

SHIPPING

船舶

1973. VOL. 46

2

昭和五年三月二十日 第三種郵便物認可
昭和四十八年二月七日 発行
昭和四十八年二月十二日 発行
昭和二十四年三月二十八日 運輸省特別検査承認雑誌第四〇六号

リベリア向けタンカー タドツ(TADOTSU)

重量トン数	131,813トン
主機最大出力	24,750馬力
速力(試運転最大)	16.58ノット
完工	昭和47年11月29日
建造	川崎重工神戸工場

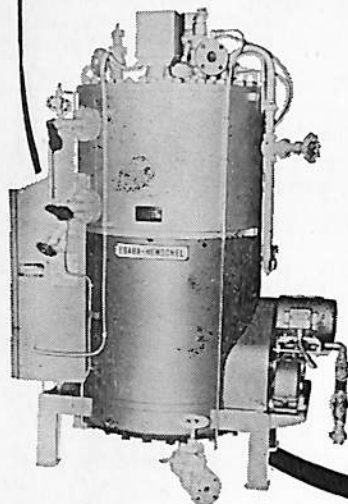


 川崎重工

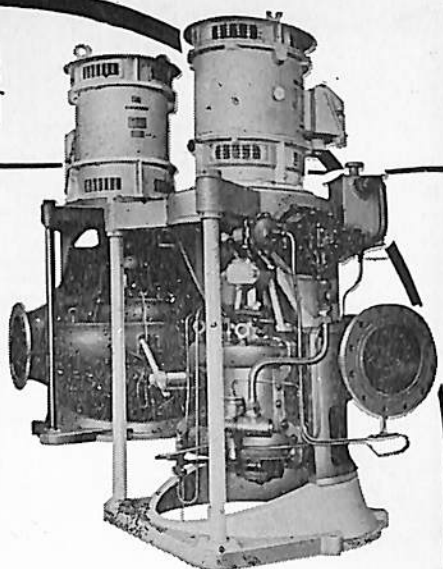
天 然 社

エバラの船用機器

船舶用
エバラヘンジェル・ボイラ



各種船用ポンプ
送排風機
空調機器
甲板機械用油圧装置
サイドスラスト装置
ヒーリングポンプ装置

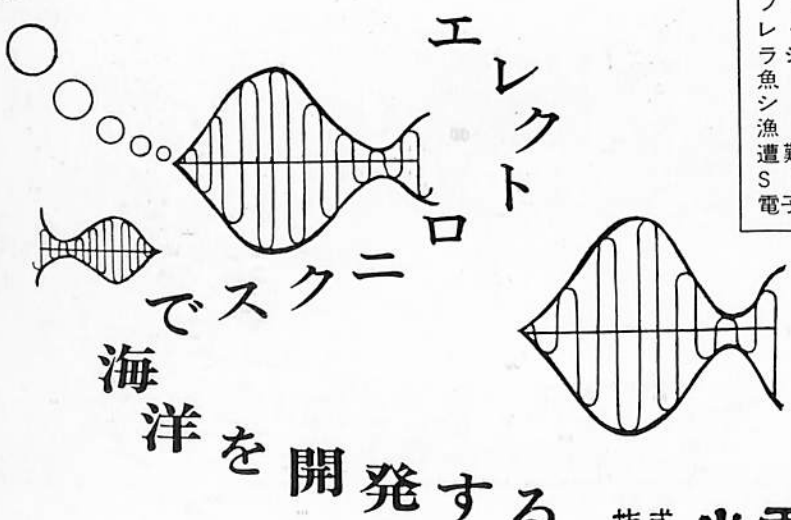


エバラ船用ポンプ

EBARA

荏原製作所

本社：東京都大田区羽田旭町 741-3111
東京支社：東京都中央区銀座6丁目 朝日ビル 572-5611
大阪支社：大阪府北区中之島2丁目 新朝日ビル 203-5441
営業所：名古屋221-1101・福岡77-8131・札幌24-9236
出張所：仙台25-7811・広島48-1571・新潟28-2521・高松33-6611



- 営業品目
- 無線方位測定機
 - ロラン受信機
 - オメガ受信機
 - ファックス受信機
 - レーダ・レーダブイ
 - ラジオブイ・コールブイ
 - 魚群探知機
 - シンクロソナー
 - 漁網監視装置
 - 遭難自動通報用送信機
 - SOS自動受信機
 - 電子計算機・特殊電子機器

Kodensha

株式会社 光電製作所

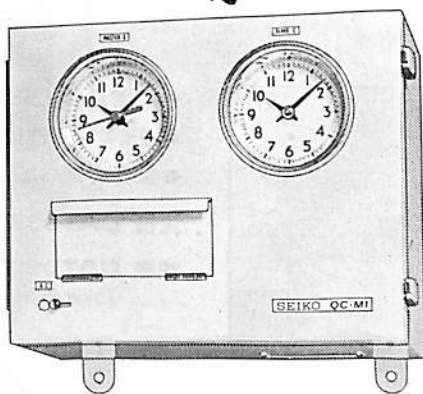
本社／東京都品川区上大崎2-10-45 <03>441-1131代
営業所／神戸・札幌 出張所／南九州



高精度セイコー船舶時計

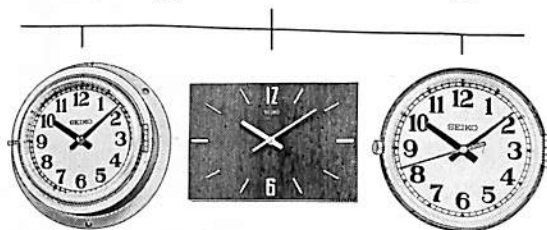
セイコーQC-M1

セイコーQC-M1は自動化・省力化時代の船舶の要請にこたえた水晶発振式の親時計。温度変化・振動に強く、抜群の耐久性をもった高性能・高精度です。マリンクロノメーターとして又、子時計を駆動して、航海に必要なあらゆるタイムコントロールにご利用ください。



- バルス駆動で長寿命。正確な0.5秒運針
- 現地時間に簡単に合わせられる、正転・逆転可能
- 前面ワンタッチ操作の自動早送り装置・秒針現正装置
- MOS-IC採用のユニット化による安定性・保守性の向上
- 無休止制の交・直電源自動切替つき

QC-M1……………152,000円
260×320×160(%)重量8.5kg



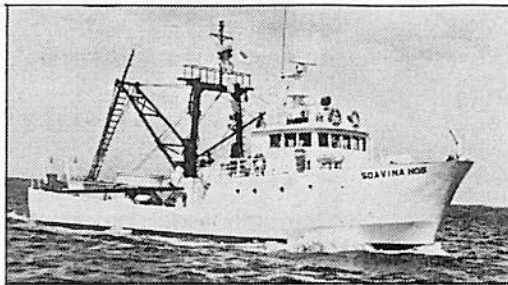
豊富にそろった船舶用子時計、お好みのデザインをお選びください。

SEIKO

セイコー・株式会社 服部時計店

日本のエビトロール船の80%に搭載——CAT 船用エンジン

地球の裏側でも活躍中!



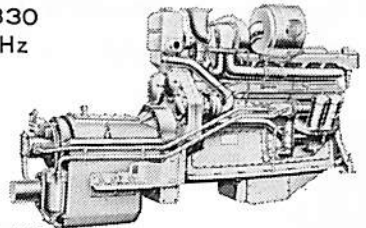
㈱極洋殿と、マダガスカルの現地資本との合弁会社ソスマヴ(SOSUMAV)所有のエビトロール船ソアヴィナ5・6・7・8・10号の五隻(いずれも日本で建造)にも、CAT 船用エンジンが選ばれました。長時間のきびしい連続作業を耐え抜く、持ち前の粘り強さ。実績に裏づけられた、高い信頼性。CAT 船用エンジンは、日本のエビトロール船の80%に搭載されています。

- 長期操業に不可欠の、高い信頼性と耐久性。
- 魚倉や船室のスペースを広くとれる、コンパクト設計の高速エンジン。

- 日常点検・整備を簡略化した独特の構造。
- リモコン操作による大幅な省力化も可能。
- 世界各地に広がる充実したサービス網。

主機 **CATD353TA** 425ps/1,225rpm

補機 **CATD330**
75kw/60Hz



ソアヴィナ5号~10号に搭載された(CATD353TA)船用エンジン。CAT 船用ディーゼルエンジンは、D330NA(86ps/2,000rpm)から、D399TA(1,445ps/1,300rpm)まで16機種。主機・補機用として最適な機種がお選びいただけます。

CATERPILLAR

Caterpillar, Cat 及び D は、F.N.L. Caterpillar Tractor Co. の商標です。

東関東支社 ☎16(0471)31-1151
西関東支社 ☎八王子(0426)42-1111
北陸支社 ☎新潟(0252)66-9171
東海支社 ☎安城(05667)7-8411
近畿支社 ☎浜木(0726)43-1121
中国支社 ☎鶴野川(08289)2-2151

【特約販売店】
北海道建設機械販売㈱ ☎札幌(011)881-2321
東北建設機械販売㈱ ☎岩沼(022312)3111
四国建設機械販売㈱ ☎松山(0899)72-1481
九州建設機械販売㈱ ☎二日市(09292)2-6661
牧港自動車㈱ ☎那覇(0988)33-3161

72095

キャタピラー 三菱株式会社

本社・工場 神奈川県相模原市田名3700〒229 ☎(0427)52-1121 産業エンジン課 ☎東京(03)581-6351

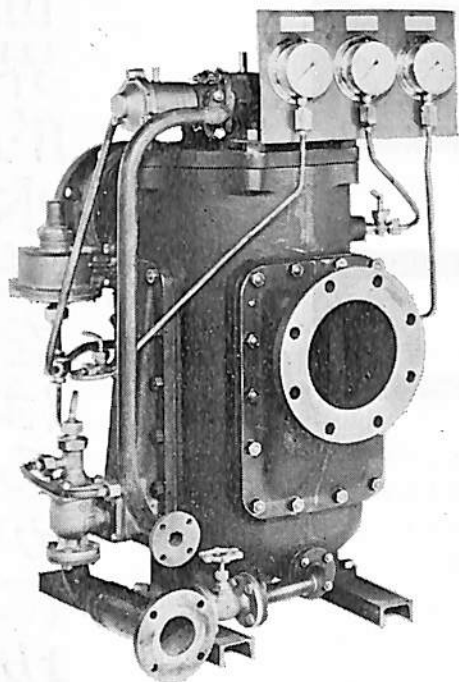
油汙過作業の省力化…

特許

機関室を広くする

マックス・フィルタースシリーズ

日本船用機器開発協会助成品



MAX-FILTER LS型

完全自動逆洗式油濾器

LS型の特長

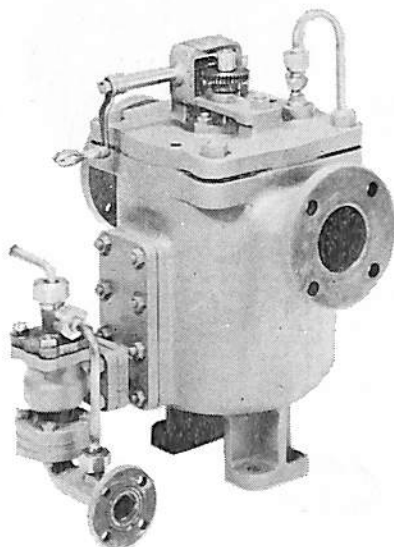
- 動力一切不要
- 設定された差圧になると自動逆洗
- 手動逆洗もワンタッチで可能
- 世界特許・液圧往復運動機・ハイドロレシプロケーターを採用

MAX-FILTER LSM型

手動逆洗式油濾器

LSM型の特長

- 一分間で逆洗終了
- 手をよごさぬワン、ツー、スリー操作でOK



単筒型式であるが重聯装備の必要なし コンパクトで据付けにスペースをとらない

 **新倉工業株式会社**

本部 横浜市戸塚区小菅ヶ谷町1703
☎ 045 (892) 6271(代)
東京営業所 東京都品川区東五反田2-14-18
☎ 03 (443) 6571(代)
大阪営業所 大阪府北区梅田町34千代田ビル西館
☎ 06 (345) 7731(代)

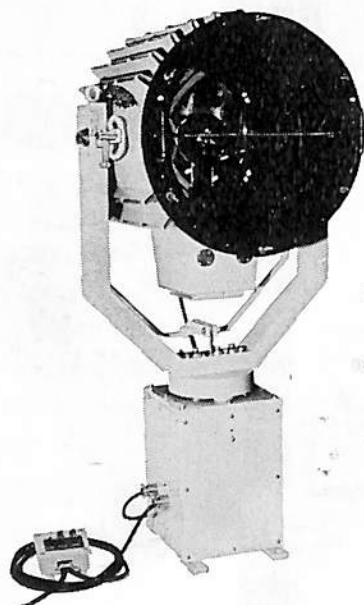
ボタンひとつで方向自在!!

三信の高性能

特許3件・実用新案3件・意匠登録1件

リモコン探照灯

形 式	消費電力	光柱光度
RC20形	500W	32万cd以上
RC30形	1kW	140万cd以上
RC40形	2kW	300万cd以上
RC-60H形	3kW	700万cd以上



■この探照灯はスイッチ操作によりふ仰旋回ができる最新式のリモコン探照灯でつぎのような特徴を持っています。

1. スイッチによるリモコン操作ができますから便利で省力化になります。
2. 配線さえすれば船のどこにでも取付けられます。
3. 特殊放熱装置の採用による全閉構造のため防水は完璧です。
4. ステンレス製のため長年の使用に耐えます。
5. 世界水準をはるかに抜く明るさで、照射距離が長い。

■ 特許庁長官賞受賞

世界的水準をはるかに抜く明るさ!!



三信船舶電具株式会社

◎ 日本工業規格表示許可工場

三信電具製造株式会社

本社●東京都千代田区内神田1-16-8 TEL東京 295-1831大代表
工場●東京都足立区青井1-13-11 TEL東京 887-9525-7
営業所●福 岡 ・ 室 蘭 ・ 函 館 ・ 石 巻

船舶

第 46 卷 第 2 号

昭和 48 年 2 月 12 日 発行

天 然 社

◇ 目 次 ◇

追浜造船所の全貌	久野 孝…(31)
航法の大革新 — オメガシステム	田口 一夫…(39)
新しいオメガ受信機 MODEL OR-160 のあらまし	古谷 俊雄…(52)
MR 01 B 形オメガ受信機の概要	吉村 裕光…(58)
船舶用オメガ受信機 — システムコーポネントとしての利用も考慮した 高信頼度オメガ受信機の紹介	飯塚 康雄…(62)
ハイブリッド航法装置	関根 兆五…(67)
大型船の横桁材における切欠き(スロット)周辺の損傷防止について(2)	真能 創…(73)
船体振動における最近の諸問題(2)	川上 益男…(81)
日本造船研究協会の昭和46年度研究業務について	日本造船研究協会研究部…(89)
LNG 船(その3 貨物格納)(3)	恵美洋彦・曾根 紘…(95)
〔製品紹介〕アチューマツト超高压洗浄機(ウェスタン・トレーディング株式会社)	(102)
〔水槽試験資料 266〕載貨重量 18,000 英トンのばら積運搬船の水槽試験例	「船舶」編集室…(103)
NK コーナー	(109)
昭和47年11月分建造許可船舶集計(船舶局造船課)	(110)
業界ニュース	(112)
〔特許解説〕☆ 船体拡張方法 ☆ 船体拡張整形方法	(113)
日立 B&W 小型ディーゼル機関 T 20 型の開発	(101)
遠隔ワンタッチ操作油圧閉閉式カーデッキ装置の開発(川崎重工)	(101)
竣 工 船 ☆ 魚雷艇 13 号 ☆ 巡視艇 きよづき ☆ あらふら丸 ☆ 龍光丸 ☆ さんたかなりあ丸 ☆ 黒部丸 ☆ ジャパン アンブローズ ☆ 日徳丸 ☆ おーしゃんとれーだあ ☆ ERRADALE ☆ ANTIOCHIA ☆ EASTERN SPRIT ☆ EASTERN LILAC ☆ SOUTHERN OCEAN ☆ GOLAR KANSAI ☆ MAZATEC ☆ PACIFIC INSURER ☆ DONA CORAZON II ☆ TATALUS	

海水と斗う鉄、塗装の補修下地処理剤

資料請求券 船舶48/1

ケレン

無公害

KELATE
-BASED
RUST CONVERTER

ケレン作業の省力化と
塗料を選ばぬ下地処理

経済性 ● サンドブラスト費用の約1/10
処理能力 ● 20~30 m²/ℓ
包装 ● アトロン缶18kg入、ケミドラム200kg入
一般プライマーとの密着性が極めて良い



日本パーカライジング株式会社

東京営業部：東京都中央区日本橋2-16-8 TEL(272) 4671
大阪支店、名古屋支店、横浜、千葉、宇都宮、前橋、九州各出張所

日本防錆ケミカル株式会社

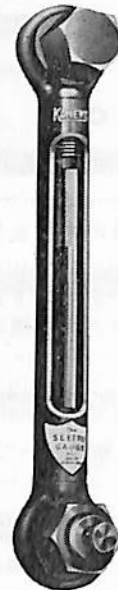
東京都中央区日本橋2-16-9 TEL(272) 4671



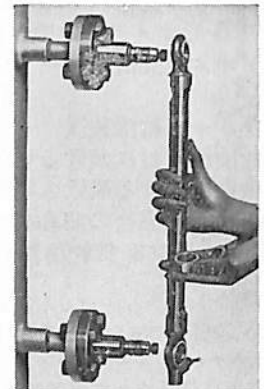
は変わっても

液面計なら— マリンゲージ シートルゲージ

マリンゲージ，シートルゲージは共に使用中でもゲージガラスの交換が容易です。液面は赤色ラインが拡大されて見易く、また安全弁を内蔵しガラス破損による液体の流出を防止します。



マリンゲージ(プッシュ式)



SUS-27製シートルゲージ

■マリンゲージ (プッシュ式)

NK, LR, BV, DFSS, DNV, AB等各国検定機関の認証済み。

材質：BsBM 熔接専用ボス付3/4PFねじ
価格：¥6,900 (1m未満) 1m以上は中間接手が付きます。耐圧：10kg/cm² 流体温度：80°C

■シートルゲージ

材質：BsBM 3/4PTねじ ¥6,900(1m未満)
耐圧：20kg/cm²・流体温度：80°C
材質：SUS-27 20A F付 ¥13,520(1m未満)
耐圧：30kg/cm² 流体温度：150°C



シートル社東洋総製造販売元



金子産業株式会社

本社 東京都港区芝5-10-6
〒108 ☎(03)455-1411
出張所 広島県福山市寺町7-5
〒720 ☎(0849)23-5877



魚雷艇 13号 (魚雷艇) 船主 防衛庁 造船所 三菱重工業・下関造船所

全長 35.00 m 幅 9.20 m 深 3.80 m 常備吃水 1.20 m 基準排水量 100トン 主機 24 WZ-31 MC 型ディーゼル機関 2基 (2軸) IM 300 型ガスタービン機関 2基 (1軸) 乗員 28名 工期 47-3-28, 47-7-28, 47-12-16 特殊設備 兵装 40mm 単装機関砲 2基, 53 cm 魚雷発射管 4門, 軽合金製魚雷艇 11号型の 3番艇, 昭和46年度建造計画 (建造番号 6013) 舞鶴地方総監郎に配属される。



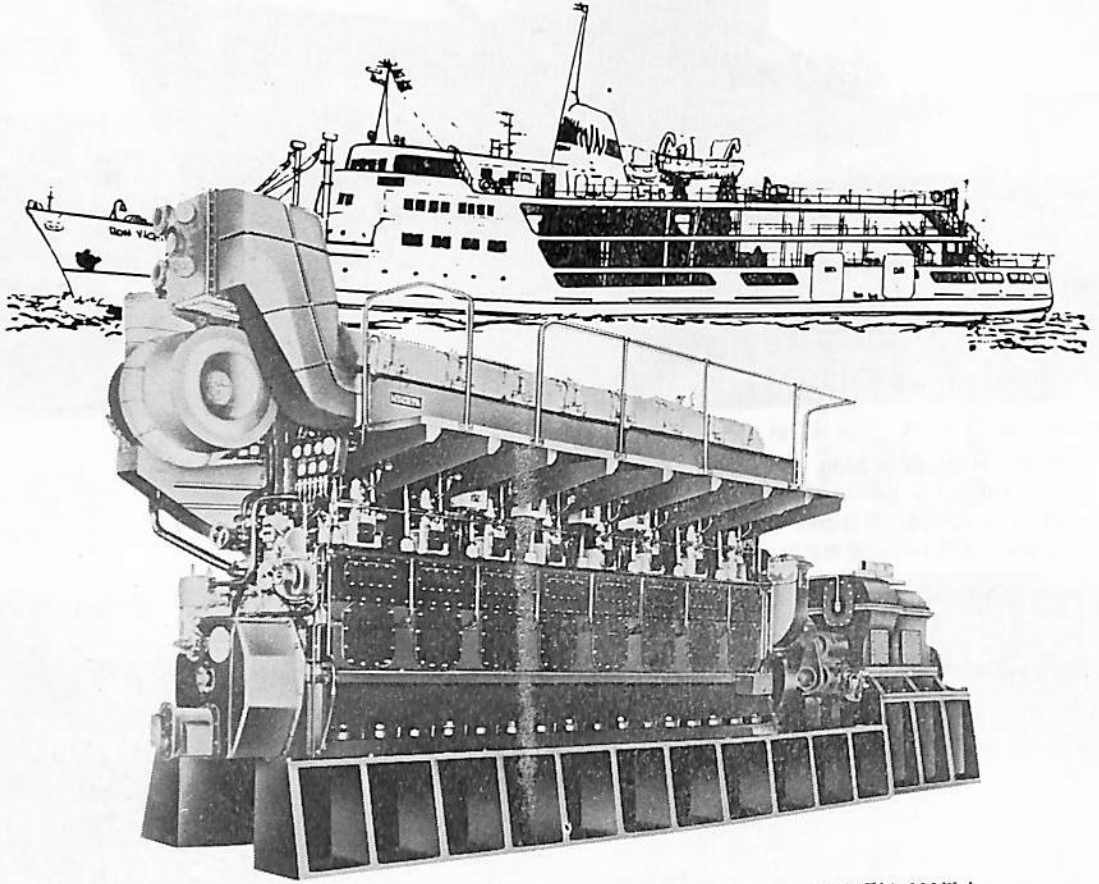
きよづき (巡視艇) 船主 海上保安庁 造船所 三菱重工業・下関造船所

総噸数 67.17噸 純噸数 17.27噸 船級 JG 沿海 全長 21.00 m 長(垂) 20.00 m 幅(型) 5.20 m 深(型) 2.70 m 常備吃水 1.21 m 排水量 44.43 排水トン 船型 V型 主機 池貝ベツツ MB 820 Db 型ディーゼル機関 2基 出力 最大) 1,100 PS×1,400 RPM 航続距離 276 海里 発電機 AC 105 V 5 KVA×1 乗員 10名 工期 47-6-21, 47-10-25, 47-12-18 海上保安庁 47年度 23米型巡視艇, 軽合金艇, 第6管区坂手海上保安署配属

NIIGATA

マリンエンジンを代表する

ニイガタディーゼル



8M40X形4,000馬力

ニイガタディーゼルおよび関連製品

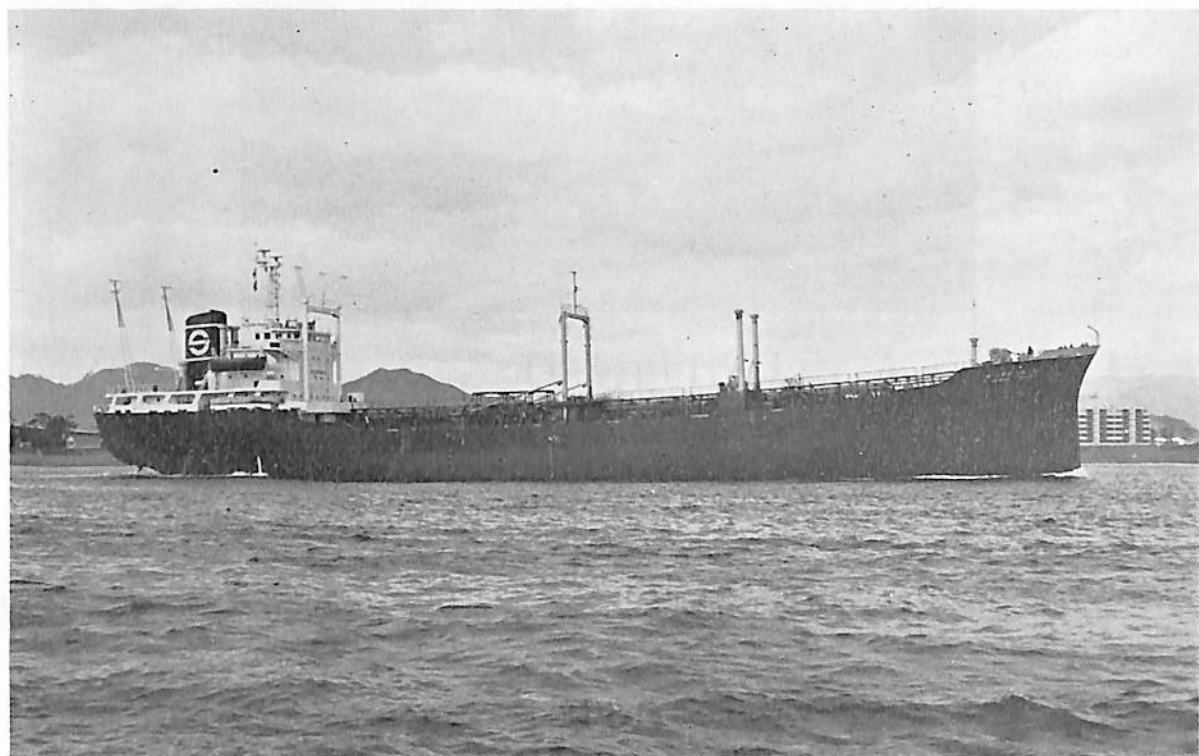
船用・陸用・車両用、その他一般産業用
ディーゼル機関 (200~20,000馬力)
ニイガタ・ナビヤ排気タービン過給機
ディーゼル機関遠隔操縦装置
Z形推進装置
ガスリンガー継手

新潟鉄工

本社 東京都台東区台東2-27-7 電話(03)833-3211
支社 大阪・新潟 営業所 札幌・仙台・横津・名古屋・広島・福岡
出張所 釧路・清水・下関・長崎 駐在員事務所 稚内・八戸・静岡・高松



日 徳 丸 (浚 渫 船) 船 主 佐伯建設工業株式会社 造船所 住友重機械工業・浦賀造船所
 長さ(垂線間) 75.60 m 幅(型) 20.00 m 深さ(型) 5.30 m 計画平均型吃水 約 3.70 m 浚渫ポンプ駆動用原動機 9,200馬力衝動式蒸気タービン 浚渫ポンプ揚水能力 10,500m³/h×110m(海水にて) 浚渫深度 約 33 m (ラダーアングル45°にて) 排送距離 約 5,000 m 管径 吸入管(内径) 900mm, 排送管(内径) 760~840mm
 工期 47-6-21, 47-8-26, 47-12-19



おしやんとれーだー (油 槽 船) 船 主 丸神船舶株式会社 造船所 今井造船株式会社
 総噸数 5,166.19 噸 純噸数 2,981.51 噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 8,749.39 噸 全長 122.340 m 長(垂) 114.000 m 幅(型) 17.200 m 深(型) 9.500 m 吃水 7.958 m 満載排水量 11,925.00 噸 船尾機関型 主機 三菱 8 UEC^{52/105} D 単流掃気式単動 2 サイクルクロスヘッド型ディーゼル機関 1 基 出力 7,200 PS×169 RPM 燃料消費量 27.8 t/d 速力 15.00 ノット 貨油倉 9,400.54 m³ 燃料油倉 2,117.48 m³ 清水倉 703.47 m³ 乗員 29 名 工期 47-8-21, 47-10-21, 47-12-23

MITSUBISHI'S HOVER- CRAFT



155人乗り1号艇"しぐなす"

大型155人乗りが加わり
ラインアップが更に充実!

7年前国産初のホバークラフトはMV-PP1型10人乗りでした。現在美しい日本の海々で活躍しているMV-PP5型は52人乗り。そして今、三井造船の新しい技術はついに155人乗りMV-PP15型を完成させました。海上交通の明日を開く切り札です。

現在定期就航中のホバークラフトの艇名と航路

かもめ

宇野 ↔ 高松間 MV-PP5 52人乗り 所要約20分、新幹線プラスホバークラフトの威力は絶大です。

はくちょう

蒲群 ↔ 鳥羽間 海上約60km、所要50分の美しく、快適な旅です。

ほびー

新大分空港 ↔ 大分・別府市 陸路は約1時間半、MV-PP5ならわずかに24分、ジェット機からホバークラフトに乗りついで九州の旅が楽しく、速い。

1号・2号
・3号

エンゼル

加治木(新鹿児島空港)ー鹿児島ー西桜島ー指宿に就航。新しい南九州の旅の魅力です。

1号・2号

蛟龍

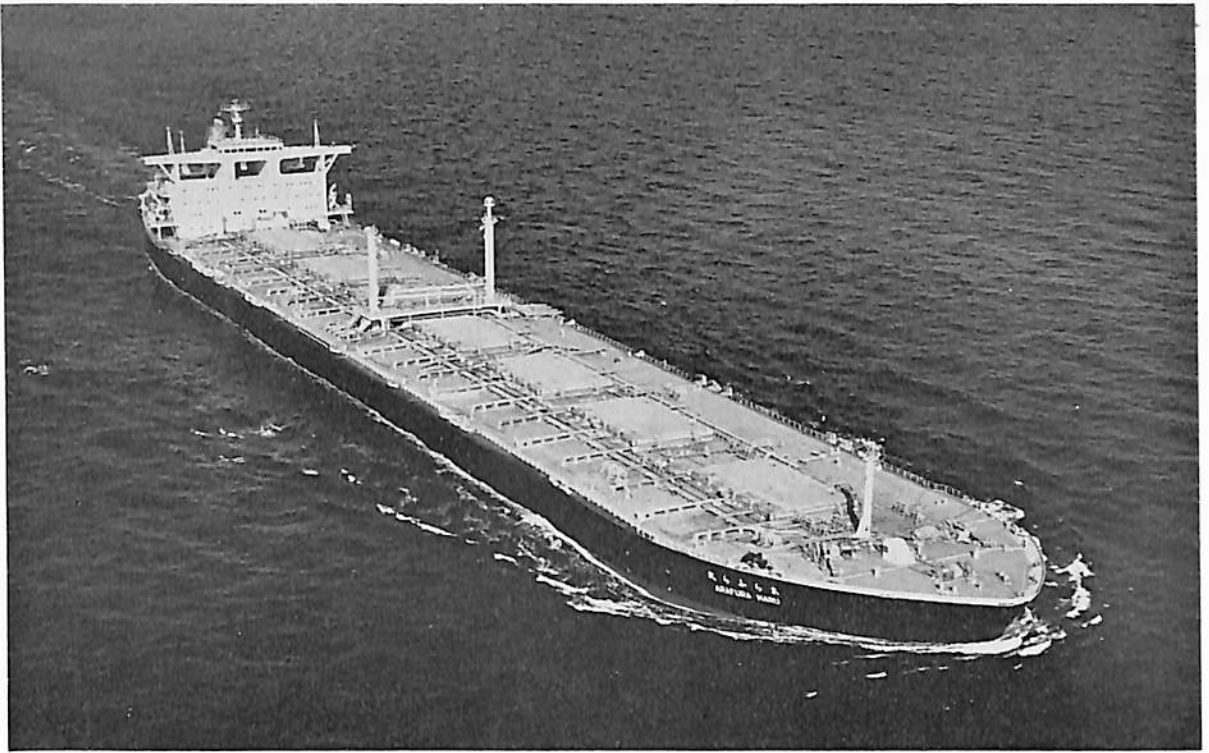
沖縄県八重山群島石垣ー西表島間などに沖縄復帰と同時に就航した新しい南の島の発見です。

人間と技術の調和に挑む

M 三井造船

ホバークラフト事業室

東京都中央区築地5丁目6番4号 電話 (03)544-3453



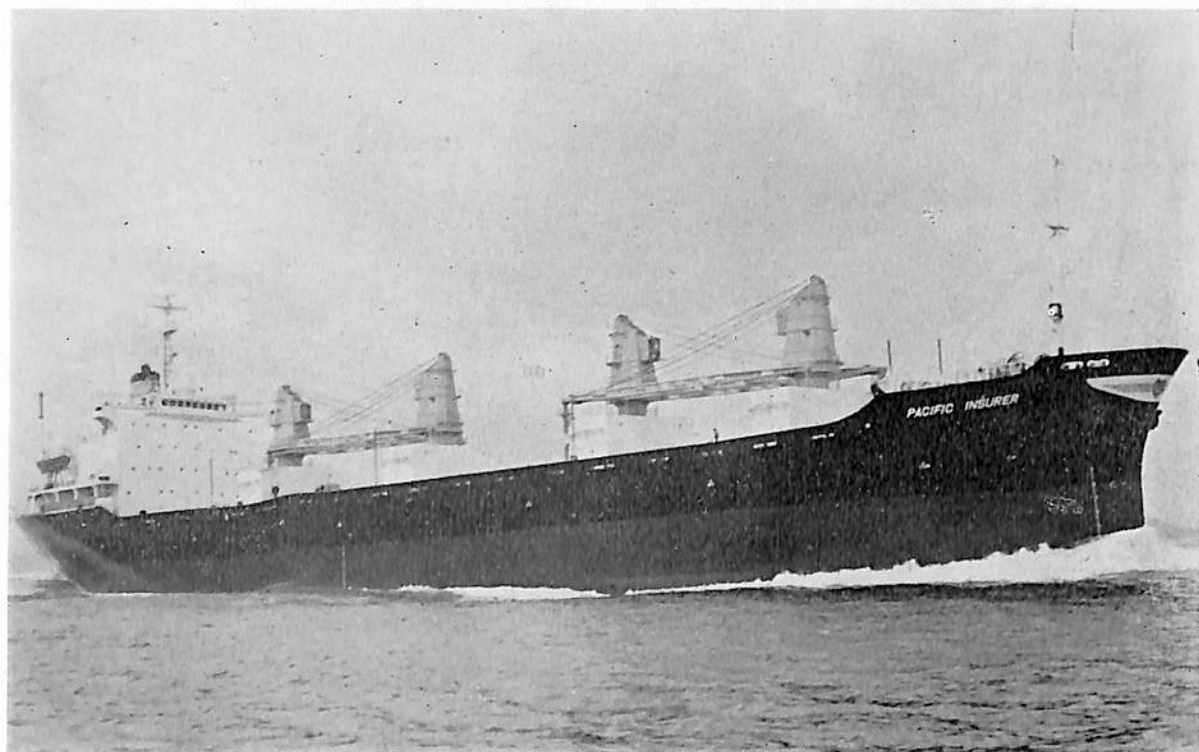
あらふら丸 (鉱石兼油槽船) 船主 大阪商船三井船舶株式会社, 沢山汽船株式会社 造船所 三井造船・千葉造船所 総噸数 96,671.53 噸 純噸数 69,793.90 噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 183,526 噸 全長 312.00 m 長(垂) 300.00 m 幅(型) 47.50 m 深(型) 24.10 m 吃水 18.036 m 満載排水量 216,445 噸 平甲板船 主機 三井 B&W DE 8 K 98 FF 型ディーゼル機関 1 基 出力 25,800 PS×97.5 RPM 燃料消費量 101.12 t/d 航続距離 約 23,200 海里 速力 15.22 ノット 貨物倉(グリーン) 105,377.2 m³ 貨油倉 220,289.6 m³ 燃料油倉 7,562.8 m³ 清水倉 686.2 m³ 乗員 34 名 工期 47-4-12, 47-8-11, 47-12-20



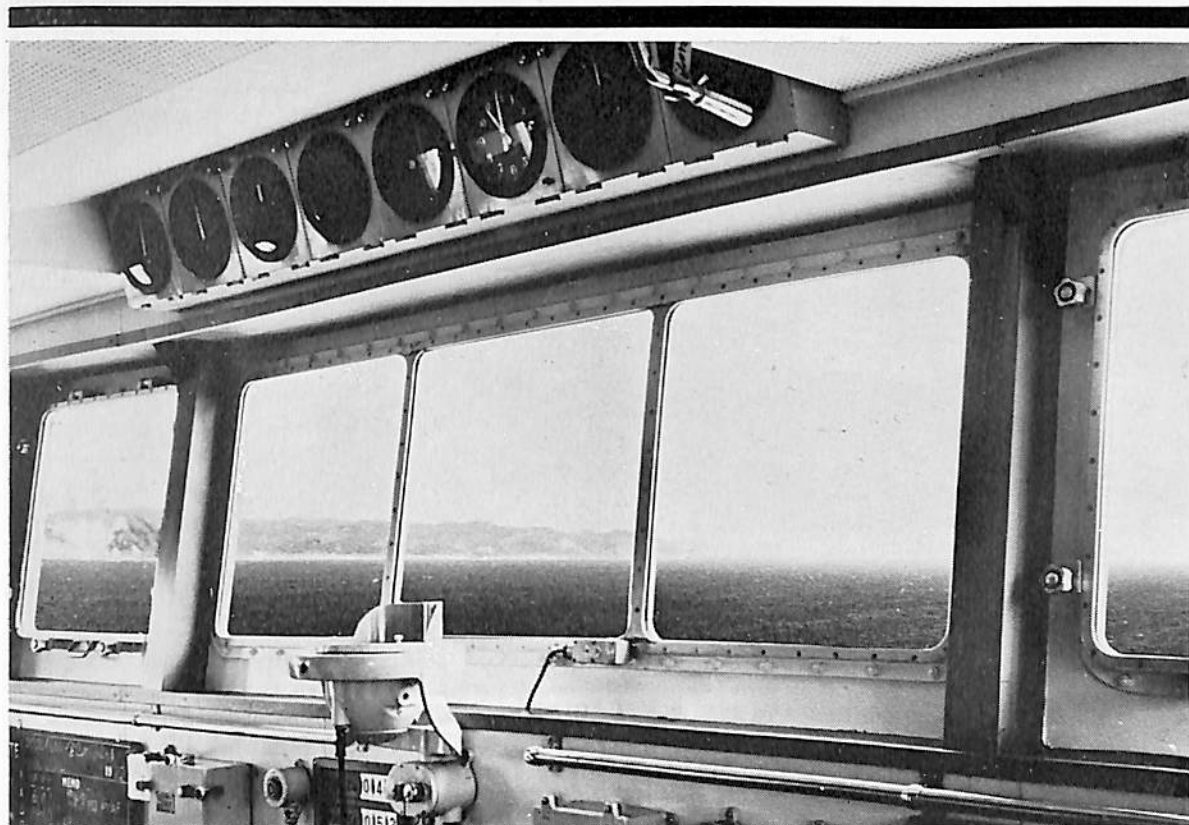
EASTERN SPRIT (鉱石兼油運搬船) 船主 Lihirian Thrush Transport Inc. (リベリア) 造船所 三菱重工業・横浜造船所 総噸数 85,564.50 噸 純噸数 66,840.53 噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 164,744 噸 全長 294.95 m 長(垂) 280.00 m 幅(型) 47.40 m 深(型) 24.80 m 吃水 17.50 m 平甲板型 主機 三菱ウエスチングハウス型タービン 1 基 出力 28,000 PS×88 RPM 燃料消費量 139 t/d 航続距離 28,400 海里 速力 16.0 ノット 貨物倉(グリーン) 94,999 m³ 貨油倉 507,477 m³ 燃料油倉 11,777 m³ 清水倉 526 m³ 乗員 40 名 工期 47-4-11, 47-8-22, 47-12-27 同型船 CYPRESS KING 設備 イナートガスシステム, 機関室操舵室エレベータ装置



DONA CORAZON II (ばら積貨物船) 船主 Molave Bulk Carriers Inc. (フィリピン) 造船所 函館ドック・室蘭製作所 総噸数 15,892.02 噸 純噸数 11,632.58 噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 28,757 Lt 全長 180.80 m 長(垂) 170.00 m 幅(型) 23.10 m 深(型) 14.50 m 吃水 35'-0" 満載排水量 35,217 噸 船首尾楼付一層甲板船 主機 IHI スルザー 6RND 76 型ディーゼル機関 1 基 出力 10,800 PS×117.8 RPM 燃料消費量 41.5 t/d 航続距離 16,000 海里 速力 15.0 ノット 貨物倉(ベール) 1,160.175 ft³ (グレーン) 1,270.299 ft³ 燃料油倉 C 71,831 ft³ A 6,480 ft³ 清水倉 7,450 ft³ 乗員 47 名 工期 47-6-14, 47-9-14, 47-11-28



PACIFIC INSURER (貨物船) 船主 United Overseas Bulk Carriers Inc. (リベリア) 造船所 幸陽船渠株式会社 総噸数 16,107.11 噸 純噸数 10,109.47 噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 26,453.46 噸 全長 172.162 m 長(垂) 162.00 m 幅(型) 24.800 m 深(型) 14.00 m 吃水 10.175 m 満載排水量 33,794 噸 船首尾楼付凹甲板船 主機 IHI スルザー 6RND 76 型ディーゼル機関 1 基 出力 10,800 PS×117.8 RPM 燃料消費量 41.5 t/d 航続距離 12,500 海里 速力 15 ノット 貨物倉(ベール) 30,550.65 m³ (グレーン) 35,790.81 m³ 燃料油倉 2,168.63 m³ 清水倉 245.06 m³ 乗員 46 名 工期 47-5-7, 47-7-12, 47-11-25



安全な航海のために ブリッジの窓には——

結露・氷結から視界をまもる安全ガラス——

ヒートライト® C

航海の安全のために、重要な役割をになうブリッジや操舵室の窓——。

「ヒートライトC」は、雨や雪の日におこりやすい、結露や氷結から視界をまもる窓ガラスです。

ガラス表面に金属の薄い膜をコーティングして、通電発熱することで、ガラスの曇りや氷結を防止します。もちろん被膜は保護され、感電の心配はありません。またまんいち割れても破片が飛び散らない安全な合せガラスです。



本社 100 東京都千代田区丸の内2-1-2(千代田ビル) 電話(03)218-5395(車輻機材営業部)
支店 東京・大阪・福岡・名古屋・札幌・仙台 営業所 広島

カタログ請求券
船舶 2



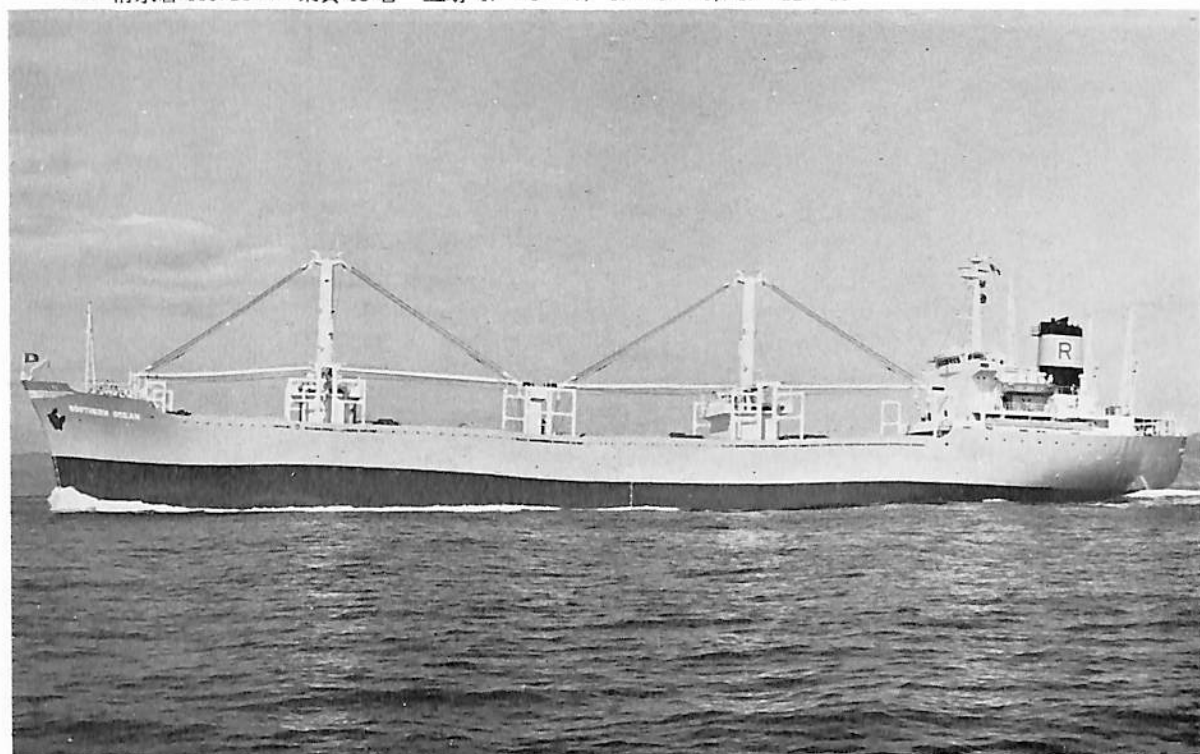
ERRADALE (ばら積貨物船) 船主 John Swire & Sons Ltd.(リベリア) 造船所 株式会社 大阪造船所
 総噸数 20,239.11 噸 純噸数 13,408.08 噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 34,054 噸 全長 185.500 m 長(垂) 175.000
 m 幅(型) 26.000 m 深(型) 15.500 m 吃水 11.151 m 満載排水量 41,748 噸 凹甲板船 主機 IHI スルザー 7
 RND 68 型ディーゼル機関 1 基 出力 10,395 PS×144.8 RPM 燃料消費量 約 42.03 t/d 航続距離 約 16,110
 海里 速力 14.6 ノット 貨物倉(ベール) 41,242 m³ (グレーン) 44,735 m³ 燃料油倉 2,164.9 m³ 清水倉 432.4
 m³ 乗員 45 名 工期 47-6-19, 47-9-19, 47-12-12



ANTIOCHIA (ばら積貨物船) 船主 Pedregal Compania Naviera S. A.(パナマ) 造船所 日立造船・
 向島工場 総噸数 11,931.19 噸 純噸数 7,730 噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 19,198 噸 全長 156.16 m 長(垂)
 146.00 m 幅(型) 22.60 m 深(型) 12.90 m 吃水 9.50 m 満載排水量 24,197 噸 一層甲板型 主機 日立 B&W
 6 K 62 EF 型ディーゼル機関 1 基 出力 7,600 PS×146 RPM 燃料消費量 約 30 t/d 航続距離 約 15,150 海里
 速力 14.85 ノット 汽罐(補) 1,530 kg/h, 8 kg/cm² G 貨物倉(ベール) 23,610.24 m³ (グレーン) 24,303.57
 m³ 燃料油倉 1,508.76 m³ 清水倉 260.79 m³ 乗員 43 名 工期 47-7-3, 47-9-28, 47-12-14
 同型船 ORESTIA, OLYNTHIA



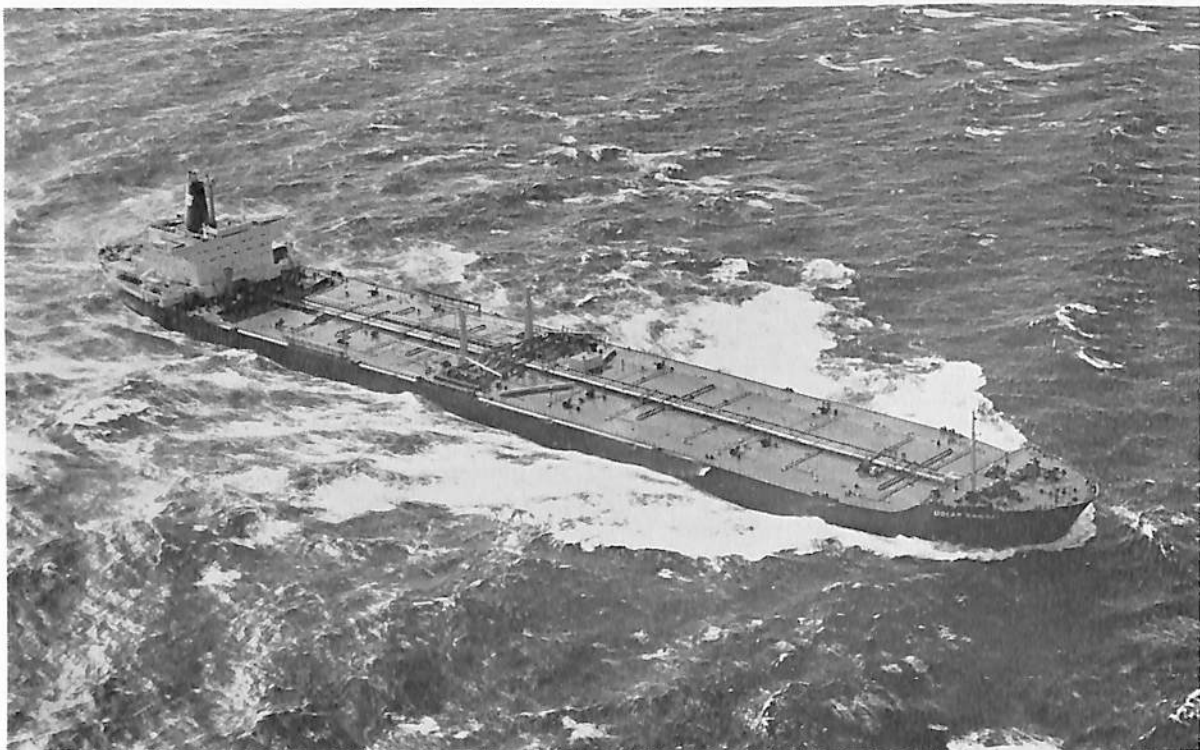
EASTERN LILAC (木材兼ばら積貨物船) 船主 Liberian Lilac Transports, Inc. (リベリア) 造船所
 笠戸船渠株式会社 総噸数 17,715.58 噸 純噸数 12,033 噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 34,196 噸 全長 185.50 m
 長(垂) 175.00 m 幅(型) 27.00 m 深(型) 15.30 m 吃水 11.012 m 満載排水量 42,170 噸 凹甲板船 主機
 住友スルザー 7 RND 68 型ディーゼル機関 1 基 出力 9,818 PS×142 RPM 燃料消費量 37.8 t/d 航続距離
 14,300 海里 速力 14.5 ノット 貨物倉(ベール) 40,866.99 m³ (グリーン) 41,962.44 m³ 燃料油倉 1,696.44
 m³ 清水倉 440.16 m³ 乗員 48 名 工期 47-6-7, 47-9-8, 47-12-13



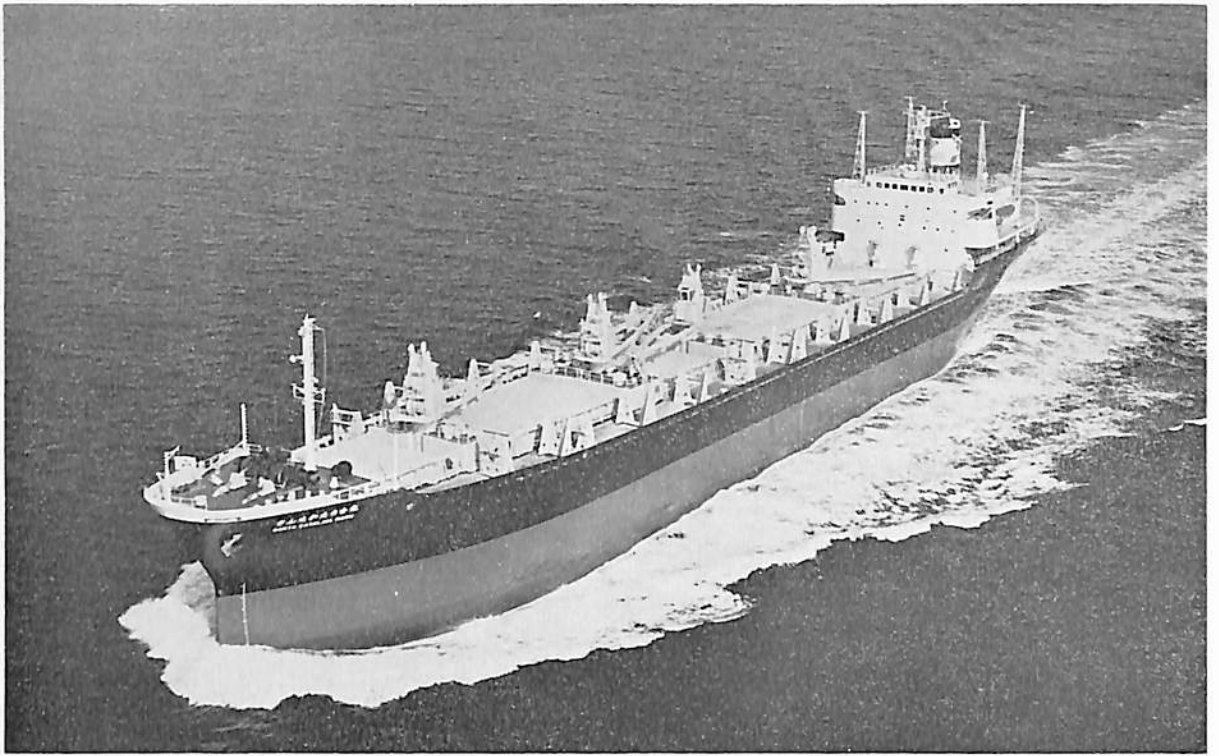
SOUTHERN OCEAN (木材兼ばら積貨物船) 船主 Reliance Marine Corporation S. A. (リベリア) 造船所
 林兼造船・長崎造船所 総噸数 9,986.26 噸 純噸数 6,826 噸 遠洋 船級 AB 載貨重量 16,721.75 噸 全長
 148.40 m 長(垂) 138.00 m 幅(型) 22.50 m 深(型) 11.90 m 吃水 8.983 m 満載排水量 21,708.06 噸 凹甲
 板船 主機 三菱スルザー 6 RND 68 型ディーゼル機関 1 基 出力 7,700 PS×145 RPM 燃料消費量 27.3 t/d 航
 続距離 15,300 海里 速力 約 14.750 ノット 貨物倉(ベール) 21,078.25 m³ (グリーン) 21,739.26 m³ 燃料
 油倉 A 182.66 kl C 1,150.09 kl 清水倉 384.23 m³ 乗員 40 名 工期 47-6-28, 47-9-22, 47-12-15



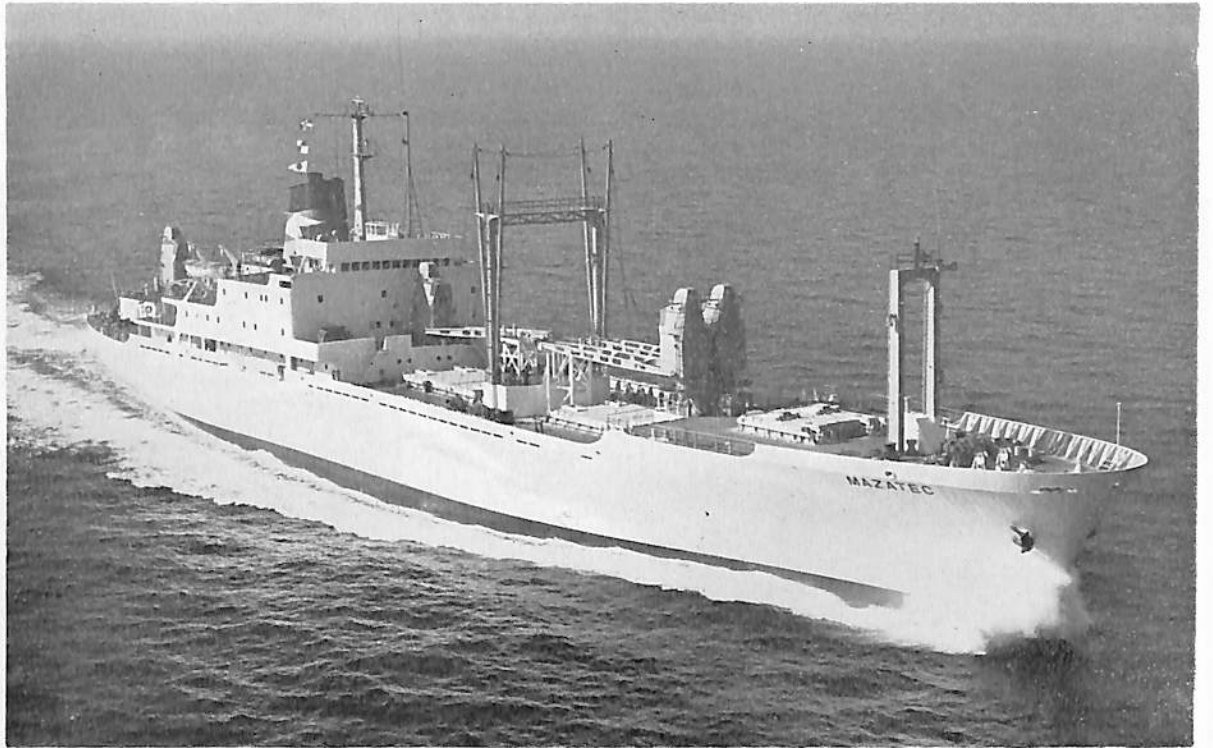
龍 光 丸 (油 槽 船) 船 主 三 光 汽 船 株 式 会 社 造 船 所 石 川 島 播 磨 重 工 業 ・ 横 浜 造 船 所
 総噸数 116,757.56 噸 純噸数 85,240.08 噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 228,646Lt 全長 317.00 m 長(垂) 300.00
 m 幅(型) 50.00 m 深(型) 27.00 m 吃水 20.733 m 平甲板船 主機 IHI-クロスコンパウンド型衝動式船用
 タービン 1 基 出力 33,000 PS×80 RPM 燃料消費量 159.75 t/d 航続距離 16,605 海里 速力 16.4 ノット 汽罐
 IHI-MDM 型×2 61.2 kg/cm²G×515° C×72 t/h 貨油倉 278,849.7 m³ 燃料油倉 8,615.9 m³ 清水倉 369.1
 m³ 乗員 44 名 工期 47-3-14, 47-9-15, 47-12-12 M0 取得船 IHI イナートガスシステム装置, 固
 定式タンククリーニングマシンを全タンクに装置



GOLAR KANSAI (油 槽 船) 船 主 Ocean Oil Affiliates (リベリア) 造 船 所 川 崎 重 工 業 ・ 坂 出 工 場
 総噸数 98,884.57 噸 純噸数 81,005.06Lt 遠洋 船級 NV 載貨重量 215,824Lt 全長 327.00 m 長(垂) 313.00
 m 幅(型) 48.20 m 深(型) 25.20 m 吃水 19.597 m 満載排水量 248,703 噸 平甲板船 主機 川崎 UR-315 型タ
 ービン 1 基 出力 28,000 PS×88 RPM 燃料消費量 122.5 t/d 航続距離 19,418 海里 速力 15.47 ノット 燃料
 油倉 6,928.6 m³ 清水倉 599.9 m³ 乗員 41 名 工期 47-5-10, 47-9-7, 47-12-22 イナートガス
 装置, 設備 ノズルプロペラ採用



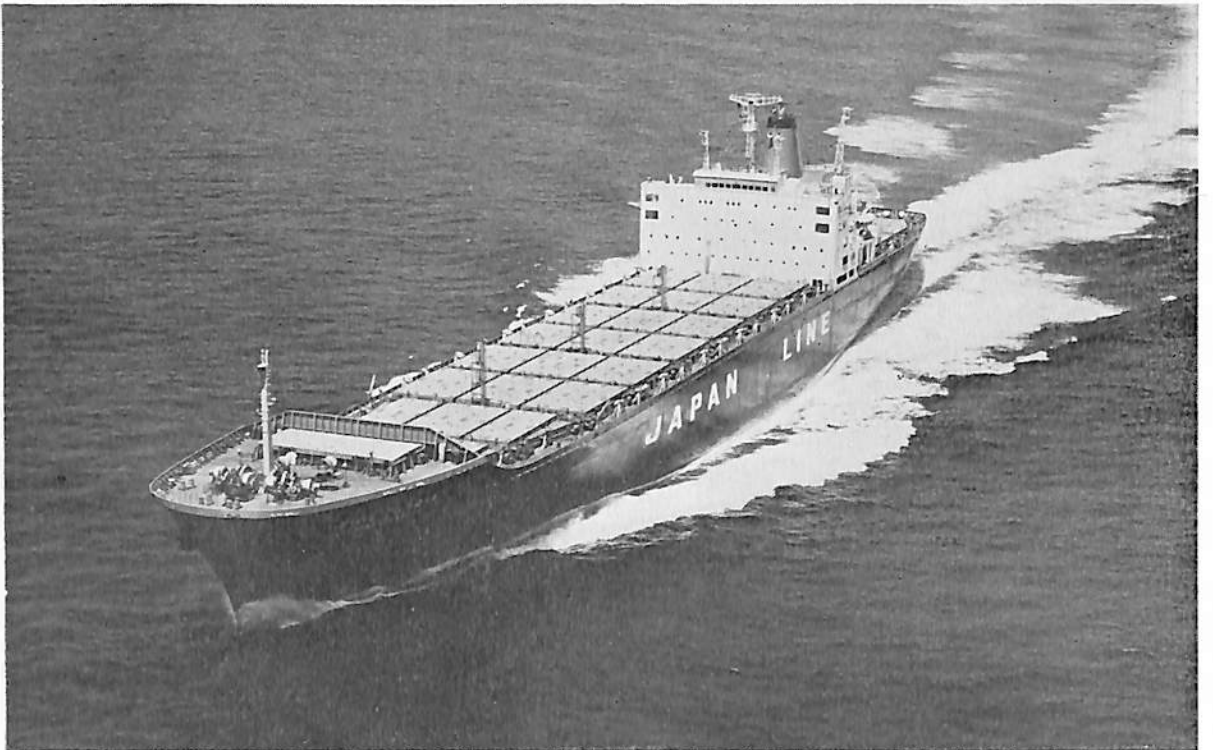
さんたかなり丸 (自動車兼ばら積貨物船) 船主 三菱鉱石輸送株式会社 造船所 三菱重工業・下関造船所
 総噸数 14,302.26 噸 純噸数 9,252.12 噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 22,698 噸 全長 165.97 m 長(垂) 155.00 m
 幅(型) 22.86 m 深(型) 14.00 m 吃水 10.365 m 満載排水量 30,012 噸 凹甲板型 主機 三菱 MAN V 6 V
 52/55 型ディーゼル機関 1 基 出力 9,045 PS×386 RPM 燃料消費量 32.6 t/d 航続距離 18,000 海里 速力 15.1
 ノット 汽罐 コクラン型 1,500 kg/h×1 発電機 675 KVA, 450 V×2 貨物倉(ベール) 26,304 m³ (グリーン)
 28,492 m³ 自動車搭載数 三菱ギャラン A II 型 1,560 台 燃料油倉 1,990 m³ 清水倉 462 m³ 乗員 31 名 工期
 47-5-26, 47-9-25, 47-12-22



MAZATEC (冷蔵貨物船) 船主 Elders and Fiffes, Ltd. (イギリス) 造船所 川崎重工業・神戸工場
 総噸数 6,513.16 噸 純噸数 2,835.98 噸 遠洋 船級 LR 全長 144.50 m 長(垂) 134.50 m 幅(型) 20.40 m 深
 (型) 12.57 m 吃水 7.422 m 満載排水量 12,005 噸 平甲板型 主機 川崎 MAN K 10 Z⁷⁰/₁₂₀ E 型ディーゼル
 機関 1 基 出力 10,700 PS×133 RPM 燃料消費量 39.9 t/d 航続距離 15,100 海里 速力 20.5 ノット 貨物倉
 (ベール) 10,706.5 m³ 燃料油倉 1,538.1 m³ 清水倉 200.2 m³ 乗員 36 名 (外 4) 工期 47-5-16, 47-
 9-9, 47-12-12



黒部丸 (コンテナ船) 船主 日本郵船株式会社 造船所 三菱重工業・神戸造船所
 総噸数 37,845.77 噸 純噸数 22,336.52 噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 32,343 噸 全長 260.457 m 長(垂)
 242.00 m 幅(型) 32.20 m 深(型) 19.60 m 吃水 11.54 m 満載排水量 54,428 噸 長船首楼付平甲板型 主機
 三菱スルザー12 RND 90 型ディーゼル機関 2 基 出力 $2 \times 29,600$ PS \times 116 RPM 燃料消費量 220 t/d 航続距離
 約 20,000 海里 速力 25.65 ノット コンテナ搭載数 20' にて 1,826 箇 燃料油倉 8,266.9 m³ 清水倉 413.4 m³
 乗員 33 名 工期 47-1-6, 47-7-12, 47-12-11 M0 取得船, NNSS 装備, 操舵室に遠隔監視用 ITV
 2 台, Tar Epoxy, Pure Epoxy 塗装



ジャパン アムブローズ (コンテナ船) 船主 ジャパンライン株式会社 造船所 石川島播磨重工業・
 相生工場 総噸数 33,287.11 噸 純噸数 17,836 噸 遠洋 船級 NK 載貨重量 28,806 噸 全長 228.00 m 長(垂)
 212.00 m 幅(型) 32.20 m 深(型) 19.00 m 吃水 11.028 m 船首楼付平甲板船 主機 IHI 船用タービン 1 基
 出力 45,000 PS \times 125 RPM 燃料消費量 226.15 t/d 航続距離 19,400 海里 速力 25.10 ノット 汽罐 IHI 製 \times 2
 61.2 kg/cm² G \times 515° C \times 74 t/h コンテナ積載量 20' にて 1,569 箇 燃料油倉 C 8,519.7 m³ A 368.0 m² 乗員
 34 名 工期 46-11-11, 47-3-24, 47-9-7



TANTALUS (鉍石兼油槽船) 船主 Jhe China Mutual Steam Navigation Co., Ltd. (英) 造船所
 日本鋼管・津造船所 総噸数 120,787.39 噸 純噸数 98,631.39 噸 遠洋 船級 LR 載貨重重 218,036 噸 全長
 327.800 m 長(垂) 317.000 m 幅(型) 50.000 m 深(型) 25.500 m 吃水 19.158 m 平甲板型 主機 三菱
 クロスコンパウンド段減速衝動タービン (MS-32) 1 基 出力 30,000 PS×85 RPM 燃料消費量 150.3 t/d
 航続距離 25,300 海里 速力 15.3 ノット 貨物倉(グリーン) 97,472.3 m³ 貨油倉 26,432.5 m³ 燃料油倉
 10,992.6 m³ 清水倉 910.7 m³ 乗員 39 名 工期 47-6-5, 47-10-9, 47-12-22
 設備 イナートガスシステム

船舶外板・タンク の

電気防蝕に関する調査・設計は

専門のエンジニアリングコンサルタント

中川防蝕工業株式会社に

御相談下さい。

当社は技術士(金属部門)15名を擁する
 ユニークな防蝕専門会社です。

中川防蝕工業株式会社

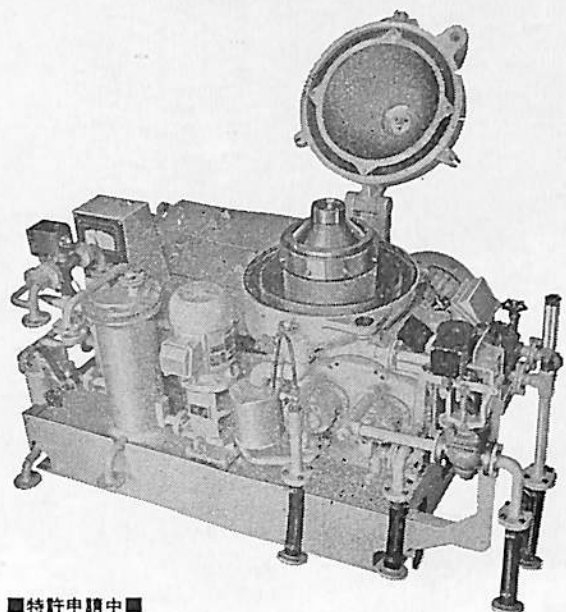
本社・東京都千代田区神田鍛冶町2-1 ☎(252)3171
 支店・大阪市東淀川区西中島5-1-01 ☎(303)2831
 営業所・名古屋☎(962)7866・広島☎(48)0524・福岡☎(77)4664
 出張所・札幌・仙台・新潟・千葉・水島・高松・大分・沖縄



アルミ陽極取付 バラストタンク

ノーマンで油の清浄!!

完全連続スラッジ排出形
船用油清浄機



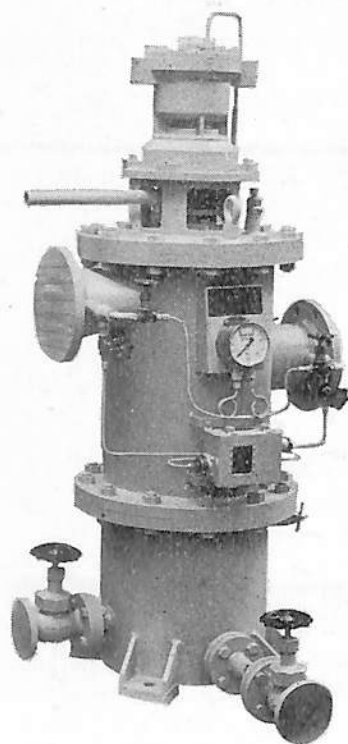
■特許申請中■

**Sharples
Gravitrol**

◆ベンウォルト コーポレーション
シャープレス機器部 日本総代理店

巴工業株式会社


本社 東京都中央区日本橋江戸橋3ノ2 (第二丸善ビル)
電話 東京 (271) 4 0 5 1 (大代表)
大阪出張所 大阪市南区末吉橋通り4ノ23 (第二心斎橋ビル)
電話 大阪 (252) 0 9 0 3 (代表)



「ケーワン ストレーナー」と命名しました
スラッジ完全分離

油圧駆動方式完全自動逆洗型
ノッチワイヤー式油汙過機

1. 非常に小型となりました。
2. 非常に安価となりました。
3. 汙過機サイドでスラッジを油から完全分離を致します。
(原液ロス“0”)
4. 油圧駆動により動力源を不要としました。

 **神奈川機器工業株式会社**

取締役社長 秋山 二郎

本社・工場 横浜市磯子区岡村町笹塚1168
TEL (045) 761-0351 (代表)

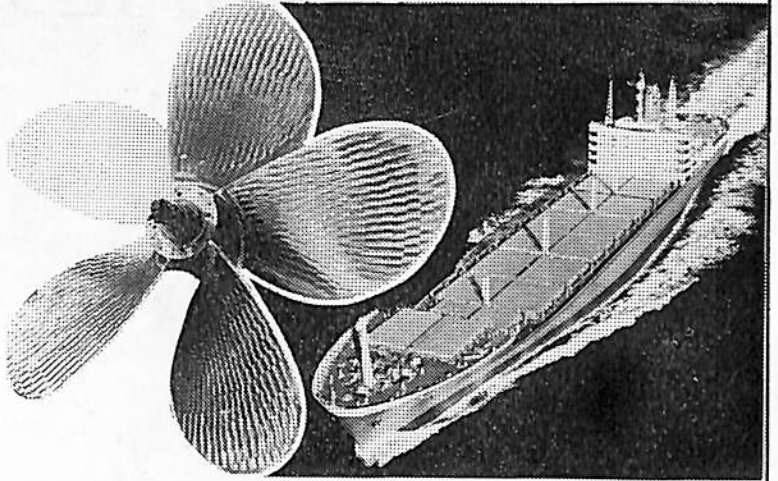
世界の海に活躍する **ナカシマプロペラ**

■製造品目

大型貨物船・タンカー・撒積船
各種専用船プロペラの設計及び
製作、各種銅合金鑄造品・船尾
装置一式

■新開発システム

- キーレスプロペラ
キーなしのシャフトにプロペラを油圧にて装着する新方式
取付・取外し簡便
- NAUタイププロペラ
当社と造船技術センターの共同開発、中小型プロペラの効率大巾アップ
- 可変ピッチプロペラ
英国ストーン社との技術提携による高性能CPPシステム一式
(XS・XK・XX三種)



運輸省認定事業場



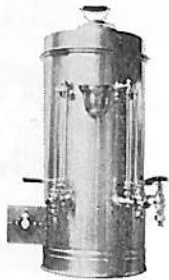
ナカシマプロペラ株式会社

本社工場 岡山市上道北方688-1(岡山中央郵便局私書函167) 〒709-08 電話(0862)79-2205(代) TELEX 5922-320 NKPROP J
 東京営業所 東京都中央区八丁堀1丁目6番1号 協栄ビル 〒104 電話(03)553-3461(代) TELEX 252-2791 NAKAPROP
 大阪営業所 大阪市西区靱本町2丁目107 新興産ビル 〒550 電話(06)541-7514(代) TELEX 525-6246 NKPROPOS

YKK型船舶厨房調理機器

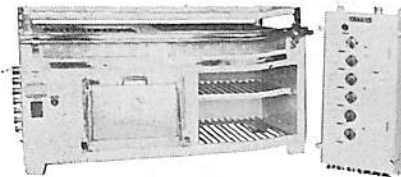
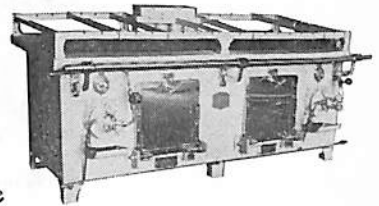
堅牢性、経済性、効率性、安全性抜群。高い信頼納期業界最短、即納主義

ライスボイラー



電気式湯沸器

26kw型多目的電気レンジ



2400型オイルレンジ

営業品目

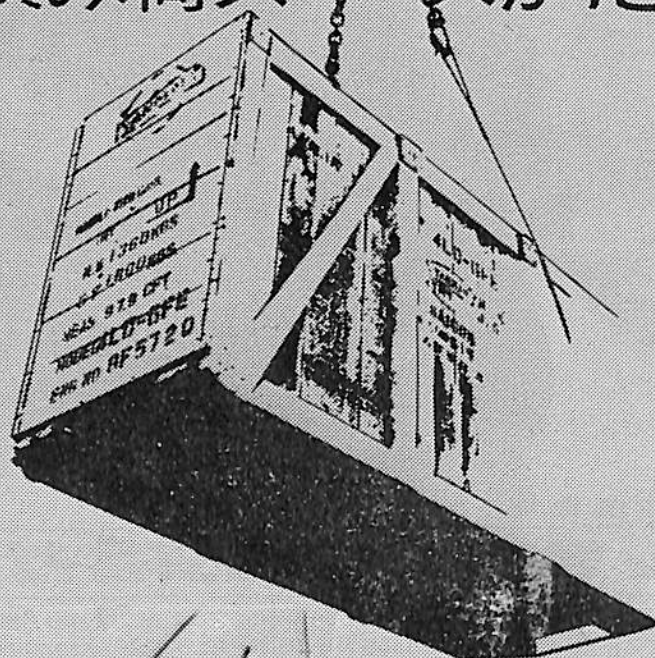
電気レンジ・オイルレンジ・ライスボイラー・湯沸器
調理機・水濾器・豆腐製造機・アイスクリーム製造機
ハムスライサー・肉挽機・球根皮剥機・炊飯器・ケー
キミキサー・ガスレンジ・電気式オープン・パン醗酵器
電気式魚焼器・スープボイラー・ディスプレイ
食器洗浄機・堅型蒸気炊飯器・電気コンロ・電気熱板
ガス魚焼器・その他特殊製品全般

株式会社 横浜機器製作所

本社・工場 横浜市中区新山下1-8-3 4
 電話 横浜045(622)9556(代)
 第2ビル専用 045(621)1283(代)
 電略「ヨコハマ」ワイケイケイ

希望条件を指示下さい。即時見積、設計、納品致します。

積み荷スペースがたっぷりとれる。



DALLIAR
DIESEL

輸送の効率アップを実現

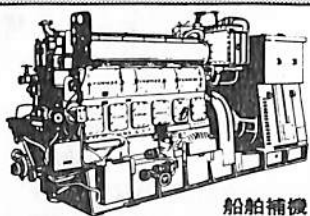
同馬力の他社機関と比べてください。

長さ・幅・重量ともコンパクトになっています。もちろん、その分だけ機関室が狭まってすみ船倉が大きくとれるのです。また、冷却水自動温度調整装置によって、吸入水温の変化に対しても、常にコンスタントな燃焼性能を発揮。運転条件を選ばない信頼のできるエンジンです。

船内のスペースをたっぷり使って、たっぷり運ぶ。輸送の効率アップは、ヤンマーの船舶主機・補機から始まります。

■船舶主機3~1600馬力 ■船舶補機3.5~2400馬力

ヤンマー ディーゼル



船舶補機

MAL形シリーズ (125~500kVA)

◎ ヤンマーディーゼル株式会社 (本社) 大阪市北区東淀町62 (〒530) T.E.L. 372-1111 (代)
(支店) 札幌・東京・名古屋・高松・広島・福岡

ますます厳しい条件に備えて、
素材も、機構も変えました。

NSOスタンチューブ ベアリングEVR シールEVK

シールエンジニアリングのバイオニアNSOが、その磨きぬかれたテクノロジーと素材をもって開発した船尾管軸受装置……EVR・EVKすでに実船走航での良好な結果をも得、耐用期間3年をこえる軸受装置をめざし、今、広く各方面で活躍しています。

防振・耐摩耗性——EVR

EVRは、軸径50～400φの水潤滑方式用で、従来の天然木リグナムバイタにかえ、エラストマーと耐蝕強化プラスチックからなる機構を採用。

軸振動の緩和吸収にすぐれ、摩耗を防ぐ新しいタイプの船尾管軸受装置です。

●ほかに、油潤滑油用シール装置EVL型もあります。

海洋汚染防止——EVK

EVKは、軸径100～800φの海水潤滑方式用で従来のグランドパッキン方式にかわるメカニカルシール方式を採用。

漏水皆無のため海水汚染の心配もなく、また機構上スリーブとの接触がなく、スリーブの摩耗は全くありません、さらに、全ての構造材が2つに分割され、洋上での換装が短時間ででき、ドライドックの必要もありません。

製造元

NSO
日本シールオール株式会社

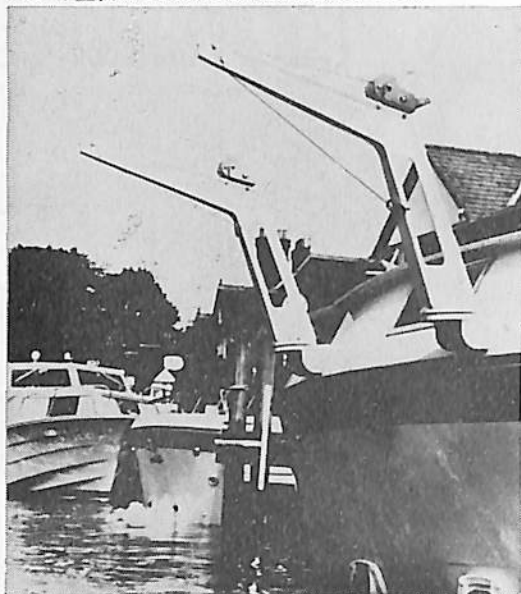
販売元

NOK
日本オイルシール工業株式会社
05東京都港区芝大門1-12-15正和ビル電話(03)432-4211大代



●エン・プラの決定版——ダイアミド

ダイアミドの粉体塗装したデリック…耐食性・耐衝撃性・耐候性を利用し、海水・日光・風雨からの保護とペンキ塗装の手間の省略に役立っています。



海水にも強いエン・プラを ごぞんじですか？

ダイアミド

船舶のためのダイアミド

たとえば、ワイヤロープのコーティング、ポートのデリックや甲板用具のコーティングなど、耐食性、耐摩耗性、耐海水性、耐候性、耐衝撃性が要求される船舶用具のコーティング材料として、ダイアミドは着々と、他のエン・プラに見られない数かずの実績をあげています。

- 海水に強い || 船舶用に最適
- 脆化温度が約70℃ || 低温特性バツグン
- 耐油・耐薬品性が優秀 || 強酸以外はほとんどOK!
- 金属との密着性がよい || 粉体塗装ができるというように、他のエン・プラには求められない特性が、船舶用具の保護とトータルコスト節減の要望に、みごとにこたえています。

粉体塗装で

トータルコストの節減を!

粉体塗装できるエン・プラは、ほかにもありますが、海水に強く、低温に強く、しかも摩擦にも強いのは、ダイアミドだけです。いいかえれば、船舶に利用できるエン・プラはダイアミドだけ。ぜひご検討ください。

資料をどうぞ:

当社では、広範な基礎データをはじめ、応用データ、さらには世界的な用途例を整備し、これらの資料をもとに、安心してご検討ご採用いただけるよう、徹底したサービスをご提供し、貴社の技術コンサルタントとなることを願っています。ぜひご相談ください。

ナイロン-12

ダイアミド



ダイセル・ヒュルス株式会社

DAIGEL

ダイセル株式会社

ダイアミド営業部

東京 千代田区霞ヶ関3-8-1(虎の門三井ビル) 03(507)3222

大阪 東区瓦町3丁目8 06(202)1181

名古屋 中村区堀内町2丁目(堀内ビル) 052(582)8511

★「ダイアミドニュース」を発行しています。ハガキ(会社名記入のこと)でお申し込みください。

追浜造船所の全貌

久野 孝

住友重機械工業株式会社
追浜造船所 工作部長

追浜造船所は世界最新鋭の造船所を目指し、昭和44年11月運輸省の認可を得て、45年1月埋立造成工事を開始してからはや3年、増強工事も完成段階を迎え、生産も計画通り順次上昇している。

当所建造第一船も47年9月29日無事船主の第一中央汽船に引渡され、第二船も47年10月11日進水、第四船は47年10月18日搭載開始という現況である。

写真1

敷地は約538,000m²、建屋面積126,000m²、50万DWTまでのタンカーを交互に連続建造できる両開き式ドックを中心に加工～組立各工場がユニークにレイアウトされ、特に各ステージ間には、バッファエリアを広くとり、各工程の独立化により、作業の流れを融通性ある効率の良いものとした。

また、自動化、機械化設備を大巾に取入れ、最大限の省力化と共に人間尊重の理念に徹したお互いが信頼し合

う造船所とし、高能率、品質安全といったあらゆる面での向上を計っている。

写真2

鋼材置場は巾25m、長さ170m、3ヤード約20,000m²、DW 2,000Tまでの運搬船が接岸可能で、水切ヤードの30T OHC (L.M 付)で陸揚げされる。

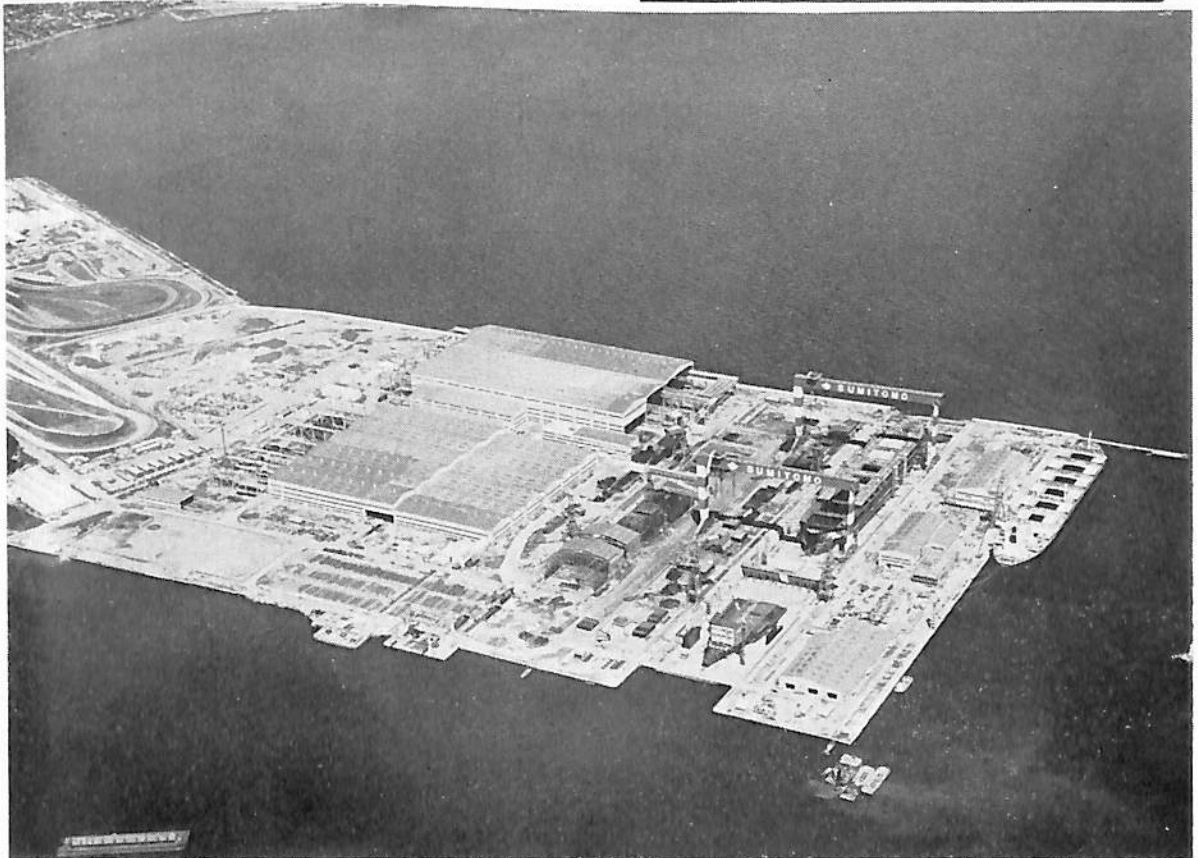


写真1 全景

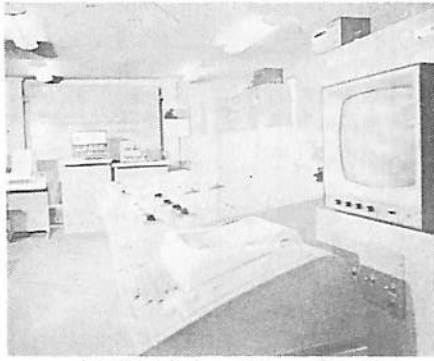


写真2(a) コンピューター室

置場は鋼板2ヤード、 型鋼1ヤードで 20 T OHC (L.M 付) 4台、 入庫コンベヤーと仕分けコンベヤー各 1 連、 出庫コンベヤー 2 連、 およびショットブラスト、 コロケーター等を配置してあり、 これら機器はコンピューター制御により自動運転され、 テレビカメラによる板確認～マーキングまでコントロール室以外無人にて搬送される。

写真 3 ～ 5

加工工場は約 22,500 m² 6 棟の建屋から成り、 加工系列別に NC ガス切断機 3 台、 緩曲線切断機 1 台、 フレ

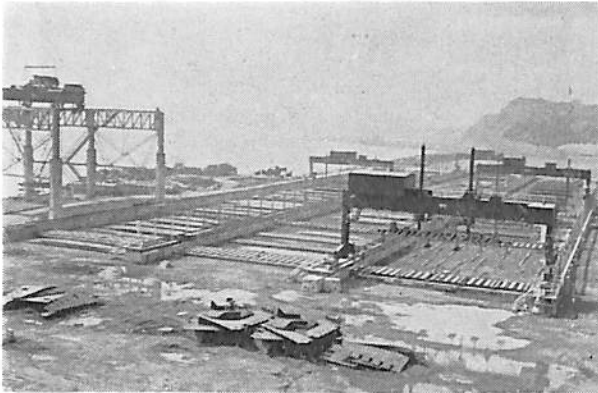
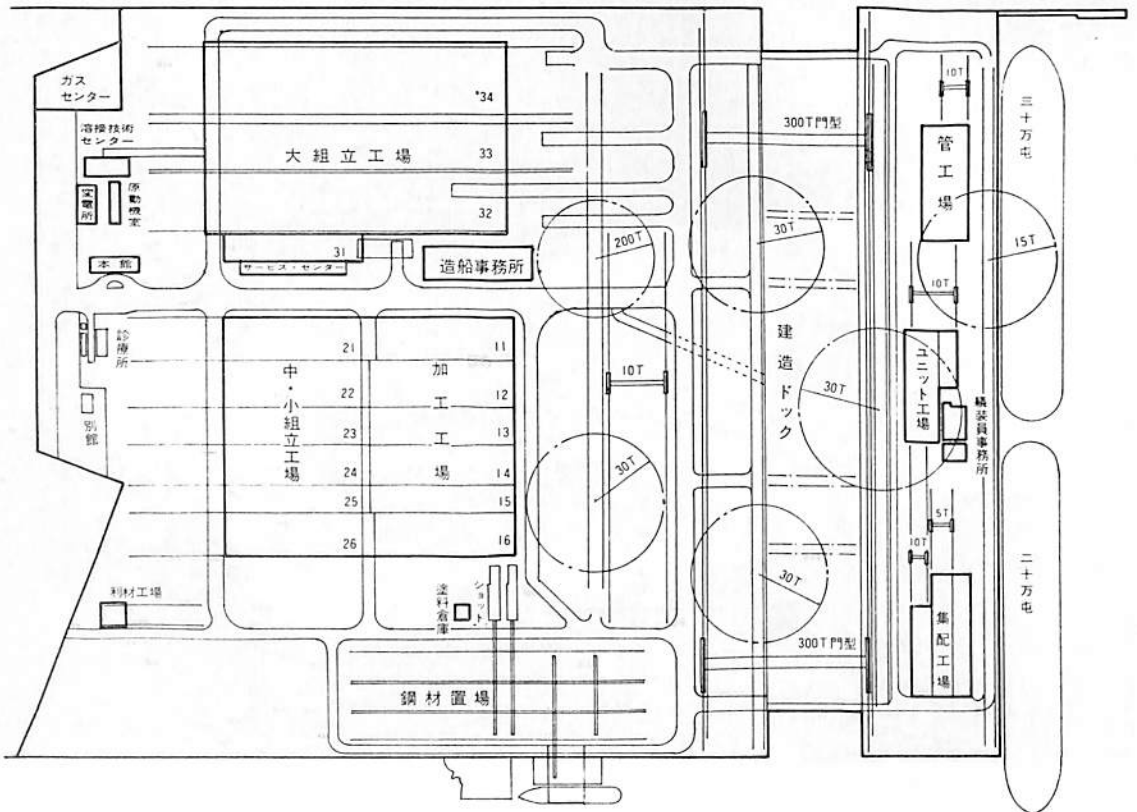


写真 2(b) コンピュータ利用による鋼材置場の無人化



<正面より中央通り>



<全体配置図>

ームプレーナー 1 台, 1,500 T, 750 T プレス各 1 台, フレームベンダー, プレートベンター各 1 台が稼働中である。

また, 近くプラズマ切断装置を具備した NC 切断機 1 台を加え, 5 台で稼働することとなる。各機の能力は次のとおりである。

	有効切断巾	有効切断長	トーチ数
No. 1,2 号 NC	10~12 m	33~34 m	4
No. 3 号 NC	10~12 m	33~34 m	6
No. 4 号 NC (プラズマ)	18.5 m	50 m	6
No. 5 号 NC (プラズマ)	13.5 m	50 m	4
緩曲線切断機	10 m	40 m	4
フレームプレーナー	13 m	60 m	6

写真 6

シーケンス制御付アイトレーサーを装備したもので, 型鋼, 平鋼を 10 本同時同型切断することができる。多数本同時切断による切断効率の向上と, 切断精度の改善を目的として設置した。

能力は下記のとおりである。

有効切断巾	有効切断長	切断板厚
5 m	48 m	6~60 mm

写真 7

取扱う鋼材の形状, 部材の種類に合わせて, 数種類を加工工場全 OHC に装備し, 安全化と玉掛作業の省力化を計った。

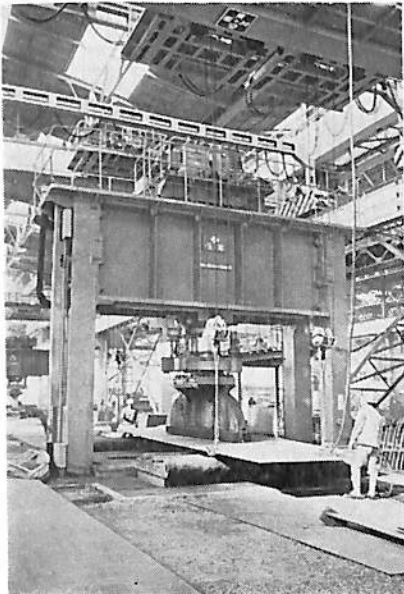


写真 4 1,500 T プレス

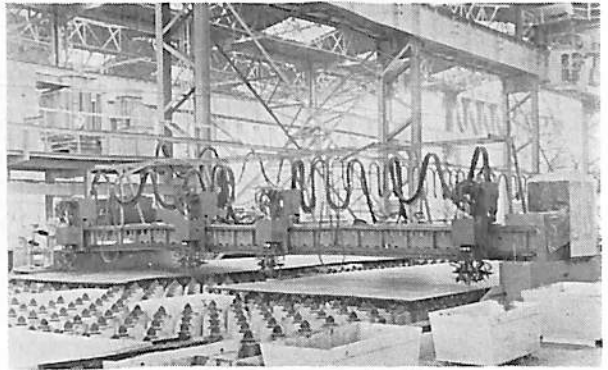


写真 3 NC ガス切断機

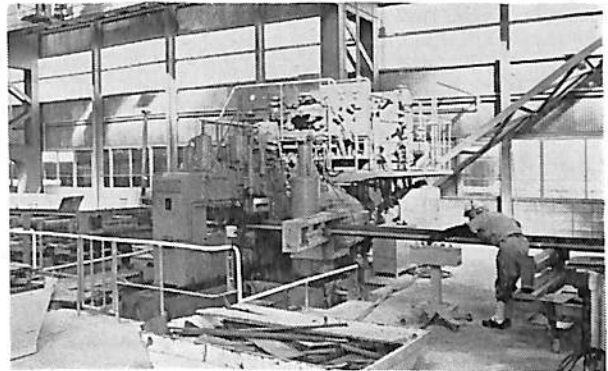


写真 5 横型フレームベンダー

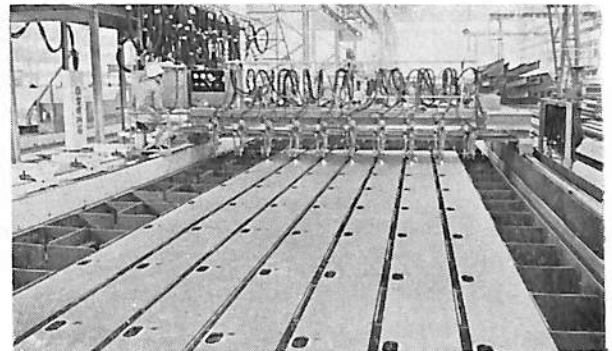


写真 6 多点切断機

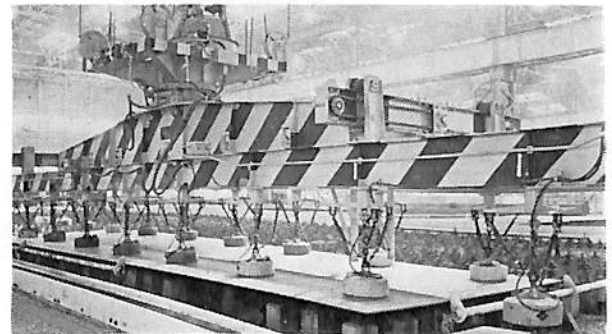


写真 7 L.M 付旋回天秤



写真8 加工材整理場

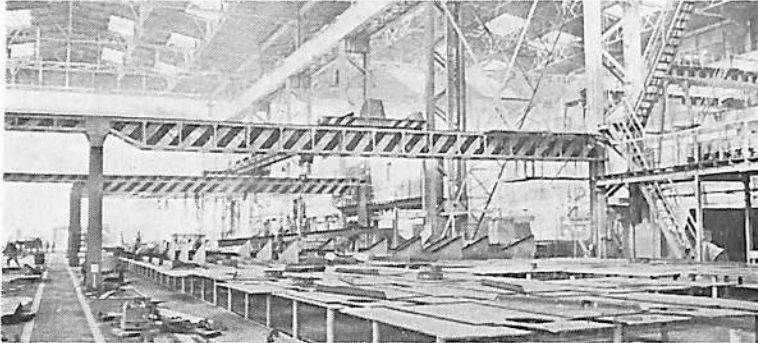


写真9 小組立コンベヤー

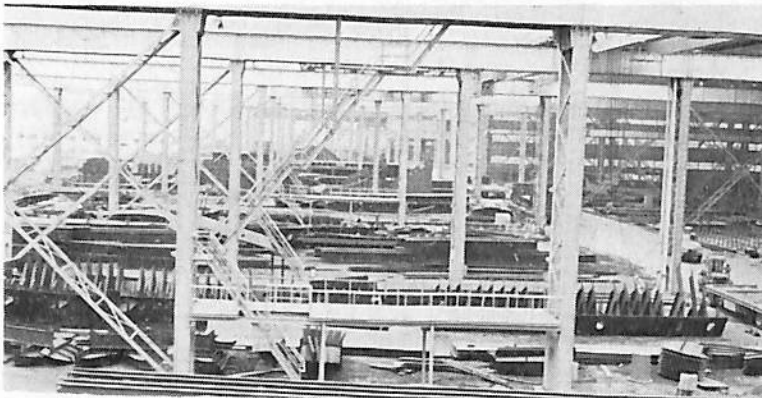


写真10 部材ストックヤード



写真11 80Tトレーラー

本リフマグ形式は当社電気事業部製の電磁石式と永久磁石式を全面的に採用し、作業特性に合せ、能率良くあらゆる作業をこなし得る天秤とし、省力効果を発揮している。

写真8

この部分には加工工場からのクレーンと中小組立工場へのクレーン並びにこれらと直角交叉して30T門型クレーンと三重に装備されており、棟間の移動配材を円滑に行えるように配慮してある。

写真9

中小組立場は6棟約24,000㎡からなり、前棟より仕分けられた部材の中小組立を行う。

内2棟には平行部構造を扱う小組立用チェーンコンベヤー(巾12m×長90m)を、それぞれ1連設けてあり、ライン上には溶接用ハンガービームを装備して作業性を高めている。

写真10~11

中小組立完了後、大組立工場への搬入待ちのサブ材の置場として約21,000㎡のストックヤードがある。

完成したサブ材およびロンジ材、コルゲート材等の一時ストックとして、その効果を充分発揮している。

なおサブ材の大組立工場への運搬は80Tトレーラー式台車6台で行う。

写真12

大組立工場の一棟約4,200㎡は板継ぎ専門工場で3電極FCB片面自動溶接装置4台を設置しており、組立コンベヤーラインによる流れ作業がここから始まる。

この高速片面自動溶接装置は一度に5枚の板の4本のシームを同時に完成することができる。

能力は、バット接手方式 厚10~45mm、巾2.2~4.5m、長22.5mが可能である。

写真13

前述の数値制御自動切断機により、精度良く加工されたトランス材の切欠き部分に、ロンジ材を能率良く挿入する組立装置と、この切欠き交叉部を自動的に溶接する立向自動隅肉溶接装置からなり、従来のブロック組立法のイメー

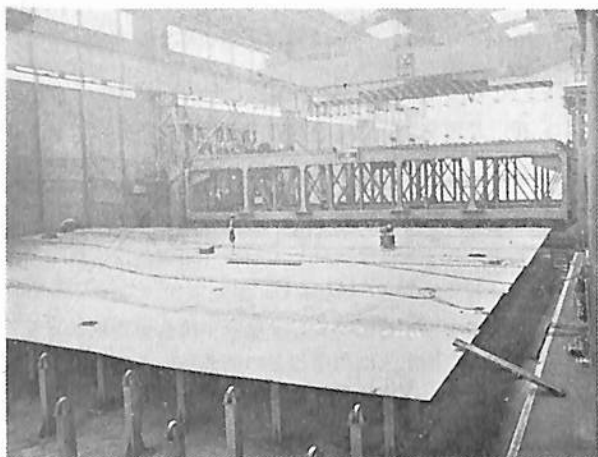


写真 12 3電極 FCB 片面自動溶接装置



写真 14 パネルブロック組立コンベयरライン

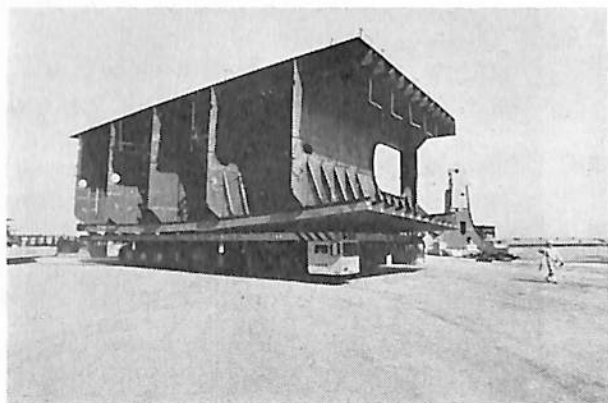


写真 15 300 T 自走式キャリヤ

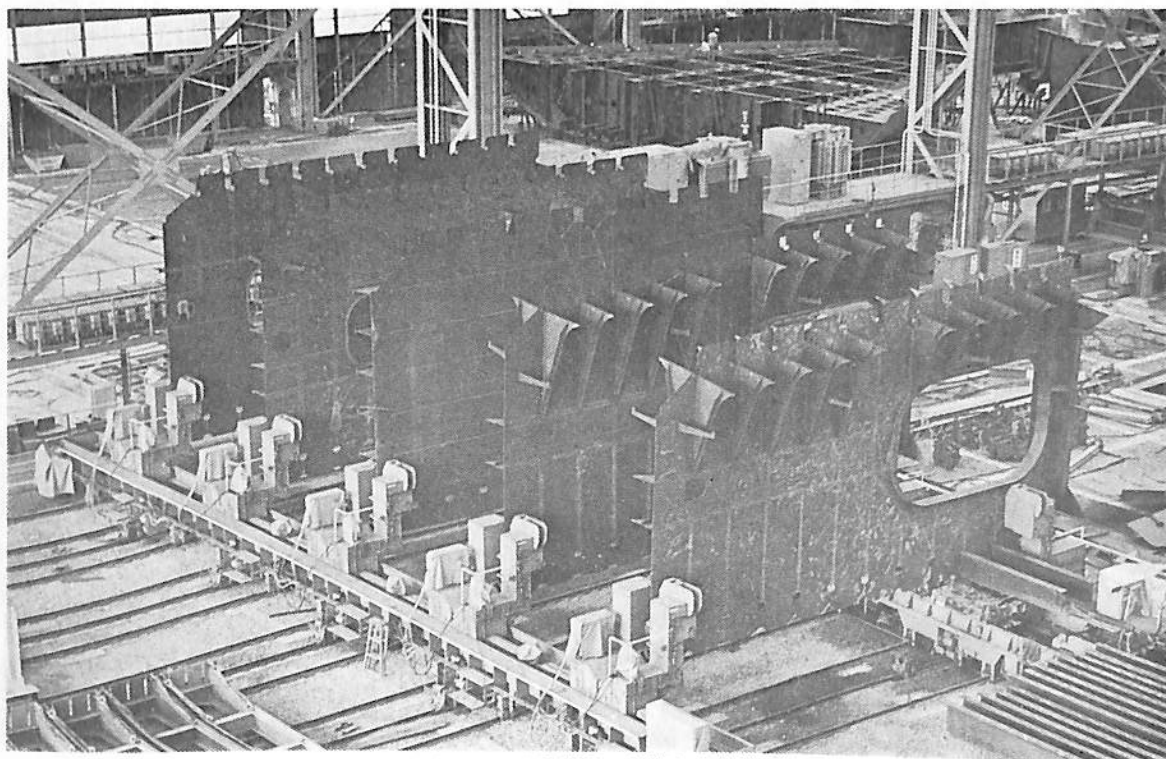
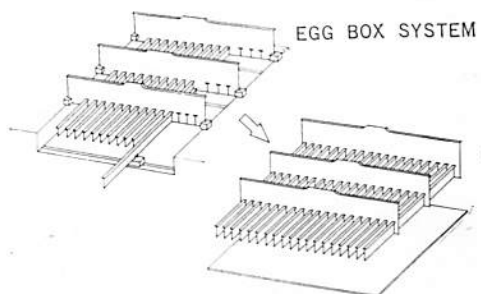


写真 13 当社開発の井桁組立装置



写真 16 非平行部ブロック組立工場

ジを大きく変えた。当社では、この組立方式を SEA SYSTEM (SUMITOMO EGG BOX ASSEMBLER SYSTEM) と呼称している。

写真 14

板継ぎ、井桁組立後の平行部構造ブロックは、二連延 400 m の本コンベヤーラインを区画ごとに移動する。

ラインには自動肌付装置、自動水平隅肉溶接装置と続き、仕上、検査区画を経て、リフター区画に搬送され、出棟する。

このように平行部ブロック組立は、板の片面自動溶接、井桁立向隅肉自動溶接、水平隅肉自動溶接と完全に総ての工程の溶接が機械化されており、手溶接作業は一部の手直しのみとなっている。

また、本ラインでは最大 300 T のブロックまで製作可能である。

写真 15

内業工場からのブロック搬出、搭載準備場、ドックサイドへの搬出入に欠くことのできないもので、油圧サスペンション機構(最大ストローク 340 mm)を装備しており、22 m×15 m×15 m 最大 300 T までの組立ブロックを運搬できる。

また、近く 600 T 自走式が入車する予定で、総組ブロック(重量 600 T)の運搬に当たることになっている。

写真 16

組立工場 2 棟約 37,000 m² が曲り外板等のブロックの組立に当っており、20 T~120 T OHC 8 台を備えて、ブロックの大型屋内化を計っている。

定盤のほぼ全面には、高さを任意に調整できる受け治具が配置され、ブロック組立に必要な曲面形状の形成が短時間に正確にできるようになっている。

写真 17

敷地約 130,000 m² と広大な面積を確保し、従来の建



写真 17 ドックサイド、搭載準備場全景

造ドック内の作業を極力地上に移し、高い品質、精度と
綜組による大型化を計るとともに作業環境の改善を主眼
としている。

地上の艀装、塗装、足場架設等、搭載準備作業のため、
200 T LLC, 30 T LLC, 10 T 門型 C, 各1 台の他、
3 T ホイスト付自走移動屋根 4 棟を備えている。

また、省力化設備としては、ブレエレクションの装置化、
巨大ブロック総組装置 (GAMMA) 等を設置し、
ブロック結成に伴う溶接の自動化、間違い直しの機械
化、足場機械の装置化を計っている。

写真 18

建造ドックは前述の如く、両開き式セミダンダム方式

を採用、長さ 560 m、巾 80 m、深さ 12.6 m で中間
ゲート 1 基に対し、4 カ所の戸当りを合理的に設けてあり、
建造船の船型に対応できると共に 2 隻併行建造を可能とした。

また、地上から渠底への資材運搬トンネルは大型トラ
ック、トラッククレーン等も通行可能で、その効果は大
きい。

付属設備としては 300 T GC 2 台、30 T HHC 2 台、
30 T LLC 1 台を設置し、最高 600 T までの相吊り搭
載が可能である。300 T GC には旋回天秤 (360° 旋回
可能)、多点吊りブロックローダーを使用して玉掛作業
の容易性と安全性を高めている。

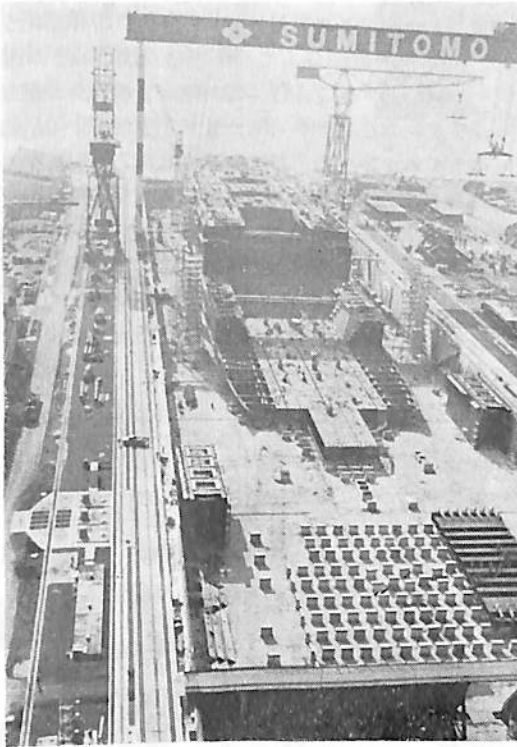


写真 18 建造ドック (ゴライアス相吊り)

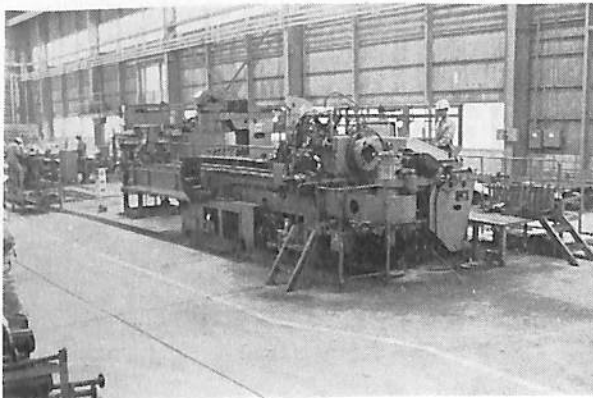


写真 19 管 工 場

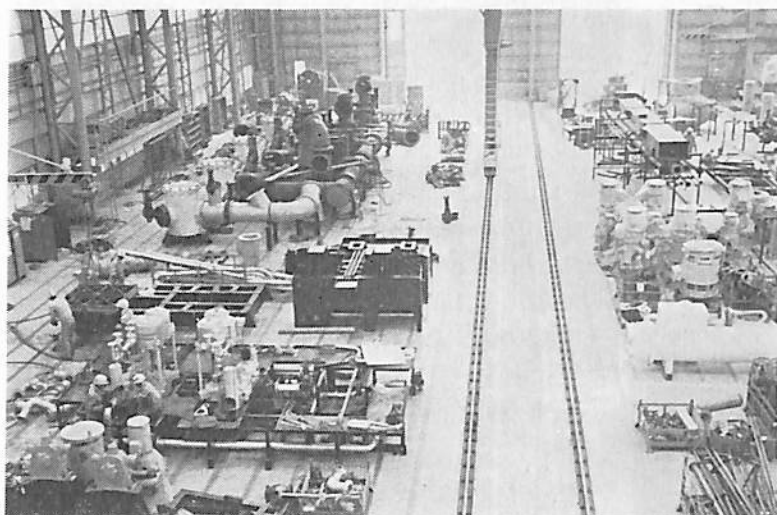


写真 20 ユニット工場

その他、機関室区画艤装用 3 T 高架クレーン 2 台、建造船への昇降用エレベータ (50 人乗、9 人乗) 2 台、動力供給タワー 2 台、スケーリングタワー、曲り外板用槽足場等を設けている。

写真 19

管工場は約 4,000 m²、最新鋭の自動パイプベンダー 3 台の他、自動高速切断装置、自動フランジ組立溶接装置、大経管フランジ自動溶接装置、パイプ自動ガス切断装置等を一連の流れ作業として配置し、結果としては自動化に伴う品質、精度、安全、能率等の向上に大きな効果を挙げることができた。



写真 21 集配工場

写真 20

ユニット工場は約 3,700 m²、移動屋根付で 30 T までのユニット化が可能であり、機室、ポンプ室の甲板上の装置、上甲板荷油管系統のユニット、高温、高压管の大形ユニット化を計っている。

写真 21

集配工場は 3 棟約 5,600 m² からなり、重量品の格納から一般艤装品、小物品のパレット整理等集配材を一手に引受けている。

また 30 T LLC のリーチ内にあり、移動屋根利用の屋外格納、搭載準備も行える。

写真 22

長さ 650 m、水深 -9 m、南北繫留とし、15 T LLC および動力タワー 2 台を備え、防波堤と相まって大型船 2 隻の直列繫留が可能である。

以上が追浜造船所の全貌であるが、読者諸賢の御批判と御叱正を戴きながら、これまで紹介した各種の新鋭機械への習熟のために、当造船所全員、なお一層の努力を傾注する所存である。

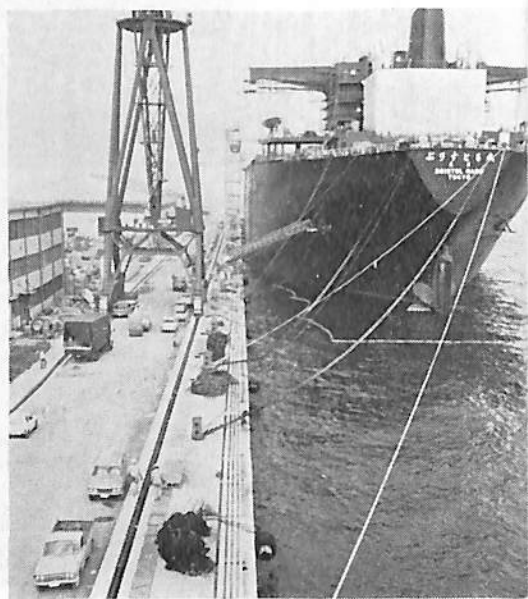


写真 22 艤装岸壁

航法の大革新—

田 口 一 夫
鹿児島大学水産学部

オメガ・システム

1. はじめに

“オメガ航法システムは……?”という質問を、数年前にした時には、“なんのことだい? それは時計かい?”という答しか返つてこなかつた。ところが、現在では、“早く完全に使えるようにしてもらいたい。対馬局はいつ完成するのか”。と逆に問い返えされる始末である。このように衆望をになつた航法システムを、今までは見出せなかつた。航法システムの有難味などは、陸の人にとっては全く理解に苦しむところで、それだけ長い間裏方として奉仕してきたが、今やまさに脚光を浴びようとしてきた。現在、双曲線航法のパイオニアたるロラン A は、5トン程度の小型漁船に続々と装備され、“位置のわかる”ということの意義をたつぷりと感じさせてくれている。こうした事実は、全く古くて新しいことながら、航法そして位置決定ということの価値を、再認識させるものである。

本論では、オメガ航法システムの現況と概要を述べるが、各社の受信器の詳細については、他の執筆者の方々が分担されることになる。なお本システムは、受信器というハードと共に、VLF 伝搬現象の解析、そして航法のソフトという、3本の柱から成立するもので、そのいずれをとつても、非常に広範囲にわたることは、従来の航法システムと大きく異なる点である。

2. オメガシステムの現況

2.1 オメガ局

オメガ・システムは、僅か8局で全世界をカバーする伝搬範囲を持ち、24時間中、地球上のいかなる地点でも船位を決定できる。このため、一種の受益者負担方式で、国際間(日本、アメリカ、フランス、オーストラリア、ノルウェー)の協調によつて、システムが運用される。くわしく言うと、送信機は8局とも米国側の供与であつて、アンテナ、局舎の建設および局運営は、当該国の責任で行なわれるものである。

この中4局が現在完成して、新設局ノース・ダコタは試験局であつたニューヨーク局(1972.11.29 送信停止)に代り、1972.10.1より完全なる送信に入つた。出力10kwの正規送信と北方伝搬であるから、わが国でも極めてよく受信されていて、8局完成後の他局の受信状態は大変明るいと思われる程の力強さである。

ノルウェー、ハワイ、トリニダットの各局も、それぞれ完成局への工事中であつて、輻射効率の改善にアンテナとアースを増強し、新しい送信機との入れ換え中である。

このため、工事の最終段階には次の期間送信停止が予定され、次いで正規送信に入る予定である。ハワイ(1973.2~6)、ノルウェー(1973.6~10)。

1972年秋における他4局の建設状態は、概ね次のようである。

日本……450mのタワーの構造力学が、電気工学上の問題は一応解決された。鉄塔の組立工事を準備中であるし、送信機は1972年12月に送り込まれる。1973年秋には試験電波が出され、同年度中に完工予定となつている。また、モータ局を関東地方に建設すること、および全国にモータ点数個所の設置計画の段階に入つている。

レ・ユニオン島……目下、局全体の設計中であるが、バレー・スパンかタワーにするか、アンテナの形状は未定である。

オーストラリア……敷地の決定は1972年秋にようやく終つた。開局は最後になりそうである。

アルゼンチン……西半球のオメガ海図には、すでにこの局の位置によつた双曲線が印刷されている。かなり早く送信されるものと思われる。

これらオメガ・システムの開設に際しての、多国間の協調問題などの折衝と、技術的アドバイザー的役割を果していた、米国海軍のオメガ・プロジェクト(PM-9)の主業務はやや峠を越した。米国の管理する各オメガ局は、コースト・ガードがロラン局などと同様に運用することになつている。各局の設置進行に伴い、これらの管理部門は整備拡充され、ワシントン特別区よりオアフ島(ハワイ)に移転した(1972.9)。

2.2 受信機の普及状況

米国内、ことに東岸での漁船には1971年~1972年に数百台が短期間で装備された。自動化オメガ受信器と競合するとみられていた NNSS は、その精度、利用の絶対安全性および実際の保守面などを含めての価格比において、初期に考えられていたほどの優位を認めることはできなくなつたので、相対的にオメガの地位が上がつたようである。この結果、現在は、世界中のオメガの懷疑論者は後退し、実用段階に入つたといえよう。

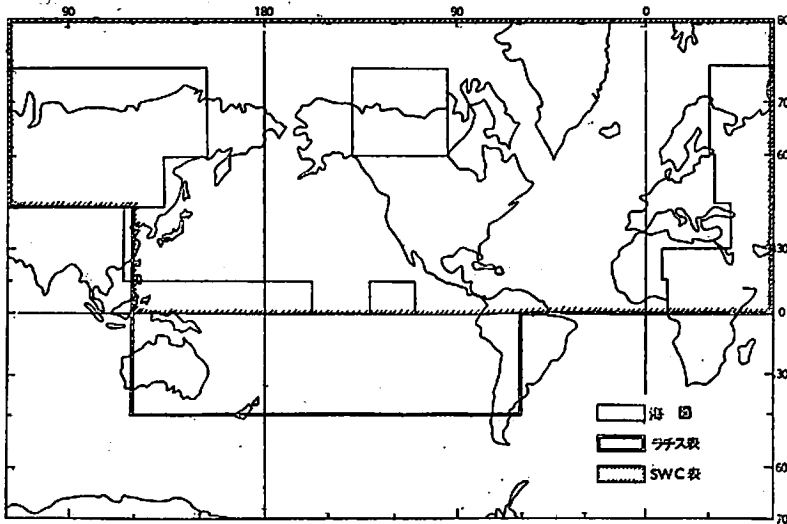


図1 オメガ海図・ラチス表・SWC表の現況(1972.7現在)
枠の中のみ発売。ただしこの範囲内の一部ペアのラチス、SWC表が
発売されているものも含めている。

わが国の一般商船界は、新造船についてオメガ受信器を、一部採用し始めたが、航海士の削減という直接のメリットがないために、緩やかなテンポで設備されている。自動化船の旗印のもとに、電算機との組合せを考えて、最近の新船の計画および試験中のものもある。一方漁船では、大洋中における船位決定の精度をあげ、漁業の記録もとれることから、積極的に搭載する機運にある。それを阻んでいる大きい原因の一つは、海図(SWC表も含め)の発刊範囲が狭いことにある(図1)。米国水路局は目下印刷に全力をあげているとの返答であったから、可及的に整備されるであろう。海図が発刊されている北西大西洋、アメリカ近海への出漁マグロ船およびわが国近海のマグロ・カツオ船は、100トン余であつても装備しているものがある。これらは1972年秋で約150隻余と考えられる。対馬局と海図の完成によつて、漁船への装備は促進され、500隻の線は極めて近い将来に達成されるであろう。

1970年に国産受信器が発表されて以来、各社の開発競争が続いているが、こうした傾向は、本号および次号に掲載される各社の数からも明らかであろう。このことは外国でも同様で、自社で開発しない場合は、他社との技術提携、ノック・ダウンをしていて、いずれにせよ最後の航法システムに賭けた熱意は烈しいものがある。オメガ局の開局が年単位で遅れているが、反面時間的余裕ができ、受信器は評価が充分に行なわれる傾向にある。ユーザからみると、大変喜ばしい。この開発プロセス

はロラン・Cシステムの時のような慌しく導入されたのと異なるから、当初からユーザは安心して使えるであろう。

こうした絶間ない努力の結果、初期の価格の数百万円の掛声は、現在大まかな価格として200万円前後まで低下した。既述のように本受信器は、ロランA受信器と同様、漁業上のメリットは極めて大きく、この価格によつて、2台装備への可能性が示唆される。

本システムを航法上から考えよう。24時間の使用可能性、いかなる地点でも受信でき、しかも精度が昼間1哩、夜間2哩である時、これに対抗すべき他の航行援助システムはない。換言

すれば、天測技術の勝る点は価格のみである。それもオメガと天測による精度比較と、保険料、燃料費の低減がバランスすれば、船舶職員法の改正なくしても、オメガ船位が主流となるであろう。それは、航海士の誇りであつた六分儀を奪うことであり、航海上の輝かしい技術革新に相当するといつても、過言ではないであろう。

以下、システムの概要を現在の時点に立つて述べるが、システム自体が幼年期なので、完成したものでないことを初めにお断りしておきたい。

3. 双曲線システムと VLF 伝搬

3.1 VLF の開発史

双曲線システムとは2点(送信局)間の距離差が一定な点の軌跡(双曲線)を利用するもので、基本的には、電波を媒体として用いる。すなわち2点間の距離を、電波の伝搬時間に置換え、それらの時間差(距離差)を計測し、予め用意されている計算双曲線(表)によつて、双曲線を地球表面に描く、すなわち位置の線である。この考え方は、第1次大戦中の陸上戦において、大砲の位置を探るのに使われたが、音波の伝搬不安定と、聴音後に時計を目視する計測のタイム・ラグなどを含め、精度の向上はさほど期待できない。媒体を電波にすれば、遠距離をカバーできるが、 $3 \times 10^8 \text{m/sec}$ の速度を測るのは困難である。従つて、微小時間の計測法が確立された。第2次大戦の末期まで本システムは成立し得なかつた。

こうしてロランAとデッカ・システムが確立したが、

戦後広く使われるにつれ、色々と欠陥が目についてきた。それは主として、伝搬範囲と精度に関してであるが、ロランの開発の一員であつた J.A. Pierce 教授も当初から知っていて、ロラン A の開発直後からその改善研究に着手している。

時間計測には、パルスを使うロラン族と、位相によるデッカ族があり、前者は測定の容易さと中距離範囲を、後者は精度の向上と近距離をカバーするのが特長ともいえよう。使用者としては、両システムの長所が望ましいのだから、折衷策としてロラン C が生れた。また周波数はロラン A……2 MHz ロラン C、デッカ……100 kHz と次第に低周波に移つてきた。低周波の特色は、減衰が少ないから遠距離をカバーできるが、反面雑音が急増することである。また送信局の設備、ことにアンテナ系の建設には、技術的・経済的な困難が増大する。

一方、世界中の時刻標準を、同一時刻系に置き換へたい希望があつて、VLF 電波を利用する研究がされていた。Pierce はこれに目をつけたが、戦後の米国ではそれへの賛同を得ることができなく、英国の GBR 局から 16 kHz を送信して貰い、VLF 電波の安定性を確認した。VLF は、以前といつても昭和初期には通信に盛んに使われていたので、その技術面からは新味がない。当時の使用目的は通信であつたが、急増する雑音と設備の面から、短波の方が有利なために、VLF から撤退したのである。戦後のリバイバルとなつた VLF の使用は、伝搬の安定性を利用することにあつた。しかし測定するには、比較すべき時刻標準の精度が高くなければ、チェックする手段がないが、幸いに水晶発振器の高安定化に続いて、原子周波数標準が作られ、これにより容易に測定できるようになつた。この技術は、本航法システムの基本的要件であつて、オメガ・システム開発の発端となつた。

双曲線システムの泣き所は、2局からの電波の発射時刻を、常に同期させておかねばならないことで、2局間の相互同期方式がとられている。それには、電波が安定して伝搬できる距離が、絶対条件であるし、反面、この距離範囲内にしか送信局を設けることができない。しかし、原子周波数標準のように、300年で1秒間の遅れという安定度の発振器を使えば、相互同期は必要でない。従つて、両局間の距離(基線長)の制約が無くなつたわけで、VLF を使つて長基線にする双曲線システムが初めて可能となる。

現在の VLF 技術では、基線長を 90 度(地球を半周)にすることさえできる。超長基線の特色は、双曲線の発散が少ないことである。双曲線の交角 θ によつて、位置

の誤差範囲は $c\theta \sec \theta$ で変るから、理想的には 90° が最も望ましい。ともあれ、上述の時刻の統一化を試みるのに用いた、LF、VLF の実験結果から、VLF の導波管理論が導き出された。

3.2 導波管理論

VLF (3-30 kHz) の波長は、超長波といわれるように大変長く、10 kHz (5 kHz) とすると 30 km (60 km) にもなる。

また地球上空の電離層は、VLF のような低周波に対しては、反射率が高く、鏡のような効果すら持つている。さらに地球表面も同じ効果を呈する。VLF 帯の電離層高さは、60~90 km であるから、VLF の波長にかなり近くなる。こうした状態は、レーダの導波管と似ている。導波管を使う目的は、電波のエネルギーを洩らすことなく伝送することにあるが、VLF の超長距離伝搬も同じように説明ができる。しかし大自然の導波管は、上述の効果のように単純ではないのは当然であつて、大まかにいえば、電離層の状態は太陽によつて支配されるからである。さらに電子の運動に影響するものに、磁気(緯度)、太陽爆発、伝搬方向などもある。

昼夜の別による電離層の高さから、伝搬状態(電気力線)は図2のように表わせる。アンテナからの電波が導波管内を伝わる時には、図中の1次モード以外にも、2次、3次モード……といった形式の伝搬様式をとるが、ここでの優勢モードは、周波数と電離層高さによつてきまる。安定したモードは1次モードであつて、地球・電離層の導波管内では、10 kHz オメガ帯の他のモードは、距離とともに急速に減衰してしまうことが多い。しかし、局から 600~800 哩あたりまでは、2次モードも干渉するだけの十分な強度があるので、伝搬が不安定となつて、本システムは使用できない。送信局からの不使用範囲の距離を確めることは、今後の研究課題である。

昼夜間の交代による電離層高さの変化モデルは、図3のように表わせる。なお図中では位相遅れを上方にとつている。ここでは反射高さと、伝搬速度は逆比例関係に

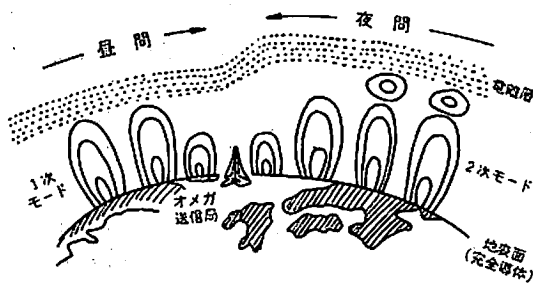


図2 電離層・地球導波管の VLF 伝搬

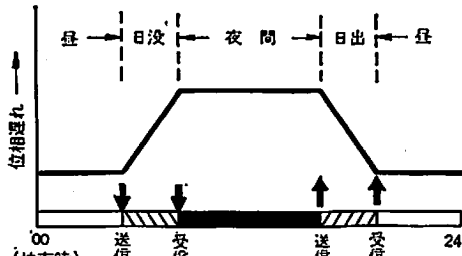


図3 日変化曲線 (受信点の東に送信点がある場合) 矢印は日出没時

あるので、電離層の高くなる夜間の速度は遅くなって、位相は遅れてゆく。昼間になる時には、これと反対だから進相となる。昼夜間とは、送受信点とも昼間、夜間状態にあることをいつているが、この時には電離層高さが変わらないので、位相変化はなく水平に示される。しかし昼夜間の交代期では位相変化するから斜めになる。曲線の傾斜角度は、送受信点間の距離によつてきまるが、送受信点が南北にあると、直角になる。

以上のように VLF 伝搬時において、位相は日出没時と相関して規則正しく変化するから、これを位相日変化

とよぶ。位相日変化の反復性は極めて秀れ、しかも安定しているので、日変化の予報は可能である。従つて、本システムの船位誤差が昼間1哩、夜間2哩というのも、日変化曲線の標準偏差に相当する、距離換算値である。

実際のオメガ受信器読み取り値とは、地表波によつて計算したオメガ双曲線の値に対し、上述の昼夜間の位相変化量を加えたものである。よつて、日変化位相差を空間波修正量 (Skywave Correction, SWC) とよび、これらをまとめたものを SWC 表としている。

このような導波管モデルにおける、パラメータは単純な電子密度のみでなく、地磁気緯度、大地導電率などが入っている。しかし、実測データがなければ、それらのモデルの改善ができないので、わが国をカバーする SWC 表は、現在実測値と相違することが多いのも、止むを得ぬであろう。

電子密度は、太陽照射によつて支配されることが多いし、太陽活動の強弱は、太陽表面の黒点数を目やすとしている。最近の黒点最盛期は 1967~1970 年であり、1972 年はやや黒点数が減少して静止期に向う途中である。太陽周期は約 11 年であるから、上述の SWC 表もこれに対応して、毎年改正すべきであるが、費用の点もあ

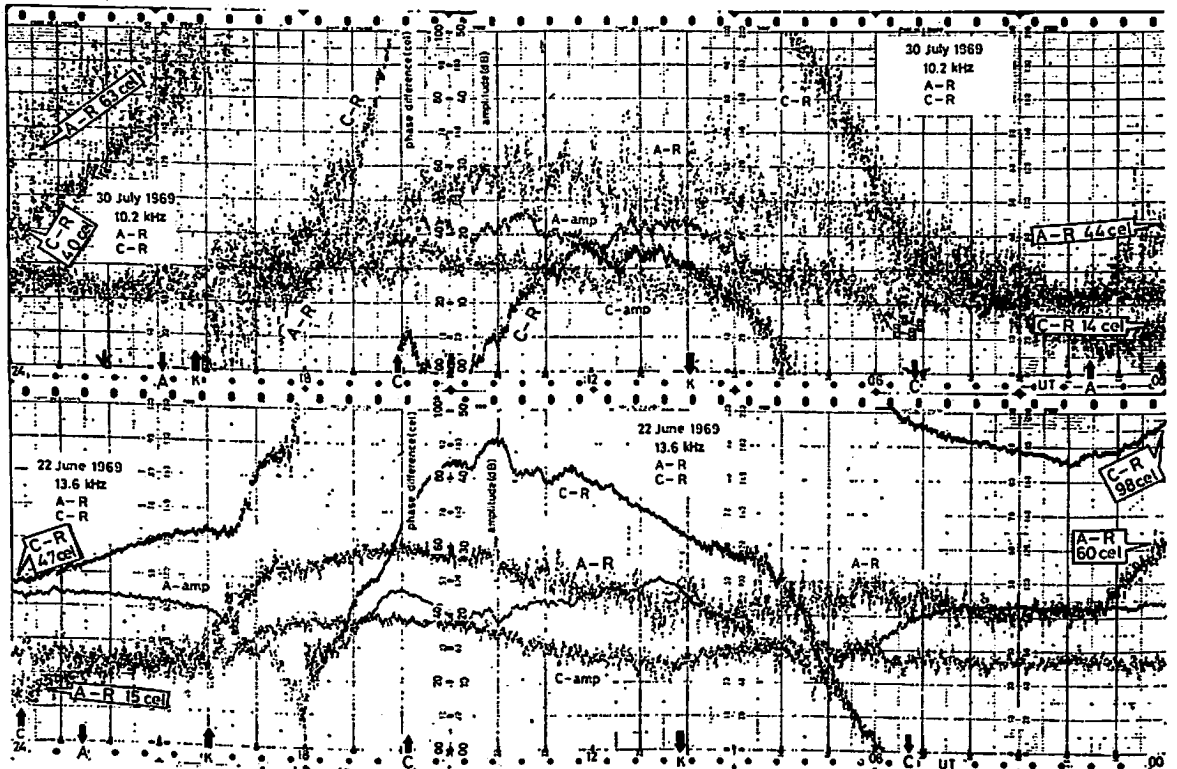


図4 オメガ記録 10.2 (図 a), 13.6 kHz (図 b), A-R, C-R と A, C 局電界強度 (amp) 鹿児島測定

り、変化量の大きさが確定していないので、現在ははっきりした規準で改正はされていない。

位相日変化の実測例として、図4に10.2kHzと13.6kHzの鹿児島での結果をあげる。ハワイ局はほぼ東西伝搬であるから、送受信点の日出没時と、位相変化は一致するが、ノルウェー局のそれらは、北極圏を通過するために複雑な変化パターンとなっている。周波数の違っているa, b両図では、記録がある幅を持ち、航法上は誤差量になる。その原因は10.2kHzと13.6kHzでは30%の周波数差であり、送信機の出力が同じでも、後者の放射効率が良い。即ち信号対雑音比(S/N比)が改善される。またVLF帯では、雑音が指数的に急増するが、13.6kHzは10.2kHzよりその影響が少ない。これら両者の総合結果から、13.6kHzの変動幅は狭くなる。システム設計段階では、10.2kHzは雑音に影響されやすいが、伝搬の反響性が秀れる点を買って、10.2kHzを第1の使用周波数にしたということになっているが、筆者の測定した限りでは、そうした事実は認められない。また米国海軍電子研究所が、ベーリング海峡で行なった測定結果でも、むしろ13.6kHzの方の標準偏差が小さい。ただ、正規出力になると、S/N比も著しく改善されるので、10.2kHzでも充分に使用可能になるかもしれない。ともあれ現システムでは、海図類とSWC表は、すべて10.2kHzで算出しているから、一般には13.6kHzを選択使用する余地はないのである。

3.3 伝搬異常

オメガ船位精度は、SWC表すなわち電波伝搬の反響性によつてきまるものであるが、この表にのらない予報不可能な伝搬現象があると、当然誤差が生ずる。これらを一括して伝搬異常としたが、航法として問題なのは、異常の大きさと継続時間である。

VLF伝搬上の妨害とは、基本的に電離層-地球間の導波管の形成状態が、擾乱されたことによつて生ずるものと、突然の雑音急増によるものに分けられる。前者では日変化曲線が乱され、後者では全く受信不能となる。

電離層内の電子の状態に著しく影響するのは、太陽であったが、SIDという太陽爆発による種々な効果のために電子密度が異常増加するからである。また地磁気勢力の強い極圏およびその近傍を通過する伝搬経路では、磁気異常が影響する。

SIDによる電子密度の異常増加は、その期間中VLFの反射高さを低くすることになり、電離層が夜間から昼間に変る時と同じで、位相が進む。これを急始位相異常(SPA)とよび、伝搬経路が太陽の日照圏にある場合にみられる現象である。加えて、経路が高緯度にある時には、比較的生じやすい。この他にも種々の条件があるが、ここでは省略した。SPAは太陽爆発後数分にして発生するが、それぞれの伝搬経路に影響する時刻には遅速がみられる。従つて、位相差も変化するが、大きさの20cel(距離換算で約1.6哩)をこえるものは少ないようである。

図5は北太平洋で得たオメガ双曲線の記録の1例である。船が双曲線の向きとほぼ同じ針路で航走しているとACベア(レーン番号1036)のように測定値の0celは0100から1130頃までかかつて、1サイクル変つていくように、記録の変化はゆるやかである。しかしCDベアは792レーンから減少(下向き)してゆき、その記録間隔はほぼ等しい。針路・速力一定ならば、双曲線の間隔は等しく記録されねばならないし、そうした海面での等間隔記録は、伝搬が安定していることを意味するから、こうして出した一定時間おきの船位は等間隔で並ぶ。この点は航法上非常に有用で、これから針路・速力が推定できるし、一種の航海モニタと称する由来でもある。

また記録の線の太さは、電界強度に比例するもので、このACとはノルウェー局、ハワイ局を、D局はトリニダッドであつて、信号強度は近距離にあるACがCDより高いのは当然で、この図もそれを示しACベアの位相差記録の線は細い。勿論ACベアの方が変動幅が少なく、船位誤差が少ないことにもなる。

オメガ記録は通常、図5のように表わされているが、伝搬妨害を受ければその記録は直線の変化にならない。

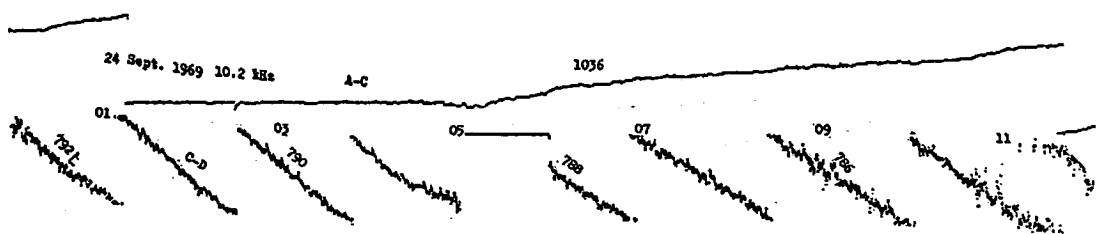


図5 オメガ記録 10.2kHz, A-C, C-D ベア。C-D ベアの05-06時は、D局送信停止

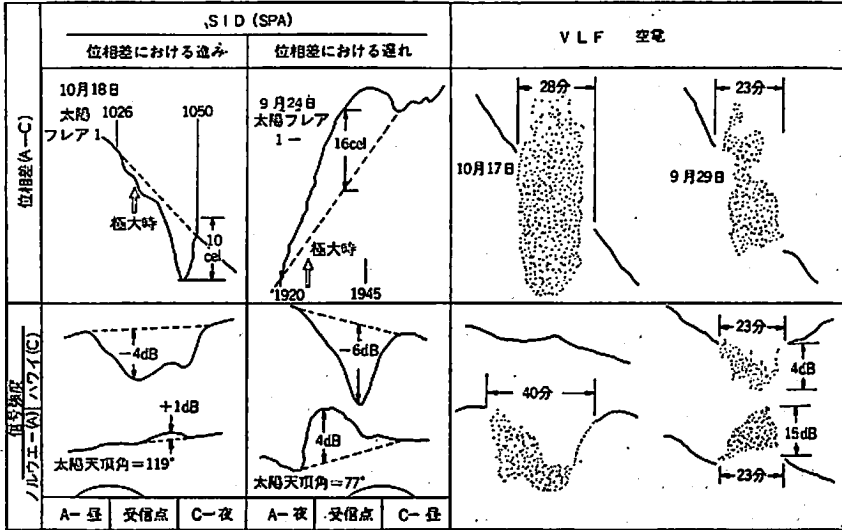


図6 SPA とVLF 空電によるオメガ記録 (北太平洋), 1971

図6は太平洋横断実験中にえた記録より、SPAの現象を抜き書きし、信号強度と共に記録させたものである。SPAを信号強度の変化から検出するのは、比較的容易なので、こうした方法を使うと、SPAの発生をリアルタイムで検知できる。

太陽は陽子、電子を秒速数百兆の太陽風として常時吹出しているが、地球はその真つただ中にあるから、地球上の生物は吹き飛ばされる筈である。しかし、地球の自転軸に棒磁石があるような形の、磁力線が地球周辺を取りまいていてから(図7)、これが太陽風の侵入を防いでいるので、何等の影響をうけない。この境界が衝撃波面であつて、地球の昼側では、真向うから押しつけられるので、地球半径の約11倍の距離にあり、夜側はずつと尾を引いている。

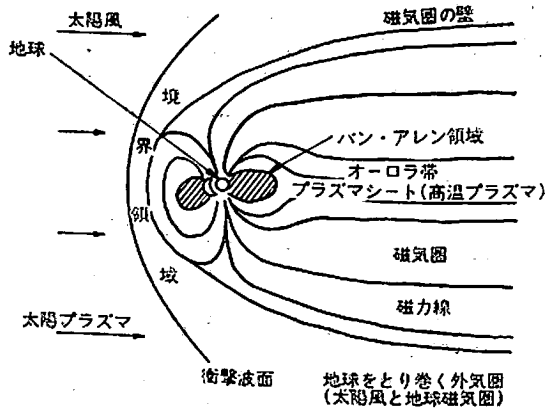


図7 地球をとりまく外気圏 (太陽風と地球磁気圏)

地球磁力線の勢力範囲を磁気圏というが、磁気圏が最も狭い地球の両極(極圏)には太陽からのプロトンがふり注ぎやすい。ことに太陽爆発後には、著しく多い荷電粒子が降下するから、極圏を通るVLF径路では、位相異常が生じる。太陽黒点の多かつた1968年に、極圏に近い英国では数日間も位相異常の続いたことがある。しかし、低緯度になると、その効果は弱くなっている。

極圏、オーロラ圏近くの伝搬現象というが、VLF

に関する種々な現象は、未解決のものが多い。中でも雑音については、従来短波帯の通信妨害の解明に力点がおかれ、それ以外の分野では、さして取り上げられていなかった。2回の太平洋実験中では、毎回アリューシャン群島、ことにベーリング海に入ると、強烈な雑音によって、受信が途切れることがあつた。

この現象を初心者がみると、まるで受信器が故障したかのように思うであろう。時間としては、20分以下のことが多いが、時とすると、50分にもなっている。幸いに前後の記録は継続しているから、この妨害中のみ船位が出せないだけである。実験中といつても航海中だから、短期間なので、受信器に異常はないが、長期間の場合の予測はできない。終年この海域で漁業をする船は多いので、さらに実験をして確かめる必要のあるところである。

わが国船舶の主要航路である、日本-北米の大圏航路において、北極を中心として現在の4局の伝搬径路を描いたのが図8である。伝搬に影響する、極圏・オーロラ圏を通過するのは、ノルウェー局の径路だが、トリニダードとノース・ダコタ局は、径路の半分近くがオーロラ圏と平行している。この平行とは、磁気緯度に平行するのと同じで、西むき伝搬であるから、信号の減衰が一番大きいことになる。もつとも、地理的には北方伝搬にはなるから、注意しないと間違える。またオーロラ圏の位置は、この図の範囲から変らないのではなく、むしろ全体的には常に動いているといつた方が適切である。しかも、緯度部は波打っているし、太陽活動の激しい場合には、この位置よりさらに南下することも稀ではない。従

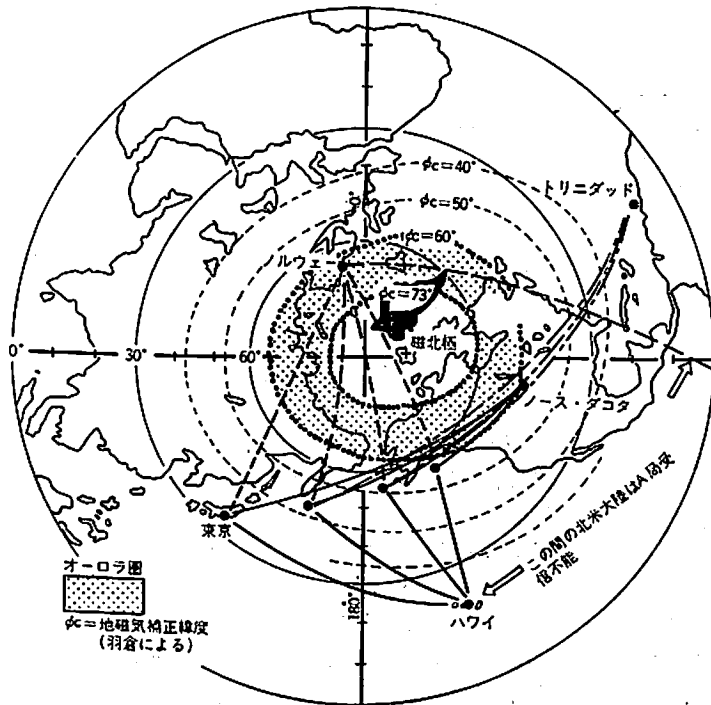


図8 日本—北米航路(大圏)への現4局からの径路

つて、極圏通過の径路は避けたいが、本航路におけるこれらの局は、位置の線の交角および精度から欠かせないものである。ことにノース・ダコタ(D)と対馬(H)ペアの、基線近くを大径航路は通るので、位置の線の発散も少なく、好ましい精度が予期できる。このように、オメガ・システムを活用するには、受信点までの信号到達径路を考慮せねばならない。

ノルウェー(A)の電波が、グリーンランド島の氷原を横切る場合には、電波は氷原に遮ぎられてしまう。このため図8にあるように、北米大陸から中米ユカタン半島附近までは、A局信号の不受信地帯となつている。しかし、氷原の状態と季節により、この圏の範囲は変化をしているようである。同じ現象は、南極大陸の氷原でも考えられるから、昭和47年秋出発の南極探検では、“ふじ”ならびに昭和基地で、オメガの測定が行なわれると聞いている。

4. オメガ・システムの基本

4.1 信号の送信方式と位相差測定

オメガ・システムには、電波として輻射可能の最低限である10~14kHzが航行用として割当てられた。こうした低周波域となると、パルス形成はほとんど困難なために、持続波の位相差による双曲線システムを用いる。

持続波の位相差測定では、信号の自動追尾が容易であるから、一度位相を掴えれば、以後は自動的に位相差表示ができる。このために自動記録も簡単になるなど、デッカ・システムをさらに一段と改善した方式ともいえるし、まさに現代の自動化航法として最適である。

しかしながら、位相差測定方式では、航走により位相差が1サイクル(0°—360°)変化すると、次のサイクルでは再び0°—360°を測定する。一方、10kHzの位相差(距離差)の1サイクル(レーンとよぶ)は、基線上で約8哩に相当するから、もし船が最長8哩走ると、次のサイクルに入ることになる。従つて8哩ごとに、新しいサイクル0°—360°の位相差を測るわけで、実際には測得位相差がどのサイクルのものかを判定させねばならない。これをアンビキティがあるといい、位相差測定方式の避けることのできない宿命

である。このため、航走にあつては、まず最初に自船のいるレーンを決めておかねばならないのである。位相差測定は、パルス測定より精度が良いが、こうした場合のレーンを間違えれば、少なくとも8哩の整数倍の誤差になる。

アンビキティの解決には、種々な方法があるが、本システムでは10.2kHzの他に、13.6kHzと11½kHzを用いて、それらとのビート周波数(低周波)の広いレーン幅における、粗精度の測定を行なう方法による。しかし、既知の位置にて測定すれば、上述のようなアンビキティは発生しないから、問題はない。ただしそれには、受信器と送信局が連続して作動をし、伝播妨害がなければ、という条件をつけねばならない。種々の制約条件のために、現在はこうした前提で、10.2kHzしか使用できない形となつている。

位相比較をするには、2局の周波数が等しくなければならぬが、同一時間に同一周波数を輻射したのでは、たがいに干渉してしまい、位相差測定は不可能となるから、オメガ・システムは時分割方式による送信を行なう(図9)。8局は同一周波数を、自分の持ち時間のみ、割当て(フォーマット)に従つて順次輻射する。1周期10秒間で0.2秒の間隔をとり、各局とも約1秒間送信するので、パルスのような形ではあるが、持続波とみなすことが

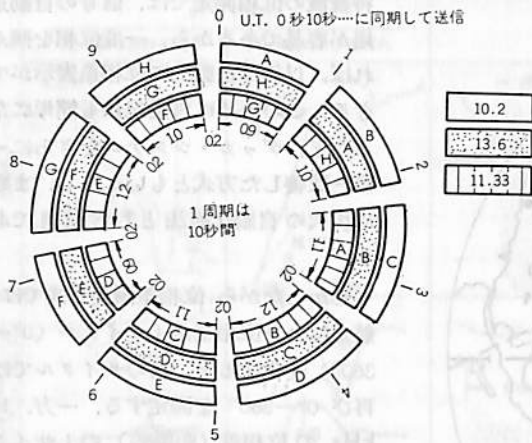


図9 オメガ送信フォーマット

できる。

各局は先にあげた3周波以外にも、2種類の周波数を約5秒間輻射し、結局5種類の周波数をそれぞれ輻射する予定である。しかし、これら2周波数(ユニーク周波数)の利用方法は未定で、1973年以降に検討される。図9は各局の送信フォーマットを示すものであるが、見やすいように、3周波数のみにした。これらの時間軸、正確には毎周期の0秒、10秒、……はUTC(協定世界時)と一致するように、セシウム原子標準にて制御されている。

この図からも明らかのように、ある瞬間に例えば10.2kHzは、必ずある局からしか送信されていないのである。逆に受信する立場でいうと、これら信号の送信フォーマットと一致する時間割を、受信器内の受信フォーマットとして作るような、ゲートを必要とする。さらに、

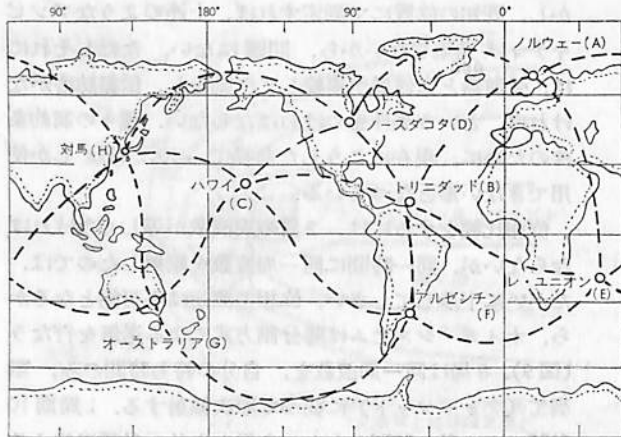


図10 オメガ送信局とその基線

送受信フォーマットの時間軸を完全に一致させれば、以後自動的に受信されるが、もし同期が外れれば受信はできなくなる。

4.2 送信局

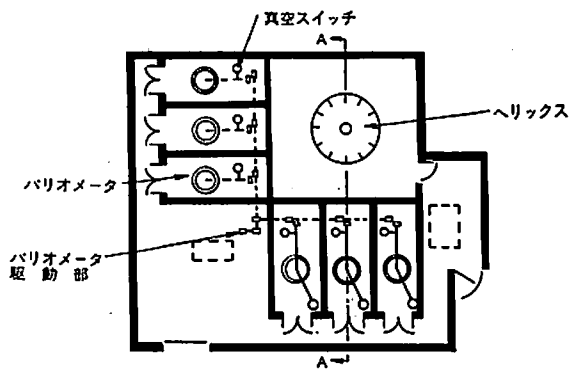
8局の送信局の配置(図10)をきめるに重要な配慮は、基線が減衰の大きい方向である、磁気赤道と一致(または平行)しないようにした点である。理論的な配置は6局で充分であるが、理想的な地理的配置にならないためと、故障に対処する目的で8局とした。従つて双曲線は28本の組合せとなり、地球上のどの海域でも5~6本の双曲線により、船位決定ができるから、精度と信頼度が高くなる。

VLF局建設の一番の難関は、アンテナであつて、輻射効率 η は波長の4乗に逆比例するとさえいわれる。導波管理論からいうと、電離層高さにマッチするには、10kHzより低い周波数の方が望ましい。ともかく、オメガ周波数の波長30km(導波管内の波長ではない)の輻射効率をよくするには、アンテナ系をいかに大きくせねばならないか想像されよう。そこで、鉄塔建設の技術的困難と経済性から、ノルウェー局はフォルドを、トリニダッド、ハワイ局では噴火口という自然を利用することが企画された。しかし、予期した費用効果がえられず、しかも設計にあつて諸特性の算出が困難なために、現在は高さ400~450mの鉄塔によるアンブレラ形アンテナが有利とみなされている。わが国が建設中の対馬局でも、450mの鉄塔を舟志湾中央の半島の先端に立てたアンブレラ形アンテナで、接地線は海中に入れて効率を上げています。建設は、海上保安庁電波標識課が行ない、技術データは文献〔1〕にある。

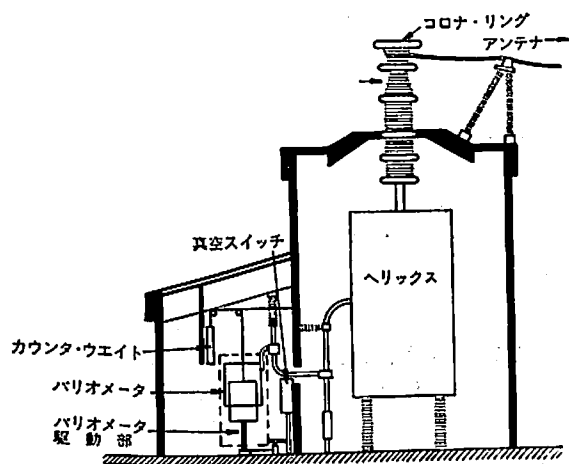
図11はトリニダッド局の模型により、[アンテナ系の特性を測定中であるが、このようにしても実際の特性を、シミュレートできなかつたといわれる。全8局の送信機は、米国Litcom社が製作



図11 トリニダッド局の模型によるアンテナ・アース系の測定試験



(a) 平面図



(b) 断面図(A-Aよりみる)

図12 オメガ送信局ヘリックス舎(ノース・ダコタ局)

するが、ノース・ダコタ局のヘリックス局舎の概要を図12に示した。オメガ送信機からの出力は、所要の周波数でアンテナより効率よく輻射し、しかも位相を制御するには、ヘリックスを用いてインピーダンス・マッチングをとらねばならない。VLFのヘリックスは大型(4m径×7m高)で、その上かかる電圧は220kVというから、コロナ放電の防止とか、ちよつと想像できない設備が必要となる。同図bのコロナ・リングまでの地上からの高さは、20m近くにもなる。バリオメータの6個は、3基本周波数とユニーク周波数の2個および予備1個用である。アンテナが風でゆれたり、雨雪のために変化する諸特性の調整には、バリオメータが自動的にその筒の中を上下する。

こうしたアンテナは、送信機尖頭出力150kWで励振しても、輻射電力は10kW(10.2kHzにおいて)にしかない予定である。残り140kWは、接地と整合コイル(ヘリックス)に消費されてしまうから、碍子

を含め技術的な多くの困難があつた。

5. オメガ受信器の概要

受信器の詳細は、以下の記事にて取り扱われる予定なので、概要のみに止め、これらに対する筆者の見解を述べることにする。

受信器設計上の特異点は、i) VLF帯における著しい雑音中より、いかにして信号を検出し、その位相を追尾できるかである。ii) 受信器の受信チャンネル数に応じた、それぞれの位相(ϕ, ϕ', \dots)を組合せて任意のペアである、位相差($\phi - \phi', \phi - \phi'', \dots$)を作るようにする。iii) 送信フォーマットに対して、受信器内にもつフォーマットの時間軸を作つて受信する(ゲート回路)。i) フォーマットに従つて、受信器の受信チャンネル(位相追尾系を含む)を順次切替える。この場合は、両フォーマットの時間軸を一致させておかねばならない。

受信感度……VLFは地球上のいかなる点にも伝搬するが、伝搬方向の違いにより、減衰率は著しく変る。そのためある点において、短い大圏径路(普通の大圏)と、長い大圏径路の2方向からの電界強度との比が10dBになる場合を、一応オメガ信号の利用限界とし、信号の変動幅を10dBとすると、受信器で要求される感度は5dB/mとなる。しかし、雑音のある中で位相追尾の立場からは、単純にこの電界強度のみで要求受信感度とすることはできない。こうしたことから、諸要素を考慮して、オメガ受信器のシステム全体としての最大感度は、

-40dB(0.01 μ V)としているものが多い。

位相追尾……雑音の中から信号のみを拾い出す、といった表現がふさわしい程の状態下では、帯域幅をもつ普通の形の信号として、オメガ信号を到底検出できない。換言すれば、信号の帯域幅を線スペクトルと見なしてもよい位に狭げ、これによつて雑音を締め出してこそ受信できる。従つてS/N比を良くするには、受信器の通過帯域幅を狭げている。といつて、単純に帯域幅を狭くすると、位相追尾能力が減少するから、使用移動体の速力およびS/N比によつて、この値を設定すべきである。ここでの最適値の設定は、オメガ受信器の機能上最もポイントである。一般にはフィルタを用いるが、上述した狭帯域フィルタに、一般の線型フィルタを用いるのは困難なので、フーリエ等価フィルタとかPLL(phase lock loop)を使うものが多い。

図13は、一般的な受信器のブロック図であつて、受信チャンネルが4個のものである。信号フォーマットと

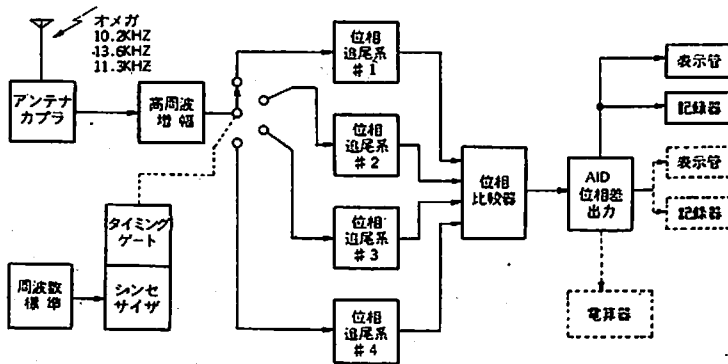


図13 オメガ受信器の基本構成

一致するように、ゲートが手動または自動設定されると、時分割信号は順次受信され、4局からの信号がそれぞれの位相追尾系に入り、位相は記憶される。4局の位相から2局を選び位相差を組み合わせるから、この場合は6通りの双曲線が選べる。表示方式には可視型(数字表示管または機械的カウンタ、目盛)と記録型(アナログ……打点ペン、デジタル……プリンタ)がある。また出力はアナログ型、デジタル型があり、表示方式と関連して選ばれている。これらの中から、どのような表示方式をとるかは、各設計者によって異なるところであつて、受信器開発の初期は、上記の問題に活発な論議が持たれた。現在わが国では、アナログ型記録器の使用は、必須のものとして理解されているが、外国製では可視型が多い。われわれは、オメガ記録器が航海モニターとして使える点に着目し、アナログ型の自動記録に、多くのメリットを見出している。極言すると、記録のないオメガ受信器とは、6割以上の機能を失つたといつてよいほどと考えている。既述の伝搬上の妨害による誤差などは、可視型ではほとんど見出せないことも明らかである。

受信周波数を 10.2 kHz のみにするか、他の 13.6 kHz, 11.3 kHz も含めるかは議論の分れるところである。現在は 10.2 kHz のみが、海図、SWC 表として発行されているから、他の周波数は使用できないし、連続して使っている限り、レーンの判別も不要であるという思想で、外国製品はほとんど 10.2 kHz のみである。筆者は 13.6 kHz の方が伝搬上安定している点から、好ましいとしている。伝搬擾乱の影響は、周波数によって異なるし、レーン・スリップのような妨害、また送受信のトラブルも避けることができないから、レーン判別の必要性を強調する。よつて少なくとも2周波受信は必要という考えである。

受信器の操作で面倒なのは、局を選んでフォーマット同期させることである。これを自動的に行なうのに、各

種の方法がとられるが、自動選局の必要性については、やはり考え方が統一されていない。全局完成後でないとい、きめては出ないようではあるが、筆者は余分な機能と考えている。

以上運用上の問題点のうち、3例をあげたが、こうした航法機器は、使用者の要求を解釈するソフトが今後大きい比率を占めることになる。オメガ・システムは若いだけに、未知の問題も多いから、使用者側の積極的な意見がなくては、完全なものを期待するには

道が遠いことを、充分に知るべきであろう。本システムはその性格上、出港から入港まで連続して使うから、漁船などでは6カ月位は電源が投入されたままである。こうしたことで、オメガの場合ではことに MTBF は長くしなければならない。

なお先に述べたアナログ記録器へ、デジタル型受信器を結ぶ時には、A-D 変換させている。こうした場合注意すべきは信号がない時(送信停止、アンテナの故障など)でも、少し不安定と感じられる程度の信号が記録されるので、使用者はだまされてしまうことが多い。勿論この種の誤動作を減少させるように工夫をしているが、完全に防止できていないと思われる。また受信回路設計上では、アナログ記録でいうところの、測定値の変動幅を任意に押えることができるから、見掛上の記録はアナログ式より安定している、即ち感度がよいように見える。航法上からは、このような人意的な安定した測定値と、自然的な伝搬状態を示すアナログ方式の、いずれが好ましいか、今後の論点になるであろう。使用者が機器の選定にあつては、受信器のアナログ・デジタル方式を知つた上で、記録例を比較しなければならない。

6. オメガ・システムの自動化

オメガ・システムの運用上の短所とされている点は、使用の度ごとに SWC 表をつくつて、2局の値を選び、引き算をして SWC 値を算出することにある。しかも、緯度・経度の4度おきだから、高緯度を航行する高速船では、ことに頻繁に表をつくらねばならない。天測計算からみれば、問題にならないほど容易な手数であるが、オメガの値がいつも簡単に測れるのに対して、煩雑に考える人もある。しかも NNSS の計算方式に眩惑されて、デジタル位置を希望している。これらの理由から、すべて電算機で処理して、自動的に船位を算出しようという試みがなされている。

ここで問題となるのは、SWC 値の取り扱いであつて、大別すると SWC 値を、i) NELC 方式の予報プログラムで、その都度計算するか、ii) 既存の SWC 表をテープに入れておくか、である。

i) の方式はパラメータが大量で 4K 程度の計算機では到底処理できない。ii) では、商船のように広範囲を動く場合には、テープの量が大量である。このためいずれの方式も実際のでないが、それよりも SWC 表自体が安定したものでないことを充分認識すべきである。妥協策として、SWC カーブの精度を落して誤差を 10cel 程度（距離では 1 哩弱だから）とすれば、かなり単純化できるので、これによつてカバー海域と季節を拡げようとするもの。また、それらのカーブの特長を押えることによつて、自動検索して使用するものがある。SWC 表のパラメータの 1 つである、推測位置の算出は、ジャイロ・コンパスとログからの情報により求めるが、オメガ船位算出後はこれを用いて推測位置を修正する。

さらに算出した船位をもとにして、針路・速力を算出するものが多い。出力表示は、一般にテレタイプにより、希望時間間隔でタイプ・アウトするが、XY プロッタに航跡表示を行なうものが考えられている。しかし、現在の自動化方式は、統計処理をしたデジタル船位によるものが多いので、処理過程以前の問題たる、オメガ位置の線の評価は放置され、しかも航海士のノウ・ハウたる位置の線による船位決定過程は無視されている。XY レコーダに実際の位置の線を記入しないまでも、この点を十分に組込んだプログラムを作製すべきである。

こうした自動化システム全体としては、センサをオメガのみとせず、入手できるすべての位置情報源から、カルマン・フィタを用いて最適処理を行なう、総合船位決定システムとするのが、最近の傾向である。これに対し、価格性能比を考慮すれば、現段階におけるオメガ船位自動化システムは、未だ多くの問題点があるといえよう。だが高性能・高価格船では、こうした自動化航法システムは、NNSS に代るべきシンボリック的存在とし、しかも 24 時間連続使用可能な長所が買われるであろうが、一般船ではさして有用性を見出せない。

オメガ情報の解析は、記録に描かれたボタンから容易に得ることができるし、それ故にこそ従来の航法システムにない長所と評価できるのである。それがまた、アナログ表示の秀れた点であつて、解析の基礎手段には、航行についての航海者のすべてのソフトが生かされるような、プログラムを重視すべきであろう。ことに同一海域にある場合、例えば漁船では、この記録から無限の情報を引き出すことができる。しかも再度これを使用できる

から風潮・海流などの有用センサに相当するものである。

また航海モニタに使うには、さらに多くの情報をインプットすればよいが、それらは個々船のソフトと関連して考えなければならない。ともあれ、オメガ情報=記録を自由自在に生かすことが、今後の航法システムの自動化では第一になすべき課題といえよう。

7. オメガ受信器に要求される性能

オメガ受信器のハード的というか、設計性能は、各社の受信器間において、将来大差はなくなるであろうし、強く要求されている MTBF にしても同様と考えてよいだろう。オメガ受信器が、最終的航法システムとして、航法の主流になるには、使用者の要求する航法の、ソフトをいかに充実させるかにある。しかし、システムが新しいだけあつて、それらの要求には、初期に使用された方式の慣熟度とか、主観が先行した独断的意見が多くみられるようである。現在の本システムは、不完全な運用状態のために、最終的な要求を盛り込んだ仕様を示すには時期尚早といえよう。従つて、ここで述べようとするものは、感度（電界強度）に関連する事項は省いた。

オメガ受信器の将来の姿としては、何はともあれ、天測に代ることは疑いもないであろうが、普及の段階はどの程度になるかを予測するのは比較的容易と思う。ローラ受信器の飛躍的な普及は、低消費電力で価格が 30 万円台になつてからで、これによつて 5 トン級の漁船の装備が急増した。オメガにあつても、価格の低減は、漁船の装備台数によつて決まるであろう。また、それは価格の低減により促進されることは、自明の理である。従つてオメガ受信器も、最低の性能をいかに安価に作り出されるかによつて、市場占有率が決まつてしまう。

以下、問題となる所要の仕様を列挙する。

(1) 受信周波数……伝搬妨害、レーン判別を考慮して複数周波数、ただし 10.2 kHz のみでも可能性はある。

(2) 受信可能チャンネル数……現在は 4 チャンネルをほとんどの受信器が使用しているが、3 本の LOP を要求する点から 4~6 チャンネル。

(3) 受信 LOP の数……4 チャンネル受信の組合せでは、6 LOP となるが、送信局の故障およびまたは受信不能および交角の変化などを考慮すると、3 LOP が入用である。

(4) LOP の選択方法……現在使われている各送信局を直接変化させて選択する方式は、操作途中に受信状態が変化することがあるから、さらに研究の必要がある。

(5) 周波数標準……長時間使用 する場合には、基準発振器のオフセットがきいてくるから、送受信セグメントの同期がずれるので、その許容限界を 50 ms とすれば、 5×10^{-9} /日の安定度が入用である。しかし、一般の $(1 \sim 5) \times 10^{-8}$ /日のものとの価格差があるから、この点を考慮すれば、発振器を選択可能なようにすべきであろう。あるいは、回路的に補償を講ずる必要があり、これは既述の単一周波数とも関連する。

(6) 出力表示方式……アナログ記録器は必ず備えておき、補助的にデジタル・カウンタを附加する。デジタル・カウンタに映像計数表示ユニットを用いるよりは、むしろ応答特性の遅いものの方が、平均値として指示でき、位相値が変化する場合でも読み取りやすい。

(7) 記録器……ストライカー式による、アナログ記録器が多いが、ペン寿命と交換の容易さ、記録紙の経済性、保守の面からは、秀れたものとはいえない。ことに 3 LOP 表示になると、こうした欠点は際立つてくる。オメガにおける記録器の存在は極めて重要であつて、これの故障は致命的なものであるから、慎重に方式の検討をすべきである。

記録は必要に応じて、直ちに調べることのできる配慮がなければならない、それは過去の航跡を示すものであり、航海モニターであるから、できれば全航海の記録を容易に見出したい。それには、記録紙を捲取るよりは、むしろ折畳む方式の方が望ましい。また記録として、位相差表示のみとすべきかは、今後の宿題であつて、筆者は伝搬妨害をはじめとする、伝搬現象の評価に相対的な電界(信号)強度も同時記録させる利点を強調したい。

8. オメガ航法の実際

オメガ・システムの長所はすでに述べているところであるが、もう一步突込んで希望したい特性は、精度の向上である。

SWC 表は理論式により、しかも平常状態下の電離層を前提として算出したものである。換言すれば、局地的な特性とか、電離層異状は無視されている。また全般的な精度である昼 1 哩、夜 2 哩は、大洋航行中ならば、充分な値といえるが、陸岸に近接する場合には、より高精度を希望したくなる。勿論レーダがあつて、船位の確認には支障はないのだが……。

ともあれ、SWC 表に頼つたのでは、到底この壁を破ることはできないが、幸なことに VLF 伝搬では、緯度・経度 4 度範囲の SWC モデルには大差のないことが多い。従つて、既知の陸岸にモニター局をおいて、そこでの測得値と計算値の差を、リアル・タイムな SWC 値

として使えば、より精度を改善できる。これをデファレンシャル・オメガとよぶが、実際には沖合の船に、SWC 値の通報をどのような手段で行なうかが問題である。放送システムは……という案が出されたり、自動的に行なうのにレジスト・システムを使う、マイクロ・オメガ方式が提案されたりしている。

VLF 伝搬モデルの近似性は、モニタ点からの距離に逆比例するから、この場合の精度を、昼間では、50 哩……0.3 哩、200 哩……0.5 哩としてよい。それよりも最大の利点は、予知不能な SID 時の誤差を大きく減少できる点である。VLF 伝搬の安定性に着目すれば、あるモニタ点で得た SWC 値は、ある期間、少なくとも 2 週間以内において一定としてよい。従つて、そこからの距離 200 哩以内では、数日のズレがあつても、モニタ点で測得した値を適用できることになる。一例として、清水で測つた SWC 値を使い、高知に向う航路において、誤差は、0.5 哩前後という報告がある。デファレンシャル・オメガ方式の原理を用いて、こうした実際的な方法を応用してゆけば、既述のフォーマルな提案方式がなくても、充分実用化できる。デファレンシャル方式を是非とも早急に確立させることは、オメガ・システムの有効利用の面からも必要である。

この外にも、高安定度の原子周波数標準を使う P-P システム、人工衛星を経由して受信器を簡単にするオペレ・システムなどがあるが、実用性にとぼしい。

あとがき

筆者は本システムを十分に使うには、伝搬現象に基礎をおくべきだと強調している。これについて度々次のような質問を受ける。オメガはロラン A より精度が悪いのではないか？ なんとすれば、このような時の誤差、または太陽爆発の誤差……としているのではないか。ところが、ロラン A は 1 哩とか 0.5 哩としている、これではオメガを信用できない。

航法システムの精度を表わすのに、1 つの字で何哩とすること自体が正確にはおかしいのである。電波航法の精度などは、ある限られた条件下においてのみ通用するものだが、といつて細かい条件を列挙すれば、使用者が困惑するので、簡単に表現したに過ぎない。その辺にニュアンスが、上述の誤解を招いたのである。また、これらのことをふまえた上で、なおかつオメガ・システムの評価点が高いのが、魅力なのである。

試みに、次のテストを各システムについてされることをお奨めする。例えば、進路・速力一定で、航行中のロラン A の実測値により、毎 20 分の位置の線を引いてみ

る。針路を切る間隔を比較し、一定間隔になれば、その時間内の伝搬は安定しているが、不等ならば不安定なのである。これをオメガまたはロラン C などに行なうなら、これらの関係がより明らかになる。従つて、オメガ船位の評価に、洋上で他システムを用いることは、余程信頼のおける条件下でなくては無意味であつて、逆にそのシステムの伝搬の評価をすることになりかねない。

本システムを述べるのに、アウトラインに終始した積りであるが、ややバランスに欠く著述もある。詳細は小著“オメガ航法システム”(成山堂)を、また解説的なものとして“海技と受験”(月刊誌)47年9号より連載の同記事を参照にして頂けば幸いである。本文中に用いた術語などには、理解を助ける意味で、公知の表現でないのがあることをお断りしたい。参考文献は非常に数が多いが、入手しやすく、発表されていないものに力点をおいた。

参 考 文 献

1. 只野 暢：オメガ局の建設計画，佝学会研究会資料 SANE 70-27, 1971, 2, 9 p.
2. 田口一夫：“オメガ航法システム”，1971，成山堂。
3. 松尾，田口，吉村：オメガ航法システムの海上実験 -Ⅱ，日航誌47号，1972，23-32。
4. 田口一夫：オメガ航法システム，Unmanned Age, 1971, 11, 29-39。
5. 田口一夫，漁船における双曲線航法の利用現況，佝学会研究会資料 SANE 72-15, 1972, 10, 14 p.
6. 関根兆五：JNN-1 A 1 形オメガ受信機，日本無線技報，5, 1971, 5-16。
7. 日本無線研究所：オメガ自動航法プログラム，47-01号，1972, 4, 10 p.
8. Alberts, W.S. : Transmitting facilities for Omega, Westinghouse ENGINEER, vol 30-4, July 1970, 98-107.
9. Arnzen, S. : An experimental investigation of the accuracy of the OMEGA systems in Sweden, FOA reports, vol 6-6, Apr 1972, 16 p.
10. Asche, G.P. : Implementation status of the OMEGA navigation system, Proc. 1st Omega Symposium, 1971, 35-39.
11. Josephy, N.H. and Kasper, J.F. : A polynomial approximation technique for small-computer skywave correction implementation, Proc. 1st Omega Symposium, 1971, 56-62.
12. Kasper, J.F. and Creekmore, E.E. : Omega utilization by non-military subscribers, Proc. 1st Omega Symposium, 1971, 106-112.
13. Lawrence, L. : Report on Omega system operation aboard NOAA ship "Discoverer", Proc. 1st Omega Symposium, 1971, 113-119.
14. Rothmuller, I.J. and others : OMEGA Arctic propagation : Synchronized monitoring at Wales, Alaska 1969/1970, NELC/TR 1765, Dec 1971, 236 p.
15. Sandberg, H.J. and Zimmerman, W. : OMEGA skywave correction improvement through time series modeling, Proc. Inst. of Nav. (U.S.), Oct 1970, 31-45.
16. Swanson, E.R. and Bradford, W.R. : Diurnal phase variation at 10.2 kHz, NELC/TR 1781, Mar 1972, 40 p.
17. Swanson, E.R. and Kugel, C.P. : VLF timing : Conventional and modern techniques including OMEGA, Proc. IEEE, vol 60-5, May 1972, 540-551.

オメガ特集は本号に引続き次号に下記の論を掲載いたします。(船舶編集室)

オメガ航法とその受信機について

長野修爾(古野電気株式会社)

GT 948 A 型オメガ受信機

竹鼻俊夫(富士通株式会社)

日本近海におけるオメガ測定精度

吉本高使(東京計器株式会社)

越 勝(大洋無線株式会社)

「船 舶」合 本

第44巻	(昭和46年1号~12号)	価5,000円
第43巻	(昭和45年1号~12号)	価4,500円
第42巻	(昭和44年1号~12号)	価4,500円
第41巻	(昭和43年1号~12号)	価4,500円
第40巻	(昭和42年1号~12号)	価4,500円
第39巻	(昭和41年1号~12号)	価4,300円
第38巻	(昭和40年1号~12号)	価3,600円
第37巻	(昭和39年1号~12号)	価3,400円
(各巻送料200円)		

新しいオメガ受信機 MODEL OR-160

のあらまし

古 谷 俊 雄

株式会社光電製作所航法開発室

1. オメガ受信機に要求される性能

オメガ受信機はオメガ航法を行なうための装置です。オメガ航法がどのようなものかについては既に多く解説書や解説記事があるので省略します。本誌を購読されている方なら、昭和45年11月号に『オメガ航法』という題名でこの航法の原理的なことをわかりやすく解説してありますから参照してください。

オメガ受信機はそれを使つてオメガ航法ができるものでなければなりません。どのような状況で使えるか、どのようにして使うかに応じて、最少限の機能だけを持つものからかなりぜいたくなアクセサリを具備したもので種々の形のものがあります。

それらのオメガ受信機の性能についての箇条書の中に必ず挙げられている項目のおもなものについて、実際に使ううえでの意義に重点を置いて多少脱線した説明も試みてみます。

a. 受信感度

これは大部分の受信機が $0.01 \mu\text{V}$ となつています。受信機のケーブル入力端子からこのレベルの入力信号があれば充分安定した位相測定を行なえるという意味ですが、問題は 10 kHz 付近の信号波をアンテナから受信した場合に、数千哩以上離れた局からのオメガ信号より外来雑音の方が圧倒的に優勢で、かなり選択的に増巾した後でもブラウン管等で見たのではその種のオメガ信号を見わけるのがむずかしいことが多く、そういう状況でも航法に使えねばならないという点です。

従つて $0.01 \mu\text{V}$ のきれいな信号で位相測定が可能というだけでは実用機として使いものにならないので、各社それぞれに工夫してそういうものすごく悪い条件のもとで受信した信号でも実用上充分な程度に安定な位相測定値が得られるようにしているのが現状です。

b. ダイナミックレンジ

これは大部分の受信機が $80 \text{ dB} \sim 120 \text{ dB}$ となつています。2局からの信号の振巾比が $10^4:1 \sim 10^6:1$ でも位相測定が充分に高い精度で行なえるという意味です。

測定している2つの局の片方が測定点のすぐ近くにあり、他方が数千哩以上離れている場合には、両者の電界強度の比は理論上 70 dB ぐらいにまでなるはずですが、VLF 電波の伝搬上の性質に由来する近距離での位相変

動を避けるため、オメガ航法では局から 500 哩以内は測定に不向きとされているので、片方の局が極端に強いという状況で使われることが少ないのと、実際には遠方の局からの信号強度より外来雑音の方が圧倒的に強いので、メーカーが社内でシミュレータ等を使つて確認した上記の値が実用上そのまま妥当するとは限りません。むしろ外来雑音による測定値への影響をいかに少なくするかという点が、仕様としては表われないけれど、より重要なポイントになつています。

c. 機器精度

これはどれも 1 センチレオンです。 1 センチレオンは基線上で約 150 m ですから、この値だけを見るとオメガ航法はすごく高精度な航法のような錯覚をおこさせますが、アンテナにはいつてくるオメガ信号自体が数千哩の伝搬中に背負いこんだ位相の不確定要素 (10 センチレオン以下) を除去する能力はないので、空間波補正をしても 1 哩程度の誤差は残ります。将来モニタ局が整備されてディファレンシャル・オメガの手法が使える海域ができれば、そこでは $1/3$ 哩程度 (3 センチレオン以下) の精度が得られます。

d. 位置線の本数

位置を求めるためだけなら2本の位置線で充分ですが、3本の位置線を常時表示するようになっていけば、2本から3本にしただけの価値がある有利な使い方ができます。そのことについては次節であらためて説明します。

e. 受信周波数

オメガチャートやオメガテーブルは 10.2 kHz のオメガ信号について作られています。従つて正常な状態でのオメガ航法では 10.2 kHz だけで用が足りります。

推定位置が判然としない場所でレーン設定をしなければならない時とか、現在のように4局しか送信していないのでサービスエリア以外でも無理して使つていないので 10.2 kHz では測定できないが、 13.6 kHz か 11.33 kHz でなら何とか測定できるというような状況が往々にして起きた時とかには、2~3波同時受信 (同時受信というのは各位置線ごとに周波数を2~3波中から自由に選択できることを意味する) ができると便利です。

f. セグメント同期

手動式と半自動式と完全自動式とがあります。何も手を加えずに、ただ電源を入れればよいという完全自動式が便利なのはもちろんですが、それに要する費用と実際面での必要度とからその採否を考慮すべきでしょう。

耳で信号音を聴きとれる程度に受信できる局が一つでもあれば（現在日本ではハワイ局 C とノースダコタ局 D とノルウェー局 A の 3 局中の 1~3 局が 10.2 kHz でも 13.6 kHz でも 11.33 kHz でも一日中聴けます）誰でも簡単に同期操作ができて、しかも一回同期をとれば 3 か月以上再操作は不要で、同期監視はいつでもできて、多少ずれたことが判った時には手軽に修正できるといのであれば、必ずしも自動式の必要はないはずで

す。完全自動式にするためにはちよつとしたミニコンなみの信号処理機能がそのためだけで必要となりますが、リトコム社のオメガ受信機は敢えてそれを行なっています。

半自動式というのは、強く聴える 1 つの局に合わせて同期をスタートさせると、その局の信号包絡線波形と受信機内の切換波発生器の該当する局の出力波形が時間的に一致するように自動制御される方式です。

手動式にはいくつかの種類があります。

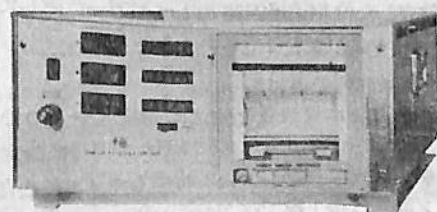
一番シンプルな方式は、1 つの特定局、例えば A 局からのスタートだけができるものですが、さらに 8 局の内の任意な局からスタートできるもの、微調（時計の FAST, SLOW に相当するもの）のできるもの等があり、後者の機能を持つ方が操作しやすいことはいまでもありません。

g. 表示器

ニクシー管やメカニカル・カウンタで位置線や局名を表示しているものが多いが、寿命が半永久的である利点を買われて、まだ高価なのにもかかわらず発光ダイオードを素子にした半導体表示器も使われだしています。

h. 記録器

デジタル式とアナログ式とがあり、どちらも接続で



OR-160 外 観

きるものもあります。

電波異常や局の停波等によるレーン・スリップを監視する方法の決め手として測定値のアナログ式連続記録以上のものがまだないので、アナログ記録器を表示と併用して使うのが現段階では一番無難な組み合わせということになっているようです。

記録器は内蔵形、別体形、付属装置等の形で使われています。

i. アンテナ

ほとんどの受信機が 3~4 m のホイップ・アンテナを専用カブラによつて高周波ケーブルに接続させています。

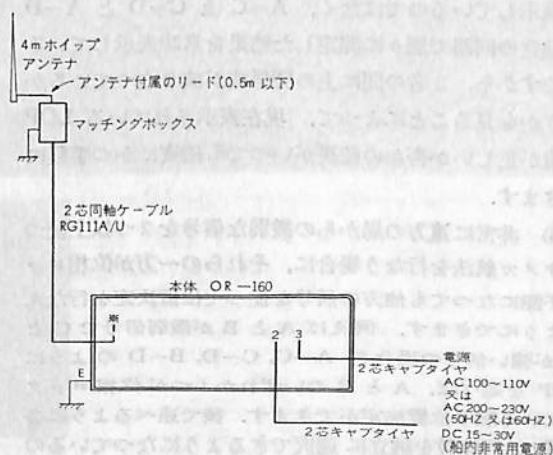
波長 30 km の電波を受信するのにこんな短いアンテナでよいのかと首をかしげたくなるのですが、これ以上にアンテナを長くしても信号と外来雑音が同程度に大きくなるだけなので、十分に機内雑音を小さくした受信機ならこれより長いアンテナは必要としません。

2. オメガ受信機 OR-160 の特長

当社は先に OR-100 A 型を日本で最初のオメガ受信機として発表し販売を続けています。

その後の 2~3 年間に国内でも次々にオメガ受信機が発表されてきました。当社でも以前から新しい技術を取り入れた新しい体裁の新機種を開発するための努力を続けてきました。現時点で発売するオメガ受信機の性能はどうあるべきかについて慎重に検討を重ね、また今まで販売してきた OR-100 A での経験を生かして、開発の主力方針を次のように方向づけてスタートしました。

①現時点で考えられる最高級機（オメガ航法で想定されているすべての機能を行なえることを意味する）であ



OR-160 相互連結図

ること。③扱いやすく、信頼性が高く、保守が容易なこと。④性能の割には安価なこと。⑤外観がスマートなこと。⑥装備が限定されないこと。⑦流行の変化に対応し易いこと。

以上の方針に沿って開発した新機種 OR-160 の試作機が1972年の夏頃完成し、その後各種の性能試験と受信テストを繰り返して所期の目標を充分満足することを確認しました。試作機について各方面の方々の意見を聞いた所、どこでも非常に好評だったので、1973年度に発売できるよう、目下その製品化を急いでいます。

前述した開発を始めるに当たって立てた方針は次にあげる主要性能によつて具体化されています。どのオメガ受信機にも共通な仕様項目については前節で説明したので省略します。

a. 3 LOP 同時表示

別々の位相追尾回路を使って測定した3本の LOP の値を常時表示するようにした結果、次に挙げる利点が得られました。これは多くのオメガ受信機で採用している2 LOP 表示方式では得られない特長です。

① レーン・スリップの監視が表示を見ただけで簡単に行なえます。例えば A, C, D 局が受信できる海域で A-C, C-D, A-D の3 LOP を同時表示していたとすれば、船の位置を P 点、波長を λ で表わすと、次式が成り立ちます。

$$\left. \begin{aligned} A-C &= \frac{\overline{AP}}{\lambda} - \frac{\overline{CP}}{\lambda} + 900 \\ C-D &= \frac{\overline{CP}}{\lambda} - \frac{\overline{DP}}{\lambda} + 900 \\ A-D &= \frac{\overline{AP}}{\lambda} - \frac{\overline{DP}}{\lambda} + 900 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{従つて} \\ (A-C) + (C-D) \\ - 900 = A-D \end{array}$$

A-C と C-D の測定値から計算で A-D を求めて表示しているのではなく、A-C と C-D と A-D を独立の回路で別々に測定した結果を常時表示しているのですから、3者の間に上の関係式が成り立っているかどうかを見ることによつて、現在表示されている LOP の値が正しいか否かの監視がいつでも確実にかつ手軽にできます。

② 非常に遠方の局からの微弱な信号を2つ以上使つてオメガ航法を行なう場合に、それらの一方が位相ロック不能になつても他方の信号を使つて位置決定を行なえるようにできます。例えば A と B が微弱信号で C と D が強い信号の場合に A-C, C-D, B-D のように LOP を選べば、A と B のいずれか1つが位相ロックしている限り位置決定ができます。後述するように各 LOP の周波数を独立に選択できるようになつているので、この例での B-D ペアの代わりに A-C の 13.6

kHz または 11.33 kHz を選ぶこともできます。この場合には 13.6 kHz または 11.33 kHz のレーン測定値を 10.2 kHz のレーン (チャートの値) に次式を使つて変換する必要があります。

10.2 kHz のレーン

$$\begin{aligned} &= (13.6 \text{ kHz のレーン測定値} + 13.6 \text{ kHz での空間} \\ &\quad \text{波補正值} - 900) \times \frac{3}{4} + 900 \\ &= (11.33 \text{ kHz のレーン測定値} + 11.33 \text{ kHz での空} \\ &\quad \text{間波補正值} - 900) \times \frac{9}{10} + 900 \end{aligned}$$

13.6 kHz と 11.33 kHz の空間波補正表は市販されていないので、港口にでも投錨している時に使おうとするペアに対する日周変化の記録を 13.6 kHz と 11.33 kHz とでとり、それを使つてそれらの周波数に対する空間波補正曲線を作っておく必要があります。

③ ペアの切換えが手軽に行なえます。航行中に LOP のペアを切換える必要は或場所で急におきるのではなく、徐々に今まで使つていた局の信号が弱くなり、これから使おうとする局の信号が強くなつている状況で行なうことが多いので、その切換えのふんぎりがなかなかつきにくいものです。3 LOP 同時表示であれば、3本の LOP の内の1本は予備のようなものなので、その内の1本を次に選ばうとする LOP にいつ切換えても、残りの2本で船位決定ができるので、レーン切換えの時期を気軽に選べます。

b. 半導体表示器

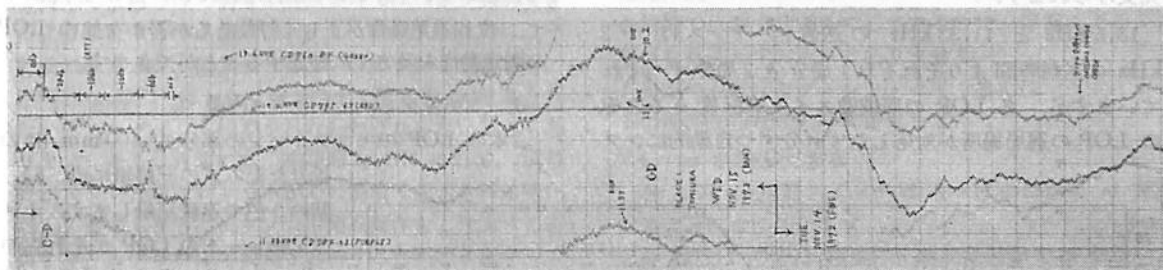
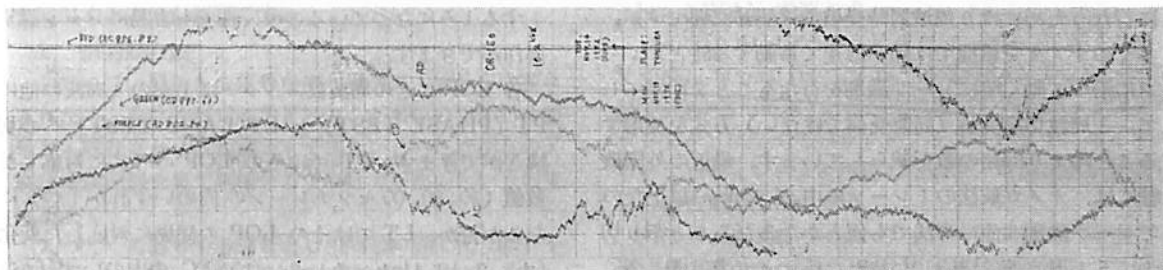
発光ダイオードを素子にした表示器は消費電力が少く寿命が永久であるうえに、IC と共通の電源を使つて IC の出力だけで直接駆動できるので、保守の点から見ても非常に有利です。

表示値の更新はペアの位相測定が完了した瞬間 (10秒ごとに1回) にだけ行なわれるので、半導体表示器の色調が鮮明なことと相まって LOP の値を読み取り易くなつています。

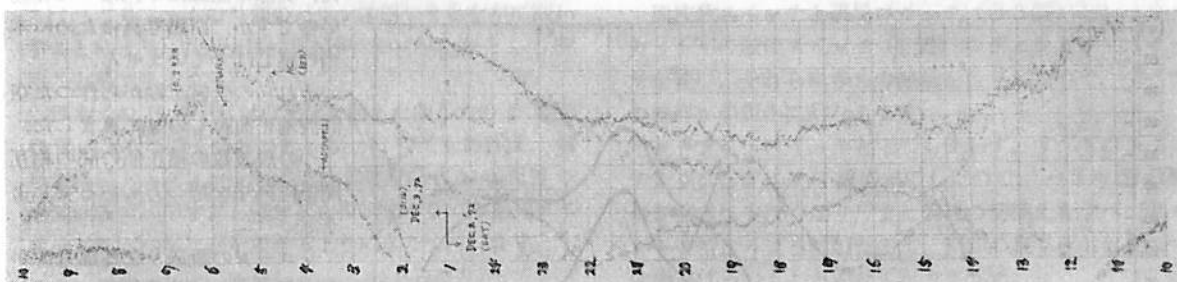
3 LOP の内の1本は、常に動作点検させながら余分に持つている補用品としての役割も果しているので、3つの独立した位相追尾回路の1つが万一故障しても、船位決定に支障をきたすことはありません。

c. 3周波同時受信可能

各 LOP ごとに周波数を独立に選択できるので、同じペアを 10.2 と 13.6 と 11.33 kHz で同時に測定できます。船が高速で移動している時にもオメガ航法自身でのレーン識別 (第1段では3レーン巾 ≈ 45 km, 第2段では、9レーン巾 ≈ 135 km のレンジまで可能) を確実



OMEGA 受信試験 (OR 160) (47.11.13~16) 千葉, 富浦



OMEGA 受信試験 (OR-160) (47.12.1~12.4) 目黒本社工場

に行なうためには3周波同時受信の機能が必要ですが、多くのオメガ受信機では船が低速で移動する時とかレーンに沿って動く時にレーン識別を行なうことを前提にして、3周波切替受信（同時受信ではない）方式を採用することにより回路の数を減らしています。最近の外国機種には、オメガ航法の1レーンの巾が15km以上なのでレーン識別は他の方法でも何とかできるだろうと割り切つて、1周波受信機能しか持たないオメガ受信機も多く見受けられます。

13.6kHzと11.33kHzの送信シーケンスは10.2kHzの送信時間よりそれぞれ1局分と2局分ずつずれています。各LOPの周波数スイッチを変えるとそのLOPの選局場所が対応したずれ分ずつ自動的にシフ

トするようになっているので、誰でも容易にレーン識別操作ができます。

各LOPごとの周波数スイッチは上記の3周波の他にPT (PHASE TEST) とLT (LANE TEST) への切替えができます。PTではそのLOPのペアに対応した数値(20, 80, 00センチレーンの内のいずれか1つ)になるか否か、LTではそのLOPの従局に対応した変化(±8, 9, 10, 11センチレーン/10SECの内のいずれか1つ)とレーン・カウントが行なわれるか否かを点検して、位相追尾動作が正しく行なえるか否かを他のLOPの測定動作を乱さずに確認することができます。

d. 3チャンネル・レコーダ内蔵

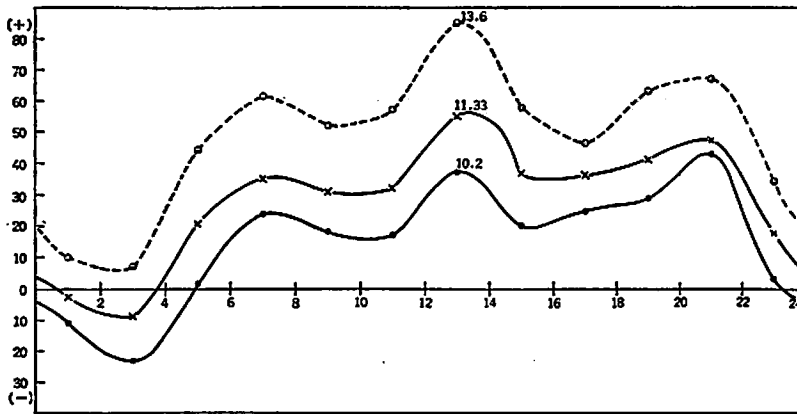
3本のLOPのセンチレーンの部分を100mm巾の

折りたたみ式の記録紙に赤、緑、紫の3色で連続記録します。オメガ・チャートのLOPがそれらの色で描かれている(青は紫と似ている)ので、両者が一致するようにペアを選ぶとチャートが見易くなります。

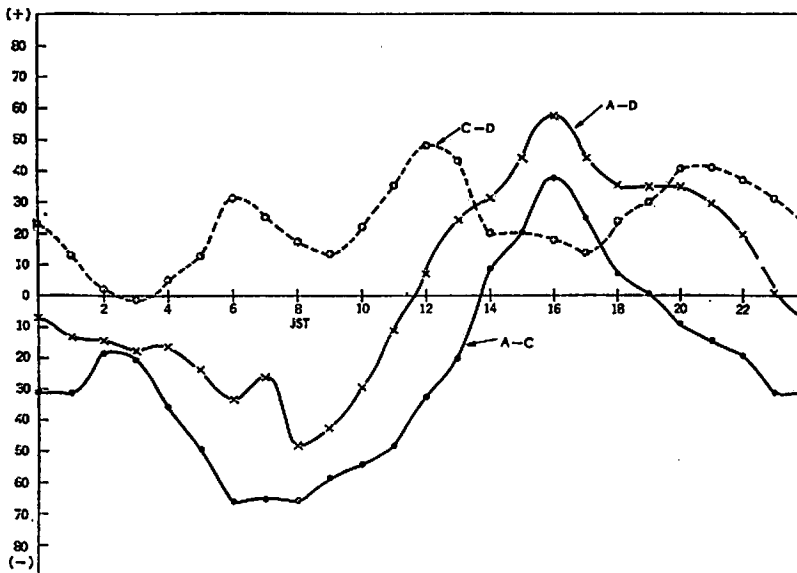
千葉県富浦で受信した10.2kHzでのA-C, C-D, A-Dペアの24時間の記録(センチレーン部分でAC+CD=ADが常時成り立っていることがわかる)と、C-Dペアの10.2と13.6と11.33kHzでの24時間の記録を実際例として挙げてみました。実際の記録は3色なので見易いのですが、白黒写真のために本当の感じはでていません。

それらの受信記録から作った空間波補正曲線もせてみました。3つの周波数の補正值の間の相互関係に興味を持つ方もあてしょう。

レコーダの紙送りを外部電源からでなく、10⁻⁸/日程度に正確な1MHzを分周して作った60Hzをパワー・アップしたもので供給しているので、記録紙を印刷した1~24の時間マーカと30分ごとのマーカを一度正しくGMTに合わせおけば、電源を切らない限りいつまでも正確なGMT時計として利用することができます。この時間マーカは空間波補正表(GMTの時間で作表されている)



C-D Correction Curve Measured at Tomiura (Nov. 14-15, 1972)



10.2 KHz Correction Curve Measured at Tomiura (Nov. 14, 1972)

を索引するのにも便利です。

e. 相関器内蔵

非常に遠い局からの信号を使う場合に、信号音は聴きとれなくとも位相測定はできることが多いのですが、信号音も聴きとれず位相測定もできないという状態との区別を受信記録を見て判断するより仕方がないというのでは不便です。

入ってくる信号を各局ごとの相関器に通して S/N を改善させることにより、位相測定が可能な程度のレベルで到来した信号なら信号の有無を耳ではつきり判別できるようになります。相関器が正しく動作するためにはその前にセグメント同期が合っている必要がありますが、相関器を OFF にした状態では全く信号音が聴きとれない所でセグメント同期を行なわねばならないこともあります。そういう時には、相関器を ON にして、信号音が大きくなるセグメントがその場所で想定される強い局と一致するようにセグメント同期操作をしないことにより、セグメントの同期を合わせることができます。

f. セグメント同期が合わせ易い

前節の f 項で述べた最も操作し易い手動方式 (3列目の LOP の主局選択スイッチで指定した任意の局からのスタートができて、微弱も可能) と半自動式を併用しているうえに、前項で述べた相関器という強力な補助手段を持っているので、セグメントの同期合わせと監視が極めて容易に行なえます。

局名表示式のセグメント同期監視器 (半導体表示器) と 1 kHz の信号音 (3つの LOP のいずれか1つにチャンネル選択スイッチでセットすると、その LOP が選んだ周波数の IF 出力になる) とボリュームとによっていつでも同期監視ができます。セグメントのシーケンスは、ボリュームの外側のバランス用つまみを左に回すことにより、1.25 kHz のトーンキーヤの音として聴くこともできます。

日本での H 局や日付変更線を越えた向うでの C 局や D 局のように強く受信できる局が1つでもあれば、信号包絡線とセグメントのずれの程度を、0.05 秒周期の点滅回数で (早すぎと遅すぎを指示する2つの発光ダイオードによって) 表示できるようにもなっています。

g. 空電に強く、微弱信号でも受信可能

オメガ受信機はスコール等に時々見舞われる赤道の近くでも安心して使えるものでなくてはなりません。空電が近くにきたら位相測定に支障があるというのでは困ります。

空電その他のパルス性雑音を強力に抑制する手段を講じたことによつて、都内のように雑音の多い所でも 2~3 センチレーン以内のばらつきで A-C, C-D, A-D の位相測定を安定に行なえることと、空電が間近かに接近した時でも支障なく位相測定を行なえることが確認できました。

h. 3WAY 電源方式

メインは AC 100~115 V または 200~230 V (スイッチ切換)、50~60 Hz ですが、停電時には DC 15~30 V (船内の非常用電源) と自動充放電式の内部バッテリー (オプション) によつてバック・アップされます。スイッチング、レギュレータを採用したので、電源電圧が変動しても消費電力は一定です。

内部バッテリーのバック・アップ時間は 10 分間 ぐらいですが、気づかぬ間にそれよりも長い停電があつた後また元に戻つたような時には、レーン表示が 0.5 秒ぐらいの周期で点滅するようにしてあるので、停電によるミス動作を見逃がすおそれはありません。

表示の点滅はセグメント・セットまたはレーン・セットの操作を行なつた時に止ります。

i. PP 航法ができる

各 LOP の選局スイッチは A~H のほかに PP を選べるようになっていました。

PP 航法は 10⁻¹¹/日程度に正確な発信器を持たないと実用になりませんが、内蔵している水晶発振器の精度点検や任意の局からの信号の日周変化を記録するのに使えます。

特定局に対する PP の値が変化しないように水晶発振器の周波数を抑制するのが AFC ですが、10⁻⁹/日以上水晶発振器を内蔵しているので、その必要はありません。

j. 操作がし易い

掲載した試作機の操作パネルの写真 (製品化の際には下部のカバーの部分等が多少変わります) を見ればわかるように、多くの機能を持っている割には操作スイッチの種類が少なくすつきりしています。

周波数スイッチと選局スイッチ (各3個) とレーン・セット用の数値スイッチ (1個) にデジタル・スイッチを使い、それらに多くの機能を付与したので、すべての操作が手短かに行なえます。

ロータリ・スイッチを1つも使わず、すべてのスイッチをワン・メイク/1機能式にしたので、パネル面の配線が非常に少なくなり、また信号の切換えをすべてリモートで行なうようにしたので、配線の良し悪しによつて性能がばらつくことがなくなりました。

k. 保守がし易い

各 LOP に対応するメインのプリント板 (各3枚) と受信機部のプリント板の一部 (3枚) に完全な互換性を持たせたのと、電源部、表示部、記録器部等をビスと接栓を外すだけで完全に分離できるようにしたので、作るのにも保守するのにも便利な構成にしています。

以上手前味噌のことばかりを並べたてましたが、日本で最初にオメガ受信機を製品化した当社の面目をかけて作ったオメガ受信機の新機種として、ユーザの満足が得られる性能を十分に備えたものであると確信します。

1. は し が き

Global な電波航法 システムとして、ここ数年来注目され、また一部の船舶では既に実用されているものの一つがオメガである。周知のとおり、オメガシステムは現在まだ半数以上の局が建設途上あるいは実験的設備の状態にあるが、昨年10月より最終的な設備で運用を開始したアメリカ、ノースダコタ局の電波が日本周辺でもかなり良好に受信され、また日本対馬局からの電波の発射も間近かとなつて、次第に本システムの利用可能海域が拡大されていくにつれて、最近はおメガへの関心が急速に高まりつつあるように思われる。

以下に述べる NR 01 B 形オメガ航法受信機は、数年前より安立電気株式会社において、独自に、主に船舶用を対象として開発したものであつて、一昨年本機の原形である NR 01 A 形オメガ受信機の試作、海上評価試験を完了し、その結果の詳細はすでに発表¹⁾したが、その後、外観、操作面を改良し、商品化を行つたのが本機である。本機の姉妹機として、小形化、性能、操作面を若干簡易化した NR 02 A 形もすでに開発しているが、これについては、別の機会にゆずることとし、ここでは、NR 01 B 形の主要性能、特長などと、2, 3 の海上評価試験結果について簡単にご紹介したい。

2. 本受信機の特長、性能概要

2.1 本機的设计要旨と特長

E.R. Swanson 氏によれば、オメガシステムは“3 R's”すなわち Reliability, Redundancy, Range を満たすシステムだと云われる。この端的な表現は、もちろん送信局設備等も含めたオメガシステム全般に対するものではあるが、利用面での窓口ともいえるオメガ受信機についても、特に Reliability, Redundancy はその設計、製作上充分考慮されるべき基本的な要件であるように思われる。もちろん、コストや、使用、操作面での考慮も当然織り込む必要があるので、結局、これらの調和点をどこに求めるかが、実際にオメガ受信機を設計、製作する上での重要な問題点となる。やや、抽象的な表現であるが、本機は上述の基本的な設計思想のもとに、船用オメガ受信機として必要と考えられる各部分の機能、特性、性能に対して検討を行い、試作、実験を重ねて開発したものである。したがつて、以下の特長、仕様などにも

みられるように最も一般的な用途と考えられるオメガ受信機単体——利用者が空間波補正表、オメガテーブルを参照してチャート上に船位をプロットする用途——としては豊富な機能を有する高性能な設計となつている。

また、今後、オメガシステムの発展にともない超自動化船、大型漁船等で用いられる Computerized Omega あるいは他の航法と併用した Hybrid 航法の Sensor としても、そのままで充分使用できる設計とした。その他、オメガ電波伝搬の研究、観測用、また Differential Omega のモニタ受信機としても好適である。

図-1 に本受信機の外観を示す。受信周波数切換、セグメント同期、LOP 選択スイッチ等イニシャルセッティング時以外ほとんど操作の不必要なものは、前面下部フロントカバー内部に取付け、操作面の保護と外観の簡素化を計つている。

本機的主要な特長は

(1) 3-LOP 並列同時表示方式

現在、国内、外で製造されている船用オメガ受信機には 2-LOP と 3-LOP 方式に大別される。3-LOP の必要性の是非は今後オメガ局全局運用後のユーザーの批判に俟つ点も多いと考えるが、オメガ電波伝ばん上(日出、日没時の不安定、SPA(突発位相異常)、VLF Emission など)からみた測定船位の精度、信頼度また航行中の受信局電界強度あるいは LOP 交角の変化に伴う LOP pair の切替操作、Lane Confirmation 等、多くの点で 3-LOP 機の方が優れていることは確かであろう。特に送信局近傍たとえば日本の場合、対馬局の電波

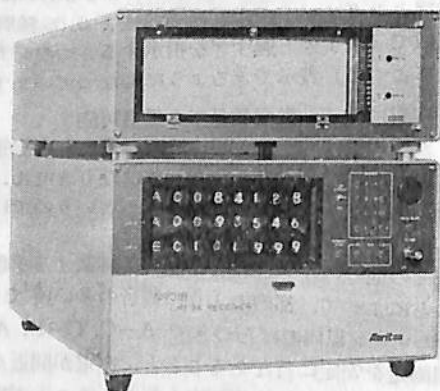


図-1 NR 01 B 形オメガ受信機の外観

* 安立電気株式会社無線機事業部技術部

はモード干渉の関係で入、出港前後一兩日程度は利用できないので、干渉海域外では非常に有用な C (ハワイ) — H (対馬), G (オーストラリア) — H pair の LOP は、2-LOP 機ではその間に他の LOP に切替える必要も生ずるが、3-LOP 機ではその点有利である。なお、本機は 3-LOP 同時に読みとれるので、表示 LOP's に多少ジッターがあつても短時間に平均的な値を知ることができる。

(2) アナログ レコーダ組込

計測 LOP の表示は、特にオメガ受信機単体で使用する場合デジタル、アナログ併用表示、記録方式が最も望ましいと云える。航跡、スピード、電波の受信、追尾状態などの監視と連続記録する上で、また Lane Confirmation, デジタル表示の back up としてもアナログレコーダの持つ機能は非常に重要である。あえて、どちらかを省略するとすれば、筆者はアナログレコーダを残したい気がする。

(3) AC 電源のバックアップ

オメガ受信機は、ハードウェアの信頼性の他に実用上はレーン識別の関係で、供給電源の常時供給の問題がある。供給源として、機外の子備蓄電池も考えられるが、配線、充電、接地極性、雑音障害等の制約も多く、専用のバックアップ電池を内蔵するのが最良の方式と思われる。本機には完全密閉の鉛蓄電池と自動充電装置を内蔵されており、AC 電源ドロップアウト時には自動切換されると同時に、ブザーにより警報を発するようになっている。

(4) 局選択セグメント自動同期

局選択用セグメントゲートの初期同期は、本機では手動(聴音)、自動両方式を採用した。現在はまだ局数も少なく、聴音によつても多少の馴れは必要であるが局識別は容易である。しかし、昼、夜間ではかなり電界強度に違いがあり、また、季節、船の位置によつても、必ずしも近くの局が強勢に聴えるとは限らないので、今後オメガ局が増えるにしたがい聴音同期だけでは、ミス同期の恐れもあるように思われる。本機の自動同期は独自の回路方式によつており、スイッチオン後、約1分間でセグメントゲートのタイミングをオメガ電波の送信ホーマットに同期させる。

(5) Range-Range (p-p) 航法可能

本機の計測 LOP は、対局間の双曲線 LOP はもとより、簡単な操作で p-p LOP も得られるように設計されている。唯、この用途には外部より 1 MHz の超精密基準発振器(ルビジウム原子発振器等)を接続する必要がある。

なお、本機別の別な用途として、受信機内部の基準発

振器を用いても前面パネルの微動ダイヤルを調整すれば 10^{-10} /日 オーダの精度が得られるので、停泊時、3局同時に日周位相変化特性の実測が可能である。

(6) 周辺機器との接続が容易

測定 LOP を座標変換等コンピュータで処理するためのデジタル出力、その他、デジタルプリンタ、アナログレコーダの増設も容易に行える外部接続コネクタを備えている。

2.2 主な仕様

本機の主な仕様は次の通りである。

受信周波数	10.2 KHz, 13.6 KHz, 11.33 KHz
感 度	0.01 μ V
ダイナミックレンジ	120 dB (自動 80 dB, 手動 40 dB)
位 相 追 尾	選択 4 局の受信位相を自動追尾
セグメント同期	モニタ表示器と聴音(スピーカまたはヘッドホーン)による手動同期または任意選択局に自動同期
計測 LOP	3 本
LOP 表示	3-LOP 並列同時表示方式 各 LOP 6 桁数字表示器および対局セグメント記号
LOP 計測精度	1 センチサイクル (CEC) 以内
チャートレコーダ	2 チャンネル打点記録方式 有効紙幅 40 mm \times 2, 紙送り スピード 標準 30 mm/時 (15 mm/時, 60 mm/時 切替可) 30 分間隔タイムマーク記録, 記録表示時間、約 8 時間
LOP 外部出力	3-LOP の (1) BCD 出力 (2) アナログ (0~5 V) 出力接続付
基準発振器	1 MHz, 安定度 2×10^{-8} /日 以上 周波数微調ダイヤル付
常用電源	AC 1 ϕ 100/110 V \pm 10%, 50/60 Hz 消費電力 約 90 VA
バックアップ電源	密閉鉛蓄電池および専用自動充電器 内蔵 バックアップ持続時間 約 10 分
動作温度	0 $^{\circ}$ ~50 $^{\circ}$ C
アンテナ	3 m ホイップアンテナ 基部マッチングボックス付
寸法, 重量	460 mm (H) \times 426 mm (W) \times 450 mm (D), 約 47 Kg (上記はレコーダ部, バックアップ電源を含む)

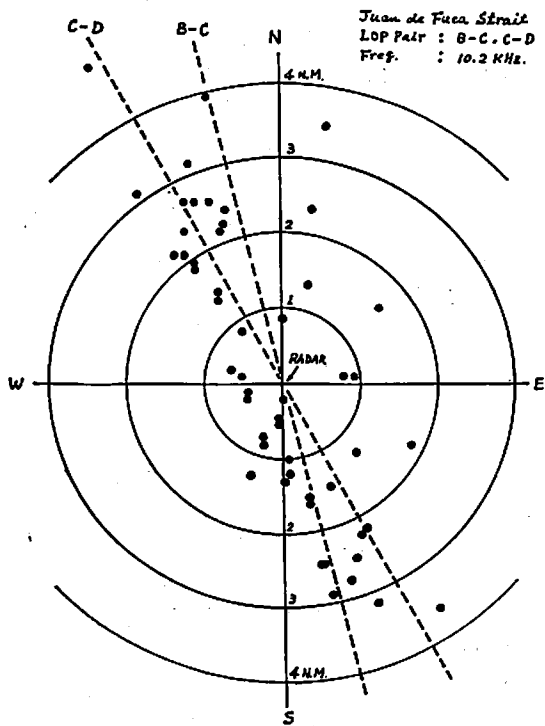


図-2 レーダ船位(中央)に対するオメガ船位の測位誤差分布

3. 評価試験結果等について

一昨秋、北太平洋航路と北米西岸で約40日間実用評価試験を行つたが、図-2はシャトル近くのJuan de Fuca海峡通過時、レーダ船位とオメガ実測船位間の距離誤差を極座標で示したものである。当時、D局としてはニューヨーク実験局が200W程度で運用中であり、この海域ではA局(ノルウェー)はグリーンランドのIce capによる減衰が著しく、殆んど受信不能であつたのでB(トリニダッド)、C、D3局による2-LOPしか得られず、測定はB-C、C-D pairによつている(図に点線で示した)。LOP交角は約17°で決して測定条件は良くないが、レーダとの

r.m.s. 誤差は約2哩であつた。2-LOPの交角がシャープであることはオメガ船位がレーダ船位のまわりに長細く(誤差楕円の長軸方向)分散していることにもよく現れている。将来、オメガシステムが送信局8局でもつて運用されれば、LOP交角60°以上のものがほぼどこでも

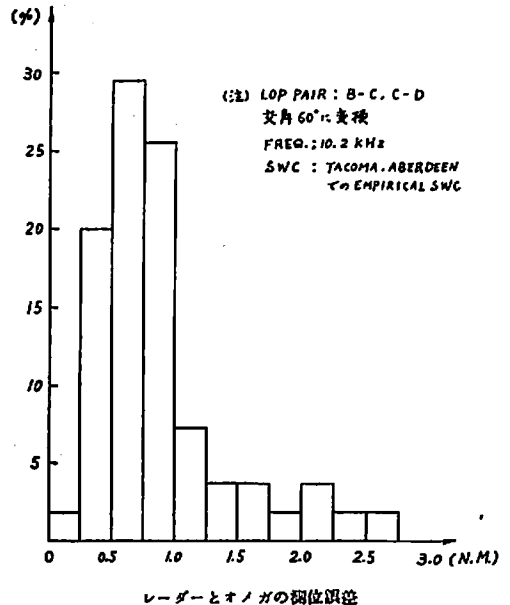


図-3 北米海岸 Juan de Fuca 海峡でのレーダとオメガの測位誤差

利用できるので、この想定のもとに測定データからLOP交角を60°に変換した場合のオメガ船位を計算で求め、レーダ船位との距離誤差分布を0.25 N.M. 階差でヒストグラムで示すと図-3に示すごとくなる。この場合のr.m.s. 誤差は1 N.M. となり、測定は昼、夜にわたつているが、ほぼ公称オメガ精度と合致した結果が得られることになる。なお、上のオメガ船位は海峡近港TacomaおよびAberdeenに数日停泊中実測した空間波補正値の平均値で補正を行つたが、実測補正値と既刊の空間波補正表とは良く合致することが確認できた。したがつて、補正表によりオメガ船位を求めても、ほぼ上述の結果に近い測定精度になると思われる。

図-4に北太平洋48°N、165°W近海航行中、1時間毎に測定3-LOPからオメガチャート上に求めた航位を示した。この海域ではA、B、C、D(実験当時ニュー

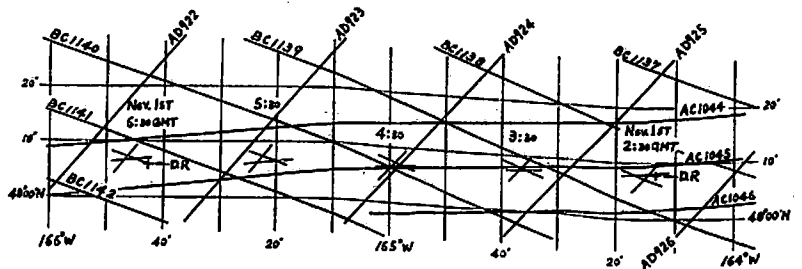


図-4 北太平洋 48°N、165°W 海域でのオメガ実測船位例

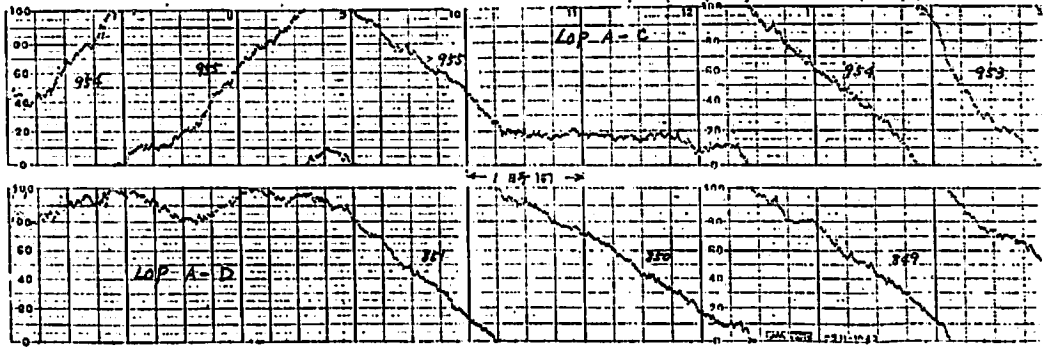


図-5 日本近海（東京湾—伊豆半島）での受信記録例
(10.2 KHz, pair A-C, A-D, Nov. 1972)

ヨーク局)4局とも良好に受信可能で、コースにそつてほぼ一直線上に等距離間隔でオメガ船位が得られている。この海域では既刊の SWC 表により補正を行った。

前述のとおり、現在、日本近海でも D (ノースダクタ) 局が良好に受信可能であり、以前から A, C 局は受信出来るので、オメガ船位測定が行える。A-C, A-D pair で LOP 交角は約 30 度となるが、A-D pair は局位置からして発散が大きく、レーン巾は日本近海で約 18 N.M. にもなり、あまり精度は期待できない。昨年 11 月末、東京—鹿児島間で実験を行なつたが、測定精度はやはり、北太平洋と比べて若干悪い(平均 2.5 N.M. 程度)結果が得られている。詳細は省略するが、図-5 に東京湾から浦賀水道—伊豆半島沖航行中のレコーダの記録例を示した。

4. あとがき

以上 NR 01 B 形オメガ受信機の特長、性能概要などを簡単にのべた。ユーザー各位の御理解と御批判をいただければ幸いです。

オメガ受信機は、その動作がほとんど自動化されているので、一見、外観、操作面からしてハードウェア上も簡単なように思われるが、その包含する回路、機能は動的で、信号処理、フィルタリング等高度の技術が用いられている部分も多い。また、終局的な性能、精度はオメガ電波伝搬特性に負うところも多く、この分野もあわせて、今後に残された問題もまだ少なくないように思われる。

おわりに、評価実験を行うに際し、種々御協力いただいた第一中央汽船株式会社、ならびに大島運輸株式会社の関係各位、また終始御指導いただいた鹿児島大学田口一夫助教授に深く感謝する。

参考文献

- 1) 吉村、亀山、塚本：北太平洋におけるオメガ受信機

の評価試験結果について、安立テクニカル 28 号 (1972-9)

- 2) 田口、松尾、吉村：オメガ航法システムの海上実験 (I)、日本航海学会論文集, Vol 47. (47-8)

海技入門選書

東京商船大学名誉教授 飯島直人 著 電波航法入門

A 5 版 200 頁 ¥ 640 (〒70)

目次

- 第 1 章 序 説 — 1. 電波航法の種類, 2. フラウン管 3. 電波の伝播 4. 双曲線 5. 船位の誤差
- 第 2 章 無線方向探知機 — 1. 方位測定の原理 2. センス決定法 3. ペリユートン式ラジオコメータ 4. 自動方向探知機 5. 方向探知機の誤差 6. 航法 7. 無線方位信号所の種類
- 第 3 章 ロラーン方式 — 1. ロラーンの原理 2. 時間差の測定 3. ロラーン受信器の操作部 4. 地表波と空間波 5. ロラーン: チャートおよびロラーン=テーブル 6. ロラーンの精度
- 第 4 章 テッカ=ナビゲータ方式 — 1. テッカ=ナビゲータの原理 2. デコメータ (指示器) 3. 受信装置 4. レーン検正器 5. 起動および調整 6. テッカ=チャート 7. 誤差
- 第 5 章 コンソル方式 — 1. コンソルの原理 2. コンソル方位の測定法 3. コンソル=チャートとビーコン局 4. 有効距離と精度
- 第 6 章 レーダ — 1. レーダの原理 2. レーダの作動概要 3. レーダ各部の接続 4. レーダの取扱法 5. レーダの性能 6. 物標の種類によるエコーの強さと探知距離 7. 映像の妨害現象と偽像 8. レーダ航路標識とレーダ=チャート 9. レーダ航法 10. レーダ=プロットイング 11. 今後のレーダ

船舶用オメガ受信機

飯塚 康 雄
神電気工業株式会社

— システムコンポーネントとしての利用も考慮した 高信頼度オメガ受信機の紹介 —

1. は し が き

新しく開発され、しかも最終的な電波航法として脚光を浴びつつあるオメガシステムに対し、そのユーザー機器であるオメガ受信機が世界数カ国の数多くのメーカーより製品化されている。

その何れも優れた製品であり、長期間のフィールドトライアルないし販売実績からオメガシステムの有用性を確かめる貴重なデータを提供している。

ところが、オメガ市場は漸く一人歩きを始めた幼年期であり、現在市場を出廻っている製品は各メーカーの技術者が、それぞれの知識と経験に基づき全勢力を傾け開発したもので、一見全く同じ顔つきでありながらそれぞれ異つた特徴を持っている。

勿論、レーダーの開発初期等のように電子技術そのものが幼年期にあつたわけではなく、米海軍の特定メーカーのクローズドパーティーで8年近く開発された実績がベースとなつているので、基本性能としてはどの製品も優れたものであるが、民需としての製品ノウハウはゼロより出発しているも同然である。

このような背景にある現在、ユーザーの方々が多数の製品を選定されるときのより所としては、その製品のカタログ性能、デザイン、価格等の要素ばかりでなく、その製品がどのような考え方で、どのような設計条件で製作されているかを知る事が必要と考える。

そこで、我々はその一つのデータとして当社の船舶用オメガ受信機が、どのようにして製作されているかにつき御紹介して御参考に供したいと考える。

2. 設計の考え方, Q & A

上述のような思想から、当社製船舶用オメガ受信機 NR-1005 型につき設計の考え方を、以下記述する。

Q; 船位測定の精度について

A; 通常単純に昼間 ± 1 N.M. 夜間 ± 2 N.M. と云われているが、単にオメガ電波の位相差測定精度を上げればよいわけではなく、複雑な要素がある。主なものは次のとおりである。

- 1) 船舶の航走による追尾誤差
- 2) LOP の交差による誤差
- 3) 雑音による測定値のバラツキ
- 4) 空間波補整値の狂いによる誤差

5) 電離層騒乱、異常伝ぱんによる誤差

6) レーンズリップによる誤差

7) 初期位置設定の誤り

これらは何れも船位の誤差に結びつくものであるが、この中で 2), 4), 5) はいわば天然現象によるものであり、その他は受信機の性能あるいは操作による誤差である。

そこで、前者に関しては直接受信機で改善することはできないが、連続測定できる LOP (オメガ位置の線) を測位のための最低条件である 2 本に更にプラスして 1 本の測定が常時行なわれるようにし、交差角、伝ぱん距離等から良質のデータが随時選べるようにする外、異常伝ぱんの発見、統計的に考えた異常時の精度向上をはかっている。

つぎに 1) の船舶の航走による誤差と 3) の雑音による誤差は相互する関係にあり、一方を良くすれば他方が悪くなるという性質のものである。

この問題を解決するために、実船で実現の難しい 30 kt 近くの船速をシミュレータにより作り、この状態で最も雑音による誤差が少なくなるような実効帯域幅および独特の追尾方式を採用している。

このことは同時に航行中レーンカウントを誤つて 8~10 N.M. 単位の累積誤差を発生する 6) のレーンズリップ現象も極度に減少することができ、この結果はシミュレータおよび実船試験で実証されている。

7) の初期設定の誤りについては、これがそのまま誤差として残つてしまうが、出港時等の固定点では誤ることは少く、航行中に行なうとき、推測位置の誤差または多周波 (10.2 kHz, 13.6 kHz, 11.33 kHz の受信) 測定の誤りによることが多い。

航行中の設定については、何れにしても複雑な操作となるので、むしろこれをできるだけ避け、連続測定する方法をとるべきである。

Q; 受信機の信頼度は?

A; オメガ受信機は原則として出航後連続使用するので、連続動作に耐える高信頼度が必要である。

信頼度という範囲には単に受信機が故障しないというばかりでなく、外部機器よりの妨害、電源の障害等に対して考えられるかぎりの保護策を用意することも含まれる。

NR-1005 型受信機に対しては社内において信頼性保証プログラムを設定し信頼性試験方法を確立する外、温度サイクル、振動等の環境試験、実船試験を含む延約 25,000 comp/hr の認定試験を実施済である。

この外、外部機器 (A, SSB, UHF 送信機および 60 Hz 大電力機器) の妨害に対しては試作時に実船でふく射試験を行ない、その除去方法および関連工事方法を確立し、実害のないよう留意している。

電源の障害に関しては、経済性とのバランスから、通常の船内電源障害の 95% である 10 分以内の瞬断および瞬時低下 (英国の統計による) を対象とし、これに対し全く異常なく動作するよう予備電源を装置するよう設計している。

Q; 操作はどの程度必要か

A; オメガ受信機は本来その稼働時間の大半が自動測定なので、操作自身はそれ程重要でないが、操作頻度が少いだけにまた運用者の熟練度が期待できず、できるだけ誤りのない方式を考える必要がある。

主な操作は利用開始時の初期船位による LOP データの投入と、受信機をオメガ局に同期する操作である。

初期船位の決定については、船位決定そのものがオメガ独特のものではないので、余り問題になるとは考えられない。

同期操作については国内外各社共種々の方法が考えられているが、上記の理由で熟練を要する方式は不適當であり、また一方利用頻度の少い本操作に多額の投資を行なうことも適當でないと考え、予め一局を指定することにより自動同期を行なう方式を考慮した。

この外同期を行なった後の問題としては、内蔵の時計の精度を充分考慮し 30 日程度の少くとも片航海はそのまま保持し操作不要となるようにした。

Q; 付属機器または他の機器との連携は?

A; オメガ受信機の直接の付属機器としては、LOP 測定値の変化を記録するトラックレコーダがあるが、これは種々の実船試験の結果として、航跡の追跡およびデータの信頼度確認のため極めて有効であることが立証されている。

従つて内蔵はもとより少くとも容易に付属しうることになっていること、およびその信頼度および表示が良好であることが必要である。

この外オメガ方式そのものが、連続的にデータを提供する能力を有するので、このデータの記録または処理装置によるデータ処理を行なうことが考えられる。

したがつたたとえ当初にこの種装置の設置を行なわなくとも、自動化の進んでいる現在、少くともデジタルデ

ータ出力は必要と考える。

この出力としては最低局名およびレーン、パーセントレーン値が必要である。

Q; 受信機の感度はどれ位か

A; 受信機の感度としては、世界中の局が規定の 10 kw のふく射電力を送信した際、伝播変動、局地雑音、環境雑音等のすべての要素を考慮し、装備上実際的な 4 m 長ホイップアンテナを用いた場合全サービスエリアで充分のマージンを有するためには 0.01 μ V のオーダーが必要である。

また同様の理由で同時測定する最小信号と最大信号の比 (ダイナミックレンジ) は、1 局に利用可能限界まで近づき、最遠距離の局を受信した際、理論値として約 80 db、伝播状態その他のマージンを見れば 90~100 db は必要である。

NR-1005 型においては、最小検知入力 0.01 μ V ダイナミックレンジ 100 db と設定している。

固定点における数カ月間の連続測定において 10~15 db の受信レベル変動が観測されているので、上記の値は妥当であると考えられる。

なお上記の値は米海軍研究所の研究成果によつても明かなように、リニア領域を使用した受信機では達成は極めて困難であり、ハードリミッタ形式を採用したモデルを選択すべきである。

3. 特 長

NR-1005 型オメガ受信機は、通称 OMEGA-V と称するもので、セナー株式会社の御蔭により米ノースロップ社電子事業部と技術援助契約を結び当社の技術者と同社の技術者の協同作業により設計し、当社がこれを製品化したものである。

このモデルに至るまで種々の方式が検討されたが、最終的に 5 番目のモデルとして OMEGA-V なる型式が汎用として設定されたものである。

上述の設計の考え方に基き製作した本機的主要な特長は次のとおりである。

i) 3-LOP の同時表示

通常の測位に必要な 2-LOP の測定データの他に確認または精度向上の目的で 1-LOP を追加し、合計 3-LOP が常時表示されるようになっていた。この事は現在建設中の局がフル稼働した際、世界中どこでも少くとも 3-LOP が形成される形となる (米海軍研究所資料) ので、この与えられた情報をすべて活用でき、また交差の状態によつて局の異常または伝播の異常を直ちに発見することができ、データの信頼度を高めることができる。

ii) 高度の自動化

オメガ受信機は航行中はほとんど手を触れる必要がないが、出航時または再設定時にはセットアップをする必要がある。

このセットアップの作業の中で多くの時間を占めるのが、局に対する同期操作である。

この操作は、熟練すれば比較的容易であるが、前述のように操作頻度が少ないので熟練者の養成が困難である。

このため余り経済性を損なわず、しかも熟練度なしに操作ができるよう、予め指定した局に自動同期する自動化方式を採用した。

更に自動同期した後はウォームアップの早い高安定度発振器を内蔵し、一度同期後は約30日の航程中全く操作なしで同期を保つよう考慮している。

iii) 異常動作の防止

オメガシステム特有の誤差または異常原因の1つとしてレンスリップという現象がある。

この現象は8~10 N.M. 単位で測位誤差を発生するのでできる限りの方法で避けなければならない。本機では位相追尾サーボ系、レーン計数演算回路等を実験室内のシミュレーションおよび実船試験において充分検討し極度にこの発生を減少しているが、長時間の伝播異常が発生した等の理由で、レンスリップが発生した際でも3-LOPの値の比較および付属のトラックレコーダの観測により容易に発見することができるよう考慮してある。

iv) 周辺装置の完備

オプションで直接付属されるトラックレコーダの外、デジタルプリンタまたは処理装置に直ちに接続できるデジタル出力を有する。またトラックレコーダ、ディ

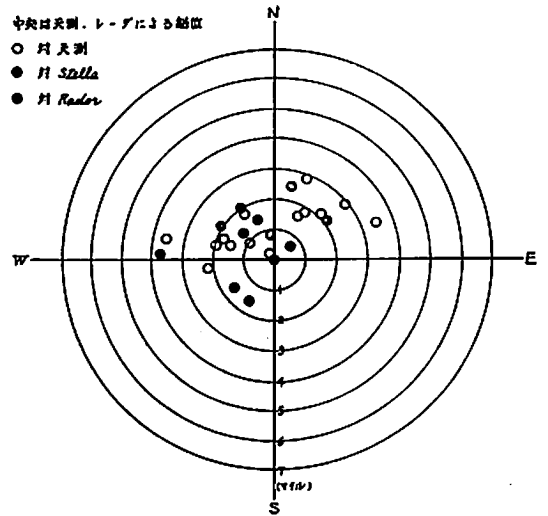


図3-1 太平洋航路の Omega Fix の1例

ジタルプリンタ等は標準品の準備があり、処理装置についても種々の要求のものが製作可能である。

v) 高信頼度

米ノースロップ社の米海軍における300台以上の豊富なフィールドデータをベースにして設計しており、また、認定試験として、実験室および環境試験室内での6か月以上の長期信頼性試験、車輛または実船でのフィールドトライアルを実施している。

図3-1にこれらフィールドテストの中で、太平洋航路の例を示す。

この例は観測時刻および参照源の検討その他の分析を行わないローデータであるが、RMS値1~2 N.M.のシステム精度は満足していると思われる。

4. 主要性能

型名 NR-1005型オメガ受信機 通称 OMEGA-V

受信周波数	10.2 kHz, 11.33 kHz, 13.6 kHz 切換受信	異常時多周波にてレーン識別が可能
最小受信入力	0.01 μV	4 m専用ホイップアンテナにて局の最大サービスエリアまで受信可能
受信形式	ハードリミッタ形式	ダイナミックレンジが広い
ダイナミックレンジ	100 db	1局に最近接したとき他局の最大サービスエリアまで使用可能
追尾方式	指定4局完全自動追尾	指定は手動方式
同期方式	指定した局に対し自動同期しその後は標準発振器で独立同期(手動同期も可能)	最も安定な局を指定すると自動同期し、その後同期回路は自動的に電波から切離される
測定精度	LOP 測定精度 ±1 CEC	システム精度上この値で将来とも充分である
測位精度	1~2 N.M. (r.m.s)	将来空間波補正表の改善でこの2倍程度上昇可能性あり
標準発振器	安定度 ±5 × 10 ⁻⁸ /day	初期設定時自動同期すれば通常の航海中再設定は不要

表 示	3-LOP デジタル常時表示	レーンカウント3桁、パーセントレーン2桁を表示する。レーンカウントは4桁のゾーンもあるが、1桁省略しても充分判別可能
出力インターフェース	アナログ; トラックレコーダ用 3ch デジタル; 計算機, プリンタ, リモートディスプレイ兼用 3ch	<ul style="list-style-type: none"> ・トラックレコーダは専用のものをオプションで内蔵する ・デジタルプリンタ, リモートディスプレイはオプションで別途接続 ・計算機は目的に応じ用意する
電 源	AC 100~120 V, 200~240 V, $\pm 20\%$ 50~60Hz コンバータ外付によりDC 24 V 可能 消費電力 150 VA	航行中連続測定が必要。容易に遮断できない電源を調査する用意あり
予 備 電 源	停電時内蔵ニッケルカドミウム電池に自動切換。正常時は自動充電する	ニッケルカドミウム電池はオプションで付属する
ア ン テ ナ	ホイップ形式 4m専用アンテナ	整合器付

本機の構成は図 4-1 に示すとおりである。

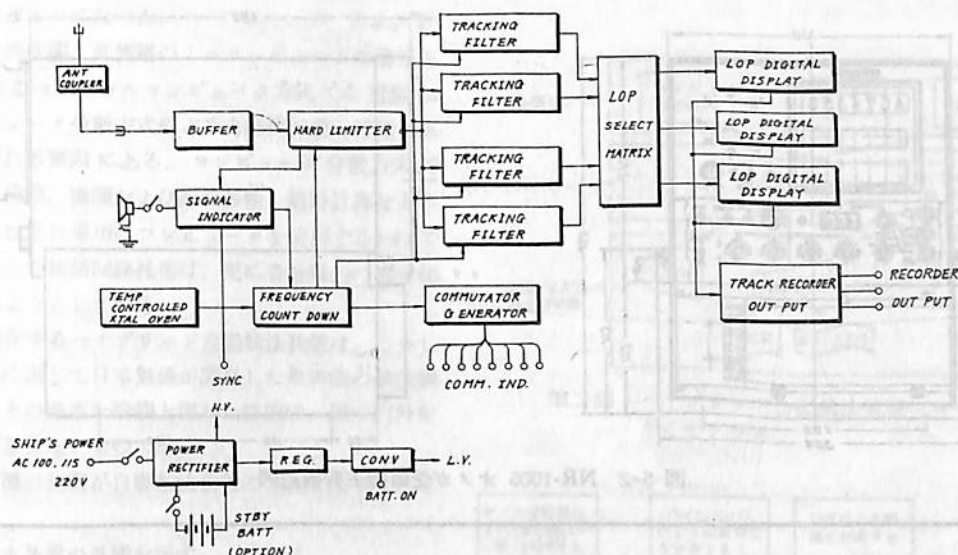


図 4-1 NR-1005 オメガ受信機構成図

5. 外観並びに構造

以上御報告した 船舶用オメガ受信機の外観を図 5-1 に、そして主要構造を図 5-2 に示す。

環境条件としては NK 規格に準じ、一部これを上廻る規格を設定し、充分試験を重ねており、巨大船から小型漁船に至るまで有効に利用できるものである。

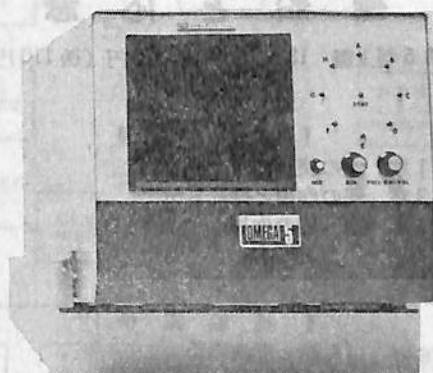


図 5-1 NR-1005 型オメガ受信機外観図

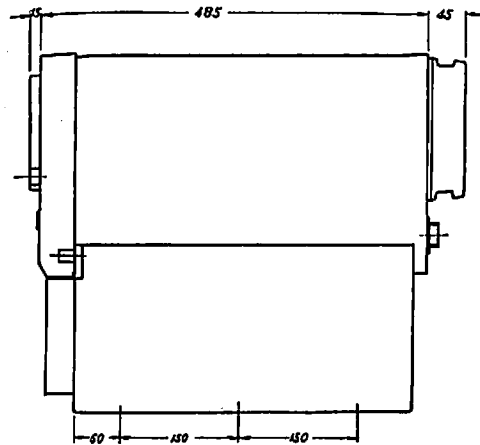
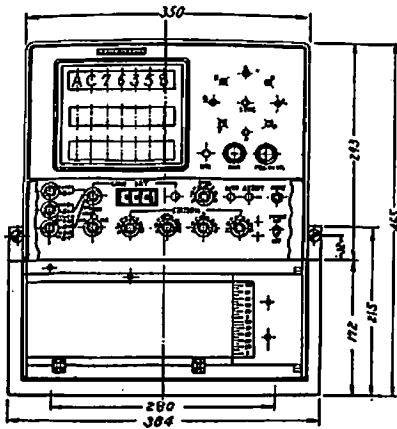
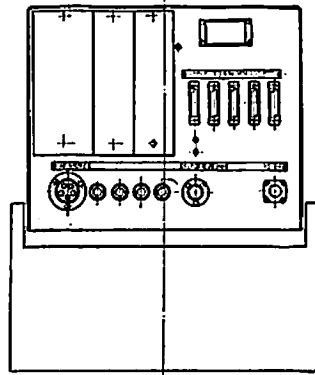
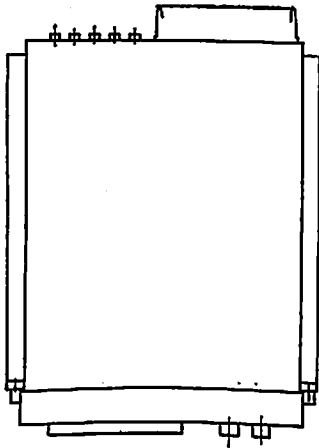


図 5-2 NR-1005 オメガ受信機主要構造図

海技入門選書

東京商船大学教授 米田謙次郎著

操船と応急

A5判上製 130頁 定価 470円 (送110円)

目次

I 操船の基礎

- 第1章 錨の使用法
- 第2章 舵の作用と操舵号令
- 第3章 推進器の作用
- 第4章 速力と惰力
- 第5章 操船に影響する外力

II 操船実務

- 第6章 出入港・港内操船
- 第7章 特殊操船
- 第8章 荒天操船
- 第9章 海難と応急処置

海技入門選書

東京商船大学教授 野原威男著

船用プロペラ

A5 上装110頁 ¥ 400円 (〒110)

目次

- 第1章 船体の形状・抵抗および馬力
- 第2章 プロペラの種類
- 第3章 プロペラに関する術語
- 第4章 プロペラの効率
- 第5章 キャビテーション試験
- 第6章 プロペラの設計
- 第7章 プロペラの構造
- 第8章 事故の原因とその対策
- 附 練習問題

ハイブリッド自動航法装置

関根 兆五

日本無線株式会社研究所

1. ま え が き

我が国で船舶の超自動化が、本格的に試みられたのは「星光丸」に始まると考えられる。その後も、幾つか、それぞれ特色のある超自動化船が生み出されている。1960年代末期から1970年代初頭の超自動化システムは、主として経済的理由からセントラルコンピュータ方式が採用されたがこの方式は多数のセンサーや出力機器及び入出力情報を1台のコンピュータで取扱うのでこの方式特有のハードウェアおよびソフトウェア上の困難が生じ、経済的効果がうすれてかえって信頼性、保守性での欠点が浮彫りになった。

最近では高性能、低価格のミニコンピュータの普及と過去におけるセントラルコンピュータ方式での経験から、コンピュータ分散方式による自動化が最も得策であると信じられる傾向にある。コンピュータ分散方式では、航法、荷役、機関および医療診断、給料計算などの各分野でそれぞれ専用のコンピュータを使用するわけであるが、最近の集積回路技術は、更に各分野内の細分化を推し進めようとしている。

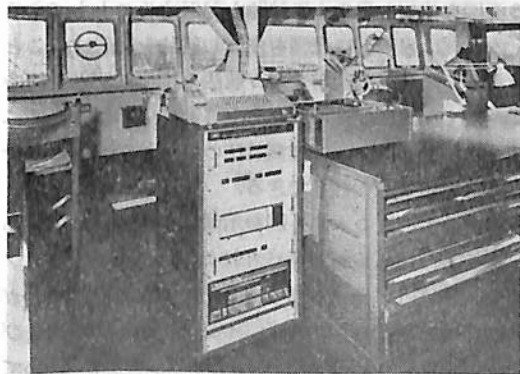
ここに紹介するハイブリッド自動航法装置は、こうした技術動向に則して日本無線が開発した最新鋭の航法機器であり、その豊富な機能と優れた性能は、国の内外を問わず類例を見ないものである。

今後この種の装置が自動航法装置の主流をなすものと期待される。

第1図は本装置の外観を示す。

2. 装置の概要

本装置は簡単に言えば、オメガ受信機とジャイロコン



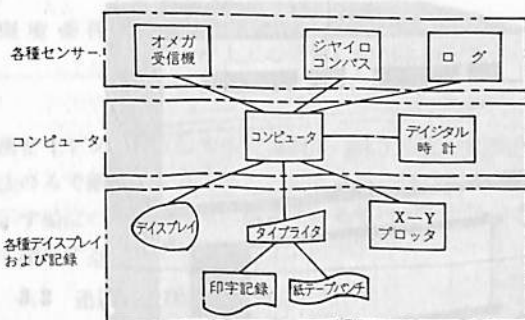
第1図 ハイブリッド自動航法装置の外観

パスおよびログより得た船位情報をコンピュータで処理して緯度、経度を求め、海図上にプロットするものである。

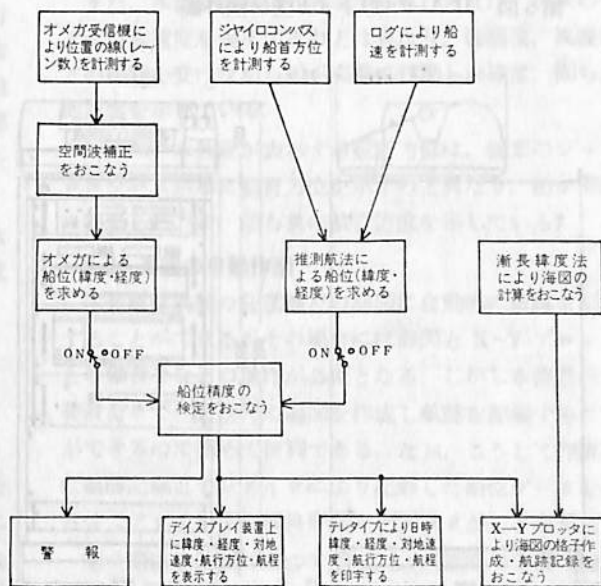
第2図は本装置のブロックダイアグラムである。また、第3図は本装置の動作概要を図示したものである。

第2図および第3図を参照しながら、本装置の動作の概略を示すと次のようなものである。

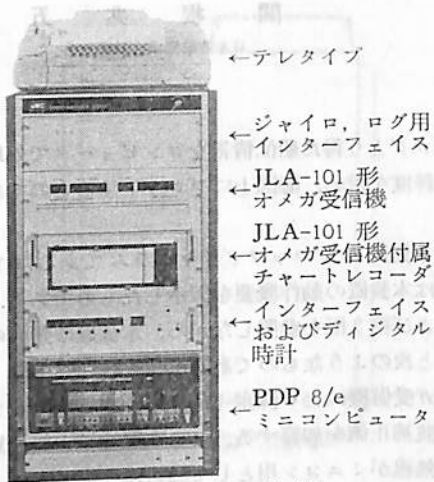
まずオメガ受信機により測定した位置の線(レーン数)に空間波補正値を加算する。この空間波補正値の算出には日本無線がミニコン用として独自に開発したシミ



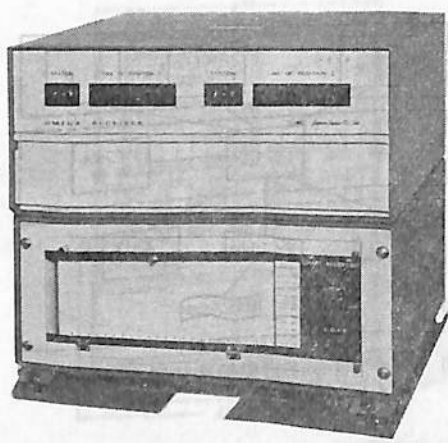
第2図 ハイブリッド自動航法装置ブロックダイアグラム



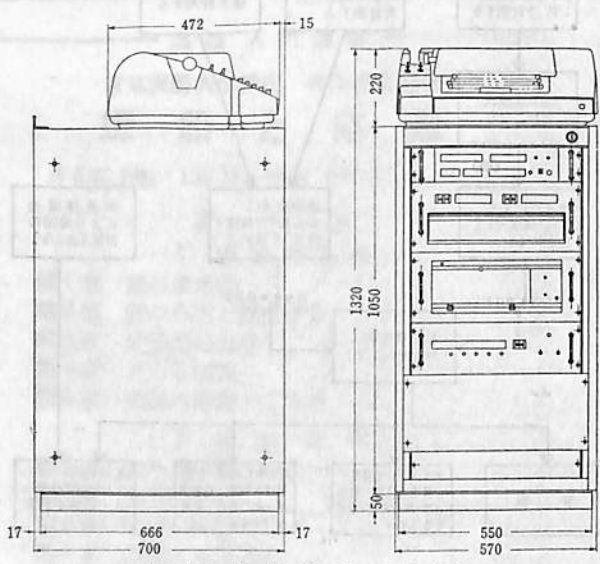
第3図 ハイブリッド自動航法装置動作概要説明図



第4図 本体外観



第5図 JLA-101形オメガ受信機外観



第6図 本体外形寸法図

第1表 JLA-101 形オメガ受信機の主な仕様

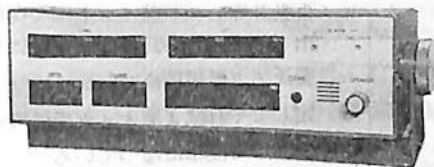
受信周波数	10.2kHz, 13.6kHz, 11.33kHz 以上3周波のうちの任意の2周波が同時受信可能
最大感度	-40dB (0.01μV)
ダイナミックレンジ	80dB以上(精度1CEC以下のとき) 110dB以上(精度2CEC以下のとき)
セグメント同期	モニター出力の信号音とセグメントランプの監視による手動同期
位相追尾	4局のオメガ信号に自動追尾
位置線表示	2本の位置線の数値を2組の数字表示管に同時表示 レーン数表示4桁 位相差表示2桁
計測精度	1/100レーン以内
基準発振器周波数安定度	2×10 ⁻⁴ /日 (ATCにより最強オメガ信号に強制同期)
チャートレコーダ	2チャンネルチャートレコーダを付属し 2つの位相差を連続記録
使用電源	通常AC100/115/220V ±15% 50/60Hz AC電源が突発的故障の際には、あらかじめDC24Vの子備電源を 接続しておくことにより無停電にすることができる。
消費電源	60VA以下 (ACのとき) 40VA以下 (DCのとき)
空中線	4mホイップアンテナ
使用温度範囲	-10°C ~ +50°C
寸法	受信表示機 NRA-101 189(H)×419(W)×370(D) チャートレコーダ NKA-128 189(H)×419(W)×370(D) 空中線結合器 NNZ-1A1 223(H)×200(W)×180(D) 空中線 AE-223 4mホイップアンテナ 同軸ケーブル RG-12/U 30m (標準)

ユレーションプログラム(後述)が使われる。次いで空間波補正を施された位置の線から船位(緯度, 経度)を算出する。

一方, ジャイロコンパスにより測定された船首方位とログにより測定された船速とから推測航法による船位(緯度, 経度)を算出する。

オメガによる船位と推測航法による船位とを常時比較検討し, いずれかの船位精度が低下した場合には警報を発して使用者に知らせる。精度が満足な場合には測定した船位はディスプレイ装置, テレタイプ, X-Yプロッタ上に表示または記録される。またディスプレイ装置, テレタイプ上には測定された船位の時間的変動を解析することにより算出された対地速度, 航行方位, 航程を船位と合わせて表示または記録する。X-Yプロッタは市販の海図を使用しその上に航跡を記録することもできるが, 本装置は自動的に海図を作成し航跡を記録することもできる。本装置は通常オメガ航法と推測航法とを同時に働かせて測定値の信頼度を向上させているが, 必要に応じてオメガ航法または推測航法のいずれか一方のみを働かせて使用することもできる。

第4図は本装置の本体外観を示す。本体には上からテレタイプ, ジャイロコンパスおよびログ用インターフェイス, JLA-101形オメガ受信機, JLA-101形オメガ受信機付属チャートレコーダ, インターフェイスおよびデジタル時計, PDP 8/e ミニコンピュータが納められている。



第7図 インジケータ外観



第8図 X-Yプロッタ外観

JLA-101 形オメガ受信機は数々の特徴を備えた高性能機でありながら販売価格 200 万円と低価格であり、既に 150 台以上の販売実績を持っている。

第5図は、JLA-101 形オメガ受信機の外観を、第1表は、JLA-101 形オメガ受信機的主要仕様を示す。

第6図は本装置の本体外形寸法図である。

第7図は本装置が測定した緯度、経度、対地速度、航行方位、航程を表示するインジケータで小形であり、本体とは別体でチャートテーブルの上またはその近くに設置するが、場合によっては第1図に示すように本体上部のジャイロコンパス、ログ用インターフェイスのパネル面に取付けることも可能である。

第8図は X-Y プロッタで、希望により海図大の大型のものから本紙面の 2 倍程度の大きさのものまで任意に選択できる。

本装置の総合仕様を示すと第2表のとおりである。

3. 特 長

3.1 信頼性高い測定値

オメガ電波は空電や電離層の突発擾乱 (SID) などその発生予測が困難な現象の妨害を受けて、位置測定値に著しく誤差を生ずる場合があるが、本装置はそのような誤差を自動的に検出し、それが閾値以上に達すると警報を発し操作者に報知する。そのような場合にはオメガ航

第2表 総合仕様

センサー及び機能	オメガ受信機 (本体内蔵): 位置の線測定 ジャイロコンパス (船舶付属): 船首方位測定 (船舶付属): 対水速度測定 ログ
コンピュータ	PDP 8/e 8k 語
出力装置及び機能	インジケータ : 緯度, 経度, 速度, 方位, 航程の表示 X-Y プロッタ: 海図作成, 航跡記録 テレタイプ : 日時, 緯度, 経度, 速度, 方位, 航程の記録
機器構成	本体 X-Y プロッタ 空中線 (カップラ付)
電源	AC 100 V $\pm 10\%$ 50/60 Hz 11 A DC 24 V $\pm 10\%$ 2 A (補助電源)
環境条件	温度 0°C~50°C 湿度 95% at 35°C 振動 海上での通常の使用に耐える

法をオフラインとしオメガ電波が回復する迄の間推測航法のみで船位を決定することができる。従つて本装置の示す船位の測定値は常に信頼できるものであり、安心して使用することができる。

3.2 迅速、正確な船位測定

本装置は毎 10 秒に 1 度位置測定をおこない即時表示する。従つて本装置によれば任意の時間に即刻その時点の船位データを知ることができる。

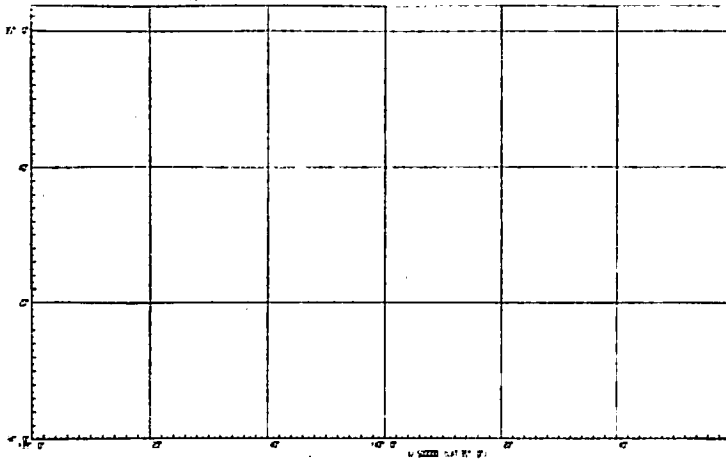
また、本装置が算出し表示する航行速度は、従来のログが対水速度を表示するのとは異なり、海潮流、風波などの影響を受けながら船が実際に移動した速度、即ち大地速度を示している。

同様に、本装置が表示する航行方位は、従来のジャイロコンパスが単に船首方位を示すのと異なり、船が実際に移動した方向、即ち真の航行方位を示している。

3.3 海図の自動作図

本装置は既製の任意縮尺の海図に自動的に航跡を記録することができるがその場合には海図と X-Y プロッタとの軸合せなどの操作が必要となる。しかし本装置は本装置自身で任意縮尺の海図を作成し航跡を記録することができるので極めて便利である。なお、こうして作成した航跡記録とテレタイプにより記録した船位データを付合せてファイルすれば良好なログブックができあがる。

第9図は本装置によつて作成した海図の1例 (縮尺 1/500,000, 基準緯度 35°0') を示す。第3表は本装置のテレタイプにより記録した船位情報の例である。



第9図 本装置で作製した海図の1例

第3表 本装置で記録した船位情報の例

72/10/25	20:0	0MT	35.35.4H	139.26.3E	3.7KT	26A,	759.0NM
72/10/25	20:30	0MT	35.42.5N	139.32.0E	37.9KT	35,	769.5NM
72/10/25	21:0	0MT	35.38.0N	139.34.7E	11.7KT	28E,	774.0NM
72/10/25	21:30	0MT	35.39.8N	139.31.0E	9.4KT	27,	778.1NM
72/10/25	22:0	0MT	35.40.0N	139.31.5E	3.1KT	57,	779.3NM
72/10/25	22:30	0MT	35.39.8N	139.32.3E	1.9KT	86,	780.1NM
72/10/25	23:0	0MT	35.38.1N	139.34.2E	4.3KT	22T,	782.5NM
年月日	時刻		緯度	経度	速度	方位	航程

3.4 自動空間波補正

オメガ航法ではオメガ受信機の測定値に空間波補正を施した値を使つて位置決定をおこなう。空間波補正に必要な数値は OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLES として U.S. Naval Oceanographic Office より発行されているが、その量は極めて膨大でありコンピュータの記憶装置にそのままの形で記憶することは実用的でない。

本装置は日本無線が独自に開発した空間波補正プログラムにより自動的に空間波補正を施すので装置が安価に構成できるばかりでなく、操作者が前記の TABLES を索引するなどの面倒な操作を不必要としている。

3.5 自動レーン識別

本装置に電源を投入し使用開始する場合、または現在使用中のオメガ送信局を別のオメガ送信局に切替えたい場合または、オメガ送信局の故障や空電や SID などでオメガ受信機が暫時使用不能になり、その間推測航法のみを使用していたが、やがてオメガ電波が回復したので再度オメガ航法を開始させたい場合、以上の3つの場合には、オメガ受信機にレーン設定をおこなう必要がありその地点のレーン数を正確に知る必要がある。そのような場合には本装置は空間波補正値を考慮したレーン数を

自動計算しテレタイプ上にその値を打出して来るので、操作者は単にその値をオメガ受信機のレーンカウンタに設定してやればよくオメガ受信機の取扱が極めて簡単になつている。

3.6 対話形式による簡単な操作

本装置は初期設定を完了してしまえば、その後は必要に応じてオメガ送信局の切替または海図の取替をおこなう以外は何らの操作も必要としない。

初期設定に際してはコンピュータがテレタイプを通して順次出して来る回答例付きの8項目の質問に対して、操作者がひとつひとつ回答して行けば自動的に初期設定が完了してしまうよう

ないいわゆる対話形式をとつているので、全くの初心者でも1乃至2時間の練習で本装置を充分使いこなすことができる。

第4表は初期設定対話の一例である。

質問の内容と回答方法は次のようなものである。

LATTIC : 海図を自動作図する必要があるか否か。Y (Yes) か N (No) で答える。

但し表中の () 内の文字は前回の初期設定のときの回答内容で今回も前回同様でよい場合には RETURN キーを押せば自動的に次の質問が出されて来る。以下の質問についても同様である。

FORM : 海図の形は縦長か横長か。

H (Horizontal) か V (Vertical) で答える。

SCALE : 海図の縮尺はいくらか。数字で答える。

以下簡単に示すと

STD LAT : 海図の基準緯度

ORIGIN : 海図の原点

第4表 本装置の初期設定対話例

```

LATTIC (Y)
.
FORM (H)
.
SCALE (1/200000.) STD LAT (35.0)
.
ORIGIN (LAT 35.38.0N LONG 139.34.2E)
.
T MARK (Y)
.
H
.
DRP (LAT 35.19.7N LONG 139.29.9E)
.
35.41.0N 139.30.0E
.
SVC
.
WAIT 1 LOP 953.6 851.4
.
PLOTTER SFT ?

```

- T MARK : 航跡につけるタイムマーカー
 DRP : 現在の推定船位
 SWC : 空間波補正用基礎データ (第4章参照). 紙テープより四半球分を一時に格納する. 所要時間約5分
 WAIT : 待時間の合図
 LOP : オメガ受信機に設定すべきレーン数
 PLOTTER SET: X-Yプロッタの設定が済んでいるかどうかの注意の合図

以上のすべての質問に答えて最後に RETURN キーを押すと以後自動的に位置測定がおこなわれ, 航跡が記録される.

4. 空間波補正プログラム

4.1 シミュレーションモデル

オメガ電波の伝搬位相速度は

- 1) 太陽の天頂角, 太陽の活動等による電離層の高さ
- 2) 地磁気の方向及び不均一性
- 3) 地表の導電率
- 4) アンテナ結合係数

等に影響を受ける.

地表の或る地点における位相速度の変化量は真昼の速度を基準にとり (1) 式で表わせる.

$$\left[\frac{V_P}{V_C} - 1 \right] = K_0 f_0 + K_1 f_1 + K_2 f_2 + K_3 f_3 + K_4 f_4 \quad (1)$$

但し V_P : 位相速度

V_C : 光速

$K_0 \sim K_4$: 定数

f_0 : 地表の導電率, アンテナ結合係数を考慮した関数

f_1 : 電離層の高さに関する量

f_2 : 地磁気の方向に関する量

f_3 : 地磁気の磁束密度に関する量

f_4 : 地磁気の方向に関する高次の項

受信点における空間波補正值は

$$\Delta\varphi(t) = \int_{\text{送信点}}^{\text{受信点}} \left[\frac{V_P}{V_C} - 1 \right] dl$$

但し l : 送信点から伝播路上の一点までの距離

t : 時間

として算出される.

(1) 式の第1項は一定と考えられ, 第2項以後が日変化にあずかる部分である.

第1項は, OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLES の左上隅 (1-15 JAN, 00) の補正值 (第10図参照) から算出され, 第2項以後はすべてシミュレーションされた関数を元にして算出される.

空間波補正プログラムに使用するデータ

10-2 JAN OMEGA PROPAGATION CORRECTIONS IN UNITS OF DECS													LOCATION: 16.0 N 156.0 E												
GMT													STATION C												
DATE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1-10 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-11 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-12 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-13 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-14 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-15 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-16 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-17 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-18 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-19 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-20 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-21 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-22 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-23 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-24 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-25 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-26 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-27 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-28 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-29 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-30 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
1-31 JAN	-7	-8	-10	-10	-54	-56	-73	-83	-86	-87	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88

第10図 OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLES より使用するデータ

4.2 能 性

1) 第10図から明らかなように本プログラムは空間波補正表のうちから(1-15 JAN, 00)の値をただ1個だけ使用するので、空間波補正表を

$$1/576 = 1/24 (\text{GMT}) \times 1/24 (\text{MONTH})$$

に圧縮したことになる。

2) 本プログラムのシミュレーション精度は、OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLES の記載値と比較して10CEC (Centi Cycle) 以内である。第11図(a)(b)に本プログラムによるシミュレーション結果の例を OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLES の記載値と比較して示した。

3) OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLES は厳密な意味では1年間しか有効でないが、本プログラムは任意の年の任意の日時の補正値を即座に算出する。

4.3 特 長

1) 精度が良い。(OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLE と比較して10CEC 以内の精度であり、しかも任意の受信点において算出される補正値は OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLE を

時間及び空間的に補間したものに近い。)

2) 恒久的に使用できる。(OMEGA SKYWAVE CORRECTION TABLE は厳密には毎年更新しないと精度が保てないが、本プログラムは何等変更を必要とせず永久使用ができる。)

3) 経済的に優れている。(プログラムの規模が小さく記憶を必要とするデータが少ない。)

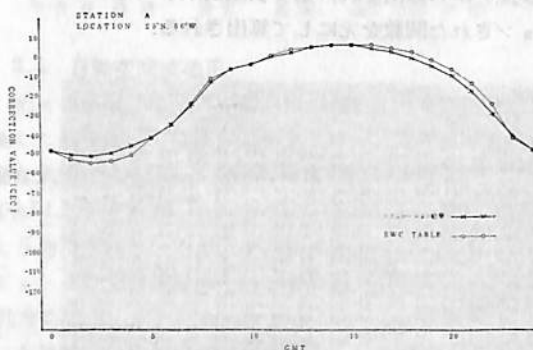
4) 保守管理に優れている。(プログラム及び記憶データの変更を全く必要としない。)

5. あとがき

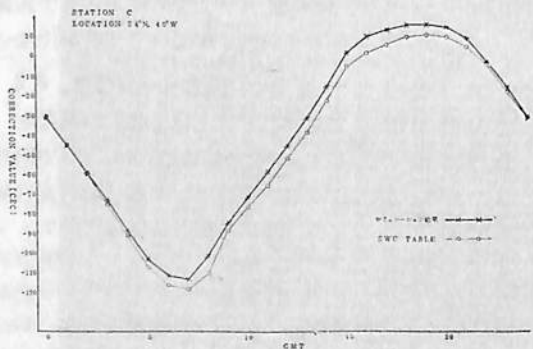
この種の装置は極めて優れた性能を持つ反面装置が複雑になり、また、高価にもなる。

装置が複雑になればそれだけ故障も起きやすくなり故障修理も難かくなるわけであるが最近の急速な集積回路技術の発展はこれらの障害を徐々に解決しつつあり、この種の装置が急速に普及する日は間近いものと考えられる。

本装置はヨーロッパ航路における実用試験の結果優れた成績をおさめた。その結果については別の機会をとらえて紹介したい。



第11図(a) シミュレーション結果



第11図(b) シミュレーション結果



古き歴史と
新しい技術を誇る

三ツ目印 清罐剤

登録 罐水試験器
実用新案

一般用・高圧用・特殊用・各種

最新の技術、50年の経験による特許三ツ目印清罐剤で
汽罐の保護と燃料節約を計って下さい。

罐水処理は何んでも御相談下さい。

営業
品目

三ツ目印清罐剤 三ツ目印罐水試験器
罐水試験試薬各種 燐酸根試験器
BR式PH測定器 試験器用硝子部品
PTCタンク防蝕剤

内外化学製品株式会社

本社 東京都品川区南大井5-12-2 電(762)2441(代)
大阪支店 大阪市西区南堀江大通2-43 電(541)0331(代)
札幌営業所 札幌市南九条西2丁目12 電(521)6267(代)
仙台営業所 仙台市宮町1-1-70小林ビル 電(23)8 8 5 8
名古屋営業所 名古屋市東区池内本町1-17 電(936)0 2 3 3
福岡営業所 福岡市大手門1-9-27 電(72)1631(代)
広島営業所 広島市国泰寺町2-3-1 電(43)1 4 4 2

大型船の横桁材における切欠き(スロット) 周辺の損傷防止について (その2)

真 能 創
防 衛 大 学 校

4. スロット部の応力分布

スロットの亀裂発生部(主としてスチフナ基部)に働く応力の最大値が、スロット部の構造や補強等によってどのように変化するかについて、理論的および実験的に検討した結果について述べる。

4.1 計算値より見たスロット部の構造および補強の影響

a) スロットの向きの影響





スチフナ基部の最大応力 σ_{max} は、縦フレームよりの伝達荷重によって生じる $\sigma_w max$ と、横桁に働く剪断力によって生じる $\sigma_s max$ の和となる。

$$\sigma_{max} = \sigma_w max \pm \sigma_s max \quad (4.1)$$

$\sigma_w max$ は縦フレームが取付けられた外板(甲板、隔壁板)に加わる圧力が、内圧の方が大のときは引張応力、外圧の方が大のときは圧縮応力になる。 $\sigma_s max$ は図2.2(前報)に示す発生機構から、剪断力 S の方向とスロットの向きに組合わせによって、表4.1に示すように変化する。したがって、 $\sigma_w max$ が引張応力の場合を例にとると、スロットの向きによって $\sigma_s max$ が引張応力の場合(加算側と呼ぶ)と、圧縮応力の場合(減算側と呼ぶ)とがあり、前者の場合は σ_{max} は $\sigma_w max$ より大となるが、後者の場合は σ_{max} は $\sigma_w max$ より小となる。

船底横桁を対象に考察を進めると、横桁の剪断力分布は船底に加わる水圧によって大体きまり、中央タンクの横桁では S が正の部分と負の部分が存在する。この部分のスロットの向きは一定方向になつているから、この横桁のスロットは加算側にあるものと、減算側にあるものに分かれる。剪断力分布は片側に偏るのが普通であるから、 S が大きい側が減算側になるようにスロットの向きを定めると、その横桁のスロットの σ_{max} の上限値

表4.1 スロットの向きによる $\sigma_s max$ の変化

剪断力	正 S 		負 S 	
スロットの向き	左	右	左	右
$\sigma_s max$	引張	圧縮	圧縮	引張
備考	スロット左向き 		スロット右向き 	

は大幅に減少する。

バラスト専用タンクとして使用される中央タンクの船底横桁を例にとると、バラスト状態の剪断力分布は図4.1に示すように中心線側は正、縦隔壁側は負となる。この場合の $\sigma_w max$ は引張応力となるから、スロットを内向きにすると中心線側は加算側、縦隔壁側は減算側になり、中心線に近いスロットの σ_{max} がこの横桁の σ_{max} の上限値になる。スロットを外向きにすると、すべてが逆になり縦隔壁に近いスロットの σ_{max} が上限値となる。この場合は一般に S_1 の絶対値は S_2 のそれより大であるから、 $\sigma_s max$ の上限値は縦隔壁側に見出され

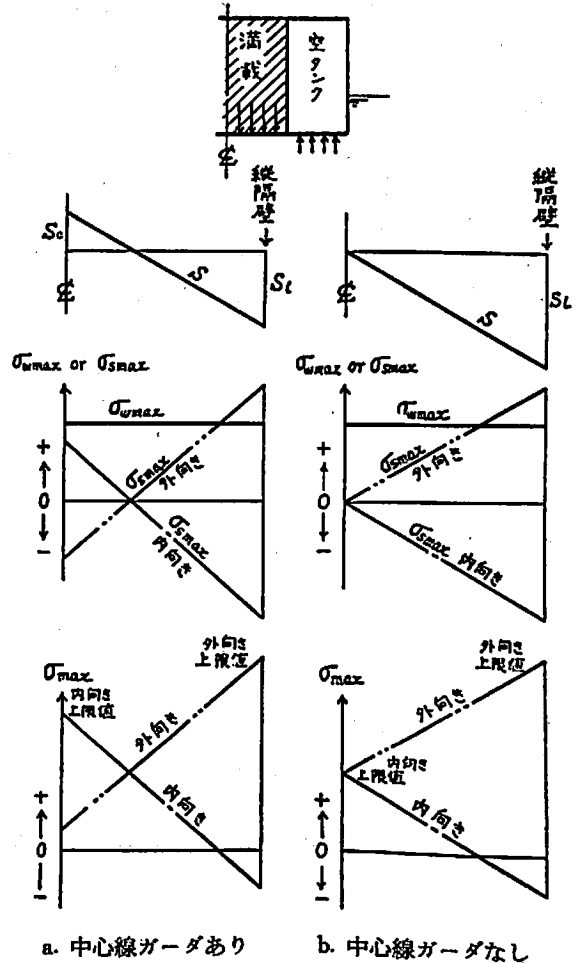


図4.1 中央タンクのスチフナ基部応力に与えるスロットの向きの影響

るから、この部分が減算側になるようにスロットを内向きにした方が σ_{max} の上限値は小となる。

満載時は船底水圧は逆方向に働き σ_{wmax} は圧縮応力になるが、剪断力の方向も逆になるので、やはり σ_{max} の上限値は内向きの方が小となる。

中心線ガーダがない場合は剪断力分布から明らかなようにスロットを内向きにすると全スロットが減算側、外向きにすると全スロットが加算側となり、その差はさらに大となる。また、以上は両端に取付けられるブラケットの影響を無視しているが、これを含めても結果には大きな変化はない。

これはその部分の外板等に加わる圧力で横桁の剪断力分布が大体きまる場合には常にあてはまり、玄側タンクの船底横桁では中央タンクほど明確ではないが、スロットを外向きにする方が σ_{max} の上限値は小さくなる。ただし、玄側タンクが貨物油タンクとして使用され、外板に加わる圧力は大きくなく、横桁の剪断力分布はむしろその玄側タンクの剪断変形量によつてきまるような場合は、スロットの向きは簡単に論じられない。同様のことは甲板横桁のような部材にもいえる。

一方スロット周縁応力は図 3.12 (前報) より明かなように σ_{s1} の符号 (引張応力であるか圧縮応力であるか) は σ_{wmax} と一致する。また σ_{s1} の符号も図 3.12 と表 4.1 を比較すれば明かなように、 σ_{smax} と一致する。したがつて、スチフナ基部応力が加算側にあるスロットでは σ_{R2} も加算側にある。カラーのないときの σ_{w2} 、 σ_{s2} の符号はそれぞれ σ_{w1} 、 σ_{s1} の逆になるから、 σ_{R2} もスチフナ基部応力が加算側にあるスロットでは加算側にある。カラーのある場合は σ_{R2} の分布はやや複雑であるが結果は変わらない。したがつて、前記の σ_{max} の上限値を低下させるスロットの向きは、同時にスロット周縁応力の上限値も低下させる。

これから、船底横桁ではスロットの向きによつて損傷発生率に差が生じるであろうと予想し、実船の損傷実績を調査したが、既述のようにタンカーでは予想と一致する結果は得られなかった。

b) スチフナの寸法

日本造船研究協会第 83 研究部会で横強度計算のために試設計された 5~30 万 DWT タンカー (横桁の寸法は各国船級協会規則を適用し、重量が最小になるように設計された。以下 SR 83 シリーズ船と呼ぶ) について、スチフナの寸法を NK 規則の最小寸法としたとき、満載喫水に相当する水頭の水圧 (バラスト状態でバラスト満載時の静水中の船底に加わる水圧に大体一致する) が加わつたときの船底横桁のスチフナの σ_{wmax} を三井千

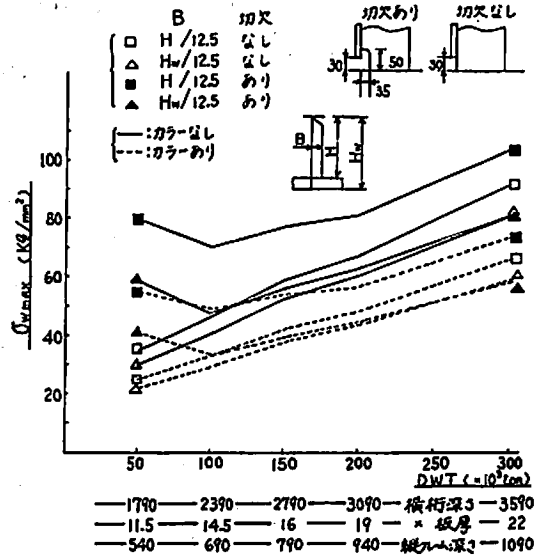


図 4.2 SR 83 シリーズ船の σ_{wmax}

葉研の式で計算した結果を図 4.2 に示す。図で切欠き付スチフナの応力は 5 万 DWT の船だけ全般的傾向と異なるが、これは切欠きの寸法を各船同一としたので、5 万 DWT の船では切欠きがスチフナの寸法に比べやや過大となつた結果と思われる。図は仮空の船に対するものであるが、21 隻の実船について σ_{wmax} を計算した結果では、スチフナをバックブラケットで補強した 6 隻を除くと、 σ_{wmax} は SR 83 シリーズ船のその上下限値の間に散在する。

図 4.3 は SR 83 シリーズ船について、横桁の剪断応力を 8 kg/mm^2 としたときの σ_{smax} を計算結果で、傾向は全く同一である。図に記入されている σ_{smax} と σ_{wmax} の比は、

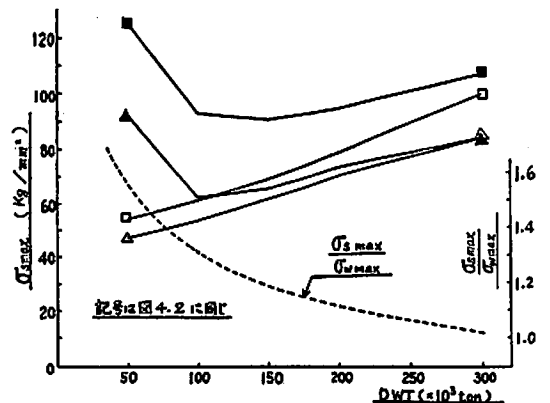


図 4.3 SR 83 シリーズ船の σ_{smax} ($T_1 = 8 \text{ kg/mm}^2$)

$$\frac{\sigma_{s \max}}{\sigma_w \max} = \frac{1.2 (K_{g1} - K_{g2}) S}{GA_w} W \quad (4.2)$$

となり、スチフナ基部形状には無関係となる。

図から、スロット部の損傷が現在のように問題となるまでの経過を次のように推定できる。スチフナは元来横桁ウェブの座屈防止のために取付けられる部材であり、その寸法もこの面から規定されていた。この種の損傷に対し何の配慮もはらわれないで設計されても、船が小さい間は基部応力もそう高くなく、損傷発生の頻度もそう高くなかったが、船が大きくなるとともに応力も高くなり、この損傷が深刻な問題となつてきた。

専用船のように急速に船型が大型となつた場合では、部材寸法比が大型化とともに変化して、小型のときは発生しなかつた損傷が発生するような例（たとえば横桁の座屈）はあるが、スロットの損傷もこれに属すると推定される。

実船の損傷調査に際して、重量トン数別に2グループ（10万 DWT 未満と以上）に分けて損傷率を調べた結果では、有意の差は見出せなかつた。ただ船底横桁では大型のグループの損傷率は小型のグループよりはるかに高いという結果が得られた。この比較では両グループの船令の差等の他の要因の影響が加わるから、必ずしも船の大きさの影響だけがとり出されているとはいえない。

c) スチフナの形状寸法

図 4.4 は SR 83 シリーズ船の 15 万 DWT 船について、幅を固定し板厚を変化させる、あるいは板厚を固定し幅を変化させるという方法によつて、スチフナの断面積を変化させた場合の $\sigma_w \max$ の変化を示す。切欠き付スチフナでは幅を増すと応力は急激に減少する。他は応力は断面積を増すと応力はほぼ直線的に減少する。この傾向は前記の $\sigma_{s \max}$ と $\sigma_w \max$ の比から明らかなよう

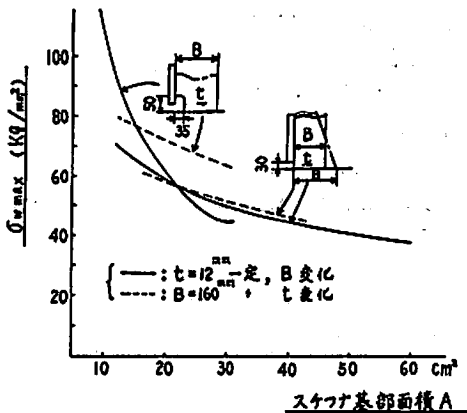


図 4.4 スチフナ基部面積の増加による $\sigma_w \max$ の変化

表 4.2 スチフナの基部形状による基部応力の変化 (SR 83 シリーズ船 15 万 DWT タンカー)
() 内はカラー付の場合を示す

NO	基部形状	A	f_s	f	σ_w	$\sigma_w \max$
0		15.0	5	7.1	10.88 (7.63)	77.3 (54.2)
1		15.0	10	6.2	8.48	52.6
2		19.2	3	5.7	10.36 (7.4)	59.1 (42.2)
3		19.2	5.0	4.9	9.36	45.9
4		19.2	10	4.2	7.52	31.6
5		32	15	3.0	5.07	15.3
6		31.2	5	4.5	7.06	31.8
7	同上 BKT 400 = 400	55.2	5.0	4.0	5.07	22.8

に、 $\sigma_{s \max}$ にもあてはまる。

スチフナ基部の形状で応力に影響するものとして、切欠きの有無と図 3.8 (前報) に示した h_s の高さがあげられる。切欠きを付けるとスチフナの断面積は減少し、最大応力係数は大となる。 h_s が大となると K_4 が小となりスチフナの軸力が小となる上に、 f の値も減少する。SR 83 シリーズ船の 15 万 DWT 船で、スチフナ基部形状が $\sigma_w \max$ に与える影響を調べた結果を示すと表 4.2 のようになる。

表の No. 0 と 2, No. 1 と 4 を比較すると切欠きの影響を見ることができる。同じ比較は図 4.4 でもできるが、断面積が大となると切欠きのある方が応力が低くなっているのは、切欠きのある方の h_s が大きい影響であり、同一の値なら切欠きのある方が応力は高くなる。

切欠きはスチフナと横桁ウェブの溶接施工面から要求されるので、応力だけから論じる訳には行かないが、その影響から形状としては幅をできるだけせまくする方が望ましい。

実船の損傷率では、切欠きの有無による差は小さい。これは切欠きによる f の増加は、切欠きによる偏心曲げモーメントの増加に影響されており、これはスチフナ上端の支持条件に左右されるが、条件の悪いスチフナの数からみると、その影響は余りはつきりあらわれないのも当然と考えられる。

表の No. 0 と 1, No. 2 と 3 および 4 を比べると、

h_s の影響を知ることができる。 h_s を大きくする効果は顕著であるが、 h_s を余り長くするとスチフナ基部の座屈強度が低下する心配があり、切欠きのないスチフナでは横桁ウェブの断面積が減少するので、 h_s はどこまで長くできるかを検討の必要がある。

d) バックブラケットの補強効果

表 4.2 の No.6 および 7 は No.0 のスチフナを $200 \times 200 \times 12 \text{ mm}$ および $400 \times 400 \times 12 \text{ mm}$ のバックブラケットで補強した場合で、バックブラケットは基部断面積を増し、 f を減少させるので補強効果は大きい。ただ c) で述べたように普通のスチフナの f には偏心曲げの影響が含まれているから、実船の損傷発生率ではこの応力から考えられるほど差はないと推定される。

バックブラケットと同様の補強効果があるのは表の No.5 のつま先付スチフナで、その効果は顕著である。ただし、FEM 計算では足首部で応力集中が見られ、模型実験結果でもこの部分に疲労亀裂が発生する場合がありますので、足首部の形状選定に注意が必要と考えられる。

e) カラーによる補強効果

カラーを取付けると K_5 (カラーがないと無視できる程度である) が大となりスチフナの軸力が減少するが、その効果は $\sigma_{w \max}$ と $\sigma_{s \max}$ とでは異なる。図 4.5 は実船 (15 万 DWT タンカー) で船底横桁にカラーを取付けたときの基部応力の変化を示す。カラーの寸法は h_c/h_1 で示されるが、フルカラー ($h_c/h_1=1$) を取付けても $\sigma_{w \max}$ は約 75% に低下する程度である。カラーの補強効果は図 4.1 をはじめ多くの図からも判定できるが、 $\sigma_{w \max}$ が 50% 以下に減少した例はない。一方 $\sigma_{s \max}$ に対する補強効果は顕著で、フルカラーを取付け

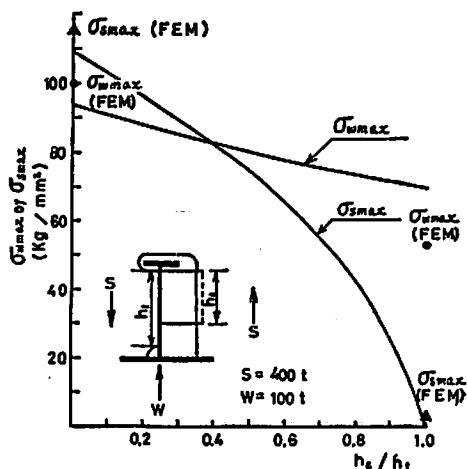


図 4.5 カラーによる補強効果計算例 (15 万 DWT タンカー)

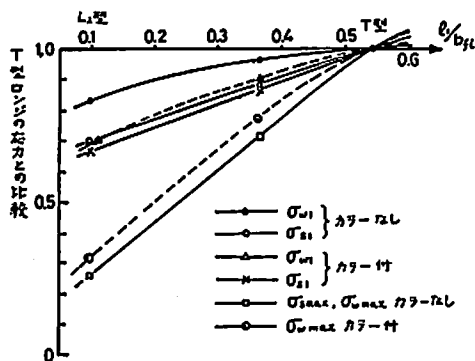


図 4.6 非対称縦フレームの採用によるスチフナ基部応力の減少 (b_{fl} は縦フレームの面材幅)

ると $\sigma_{s \max}$ はほぼ 0 となる。

図 3.13 (前報) からスロット周縁応力のカラー取付けによる変化を観察できる。カラー取付けによつて σ_{w1} , σ_{s2} は減少するが σ_{s1} は顕著に変化しない。ここで問題なのは R_2 部のカラーとウェブの交差点の応力集中で、これについては既に触れた。

f) 縦フレームの断面形状

縦フレームの断面形状によつてスロットの形状は変化するから、その結果③ (カラーがあれば④) 部のバネ定数が増減し、 $\sigma_{w \max}$ が変化する。 $\sigma_{s \max}$ は図 3.6 (前報) の δ_1 (カラーがあれば δ_2) が変化するから、これも増減する。T 型フレームの場合には、その面材幅が小となる程、またウェブが高くなるほど $\sigma_{w \max}$, $\sigma_{s \max}$ ともに減少する。

面材幅を縮めるのと同じ効果があるのは L 型等の非対称断面の縦フレームで、図 4.6 は縦フレームのウェブの位置を面材の中央からずらしたときの $\sigma_{w \max}$, $\sigma_{s \max}$ の変化を、図 4.5 と同じ船について計算した結果を示す。

面材幅の縮小や非対称縦フレームは図 3.13 の l_1 または l_2 を縮めることになり、 R_1, R_2 が同じ大きさでもスロット周縁応力は減少する。図 4.6 にはこれらの応力の変化も示してある。この場合は l_2 は変わらないから σ_{w2} , σ_{s2} 等は変化しない。

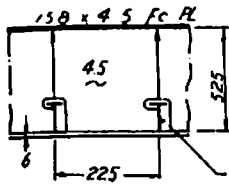
4.2 実験結果より見たスロット部の構造および補強の影響

実船および模型による実験的研究は種々実施されているが、ここでは最も広範な実験と思われる SR 120 部会の船底パネル模型実験で観察された結果について述べる。

a) 試験の概要

供試模型は図 4.7 に示す寸法の横桁 2 本、縦フレーム

横桁寸法



縦防撓材

縦防撓材寸法

Web ... : 175 x 4.5
Flange 50 x 9

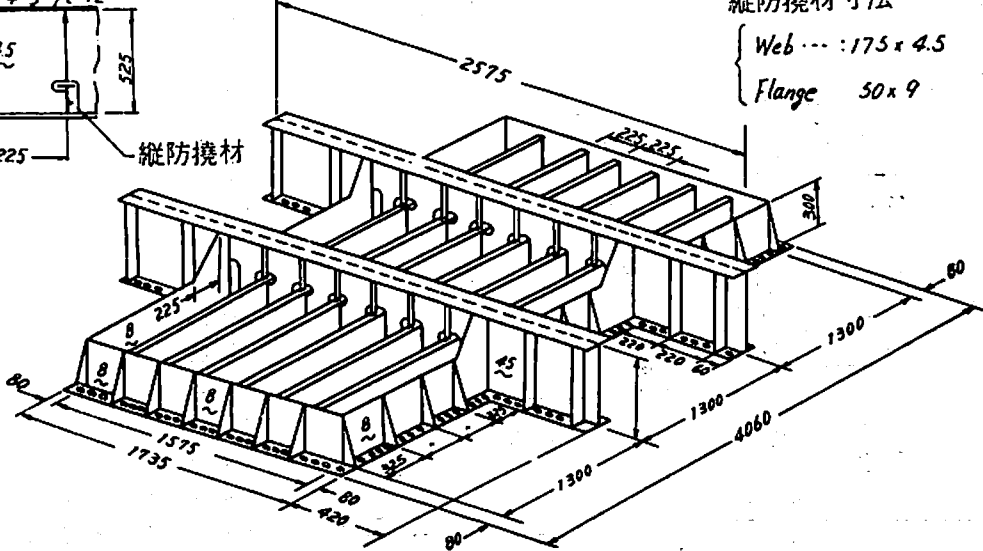


図 4.7 供試模型の寸法形状

6本を取付けた船底パネル模型で、各部材の寸法は大体10万 DWT タンカーを約 1/4 に縮めたものとなっている。試験は外板側に水圧を加え、各点の歪、撓み等を計測した。

各横桁の右半部と左半部とではスロットの構造が異なっており、1個の模型で4種の構造の異なるスロットの応力分布等が調査できる。供試模型は5個であり、全部で20種（実際は左右とも同構造の横桁があり19種）のスロットについて試験が行われた。各横桁の右（左）半部にはそれぞれ3個のスロットがあるが、その向きは加算側になるようにしてあり、 σ_s maxの影響も観測できる。

表 4.3 および図 4.8 に各横桁のスロットの構造を示す。スチフナの B は標準型といえる切欠き付スチフナ、A は切欠きのないもの、D は倒れ止めブラケット（D' は切欠きのない倒れ止めブラケット）である。C は h_s の影響を見るために特に大としたもの、E は基部をスニップしたもの、F はつま先付スチフナで実船では余り採用されていない。

スロットの形状では R が標準型で、K は h_s を大きくとり R_1, R_2 が大となるようにした改良型、O はかへの目玉型と仮称したウェブを直接縦フレーム面材と結合した改良型、W は O でウェブと縦フレームが結合されていないものである。I は縦フレームが L 型のときの標準型である。

補強では S がバックブラケット、M は平鋼のバックブラケット、N がフルカラー、P がハーフカラーを示

す。

なお横桁 4 および 7 の新構造型式はスチフナを縦フレームと結合させることを避けることを狙った改良型、で

表 4.3 供試船底模型のスロット部構造

横型 No.	横桁 No.	スチフナ形状	スロット形状	補強	備 考	
1	1	A	R	—	新構造図 4.8 参照	
		B	R	—		
2	2	C	R	S		
		C	R	M		
2	3	B	R	N		
		B	R	P		
		D	R	—		
3	4	H	K	—		
		5	C	I		—
			B	R		S'+N
3	6	B	I	—		
		A	O	—		
		7	E	K	—	
8	A		K	—		
	4	8	A	K	S	
5			9	F	K	—
	A	W		—		
	10	D'		K	—	
F		K	N			

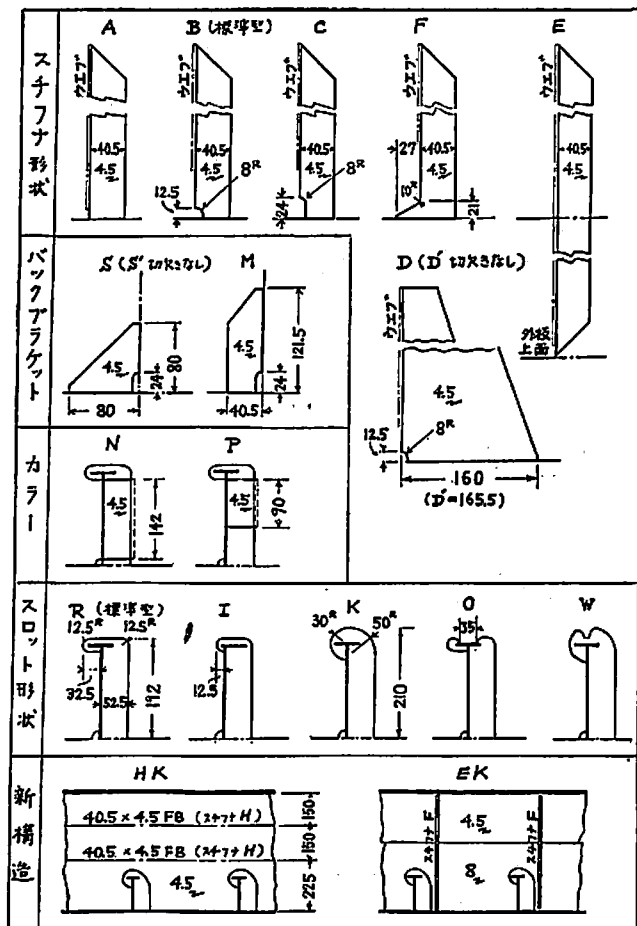


図 4.8 供試模型のスロット部構造要素
(記入のない部分は標準型に準じる)

図 4.8 に示すように前者は水平スチフナ、後者はスチフナの形を E とし、これをスロットの自由縁付近に配置したものである。

以後スロット部の構造はスチフナの型式、スロットの形状、補強の組合わせで呼ぶ。たとえば BR は標準型の切欠き付スチフナを標準形状のスロットに取付けたもので、BRN はこれにフルカラーを取付けたものを意味する。

表 4.4 に外板に 0.4 kg/cm^2 の水圧を加えたときのスチフナ基部応力およびスロット周縁応力の最大値の計測結果を示す。表中の基部応力の最大値 σ_{\max} 、平均値 σ_{mean} は数点の計測値から求めたもので、外挿の仕方によって値は若干変化する。前述のスロット対

策懇談会においては、スチフナ基部応力は亀裂が最もよく発生する隅肉溶接直上の断面の応力を基準にとることとし、縦フレーム上面上 15 mm の断面の応力分布を基準とした。計測値は縦フレーム上 8 mm の断面のもので、 h_f/B が異なるスロット対策懇談会の応力分布と直接比較はできない。

さらに B, D 等の基部に $h_f = 12.5 \text{ mm}$ の切欠きを有するものでは、計測位置は切欠きの R 止りより上側にあり、このような位置での計測値と A, C 等のそれを比較することも問題がある。(図 4.9 参照)

b) スロットの向きの影響

供試模型のスロットの向きはすべて加算側になるようにしてある。表 4.4 の内側スロットの σ_{mean} およびスロット周縁応力と、外側スロットのそれらとを比較すると、明らかに外側スロットの応力の方が高く、前述の理論的解析から考えられる傾向と一致する。

ただし、模型の横桁は両端の両面を倒れ止めブラケットで剛に支持されており、スチフナ上端の支持条件は外側にあるものほど完全支持に近い。そのため計測されたスチフナ基部の応力分布は、外側スロットでは図 3.7 (前報) の $k = \infty$ の場合に近く、内側スロットの分布は $k = 0$ の場合に近い。その結果内側スロットの σ_{\max} は、 σ_{mean} が外側スロットより低いにもかかわらず、 σ_{\max} は逆に外側より高い例も見出される。

バックブラケットを取付けた構造では、偏心曲げモーメントの影響は打消され、 f の値は外側スロットでも内側スロットでも大差はなく σ_{\max} は常に外側スロットの方が高い。また、スチフナ上端の支持条件の影響がないスロット周縁応力の最大値でも、外側スロットの方が常

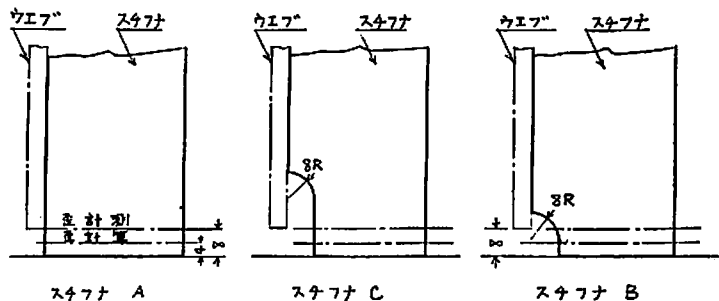


図 4.9 スチフナ基部 f 値計算断面と歪計測断面

表 4.4 船底模型の応力計測結果

スロット 部の構造	外側 ス ロ ッ ト				内 側 ス ロ ッ ト			
	σ_{mean}	σ_{max}	f	σ_{R1} OR σ_{R2}	σ_{mean}	σ_{max}	f	σ_{R1} OR σ_{R2}
AR	-4.9	-12.8	2.6	12.8	-1.1	-6.1	5.4	-5.2
BR	-6.5	-18.4	2.8	12.6	-2.0	-10.9	5.4	-4.4
CRS	-3.5	-6.9	2.0	14.4	-1.4	-3.3	2.4	-3.3
CRM	-5.5	-8.5	1.5	13.1	-2.6	-3.7	1.4	-3.1
BRN	-1.9	-3.8	2.0	5.3	-1.2	-4.8	3.9	-2.3
BRP	-1.9	-4.8	2.5	-4.8	-1.3	-6.0	4.5	-4.0
DR	-2.3	-13.3	5.8	10.3	-0.8	-6.6	8.3	-4.4
HK	—	—	—	-13.3	—	—	—	-6.1
CI	-5.6	-10.1	1.8	11.3	-2.1	-6.3	3.0	-5.9
BRS'N	-0.9	-2.6	3.0	5.1	-0.5	-1.1	2.0	-1.4
BI	-5.5	-16.0	2.9	11.7	-2.2	-6.4	3.0	-5.4
AO	-2.2	-2.6	1.2	9.9	-0.6	-1.1	1.9	-6.8
EK	—	—	—	-11.6	—	—	—	—
AK	-5.5	-12.5	2.3	9.7	/	/	/	-4.0
AKS	-3.0	-6.6	2.2	9.2	/	/	/	-4.1
FK	-5.4	-8.0	1.5	9.4	/	/	/	-3.8
AW	-4.5	-7.6	1.7	9.8	/	/	/	-4.3
D'K	-1.6	-8.1	5.2	9.8	/	/	/	-4.4
FKN	-2.1	-2.6	1.2	-6.1	/	/	/	-1.9

σ_{mean} ……スチフナ基部平均応力

σ_{max} ……スチフナ基部応力最大値

σ_{R1} OR σ_{R2} ……外側スロットで負のときは σ_{R1} , 正のときは σ_{R2} , 内側スロットはすべて σ_{R2} .

に高くなっている。

これらを総合すると、実船でもスロットの向きを σ_{max} の上限値が低くなるように配置することは有効であるが、その効果は他の要因の影響をうけるため、明らかでない場合も多いと思われる。

c) スチフナの寸法

BR と DR, AK と D'K というように平鋼スチフナと倒れ止めブラケットの σ_{max} とスロット周縁応力を比較すると、スチフナの寸法の影響を知ることが出来る。 σ_{max} の低下は相当顕著だが、図 3.8 (前報) にも示されているように、スチフナ基部の幅が大となり h_s は変化させないとすると、 h_s/B は小となり f は増加するため、断面積の増加から期待されるほど応力は低下しない。

また、スロット周縁応力は変化しない場合が多い。これはスチフナ (ブラケット) に働く軸力が余り変化しないためと思われる。

d) スチフナの形状寸法

表 4.4 の AR と BR を比較するとスチフナ基部の切欠きの有無による差を知ることができる。明らかに

切欠きのない場合の方が σ_{max} は低い、理論的解析から期待されるように切欠きがない方が f が低いという結果は得られず、 σ_{mean} が低下するため σ_{max} が低くなっている。前述のようにこの場合は基部形状が異なるから、応力分布計測位置の影響が考えられ、正確な比較は難しい。なおスロット周縁応力は AR の方がやや高いが大差はない。

同表の BI と CI, AR と AK を比較すると切欠き高さ h_s の影響を知ることができる。BI と CI の比較では外側スロットでは CI の σ_{max} は明らかに小であるが、内側のスロットでは差は見出せない。また、AR と AK の比較でも σ_{max} の差は僅少であり、 h_s が影響あると判断できない。この場合も BI と CI の比較は応力分布計測位置の影響が考えられ、正確な比較は難しい。

e) バックブラケットの補強効果

同表の AK と AKS, および h_s の影響が含まれるが BR と CRS, CRM を比較すればバックブラケットによる補強効果を知ることができる。補強効果は顕著であり、特にスチフナ上端の支持剛性が低下している内側

スロットでは σ_{max} は約 1/3 に低下している。ただし、スロット周縁応力については補強効果は明白でなく、場合によつては応力は増加している。

AK と FK を比較すると、バックブラケットと同様の補強効果を持つつま先付スチフナの効果を知ることができる。この場合も σ_{max} はバックブラケットほどでないが大幅に減少している。またスロット周縁応力には大きな影響を与えない点もバックブラケットとよく似ている。

f) カラーによる補強効果

同様に、BR と BRN (BRP), FK と FKN の比較から、カラーによる補強効果が検討される。実測値は理論的解析結果とよく一致し、 σ_{mean} は低下し σ_{max} は大幅に減少する。また実測結果ではカラーを取付けると f も減少して、その効果を助けている。補強効果は加算側である外側スロットでは特に顕著である。理論的にはフルカラーを取付けると σ_{max} はスロットの位置によつて変化しない筈であるが、スチフナ上端の支持条件の差によつて、内側スロットの方が σ_{max} は大となつて

いる。スロット周縁応力に対する補強効果も大で、また外側のスロットでは、最大応力の働く位置も変化している。

ハーフカラーの場合は効果はやや劣るが、その効果はフルカラーに大体匹敵すると見なせる。

g) 縦フレームの断面形状

BR と BI の比較から、縦フレームを L 型にしたときの変化を知ることができる。外側スロットでは変化は僅少であるが、内側スロットでは相当 σ_{max} が低下している。しかし、詳細にみると理論的解析の結果から考えられる結果とは一致しない点も多い。外側スロットではスチフナの軸力が減少しているのにスロット周縁応力は若干減少し、内側スロットでは逆となつている。

h) 新構造

新構造として HK, EK, AO, AW 等が検討された。スチフナ基部の損傷をなくすことを目的として考察された HK, EK はスロット周縁応力が高くなり、従来型に比べすぐれているとはいえない結果になつた。

AO はかつて採用されたこともある型式であるが、 σ_{max} もスロット周縁応力も低く、非常にすぐれた構造と判断される。ただ、AO は工作上は横桁ウェブと縦フレームの接合が従来型より面倒になる。AW も σ_{max} およびスロット周縁応力の点では従来型よりすぐれているが、歪計測位置から考えると、計測された結果が実船でも期待できるかどうかは、なお検討の余地がある。

なお SR 120 部会では試験された 19 種の構造を次の

表 4.5 スロット部構造総合評価

スチフナ部の構造	A			B			C
	σ_{max}	σ_{R1}	σ_{R2}	スロット	スチフナ	カラー	
AR	×	◎	○	◎	◎	◎	○
BR	×	◎	○	◎	◎	◎	○
CRS	◎	◎	○	◎	○	◎	○
CRM	◎	◎	○	◎	○	◎	○
BRN	◎	◎	◎	◎	◎	×	◎
BRP	◎	◎	◎	◎	◎	×	◎
DR	×	◎	○	◎	◎	◎	○
HK	◎	○	◎	◎	◎	◎	×
CI	○	◎	○	◎	◎	◎	○
BRS'N	◎	◎	◎	◎	○	×	◎
BI	×	◎	○	◎	◎	◎	○
AO	◎	◎	◎	×	◎	◎	○
EK	◎	○	◎	◎	◎	◎	×
AK	×	◎	◎	◎	◎	◎	○
AKS	◎	◎	◎	◎	○	◎	○
FK	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
AW	○	◎	◎	○	◎	◎	○
D'K	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
FKN	◎	◎	◎	◎	◎	×	◎

の ABC 3点から表 4.5 のように評価した。

- A 発生応力が低いこと。
- B 工作が容易であること。
- C 亀裂発生防止とともに、ウェブの座屈が防止できること。

同表の◎○×の評価の基準は、特に B, C 項については問題点もあり、総合的にどう判定するかも検討の余地があるが、この部分の構造の改良の指針として面白い。

i) 計算値との比較

σ_{max} については前述のように h_f/B の修正、スチフナ上端の支持剛性の評価等の問題があるので、スチフナの軸力について三井千葉研の計算式による計算値と計測結果を比較してみると、誤差の最大となるものでは 70% に達した例もあり、満足できる程度でないとしても、大体の傾向は一致している。ただし、詳細に W によつて加わる軸力、 S によつて加わる軸力等に分けて検討すると問題点も多い。実験結果は複雑で解析しにくい。これらの比較からスチフナの見掛の剛性は f によつて変化するという事は何か考える必要があるように思われる。

スロット周縁の応力について同様に調査した結果では、一部を除いてほぼ一致するが、一般に σ_{R1} は計算値が高く、 σ_{R2} は計算値の方が低い。(未完)

4. コンテナ船の振動

最近数多く建造されるようになったコンテナ船は、(a) 船型が fine である、(b) 甲板の開口が非常に大きい、(c) 高速である、(d) 高馬力機関を搭載している、(e) 多軸プロペラであるなどの在来の一般貨物船と異つた性質をもっているため、その振動性能を十分に把握して、設計する必要がある。特に甲板開口が大きいので船体全体としての振り剛性の低下、せん断中心が低くなるなどの点について注意する必要があり、多くの研究が行われた^{27)~29)}。

大きさの異なる2隻のコンテナ船について、垂直、水平、振り振動の起振機実験、航走中の振動計測、固有振動数および応答の計算、実測値と計算値の比較など非常に詳しい研究が行われた²⁸⁾。

4.1 垂直振動

2隻のコンテナ船の起振機実験による垂直振動の共振曲線が4.2図であり、航走中の振動計測による共振曲線が4.3図である。起振機実験の結果でわかるごとく各節の垂直振動の共振が明かに表われており、このような実測値があれば、固有振動数の近似算式の精度を確かめることができる。両船とも高次振動では船尾の方が船首より大きく振動している。

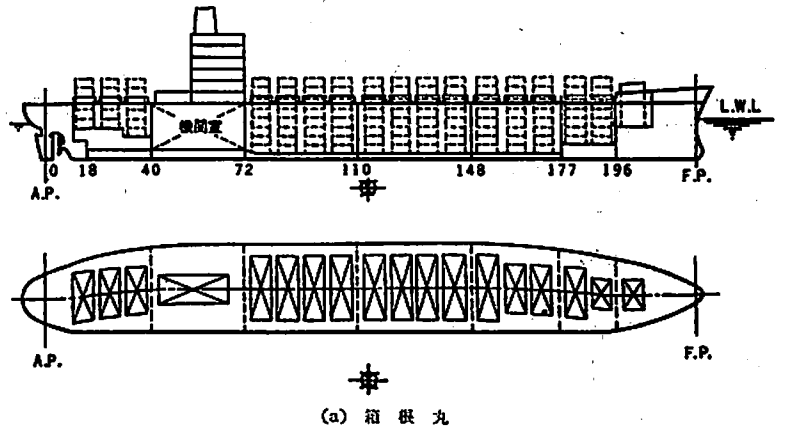
航走中の共振曲線はプロペラ回転数の何倍で共振しているかが4.3図中に示されている。

1, 2, 6次は主機の起振によるものであり、5次はプロペラ起振によるものである。

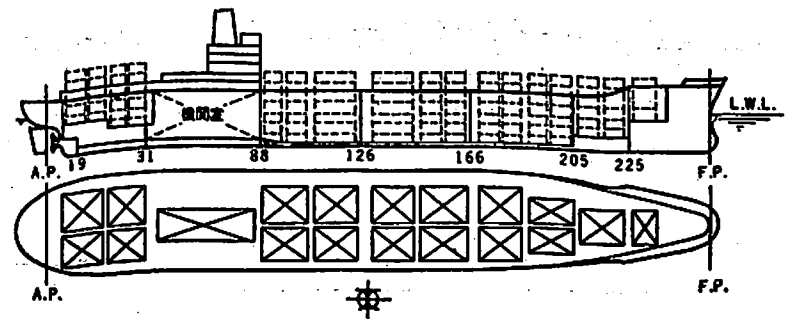
垂直2節の固有振動数 Nv_2 と n 節の固有振動数 Nvn との比が4.1表に示してある。2隻のコンテナ船のこの比の平均値は今後建造される新しい船の設計時の固有振動数の推定に用いられる資料である。

また垂直振動応答の加速度が4.2表に示してある。

4.3表は垂直固有振動数の近似式による計算値と実測



(a) 箱根丸



(b) 米州丸

4.1図 コンテナ船の概略図²⁸⁾

値との比較を示してある。この場合の Nvn の近似式は次のものを用いている。

$$Nvn = Cvn \times 30 \pi n^2 \sqrt{\frac{gEI_v}{WvL^3 \{1 + (n\pi)^2 \alpha_v\}}} \quad (\text{cpm}) \quad (4.1)$$

ただし

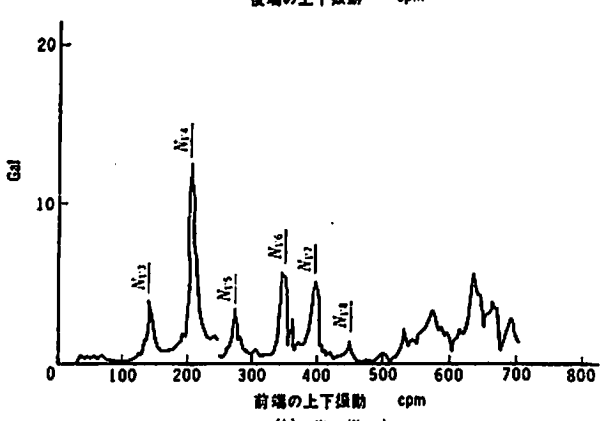
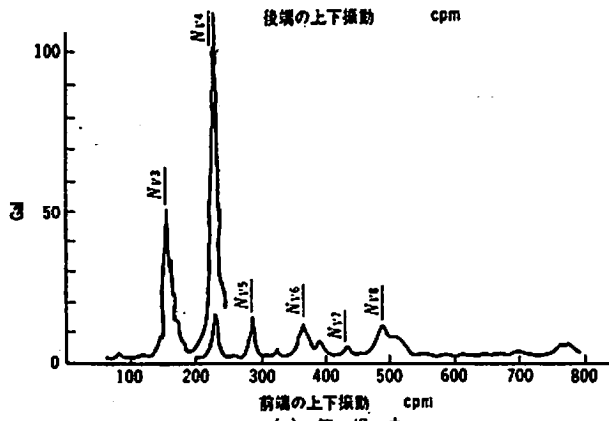
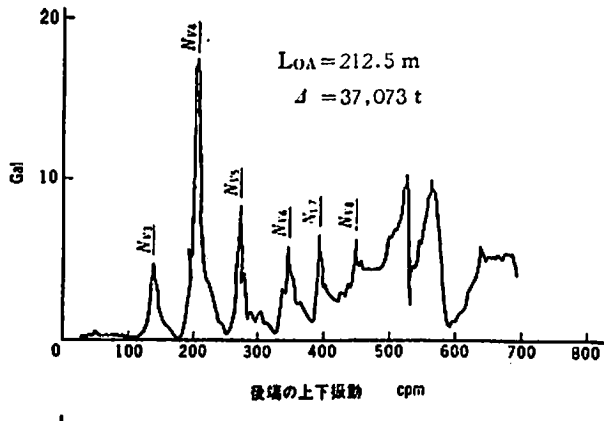
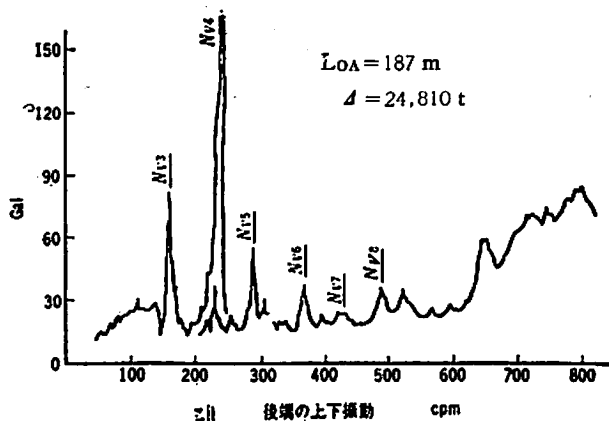
$$Wv = d \left(1.2 + \frac{B}{3d}\right): \text{垂直振動重量}, \quad \alpha_v = EI_v /$$

$GA_v L^2$, n : 節数, g : 重力の加速度, Cvn : 実験係数, EI_v : 船体中央の垂直曲げ剛性, GA_v : 船体中央の垂直せん断剛性 (web area を用いる)

そして計測値と計算値との比較より2節振動の実験係数 Cv_2 は

箱根丸	米州丸	平均
0.767	0.812	0.790

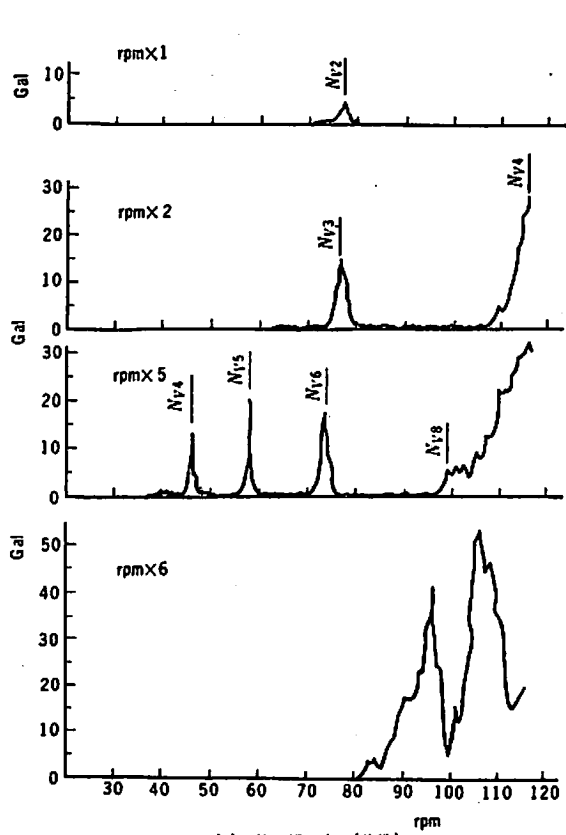
となつている。この近似式の精度は(2~4)節で±5%以



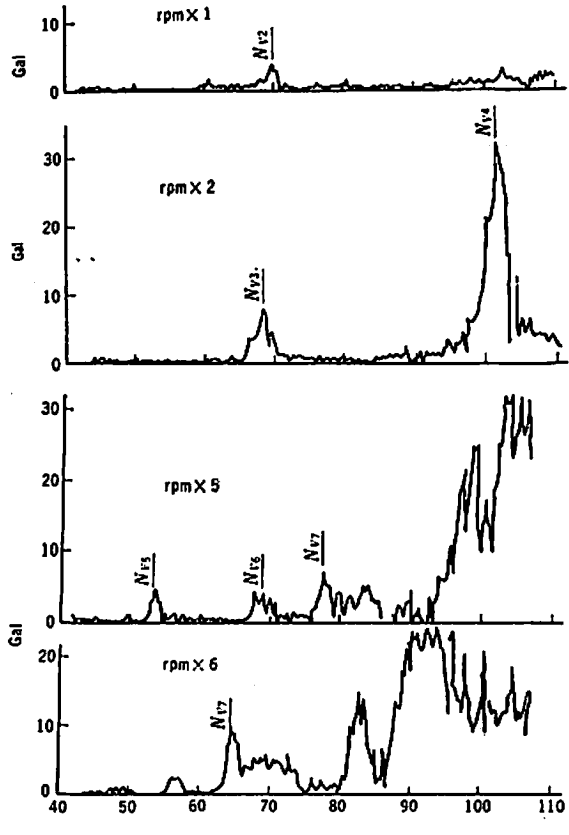
(a) 箱根丸

(b) 米州丸

4.2 図 コンテナ船の垂直振動の起振機実験による共振曲線²⁸⁾



(a) 箱根丸 (後端)



(b) 米州丸 (後端)

4.3 図 コンテナ船の垂直振動の航走中の共振曲線²⁸⁾

4.1表 コンテナ船の垂直固有振動数および2節振動数との比²⁸⁾

節数 n	箱根丸		米州丸		N _{Fn} /N _{F2} (平均)
	振動数 N _{Fn} (cpm)	N _{Fn} /N _{F2}	振動数 N _{Fn} (cpm)	N _{Fn} /N _{F2}	
2	78	1.00	70	1.00	1.00
3	154	1.97	137	1.96	1.965
4	227	2.91	204	2.91	2.91
5	284	3.77	273	3.90	3.84
6	367	4.70	348	4.96	4.83
7	431	5.52	395	5.65	5.59
8	490	6.36	450	6.43	6.40

(注) 2節振動数は航走中の計測結果, ほかに起振機による実験結果を用いた。

4.2表 コンテナ船の垂直振動の応答²⁸⁾

節数 n	箱根丸					米州丸				
	起振機実験 (Gal/t)		航走中 (Gal)			起振機実験 (Gal/t)		航走中 (Gal)		
	船尾	船首	船尾	船首	×rpm	船尾	船首	船尾	船首	×rpm
2	—	—	15.0	15.0	1	—	—	3.1	3.5	1
3	32.5	21.2	17.0	—	2	4.8	4.2	7.5	4.6	2
4	29.0 65.0	19.0 23.4	32.0	15.0	2	7.9	5.8	36.5	19.5	2
5	62.0	18.3	12.0	—	5	10.6	4.5	7.2	0.9	5
6	26.0	8.7	16.0	4.0	5	4.5	4.5	26.0	2.9	5
7	11.4	2.4	22.0	10.5	4	3.1	3.1	14.5	7.5	6
8	13.3	4.8	5.0	—	5	2.7	0.5	7.0	—	5

4.3表 コンテナ船の垂直固有振動数の略算式の精度²⁸⁾

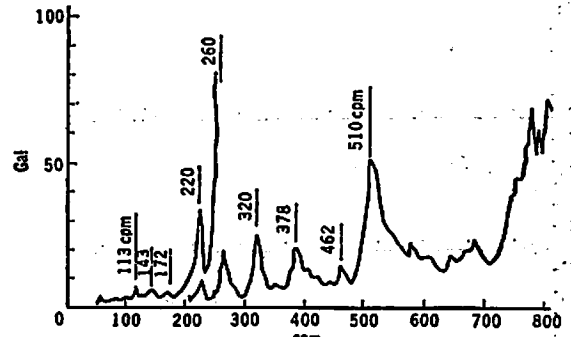
節数 n	箱根丸			米州丸		
	計測振動数 N _n (cpm)	略算振動数 N _c (cpm)	N _n /N _c	計測振動数 N _n (cpm)	略算振動数 N _c (cpm)	N _n /N _c
2	78	80.3	0.971	70	68.1	1.029
3	154	157.8	0.975	137	133.7	1.024
4	227	234	0.970	204	204	1.030
5	284	308	0.971	273	273	1.045
6	367	388	0.946	348	348	1.062
7	431	449	0.960	395	395	1.036
8	490	514	0.954	450	450	1.035

内, (5~8) 節で±10%以内の誤差となっている。

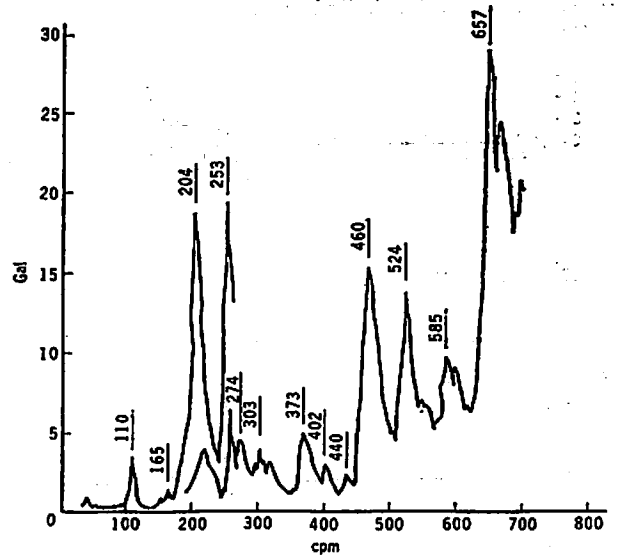
4.2 水平・ねじり振動

起振機実験で得られた船体の水平ねじり振動の共振曲線が4.4図である。振動形の実測において水平とねじりの連成が認められている。また航走中の計測による水平ねじり振動の共振曲線が4.5図である。この図においても主機とプロペラによる起振とが明らかに区別して計測されている。また航走中の計測では起振機実験では得られなかつた共振が現われており, これは主機の横振動, 軸系の振動などの影響によるものと推定している。

水平・ねじりの固有振動数, 船尾の加速度応答, 電子計算機による固有振動数の計算結果, 非連成振動数と計測振動数の対応などを4.4, 4.5, 4.6表に示してある。



(a) 箱根丸 (後端水平振動)



(b) 米州丸 (後端水平振動)

4.4図 コンテナ船の水平ねじり振動の起振機実験の共振曲線²⁸⁾

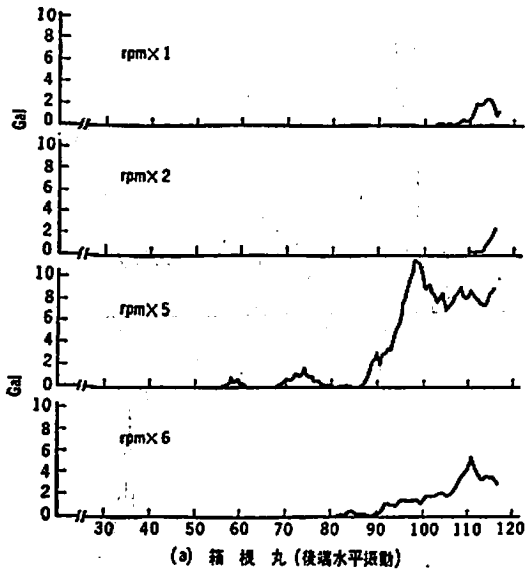
4.6表の非連成の固有振動数と計測振動数との対比より水平およびねじりの固有振動数をそれぞれ非連成の振動数を実験係数を用いることにより近似的に計算することを試みている。

非連成水平 n 節振動の固有振動数の計算式は

$$N_{Hn} = C_{Hn} \times 30 \pi n^2 \sqrt{\frac{gEI_H}{W_H L^3 \{1 + (n\pi)^2 \alpha_H\}}} \text{ (cpm)} \quad \dots\dots(4.2)$$

ただし

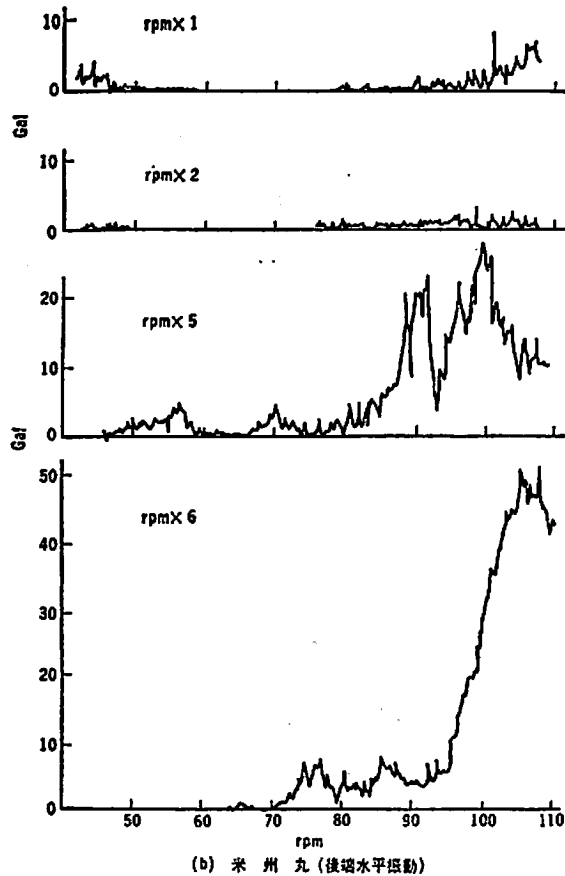
$W_H = J(1.2 + \frac{d}{3B})$: 水平振動重量, $\alpha_H = EI_H / GA_H L^2$, n: 節数, g: 重力の加速度, C_{Hn} : 実験係数, EI_H : 船体中央の水平曲げ剛性, GA_H : 船体中央の水平せん断剛性 (web area を用いる)



4.4 表 コンテナ船の水平ねじり固有振動数および船尾の応答²⁸⁾

振動数 (cpm)	箱根丸				米州丸				振動数比 (米州丸/箱根丸)
	起振数 突発	航 走 中		振動数 (cpm)	起振数 突発	航 走 中			
		(Gal)	(×rpm)			(Gal)	(×rpm)		
•113	11.4	2.5	1	•110	5.9	7	1	0.972	
143	6.0	—	—	—	—	—	—	—	
172	9.0	—	—	165	1.1	—	—	0.960	
•220	12.8	—	—	•204	8.4	2	2	0.923	
•260	26.7	—	—	•253	5.8	—	—	0.975	
—	—	—	—	274	5.8	5	5	—	
•320	23.6	—	—	303	4.0	—	—	0.948	
•378	13.7	2	5	•373	3.3	—	—	0.986	
—	—	—	—	•402	1.7	—	—	—	
•462	6.3	4	5	440	1.2	20	5	0.952	
•510	17.9	9	5	•460	6.5	24	5	0.913	
—	—	—	—	•524	4.7	7	6	—	
—	—	—	—	•585	2.7	—	—	—	
—	—	—	—	•651	6.3	—	—	—	

(注) 振動数に・印のあるものはモード曲線を図6に示している。



4.5 表 コンテナ船の電子計算機による水平・ねじり振動数の計算結果²⁸⁾

次 数	箱根丸			米州丸		
	① 非連成振動数 (cpm)	② 連成振動数 (cpm)	③/②	④ 非連成振動数 (cpm)	⑤ 連成振動数 (cpm)	⑥/⑤
1	T ₁ 65.4	66.1	1.011	T ₁ 76.0	75.0	0.987
2	H ₂ 116.6	137.8	1.182	H ₂ 112.4	135.5	1.206
3	T ₂ 164.9	172.0	1.043	T ₂ 191.3	199.1	1.041
4	H ₃ 230.2	266.2	1.156	H ₃ 233.6	264.5	1.132
5	T ₃ 287.2	311.0	1.083	T ₃ 334.3	338.7	1.013
6	H ₄ 347.5	382.2	1.100	H ₄ 348.0	392.2	1.127
7	T ₄ 446.7	446.7	1.043	T ₄ 480.0	478.0	0.994
平 均	—	—	1.088	—	—	1.070

(注) 非連成振動数の H_n, T_n はそれぞれ水平振動、ねじり振動を表す。(n は階数)

4.6 表 コンテナ船の電子計算機による水平・ねじりの非連成振動数と計測振動数との対応²⁸⁾

次 数	箱根丸		米州丸	
	非連成振動数 (cpm)	計測振動数 (cpm)	非連成振動数 (cpm)	計測振動数 (cpm)
1	T ₁ 65.4	—	T ₁ 76.0	—
2	H ₂ 116.6	113	H ₂ 112.4	110
3	T ₂ 164.9	172	T ₂ 191.3	165
4	H ₃ 230.2	220	H ₃ 233.6	204
5	T ₃ 287.2	260	T ₃ 334.3	253
6	H ₄ 347.5	320	H ₄ 348.0	303
7	T ₄ 428.3	378	T ₄ 480.0	373

(注) 4.5 表の注記に同じ

4.5 図 コンテナ船の水平ねじり振動の航走中の共振曲線²⁸⁾

実測結果との比較により C_{Hn} は 2 隻の平均として次のような値となつている。

$$C_{H2}=0.575, C_{H3}=0.599, C_{H4}=0.602$$

この平均の C_{Hn} を用いて誤差 $\pm 5\%$ 以内で固有振動数を推定できる。

非連成ねじり固有振動数の計算式は

$$N_{Tn} = C_{Tn} \times 30n \sqrt{\frac{gGJ\{1+(n\pi)^2(\beta+\gamma)\}}{I_s L\{1+(n\pi)^2\beta\}}} \text{ (cpm)} \quad \dots\dots(4.3)$$

ただし

$I_s = 0.16 W_H (B^2 + D^2)$, $B = EI / GSL^2$, $\gamma = EI / GJL^2$, n : 節数, g : 重力の加速度, C_{Tn} : 実験係数, EI : Wagner の曲げねじり剛性 (閉断面二重船殻としての値を用いる), GS : 松浦のせん断ねじり剛性 (同前), GJ : Saint-Venant の単純ねじり剛性 (有効板厚を用いて閉断面として計算する)

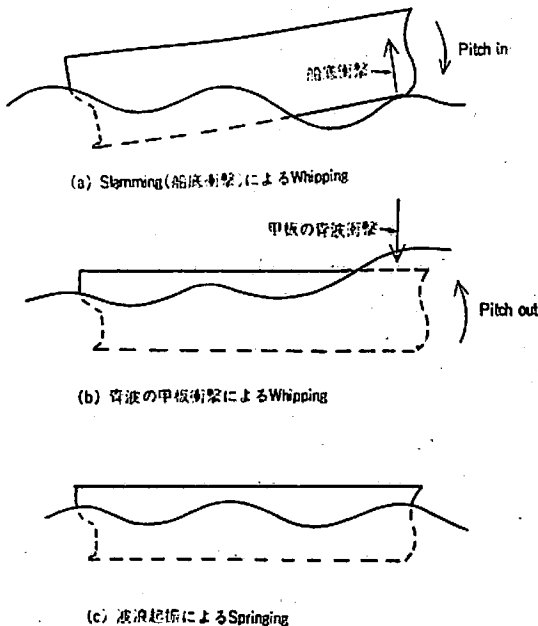
計測振動数との比較によつて得られた C_{Tn} の 2 隻の船の平均値は次のような値となつている。

$$C_{T2}=0.937, C_{T3}=0.779, C_{T4}=0.762$$

1 節は計測値がないので実験係数は求められていない。この実験係数を用いたねじり振動数の推定の誤差は $\pm 5\%$ 以内である。

5. 波浪に起振される船体の過渡振動

プロペラ、主機以外の船体振動の起振力として波浪が



5.1 図 波浪衝撃による Whipping と Springing

あることが最近注目されつつある。この波からの起振力には衝撃と準定常なものがある。衝撃による船体の過渡振動としては 5.1 図に示すような

(1) Slamming (船底衝撃) による Whipping

(2) 青波の甲板衝撃による Whipping

がある。準定常な波浪外力による船体振動としては

(3) 波浪起振による Springing

がある。ここで Springing をひきおこす波浪外力を準定常なものといつたのは実際の海洋波は不規則なもので定常な規則波を重ね合わせて海洋波が表現できるという意味で用いたものである。

これらの船体振動について概説する。

5.1 Slamming による Whipping

Slamming による船首底の損傷については、かなり以前から報告され、種々の研究が行われてきたが、現在でもなおこの損傷は発生している状態である。損傷を生じない場合でもこの船首底の衝撃により船体の垂直 2 節の過渡振動を生じたり、船首底または船首横強度部材の局所の過渡振動を生じたりしている。乗組員の表現によれば Slamming または bow flare impact により船体が身ぶるいをするといわれている。この身ぶるいというのは垂直 2 節振動のほかに加えて船体の過渡振動が含まれているように想像される。

Slamming による過渡振動の実船計測例は余りみられない。穂高山丸²¹⁾の計測がみられる程度であろう。

この Slamming による船体振動について理論的な予測²²⁾が与えられている。Slamming を 2 種類に分類し、(a) 正面衝撃、(b) 傾斜衝撃によつて衝撃が発生し、そのときの Whipping は (b) の方が大きいとされている。

正面衝撃は 5.1 図 (a) のごとく露出した船首底が不規則海面の山付近に突込むときに非常に大きな衝撃を受け、その衝撃の持続時間はほぼ 0.01 秒程度のオーダーのものであろうと推定されている。この現象では衝撃力は大きいとその持続時間が小さいため Whipping は傾斜衝撃に比べれば小さい。

傾斜衝撃は露出船底と波面との接触点に作用する Stagnation point でのかなり大きな圧力従つて力が船体の pitch in する時間の間船首方向に移動継続し、その起振によつて Whipping を生ずるものである。正面衝撃に比べてその継続時間が長く約 0.1 秒前後であるため Whipping の振幅は大きい²²⁾。

この Slamming は主として縦揺が激しい状態で発生するため、波浪曲げモーメントによる応力も大きく、その上に Whipping の応力が重ね合わされるので、船体

全体の動的または疲労強度の面から今後問題となるものと思われ、模型実験および実船計測による定量的な把握が必要である。

Slamming による船体の Whipping についてはその

理論解析はほぼ可能であつて、Slamming の衝撃圧の大きさが、これに関して非常に数多くの研究がなされたにも拘わらず、現在まだ船首船型と関連づけて定量的な推定ができない段階である。多くの理論および模型実験があるけれども実船計測と関連づけた定量化はまだ殆んどない。

5.2 背波の甲板衝撃による Whipping

船首甲板が背波衝撃によりかなり激しい損傷を生じたことは数多く報告されている。また耐航性能の面からの deck wetness に関しても長期予測が可能なほどの詳しい研究が数多く報告されている。

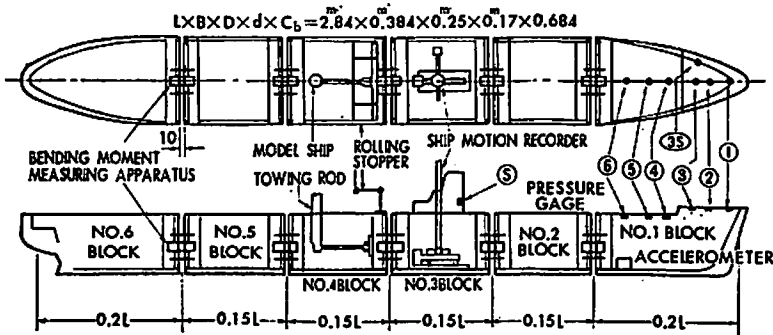
船の運航者が荒海中で船体の強度上の危険を感じて、船速を低下したり、進路を変更したりする原因の約 20% は甲板への波浪打込みであるといわれている。

首楼甲板または上甲板前部、ときによつては中央部船橋にかなりの損傷を与えるような衝撃を与えるならば、船体全体または局部にかなり大きな過渡振動を発生するであろうことは想像にかたくないことである。実船計測での背波衝撃による過渡振動の計測例はないようである。

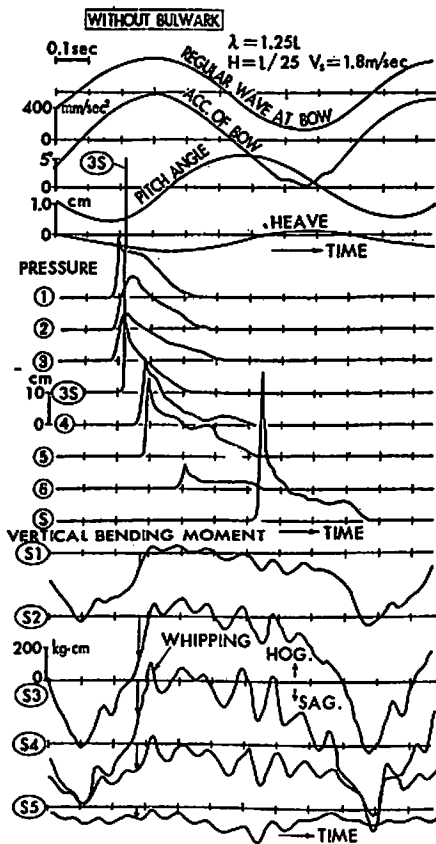
5.2 図に示すとき中速貨物船の模型によつて背波衝撃圧の船首甲板上 7 点、船体縦運動、分割しさらに結合した横断面での縦曲げの計測実験³³⁾による船体の Whipping について述べる。それら各量の同時計測例が 5.3 図に示されている。

荒海中では波浪曲げ応力もかなり大きく、従つて波浪による定常曲げ応力もかなり激しく、5.3 図でわかるごとく Sagging moment が作用している状態に甲板の背波衝撃により急速に hogging moment にかわり、それと同時に Whipping bending moment が作用している。この模型実験では横強度部材または局部構造についての振動は実験目的外であつたため木製模型で、計測されていないが、このような衝撃が作用すれば横および局部従つて立体構造としての船体にも過渡振動を生ずるであろうと思われる。

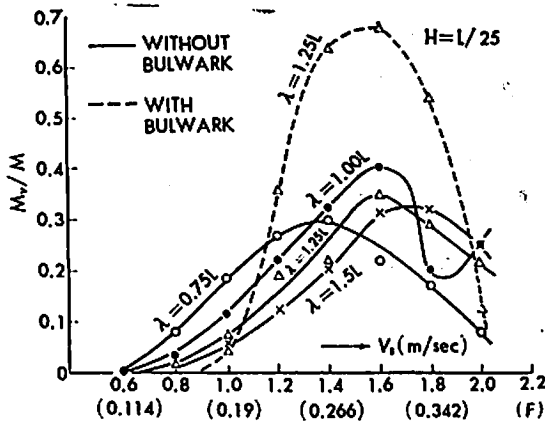
このような模型実験による Whipping bending moment (M_v) と wave bending moment (M) との比とフルード数との関係が 5.4 図である。この実験は実船のフルード数よりかなり高速まで行われている。それはこのような現象について、超高速船についても或る程度



5.2 図 甲板の背波衝撃圧、船体運動、波浪曲げ、Whipping などの計測の中速貨物船の模型の計測点配置 (曲げモーメントは分割断面角で計測)³³⁾



5.3 図 模型による規則波中曳航実験での船体運動、甲板の背波衝撃圧、定常曲げ、および Whipping の同時計測記録例³³⁾



5.4 図 背波衝撃による Whipping の曲げモーメント (M_v) と定常波浪曲げモーメント (M) との比とフルード数との関係²⁶⁾

の知見を得たいためである。

この図で判明することは Whipping stress は wave bending stress の (40~70)% 程度である。この割合は船の fullness, 同じ C_b であっても船首水没部の形状, 船の大きさと遭遇波浪の頻度その他によつて変ることは当然である。

この現象に関してはさらに船が前進することによつて船首に盛り上がる水面, 船体が縦揺, 上下揺を行うための波面上昇量, 船首波の船の長さ方向の分布などの定量化の研究および背波落下時の船首部垂直速度, 加速度などの規則波中での位相差などの研究が必要である。さらに船体の疲労強度に関しては不規則波中での統計的予測が必要である。

5.3 波浪起振による Springing

この数年間に Springing が問題になつてきた。(6~7) 万トン程度以上の巨大船において比較的荒れていない海洋中で船体 2 節垂直振動を発生し, 船体主構造に基部を強制的に傾斜させられて船尾の上部構造物の前後振動が問題となり, 実船計測²⁴⁾, 理論解析と実船計測との比較^{25), 26)} 統計的予測^{26), 27)} などの研究が行われている。

このような振動は海洋波が不規則であるために選択共振としての過渡振動であつて, 規則波中では定常振動である。

この振動の応答を知るためには (a) 浮力, (b) 付加水質量力, (c) 減衰力などの長さ方向に分布した時間的変動を考慮した弾性体として船体の振動解析が必要である。さらに船体の疲労強度に関連しては統計理論による解析が, 実船計測とならんで必要である。この問題につ

いてはさらに多くの研究が必要である。

6. 結 論

船体振動における最近の諸問題について, 船体全体の振動について解説および展望を試みたのであるが, さらに (a) 船尾構造の損傷に関連した振動応力, (b) 各種防撓板の振動応力, (c) 油槽船内の deep girder の振動の実態および応力, (d) shaft alignment に対する振動影響, その他数多くの諸問題が存在するのではあるが今回は割愛せざるを得なかつた。本稿は現状ならびに予測を記したので, 筆者の不勉強による誤りもあると思われるので, 諸賢のご高評をいただきたいと思つている。数多くの研究の中で本稿では直接関連のある研究のみを文献として掲げた。本稿が将来の研究の進展に幾らかでも役立つならば望外の幸甚である。

(昭和 47 年 10 月 5 日)

文 献

- 1) Schlick, O.: "On the Vibration of Steam Vessels", T.I.N.A. (1884)
- 2) 谷口中: "プロペラ近傍の圧力変動", 西船報, 16 (1958)
- 3) Taniguchi, K. and Ohtaka, K.: "Measurements of the Propeller-Induced Vibratory Forces on a Destroyer", 船論, 117 (1963)
- 4) 熊井豊二: "船体振動起振力としての Propeller Bearing Force の一推定法", 西船報, 23 (1962)
- 5) 西部造船会技術研究会: プロペラのチップクリアランス及びアキシアルクリアランスについて, 西部造船会技術研究会研究報告, 11 (昭 46.3)
- 6) 谷口中, 大高勝夫: "プロペラによる船体振動研究の展望", 三菱技報, 5, 4 (1968)
- 7) 高橋肇, 上田隆康: "5 孔 ビトー管の特性について—船尾伴流計測およびプロペラ起振力の計算例—", 西船報, 39 (昭 45.3)
- 8) 高橋肇, 上田隆康, 仲渡道夫, 山崎芳嗣, 小倉理一, 横尾幸一, 田中拓, 尾股貞夫: "実船における船尾流速分布の計測—主として計測法について—", 西船報, 42 (昭 46.7)
- 9) 高橋肇, 岡本洋, 上田隆康, 野沢和男, 大戸寛, 菅井信夫: "コンテナ船のプロペラ起振力について" 西船報, 44 (昭 47.8)
- 10) Petterson, J.W.E., Sigvaldsen, Ö. and Vedeler, B.: "Vibration in the Afterbody of Ships", T.N.E.C.I.E.S., 87, 5 (May 1971)
- 11) 熊井豊二, 岡部淳一 他 10 名: "実船における境界

- 層の計測(I), (II)", 西船報, 36 (1968), 40 (1970)
- 12) Brehme, H.: "Der Einfluss der Flügelzahl eines Schiffspropellers auf die Erregung von Schiffsvibrationen", S.u.H. (1954)
 - 13) 谷口中, 大高勝夫: "プロペラによる船体振動研究の展望", 三菱技報, 5, 4 (1968)
 - 14) Johnson, A.J., Ayling, P.W.: "On the Vibration Amplitudes of Ships' Hull", T.I.E.S.S., 105 (1961-62)
 - 15) Aertssen, G., Lembre, R.D.: "A Survey of Vibration Damping Factors found from Slamming Experiments on Four Ships", N.E.C.I.E. S., 87, 3 (1971)
 - 16) 大高勝夫, 中野元博, 尾上光賢: "ディーゼル機関の不均衡力, 不均衡偶力による船体振動", 三菱技報, 5, 5 (昭43)
 - 17) 日本造船研究協会: 船体機関の振動防止対策に関する実験研究, SR 94 報告書 (その1), (昭42)
 - 18) 熊井豊二: "横断面の剛性を考慮した巨大船の船体上下振動について", 西船報, 33 (昭42)
 - 19) 松本互平: "巨大船の Non-Beam Vibration について", 船論, 125 (昭44)
 - 20) Ohtaka, K., Kagawa, K. and Yamamoto, T.: "Higher Mode Vertical Vibration of Giant Tanker (1st Rep)", 船論, 125 (昭44)
 - 21) Kagawa, K., Ohtaka, K.: "Higher Mode Vertical Vibration of Giant Tanker (2nd Rep.)", 船論, 128 (昭45)
 - 22) McGoldrick, R.T., Russo, V.L.: "Hull Vibration Investigation on SS Gopher Mariner", T.S.N.A.M.E. (1955)
 - 23) 山越道郎, 大沼覚: "船体振動と船底振動との連成について", 船論, 118 (昭40)
 - 24) 末次一誠, 藤井克哉: "船底振動について" 関船誌, 111 (昭38)
 - 25) Ohtaka, K., Ohya, T.: "Vertical Vibration of Ships Coupled with Bottom Vibration (1st Rep.)", 船論, 126 (昭44)
 - 26) Ohtaka, K.: "Vertical Vibration of Ships Coupled with Bottom Vibration (2nd Rep.)", 船論, 131 (昭47)
 - 27) Umezaki, K., Miyamoto, K., Ohtaka, K. and Kagawa, K.: "Vibration of Container Ship", 船論, 126 (昭44)
 - 28) 香川洗二, 宮本謙二, 米里徹也: "コンテナ船の振動実験", 三菱技報, 48 (1972)
 - 29) 香川洗二, 米里徹也: "コンテナ船の船体水平・振れ振動", 船論, 131 (昭47)
 - 30) 松浦義一, 川上肇: "長大倉口船の振り一曲げ連成固有振動の研究 (第1報~第5報)", 関船誌, 127 ~133 (昭43~44)
 - 31) 小杉隆祥, 末長一志, 宮本洋一: "穂高山丸によるスラミング実験計測", 船論, 105 (昭34)
 - 32) 渡辺恵弘: "船底衝撃の性質と Whipping について", 西船報, 32 (昭41)
 - 33) 川上益男: "船体の背波衝撃強度について", 船論, 125 (昭44)
 - 34) Bell, A.O., Taylor, K.V.: "Wave-Excited Hull Vibration Measurements on a 47,000 DWT Tanker", Shipping World and Shipbuilder (1968)
 - 35) Kumai, T., Tasai, F.: "On the Wave Exciting Force and Response of Whipping of Ships", European Shipbuild., 4 (1970)
 - 36) Goodman, R.A.: "Wave-Excited Main Hull Vibration in Large Tankers and Bulk Carriers", T.R.I.N.A. (1970)
 - 37) van Gunsteren, F.F.: "Springing, Wave Induced Ship Vibration", I.S.P. 17 (1970)
 - 38) Kumai, T.: "Wave-Induced Force Exciting Hull Vibration and its Response", 西船報, 44 (昭47)

海技入門選書

東京商船大学助教授 中島保司 著
船舶運航要務

A5判 上製 170頁 オフセット色刷挿入
定価 300円 (送110円)

甲板部, 機関部をはじめ通信その他全般にわたり, 全乗組員の実務上心得べき事項を集録した必読の書である。

目次

- 第1章 職 別
- 第2章 当 直
- 第3章 部署および操練
- 第4章 船舶の検査・入渠および修理
- 第5章 日 誌
- 第6章 信 号
- 第7章 船 燈
- 第8章 信号器具
- 第9章 船内衛生および救急医術

日本造船研究協会の昭和46年度研究

(社)日本造船研究協会研究部

業務について (2)

SR 107 船舶の速度計測および馬力推定法の精度向上に関する研究

部会長 横尾 幸一氏

船舶の対水速度および所要馬力を正しく推定し、かつ、正しく計測することは、船舶の建造および運航上きわめて重要な問題であり、最近の船舶の肥大化により、これに対する要求はさらに厳しいものとなつてきた。そこで、船舶の試運転に要する時間と経費を節約し、かつ、計測精度の向上を図るために船舶の対水速度を直接正しく計測する方法を開発するとともに、船舶の馬力推定に必要な実船と模型船との相関関係を正しく求めるために、最近特に問題となつている大型肥大船を対象として実施したもので、本年度は3ヶ年研究の最終年度である。

(1) 各種対水速度計の調査と速度試運転への実用化に関する研究

(a) 対水速度計実用化実船実験

供試船として D.W. 168,000 トン混載船を選定し、船底 S.S.6 付近に電磁ログを、船首球状部に超音波式ログをそれぞれ取付けて、速度試運転時に速度計測を行なつた。

電磁ログでは昇降装置により船底からのセンサーの突出量を遠隔操作して船底下 0~1m の流速分布を計測し、境界層内速度分布、境界層厚を求め、センサーを境界層外に突出するための所要長さを知り、境界層外端のポテンシャル流の流速を求めた。

また、新しく開発された超音波式ログでは水槽あるいは湖における単独性能試験で精度確認の後、船首部水深下 2.5m 付近(船底上 6m)にセンサーを取付け、バラスト運転時に船体影響の極めて少ない船首前方における流速を計測した。

これらの結果から若干の改良を要する点が抽出されたが、技術的に改良不能と思われるものではないので、電磁式ログならびに超音波式ログともに速度試運転への実用は可能であると考えられる。

(b) 模型船による水槽試験

(a) で使用した実船の 6.5m 模型を製作して、実船の場合と同一位置における速度を計測し、実船試験結果と比較検討した。得られた結論は次のとおりである。

1) 模型船の境界層は層内を横切る二次流れや渦のための影響が目立ち、速度分布曲線の形状には凹凸がある。模型船の船体中心線上とオフセンターの実船計測対応点とを比べると、前者の速度分布形状には二次流れなどの影響は少なく、境界層厚さも船体中心線上ではオフセンターの点よりも小さく、ほぼ平板のそれに等しいのに反し、実船計測対応点では二次流れや渦のため速度分布形状は凹凸が多く、また境界層の厚さもかなり増大している。これに対し、実船の計測結果で、この現象は目立っていないが、程度の差はあれ、影響はある模様で速度分布曲線の緩かな波打ち、同曲線の肩部付近の計測点の散布などがこれを暗示しており、曲線形状全体も模型船のものと同様である。

2) 境界層外端速度は局部的には変動があるが、今回の計測位置(S.S.6)では模型船、実船ともに載貨状態にかかわらず対水速度の約 1.03 倍であり、昭和45年度における本研究部会の調査結果と一致している。

3) 境界層の速度分布のいわゆる $1/n$ 乗則検定を行なつてみると実船計測結果の n は約 9、模型船の n は決定が困難であるが、あえて定めれば 7 程度である。

4) 実船と模型船の境界層相対厚さの比は摩擦抵抗係数の比にはほぼ一致する。

5) 電磁式ログに対する流れに及ぼす船体影響の修正係数は模型実験においては速度分布形状に実船より甚だしい異常が認められたため精度よく決定することは困難であつたが、超音波式ログに対するそれは模型船による実験で比較的精度よく求められる。

(2) 抵抗成分分離に関する研究

(a) 模型試験

模型船の水槽試験結果から対応実船の推進性能を推定する模型実船間の相関の問題は、最近の巨大船においては模型船の船体まわりの流場が極めて複雑で、実船の状態との対応が十分につかめていないため、実船性能推定精度が不十分であり、模型試験結果から推定した実船性能と実船とが著しく相違する

場合が少なくない。このため、相関係数を基礎とした相関の方法を開発する目的で肥大船型 (D.W. 162,400 トン 鉱石船) を対象とした4隻の相似模型船による抵抗、自航試験、伴流計測および抵抗成分分離計測を計画し、45年度には2m、4m および8m 模型船に対する各種試験を実施したが、46年度にはこれに引続き12m 模型による水槽試験およびこれら4隻の相似模型船の試験結果の解析とりまとめを行なった。主な結論は次のとおりである。

- 1) 剰余抵抗係数は満載状態ではほとんど全速度範囲を通じて長さが長い模型船のものほど小さい傾向を示しているが、バラスト状態では明瞭な傾向はみられない。
- 2) 低速抵抗から Form factor (K) を求める Hughes の方法によると、満載状態ではかなりよく一致しているが、バラスト状態では K および造波抵抗係数 (Cw) の値が模型船によつてかなり異っている。
- 3) 相似模型船群の資料を使つて求めた k, Cw の値も満載状態ではよい結果を示すが、バラスト状態ではそれほどよい結果は得られなかつた。
- 4) 波形計測結果から求めた造波抵抗の値は、かなり小さい量であり、計画速力付近の速度においても Hughes の方法で求めた造波抵抗に対して満載状態では半分以下、バラスト状態ではほとんど無視できる。
- 5) 波形計測による Cw の値は模型の大きさとともに大きくなる。たとえば12m 模型は8m 模型に比べて満載状態で約50%、バラスト状態で約100%増加になつている。
- 6) 模型船の A.P. より 0.5 Lpp 後方で進行方向に直角な平面内で計測した Head loss は、模型船が小さくなるほど相対的に大きくなつているが、吃水方向の分布は水面近傍と船底よりさらに深い部分との2箇所 peak をもつており、その下限は満載吃水の2倍ほどの深度におよぶ。
- 7) 大型模型船において Head loss の分布から算出した抵抗値と波形解析から求めた抵抗値との和は、抵抗試験から求めた船体抵抗とはほぼ一致する。
- 8) プロペラの特性に対する尺度影響は、従来発表されている試験結果と同様の傾向を示しており、レイノルズ数の増加とともにトルク係数は小となり、推力係数とプロペラ効率は大となつている。
- 9) 有効伴流係数は満載およびバラスト両状態とも

模型船の長さが増加するにつれて、同じような傾斜で減少している。

- 10) プロペラ効率比については、4m 模型船の値が小さく、模型船の大きさが増加するにつれて増加する傾向もみられるが、8m および12m 模型の結果の比較からみて、これ以上の大きさではあまり変りないものと考えてよい。
 - 11) プロペラ位置の伴流は、模型船が小さくなるほど横に拡つており、模型船の長さの増大につれて境界層の厚さが相対的にうすくなり、伴流が小さくなつている。
 - 12) プロペラ位置の伴流の大きい部分は内まわりの渦を形成しているが、その渦の中心位置、渦の大きさは模型船によつて大差なく、流速のみに相違がみられる。
- (3) 実船と模型船の相関に関する研究
- (a) 実船による伴流計測
- D.W. 162,400 トン 鉱石船のプロペラ前方に5孔管式伴流計測装置 (空気式19本、電気式2本) および超音波式伴流計測装置2組を取付け、海上試運転時を利用して船尾部の伴流を計測した。また、本船の模型による伴流計測結果と比較検討した。得られた主な結論は次のとおりである。
- 1) 模型船および実船とも伴流分布にはくびれがあり、船尾ビルジ渦の存在が認められる。
 - 2) 8m、12m の模型船および実船では伴流分布の形状は似ており、レイノルズ数が大きくなるほど伴流の幅が小さくなつているが、尺度影響を定量化するにはさらに詳しい検討を必要とする。
 - 3) レイノルズ数が大きくなるほど渦領域は狭くなり、渦度は大きくなり、定性的には船尾渦のサーキュレーション一定の方向にあるものと考えられる。
 - 4) 電気式による計測値は空気式のものよりやや小さめであつた。
 - 5) 超音波式については開発途上にあるため若干の問題がある。
- (b) 標準試運転の実施
- (a) の実船でバラスト状態における標準試運転を実施し、相似模型船群による尺度影響研究の資料とするために、得られた結果を「速度試運転成績標準解析法試案」にもとづく解析、および ΔC_F 解析を行なった。この解析により得られた対水速度は伴流分布、渦度分布等の解析に使用した。
- (c) 馬力推定法の総合解析

模型試験、実船試験、の各結果についてはそれぞれ解析が行なわれ、相関の問題についてもすでに述べてある。しかしながら馬力推定法の精度向上までの検討は不十分で、別に刊行する報告書に集録の予定である。
(研究資料 No. 142)

SR 108 高速貨物船の波浪中における諸性能に関する研究

部会長 元 良 誠 三 氏

近年、定期貨物船は高速化の傾向を示し、すでに航海速度力 21~23 ノットのものが就航しており、またコンテナ船では 26~27 ノットのものも就航し始めている。このような高速船について、わが国では建造、運航の経験が少なく、また、これらに関する研究も従来ほとんど実施されておらず、すべての面で資料が不足している。本研究はこのように今後ますます高速化が予想される定期貨物船・コンテナ船に関する重要問題である波浪中の速度低下、動揺等の推進性能・運動性能、およびスラミング、海水打込み等の現象やこれらに対する船型、波浪等の影響を解明し、その許容限界、予測方法を求め、これら船舶の設計および経済性向上のための資料を求めるもので、本年度は3カ年計画の最終年度である。

(1) 耐航性に関する諸要素の短期分布

(a) 波浪中の抵抗増加

(i) 斜波中における抵抗増加

短波頂不規則波中における馬力あるいは速度低下を推定する場合、斜波中の抵抗増加の応答関数が必要となる。そこで、座標系、境界条件を設定し、抵抗増加の計算に必要な関数を計算上都合のよいように変換して、抵抗増加の計算式を導いた。

(ii) 不規則波中の抵抗増加

規則波中抵抗増加の応答関数を用いて、長波頂不規則波中および短波頂不規則波中における抵抗増加の短期分布を求めた。

(b) 船首部の海水打込み

船首部の海水打込みについては、S.S. 9½ を代表として選び、次に示すような有義波高 $H_{1/3}$ 、平均波周期 T_w をもつ ISSC スペクトラム中での計算を行なった。

Beaufort	6	7	8	9	10
$H_{1/3}$ (m)	3.9	5.3	7.1	9.2	11.5
T_w (sec)	7.6	8.9	10.3	11.7	13.1

計算結果から次のような傾向がうかがわれた。

- 1) ある海象の中を一定船速を保ちながら航走する場合 Beaufort 8 では、Swell-up を考慮しないと正面波の時にもつとも打込み確率が大きくなるが、Swell-up を考慮すると、全体に打込み確率が高くなることのほかに、出会角 150° 近くでもつとも打込みやすくなる。
- 2) 変速する場合について考えてみると、たとえば、F.P. の上下加速度が 0.8g をこえないように減速した時の海水打込みは、船速を一定（この場合は $F_n=0.25$ ）に保つた場合と比較して、出会角 180°, 150° では打込み確率が大きく下つている。

(2) 耐航性に関する諸要素の長期分布

(a) 動揺、加速度

前年度得られた、ある短期の不規則海面における船体応答の有義値を用いて、次に示す状態に対し長波頂および短波頂不規則波中の船体応答の長期分布を福田の方法により求めた。

船体応答 (動揺、加速度)	上下揺、縦揺、横揺、上下加速度 (重心、F.P.)、横加速度(重心)
出会角	0°(追波)~180°(向波)、30° 間隔
船速 (F_n)	0~0.30、0.05 間隔

計算結果は船体応答の期待値を $\log_{10} Q$ の関数としてとりまとめた。Q は船体応答の振幅がある一定値をこえる長期の累積確率である。

(b) 海水打込み

短期の海水打込み確率を求める際に用いた相対変位の標準偏差と長期の海象状態から相対変位の長期分布を求め、この値から有効乾舷を差引いて、長期の打込み海水の高さを求めた。S.S. 9½ の場合、Swell-up を考慮しない Centre Line と Shell Side での計算値の差は少ないが、Swell-up を考慮した Shell Side での計算値との差は大きい。

また、海水打込みの確率がある値をこえるような航海状態に遭遇する長期の累積確率を福田の方法で計算した。この結果、短期海面において、F.P. の上下加速度が 0.8g 以下となるように減速する場合と、一定船速で航走する場合とでかなりの差があることがわかる。すなわち、減速する場合には海水打込み確率 α が 0.01、0.02 など小さな値の航海は変わらないが、 α の大きな航海状態は大変少なくなる。また、このような減速を行なった場合には打込み海水の高さも減少する。

(3) 不規則波中の速度低下と操船法

(a) 馬力増加による速度低下

風および波浪のある海面を航行する場合、風抵抗および波による抵抗増加のために馬力増加が起る。主機出力は有限であるから馬力増加に起因して速度低下が起る。この速度低下は実船試験やログブックの解析により経験的に知られており、海象が激しくなれば速度低下も大きくなる。

そこで、規則波中の抵抗増加をもとにして、短波頂不規則海面を航行する船舶の速度低下を種々の仮定のもとに計算し、速度低下推定用チャートを作成した。これによれば、実船試験、あるいはログブックの解析によつて得られた値と傾向が一致しており、設計時の資料として有効であろう。

(b) 危険回避による速度低下

短期不規則海面を航行する場合、船体動揺、加速度、海水打込み確率、スラミング確率などがある値以上になると、船体、人命、貨物の安全を確保するために減速、変針など適当な操船を行なう必要が生ずる。そこで、船体動揺、加速度などの許容値を適当に定めて、短期不規則海面を航行する場合、波の主方向と船との出会角ごとに、船速いくらまで出せるかという限界速度を求めた。

(c) 短期不規則海面での操船法

耐航性能の諸要素のうち代表的なものについて、Beaufort 7, および 8 の短波頂不規則海面での有義値および確率を計算した。この結果より、正面波の状態では激しい縦揺を起した場合、変針や減速によつて多少揺れは少なくなるが、その減り方は案外少ない。しかし、縦揺という言葉に上下加速度も含むのであれば減速することは効果が大きい。横揺は斜め追波状態で激しいといえるが、その様子は船速によつて複雑に変化しており、変針がもつとも効果的である。プロペラ直径の 1/3 が露出する確率は正面波と追波の場合にもつとも高く、横波状態では急激に低くなつている。また全体としてある程度以上の船速で航走している方がプロペラ露出確率が低い。しかし、正面波の状態では $F_n=0.3$ で航走する場合は、プロペラ露出確率は $F_n=0.25$ や 0.20 の場合と比して大変高くなつており、このような状態の場合は減速することがプロペラレーシングを避けるのに効果がある。 $F_n=0.25$ や 0.20 の状態でレーシングを起す場合は変針するのがよい。

スラミングは正面波以外では、大変確率が低くなつており、また、減速の効果も大きい。したがつて

スラミングを避けるのには、変針、減速ともに有効である。

(4) 最適航路設定の 1 計算

船の軌跡を表わす方程式と Pontryagin の最大原理を示す方程式を用い、船速には抵抗増加による速度低下のみを考慮した場合、船首の上下加速度を $1g$ および $0.8g$ に制限した場合、抵抗増加と船首上下加速度を同時に考慮した場合の 4 ケースについて最適航路計算を行なつた。この計算結果を大関航路を通る場合と比較した結果は次のとおりである。

- 1) 最適航路を通れば、航海距離は増えるが平均速力を上げることができ、結果的には、より短時間で目的地に到達することができる。
- 2) 上下加速度で速度制限をした場合の最適航路がかなり低緯度の所を通つているが、これは高緯度の所に激しい海象を設定していること、およびそこでの船と波との出会角が正面向波状態に近いためである。
- 3) 上下加速度を $0.8g$ に制限した場合と、さらに抵抗増加による速度低下を考慮した場合とでは、軌跡航行時間ともほとんど変つていない。

(5) やせ型船の動揺特性

コンテナ船等のいわゆるやせ型船の動揺特性を知るため、船体に働く流体力を計算によつて求め、タンカー船型等の肥えた船型との違いを調べた。船体運動は Sway, Yaw, Roll の反対称運動に限り、計算はいわゆる Ordinary Strip Method によつた。

(a) 断面流体力係数

断面に働く流体力の一般的傾向をみるために、Lewis Form の流体力係数について、次の 2 種類の比較を行なつた。

- 1) 半幅吃水比 H_o が一定で面積係数 σ を変化させる。
- 2) σ が一定で H_o を変える。

この結果、Sway の付加質量係数 K_s については明らかにやせ型断面の方が大きい、その他については一般的傾向はつかめなかつた。

(b) Lewis Form 船型に働く流体力

Lewis Form 断面を有する前後対称な船を数種類想定し、それらに働く流体力を求め、次の 4 種類の比較を行なつた。

- 1) H_o 一定 (1.0) の柱状船で σ を変える。
- 2) H_o 一定 (0.6) の柱状船で σ を変える。
- 3) σ 一定 (0.9) の柱状船で H_o を変える。
- 4) 船長方向に H_o を変えたやせ型船と柱状船の

比較

この結果、次に示すような成果を得た。

- 1) やせ型船型は一般に Radiation Force, 波浪外力ともに大きい。
 - 2) Roll の Damping Force は Bilge Keel による効果を加味すれば、やせ型と肥大型の差は大きくないと思われるが、外力はやせ型の方がかなり大きい。これは Diffraction Force による。
- (c) 2軸船型についての断面流体力

船首尾部の複雑な断面形状について、Source 法で計算し、従来の Lewis Form 近似との比較を行なうとともに、1軸、2軸の違いがおよぼす影響を調べた。計算した断面は次の3種である。

- 1) $L/B=7$, 1軸船の S.S. 3/4 の断面。
- 2) $L/B=8$, 2軸船の S.S. 3/4 の断面。
- 3) $L/B=8$, 2軸船の F.P. 断面。

この結果、次のようなことが明らかとなつた。

- 1) 1軸船断面の方が Sway に強く、Roll に弱い。
- 2) Lewis Form 近似で2軸断面を計算する際は、Bossing の面積を含める方がよい。
- 3) 船首断面を Lewis Form 近似すると Sway Damping 以外は誤差が多い。

(研究資料 No. 143)

SR 111 船体用鋼板の靱性に及ぼす冷間加工と溶接の重畳効果およびガス加熱加工条件の影響に関する研究

部会長 木原博氏

各造船所における短期建造体制にともない、現場工作の合理化が徹底されつつある現状である。

日常各造船所において船主および船級協会監督官との間のトラブルの原因になる、E級鋼のクラックアレスターとしての効果への期待に関する現場工作上の問題、すなわち、クラックアレスターの働きをさせる目的で使用されている Rounded Gunwale 部の E級鋼にブロック搭載用吊金具 (Eye Plate) を溶接した場合も脆性破壊強度の低下、および 50 キロ級高張力鋼使用量増加にともなう現場工作上の問題、すなわち HT 50 に関する線状ガス加熱施工の加熱部の靱性劣化防止等について、前者はクラックアレスターとして使用されている E級鋼について、冷間曲げ加工と溶接の重畳効果による脆性亀裂の発生、伝播停止性能の変化を明確に把握し、この種のトラブル解決に関するバックデータを得ることを目的とし、後者は HT 50 に関して線状ガス加熱後水冷した場合の加熱部の靱性を定量的に把握し、線状ガス加熱

作業条件確立のためのバックデータを得ることを目的とする。

本研究は以上の目的により、昭和 44 年から発足した 3 個年計画の研究であり、最終年度である 46 年度は次の各試験を実施し、過去 2 個年の試験結果とも併せ検討を行なつた。

(1) 船体用鋼板の靱性におよぼす冷間加工と溶接の重畳効果に関する研究

(a) 供試材および試験片

試験片は各試験とも、冷間加工後溶接ビードを置き、亀裂の発生・伝播方向が、引張予ひずみの方向と一致するように加工した T 処理材と、同様に亀裂の発生・伝播方向の引張予ひずみの方向に対して直交するように考慮した T 処理材を使用した。鋼種は板厚 30 mm の KEN 鋼と K5E 鋼を供試した。

なお、ディープノッチ試験片製作によつて、K5E 鋼の各供試材については、サイドスリット付表面ノッチ型試験片を使用、KEN 鋼の場合は全幅表面ノッチとし、ノッチ深さを 6 mm 程度にすることによつて低応力脆性破壊が発生しやすいように工夫した。

また二重引張試験片においては、余盛除去跡を亀裂が直進・伝播するように配慮し、残留応力のバランスを考慮して、試験片表面両面に各 3 層 3 条の溶接ビードを置いた。

(b) 試験

(i) 低温引張試験

試験は 30 ton 島津製 REH 型万能試験機を使用し、 0°C ～ 196°C の温度範囲で実施した。

試験片総数 36 個

(ii) シャルビー衝撃試験

試験は 30 kg-m シャルビー衝撃試験機を使用し、吸収エネルギー～温度、脆性破壊面率～温度遷移曲線を求めた。

試験片総数 280 個

(iii) ディープノッチ試験

試験は 800 ton 横型テストリグを使用し、ピン間距離 3 m をして実験した。温度範囲は -196°C ～ -40°C とした。

試験片総数 24 個

(iv) 二重引張試験および ESSO 試験

使用試験機は 150 ton 補助引張装置を装備した前述の 800 ton 横型テストリグであり、試験は、試験片幅に対する停止亀裂長さの影響および残留応力の影響等を考慮して、亀裂が試験片亀

裂伝播部幅の60%前後に停止するような条件で行なった。

試験片総数 24個

(v) 残留応力計測

計測は、試験片表面および板厚断面の残留応力分布を二重引張試験片についてのみ行なった。試験片表面の残留応力計測要領は、Gage Length 2mmの2方向抵抗線ひずみゲージを用い、所定の位置に貼布されたゲージの周囲を深さ約10mm切削することにより残留ひずみを解放して求めた。

試験片数 1個

(vi) 組織・硬度分布調査

冷間加工と溶接を重畳した鋼板の材質変化および線状ガス加熱による熱履歴を受けた鋼板の材質変化を把握するため、各供試材加熱表層部および板厚中央部の顕微鏡組織ならびにビッカース硬度分布を、顕微鏡組織写真は倍率300倍にて撮影し、ビッカース硬度は試験荷重10kgにて計測した。

(c) 試験結果

以上の試験の結果、次のようなことが判明した。

1) 表面での加工量3~5%程度の冷間曲げ加工あるいは3%程度の冷間引張加工と溶接を重畳しても、明瞭な靱性劣化は認められず、実用上問題にならないと考えられる。

2) 大型船のRounded Gunwale部にEye Plateなどを溶接しても実用上問題ないと考えられる。

(2) 船体用50キロ級高張力鋼の靱性におよぼすガス加熱加工条件の影響に関する研究

(a) 供試材および試験片

線状ガス加熱加工にはバーナを直線的に走らすStraight Line Heatingを採用し、供試材の表裏両面にガス加熱加工を施して平板試験片を製作した。

二重引張試験片およびESSO試験片製作にあつては、加熱線状を脆性亀裂が伝播するように配慮し、残留応力のバランスを考慮して、試験片表裏両面を各3条加熱した。

供試材としては、板厚30mmの船体用50キロ級高張力鋼(HT50)、日本海事協会(NK)規格A級鋼(K5A鋼)、D級鋼(K5D鋼)お

よびE級鋼(K5E鋼)、板厚12.7mmのD級鋼(K5D鋼)を使用した。

(b) 試験

試験方法は前記(1)項の(b)と同様。

各試験の試験片数量は次のとおり。

(i) 低温引張試験

K5D(板厚12.7mm) 6個

(ii) シャルピー衝撃試験

K5A(板厚30mm) 160個

K5D() 200個

K5E() 180個

K5D(板厚12.7mm) 240個

(iii) ディープノッチ試験

K5A(板厚30mm) 8個

K5D() 10個

K5E() 6個

K5D(板厚12.7mm) 22個

(iv) 二重引張試験およびESSO試験

K5A(板厚30mm) 8個

K5D() 15個

K5E() 10個

K5D(板厚12.7mm) 12個

(v) 残留応力計測

K5D(板厚30mm) 1個

(vi) 組織・硬度分布調査

K5A(板厚30mm) 8個

K5D() 13個

K5E() 9個

K5D(板厚12.7mm) 11個

(c) 試験結果

以上の試験の結果、脆性破壊発生特性および脆性亀裂伝播停止特性に明瞭な悪影響を及ぼさない加熱条件は次のようになることが判明した。

1) 最高加熱温度がAc₁変態点以下の650°C程度のときは加熱後ただちに水冷してもよい。

2) 最高加熱温度がAc₁変態点に近い温度、またはそれ以上の温度、すなわち700°C~900°Cのときは、空冷するかまたはAr₁変態点以下の約500°C程度から水冷を開始すればよい。

(研究資料 No. 146)

(未完)

L N G 船

恵 美 洋 彦*
會 根 敏**

(その3 貨物格納) (3)

7-2-2 二次防壁の基準

LNG タンカーの二次防壁は、すでに実船例でも紹介したとおり、各種の構造型式があつて、一律な基準は決め難い。以下、NK, USCG の基準を紹介する。

(NK)

以下、NK, LNG 船規準を引用して説明するが、二次防壁の設計荷重のとり方、構造設計へのアプローチ等は、第8章で述べるメンブレンタンクと同じと考えてよい。

4100 二次防壁

4101 二次防壁とは、タンクに漏えいが生じた場合、船体主要構造部材の温度が、温度 5°C の外気および海水において、その鋼材の級に応じた示す温度以下にならないように漏えい LNG を一定期間以上船内に保持するための構造設備をいう。

A 級 鋼	-10°C	} (詳細は表 7-1 参照)
B または D 級 鋼	-30°C	
E 級 鋼	-50°C	

解説；二次防壁とは、7.2.1 の安全性のところの説明した趣旨で、タンク漏えい損傷時に船体構造部材が 4101 に示した温度以下にならないように、漏えい LNG を船内に一定期間以上安全に保持するための構造設備をいう。この場合、液密および断熱の性能を有する一時的な容器をいうのが通常であるが、船体構造を暖めるヒーティング設備等がある場合は、これもあわせて考えて差しつかえない。

この一定期間は、漏えい LNG の安全な処理に必要な期間である。漏えい LNG の安全な処理には、陸上への揚荷を第一に考慮すべきで、やむを得ない場合に限り、周囲環境に危険が生じないような外洋で船外放出を考えるべきであろう。しかし、船外放出は、その安全性について保証が得難いので、できる限り避けることが望ましい。

船体使用鋼材に対する許容温度は、冷却式 LPG 船と同じである。鍋船規則解説を引用すると、タンク漏えい時で、周囲温度 5°C として、応力 8 kg/mm²、き裂長さ 40 mm、板厚 15 mm として、ぜい性き裂発生を防止するよう定められたものである。しかし、

外気および海水温度の想定が特に不具合な航路、極寒地への就航予定等があるときは、周囲温度は適当に修正する必要がある。

4102 LNG 船には、二次防壁を設けなければならない。この二次防壁は、1つのタンクの破壊を想定したとき、前項に示す条件を満足するものでなければならない。

解説；タンク漏えい事故に起因する船体過冷却、LNG 流出さらに引火爆発といった重大な二次的事故を防止する根本的な対策は、タンクに一次的事故が生じないようにすることである。この点については、4103 で説明するが、タンクに一次的事故が生じないという保証は簡単には得られない。

また、冷却式 LPG 船で考えたように、船体構造に二次防壁と同等効果を持たせて二次防壁を省略する形式は LNG 船の場合不可能と思われる。

したがって、この項は、万一、タンクから漏えいしたときでも船体が急冷（熱衝撃を受けないよう）あるいは過度に冷却されないように二次防壁を設けることを原則とした。

また、漏えい事故は、一つのタンクが完全に破壊した状態（タンク内外の LNG が同一レベルになる状態）を想定した。

二次防壁を設ける範囲は、上記の仮定のほか、船の傾斜角度（横揺れ、縦揺れ）を想定しなければならない。NK の規準中には明記していないが、他の規則で与えている横揺れ角 30 度、縦揺れ角 6 度の値は一般的に妥当なもの^(註)と考えている。あるいは、コンピュータ等により個々の船に対する波浪中の船の運動状態を求める方法で、二次防壁の範囲を求めるための船の横揺れ角、縦揺れ角を決めてもよいと考えている。

タンクの設計上は、船の一生のうちの最もシビヤな海象状態が問題となるが、二次防壁については船が年 1 回遭遇する可能性のある海象状態を標準としてよか

注；文献 (8) によると剛邦丸 (4 万 7 千載貨重量トン、タンカー) の実船計測結果をもとに、同船が年 1 回遭遇するであろう最も苛酷な海況の中を 4 時間で通過するとして、その 4 時間の最頻期待値を求めている。この値は、縦揺れに対し 5°14'、横揺れに対して 32°4' となつている。

*、** 日本海事協会船体部

ろう。

4103 前 4101 および 4102 にかかわらず、独立タンクが設けられる場合タンクの信頼性および LNG 船としての安全性を考慮して本会が認めた場合、二次防壁の設計条件を軽減あるいは二次防壁を省略することができる。

解説；タンクの信頼性を高め、タンクが破壊する確率を零に近付けることにより、二次防壁の省略あるいは設計条件の軽減ができることを示した。

この場合、タンクの信頼性の目標値、信頼性の推定方法あるいはタンクの強度とその破壊機構の解明が必要である。

たとえば、LNG 船規準 3202 に示す圧力容器型のタンクを設計する場合、設計圧力を充分高いものとし、工作、溶接、検査試験等の条件を厳格に行なえば、タンクの信頼性は、かなり高度なものが期待できる。これと類似のタンクの加圧式 LPG タンクは、本会船殻船として 10 年余りの実績（現在まで 58 隻、計 145 個のタンク）があるが、幸いタンク漏えい事故は、報告されていない。

しかし、上記の例が直ちに二次防壁の省略あるいは二次防壁の軽減に結び付くと判断するのは、LNG タンクの実績がない現時点では、早計である。特に材料がこれまで経験の少ないアルミ合金、特殊鋼等であり、しかも大型タンクになると、設計条件はもちろん、施工方法、試験検査についても充分配慮を払う必要があるからである。

表 7-4 および 7-5 に陸上の高圧ガス（LPG、エチレン、ブタン、酸素、アンモニア等）の 200 kl 以上

表 7-4 製作年次別クラック発生状況(文献(9)による)
注) * 未検査 35 個を含む

年	クラックのある貯槽数	クラックのない貯槽数	計	クラック率 %
昭和 34	4	0	4	100
35	3	1	4	75
36	12	12	24	50
37	5	24	29	17
38	2	9	11	18
39	3	8	11	27
40	5	14	19	26
41	2	7	9	22
42	2	2	4	50
43	0	18	18	0
44	7	4	11	63
計	45	99*	144	32

表 7-5 容量別クラック発生状況(文献(9)による)
注) * 未検査 35 個を含む

容 積 m ³	クラック発生	60H	70H	80H	計	クラック率 %
1,000 未満	あ り	9	7	5	21	32
	な し	34	4	6	44	
1,000 以上 2,500 未満	あ り	10	2	2	14	25
	な し	38	4	0	42	
2,500 以上 4,000 未満	あ り	4	0	1	5	45
	な し	6	0	0	6	
4,000 以上	あ り	5	0	0	5	42
	な し	6	0	1	7	
計	あ り	28	9	8	45	32
	な し	84	8	7	99*	

の高張力鋼製球形タンクについて、神奈川県が行なつた調査結果を示す。

この表から見ると、漏えい事故の原因となりうるクラックが、予想以上に多く存在していることがわかる。したがって、タンクの信頼性を考えるに当たつて、単に建造時の条件のみならず、就航後の検査方法についても考慮する必要がある。

したがって、現時点では、実績のない LNG 船で、タンクの漏えい事故を想定せず二次防壁を省略することは、非常にむずかしい問題である。第一段階としてタンクの強度とその破壊機構を解明して、タンクの破壊の大きさを限定し、二次防壁の設計条件を軽減し、次の段階で省略を考えるのが妥当であろう。

メンブレンタンクでも、根本的な考え方は、独立タンクと同じであるが、今後検討すべき問題も多く、規準では、二次防壁の省略あるいは設計条件の軽減は、考えていない。この理由の一つとしてメンブレンタンクに対する検査試験の困難さをあげることができる。

4104 二次防壁に使用される材料は、貨物に侵され難く、かつ低温で必要な機械的性質を有するものとしなければならない。また、材料の仕様については、あらかじめ本会の承認を受けなければならない。

解説；後に説明するように二次防壁に対しては、タンクより多種の材料、型式が採用されることになろう。したがって、ケースバイケースで承認基準を定める。

4105 その一面を見うるような構造配置とした二次防壁は、建造時および就航後の定期的検査の際、漏えい検査を行なえるような構造配置とすることを原則とする。また、二次防壁が有効な性能を示すことを確認す

るため、本会が必要と認めた場合、モデルテストを要求することがある。

解説；二次防壁の信頼性は、通常のタンクと同等のものを考えている。しかし、たとえば、単に二次防壁の損傷発生確率をタンクと同程度にした場合、船の一生を通じて保守点検を行わなかつたときには、年間における事故発生率を考慮すると、その信頼性は一けた程度下がることになる。

したがって、ここでは、定期的な検査で外観検査および漏えい検査ができる二次防壁とすることを原則とした。この場合、外観検査で見えない程度のクラック等があつても所定の性能を失わない構造、材質の二次防壁は、外観検査を 4105 に規定する漏えい検査と同等とみなしても差しつかえない。ただし、モデルテスト等で、充分その程度を確認し、かつ外観検査法の詳細を定めておく必要がある。

また、製造時に荷重試験あるいは圧力試験が行なえないときも、採用される構造および材料によつては、あらかじめ製作仕様どおりの建造方法によつてモデルを製作し、その性能を確認する必要がある。

特に、タンク型式でない二次防壁で注意しなければならないのは、就航後の定期的検査で、気密試験等によりその有効性を確認する方法を採用するときである。この場合、万一定期的検査で二次防壁に不具合な箇所があることが分つても、その箇所を見付けることは非常に困難であると考えられる。むしろ、外観検査で見えない程度の欠陥があつてもその二次防壁の目的に対して有効な性能を維持できるよう設計することの方が、実際的と考える。

4106 前項によることができない二次防壁については、次に示すところによる。

(1) 二次防壁は、その必要とする性能を満足していることをモデルテストで確認しなければならない。このモデルテストは、船の一生を通じて提案の二次防壁が必要とする性能を維持できること、および二次防壁の建造工作上的のばらつきを考慮して必要とする性能を維持できることを確認できるものとしなければならない。

(2) 前号にかかわらず、提案の二次防壁の信頼性を実証する十分な資料が提出され、本会の承認を得た場合は、モデルテストを省略することができる。

解説；就航後外観検査および漏えい検査ができない二次防壁については、その損傷発生確率をタンクより1けた以上下げた設計、建造方法とする必要がある。4106

(1) には、このために必要な建造前のテスト等の要件

を示したものであるが、実際にモデルテストであらかじめその信頼性を確認するためには、非常に多くのサンプルが必要で、不可能に近い。したがって、二次防壁としては、7.1.2 のところで説明したように、こわれにくく、たとえ一部がこわれてもそれが進行せず、このような小さい欠陥がある場合でも所定の性能を失わないような構造、材料とする必要がある。

一つの例としては、LNG に冒され難く、かつ LNG が短期間では侵入し難い防熱材と表面の液密層材料との組み合わせ等が考えられる。このような場合、あらかじめモデルに欠陥を作つておいて、テストがその性能を確認する必要がある。

(USCG, ガスタンカーに対する暫定指針, 文献 (10))
Chap. IV. Cargo Containers (Tanks)

B. 1次/2次防壁の概念

一次防壁の目的は、船の寿命に見合つて貨物を保持することである。

一次防壁の設計が、貨物の「船殻あるいは周囲」への漏洩を防御するに足る十分な信頼性を有しているのであれば、二次防壁の完全省略 (IPT)^(注1)あるいは軽減 (IST or SPT)^(注1)を認める。そうでない場合には、船の一生に亘つて全く損われることのない完全な、そして定期的にその完全性をチェックし得る二次防壁が要求される。また、船の一生の中の如何なる時期においても、妥当と思われる期間、安全に貨物を保持し得るものとしなければならない。

完全なものかあるいは部分的なものか、いずれにしろ二次防壁が必要な場合には、別の観点からも検討しなければならない。

それは、一次防壁と二次防壁との間の相互依存度である。

完全なものかあるいは部分的なものかを問わず二次防壁が要求される場合、一次防壁が船の一生のある時点で、漏洩したりあるいは完全に破損することを想定している。それ故に、一次防壁の破損の機構が二次防壁の破損を引き起こさないことを保証する必要がある。

例えば、1/8 インチの空隙でもつて分けられた2枚のメンブレンを有するメンブレンタンクの設計の可能性を考えるものとする、貨物をタンクの頂点から落し込んだ場合明らかに両防壁を貫通してしまうものと思われる。

注1；タンクの記号、6.2.1 に示す「ガスタンカーの船体構造配置および貨物格納に関する提案 NK」の分類と同記号である。以下、USCG の暫定指針中抄訳中の IPT, SPT, IST, IIT, IMT および IGT の記号も同じ。

る。従つて、このような設計は、一次防壁の破損が直ちに二次防壁の破損を引き起こすために受入れられないものである。さらに押し進めて云えば二次防壁と船体支持構造のいずれかあるいはその両者 (and/or) に破損が起こつても一次防壁が破損しないようにして置くことも必要と考えている。二次防壁は通常充分に防御されているので、船側および船底における間隙を考慮さえすれば、座礁あるいは衝突といったものまで予測する必要はないと考える。

しかしながら、例えば、内殻が船の一生の間には何らかのクラックを生じることが当然のことであるので、この内殻のクラックが一次および二次防壁の破損を招くことのないようにしなければならない。

これらの概念は、主観的要素が入り易いので非常に表現しにくいものである。

しかし、上に述べた種々の論議を通して USCG の思考過程を読者諸賢が同じように迎られることを希望するものである。

一次/二次防壁の概念の最終的ポイントとしては、船体構造の検査に対する船級協会の全ての要求と一致しなければならないということである。

C. タンク設計に対する特別要求

(Chap. IV, C 項はタンクおよび二次防壁について、前述の6つの構造型式のタンクごとに要件が記載されている。以下、二次防壁の要件に関する内容を紹介する。)

IPT: 二次防壁不要

IST および SPT; 設計条件を軽減した二次防壁

タンクは全損 (Catastrophic failure) が発生することのないように設計、建造されることが前提となつている。すなわちタンク各部の応力状態を有限要素法、光弾性解析法等により、正確に推定し、最大応力あるいは応力場 (等応力線) を決定する。また、タンクの使用材料・溶接・工作・検査試験に関しては、圧力容器なみの精度、品質管理が要求される。

次いで、次の手順により、タンクの限定された破壊の大きさを推定し、設計条件を軽減した二次防壁を設計する。

(1) 前述の方法で求められた最大応力または仮想応力 (この仮想応力は、タンクの使用状態で生ずる最大応力以上とすることが必要、例えば設計上の許容応力とする等) にしたがつて、極限のクラックの大きさ (Critical crack size)^(注2) およびクラック伝播速度を決定するた

注 2; 例えば、一定の応力状態、温度、材料のとき、この材料が破壊を起さないようなクラックの大きさの限界等。

めに、使用する材料につき破壊機構を解析する。

また、その破壊機構特性を決定するには、よく知られている材料であれば文献の資料によればよいが、十分に研究されていない材料であれば、実験によらねばならない。

(2) ガス検知器で感知できる程度の量のガスが通る最小の割れの大きさ (min. flaw size) を決定する。

(3) (2) 項で述べて「min. flaw size」を使つて以下に示す3つのうちの最大の期間中にその割れが成長して達する長さを決定する。

(a) 2週間

(b) 一次および二次防壁の間に含まれた貨物を除去する時間を含めて、非常時に貨物を廃棄するに必要な期間

(c) 貨物の積地および揚地間の予想される航走時間の平均値

(4) 成長後のクラックの大きさと極限クラックの大きさとを比較する。もし、極限クラックの大きさが成長後のクラックの大きさに比べて充分大きい時 (設計上その比が約 10:1 の時) にはその設計は受入れられる。

(5) もし、その設計が受入れられないものであれば二次防壁は完全なものとしなければならない。

(6) もし、その設計が受入れられるものであれば、二次防壁の程度は次のようにして決定する。

(a) 以下に述べる3つの中の最大期間に漏洩する貨物の最大量を計算する。

1. 2週間

2. 一次および二次防壁間に含まれる貨物を除去する時間を含めて、非常時に貨物を廃棄するに必要な期間

3. 予想される貨物の積地および揚地間を航走する時間の平均値

(b) 二次防壁の範囲は、上に述べた漏洩量を考えると同時に、垂直軸に対して 30° ロールを考慮して、漏洩貨物を保持し得るものとしなければならない。

(c) サイドおよびトップは「Splash shield」とし、貨物が漏洩して二次防壁に溜まる際、如何なる漏洩貨物も、ボットムの二次防壁の所に偏るようにする。また、冷い蒸発ガスが外側の船殻構造に伝わるのを防ぐようにする (Vapour Barrier)。さらに、「Splash shield」の外側の構造物の温度を安全なレベル (船級協会が決められている最低の鋼材温度で USCG の承認を得たもの以上) に保つようにする。

表 7-6 タンクの構造形式と材料、溶接（就航中および建造中の船）

タンク形式	タンク使用材料	溶接法	工作基準	検査試験	二次防壁	タンクの支持, 固定	防熱材
コンチ独立方形タンク (メタンプリンセス) (メタンプログレス)	アルミ合金 5083-0	MIG 自動溶接		タンク板継手全線 X 線検査	表面 プライウッド (砂糖風) ばりバル サ防熱材と兼用	防熱材兼用 トップとボトムキーに よりゆれ止め	プライウッド・パ ルサ積層材+グラ スファイバー ハッチカバー (暴 露部) は岩綿
ガスオーシャン独立円筒 形タンク (ジュールベルス)	9% ニッケル合 金鋼	手溶接		同 上	底部; 9% ニッケル 合金鋼 側, 頂部; ステレン ス鋼	タンクボトム 8 箇の支 持台 ゆれ止めは二重底とタ ンクの傾斜による	底部側; PVC (Klégecell) 側部, 頂部; パー ライト
ガストランスポートメン ブレンタンク (ポーアララスカ, 他 1)	36% ニッケル 合金鋼 (Invar)	自動抵抗シーム 溶接 TIG (特 殊な箇所および 補修が主)	特別基準	シーム抵抗溶接採取 り (50 m) 毎で金属 組織の調査 ハロゲン漏えい試験 ダイテック	タンクと同じ	防熱材 (箱) 兼用 固着は Tongue によ り防熱箱に取付け	箱入りパーライト
エッソ独立二重壁タンク (エッソブレナーガ, 他 3)	アルミ合金 5083-0			X線	二重壁の外殻	タンク支持台(9%ニッ ケル合金鋼, パルサ材) ゆれ止めは, 4箇のキー	パルサ材 ポリウレタン PVC
ガスオーシャン (テクニ ガス) 独立球形タンク (ユークリッド)	9% ニッケル合 金鋼			X線	なし	水平, 縦, 横断面の円 周上で船体歪の影響が なくタンクの伸縮を拘 束しないようアームと ロッドで取付け	パーライト
コンチ・オーシャン, メ ンブレンタンク (デカルト, 他)	18-10 ステンレ ス鋼	TIG 溶接 (プラスチック溶接)	特別基準		表面 プライウッド (砂糖風) ばりバル サ防熱材	防熱材と兼用 固着はアンカーピース	プライウッド・パ ルサ積層材+グラ スウール
モス独立球形タンク (建造計画中)	9% ニッケル合 金鋼 (アルミ合金)		圧力容器 よりシビ ヤ	圧力容器よりシビヤ	スモールリークプロ テクション (防熱材 と船体鋼材) スプレ ーシールド用合板	タンク赤道部の赤道環 とスカートを結合	ポリウレタン

(7) 二次防壁は船の一生の中の如何なる時期においてもその完全さを定期的にチェックし得るようにしておかねばならない。

この二次防壁のテストには、Pressure-Vacuum テストあるいは目視によるが、目視の場合には目で見える最小のリークが、船殻が NDT (Nil-ductility transition) 温度、以下に冷却されて危険になるようなリークよりも小さいとわかっている場合に限られる。

IT, IMT および IGT; これらのタンクには不確定要素があるため、完全な二次防壁を必要とする。この場合の二次防壁の要件は次のとおりである。

(1) 一次防壁に壊滅的破損が生じた場合以下の3つの中の最大の期間漏洩液を全て保持できるものとしなければならない。

i) 2週間

ii) 一次および二次防壁間に溜まった貨物を除去する時間を含めて非常時に貨物を廃棄するに必要な時間

iii) 貨物の積地および揚地間を航走する予想平均時間

(2) 二次防壁の範囲は、一次防壁が完全に破損した場合について、船の垂直軸に対して 30° 傾斜を加えて漏洩貨物を保持するに十分なものとしなければならない。

(3) 完全な二次防壁が要求される範囲よりも上方については、「Splash shield」としてよいが、二次防壁に貨物が侵入した際に如何なる漏洩貨物も二次防壁の所に偏るようにして、外側の船殻構造に冷い蒸発ガスが通じるのを防ぎ、あるいは「Splash shield」の外側の船殻構造を安全な温度（船級協会の要件として決められている鋼材の最低使用温度で USCG の承認を得た温度以上）に保つようにしなければならない。

(4) 二次防壁は船の一生の如何なる時期においても、その完全性を定期的にチェックできるようにしなければならない。この二次防壁のテストは Pressure-Vacuum テストによるか、あるいは、もし目で見えて検知できる最小のリークが、リークによつて船殻構造の温度が NDT 温度以下に下がって危険になるようなリークよりも小さいことがわかっている場合には、目視検査によることができる。

(5) 貨物が二次防壁の所に侵入した場合に、二次防壁の外側の防熱材が内殻の温度を安全な温度（船級協会の要求事項として表示されている鋼材の最低温度で USCG の承認を得たもの）に保持するのに十分なものである保証、この保証は熱の出入の計算により行なわれる。船体構造の条件の苛酷な点に設けた温度検出装置に

よつて就航中確認をする必要がある。

(6) さらに、以下のことは二次防壁にかぎらないが、防熱材が二次防壁を兼用するシステムでは、特に注意する必要がある。

(a) 経年変化が使用材料(異種材料の接着剤を含む)に悪影響を及ぼさないという保証、すなわち、その性質がよくわかっていない材料については、経年テストを行なう必要がある。

(b) 二次防壁を含めて使用材料が、貨物に対して、化学的に耐えられるという保証

このテストは、使用材料(接着剤を含む)の小標本を液体貨物中に最大圧および最低温度の下で少なくとも6週間以上浸して行なう。

テストサンプルは実際のタンク構造に使われると同じ接着剤で、同じタイプの接合部を含むものでなければならない。テスト期間中少なくとも1週間に1度、次に述べる事項についてデータを採らねばならない。

(i) 接合部の接着強度

(ii) 材料の溶解度

(iii) 材料の変形

(iv) 材料の強度

(v) 材料の液浸透度

(vi) 材料の熱効力

(vii) 防熱材の構造上の剛性

(7) 前記(1)ないし(6)に示すほか、提案の構造が有効であることを保証するためのプロテスト等が要求されている。これらは、メンブレンタンクに対するものと同じである。また、設計上の船の運動状態等も同様である。これらについては第8章参照のこと。

7.3 LNG 船の貯蔵装置の構造形式

LNG 船の貯蔵システムは、タンク、防熱材および二次防壁とからなる。防熱材と二次防壁については、すでに説明した。タンクおよびタンク支持構造については、第8章に説明する。なお、参考までに現在就航中および建造計画中の貯蔵システムを表 7-6 に示す。

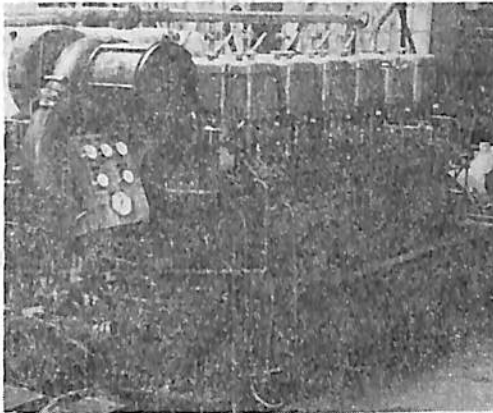
参 考 文 献

- (1) 日本海事協会「LNG 船規準(付解説)」, 昭和46年6月
- (2) 日本海事協会「鋼船規則, 昭和46年度版」
- (3) 日本海事協会「鋼船規則解説, 昭和46年」
- (4) 日本海事協会「液化ガスタンク 船規則, 昭和46年」
- (5) 恵美, 曾根「LNG 船(その1), (その2)」日本海事協会会誌第132号, 第134号

- (6) 恵美, 曾根「LNG 船」船舶, 昭和 47 年 3 月号
以降 (天然社)
- (7) 恵美「LNG 船の開発」, 資源工学講座 LNG シ
リーズ 第 2 回 テキスト 昭和 47 年 3 月 (産業技術交
流センター)
- (8) 日本原子力船研究協会「原子力船における外力の
原子炉に及ぼす影響に関する試験研究」1962 年 9 月

- (9) 柏木「球形タンクにおける最近の事故傾向」神奈
川県
- (10) USCG「Tentative Guide for the Review of
Liquefied Flammable Gas Carrier」
- (11) 宮本訳「構造材料の強度と破壊 1」(培風館)
- (12) IACS「Unified rules for Gas Tanker (drafts)」
Nov. 1972 (未完)

日立 B&W 小型ディーゼル機関 T 20 H 型の開発



日立造船では船用発電機用および工業用にコンパクトに設計された日立 B&W 小型ディーゼル機関 T 20 H 型の自社開発に成功した。

同社はデンマークの B&W 社と技術提携し、日立 B&W ディーゼル機関を製造、販売してきたが、今回の機種は同社の技術陣が独自で開発したものである。

この種発電機用ディーゼル機関の需要は、350~500 PS の範囲のものが多く、従来機種では 1 シリンダ当りの馬力が大きいとシリンダ数を減らし 3~4 シリンダの機種を使用せざるをえず、維持・性能・コストの各面において種々問題があつた。この問題を解決するために開発された本機種は、従来機種に比べ小型、かつ高性能で製造コストが低いと、今後大量の受注が期待できる。

主要目は下記のとおりで、5~8 シリンダ機関までを製作し、400~800 PS の出力範囲をカバーする。

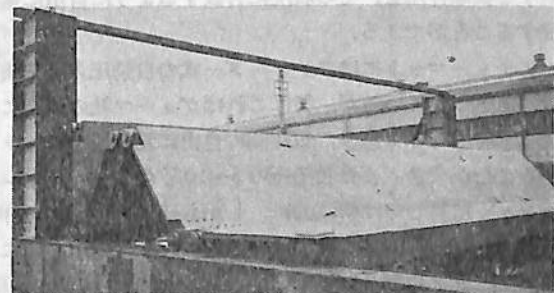
機 関 形 式	4 サイクル単動トランクピストン型過給機空気冷却器付ディーゼル機関
シ リ ン ダ 径	200 mm
行 程	250 mm
シリンダ当り出力	100 PS/cyl (80 PS/cyl)
毎 分 回 転 数	900 rpm (720 rpm)
正味平均有効圧	12.7 kg/cm ²
シリンダ内最高圧力	83 kg/cm ²
燃 料 消 費 率	165 g/PS/h
(ただし、低位発熱量 Hu=10, 200 kcal/kg)	

遠隔ワンタッチ操作油圧開閉式カー デッキ装置の開発

川崎重工では、このほど自動車とその他の貨物との兼用船に装備する自動車用甲板装置の操作の省力化と、積載車種の大型化、多様化に対処するため、油圧アクチュエータを各パネルに内装した装置を開発した。

同社は、昭和 41 年西ドイツのブロム・アンド・ボス社 (BLOHM & VOSS A.G.) と技術提携を行ない種々の型式のカーデッキを製作販売してきたが、同社製カーデッキ装置を装備した内外船舶は 100 隻におよんでいる。

今回開発した装置は、船艙内にヒンジによつて連結されたパネル式甲板装置を数段装備し、不用時には、艙内の一方、または両方に折りたたんで格納するものである。従来は 1 枚 1 枚のパネルを上甲板に取り出してラック装置に格納するか、またはワイヤーで艙内の一方に引きたたんで格納する方法をとつていたが、本装置では各パネルにカーデッキ用として、特別に設計された小型、軽量、うす型の油圧アクチュエータを内装して展張ならびに格納の操作を行なう。また、この油圧ポンプ装置にリレーと電磁弁を組み合わせることにより、スイッチのオン・オフ (ワンタッチ) で、任意のデッキの展張格納が任意の位置からきわめて簡単、安全、迅速、確実に操作できる。さらに、乗用車大型自動車、一般貨物、コンテナ、ばら積貨物など多種多様の貨物を積載できるデッキ装置も設計が可能である。



アチューマツト超高压洗浄機

ウェスターン・トレーディング株式会社

アチューマツト超高压洗浄機は多年の経験と優れた技術を有する世界屈指の西ドイツ・ヴォーマ社製の高压、大容量な高性能ブランジャーポンプを装備した画期的な洗浄機である。

アチューマツトの装置は高性能の超高压ポンプ、超高压ホースおよびホースの先端に取付けられた特殊ノズルによつて構成され、用途に応じて超高压水を前方に、あるいは斜め後方に噴射して、ごく短時間に完全に洗浄を行うことができる。

アチューマツトは造船所を始め化学工業・鑄造工場・製鉄工場・セメント工場・製紙工場・発電所・生コンプラント・乳製品工場・上水管の再成・動物園・農場等で、設備の保守、管理、労働力の削減等一連の経営合理化に大きく寄与している。従来の多人数による手作業とは全く比較にならない実績をあげ、経費の節減に大きく寄与しており、正に近代経営の要求にマッチした新鋭機である。

洗浄方法

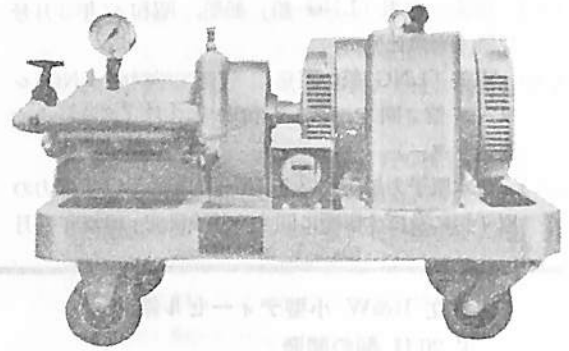
アチューマツト超高压洗浄機による洗浄方法は、大別すると次の5つになる。

1. ノズルによるパイプの洗浄
2. 手動のスプレーガンによる機器の表面の洗浄
3. タンク洗浄ノズルによるタンク内の洗浄
4. インジェクターノズルによるウォーター・サンド・プラスト洗浄
5. 自動横送り装置に取付けたノズルによる噴射洗浄

ポンプ本体の特色

アチューマツトは、24気圧から750気圧まで用いられ、いずれの型式の装置においても圧力は零より最高まで簡単に変わることができるので、噴射水の被洗浄物に対する衝撃作用を、その状況に合致するように自由に選択することができる。

アチューマツトにはアンローダー式の自動圧力調整装置が組込まれているが、特にこれはヴォーマ社の開発による独特のものであり、短時間に自由に希望圧をセットすることができ、また希望圧の5~10%のオーバープレッシャーに対しては瞬間的に、しかも確実に作動し、作業上の安全性と洗浄装置の保護の役目を果たす。さらに別に二重安全装置としての安全弁もつけてある。



アチューマツトには綿密な計算と多年に亘る経験に基づく噴射ノズルおよびスプレーガン等の500種類以上の洗浄用の特殊附属品が準備されており、洗浄機の能力および被洗浄対象物の性質に応じた使い方ができる。

アチューマツト超高压洗浄機はあらゆるパイプの内外および一般機器に附着せるスライム、スケール、錆、汚れ等を簡単に除去することができる。

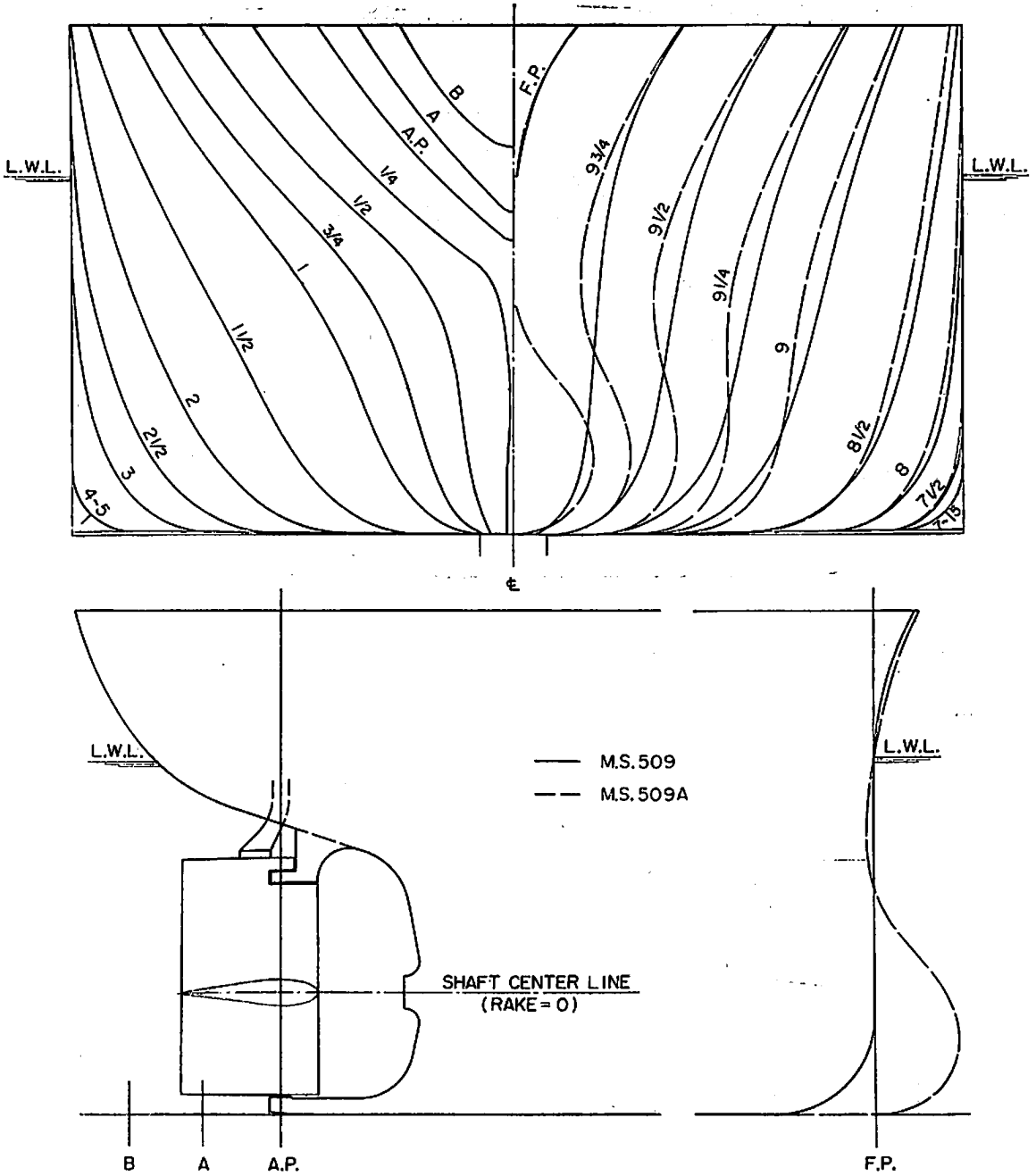
本ポンプは、寸法/重量の比が最もコンパクトに設計され、4型式すなわち25, 50, 75, 150 HPのパワーユニットによりおのおののポンプは異つた径のブランジャーとシリンダーの組合せを使用することによつて、あらゆる種類の圧力、流量を得ることが可能である。おのおののポンプの圧力は、圧力調整装置により0~maxまで調整でき、またピストンが止められると、作動するリリースバルブによつてポンプの安全が保たれ、おのおののポンプの最高圧が超過したときは、いつでも補助安全弁が作動し、上記したとおりいわゆる二重安全装置となつている。

主な洗浄附属品

- ・フレキシブル・スチール・ランス
外径 12 m/m, 16 m/m
内径 $\frac{1}{8}$ m/m, $\frac{1}{4}$ m/m
全長 6 m または 10 m
最大使用圧 750 気圧
- ・噴射ピストル HST 4 型
最大使用圧 750 気圧
全長 750 m/m, 重量 3.2 kg
- ・噴射ピストル H 2 型
最大使用圧 150 気圧
全長 750 m/m, 重量 3.2 kg
- ・サンドジェットインジェクター
ホースの先端から砂を吸込み、水とともに噴射する。
(輸入総代理店、ウェスターン、トレーディング株式会社：東京都港区六本木2-4-6 ウェスターンビル)

載貨重量約 18,600 英トンのばら積運搬船の水槽試験例

「船舶」編集室



第1図 M.S. 509 & 509 A 正面線図および船首尾形状

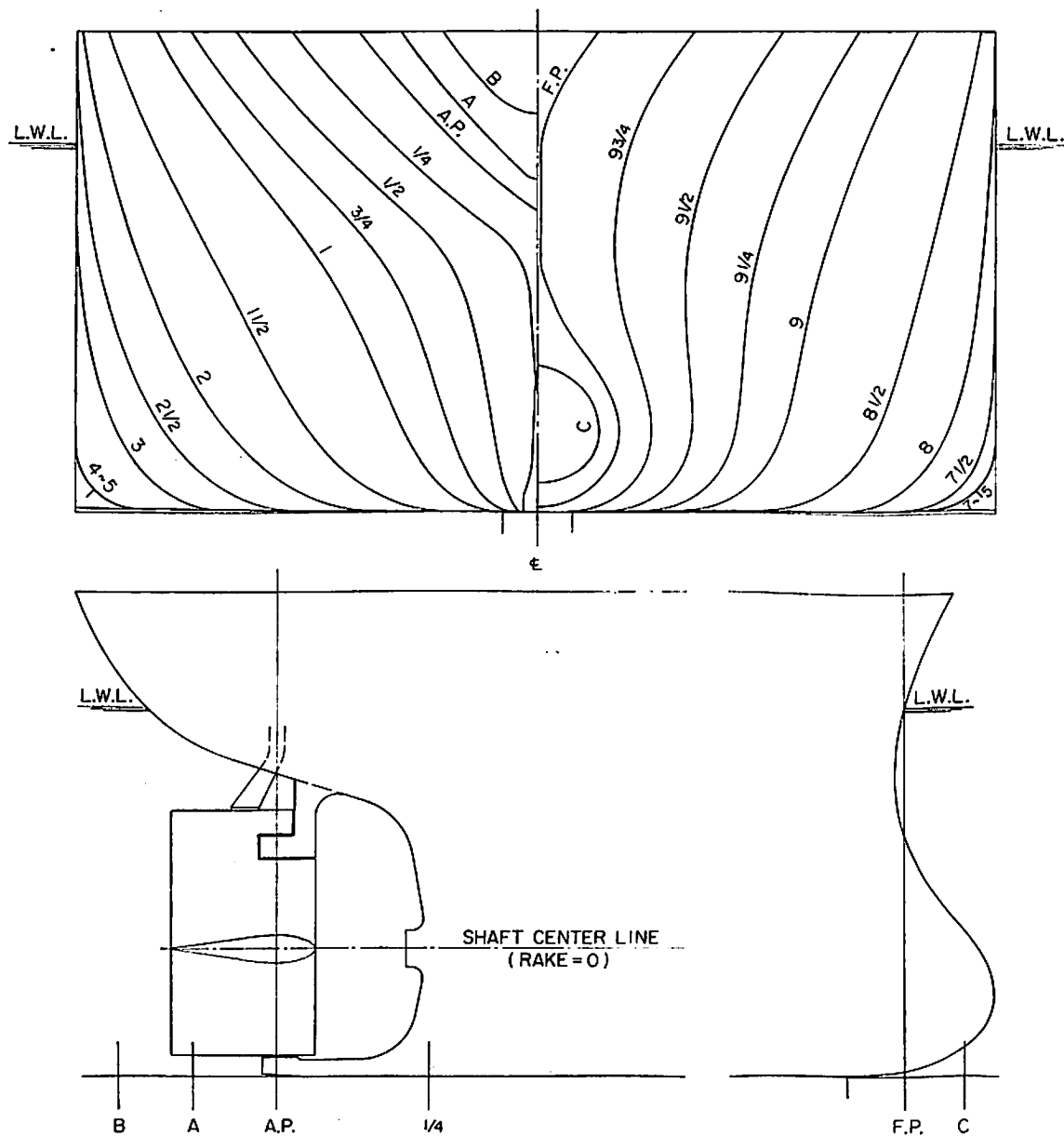
M.S. 509 および 509 A は 載貨重量約 18,600 英トン・垂線間長さ 148.0 m, M.S. 510 は 載貨重量約 18,600 英トン・垂線間長さ 148.5 m のばら積運搬船に対応する模型船で、模型船の長さともに 5.8 m で縮率はそれぞれ 1/25.517, 1/25.603 である。

各船の主要寸法等および試験に使用した模型プロペラの要目を、実船の場合に換算して第 1 表および第 2 表に示し、正面線図および船首尾形状を第 1 図および第 2 図

に示す。舵としてはいずれも流線形舵が採用された。また、M.S. 509 および 509 A の L/B は約 6.5, B/d は約 2.5, M.S. 510 の L/B は約 6.6, B/d は約 2.5 である。

なお、主機としては連続最大出力でいずれも 8,400 BHP×142 RPM のディーゼル機関の搭載が予定された。

試験は M.S. 509 および 510 に対しては満載のほか 2



第 2 図 M.S. 510 正面線図および船首尾形状

状態, M.S. 509 A に対しては満載のほか1状態で実施された。試験により得られた剰余抵抗係数を第3図および第4図に, 自航要素を第5図および第6図に示す。これらの結果に基づき実船の有効馬力を算定したものを第7図および第8図に, 伝達馬力等を算定したものを第9

図および第10図に示す。

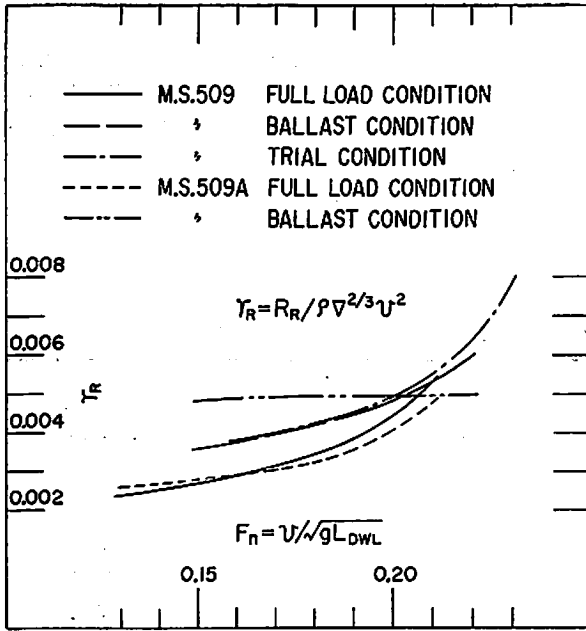
ただし, 試験の解析に使用した摩擦抵抗係数はいずれもシェーンヘルのもので, 実船に対する粗度修正量 $4C_F$ は -0.0001 とした。また, 実船と模型船との間における伴流係数の尺度影響は考慮されていない。

第1表 船体要目表

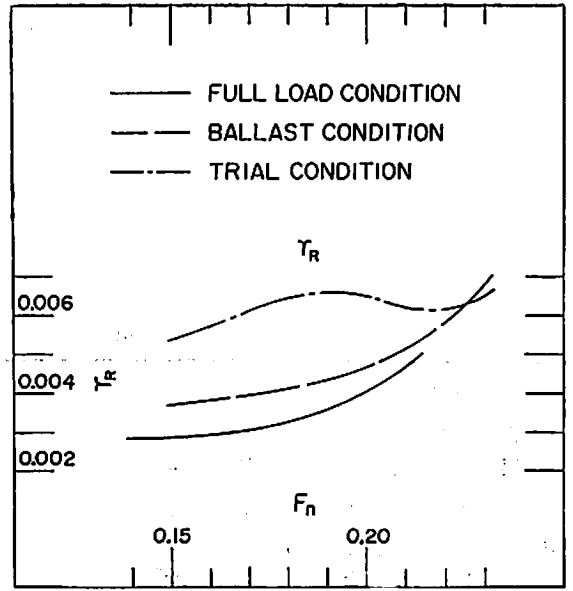
M.S. No.		509	509 A	510
長さ 幅 (外板厚を含む)	L_{PP} (m)	148.000		148.500
	B (m)	22.632		
満 載 状 態	喫水 d (m)	9.166		
	喫水線の長さ L_{DWL} (m)	151.240		151.700
	排水量 V_s (m ³)	23,768		23,651
	C_B	0.774		0.768
	C_P	0.782		0.776
	C_M		0.990	
	l_{CB} (L_{PP} の%にて 図より)	-2.27		-2.07
平均外板厚 (mm)		16		
船首形状		直立型	突出バルブ	
バルブ	大きさ (船体中央断面積の%)	0	7.3	
	突出量 (L_{PP} の%)	—	1.43	1.48
	没水深度 (満載喫水の%)	—	78.2	
摩擦抵抗係数		シェーンヘル ($4C_F = -0.0001$)		

第2表 プロペラ要目表

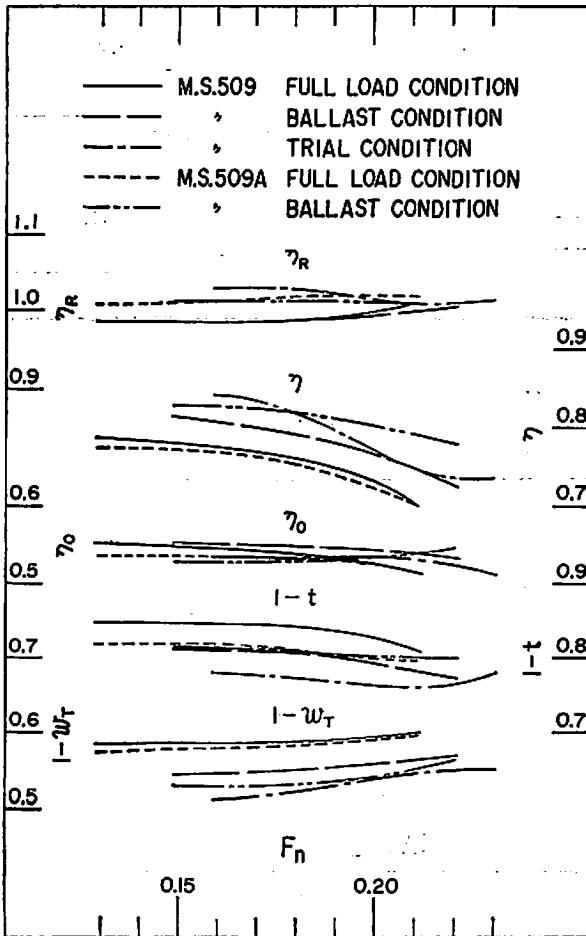
M.P. No.	420	421
直径 (m)	4.978	5.120
ポス比	0.188	0.180
ピッチ (m)	3.544	3.584
ピッチ比	0.712	0.700
展開面積比	0.630	0.550
翼厚比	0.0569	0.050
傾斜角	9°~58'	10°~0'
翼数	5	
回転方向	右廻り	
翼断面形状	MAU型	



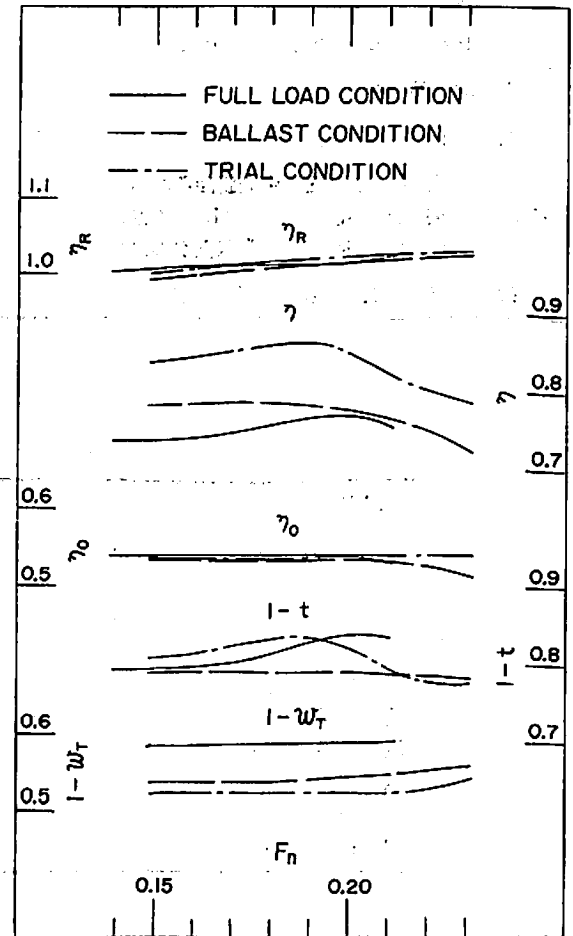
第3图 M.S. 509 & 509 A 剩余抵抗系数



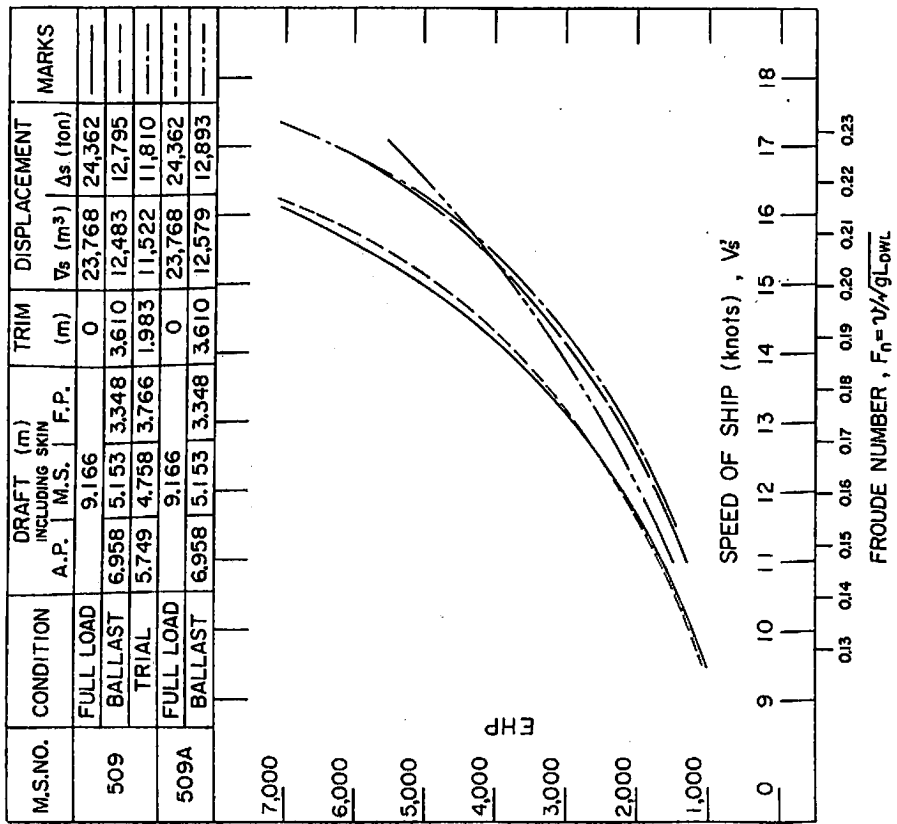
第4图 M.S. 510 剩余抵抗系数



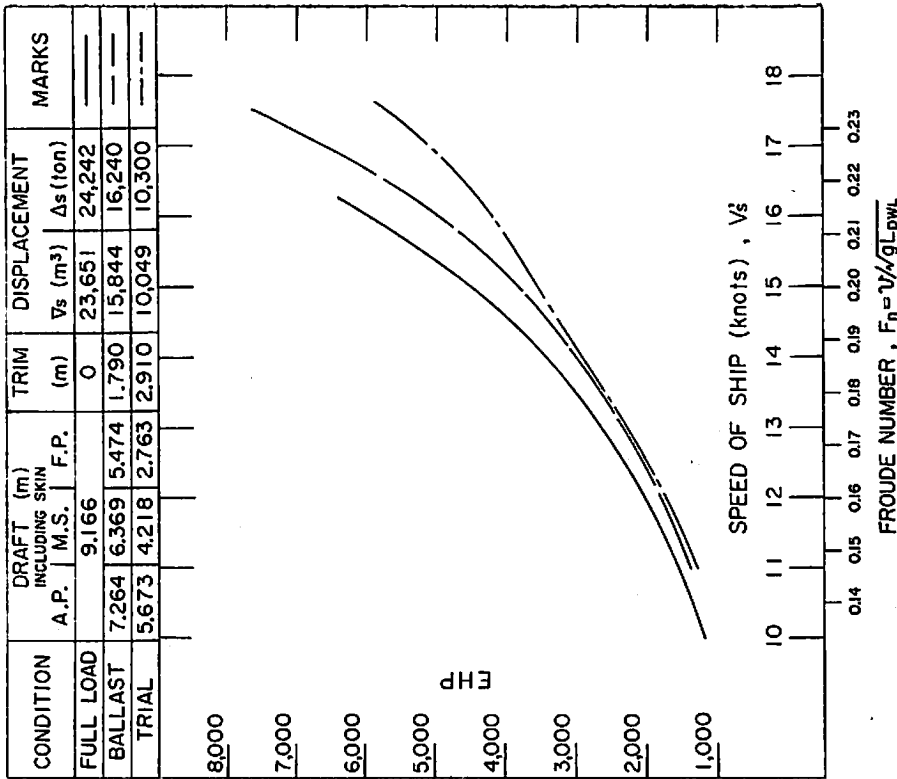
第5图 M.S. 509 & 509 A x M.P. 420 自航要素



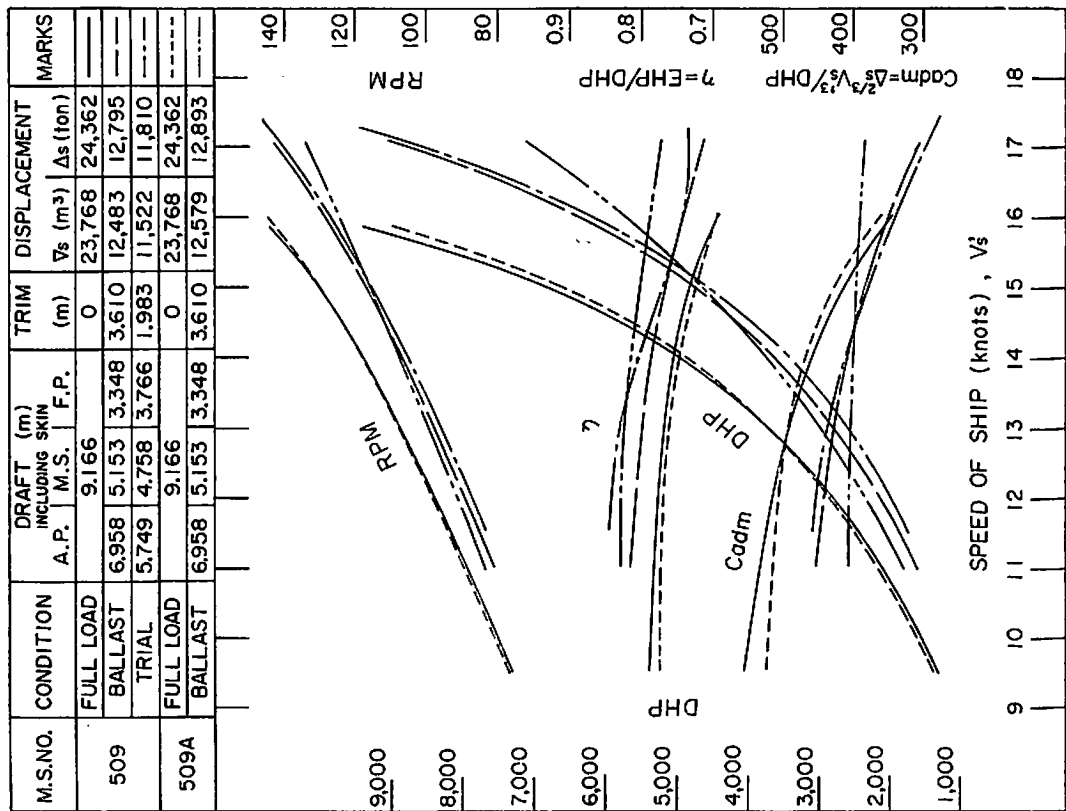
第6图 M.S. 510 x M.P. 421 自航要素



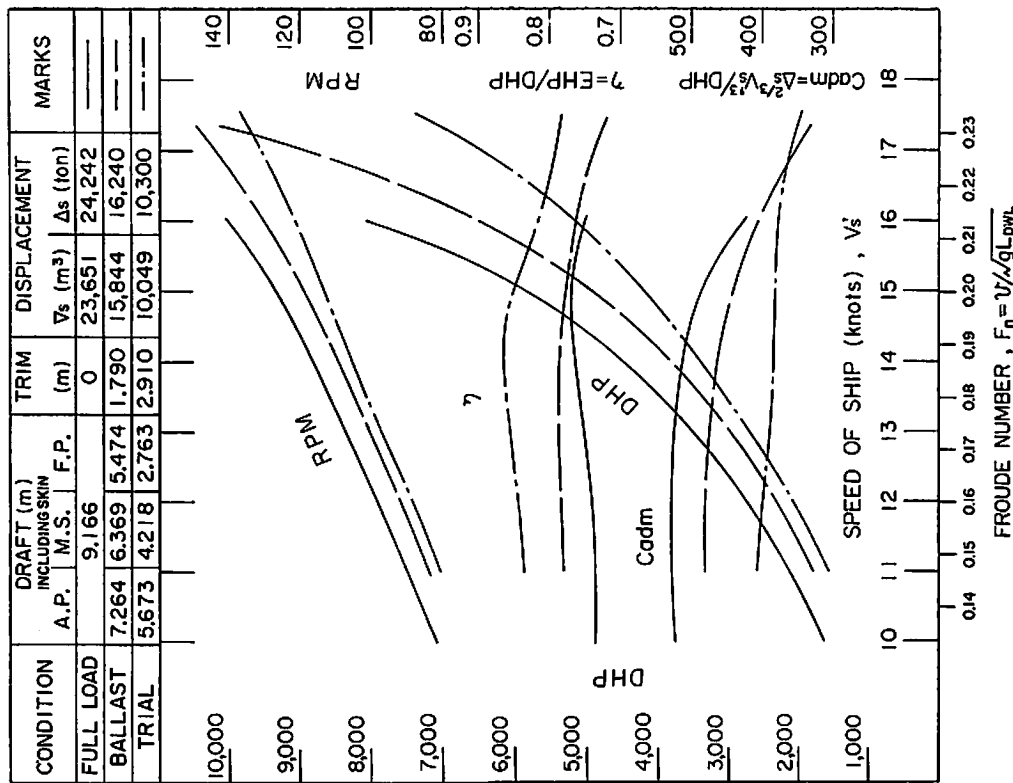
第7圖 M.S. 509 & 509 A 有效馬力曲線圖



第8圖 MS. 510 有效馬力曲線圖



第9图 M.S. 509 & 509 A x M.P. 420 伝達馬力等曲線図



第10图 M.S. 510 x M.P. 421 伝達馬力等曲線図

NKコーナー



昭和47年度第4回技術委員会

本年度第4回技術委員会が、昭和47年12月11日、日本工業クラブで開催された。議事に先立ち、特に水品会長から、リベリア共和国政府からの条約証書発行権限の付与その他について報告があつた。

1. 下記の鋼船規則および同細則の改正案について審議され、いずれも承認された。

- (1) 第12編 水密隔壁および第13編 深水タンク改正案
- (2) 第1編 総則および船級検査および第31編 機関の構造および設備に関する総則改正案
廃油および廃棄物焼却装置検査に関する改正
- (3) 第1, 2, 30, 31 および 32 編改正案
規則の国際化を図る趣旨で、国内法または JIS を引用している個所の改正
- (4) 第43編 ばら積貨物船細則案

2. 諸報告

下記の諸事項について報告があつた。

- (1) 海洋構造物の登録業務開始に関連する登録規則改正について
- (2) 船体関係損傷統計について
- (3) プロペラ軸の超音波探傷に関する実際の検査例と、今後の検査法に関する NK の研究について
- (4) 最近完成した NK の電算プログラム (Total Hull Girder System) について
- (5) LNG 船規則に関して、IMCO, IACS 等に対する NK の対外活動および LNG 船検査の受入れ態勢の準備について
- (6) 新造船検査基準に関する造船所関係者との懇談会と、減点法および内構部材の X 線検査の実施予定について
- (7) シンガポール支部の現況と今後の予定について

鋼船規則の一部改正認可さる

かねて運輸大臣に認可申請中であつた鋼船規則第36編の一部改正およびこれに関連した各編の一部改正ならびに第40編電気設備の一部改正は、いずれも昭和47年12月2日付けで認可された。

なお、これらの改正された各編の実施は、昭和48年版鋼船規則が発行される、本年5月頃となる予定である。

海外業務部の設置

最近における外国籍船の NK 入級量の著増および NK の海外活動の活発化に対処するため、昭和47年12月16日本部に新たに海外業務部が設置された。

海外業務部のおもな所掌事項は、次のとおりである。

1. 外国政府からの承認取得および外国政府代行検査に関連する外国政府との渉外に関する事項
2. 他の船級協会との業務協定の締結および連絡に関する事項
3. 外国船主との渉外（船級検査関係を除く）に関する事項
4. 外国政府代行に関する証書発行に関する事項
5. 各種国際条約に関する事項
6. IMCO の動勢、IACS 理事会およびその他の国際組織との連絡等の国際協力に関する事項
7. 海外支部、駐在員事務所の設置に関する事項
8. 海外嘱託検査員の配置計画に関する事項

なお、同部の構成は部長以下9名である。

IACS 理事会議長交代

NK 常務理事守屋公平は、昭和46,47の2年間 IACS 理事会議長をつとめ、NK が幹事協会として、その運営に当たっていたが、47年末をもつて任期満了、48年初頭から Register of Shipping of the USSR の Privalov 氏が理事会議長を引き継ぐことになった。

外国籍船舶の条約証書関係検査について

SOLAS に基づく救命、消防設備および LLC に基づく閉鎖装置等の不適合船が多いことについては、すでに IMCO の海上安全委員会でも問題にされ、条約の規定に適合しない船舶の監督に関する規定の適用を厳しくすることが決定されている。

日本の船主から、外国の船主に売却された船舶が外国の港特にオーストラリアの港において、政府職員の臨検を受け、前記の設備等の不備を指摘され、トラブルを起こした遺憾な例がこれまでにあつた。

これらの指摘された不備の内容については、相当老朽化した設備、備品に関するものが含まれているが、乗組員の保守に起因すると思われるものも少なくない。

NK では、今後この種の安全設備等の検査に当たっては、一層厳正入念に行なうこととなり、部内に通達された。

週休2日制（半玄上陸方式）実施

NK では、かねから週休2日制の採用について検討中であつたが、試みとして昭和48年1月から3月末まで、半玄上陸方式による交代制の土曜隔週休日制を実施することになった。

昭和47年11月分建造許可船舶集計

船舶局造船課

国内船(11月分)(合計13隻, 547,689 G.T., 988,550 D.W.)

造船所	船番	注文者	用途	G.T.	D.W.	L×B×D×d	主機	航海 速度	船級	竣工 予定
石橋相生	2340	ジャパンライン 川崎汽船	貨(コンテナ)	30,500	26,700	204.00×31.20×18.90×11.20	IHI Sulzer D 36,000×1	21.95	NK (M0)	48. 5. 下 28 次
来島(大西)	735	橋本海運 パシフィック リース	貨 (チップ)	35,700	42,500	182.50×30.40×21.30×11.00	川崎 D 12,400×1	13.9	NK	48. 5. 末
新山本	165	日藤海運 ジャパン近海	貨(車)	1,990	1,800	86.99×16.00×10.85×5.90	川崎 D 6,000×1	15.5	〃	48. 2. 中
今治(丸亀)	1008	正栄汽船	貨	16,300	28,000	165.00×26.00×14.50×10.30	三菱 Sulzer D 11,550×1	14.5	〃	48. 3. 下
神田	177	園田汽船	貨 (冷蔵)	2,999	3,800	110.00×16.00×10.30×6.45	IHI D 7,000×1	17.2	〃	48. 4. 中
旭洋造船	257	日勢海運	貨(車)	2,700	3,400	90.00×17.20×6.80×5.00	阪神 D 4,500×1	14.0	〃	48. 3. 下
日立舞鶴	4380	明治海運 大阪商船三井 船船	〃	7,000	8,000	164.00×25.40×8.10×7.20	日立 B&W D 12,400×1	17.9	NK (M0)	48. 6. 下 開 S&B
石橋呉	2329	川崎汽船 洋海運	油	134,900	271,400	320.00×54.50×27.00×21.00	IHI T 40,000×1	16.0	NK	48. 7. 下 28 次
西造船	146	四国タンカー	〃	2,500	3,700	87.00×13.50×7.20×6.20	神発 D 3,800×1	14.0	〃	48. 2. 中
尾道	243	琉球海運	貨客	3,800	1,350	101.50×15.20×8.90×5.30	三菱 MAN D 7,600×1	19.2	—	48. 7. 末
石橋横浜	2338	日本郵船 八馬汽船	油	117,500	231,000	300.00×50.00×27.00×20.70	IHI T 33,000×1	15.5	NK	48. 9. 下 28 次
三井玉野	962	大阪商船三井 船船	貨 (飯/撒)	62,800	110,900	249.00×39.60×22.40×15.60	三井 B&W D 23,200×1	14.9	〃	48. 7. 末 〃
佐世保	222	山下新日本汽船	油	129,000	256,000	324.00×53.50×25.70×20.00	三菱 T 3,6000×1	15.3	〃	48. 7. 下 〃

輸出船(11月分)(合計30隻, 1,157,900 G.T., 2,198,165 D.W.)

造船所	船番	注文者の 国籍	用途	G.T.	D.W.	L×B×D×d	主機	航海 速度	船級	竣工 予定
常石	288	(1)リベリア	貨(撒)	14,850	26,400	165.00×25.00×14.00×10.40	三井 B&W D 9,400×1	14.5	BV	48. 6. 中
笠戸	272	(2)ブルガリア	油	45,500	74,000	225.00×37.20×18.60×12.77	IHI D 20,300×1	15.5	LR	48. 12. 下
〃	273	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	49. 5. 中
三井玉野	986	(3)リベリア	〃	65,000	136,570	260.00×44.00×22.40×17.00	三井 B&W D 27,300×1	15.6	〃	49. 9. 末
住友浦賀	968	(4)ノルウエー	〃	75,000	138,800	258.00×44.00×22.90×17.00	住友 Sulzer D 26,100×1	15.0	NV	50. 9. 下
〃	969	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	51. 3. 下
三井千葉	977	(5)パナマ	〃	111,000	230,500	310.00×54.00×26.40×19.50	三井 T 36,000×1	16.7	NK	49. 12. 下
金指	1040	(6)リベリア	貨(撒)	19,600	32,600	170.00×27.00×15.20×10.80	三井 B&W D 11,600×1	14.8	BV	48. 5. 下
幸陽	656	(7)パナマ	〃	14,000	26,000	164.90×22.80×14.60×10.45	IHI Sulzer D 11,550×1	15.0	NK	48. 4. 下
金指	1060	(6)リベリア	〃	19,600	32,600	170.00×27.00×15.20×10.80	三井 B&W D 11,600×1	14.8	BV	48. 8. 下
今治	300	(8)パナマ	貨	3,650	6,300	98.60×16.33×8.40×6.70	赤坂 D 3,800×1	12.4	NK	47. 12. 下
石橋横浜	2374	(9)トルコ	油	78,500	145,701	270.00×44.50×22.00×16.80	IHI Sulzer D 29,000×1	15.6	AB	49. 5. 上

高知県	515	(10)パナマ	油	3,400	5,700	100.00×15.40×7.70×6.65	赤坂 D 3,800×1	12.9	NK	48. 4. 下
石播東京	2361	(11)	〃	貨	14,100	22,352	155.448×22.86×13.56×9.74	IHI Pielstic D 8,000×1	15.0	AB 49. 2. 下
〃	2362	(12)	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	49. 6. 下
川崎神戸	1203	(13)オーストラリア	貨(コンテナ)	21,000	22,600	205.00×30.00×18.90×10.363	川崎 MAN D 18,000×1 D 14,000×2	22.7	LR	49. 12. 中
住友追浜	1006	(14)リベリア	油	121,500	272,700	324.00×54.00×26.90×20.96	住友 Stal Laval T 38,000×1	15.5	AB	49. 7. 中
鋼管津	29	(15)	〃	128,000	256,000	320.00×51.80×26.70×20.90	三菱 T 31,000×1	15.05	LR	49. 10. 下
川崎坂出	1208	(16)	〃	106,200	228,100	305.00×53.00×25.30×19.65	川崎 T 36,000×1	16.0	NK	49. 9. 末
今井	322	(17)パナマ	貨	3,300	6,150	96.00×16.31×8.15×6.60	赤坂 D 3,800×1	12.5	〃	48. 2. 末
日本海	169	(18)	〃	貨(撤)	12,000	18,460	140.00×22.86×13.00×9.61	三井 B&W D 9,400×1	15.0	LR 48. 9. 末
来島(波止浜)	767	(19)香港	貨	4,600	7,680	104.00×17.60×9.00×7.20	神発 D 4,500×1	12.4	BV	48. 5. 下
(宇和島)	768	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	48. 5. 下
〃	773	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	48. 8. 上
三井玉野	987	(20)ノルウェー	油	75,000	135,320	260.00×44.00×22.40×17.00	三井 B&W D 27,300×1	15.6	NV	49. 12. 下
鋼管清水	327	(21)リベリア	貨(撤)	13,500	21,080	145.70×22.86×13.60×9.87	住友 Sulzer D 9,000×1	15.0	AB	50. 1. 中
〃	328	(22)	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	50. 4. 中
〃	329	(23)	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	50. 7. 中
〃	330	(24)	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	49. 10. 中
三井藤永田	989	(25)ノルウェー	〃	24,300	38,300	174.00×29.00×16.10×11.55	三井 B&W D 13,100×1	14.5	NV	48. 12. 末

注文者:

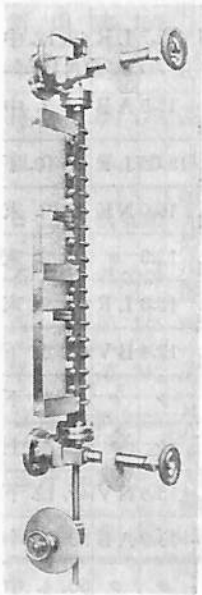
- (1) Cassiopeia Shipping Company Ltd. (2) Koraboimpex. (3) Clockwork Corporation S.A.
(4) NS J. Ludwig Mowinckels Rederi. (5) Paramount Shipping Company, S.A. (6) Mammoth Bulk Carriers Limited. (7) Mermaid Shipping Corporation S.A. (8) Pan World Shipping Co., S.A. (9) D.B. Doniz Nakliyati T.A.S. (10) Reina Naviera S.A. (11) Kitheron Shipping Company S.A. (12) Agrafa Shipping Company S.A. (13) Australian Coastal Shipping Commission (14) Fairway Tankers Limited (15) Cargo Marine Transport, Inc. (16) Transworld Tankers Transport Inc., (17) Paul Line Co., S.A. (18) Panocanica Progresiva, S.A., Panama. (19) Eastern Prime Line Limited. (20) Rederiaktieselskapet Mascot. (21) Golden Chase Steamship, Inc. (22) Golden Star Steamship, Inc. (23) Golden Horizon Steamship, Inc. (24) Papyrus Steamship Inc. (25) Kristian Gerkard Jebsen Skibsrederi.

業界ニュース

金子産業 '73年新製品, LNG 液面計

(超低温・丸胴反射液面計・LNGRCF シリーズ)

このたび金子産業株式会社(東京都港区芝5-10-6)は、1973年度新製品として、LNG タンク用の超低温反射型液面計を発表した。



周知のように LNG (液化天然ガス) は -162°C にて液化し、体積が $1/600$ となる。そのために LNG タンクには、このような直視により計測する液面計は技術的に不可能とされていたが、深冷処理および実温テストを重ねついに実現した。

大気汚染を防止する無公害燃料としての LNG は今後ますます需要が高まって行く。それに伴って各港に LNG 基地が建設されて行くことになるので、本液面計は今後さらに広範囲に用いられるものと注目されている。

本液面計チャンバーは丸胴型とし、反対ガラスを用いてある。ガラス前面には低温により発生する霜の付着を防止するた

めに、ノンフロスティング・プレートが装着されている。ここは保冷材で何層も包まれるので、外部にはノンフロスティング・プレートのみが出ている。さらにこのプレートに併行して、液面の高さの判読を助けるための目盛板が設けられているので、直視式としては非常に読み易い設計となつている。

液面計の上下に接続しているバルブは、液体チャンバーと同様に、保冷材の巻付け作業を容易に行わしめるよう十分な長さがとられている。バルブには万が一ガラス破損事故によって LNG が外部へ漏出するのを防止するための安全弁が内蔵されており、事故の場合には自動で安全弁が作動するように考慮されている。本液面計は現在、1連から最高4連(ガラスの数が4本)まであり、液面可視長さは4連で、1152 mm となつている。

なお下部の液面計バルブには、ドレーンバルブが接続され、ドレーン排出、試料採取などの他に安全弁作動確認などに用いられている。

標準仕様

型 式: 丸胴型・反射式・LNGRCF シリーズ
サイ ズ: 1×5 RCF— $20 \sim 4 \times 5$ RCF 4種類

可視長さ: 261~1152 mm

フランジ: 50 A・JPI・150 RF

または JIS・10 kg/cm²

スペイン航空エンジンの船用化研究を開始

イギリス 国防省海軍部はこのほど、ロールスロイス(1971)リミテッド産業船舶部門に対し、スペイン航空エンジンの船用化委託研究を発注した。

スペインは、名種の民間、軍用航空機に搭載されている第二世代のターボファンエンジンで、1964年次来 BAC 111、トライデント両旅客機、F4 ファントム 戦闘機、バッカニア攻撃機、ニムロード対潜機などの動力として使用されている。さらにスペインの軍用性能向上型 TF 41 はアメリカの GM 社デトロイト・ディーゼル・アリソン部門と共同で、米国向けに量産されている。スペインの生産、発注基数は3,000を越しており、運転総時間も8百万時間に達している。

今回のイギリス国防省による委託研究は、スペインを将来艦艇の動力として使用する可能性をさぐるためのもので、船用出力は15,000馬力を予定している。これは現在のマリン・タイン(4,250馬力)とマリン・オリンパス(28,000馬力)の中間に行くものである。

タイン、オリンパス両エンジンとも航空機用として十分経験を積んだものを船用化したもので、イギリス海軍ではすべての新型フリゲート艦、駆逐艦をタイン、オリンパスで装備、ガスタービン化している。

ロールスロイスは、すでに19年間におよぶ船舶用ガスタービンの経験を持つており、これまでに生産または受注した船舶ガスタービンは500基、18カ国の海軍艦艇およびホバークラフトなどの動力に使用されている。海上で運用中の190基のエンジンの運転総時間は40万時間に達している。

日本造船工業会の10大ニュース

日本造船工業会広報委員会は、造船業界の昭和47年度の10大ニュースを次のように選定した。

- ①国際会議(AWES, CEBS, OECD)で新造船需給問題大いに論議
- ②三光汽船の中型タンカープロジェクト、西欧造船業界に反響呼ぶ
- ③膨大な為替差損で多くの会社減配
- ④秋口から国際マーケット好転、新造船契約増
- ⑤29次船の建造規模、計画量を大幅に下回る。
- ⑥20万人を結集、造船重機労連発足
- ⑦労働災害防止の努力実り、安全成績大いに向上
- ⑧隔週週休2日制の採用軌道に乗る
- ⑨世界最大規模の香焼島工場完成
- ⑩47万重量トンの世界最大タンカー進水

特許解説

船体拡張方法（特許出願公告昭 47-10666 号，発明者，前田博司外 1 名，出願人，日立造船株式会社）

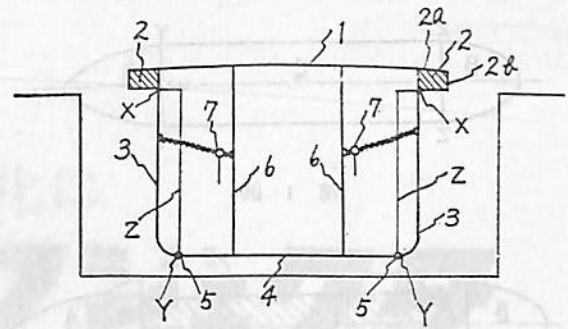
在来の船舶の船体を拡大あるいは拡張することによつて，それらの船舶の輸送力を高めるようにするための工法，いわゆる増トン工法には，船体の増長，増幅，増深等の手段が含まれるが，この中で特に増幅に主眼を置いた増トン工法は，最も有効な工法の一つとして広く実施されている。

ところで，船体の増幅を行うためには，通常は先ず船首部と船尾部とを中央部船体から切離した後，中央部船体をその中心線に近接した平行線に沿つて左右に切断し，さらにそれらの中の一の船体を横移動してから，それらの左右両船体間に新造補充船体を挿入するという手順で行われるが，このような工事においては，ドック内で大重量の部分船体を横移動する必要上，大きな設備が要求されるばかりでなく，横移動のための作業が大変であつて，工費および工期の面からみて問題がある。

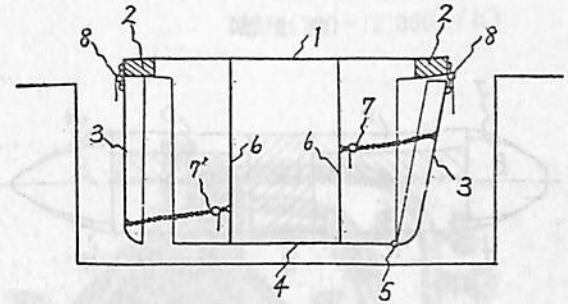
この発明は上記のような，従来行われている大がかりな部分船体の横移動を行わなくとも済むようにした船体の拡張方法に関するもので，被切断部分は中央部船体の左右両側に形成され，切断された被切断部分は，重力の作用を利用しながら蝶番と懸吊具とを使用して，一連の回動運動の後にそれぞれ左右の外側方へ移動されるようになされる。

これを図面について説明すると，すでに船首部と船尾部とを切離された中央部船体は，第 1 図において横断面図として示されるように，上甲板 1 の左右両側にそれぞれ等幅の甲板 2a を形成するようにして，拡張すべき横幅を有する張出し部 2，2 を付設される。それから船側外板 3 の，張出し部 2 の下面との交線 X 上と，船底外板の平面部と彎曲部との境界線 Y 上と，さらに前記各線 X，Y を通る横隔壁面上の線 2 上とに，それぞれ切断線を設定して，船側外板部 3 を切断する。

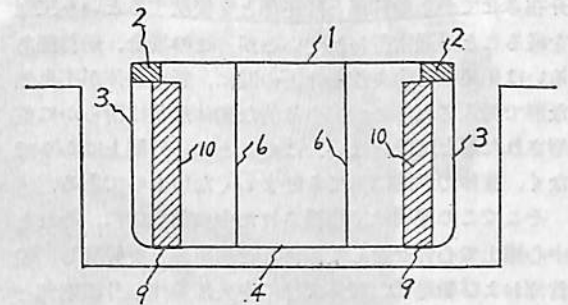
このとき，被切断外板 3 の下端部は蝶番 5 によつて本体側に枢支されるとともに，その上方適当部は懸吊具 7 によつて本体側の，たとえば縦隔壁 6 等に支持されるようになされる。そして，第 2 図に示されるように，被切断外板 3 は，懸吊具 7 の調節によつて，蝶番 5 を中心として外方へ回動され，外板 3 と張出し部 2 の外板部 2b とが鉛直線上に並んだときに，外板 3 は懸吊具 8 によつて張出し部 2 の外側端部に連結される。その後，蝶番 5 が取りはずされると，被切断外板 3 と本体との間に空隙が生ずるので，第 3 図に示されるように，この空隙内に



第 1 図



第 2 図

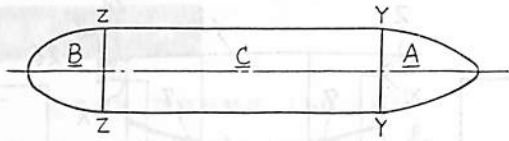


第 3 図

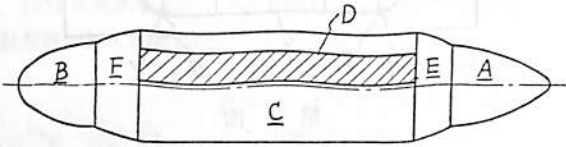
補充隔壁 10 と補充外板 9 とからなる 補充船体部分が挿入される。そして最終的に各分割部分を互いに接合して中央部船体の増幅工事を完了する。

以上の工程から明らかなように，この発明によれば，増幅工事に伴う船体部分の従来のような横移動作業がなく，効率良く増幅工事を遂行することができるので，工費節減，工程短縮等の効果を上げることができる。

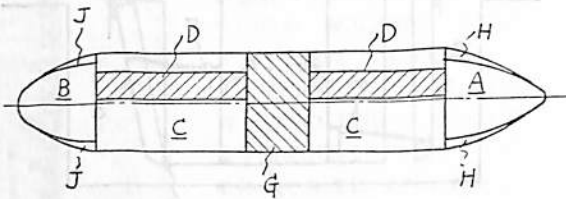
船体拡張整形方法（特許出願公告昭 47-12385 号，発明者，宮下義一外 1 名，出願人，日立造船株式会社）
増トン工法の一つとして船幅を拡大しようとする場合には，船体の船首部と船尾部とを中央部船体から切離した後，中央部船体の船幅を拡大し，その後，新造船体を



第 1 図



第 2 図



第 3 図

介在させてから船首部と船尾部とを接続するという工程を経ることが通常行われているが、この場合、船首部あるいは船尾部と中央部船体との間に、新造船体が不自然な形で挿入されるので、全体的な船体形状は滑らかに整形された形とはならない。このことは、外観上ばかりでなく、流体力学的にみても好ましくないものである。

そこでこの発明は、増幅された中央部船体に、それと中心線上で心合せをして船首部と船尾部とを接続し、船首部および船尾部の両外舷部に中央部船体の外板端部と接続する新造船体を付加して、船体形状が全体的に滑らかに整形されるようにした船体拡張整形方法を提供している。

以上のことを図面に沿って説明すると、第1図は被拡張船体が、船首部 A と中央部船体 C と船尾部 B とに、

それぞれ切断線 Y-Y, Z-Z に沿って切断されることを示しており、第2図は第1図に示された船体が従来の方法によつて拡張された後の状態を示している。そして第3図は第1図に示された船体が、この発明に基づいて拡張された後の状態を示している。

ところで、第2図に示されるように、新造船体 D を挿入されて拡張された中央部船体 C は、船首部 A あるいは船尾部 B と比較してはるかに横幅が拡大されているので、それらを滑らかに接続するために、それら船体部分の間に新造船体 E および F を介在させる。しかしながら図からも明かなように、船体全体の流線形状は満足できるものとはならない。

そこで第3図において、たとえば新造船体 D, G の挿入によつて任意に拡張、延長された中央部船体 C には、先ず船首部 A および船尾部 B が、中心線上で心合せをされた後、直接接続される。そして、船首部 A あるいは船尾部 B と中央部船体 C との間には段部が形成されるので、これら段部を埋め合わせるようにして、船首部 A および船尾部 B の両外舷部に新造船体 H, H, J, J を付加する。

かくして、拡張された後の船体は船首から船尾まで、全体として滑らかな流線形状を有することができる。そしてこのような工法により、結局は工費の低減、工期の短縮、確実な整形等が期待される。

「船舶」のファイル



左の写真でごらんのよ
うな「船舶」用ファイル
を用意してあります。
御希望の方には下記の価
格でおわかりいたしま
す。

頒価 300円(〒150)

船 舶 第46巻第2号

昭和48年2月12日発行
定価400円(送28円)

発行所 天 然 社

郵便番号 162

東京都新宿区赤城下町50

電話 東京(269)1908

振替 東京79562番

発行人 田 岡 健 一

印刷人 高 橋 活 版 所

購 読 料

1冊 400円(送28円)
半年 2,250円(送料共)
1年 4,500円(〃)

以上の購読料の内、半年及び
1年の予約料金は、直接本社に
前金をもつてお申込みの方に限
ります

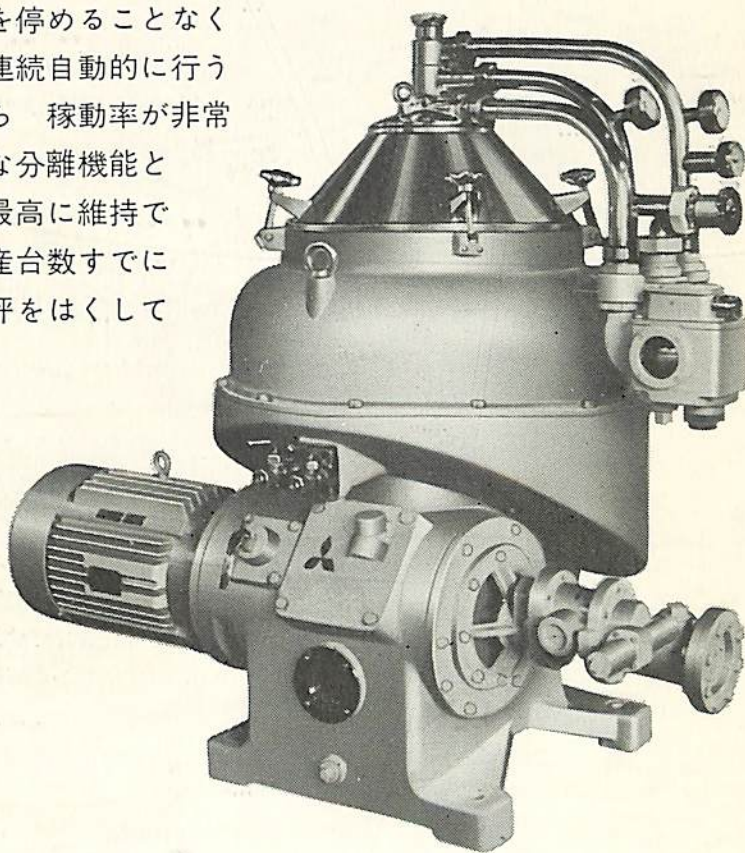
船舶機関部の合理化に

三菱セルフジェクタ

自動排出遠心分離機

7機種(700~12,000ℓ/h)

三菱セルフジェクターはその独特の機構により 運転を停めることなくスラッジの排出を連続自動的に行うことができますから 稼働率が非常に高く その優秀な分離機能と併せて 清浄度を最高に維持できます。本機は生産台数すでに12,000台を超え好評をばくしております。



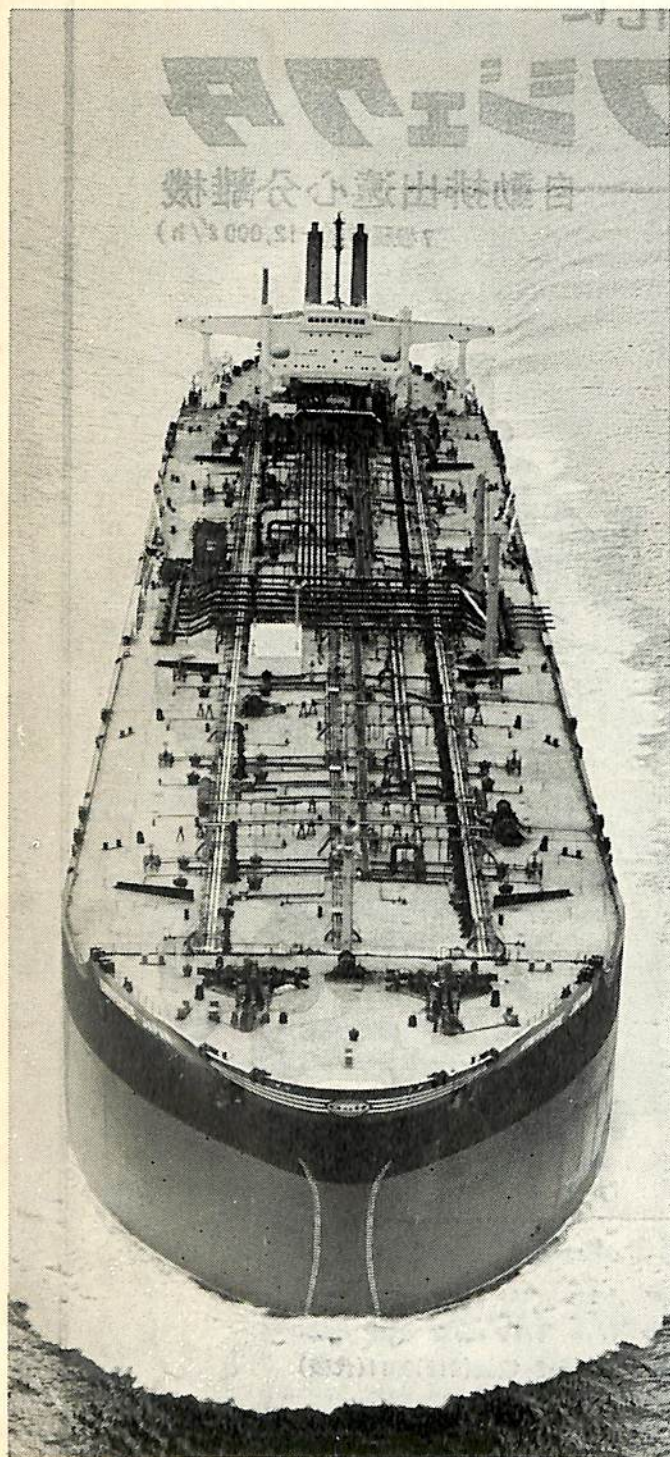
遠心分離機の総合メーカー



三菱化工機株式会社

本社/東京都千代田区丸の内2-6-2 電話(212)0611(代表)

あの巨大船のわずか28平方メートルを タッチアップしただけ……



世界最大級タンカー〈ジャパン・ユニバース号〉建造にあたり、船底から上甲板までダイメットコートとアマコートで防食塗装された面積は14万平方メートル。3年たったのち、塗装のタッチアップを要した面積はその5,000分の1、わずか28平方メートルでした。この〈ジャパン・ユニバース号〉をはじめ6隻のマンモスタンカーの塗装を施工したのは井上商会です。

ダイメットコートがどのように優れた防食塗装であるか以上の事実が端的に示していますが、より具体的な調査結果をお伝えいたしましょう。まず、ダイメットコートNo.3無機亜鉛塗料を塗った甲板はきわめて良好な状態を保っていました。またダイメットコートNo.3にアマコートを上塗りした上部構造物は最良の状態でした。さらに特筆すべきことは外舷の状態です。わずかな部分に藻が付着していた他、まったくきれいであったことです。したがって、航海中の速力の低下もなく、燃料消費量の増大もありませんでした。そして苛酷な3年の航海のあとタッチアップを要したのは点在する部分をトータルしてわずかに28平方メートル。船主や用船者は莫大な経費の節約ができたわけです。

巨大船から原子炉まで、あらゆる鋼構造物の防食塗装は、豊富な経験と実績を持つ井上商会の専門家にご相談下さい。

ダイメットコート アマコート

販売 株式会社 **井上商会**
製造 株式会社 **日本アマコート**

取締役社長 **井上正一**
本社/〒231 横浜市中区尾上町5-80
☎(045)681-1861(代)

資料請求券
A-1

詳しい資料ご希望の方はハガキで――

保存委番号：

22-1044

雑誌コード 5541-2

船舶

第四十六巻 第二号

昭和四十八年三月二十日印刷
昭和四十八年二月十二日発行
第三郵便物認可
(毎月一日発行)

兼編集発行
印刷所 高橋活版所
田岡健一
東京都新宿区赤城下町五〇番地

定価 四〇〇円

発行所

天
然社
東京都新宿区赤城下町五〇番地
(郵便番号 一六二二)
振替・東京七九五六三番
電話(東京)一九〇八番