚、書棚、殺菌灯（無菌室）、冷蔵庫など。

ウェット研究室（後部約12㎡）

採集物処理場、取外し式採水器架台、張力計等
その他研究室には、必要に応じて計器台、取外し式作業台、精密用および一般用電源コンセントターミナル、ケーブルハンガー、ケーブルホール、壁面ラッシング金物、流し、清水・海水・研究用海水・温水コックなどがある。



新高速艇講座 <14>

高速艇の推進 (2)

丹 羽 誠 一

4.2 キャビテーション

4.2.1 キャビテーションとは

高速艇のプロペラは、そのほとんど全部が大なり小なりキャビテーションに関係があり、そのために性能が低下したり、あるいは性能は低下しないまでも翼面にあばたができて使えなくなったりすることが多い。そこでまずプロペラの選定にあたってはキャビテーション現象についての簡単な知識を持っていなければならない。

水の沸とう点は 100°C であるというが、これは 1 気圧の地上でのことであって、たとえば富士山の頂上のように気圧の低い所ではもっと低い温度 (約 87°C) で沸とうを始める。沸とう点は気圧が低下すればするほど低下して、ある気圧まで低下すると常温でも沸とうを始めるようになる。

水のなかに常温でも沸とうを起す程度に圧力が低

い部分が発生すると、その部分では水が蒸発をはじめて、いわゆる空洞を形成するようになる。このように水中に空洞の発生する現象を一般にキャビテーションに現象という。

作動中のプロペラ翼素に関する圧力状態をしらべる。4.1 図に示すように、中心没水深度 I_c で作動しているプロペラの、半径 r 位置にある翼素の局部最浅没水深度 I は

$$I = I_c - r$$

である。したがって翼素の最低静圧は

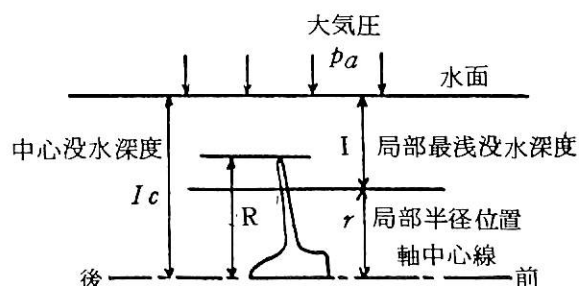
$$p_o = p_a - r I$$

p_a : 大気圧 ($10,300 \text{ kg/m}^2$)

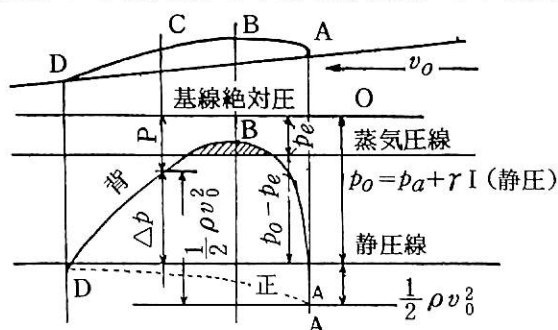
r : 海水の比重量 ($1,025 \text{ kg/m}^3$)

である。

半径 r における翼素には 4.2 図のように一様な平行流 v_o が流れ込むと考えれば、翼面にそって流れ



4.1 図



4.2 図

タイトル写真/カーボン繊維使用の試作艇“トレカ26”。全長7.95 m、速力50kt。舟艇協会1981年建造。

る流線には速度の変化を生じ、背面について言えばA点では速度は0となり、最大翼厚B点付近で速度が最大となる。

翼素の最浅深度において静圧 p_0 、流速 v_0 の水流が、翼素上の任意の点で静圧 p 、流速 v に変化するとすれば、ベルヌイの定理により

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p = \frac{1}{2} \rho v_0^2 + p_0$$

$$p_0 - p = \frac{1}{2} \rho v_0^2 (v^2 / v_0^2 - 1)$$

$p_0 - p$ は局部圧の静圧からの低下量で

$$\Delta p = p_0 - p$$

p が蒸気圧 p_e (常温において 200 kg/m^2) より小になるとキャビテーションを発生する。したがってキャビテーションの発生しない条件は

$$\Delta p \leq p_0 - p_e$$

これを無次元表示にすれば

$$\frac{\Delta p}{\frac{1}{2} \rho v_0^2} \leq \frac{p_0 - p_e}{\frac{1}{2} \rho v_0^2}$$

左辺の数値は翼素の形状および迎角によって決まる。

右辺は $\frac{1}{2} \rho v_0^2 = q$ とおき、

$$\frac{p_0 - p_e}{\frac{1}{2} \rho v_0^2} = \frac{p_0 - p_e}{q} = \sigma$$

と書き、キャビテーション・ナンバーと言う。

高速艇の場合はアウトボードモーターやスターンドライブ装置のように、プロペラが船体の後方で作動しているものの外は、 p_a が大気圧に代って船底の滑走圧になる。プロペラ位置における滑走圧に対する量的資料は無いが、高速艇のキャビテーション発生は一般船舶に比べてかなり遅れる例が多い。

4.2.2 キャビテーションの影響

プロペラがキャビテーションを発生すると、いろいろな害を船体・プロペラに与える。

(1) 速力が低下する。キャビテーションが発生するとプロペラの出す推力が減少し、従って速力が出ない。この場合、トルクも減少するが、一般のプロペラでは推力の減少が大きく、効率も低下する。

(2) プロペラ翼面にエロージョンが発生する。P点に発生したキャビテーションによる気泡の一部は水流と共に翼後縁に向かって流れる。しかし後縁に近くなればP点より高い圧力が存在するため、その気泡は急激におしつぶされる。

気泡がおしつぶされる時に発生する衝撃力は数千気圧に相当すると言われる大きな力であるため、そのような衝撃力を受けるプロペラ翼面は侵食される。この現象が進むと翼が曲ったり、割れたり、折れたりする。魚雷艇のような大馬力の高速艇では、わずか数時間の高速運転で深さ20mmにも達する侵食を受

ける例もある。

(3) 振動の原因となる。表面をたたかれたプロペラ翼は振動を発生する。この振動が翼の固有振動数と同調すると、プロペラ全体の大きな振動となり、船体振動の原因となる。

(4) 騒音を発生する。衝撃力を受けるのであるから当然騒音を伴う。これは一般の船ではあまり問題にならないが、軍用艇の場合には、水中音によって遠方から探知されるので好ましくない。

4.2.3 翼型とキャビテーション

エーロfoil断面は通常状態におけるプロペラ効率は良好であるが、オージバル断面に比べて最低圧力点が前縁に近く、また最低圧力が低いので、キャビテーションを発生しやすい。高速用の翼面積比の大きなものでは周速の大になる翼端に近いところでは、オージバル断面に近い形としてキャビテーションの発生を遅らせるようにしている。

高速艇では、エーロfoil断面ではキャビテーションを防ぎきれない場合が多く、特殊な断面を使用してキャビテーションの発生を遅らし、またはキャビテーションの発生した状態におけるプロペラ効率を向上させている。

その代表的なものがクレセント（三日月型）断面プロペラ、またはホローフェース断面と呼ばれるものである。これはキャンパーラインに楕円形などの肉付けをした翼断面を有し、キャンパーが肉付けより大きな部分では前進面が凹面（ホローフェース）をなす三日月型の断面となる。前進面が直線でないので加工費は高くつくが、キャビテーションの発生を遅らし、また初期のキャビテーション発生状態での性能低下が少い。

モーターボート用のプロダクションプロペラにカップ付プロペラと呼ばれるものがある。この系統のプロペラであって上に説明したとおりのものをフルカップ（Full Cup）と呼び、オージバルプロペラ

各翼型の適用範囲

Vs (kt)	翼 型
25以下	エーロfoil
25～35	エーロfoil オージバル クレセント
35～40	クレセント
40～50	クレセント SC
50以上	SC

の後縁をプレス加工で折り曲げたものをリップカップ (Lip Cup) と呼ぶ。

さらに高速用の翼断面に S C 型 (Super Cavitation) と呼ばれるものがある。これは比較的低速から安定したキャビテーションを発生させ、プロペラ背面を全面空洞で覆うことにより翼面上におけるキャビティの崩壊を避け、同時に背面における摩擦抵抗を減らすことを狙ったものである。翼断面キャンバーを持った楔型である。

各翼型の適用範囲はおおむね別表の通りである。

4.2.4 要求される翼面積

キャビテーションが試運転で始めて問題とされたのは、1894年に英国駆逐艦 Daring の試運転においてである。普通この現象は rpm が、それに相当する推力の増加なしに急に増加の度を増す状態として現われ、効率の低下を伴っている。それが完全に発生すれば船の速力は機関出力に無関係に限定される。

Daring は計画速力 27kt であるが、最初の試運転では機関全力に対しわずかに 24kt しか出なかった。

次にプロペラを同じ直径、ほぼ同じピッチで翼面積を 45% 増したものに取換えたところ、計画速力を容易に達成し、過負荷においては 28.25kt に達した。

Daring を建造した Thornycroft 社の技師長 S. W. Barnaby はプロペラの背面の圧力低下が、そこに作用する大気圧と静水圧との合計より大きくなれば、水は翼に沿って流れることができなくなり、キャビテーションが発生すると考えた。Barnaby はこの状態の判定規準として投影翼面積当りの推力 $11\frac{1}{4} \text{ lb/in}^2$ (0.791 kg/cm^2) を提案し、後にこれを 13 lb/in (0.914 kg/cm^2) に改めている。

それ以後、キャビテーションに対する研究も進み、種々の判定規準が発表されているが、我々の必要としているのは最も簡単に概略の規準値の得られる方法である。この意味からすれば、Lerbs の判定図表は最も使いやすいものであると言えよう。

この資料は Hamburg 水槽のキャビテーション水槽で行った模型試験から求めたもので、翼数、ピッチおよび展開面積の異ったオージバル断面を持つ、翼厚比 0.05 の 2 組の系統プロペラが使用されている。

試験結果は前進率 J を縦座標に、 $\sigma \times Ae$ を横座標に、ピッチ比をパラメーターとする図表に表され、各組のプロペラに対し 5 群の曲線がある。1 つはフェースキャビテーションが消滅する点、1 つはバックキャビテーションが始まる点、1 つは推力が大気圧下における値から変化し始める点、1 つはトルクが大気圧下における値から変化し始める点、1

つは完全に発達したバックキャビテーションが始まる点を示している。

4.3 図および 4.4 図に示す図表は原発表のものを変えて簡単な 1 つの図表にまとめたものである。これは $\sigma \times Ae$ を次に定義する Kc に改め、これを縦座標に、前進率を横座標、ピッチ比をパラメーターとすることによって可能になった。

$$Kc = \frac{p_s Ae}{\rho n^2 D^4}$$

Ae : プロペラの展開面積

$p_s = (p_0 - p_e)$ (プロペラ中心における静圧) — (蒸気圧)

25°C において $10,000 + 1,025 Jc$

これらの図表において、バックキャビテーションの始まりおよびフェースキャビテーションの消滅を示す曲線の交点は、ピッチ比の目盛を付けた曲線で連結されているが、これはフェースキャビテーションおよびバックキャビテーションの無い場合に対する最大許容 J と、最小許容 Kc との組合せの軌跡で、次の式によって近似的に表すことができる。

$$\left. \begin{aligned} Kc &= 0.213 + 0.144 p^{1.5} \\ J &= p - 0.2 \end{aligned} \right\} \text{4 翼の場合}$$

$$\left. \begin{aligned} Kc &= 0.114 + 0.153 p^{1.5} \\ J &= 0.785 p \end{aligned} \right\} \text{3 翼の場合}$$

p : ピッチ比

キャビテーションにより推力の低下の始まる危険回転数 n は

$$n = \frac{1}{D^2} \sqrt{\frac{p_s Ae}{\rho Kc}} \text{ または } \frac{1}{2D} \sqrt{\frac{\pi p_s a_E}{\rho Kc}}$$

a_E : 展界面積比

要求される展開面積 Ae または展開面積比 a_E は

$$a_E = \frac{\rho n^2 D^4 Kc}{p_s} \text{ または } a_E = \frac{4 \rho n^2 D^2 Kc}{\pi p_s}$$

Daring の最初のプロペラと最終のプロペラによる試運転成績を表 4.1 に示す。

これを 4.3 図にあてはめてみると、次のような結論が得られる。

どちらの組のプロペラもフェースキャビテーションは発生していない。

第 1 期のプロペラは、バックキャビテーションが 18kt で始まっており、20kt でスラストが影響され、24kt ではキャビテーションが完全に発達した状態になり、速力はそれ以上増加できなくなる。

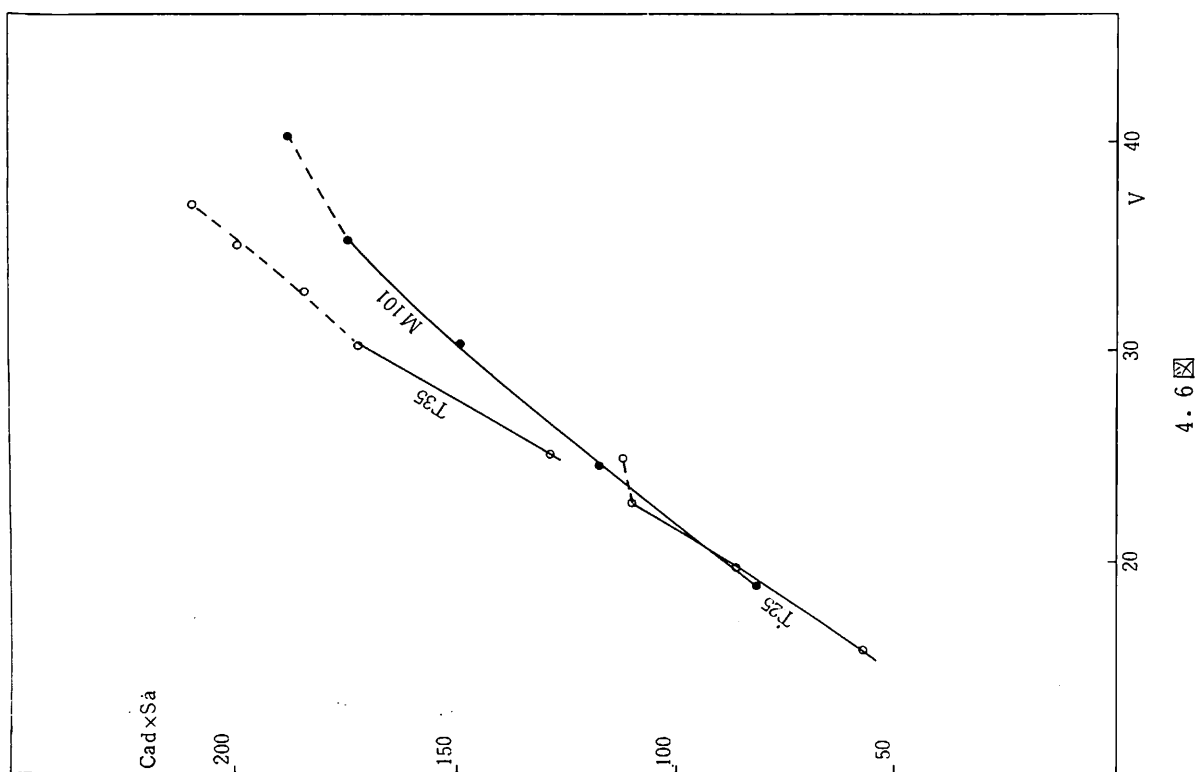
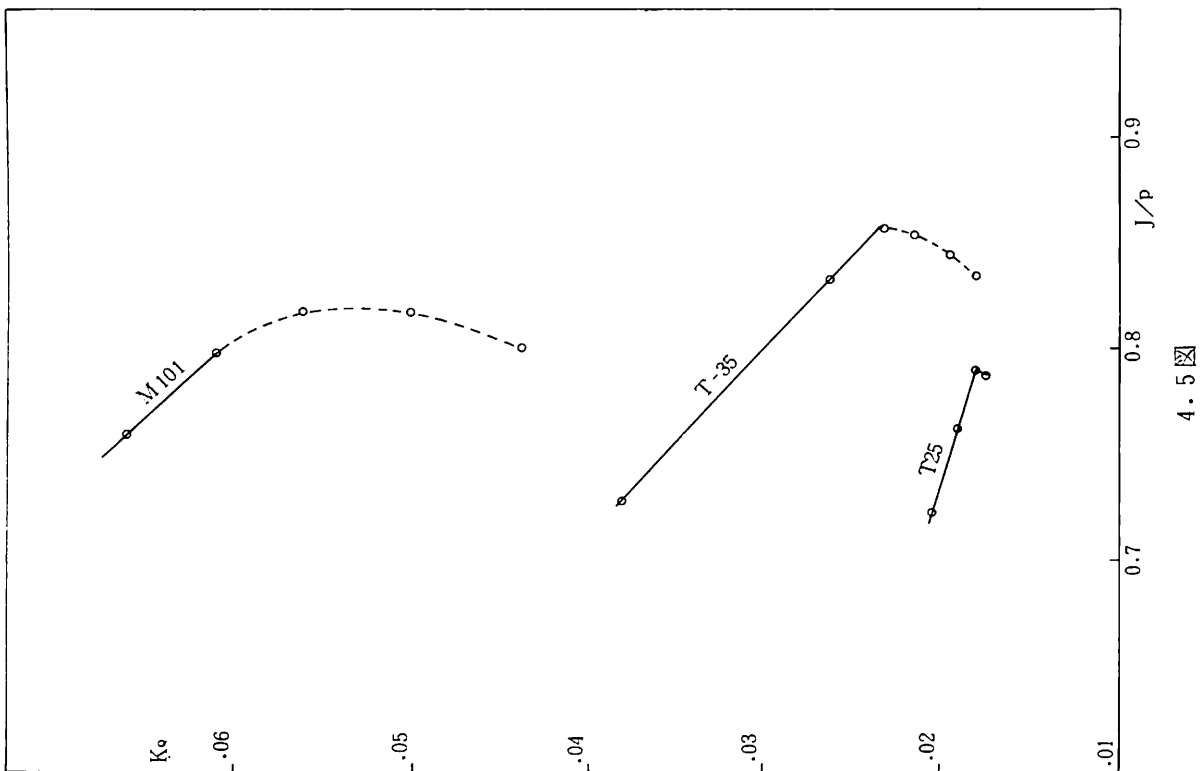
第 6 組のプロペラは 25kt でスラストが低下するが、最高速力でもキャビテーションは完全には発達せず、このプロペラはさらに出力の大きな機関と組合せれ

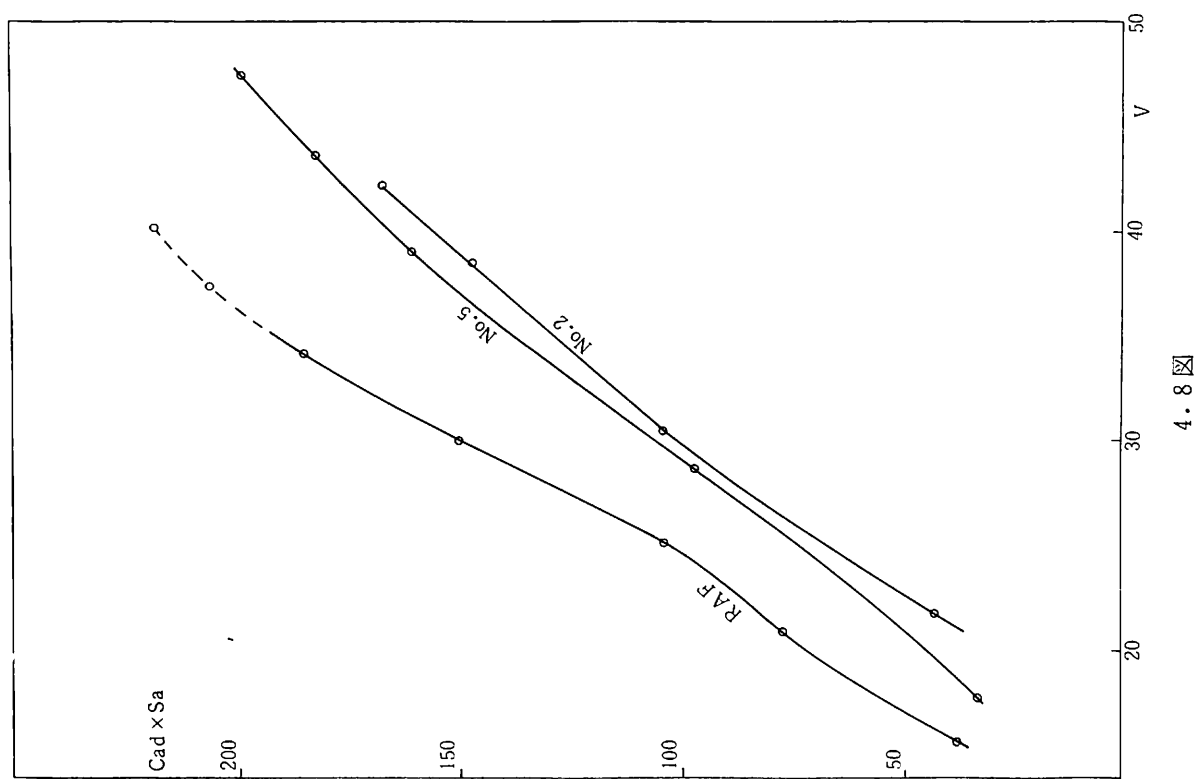
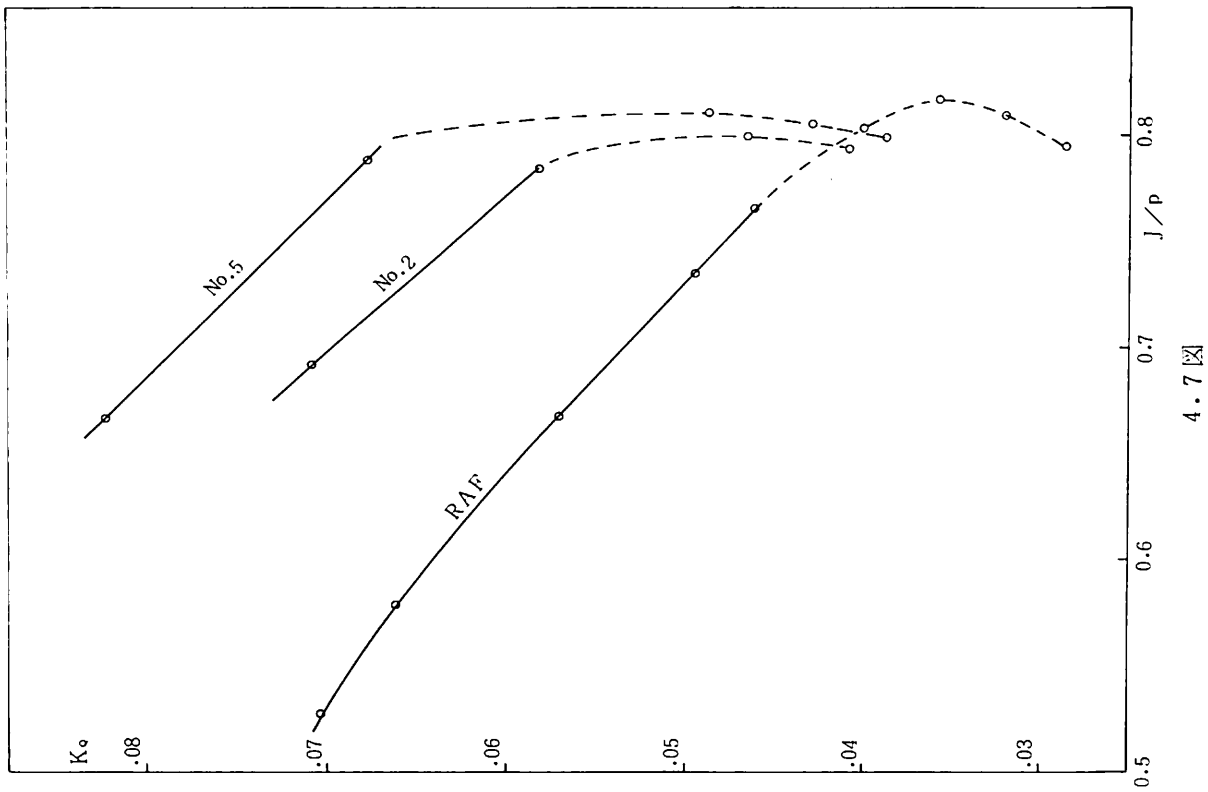
表 4.1 試運転成績

Daring	(No.1)	$D = 1.879$	$P = 2.633$	$p = 1.4$	$Ae = 0.827$	$a_E = 0.30$	$I_c = 1.525$	$p_s = 11.725$
V kt	rpm	v	w	v_a	n	J	K_c	
16	232	8.231	0.10	7.407	3.867	1.019	.497	
18	268	9.260	0.10	8.333	4.467	.993	.372	
20	300	10.289	0.10	9.260	5.000	.986	.297	
22	338	11.318	0.10	10.186	5.633	.962	.234	
24	384	12.347	0.10	11.112	6.400	.924	.182	
		$D = 1.879$	$P = 2.713$	$p = 1.443$	$Ae = 1.198$	$a_E = 0.432$		
(No.6)								
18	235	9.260	0.10	8.333	3.917	1.132	.702	
20	267	10.289	0.10	9.260	4.450	1.107	.544	
22	297	11.318	0.10	10.186	4.950	1.095	.439	
24	327	12.347	0.10	11.112	5.450	1.085	.363	
26	358	13.375	0.10	12.038	5.967	1.073	.302	
27	373	13.890	0.10	12.501	6.217	1.070	.279	
28.25	392	14.533	0.10	13.080	6.533	1.066	.253	

表 4.2

T	25	$\Delta = 19.99$	$D = .720$	$P = .545$	$p = .757$	$Ae = .3538$	$a_E = .869$	$p_s = 11150$	K_c	Cad	Sa	Cad	Sa
V	rpm	SHP	v	$F\Delta$	w	v_a	n	J	K_ϕ				
15.82	1300	352	8.138	1.585	-.048	8.529	21.667	.547	.02041	.2989	.689	57.10	
19.83	1500	501	10.201	1.986	-.020	10.405	25.000	.578	.01891	.2245	.749	85.83	
22.77	1650	616	11.714	2.281	-.010	11.831	27.500	.598	.01747	.1856	.782	110.33	
24.83	1800	786	12.774	2.329	-.008	12.876	30.000	.596	.01717	.1559	.781	112.08	
T	35	$\Delta = 22.38$	$D = .720$	$P = .745$	$p = 1.035$	$Ae = .2948$	$a_E = .724$	$p_s = 11150$					
9.91	600	129	5.098	.974	-.064	5.424	10.000	.753	.03804	1.1692	.684	41.00	
25.03	1250	804	12.876	2.460	-.004	12.928	20.833	.862	.02622	.2694	.830	128.50	
30.36	1453	1120	15.618	2.984	.008	15.493	24.217	.889	.02325	.1994	.866	171.76	
32.90	1577	1327	16.925	3.234	.012	16.722	26.283	.884	.02155	.1693	.864	184.21	
35.17	1695	1492	18.093	3.457	.016	17.804	28.250	.875	.01951	.1465	.860	199.07	
37.03	1800	1650	19.050	3.640	.020	18.669	30.000	.864	.01800	.1299	.852	208.31	
M	101	$\Delta = 28.2$	$D = .710$	$P = .950$	$p = 1.338$	$Ae = .4304$	$a_E = 1.087$	$p_s = 11159$					
18.86	836	564	9.702	1.765	-.034	10.032	13.933	1.014	.0659	.931	.733	80.77	
24.56	1011	922	12.635	2.299	-.009	12.749	16.850	1.066	.0609	.636	.789	117.50	
30.36	1202	1426	15.618	2.842	.005	15.540	20.033	1.093	.0561	.450	.821	149.20	
35.58	1394	1984	18.304	3.331	.015	18.029	23.233	1.093	.0500	.335	.829	174.43	
40.36	1604	2646	20.763	3.778	.022	20.306	26.733	1.070	.0438	.253	.818	188.24	





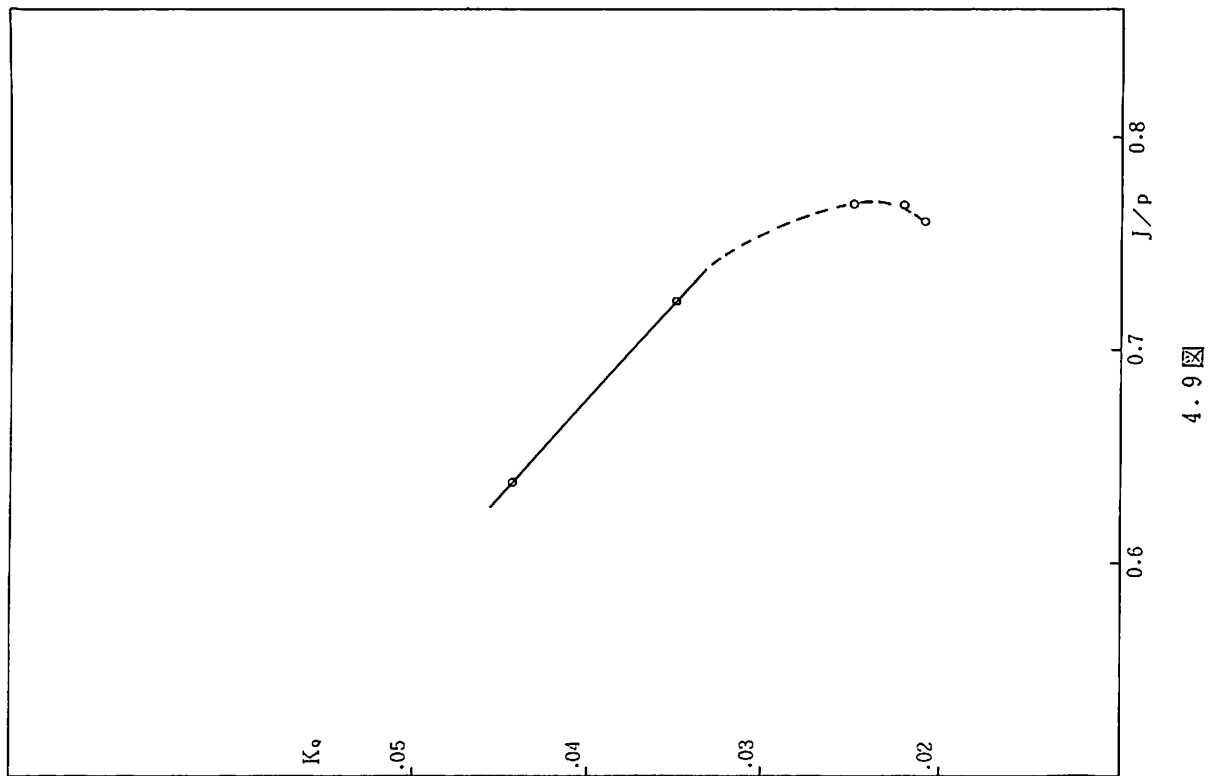
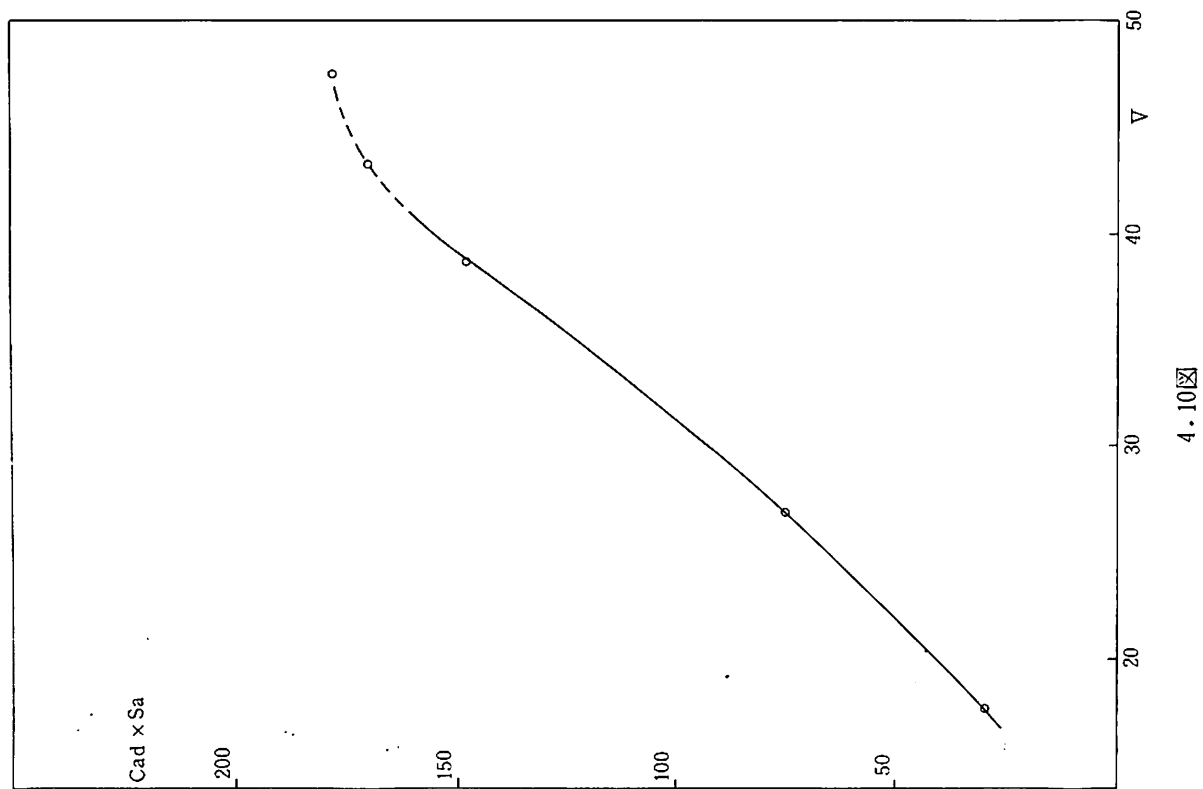


表 4. 3

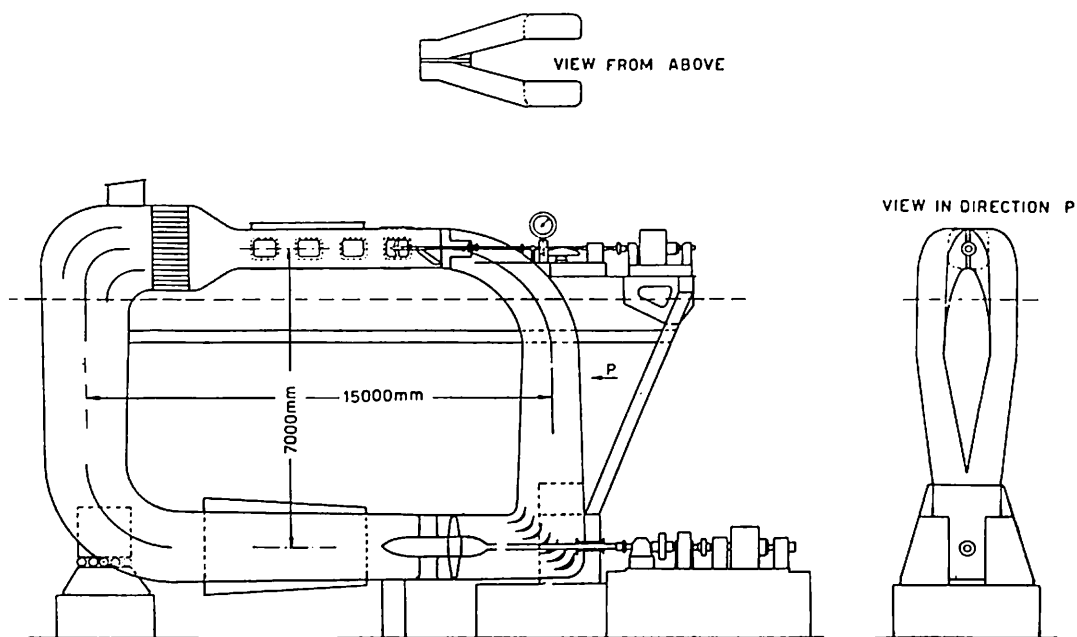
RAF2762 E	$\Delta = 35.8$	SHP	$D = .7874$	$P = .9855$	$p = 1.252$	$ae = .4194$	$a_E = .8612$	$p_s = 11345$	Cad	Sa	$Cad Sa$
V	rpm		v	Fv	w	v_a	n	J	K_Q	K_C	
		(228)							(.0702)		(13.72)
8.27	784	159	4.254	.752	-.054	4.484	8.482	.671	.0491	1.645	19.66
		(448)							(.0662)		(18.95)
11.29	1003	312.5	5.808	1.026	-.066	6.191	10.850	.725	.0461	1.005	27.17
		(662)							(.0570)		(39.78)
15.67	1200	536	8.061	1.424	-.060	8.545	12.987	.836	.0461	.702	49.11
20.90	1403	918.5	10.752	1.900	-.025	11.021	15.179	.922	.0495	.514	77.60
25.18	1600	1270	12.954	2.289	-.009	13.071	17.316	.959	.0461	.395	103.66
30.04	1800	1574.5	15.454	2.730	.002	15.423	19.481	1.005	.0401	.312	150.54
34.18	2000	1920	17.584	3.107	.010	17.408	21.645	1.021	.0357	.253	186.23
37.58	2200	2292.5	19.333	3.416	.016	19.024	23.810	1.015	.0320	.209	207.19
40.40	2403	2653.5	20.783	3.672	.020	20.367	26.001	.995	.0285	.175	218.93
T 109 (No 2)	$\Delta = 108$	$D = 1.030$		$P = 1.442$	$p = 1.400$		$ae = .7397$		$a_E = .8878$	$p_s = 11740$	
21.72	1299	3417	11.174	1.642	-.042	11.643	11.659	.970	.07074	.543	42.98
31.41	1600	5253	16.159	2.375	-.006	16.256	14.360	1.099	.05820	.351	104.40
38.62	1908	7119	19.868	2.920	.006	19.749	17.124	1.120	.04652	.252	147.65
42.26	2089	8190	21.740	3.195	.012	21.479	18.749	1.112	.04077	.210	168.05
T 109 (No 5)	$\Delta = 81$	$D = .920$		$P = 1.300$	$p = 1.413$		$ae = .6648$		$a_E = 1.0663$	$p_s = 11640$	
17.80	1010	2013	9.157	1.412	-.062	9.725	11.222	.942	.0822	.820	32.92
28.57	1302	3528	14.698	2.266	-.010	14.845	14.467	1.115	.0672	.493	96.70
39.10	1700	5685	20.115	3.102	.010	19.914	18.889	1.146	.0487	.289	161.24
43.70	1900	6990	22.481	3.467	.017	22.099	21.111	1.138	.0429	.232	183.09
47.72	2080	8316	24.549	3.786	.022	24.009	23.111	1.129	.0389	.193	199.89

表 4. 4

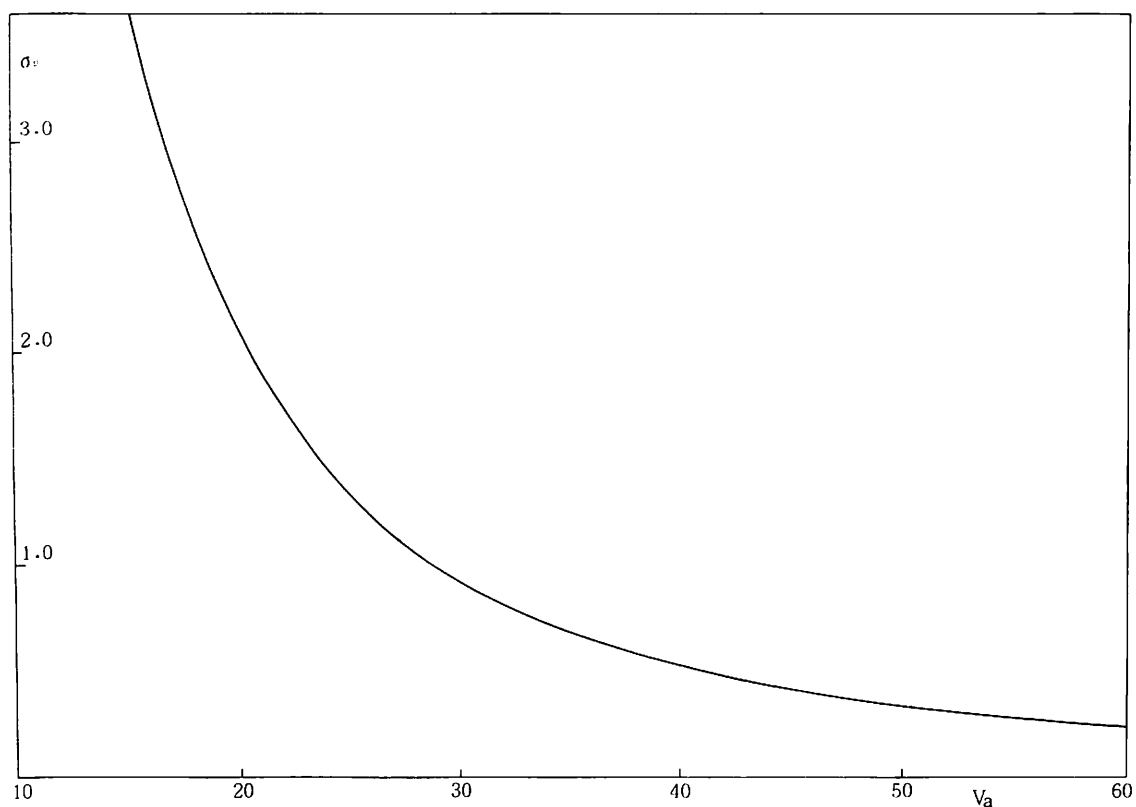
T 109 (No 6)	$\Delta = 81$	$D = 1.050$	$P = 1.350$	$p = 1.2857$	$ae = .5331$	$a_E = .6157$	$p_s = 11640$
17.73	1013	2118	9.121	1.406	-.062	9.687	11.256
27.05	1301	3549	13.916	2.146	-.014	14.111	14.456
38.69	1709	5706	19.904	3.069	.009	19.725	18.989
43.33	1902	6978	22.291	3.437	.016	21.934	21.133
47.45	2090	8736	24.410	3.764	.022	23.873	23.222
							.979
							.0905
							.228.94
							.779
							.178.26
							.600
							.713
							.776
							.781
							.170.53
							.228.94
							.779
							.178.26

表 4. 5

トレカ 26	$\Delta = 0.888$	$D = .352$	$P = .543$	$p = 1.543$	$ae \div .0487$	$a_E \div 0.5$	$p_s = 10335$
V	rpm	v	w	n	J	K_C	J/p
28.756	3175	14.792	0	28.298	1.485	.391	.962
35.630	4075	18.328	0	36.319	1.434	.238	.929
43.445	5050	22.348	0	45.009	1.411	.155	.914
46.773	5400	24.060	0	48.128	1.420	.135	.920
30.348	4000	15.611	0	35.651	1.244	.247	.806
43.853	5000	22.558	0	44.563	1.438	.158	.932
49.741	5775	25.587	0	51.471	1.412	.118	.915
50.785	5850	26.124	0	52.139	1.423	.115	.922
							空気吸込



4.11図



4.12図

ばさらに高い速力が出し得ることを示している。以上の計算にはウェーキを10%と仮定し、 p_s は15℃の値をとっている。

4.2.5 試運転におけるキャビテーション発生 の判定

実艇の試運転成績を見て、キャビテーション発生 の有無を判定することができれば、必要に応じてさ

らにキャビテーションの発生しにくいプロペラ、例えば翼面積の大きなプロペラ、キャビテーション性能の良好なプロペラに取換えることによって、その艇の速力を増大させることができよう。

プログレッシブトライアルを行って、トルク計測またはそれに代る方法によってSHPを求め、これ

を解析してキャビテーションの発生を判定するには K_Q-J 曲線を求め、 K_Q の減少する状況によってトルクの減少を認めることができる。ウエーキについては高速艇の模型試験より得た平均値を使用する。ただしクレセント型などキャビテーションを発生しても性能低下が目立たないプロペラについては、この判定法でキャビテーション発生を認めても、すぐに対策を講ずる必要はない。

キャビテーションによる性能低下を判定する方法として Schaffran の法がある。

$$C_{ad} = \frac{\Delta^{2/3} V^3}{SHP} \text{ (アドミラルティー係数)} \times$$

$$S_a = 30.81 \frac{V}{NP} \text{ (見かけのスリップ比)}$$

を速力に対してプロットし、プロットが急激にそれまでのプロットの傾向からはなれるとき、これを以てキャビテーションによる性能の低下と認める。

表 4.2 にエーロフォイル型プロペラによる例を示す。ただし、これらのプロペラは周速の大なる部分の断面をオージバル断面に近く修正しているので、オージバルプロペラと同様に考えてよい。

その K_Q-J を 4.5 図に、 $C_{ad} \cdot S_a - V$ を 4.6 図に示す。

Lerbs の限界 K_c は、 $T 25$ に対し $K_c > .215$, $T 35$ に対し $K_c > .275$, $M 101$ に対し $K_c > .351$ であり、計算表中 $T 25$ は 22.77kt 以上、 $T 35$ は 25.03kt 以上、 $M 101$ は 35.56kt 以上の点はキャビテーション発生範囲になるが、4.5 図では $T 25$ の 22.77kt はキャビテーションの影響は明らかではなく、また 4.6 図においても同様である。すなわち、Lerbs の要求翼面積に対し $.1856 / .215 = .863$ まで面積を減少しても性能に影響は無いと考えてよい。

$T 35$ に対しては同様に $.1994 / .275 = .725$ まで影響が無く、 $M 101$ に対してはキャビテーション発生は、 $.335 / .351 = .928$ 程度で認められるが、それより高速でも特に顕著な性能低下はなく、最高速に対し $.253 / .351 = .721$ でも目立った性能低下は無いと見られる。

前出の Daring の Na 6 プロペラの場合の最高速は $.253 / .379 = .668$ までの運転が行なわれている。

これらの試験成績から、オージバル翼に対しては Lerbs の要求翼面積の 70% 程度までは大きな性能低下なしに使用し得るものと考えてよいであろう。

クレセント翼の運転成績を表 4.3 に示し、それらの K_Q-J , K_c-V を 4.7 図、4.8 図に示す。

RAF は、 K_Q-J から 25kt を越すとトルク低下

が見られ、32kt 以上で性能低下が認められる。要求 $K_c = 0.328$ に対し、0.30 程度、すなわち、 $.30 / .328 = .915$ に相当するが、トップまで目立った性能低下はない。これは $.175 / .328 = .534$ まで使用可能と言える。(試運転低速部 3 点の K_Q に疑問があり、表中カッコ内に修正値を示した)

$T 109 - Na 2$ 30kt 付近からトルクは低下しているが、性能は最高速まで低下が認められない。Lerbs の要求値に対し、 $.210 / .367 = .572$ まで使用可能である。

$T 109 - Na 5$ 30kt 付近からトルク低下が認められるが、性能低下は 40kt 付近からで、以後最高速まで目立った低下はない。Lerbs に対し $.193 / .371 = .520$ 。

以上から、クレセント翼は Lerbs の要求翼面積の 50% 程度でも目立った性能低下は無いものと考えてよいであろう。

SC 翼の試運転成績を表 4.4、4.9 図、4.10 図に示す。トルク低下は 30kt 付近からはじまっている。性能低下は 42kt 程度からはじまり、その程度はクレセント翼よりむしろ目立つ。この点で Lerbs に対し $.120 / .337 = .356$ 。最高速においては $.0905 / .337 = .269$ 。SC 翼が Lerbs の要求翼面積の 1/3 以下で使用し得ることが示される。

これ以上の速力に対する適確な試運転成績は無いが、50kt 程度までは翼面積の広いクレセント翼で十分な性能を得ることができることがわかる。

トルクの低下が始まれば、当然回転数は上昇するので、最高速において機関の制限回転数におさまるプロペラを設計しなければならず、キャビテーション状態におけるプロペラ性能曲線が設計上必要である。

アウトボードモーターを使用する高速モーターボートの試運転成績を表 4.5 に示す。使用プロペラは市販のカップ型プロペラで、正確な見取は行っていないが、展開面積比は約 0.5 である。このような艇ではプロペラの作動点がきわめてスリップの小さい状態にあり、翼面積よりむしろスリップが大になると空気吸込により性能が低下する。翼面積は Lerbs の要求値の $.115 / .407 = .283$ でも十分に満足に作動している。

4.2.6 キャビテーションに関する相似則と模型試験

プロペラの一般性能に関する相似則は、没水体の幾何学的相似と水力学的相似性とが成立することが条件であるので、相似形のプロペラ相互間では K_T

および K_Q は $J = \frac{Va}{nD}$ に対して一定値をとる。

しかしキャビテーションは、キャビテーション数

$$\sigma = \frac{p_o - p_e}{q}$$

に支配される。

$$p_o - p_e = p_a - p_e + \gamma I$$

$$q = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$\text{模型船と実船との尺度比 } \frac{L_s}{L_m} = \lambda$$

とすれば

$$I_s = 1,025 \lambda I_m \div \lambda I_m$$

$$v_s^2 = \lambda v_m^2$$

したがって

$$\frac{p_a - p_e + \gamma I_s}{v_s^2} = \frac{p'_a - p'_e + \gamma \lambda I_s}{\lambda v_m^2}$$

両辺を整理して

$$\frac{p_a - p_e}{v_s^2} = \frac{p'_a - p'_e}{\lambda v_m^2}$$

すなわち模型試験の $p'_a - p'_e$ を $p_a - p_e$ の $\frac{1}{\lambda}$ に下げることによって λ を一致させなければならない。

そのためには試験水槽を気密に造り、真空ポンプで水槽内の圧力を下げる。

プロペラのキャビテーション試験水槽 (Cavitation tunnel) は一種の縦型回流水槽で、模型プロペラを測定位置で回転させ、水流の速度はポンプに

よって調節する。

舶用プロペラのキャビテーションを取扱う場合、プロペラからはるかに遠くはなれた位置で、プロペラ及び船体の影響を受けない場所において、プロペラ中心の深度に等しい水深における静水圧を p_o ととり、無次元値

$$\sigma_v = \frac{p_o - p_e}{\frac{1}{2} \rho v^2}$$

を舶用プロペラに対するキャビテーション数としている。

模型によりキャビテーションの試験を行う場合には、プロペラ回転数 n 一定、トンネル内圧力 p_o 一定とし、流速を変えたシリーズとして試験するのが普通である。そのため σ_v の式の v を nD で置きかえた値

$$\sigma_n = \frac{p_o - p_e}{\frac{1}{2} \rho (nD)^2}$$

をキャビテーション数として使用することがある。15°C, $I = 1.5 \text{ m}$ としたときの σ_v とそれに相当するプロペラ前進速度との関係を 4.12 図に示す。

一般に新しいキャビテーション水槽は $\sigma_v = 0.2 \sim 0.3$ に設計されている。したがって 55kt 程度までの試験が可能である。 (つづく)

■英国のホーバークラフトがお目見え

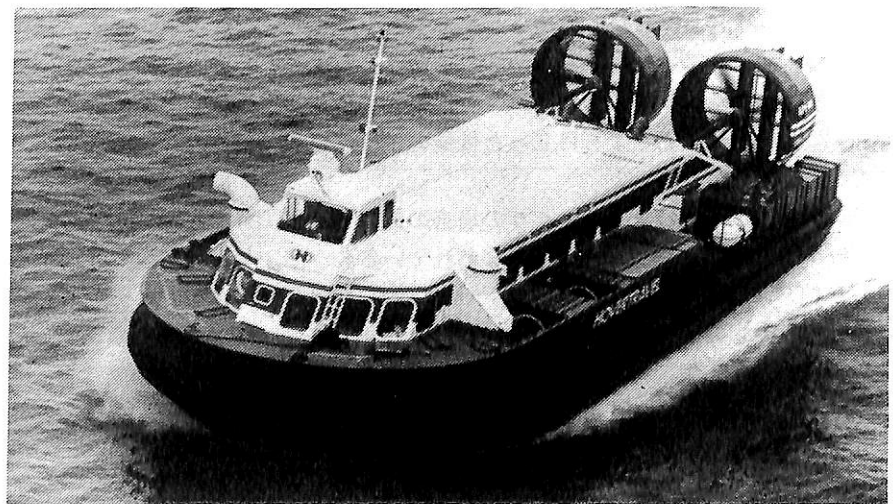
英国工業技術協会の主催による「英国海底資源開発技術・パイプライン機器展」が11月30日から12月3日までの4日間、東京・池袋のサンシャインシティ内英国トレードセンターで開催される。

出展企業はロールス・ロイス社、ブラウン・ブラザース社など30社であるが、なかでもブリティッシュ・ホーバークラフト社は最新鋭実艇 A P I - 88 型 (写真) のホーバークラフトを出展するという。

ブリティッシュ・ホーバークラフト社は1958年からホーバークラフトの設計、製造を開始し、1978年4月には乗客416名、車60台を搭載する世界最大のホーバークラフト (本誌No.565参照) を建造している。

出品予定の A P I - 88 型は座席数100名、積載貨物8トン、エンジン空冷式 DEUTZ ディーゼル4基、巡航速度45ノット。

なお次号に同展の詳細を掲載いたします。



1982年9月末現在の造船状況

日本海事協会

表1 建造中および建造契約済の船舶集計(9月末)

〔国内船〕 * 隻数 ** 総トン数

	貨物船	油槽船	その他	計
100～	* 19	7	46	72
499未満	** 8,334	2,576	12,645	23,555
500～	6	8	6	20
999	4,302	6,792	3,614	14,708
1,000～	11	4	1	16
1,999	19,172	5,999	1,400	26,571
2,000～	6	2	3	11
2,999	14,697	5,989	7,900	28,586
3,000～	8	1		9
4,999	31,910	3,700		35,610
5,000～	12	2	2	16
9,999	83,265	13,500	12,450	109,215
10,000～	22	2	1	25
19,999	322,000	24,000	14,100	360,100
20,000～	16	1		17
39,999	499,100	26,300		525,400
40,000～	1	3		4
59,999	49,500	136,000		185,500
60,000～				
99,999				
100,000～	3	7		10
149,999	330,000	736,500		1,066,500
150,000～				
199,999				
200,000～				
計	104	37	59	200
	1,362,280	961,356	52,109	2,375,745

〔輸出船〕

100～	2		40	42
499未満	849		9,786	10,635
500～			2	2
999			1,300	1,300
1,000～	7		7	14
1,999	8,500		9,600	18,100
2,000～	6			6
2,999	14,389			14,389
3,000～	6	6	1	13
4,999	24,770	27,950	3,150	55,870
5,000～	14	5		19
9,999	108,270	40,860		149,130
10,000～	70	3		73
19,999	1,128,771	34,500		1,163,271
20,000～	140	22		162
39,999	3,836,470	658,300		4,494,770
40,000～	1	6		7
59,999	53,900	247,913		301,813
60,000～	6			6
99,999	408,803			408,803
100,000～				
149,999				
150,000～		2		2
199,999		325,600		325,600
200,000～				
計	252	44	50	346
	5,584,722	1,335,123	23,836	6,943,681
総計	356	81	109	546
	6,947,002	2,296,479	75,945	9,319,426

表2 竣工船舶総計(1月～9月)

〔国内船〕

	貨物船	油槽船	その他	計
100～	* 23	4	74	101
499未満	** 10,377	1,696	18,736	30,809
500～	6	15	6	27
999	3,973	12,576	4,822	21,371
1,000～	13	9	5	27
1,999	20,654	13,560	7,057	41,271
2,000～	6	1	1	8
2,999	14,689	2,990	2,600	20,279
3,000～	12	2		14
4,999	44,324	6,863		51,187
5,000～	9	4		13
9,999	71,734	28,960		100,694
10,000～	12	2		14
19,999	173,383	26,000		199,383
20,000～	12	3		15
39,999	343,814	89,158		432,972
40,000～	6	3		9
59,999	307,449	131,208		438,657
60,000～	7			7
99,999	557,831			557,831
100,000～	2	1		3
149,999	218,902	109,300		328,202
150,000～				
199,999				
200,000～				
計	108	44	86	238
	1,767,130	422,311	33,215	2,222,656

〔輸出船〕

100～	1		19	20
499未満	440		6,855	7,295
500～	2		9	11
999	1,733		5,374	7,107
1,000～	5	1		6
1,999	7,130	1,599		8,729
2,000～	19	3		22
2,999	47,371	6,000		53,371
3,000～	21	2	1	24
4,999	83,668	8,800	3,337	95,805
5,000～	14	5		19
9,999	95,989	38,600		134,589
10,000～	36	8		44
19,999	536,353	126,430		662,783
20,000～	57	24		81
39,999	1,586,904	693,986		2,280,890
40,000～	1	5		6
59,999	51,994	234,735		286,726
60,000～	7	1		8
99,999	527,261	90,800		618,061
100,000～	1			1
149,999	134,800			134,800
150,000～				
199,999				
200,000				
計	164	49	29	242
	3,073,643	1,200,950	15,566	4,290,159
総計	272	93	115	480
	4,840,773	1,623,261	48,781	6,512,815

表3 表1による建造中船舶の建造工場別

造 船 所	隻数	総トン数	造 船 所	隻数	総トン数	造 船 所	隻数	総トン数
浅 川	3	15,100	北 日 本	2	2,690	大 阪	5	98,100
永 宝	2	3,998	興 亜 産 業	2	549	大 島	13	282,935
福 岡	5	19,140	高 知 重	7	14,135	相 模	5	1,178
福 島	7	826	小 串	2	1,198	佐野安(水 島)	11	281,000
強 力	2	544	幸 陽	13	313,800	讃 岐	4	1,217
伯 方	3	3,597	栗 ノ 浦	7	20,096	山 陽	3	3,260
函 館(室 蘭)	6	108,600	来 島(大 西)	8	129,875	佐 々 木	4	4,498
浜 本	4	4,665	極 洋	1	7,500	佐 世 保	10	232,500
波止浜(多度津)	6	164,500	松 浦 鉄 工	3	1,480	四 国	3	12,440
畠 山	1	275	松 浦	3	1,697	下 田	2	4,860
林 兼(長 崎)	5	9,059	三 保	8	32,209	新 浜	1	3,700
“ (下 関)	7	94,375	南 九 州	1	201	新 山 本	4	35,000
“ (横須賀)	1	250	南 日 本	7	114,000	白 浜	1	999
桧 垣	6	21,188	三 崎	1	180	墨 田 川	6	1,433
日 立(有 明)	5	217,400	三 菱(神 戸)	6	142,700	住 重(追 浜)	10	347,300
“ (因 島)	10	333,900	“ (長 崎)	24	923,300	大 平	6	27,414
“ (舞 鶴)	4	115,000	“ (下 関)	10	121,995	寺 岡	3	3,000
本 田	3	9,289	三 井(千 葉)	15	569,700	東 北	7	105,000
今 治	11	140,128	“ (玉 野)	11	352,500	徳 島	3	519
“ (丸 亀)	3	87,000	三 浦	8	3,824	東 亜	5	17,150
今 村	2	624	三 好	1	2,999	常 石	8	165,200
石 播(相 生)	15	399,879	村 上 秀	3	1,997	宇 部	2	2,379
“ (呉)	11	647,470	長 崎	12	3,600	内 田	2	3,499
“ (東 京)	4	49,400	内 海(瀬戸田)	8	111,550	浦 協 同	2	679
石 川 島 化 工	9	7,970	“ (田 熊)	2	4,010	臼 杵	2	4,500
開 成	2	860	波 方	1	1,500	宇 和 島	3	38,000
金 川	2	300	名 村(伊万里)	13	441,900	若 松	4	3,900
金 指(貝 島)	1	299	檜 崎	8	6,915	渡 辺	7	79,600
“ (豊 橋)	4	82,600	新 潟	6	3,370	山 西	4	16,239
神 田	4	76,000	“ (三 崎)	1	170	横 浜 ヨ ッ ト	6	1,175
笠 戸	3	94,300	日 本 海	1	24,000			
川 崎(神 戸)	6	162,500	鋼 管(清 水)	12	243,070	計	546	9,319,426
“ (坂 出)	4	398,500	“ (津)	2	80,500			
警 固 屋	1	150	“ (鶴 見)	9	253,650			
木 ノ 浦	1	1,599	西	1	3,700			
岸 上	3	1,628	小 門	1	380			
岸 本	3	2,899	尾 道	11	328,000			

表4 表1による主機関の製造工場別

〔ディーゼル〕

工場名	台数	馬力
赤坂鉄工	40	165,180
ダイハツディーゼル	42	79,400
富士ディーゼル	6	8,400
阪神内燃機	36	95,175
日立造船(因島)	7	67,880
〃(舞鶴)	1	10,500
〃(桜島)	38	478,570
石川島播磨(相生)	53	646,690
〃(東京)	1	3,900
伊藤鉄工	1	3,300
川崎重工(神戸)	9	128,360
神戸発動機	27	218,750
久保田鉄工	2	900
慎田鉄工	7	17,000
松井鉄工	1	600
三菱重工(神戸)	48	566,355

三菱重工(東京)	1	6,800
〃(横浜)	18	192,880
三井造船(玉野)	56	692,380
新潟鉄工	66	103,410
日本鋼管(鶴見)	14	118,280
日産ディーゼル	2	494
大塚鉄工	2	1,600
住友重機械(玉島)	36	464,450
宇部鉄工	5	60,000
ヤンマーディーゼル	19	24,005
計	538	4,155,259

〔タービン〕

川崎重工(神戸)	2	80,000
三菱重工(長崎)	4	139,000
三井造船(玉野)	1	40,000
東洋タービン	1	40,000
計	8	299,000

丹羽誠一著

FRP船の建造技術

B5判310頁・上製・図表写真多数／定価6,500円(送料350円)

著者自身が手掛けた多くの設計・建造例と実験・研究の成果が生んだFRP船建造の総合技術についての最高最適の指導書。——関連技術者必読・必携の資料。

■主な内容■I.はじめに／FRP船の直面している問題／FRPとは／なぜFRP船が造られるのか■II.FR
P船用原材料／FRP板を構成する原材料／ガラス繊維基材／ガラス繊維以外の強化材／樹脂／その他の
材料／関連材料■III.ポリエステル樹脂の硬化／ラジカルおよびラジカル重合／樹脂の硬化／硬化剤系／
メチル・エチル・ケトン・ペルオキシド(MEKPO)／高温硬化特性と常温硬化特性／ゲル化時間と温度、
硬化剤量／硬化特性と重合禁止剤／硬化特性と水分の影響／積層時の硬化特性■IV.FR
P積層板の物性／
積層板のガラス含有率・厚さ・比重／静的強度特性／動的強度特性／積層工作法と曲げ疲れ強さ／積層
構成と曲げ疲れ強さ／積層工作法と層間剪断強さ／サンドイッチ板の物性■V.高速艇の構造設計／前提
条件／外力基準／積層設計／構造基準／実船例における部材寸法等の決定／各部構造の基材設計および
標準工作法／波とそれに対する船の応答／記号と表示■VI.FR
P船のスタイリング／FRPと製品の形態／
スタイリングの傾向／船首フレア／傾斜ステム／合板張りの外板／木製めす型／船首のスタイル／デッ
キの造形／まとめ■VII.成型型／どんな成型型を採用すべきか／木製めす型／FRP製めす型■VIII.積層作業
の管理／工作図による作業管理／原材料の特性と作業管理／作業管理とFRP板の物性／標準工作法／積
層指示書■IX.技術管理と教育訓練／積層工の技能管理／作業管理技術者の教育■X.安全・衛生・公害／
環境法規／安全管理／衛生管理／公害管理■あとがき(以上10章58節137項・雑誌「船舶」の連載記事を大
幅追補・全面改編)

発行 舵 社・発売 天然社

〒162 東京都新宿区赤城下町50 電話(03)267-1931

受 注

●三菱，トレディアからパナマックスを2隻

三菱重工と三菱商事，山下新日本汽船の3社はこのほど，共同出資で“トレディア海運”（本社東京，資本金3千万円，出資比率は均等）を設立したが，同社は三菱重工にパナマックス型バルカー2隻を発注した。納期は83年10月と84年4月。発注された新造船は36,000総トン，62,000重量トン，主機三菱MAN10V52/55A10,550馬力，速力13.5ノット。

●日立，日商岩井からバルクキャリアを2隻

日立造船は日商岩井から27,400重量トン型バルクキャリア2隻を受注した。納期は83年5月と6月。主要目は16,800総トン，27,400重量トン，主機日立B&W7L55GA型10,500馬力，速力14.5ノット。

●川重，ワーコンからバルクキャリア

川崎重工は香港籍のチェイン・ハースト・リミテッド社からオープン・ハッチ型バルクキャリアを受注した。C・ハースト社はワーコン・ SHIPPINGの子会社である。同船は31,000総トン，43,600重量トン，主機川崎B&W型15,100馬力，速力16.0ノット，納期は84年前半。

●佐野安，チャーシンから多目的船を2隻

佐野安船渠は台湾のチャーシン・マリン（嘉新海運）から多目的貨物船2隻を受注した。佐野安は今年7月にも同船主から同型船2隻を受注しており，計4隻を連続建造する。同船は16,500総トン，25,000重量トン，主機6UEC60HA型10,200馬力，速力14.5ノット。納期は84年前半。

●トーマン，インドネシアから計3隻

トーマンはインドネシア海運総局向けセミ・コンテナ船3隻の建造契約に調印した。10,000重量型2隻を佐世保重工で，また17,000重量トン型1隻は常石造船で建造，納期は契約発効後14カ月以内。主要目は次の通り。

▶佐世保重工＝10,400総トン，主機スルザー6RLB66型11,800馬力，速力17.0ノット。

▶常石造船（2隻）＝14,500総トン，主機B&W6L67GA型13,600馬力。

●三井，海洋科学技術センターからSSC型海中作業実験船

三井造船は海洋科学技術センターから半没水双胴型（SSC型）海中作業実験船を受注した。完成は84年5月。同船は2,800総トン，速力12ノット，最

大搭載人員69人。

●臼杵，灯台見回り船

海上保安庁が行った灯台見回り船の建造入札で臼杵鉄工が落札受注した。主機は赤阪鉄工が落札，納期は83年7月28日。主要目は277総トン，主機ディーゼル450馬力2基。

●三井，北大の練習船

三井造船は北海道大学水産学部が行った1,230総トン型漁業練習船の代替船建造入札で，これを落札受注した。納期は83年12月27日。同船は“おしよる丸”（1,119総トン・1951年藤永田建造）の代替船で主要目は1,230総トン，主機ディーゼル3,200馬力（メーカー未定），乗組員106人。

●浅川，パナマ籍船主からケミカル船を2隻

浅川造船はパナマ籍船主2社からケミカル船各1隻を受注した。船主はキャッスルマウンテン社（7,300重量トン型）とミューチュアル・プロスペリティ・ SHIPPING社（10,000重量トン型）で，実質船主はいずれも国内船主といわれる。主要目は次のとおり。

▶キャッスルマウンテン社向け＝4,500総トン，7,300重量トン，主機赤阪6UEC37H型3,900馬力，速力12.0ノット，納期83年1月。

▶ミューチュアル・プロスペリティ・ SHIPPING社向け＝5,300総トン，10,000重量トン型，主機赤阪6UEC45/115H型6,000馬力，速力12.5ノット，納期83年3月末。

●四国，大日海運から冷凍船を2隻

四国ドックがかねて大日海運から受注を内定していた42万立方フィート型冷凍船2隻は，パナマ籍のレグラス・キャリア社を建造船主として正式契約した。納期は83年11月と84年2月。同船は西独のオートカー系の冷凍船オペレーターであるオーバーシーズ・フリーザー・オペレーション（OFFO）に供出される。

●新山本，今治の下請けで冷凍船を2隻

新山本造船は今治造船からの下請けで35万立方フィート（CF）積み冷凍船を2隻受注した。発注先はパナマ籍のブルーベル・トランス・S・Aとキャノン・スチーム・シップ・S・Aの2社で，納期は83年4月と5月。主要目は8,500総トン，8,400重量トン，主機B&W7L55GB型11,300馬力，速力19.18ノット。

●林兼，大洋漁業からトロール船を2隻

林兼造船は大洋漁業からトロール船を2隻受注した。納期は83年6月と8月。同船は2,900総トン、主機神発7UEC37/88H/2型。

●今村、中国からサプライ船を2隻

今村造船は中国石油工業部南海分公司の香港出先機関であるところのユーセン公司からサプライ船を2隻受注した。納期は83年6月半ばと7月末。このサプライ船は1,500重量トン、主機ヤンマー4,200馬力、速力(試運転)約14ノットで引渡し後は南シナ海の海底油田開発用として使われる。

●三井、ANLからMIDP

三井造船はオーストラリアン・ナショナル・ライン(ANL)からMIDP(ミツイ・インテグレートッド・ダグト・プロペラ)を受注した。これはANLの140,000重量トン型バルクキャリア“オーストラリアン・プログレス”に設置するもので工事はシンガポールの“ミツビシ・シンガポール重工”(MSHI)で行なわれる。

●日立、A.P.モラーから主機換装

日立造船はデンマーク船主A.P.モラー(マースク・ライン)からコンテナ船4隻の主機換装工事を受注した。これは“AXEL・MAERSK”など1,800TEU積み級の主機関をタービンから省エネ型のディーゼル機関に換装するもの。工事は第1船が造船所に回航される前に、新しい主機関を搭載した船尾部分を製造し、本船到着後、船尾部を切断し新しい船尾部を取り付け、切断した船尾部の主機換装を行なったうえ、次の船の船尾部に取り付けるというきわめてユニークな方式を採用する。この工法の採用で1隻当りの施工期間を2カ月間に短縮出来、コンテナ船の改造では常に問題になる不稼働ロスを大幅に回避出来る。

開 発 ほ か

●新潟、燃費148グラム機関を開発

新潟鉄工は低燃費小型高速機関NSAシリーズ3機種を開発、来年4月から販売を開始する。今回開発したNSAシリーズはシリンダー径130ミリメートル、ストローク160ミリメートル、1筒出力65馬力、回転数2,000rpmの小型高速機関で、筒数は4(260馬力)、6(390馬力)、8(520馬力、V型)の3機種。燃料消費率は馬力・時間当たり148グラム、同クラスの機種として150グラムを切ったのは世界で始めて。単位馬力当たり重量は3.0キログラムと

軽量でコンパクトな構造になっている。同社では来年末までに筒数12と16の2機種も完成させる予定。

●日本造船研究会、水スラリー船の概念設計に着手

日本造船研究会はこのほど石炭輸送システム調査研究会(委員長・高垣節夫日本エネルギー経済研究所理事)を開き57年度の事業計画を決めた。内容は①浅喫水型バルクキャリア、水スラリー専用船の概念設計とCOM専用船、メタノール・スラリー専用船、気体輸送専用船の経済性についての比較検討、②技術要素コストの算出、③輸送モデルの評価手法の開発・検討、など。①は輸送技術開発の動向研究を基に行なわれるもので計4隻の試設計を行なうが、日立造船、川崎重工、三菱重工と三井造船および住友重機械と石川島播磨が分担して手掛ける。

●運輸省、今治グループの設備許可

運輸省船舶局はこのほど西造船、福岡造船、北日本造船の設備拡張および新設を許可した。概要は次のとおり。

▶西造船=3,900総トン型から4,999総トン型に拡張。第1船台の陸上耐圧部の長さを102.0メートルから104.4メートル、幅を18.0メートルから18.9メートルに広げる。スクラップは新山本造船の船台。

▶福岡造船=4,999総トン型の新造船設備を新設。スクラップは橋本造船協業組合の設備。

▶北日本造船=3,800総トンの新造船設備を新設。スクラップは福岡造船の4,500総トン型の船台。

組 織 改 正

●住重、日特金との合併で組織改正

住友重機械は10月1日、子会社の日特金属株式会社(久富秀雄社長)と合併、これに伴い同日付で組織改正を実施した。組織改正の内容は①精密事業本部の新設、②標準機械事業本部製造本部内に減速機部(田無)を新設、③田無製造所の設置、④大阪支社に精本営業グループの新設、⑤防衛事業統轄室の設置。なおこの合併で住重の資本金は233億と14億円増え、また従業員も1千名増え9千5百名となった。

■新装“船舶”用(1年分)ファイル■

定価800円(〒400円、ただし都内発送分のみ)

ご注文は最寄の書店へお申込まれるのが、ご便利です。

株式会社 天然社

特許解説／PATENT NEWS

岡 田 孝 博

特許庁審査第三部運輸

●バージの係留装置〔特公昭57-29315 号公報， 発明者；菊井敬三，出願人；三井造船〕

一般に、海上の一定位置に長期にわたり係留する必要のあるプラントバージその他の大型バージにおいては、その定位置に、しっかりと係留することと、メンテナンス上の要請からドッキングすることとは二律背反の関係にある。現在、定位置に係留して波や風に十分耐えるバージは存在するが、ペイントの塗換えや船底外板の取換えなどの必要に応じて容易にドッキングのできるバージはない。このためバージには腐蝕の問題が起こり、これを防ぐために予め高価なペイントを塗布したり、あるいは特殊な防蝕装置を施しているが、一旦腐蝕の欠陥が生ずると、その補修は不可能に近い。

本発明は、上記の問題点を解決し、バージを通常状態では確実に定位置に係留させるとともに、バージの吃水を浅くしたときに、この係留を離脱させて必要に応じて容易にドッキングできるバージの係留

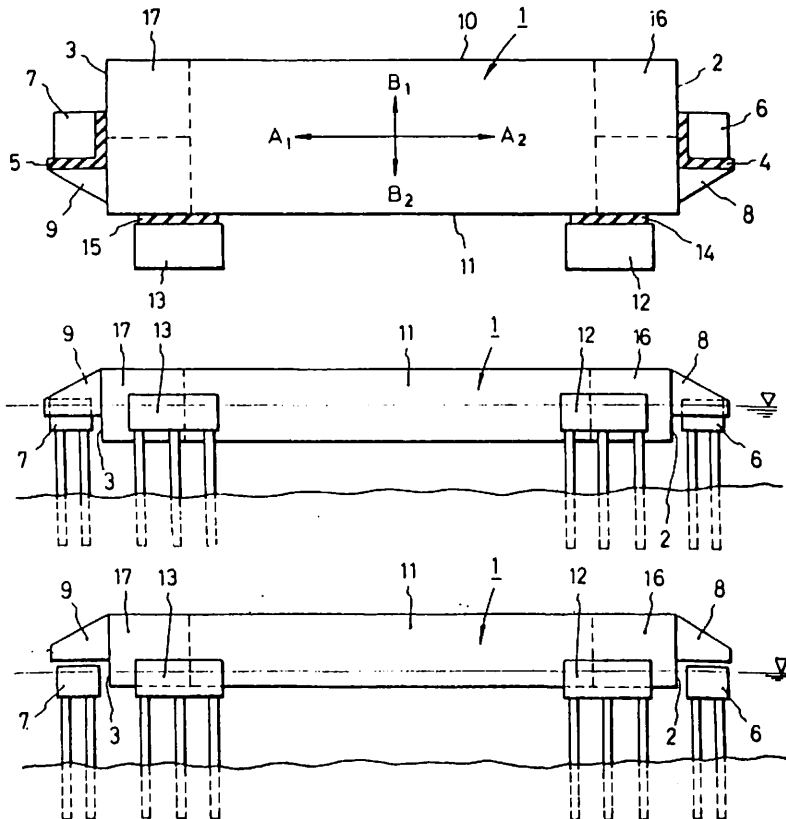
装置を提供するものである。

図において、1は箱型あるいはそれに近い型の鋼またはコンクリート製の大型バージであり、6、7はバージ1の長手方向（ A_1 、 A_2 方向）の移動を規制する第1のドルフィンであり、また12、13はバージ1の巾方向の移動の一方（ B_2 方向）を規制する第2のドルフィンである。

そして、バージ1の A_1 、 A_2 方向の両端部2、3をクッション材4、5を介して第1のドルフィン6、7に当接あるいは近接させて、バージ1の長手方向の動きを止める。また両端部2、3に鋼製の強力なブラケット8、9を設けて、これをクッション材4、5を介して第1のドルフィン6、7に当接あるいは近接させて、バージ1の巾方向のうちの B_1 方向の動きを止める。

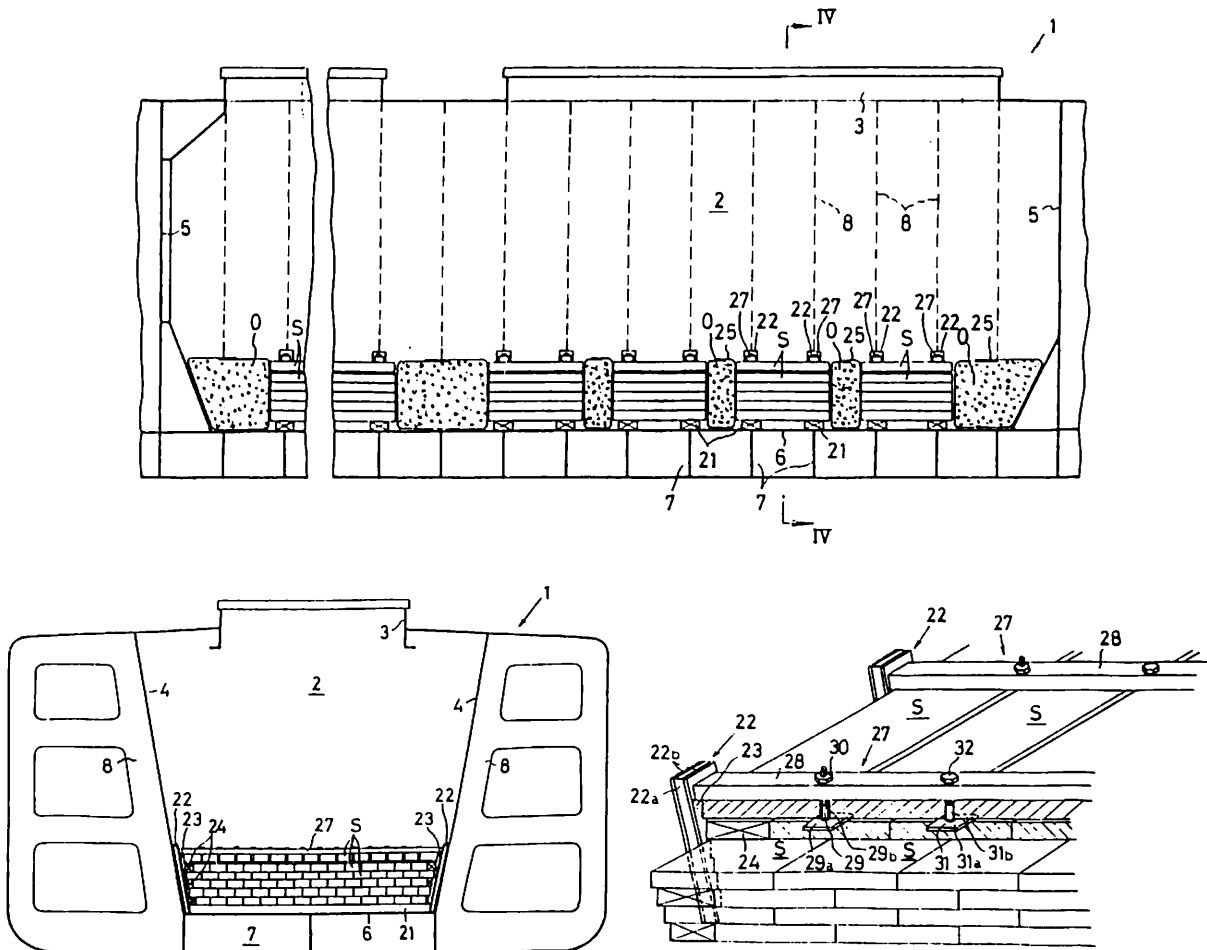
そしてバージ1の巾方向の一方の B_2 方向の端部11をクッション材14、15を介して第2のドルフィン12、13に当接あるいは近接させて、バージ1の B_2 方向の動きを止める。さらに、バージ1のバラストタンク16、17からポンプにより排水してバージ1の吃水を浅くした際に、第1のドルフィン6、7とブラケット8、9との係合が外れるように、それぞれの上下方向の位置関係を設定する。

上記の構成により、バージ1の吃水を浅くした状態では、バージ1は B_1 方向に移動可能になり、また、吃水を浅くした状態でバージ1を B_2 方向に引っ張って第1のドルフィン6、7および第2のドルフィン12、13内に位置させ、吃水を深くすれば、バージ1に係留することができる。



●散積貨物船倉におけるスラブ積載装置〔特公昭57-30714 号公報， 発明者；岡本富保ほか3名，出願人；日立造船〕

一般に、スラブは散積貨物よりも



はるかに、比重が大きいものであるから、比較的軽い散積貨物を積載するために造られた船倉にスラブを積込む場合には、船倉に無理が生じないようにしなければならない。また、積載されたスラブは船体の動揺によって移動する場合があるが、散積貨物船倉にはスラブの移動防止設備は無く、上記の船倉強度上の問題とあいまって、散積貨物船倉へのスラブの積載を不可能にしていた。

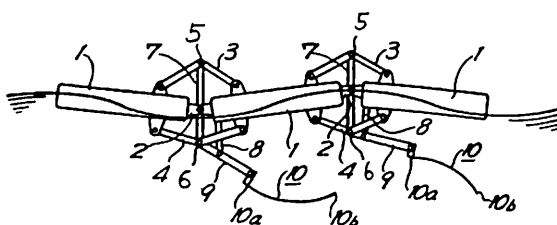
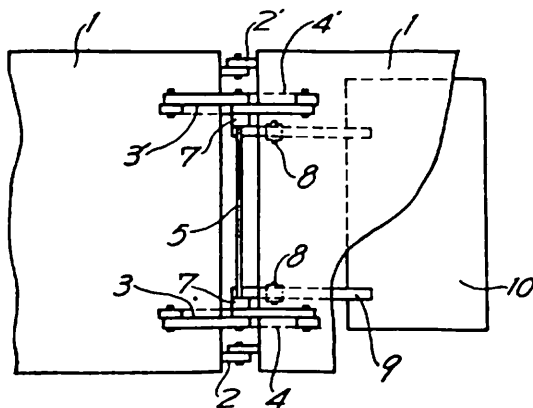
本発明は、上記の問題点を解決し、散積貨物船倉へのスラブの積載を可能とする積載装置を提供するものである。

図において、2は傾斜状の両側壁（縦隔壁）4と、前後の横隔壁5と、内底板（船倉底）6とから形成された散積貨物船倉である。この船倉2内には、船倉底6上に木材よりなる底部保護材21が、船倉底6の横方向主骨材7上の位置に、横方向に配置される。また、傾斜側壁4には側部保護材22が、側壁4の主骨材8の位置に傾斜状に立てかける。この側部保護材22は、横断面方形の木材よりなる心材22aの両面に鋼板22bが接合されているのであり、一方の鋼板22bが側壁4内側面に接する。

そして、スラブSが、底部保護材21上にその長手方向を前後に向けて上下、左右に並べられて、許容される高さまで積載されている。これらのスラブSは左右方向においては一層宛上下食い違い状となされ、かつ前後両端が左右方向に一直線をなすようにそろえられる。

また、スラブSは2つの主骨材7にわたって配置され、スラブSの全重量が主骨材7に支持される。側部保護材22とスラブSとの間には、弾性を有する間隙充填材23が介在され、かつ、スラブS相互間の適所には横断面方形の間隙充填材24が介在される。

そして、多層に積載されているスラブSの最上層のスラブS層は、スラブ飛び上り防止装置27によって相互に一体的に結合される。飛び上り防止装置27は、両端を側部保護材22の鋼板22bに当接させて左右方向に配置された押さえ桁28と、平板状の座板29aおよびこの座板29aの中央に垂直に固着されたねじ棒29bより構成される締付具29とからなる。さらに、スラブS層の前後の端面間に生じる間隙には、ゴムまたは合成樹脂等で作られたシート25によって包まれた鉱石Oが積載される。



●浮遊式海洋構造物〔特公昭57-30717号公報，
発明者；土屋喜一ほか1名，出願人；ブリヂストン
タイヤほか1名〕

一般に、適当な浮力を与えられて水面付近に、浮遊可能とされる浮力材の多数を連結した水上浮体が、各種洋上作業スペースとして利用されている。しかし、実際には波の到来により水上浮体が動揺して、浮体間に変位を生じ、浮体間の平坦性を損う欠点があり、作業スペースとして利用する上で問題がある。

本発明は、上記の問題点を解決し、浮体間に生じる変位を可能な限り吸収して、浮体の平坦性を持続するとともに、波のもつ上下動のエネルギーを推力に変換する浮遊式海洋構造物を提供するものとする。

図において、1は水面上に浮遊するようにした浮力材で、適当な浮力を得られるように形成した長方形の浮箱からなり、その多数を直線状に並べられる。

そして、隣接する浮力材1, 1の対向各縁辺間は、

“船舶”編集・広告部の移転

11月22日より下記に移転いたしました。

〒105 東京都港区浜松町1-2-17

ストークベル浜松町4階

電話・03-434-5163

なお販売部は従来通りで業務を行っております

一対の連結部材2, 2'により連結され、また、隣接する浮力材1, 1の上下にそれぞれその対向縁辺間にまたがる1対ずつの関節リンク3, 3', 4, 4'を設け、さらに関節リンク3, 3', 4, 4'は2本のリンクを山形に開脚組合せてピンを兼用する支持梁5, 6をもって相互に枢着してあり、支持梁5が関節リンク3, 3'に、支持梁6が関節リンク4, 4'にそれぞれ懸架される。

7は、支持梁5に上端部を、支持梁6に下端部をそれぞれ枢着した昇降棒で、その一対を水中に垂下される。そして、昇降棒7の下端部には、浮力材1の裏面に固定した固定部材8を枢着点として水中に没するようにして設けた可動棒9が枢着される。可動棒9の他端には、平板状の弾性体の可動フィン10の一端が固着連結される。

上記の構成により、波が到来すると浮力材1, 1間に連結部材2, 2'を中心にして山形傾斜が生じ、昇降棒7が強制的に押し下げられる。そのため、可動棒9はその垂直方向距離を縮小されて固定部材8に対して回動し、一端に固定した可動フィン10は一端10aが上方に引き上げられるが、他端10bが周囲の水の抵抗によって下方に引き下げられ、全体として上方に凸面を有するものとなる。

他方、浮力材1, 1に谷形傾斜が生じると、逆に可動フィン10は全体として下方に凸面を有する。そして、これらの動作が交互に繰り返されると、可動フィン10が水をける形となり、推進力が得られる。

船舶/SENPAKU 第55巻第12号 昭和57年12月1日発行

12月号・定価800円(送料55円)

本誌掲載記事の無断転載・複写複製をお断りします。

発行人 土肥 勝由/編集人 長谷川 栄夫

発行所 株式会社 天然社

〒105 東京都港区浜松町1-2-17 ストークベル浜松町

電話・(03)434-5163

船舶・購読料

1ヵ月 800円(送料別)

1ヵ年 9,600円(送料共)

・本誌のご注文は書店または当社へ、

・なるべくご予約ご購読ください。

振替・東京 6-79562