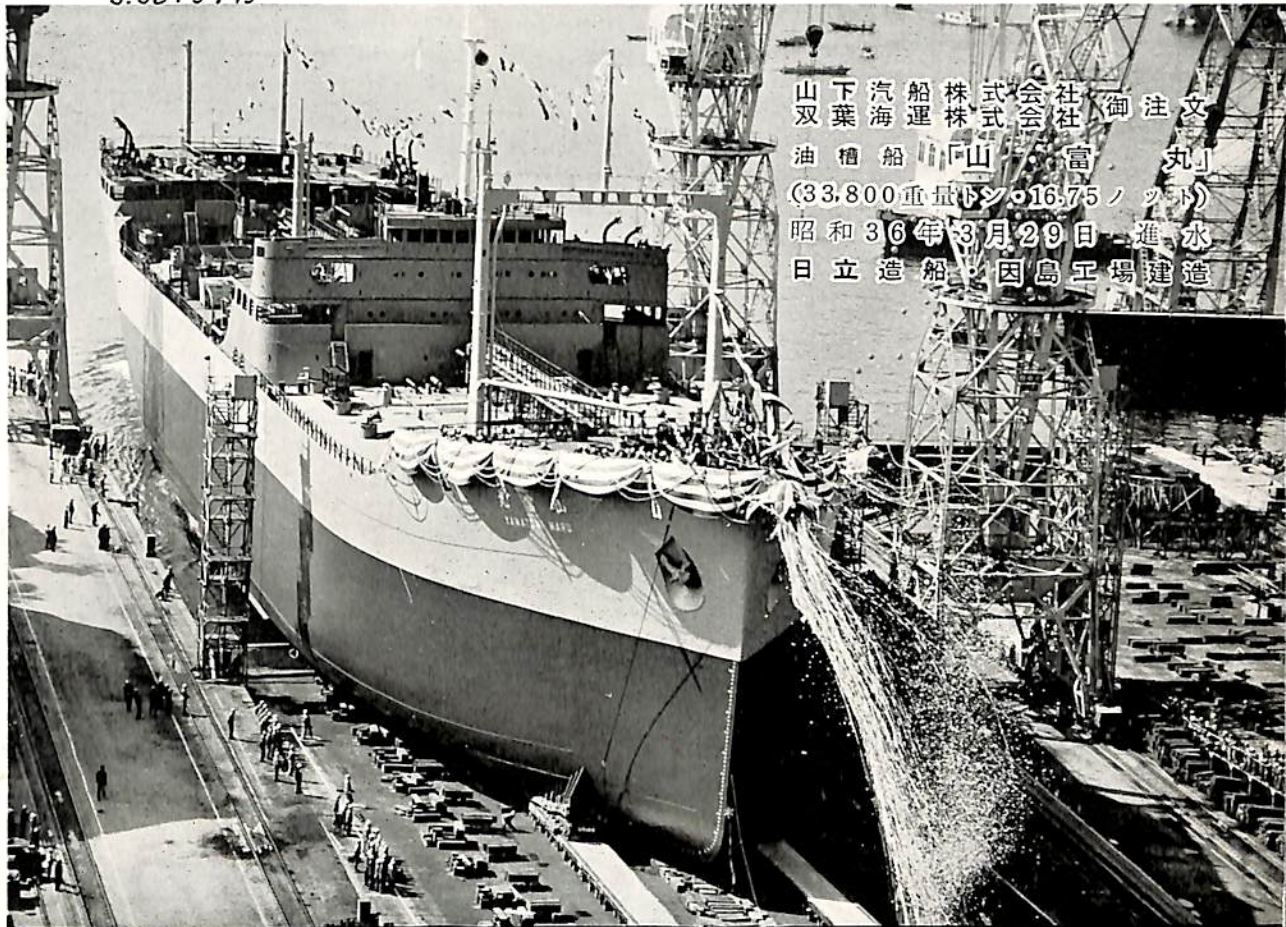


船舶 5

1961. VOL. 34



S. 36. 5. 15



山下汽船株式会社御注文
 双葉海運株式会社
 油槽船「山富丸」
 (33,800重量トシ・16.75ノット)
 昭和36年3月29日進水
 日立造船・因島工場建造



日立造船株式会社

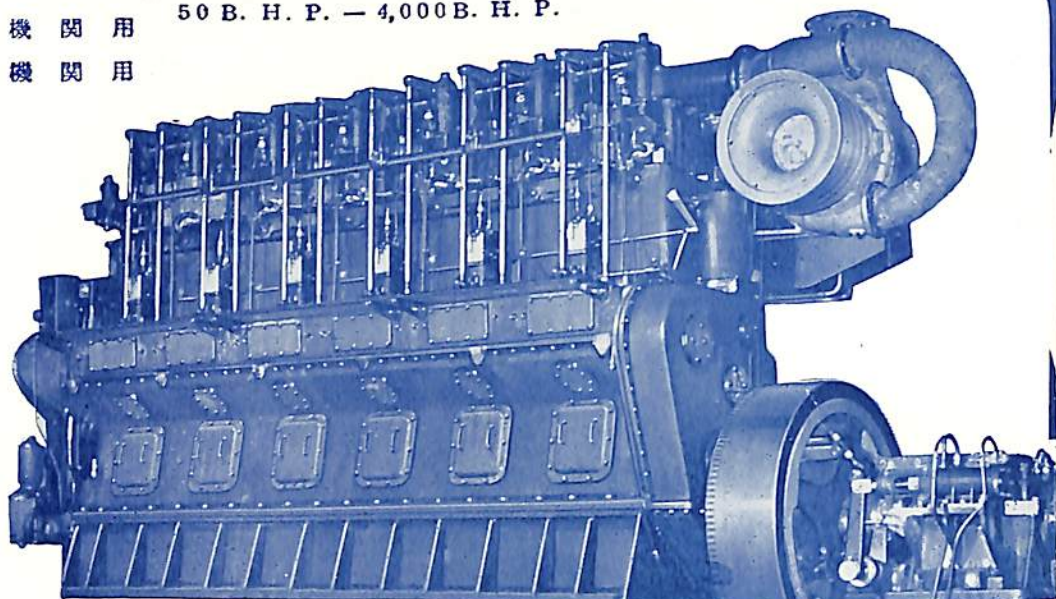
天然社

昭和五年三月二十日 第三種郵便物認可
 昭和二十六年五月七日 発行
 昭和二十四年三月二十八日運輸省特別承認雜誌第四〇六号

AKASAKA DIESEL

50 B. H. P. — 4,000 B. H. P.

船 舶 主 機 関 用
船 舶 補 機 関 用



創 業
60 年



株式 赤阪 鉄工 所
会 社

本 社
北 海 道 出 張 所
大 阪 出 張 所
工 場

東 京 丸 大 焼
京 橋 取 津
都 市 市
中 北 東 中
央 四 区 港
区 条 北 町
座 西 浜 5 9 4
銀 六 丁 目
1 ー 3
4 ー 3 8

電 話 (561) 4902, 4903
電 話 京 橋 (3) 4507
電 話 北 浜 (23) 4790
電 話 焼 津 2121-5

クボタ

ディーゼル

久保田鉄工株式会社

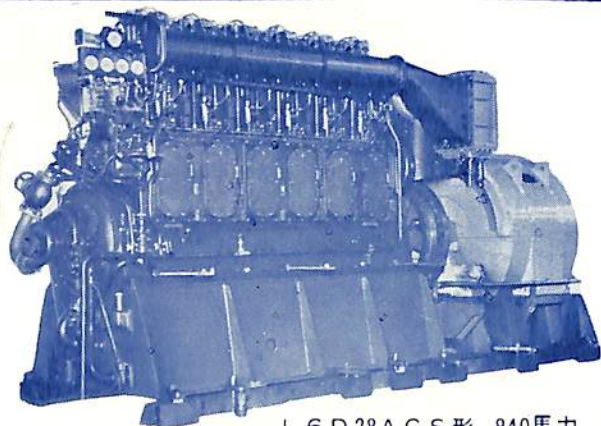
本社：大阪市浪速区船出町2丁目
東京・福岡・札幌・名古屋・仙台・室蘭

補機用ディーゼルの新鋭!

クボタ L6D28ACS形 ディーゼル

840馬力 550KW

● 補機用 8~1,000馬力 ● 主機用 3.5~90馬力



L6D28ACS形 840馬力

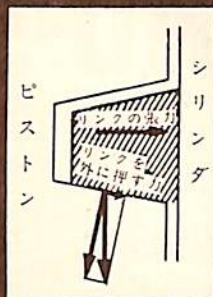
“国つくりから米つくりまで”

こう着防止に…

RIK センダイトメタル製

理研キーストニリング

クサビ型に加工してありますから図のように慣性力の一部がリングの張力を補い、またサイドクリアランスの変化によってこう着を防止します



理研ピストンリング工業株式会社

東京都港区芝南佐久間町1の46
電話東京(501)5201番(代表)

運輸省, NK 認可サイザル, マニラ混合ロープ (ホーサ)

C.O.T 防腐剤 防腐化工

淡	褐	青	色	防	腐	強	力
寒	冷	不	凍	防	微	絶	大
価	格	低	廉	耐	久	増	大

御採用官庁及各漁業会社

防衛庁
海上保安庁
国有鉄道
林野庁
各漁業会社

艦船用・自動車用ロープ防腐
船舶用ロープ防腐
貨車・自動車用ロープ防腐
伐採及自動車用ロープ防腐

石炭石鉱山

大洋漁業・日魯漁業・日本水産・極洋捕鯨
宝幸水産その他の漁業会社で岩糸及ロープ
北洋以西以東底引漁業等
三菱鉱業・日本セメント・日鉄鉱業その他全国各鉱山

諸官庁で御使用の麻ロープにはC.O.T防腐加工と御指定されています。



漁業

水産庁東海区水産研究所にて試験の結果優秀の御推賞を賜る。

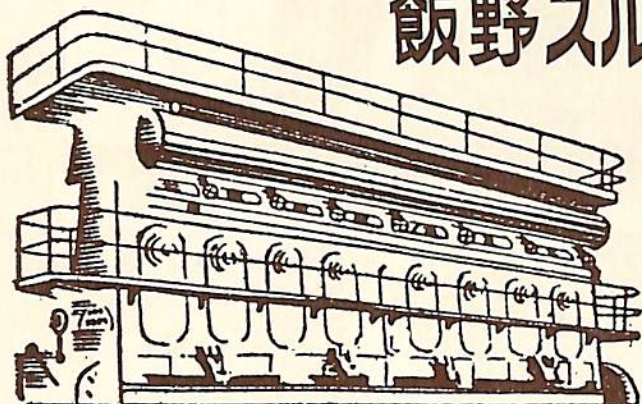
博信工業株式会社

本社 東京都港区芝西久保櫻川町6番地 TEL (581) 2391~4
工場 埼玉県川口市前川町4丁目116番地

IINO-SULZER

TWO-STROKE MARINE DIESEL ENGINES

飯野スルザー 船用 ディーゼルエンジン



SD, SAD, RSAD, RD 型各種
2,000 ~ 20,000 B. H. P.

小型として

BH, BAH, TD, TAD 型等各種
200 ~ 6,000 B. H. P.

納期最短

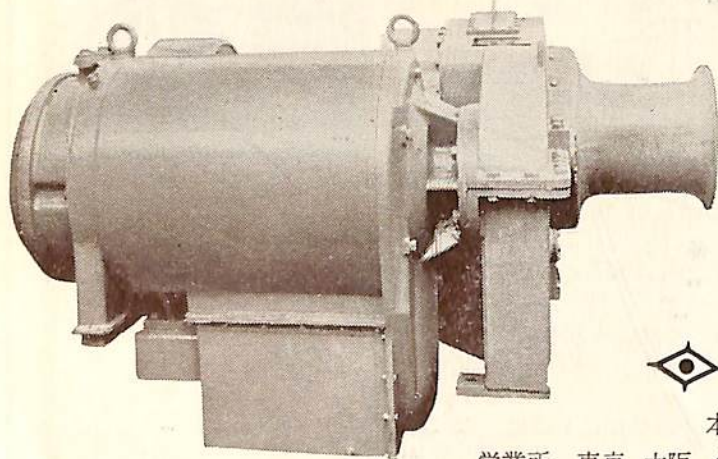
飯野重工業株式会社

東京都千代田区内幸町2-22 飯野ビル8階 TEL (501) 5151 (大代表)
大阪事務所 大阪市北区堂島中1-25 堂島勸銀ビル9階 TEL (312) 3070, 3075~9

製造工場 京都府 舞鶴造船所

神鋼

船用電気機器



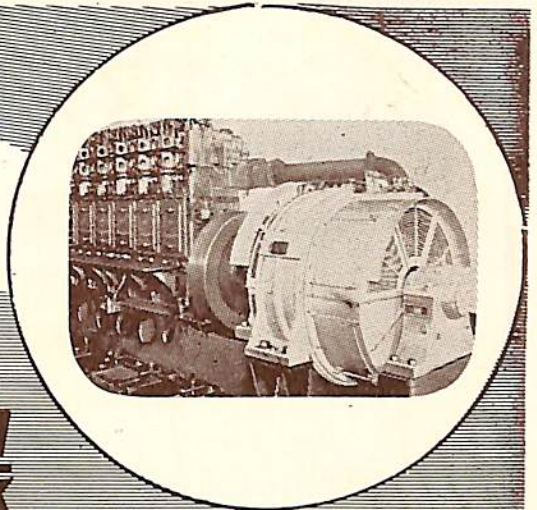
- 自励・他励交流発電機
- 直流発電機
- 交直流電動機
- 交流ポールチエンジウインチ
- 変圧器
- 配電盤
- 制御装置

◆ 神鋼電機株式会社

本社 東京都中央区西八丁堀1の4
営業所 東京 大阪 名古屋 神戸 小倉 広島 札幌 富山 仙台



中型専門メーカー
100~3,000KW



直流・交流
発電機・電動機

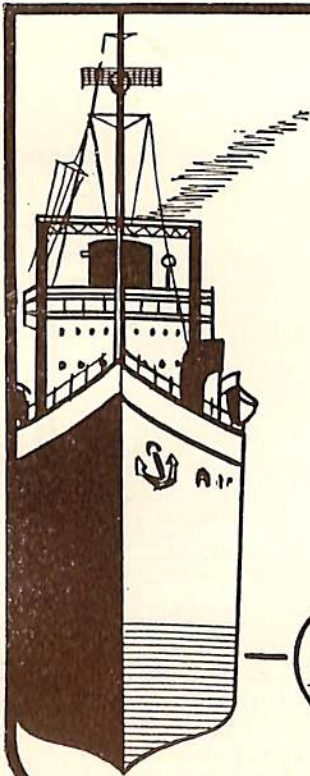
各種補機用電動機
管制器及配電盤

直流電弧熔接機
無線用電源電動発電機

東京電機製造株式会社

営業所 東京都文京区湯島天神町一ノ〇五
本社工場 土浦市中高津九五〇
出張所 下関市大和町33

電話 東京 (866) 4261~5
電話(土浦) 910~2, 1287
電話 5 3 5 7



船用の大型、ジーゼル機関用に使される材質
で特に耐磨耗性及び耐折損性に優れています。

新強力鋳鉄

ユーバロイ
UBALLOY

ユーバロイリング材の機械的性質と
他のリング材との比較

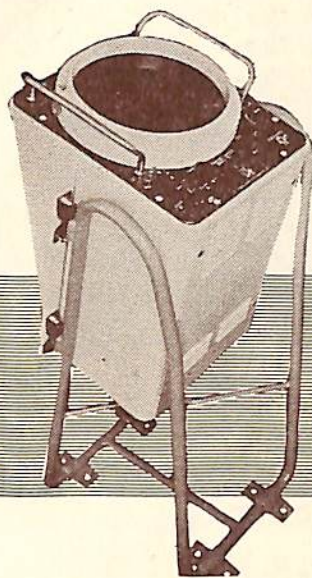
材質	引張り強さ kg/mm ²	衝撃値 kg/cm ²	弾性率 kg/mm ²	硬 度 HB
ユーバロイ(Uballoy)	3.3以上	0.40以上	13,000±1,000	215±15
当社高周波電気炉溶材	2.7以上	0.25以上	11,500±1,000	215±15
普通鋳鉄材	2.3以上	0.15	10,000±1,000	200±15

以上の表の様に優れたユーバロイ材質は日ピス独特
のキューボラと高周波電気炉で2段熔解した製品で耐
磨耗性を失なう事なく、耐折損にも強い優秀な製品です。



日本ピストンリング株式会社

東京都千代田区内幸町2の16 電話 東京 (591) 7411~9



BR 20型レーダー指示器

マリンレーダーのことなら

東京計器へ!



MK2-DO — オフセンター、パルス切換型 12 吋 CRT (大型船用)

MK2-DT — トルー・トラッキング、パルス切換型 12 吋 CRT (大型船用)

MR-30 A — 高性能普及型、10 吋 CRT (中型船用)

BR-20 — 装備容易、高性能型 (中小型船用) 10 吋 CRT

BR-15 — 超小型、装備容易 (小型船用) 7 吋 CRT

株式 東京計器製造所
會社

東京都大田区東蒲田 4 丁目 31 番地 TEL.(731) 2211-9

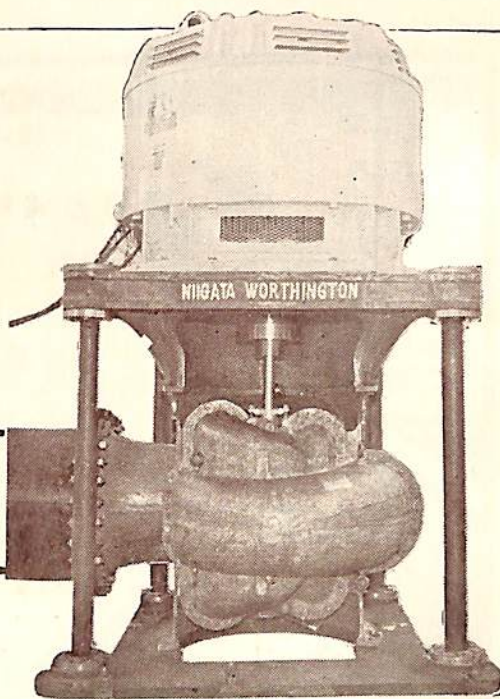
神戸・大阪・函館・横浜・名古屋・下関・長崎

—— カ タ ロ グ 贈 呈 ——

船舶用

LCV型

主循環水ポンプ



Products that Work
for Your Profit



WORTHINGTON

詳細は弊社にお問合せ下さい。

技術提携

新潟ウオシントン株式会社

本社：東京都港区赤坂新坂町45 (赤坂国際館)

電 4 0 1 - (代) 2137・4 0 8 - 3843・3883

営業所：大阪・名古屋・下関・福岡・仙台・札幌

船舶

第 34 卷 第 5 号

昭和 36 年 5 月 12 日 発行

天 然 社

◇ 目 次 ◇

Remotograph System による船殻内業工場の近代化について	吉田 俊夫…(535)
軸系のねじり疲れ強さ	植田 靖夫…(542)
大型油槽船における浮力中心位置の変化が推進性能に及ぼす影響に関する 模型試験 (沖 2 報)	土田 陽・矢崎敦生・大橋誠三…(552)
最近の英独魚雷艇見聞記 (その 2)	岩井 次郎…(559)
「原子力船サバンナ号・文献」	
Ⅰ 原子力船サバンナ号について	(562)
Ⅱ サバンナ号の制御棒駆動	(569)
Ⅲ サバンナ号の燃料交換について	(573)
1960 年の海上における人命の安全のための国際条約 解説 [Ⅶ]	
1960 年条約に規定された穀類積載の要件	曾根 功…(579)
1960 年条約に規定された危険物の運送	林 義勝…(586)
日本船における潤滑油の使用状況調査 [3]	
「3」タービン潤滑油	宮嶋 時三…(589)
〔水槽試験資料 124〕 中型貨物船の模型試験	船舶編集室…(598)
鋼船建造状況月報 (昭和 35 年 1 月)	船舶局造船課…(601)
☆ LODICATOR	渡辺正一・児島 恵
写 真 進 水—☆ 東 燃 丸 ☆ ひゆうすとん丸 ☆ 山 富 丸	
竣 工—☆ は や ぶ さ ☆ 第 二 旭 丸 ☆ 第 15 天 祐 丸 ☆ 第 8 伊 勢 丸	
☆ 讃 岐 丸 ☆ 銀 隆 丸 ☆ 南 洋 丸 ☆ 加 明 丸 ☆ 第 2 えるびい丸	
☆ 蓬 萊 丸 ☆ H. D. S. TJOKROAMINOTO ☆ TEXACO ANACORTES	
☆ MONTEGD ☆ TASMAN SEA	



100% 無機物の硅酸亜鉛塗料、従来の亜鉛メッキの常識を覆す画期的防錆用塗料です。タンク内の塗装でも引火の危険の全くない不燃性安全塗料です。米国アマコート会社製品。
XZIT CHEMICAL CO. QUIGLEY CO. BIRD-ARCHER CORDOBOND CO. JAROCO ENGINEERING CO. FARBERTITE CO.
MANGANESE BRONZE & BRASS CO. TODO SHIPYARD CORP. HATLAPA CO. HERCULITE FABRICS.

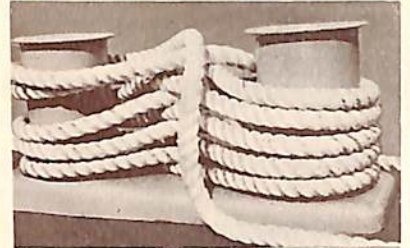
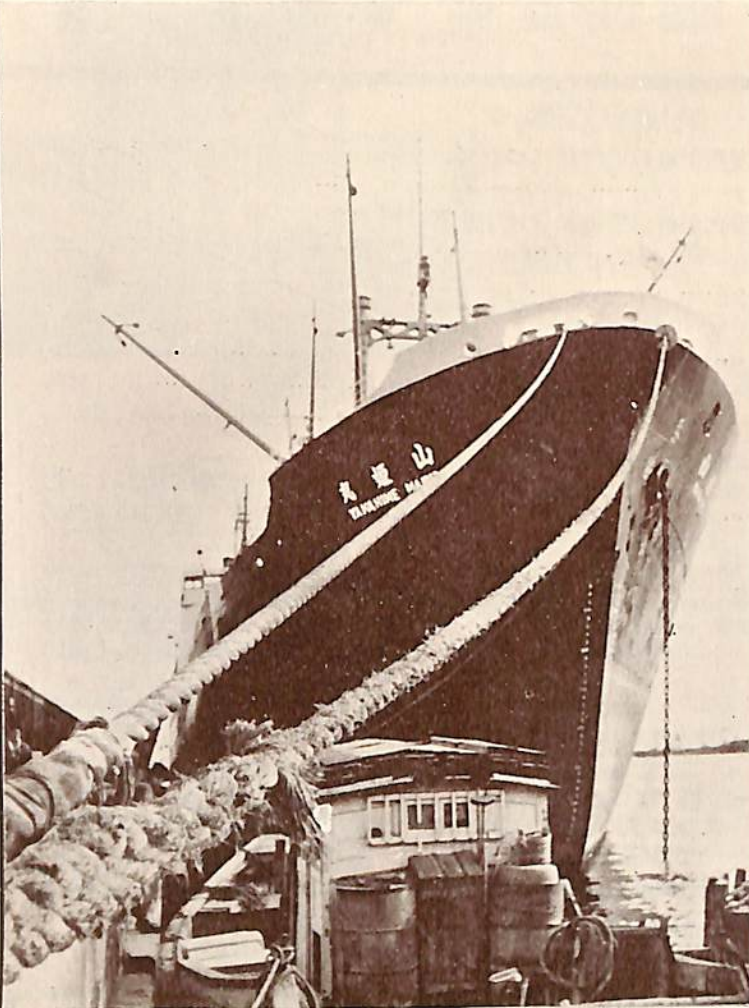
日本総代理店 **有限 井上商会**

井 上 正 一

横浜市 中区 尾上町 5-80 神奈川県 中小企業会館 電話 (8) 4021, 4022, 4023, 5141

クレモナ[®]ロープ活躍の記録

32年11月



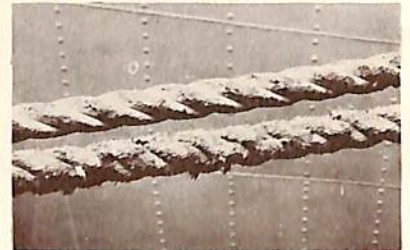
33年10月



34年3月



35年4月



36年2月

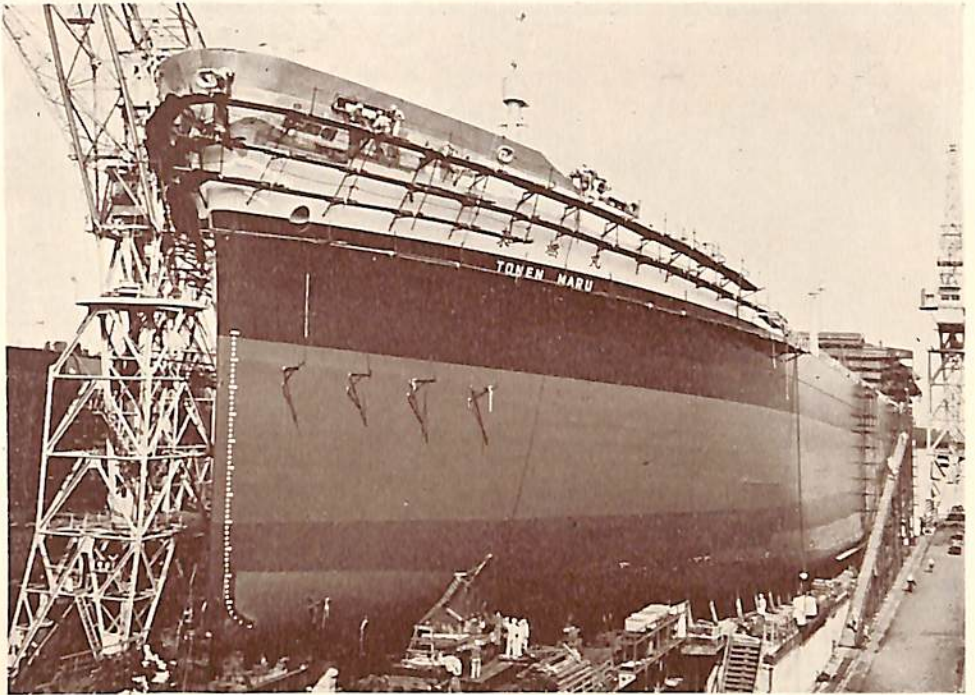


●山姫丸—7,500トン、山下汽船所属—に於て
32年10月より 3年半使用して 現在に至って
いる **クレモナ** ホーサー—60^m (左側) まだまだ
強力は充分です!

倉敷レイヨン株式会社
大阪市北区梅田二番地(第一生命ビル)
東京都中央区日本橋通り三ノ一(新日本橋ビル)

東 燃 丸

(油 槽 船)



船 主 東燃タンカー株式会社
造 船 所 三井造船・玉野造船所

長(垂) 217.017 m 幅(型) 30.480 m 深(型) 15.507 m 吃水 11.430 m
総噸数 約 29,000 噸 載貨重量 約 48,360 噸 速力 約 16.5 ノット 主機 三井
B&W 984 VT 2 BF 180 型 9 シリンダーディーゼル機関 1 基 出力 18,900 PS×110 RPM
船 級 NK 起 工 35-10-18 進 水 36-3-31 竣 工 36-8 予定

8

つの

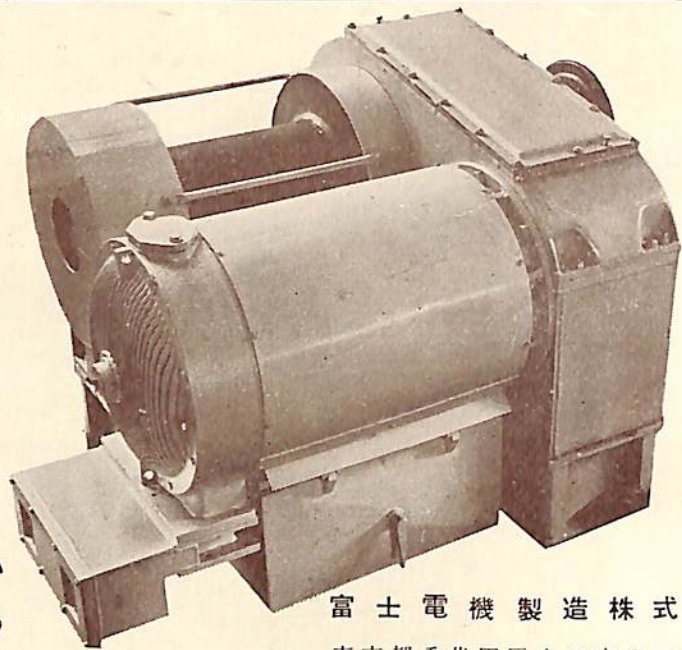
船 舶 塗 料

- ・ビニレックス (強化ビニール樹脂塗料)
- ・LZプライマー (鉄面用下地塗料)
- ・CRマリーンペイント (ソナーキリング剤)
- ・シアナミドヘルゴン (高度のさび止塗料)
- ・船印船舶用調合ペイント (船舶用特殊塗料)
- ・船印無水銀鉄船々底塗料 (鉄船々底塗料)
- ・タイカリット (防火塗料)
- ・ノンスリップ (滑止塗料)

大阪市大淀区浦江北4
東京都品川区南品川4



日本ペイント



堅牢で故障がない
保守が簡単である
消費電力が少ない

富士電機製造株式会社

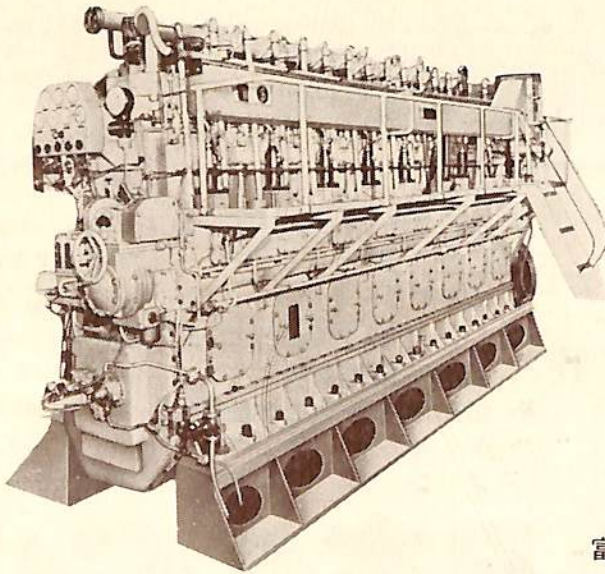
東京都千代田区丸の内2の6



富士

交流揚貨機

ディーゼル機関



50PS~4000PS

船舶	主機関用
	補機関用
陸用	各種

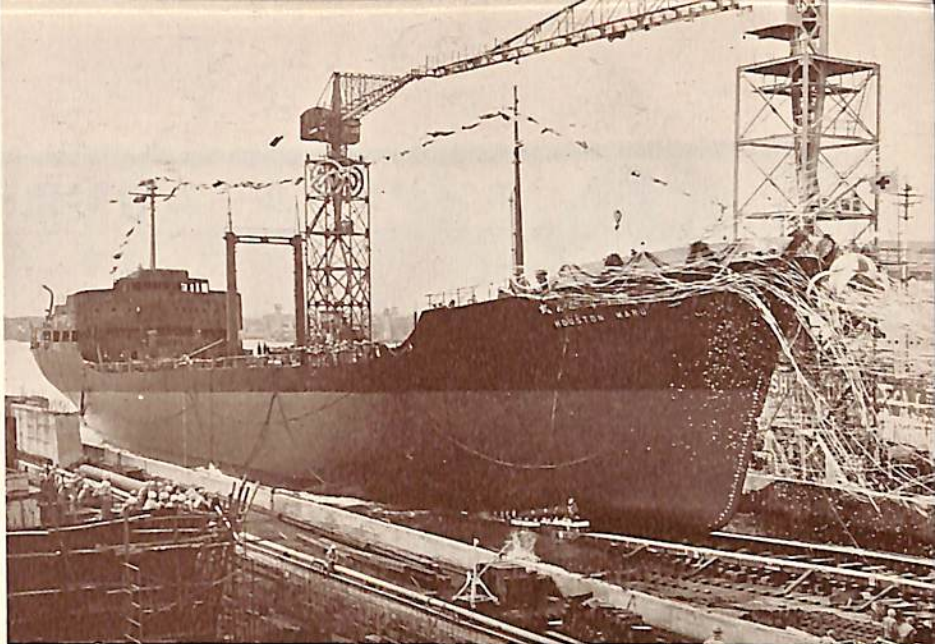
富士ディーゼル株式会社

東京都中央区京橋2の2 TEL(281) 1251~6

ひゆうすとん丸
(ケミカルタンカー)

船主 新丸善タンカー株式会社
造船所 日立造船・桜島工場

全長 120.40 m 長(垂) 112.00 m
幅(型) 16.80 m 深(型) 8.80 m
吃水 7.30 m 総噸数 約 4,900噸
載貨重量 7,400 噸 速力 14.4ノット
主機 日立 B & W 842-VT
2 BF-90型 排気ターボ給気式ディーゼル機関 1基 出力 3,800 PS
船級 NK 起工 35-12-2
進水 36-3-28 竣工 36-5 予定



山 富 丸
(タンカー)

船主 山下汽船株式会社
双葉海運株式会社
造船所 日立造船・因島工場

全長 207.00 m 長(垂) 197.00 m
幅(型) 26.40 m 深(型) 14.00 m
吃水 10.55 m 総噸数 約 21,200噸
載貨重量 33,800 噸 速力 16.75ノット
主機 日立 B & W 排気ターボ給気式ディーゼル機関 1基
出力 15,000 PS×115 RPM 船級 NK
起工 35-9-30
進水 36-3-29 竣工 36-7 予定



には **NOVOPAN**

- 安 価……182cm×400cmから適寸にカットします
- 強 度……ベニヤ合板に劣りません また狂いは驚く程僅少です
- NOVOPAN B……航海安全条約によるB隔壁
- 耐 水 性……縁にパラフィン塗又は塗装すれば充分

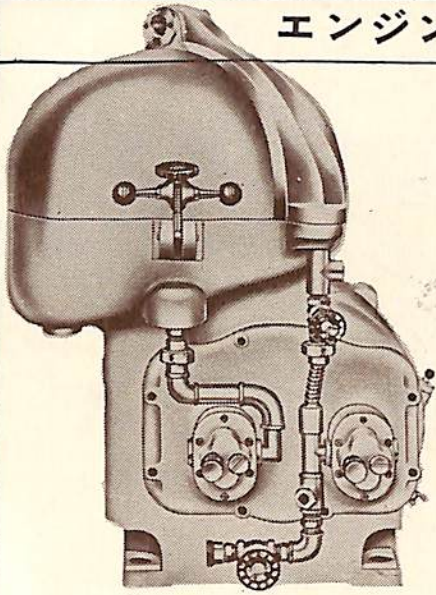
世界各国で10数年来使用の歴史を持つNOVOPANを隔壁にお使いになれば絶対お得です

日本ノボパン工業株式会社

東京都中央区京橋2-9(東熱ビル) TEL.(535) 3251, (561) 5219

エンジン・ルーム自動化への一紀元!

完全自動式油清浄機の出現



■特許申請中■

Sharples Gravitrol Centrifuge

米国シャープレス・コーポレーション日本総代理店

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(201)9211番(代表)
神戸出張所 神戸市生田区京町79(日本ビル) 電話 神戸(39)0288番(代表)



CAMREX N.O.P.

特長

- 一回塗りで完全塗装
- 不乾性で防錆作用は完全
- 不燃・無毒で密閉場所での使用に最適
- 塗装に熟練を要せず

英国CAMREX社のタンク用防錆塗料



日製産業株式会社 貿易部輸入課

東京都千代田区神田鎌倉町2番地3 電話東京(231)8111(大代)

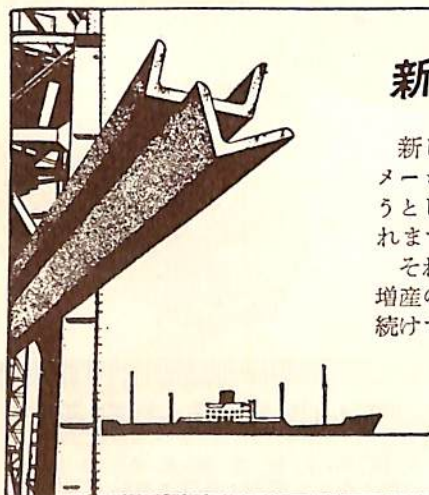
は や ぶ さ
(客 船)

船 主 愛媛県温泉郡中島町

造船所 松浦鉄工造船所



全長 32.51 m 長(垂) 29.50 m
幅(型) 5.80 m 深(型) 2.55 m
吃水 2.00 m 総噸数 167.15 噸
載貨重量 22.40 噸 速力 12.6 ノット
ト 主機 日本発動機製 S6 NV229
ディーゼル機関 1 基 出力 530 PS
× 375 RPM 起工 35-8-16
進水 36-1-18 竣工 36-2-6
旅客及び乗組員(旅客定員) 320 人
(乗組員) 8 人
航 路 松山市—中島町



新しい時代のために...

新しい動力源としての原子力の活用——あらゆる生産設備のオートメーション化——いま、世界の産業界は第3次産業革命の暁を迎えようとしています。この達成によってこそ、より豊かな文化生活が築かれます。

それには良質の鉄鋼が大量に必要です。富士製鐵は、鉄鋼の飛躍的増産のため第2次設備合理化計画を立て、その完遂にあらゆる努力を続けています。



富士製鐵株式會社


本社：東京・日本橋 工場：室蘭・釜石・広畑・川崎

世は完全にディーゼルの時代です



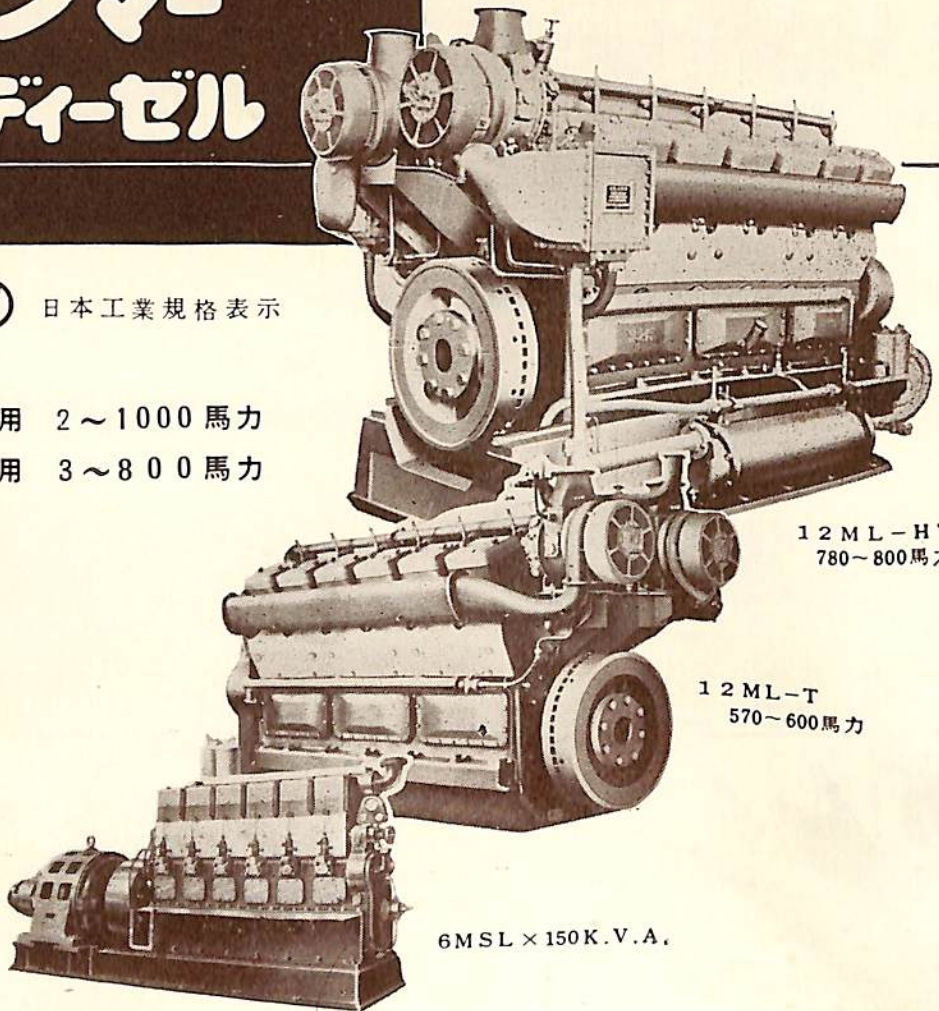
船舶補機に

ヤンマー ディーゼル

 日本工業規格表示

船舶補機用 2~1000馬力

船舶主機用 3~800馬力



12ML-HT
780~800馬力

12ML-T
570~600馬力

6MSL x 150K.V.A.

本邦唯一のディーゼル専門メーカー
ヤンマーディーゼル(株)では小は2馬
力から、大は1000馬力におよぶあ
らゆる用途に応じた100余機種のだ
いーゼルエンジンを生産しています。



ヤンマーディーゼル株式会社

本社 大阪市北区茶屋町62番地
支店 大阪・東京・福岡・札幌・高松・広島
出張所 金沢・岡山・旭川・大分

才 二 旭 丸
(油 槽 船)

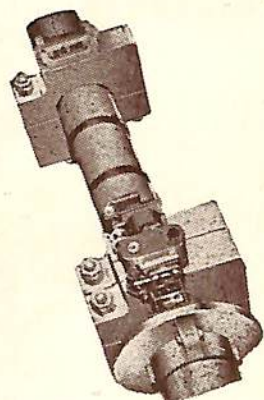
船 主 石 谷 清 蔵

造船所 松浦鉄工造船所



全長 29.76 m 長(垂) 27.00 m
 幅(型) 5.20 m 深(型) 2.40 m
 吃水 2.15 m 総噸数 111.75 噸
 載貨重量 123.10 噸 速力 9.6 ノット
 主機 松江内燃機工業製 車動 4 サイ
 クルディーゼル機関 1 基
 出力 180 PS×380 RPM 起 工
 35-5-21 進水 35-11-5
 竣工 36-2-1

船舶用の計器は
信頼性ある倉本計器で!!



回 転 計 類

- ◇ 遠心力式回転計 ◇ 電気式回転計
- ◇ 振動式回転計 ◇ マグネット回転計
- ◇ 時計式回転計 ◇ 超高速電子式回転計
- ◇ ストロボスコープ ◇ 携帯式回転計

積 算 計 類

- ◇ 回転動 ◇ 往復動 ◇ 隔測電気式

トーションメーター類

- ◇ 記録式光学振計 ◇ 直読式光学振計

主 機, 補機用
電 気 回 転 計

創業 35 年 ◇ インパルス レコーダー

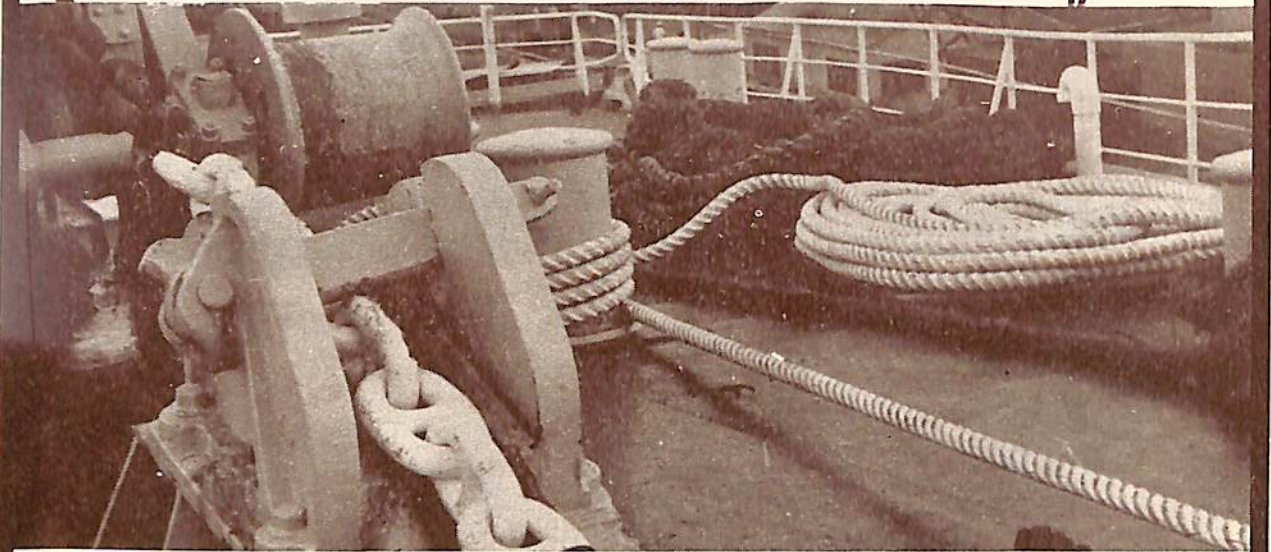
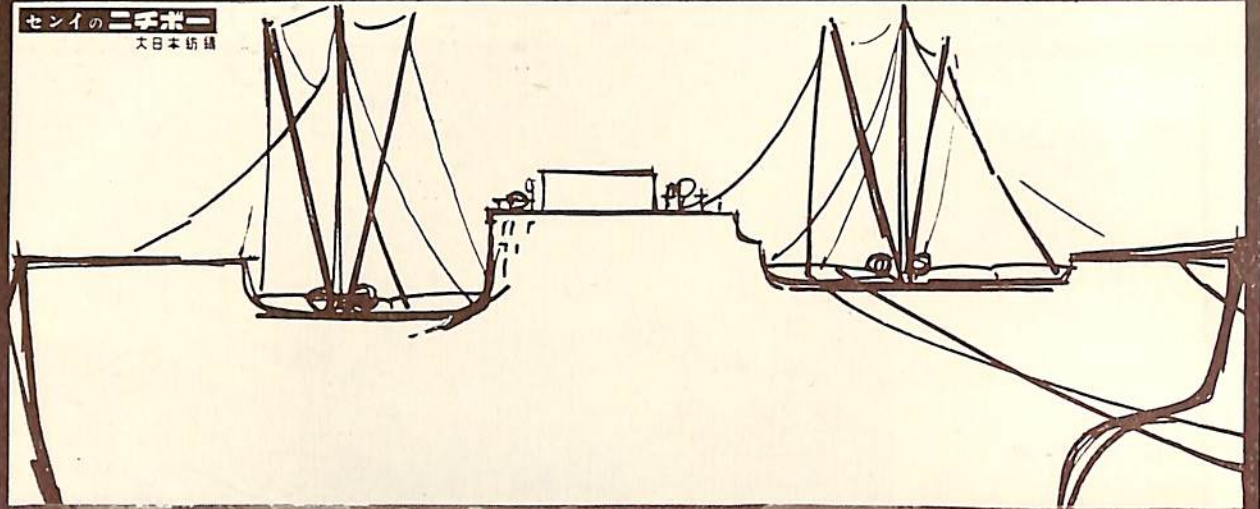


株式 倉本計器精工所

研野式光学振計

本 社 東京都大田区原町 6 電話蒲田 (731) 2033-2623-1640
 柏工場 千葉県柏市柏 電話 柏 2 番

セニのニチポー
大日本紡績



■パンフレット進呈／大阪市東局区内大日本紡績(株) LP5係

● 海の強者！

- 強い／ぜつたいに腐らず、油や薬品にも侵されない
- 扱いよい／軽く、水切れがよいので操作が簡単
- 経済的／手頃な値段、しかも驚く程長もちする

ニチポービニロン帆布

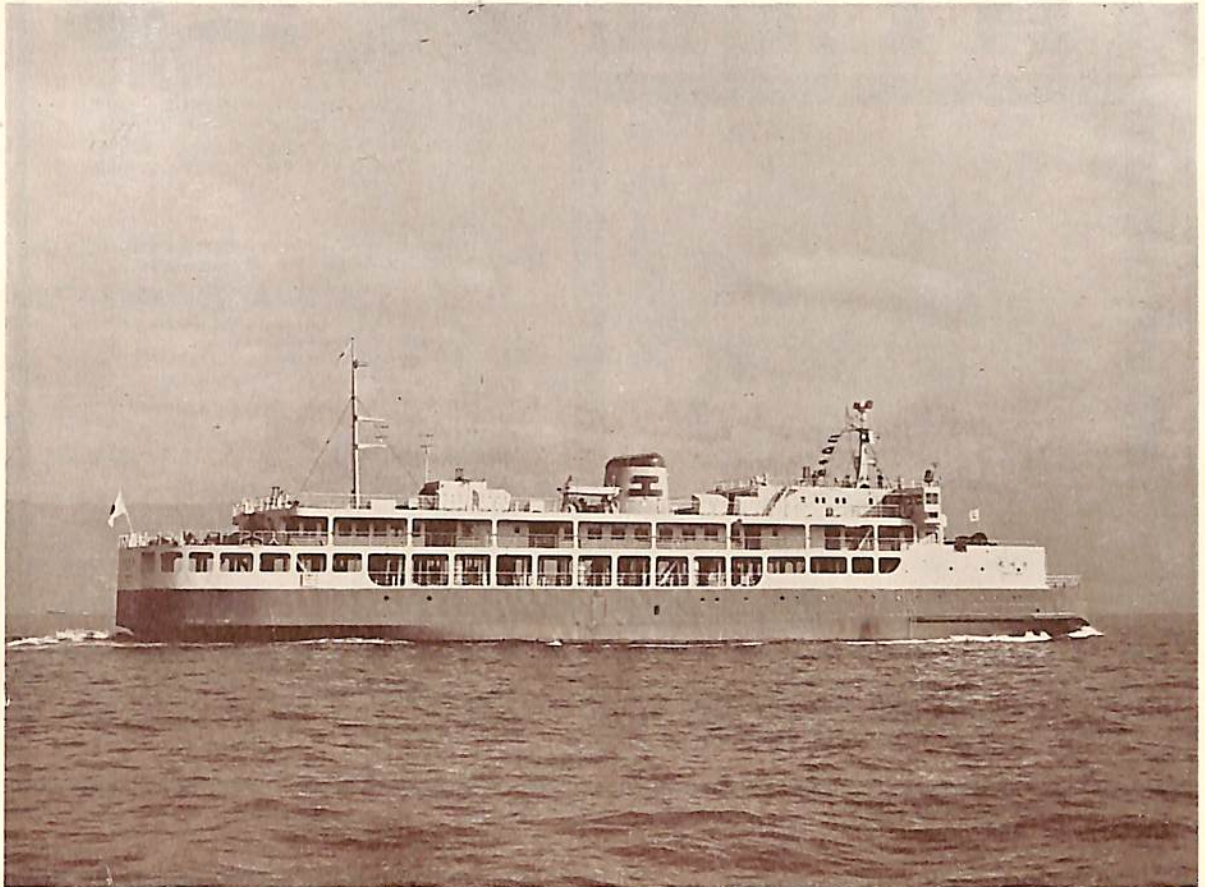
運輸省 ■# 101 …第1077号甲種 ■# 102 …第1078号甲種
型式証認番号 ■# 201 …第1079号甲種 ■# 202 …第1089号甲種



船舶用

運輸省／NK 認定

0-7。



讚 岐 丸 (宇高航路連絡船)

船 主 日本国有鉄道 造船所 新三菱重工業・神戸造船所

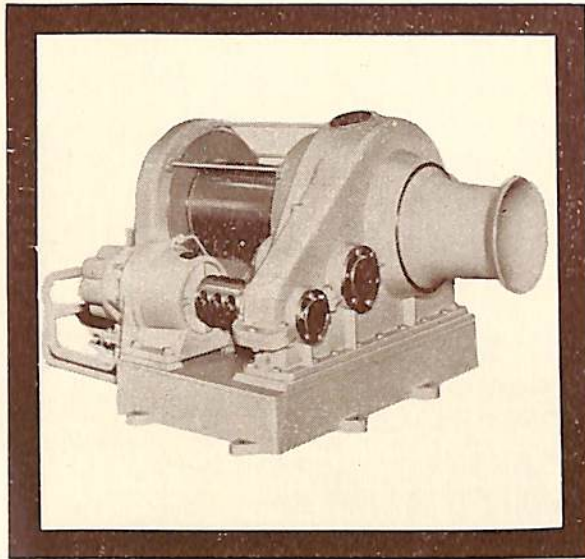
全長 78.00 m 長(垂) 73.20 m 幅(型) 15.00 m 深(型) 5.30 m 吃水 3.70 m

総噸数 1,828.69 噸 載貨重量 897.00 噸 速力 12.88 ノット 主機 三菱神戸 4 サ
イクル V 型過給ディーゼル機関 (JB 12 VA) 2 基 出力 3,000 PS × 460 RPM

起工 35-8-13 進水 35-11-22 竣工 36-3-25

車両搭載数 「ワム」型 15 t 貨車 24 両 乗組員 35 名 (予備 15 名) 旅客 1 等 90 名
2 等 710 名, 推進器 フォイト・シュナイダ・プロペラ 24 E/150 型 2 基 航路 宇野-高松

IHI 油圧ウインチ



○従来船舶用荷役ウインチとして、汽動/電動ウインチが多数用いられてきましたが、北ヨーロッパでは20年前から油圧ウインチが開発使用されており、我国においても優秀性が確認され次第に使用されるようになってきました。
当社においても油圧ウインチを開発し各種船舶に御採用戴いて居ります。

特徴

- 堅牢で構造が簡単
- 駆動油圧は最大125kg/cm²であるため送油管の管径は低圧式に比べて極めて細く、配管重量が低下します。
- 加速性能がよく、速度変更は無段階に出来、正逆転が円滑で、敏速に出来るため荷役特性が良い。
- 密閉式であるため海水、塵埃から完全に保護されている。
- 運転は静かで、騒音や振動がない。
- 保守点検が容易で設備費が安い。

5 T 3 T 油圧ウインチ標準仕様

オイル モーター

型式	力量(T-M)	巻胴寸法	型式	回転数r.p.m	換要
IHW-3	3×36	400φ×560f	HM 520	295 885	歯車2段減速
IHW-3s	3×36 5×21	450φ×650f	HM 520	295 885	2段切換
IHW-5	5×30	450φ×650f	HM 870	250 750	歯車2段減速



石川島播磨重工業

汎用機械事業部

東京都千代田区大手町1の2(貿易会館)
TEL (231) 7 6 6 1 7 6 7 1(代表)



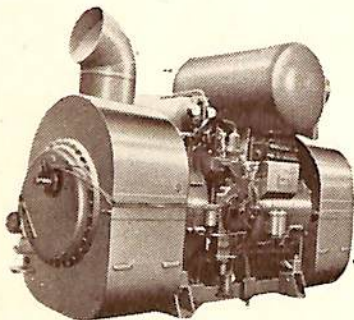
経済性のよい船用原動機

フリーピストン

機関

1,000^{HP} → 16,000^{HP}

低質重油を使用できる・航海中でもピストンを拔出し手入を行える
・振動がなく・軽量・小容積



NKK/SEP-SEME-SIGMA/RATEAU



日本鋼管

本社 東京 大手町

才十五天祐丸
(漁船)

船主 三浦政勝

造船所 臼杵鉄工所・佐伯造船所

全長 43.90 m 長(垂) 39.00 m
幅(型) 7.10 m 深(型) 3.60 m
総噸数 289.47噸 速力 11.5ノット
速力 11.5ノット 主機 新潟鉄工所
M6F31S型ディーゼル機関1基
出力 650 PS 起工 35-12-18
進水 36-1-22 竣工 36-2-23



才8伊勢丸
(漁船)

船主 二川清太郎

造船所 臼杵鉄工所・佐伯造船所

全長 43.90 m 長(垂) 39.50 m
幅(型) 7.50 m 深(型) 3.60 m
総噸数 289.13噸 速力 12.17ノット
主機 新潟鉄工所製ディーゼル機関
1基 出力 650 PS
起工 35-12-8 進水 36-1-11
竣工 36-3



日本製鋼の高張力鋼板

各種高張力鋼板

	引張り強さ kg/mm ²	降伏点 kg/mm ²
Welcon-50	50 ~ 58	33 以上
Welcon-2H	58 ~ 70	46 以上
Welcon-2H Super	70 ~ 80	63 以上
Welcon-2H Ultra	80 ~ 95	70 以上

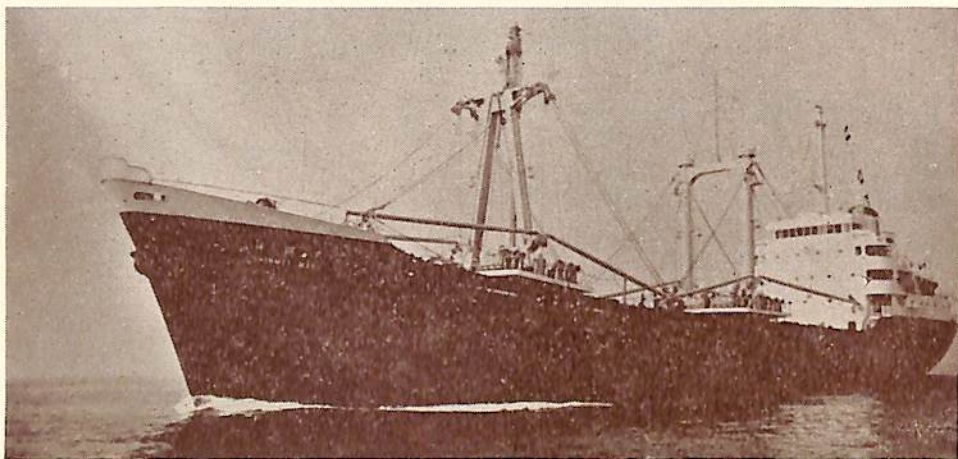
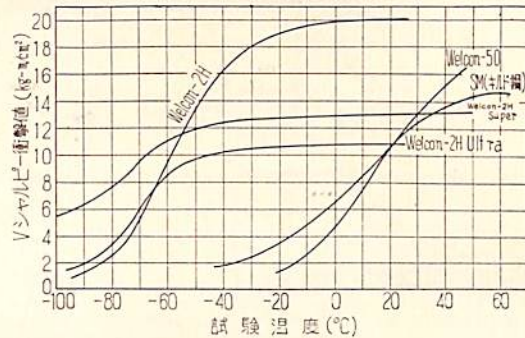
特 徴

- 1 軽量強力
- 2 溶接性良好
- 3 低温靱性優秀
- 4 耐候性良好

普通鋼板は通常40kg/mm²内外の引張り強さを持っておりますが、当社は独自の技術により50kg以上から90kg/mm²内外までの引張り強さを持つ4種類の高張力鋼板を製造しております。

これらの鋼板は、さらに降伏点、溶接性、および低温靱性に夫々卓越した性能を示しており、軽量強力で経済性を兼ねそなえた優秀な構造用鋼並に低温用鋼として御使用者の皆様のお好評を頂いております。

Vシャルピー衝撃値遷移曲線比較の一例



Welcon-2Hをマストに使用した貨物船



株式会社 日本製鋼所

東京都千代田区有楽町1-12 日比谷三井ビル 電話 (501) 6111 (大代表)
支社 大阪市北区中之島2-22
営業所 福岡市天神3-39
出張所 札幌市南一条・名古屋市中村区・新潟市下大川前通

LODICATOR (LOAD DISTRIBUTION INDICATOR)

株式会社エクマン商会
船舶機械課長 渡 辺 正 一
機材課長 児 島 恵

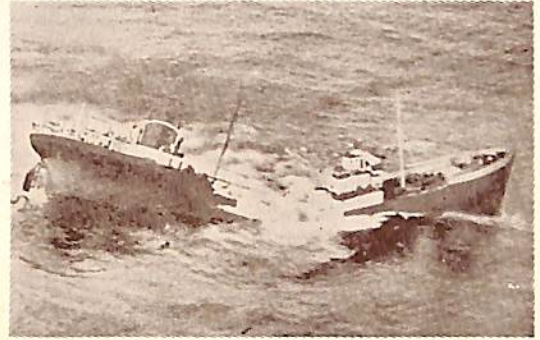
船舶には与えられた寿命があるが、実際の寿命の長さは船体の疲れ、腐蝕及び取扱方によって大きく左右される。また不運な状態のもとで夭折することもあるが最も多くの船が喪失されて行く原因は荒天による場合、汐の流れによる場合、或はまた誤った航法による坐礁等がある。特に荒天の海上で全く予期もせず船が真二つに折れるという悲惨な事故が起こる場合がある。このような事故は最近5カ年間に15件を下っていない。

しからば何故にこのように真二つに折れるかという原因を多方面に亘って調査した結果、下記のようなことが原因と考えられた。

- ①無思慮な積荷の配置による船体への過度な応力の誘発
- ②未熟な船の扱い方
- ③荒天時の波浪との衝撃
- ④設計上の強度不足
- ⑤建造時の作業員の手ぬかり
- ⑥鉄板アングル類のぼう弱
- ⑦低温による部材の切欠感度の増加

勿論かかる事故は上記の中の1項目だけが原因でなくいくつかの要素が重なったものである。中でも経験上積荷の配分の問題が特に重要である。これは甲板及び船底鋼板の縦方向の応力に大きな影響を与えるものだからである。そして破砕前にこれらの応力は一定の値を越えるわけである。

実際問題として船級協会の専門家、造船所、船主更には本船の航海士間の意見は積荷の配分ということが最も大事な要因であるとの結論に達したのである。問題はし



からば如何にして適当な積荷配分を決めるかということである。従来種々の方法が引合に出されてはきたがそれらは非常に複雑で燃料、清水各種の積荷等を含めて算出することは困難であった。LODICATOR は丁度この見地から積荷に当って迅速にしかも事前に予定された LOADING PLAN の適、不適を決められるよう設計されたもので極めて大きな信頼性を持っている。

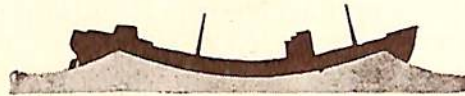
この計器は洋上で大波に出会った時船殻に蒙る応力に関して理想的な積荷の配分方法を与えるものであって船体の強度算定にもとづいて算出される。

LOADING PLAN を作成するに当り適度の吃水を得るようにすることも必要でありこの結果は積付後一番はっきりと現われるものである。勿論これは推進器の効率、本船の速力、乗心地等に関しては重要な事柄である。

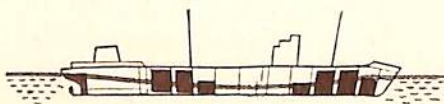
TRIM の問題は積付計算を更に複雑にするものであるが LODICATOR の出現はあらゆる予想される重量配分と共にこの TRIM の問題も一挙に解決させることが出



Hogging



Sagging



Cargo at ends



Cargo amidships



Zero stress reading shows ideal loading condition.



Widening segment indicates permissible but increasingly unfavourable stresses.



Full width of segment means stresses will be dangerous.

来る。

使用法

LODICATOR は二つの PANEL から構成されており一方の LOADING PANEL は常に直立させておき、使用に際しては READING PANEL を別図のように開いて洗台のようなかっこうにしておく。

LOAD VALVE の挿入：—

(1) LOADING PANEL 上の各つまみは夫々区画を表わす(大型船の場合は READING PANEL 上にも同上のつまみを供えることあり)一定の PLAN に基いて夫々の重量を与えるには各々の区画に相当するつまみを所要の目盛まで廻せばよい。

この目盛は LONG TON 単位で与えられている。

(注) もし空積の区画がある場合はつまみ“0”に正しく合せねばならない。“0”を越えても不可。重量の算出を便にするため、各区画の容積を READING PANEL 上に表示してある。

DEADWEIGHT の読み方：—

(2) READING PANEL の一番右側にある MAIN SWITCH を“DEADWEIGHT”の位置に合わせる。白の表示灯が点いて同回路が作動しはじめたことを示す。

(3) DEADWEIGHT の読みは“DEADWEIGHT COARSE”及び“DEADWEIGHT FINE”と印された二つのつまみによって得られる。

上方の COARSE なるつまみは各種の DEADWEIGHT に対する一定の間隔の固定点を有している。これらの目盛はつまみの上に刻んである。下方の FINE なるつまみは上記“DEADWEIGHT COARSE”の二つの目盛の間を更に細分した連続目盛である。

DIAL (GALVANOMETER) の針を“0”の目盛に合すよう DEADWEIGHT COARSE 更に DEADWEIGHT FINE のつまみを廻し両方のつまみのスケールの和を求むれば所要の DEADWEIGHT が得られる。

(注) LODICATOR は DEADWEIGHT の総量を求めるよう設計されたものではなく単に TRIM と STRESS の値を得るための段階としての DEADWEIGHT を与えるものである。

TRIM の読み方：—

(4) MAIN SWITCH を“TRIM”に廻す緑灯が点ずる。

(5) 下端の列の中央の(赤印)つまみを廻して DIAL の針を“0”にもどすと TRIM はつまみのスケールによって直接 BY THE HEAD か BY THE STERN と共に得られる

(注) 一重要—実際の TRIM は正確な DEADWEIGHT の数値を与えられた時にのみ得られる。

STRESS の読み方：—

(6) MAIN SWITCH を“STRESS”に廻す紅灯が点ずる。

(7) STRESS READING KNOB の上のつまみ(黄印)に前記要領で得た DEADWEIGHT の値を与える。

(8) STRESS READING KNOB (赤印)を廻して DIAL の指針を“0”にもどすその時の読みを下記要領で判読する。

(9) このつまみは赤色の SEGMENT を黒色つまみの両側に有する。黒色上の“0”印がつまみの下の PANEL の白色 MARK と合致する場合は船殻に生ずる縦方向の STRESS に関して積荷の配置は最適である。LODICATOR で算出された STRESS は船だけの長さを有しその 1/20 の高さを持った基準波浪上におかれた場合船の中央部に生ずるものとする。即ち同波浪の波頭が船体中央に来た時と丁度その谷が中央に来た時の静時釣合の場合で慣性、摩擦等は無視されている。しかも波頭を結ぶ線に対しては水平位と考えてある。STRESS “0”は上記の場合 HOGGING (中央部波頭上)及び SAGGING (中央部波の谷)の状態において生ずる STRESS が等量であることを示す。SAGGING の一目盛は SAGGING STRESS が 10% 大となり HOGGING STRESS が 10% 減少していることを示す。

HOGGING の二目盛は波頭を船体中央に位置した時 HOGGING STRESS が 20% 増加し、船体中央を波の谷に位置した時 SAGGING が 20% 減少していることを示すものである。以下同様……ここに心掛けておかなければならない事は LODICATOR STRESS の読みと静水上の DRAFT MARK からの読みとは直接の比較の対象にはならないのである。LODICATOR のスケールは時単位でなく先に記したように浪浪中での縦方向の STRESS を示すものである。

理論的には LODICATOR 上に“0” STRESS を得るには静水上にて少々 HOGGING 状態に積付けることが必要である。従って下記のようなことが言い得る。



LODICATOR STRESS のよみが“0”ということは静水上でわずかばかり HOGGING に偏っている事を示した反対に静水上にて船殻にこうむる STRESS が“0”なる時は少々 SAGGING 状態として LODICATOR 上にあらわれる。

積付変更による TRIM の変化

計画された積荷の配分に対する船の TRIM は前記の方法により LODICATOR であらかじめ得られるがしばしば積荷の配分を変更した時は TRIM はどうなるかを知らねばならない。これも簡単に算出し得る。

- ①LOADING PANEL 上にて変更を予定される区画のつまみを例えばこの区画の積荷が増加される時は一まず“0. TON に合わせる。反対に減少される時はその量より高い値に合わせる。
- ②次に DEADWEIGHT KNOB に積荷を再配分した時の TOTAL DEADWEIGHT を与える。
- ③MAIN SWITCH を“TRIM”に廻す。
- ④TRIM READING KNOB を廻して DIAL 指針を“0”にしてその読みをとる。
- ⑤LOADING PANEL 上の積荷変更の区画に新しい重量を与えて予定積荷の変更をする。
- ⑥再び指針を“0”にもどし新しい TRIM の読みをとる。
- ⑦TRIM KNOB 上の両者の読みの差が積付け変更による TRIM の差である。

船首尾吃水算出法

船首尾吃水は下記の算出法により得られる。

TRIM BY THE HEAD の場合

$$\text{船首吃水} = \text{平均吃水} + \frac{1}{2} \text{ TRIM}$$

$$\text{船尾吃水} = \text{平均吃水} - \frac{1}{2} \text{ TRIM}$$

TRIM BY THE STERN の場合

$$\text{船首吃水} = \text{平均吃水} - \frac{1}{2} \text{ TRIM}$$

$$\text{船尾吃水} = \text{平均吃水} + \frac{1}{2} \text{ TRIM}$$

重量配置の改善

LODICATOR の読みがある LOAD の配分に対し不

初期の状態		積荷の移動
TRIM STRESS		
BY THE HEAD	HOGGING	前部→中央部
／	SAGGING	中央部→後部
／	0	前部→後部
BY THE STERN	HOGGING	後部→中央部
／	SAGGING	中央部→前部
／	0	後部→前部
0	HOGGING	前後部→中央部
0	SAGGING	中央部→前後部

上表は PANEL 上の INSTRUCTION の下に記載適當なることを示す場合、重量を別表の要領で移動しなければならない。

TRIM READING の修正

もし船体の縦方向の重心位置を正確に算出し得ない時は或は改造により重心が移動したとき TRIM READING は誤差を含むことになる。

これは明らかに常に一定した誤りの指針を表示することになる。

実際に誤差の量を確認した時は TRIM CALIBRATION KNOB をセットし直して修正し得る。

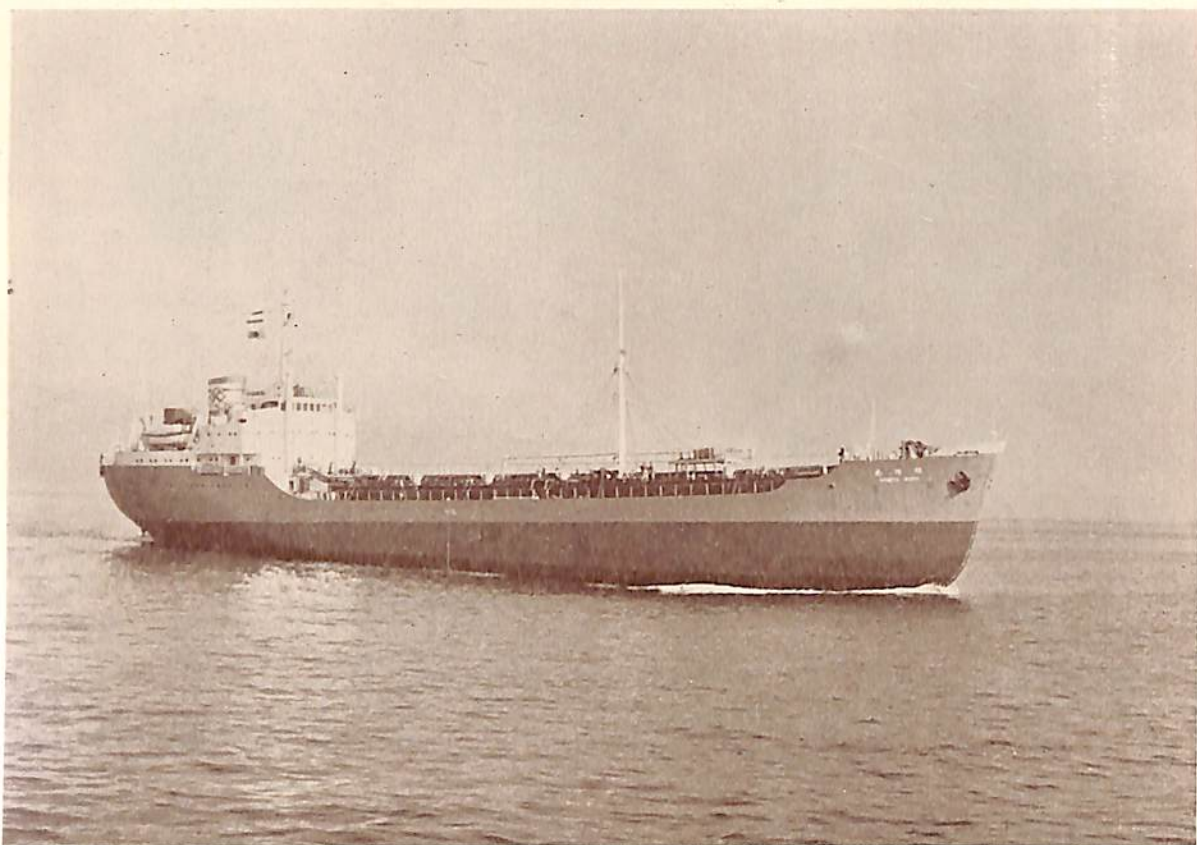
即ち LOADING PANEL のつまみを全部すでに知られた LOADING の状態に一致させて MAIN SWITCH を“TRIM”に入れる。DIAL の指針を“0”にもどすこの時 TRIM READING KNOB は誤差を含んだ TRIM を示すわけである。そこで更に KNOB を廻して正確な TRIM READING を与えると、DIAL の指針が再び振れる。そこで TRIM CALIBRATION KNOB の LOCKING SCREW をゆるめて指針を“0”の位置にもって行くように廻し KNOB を再び固定すればよい。

本器の TEST 方法

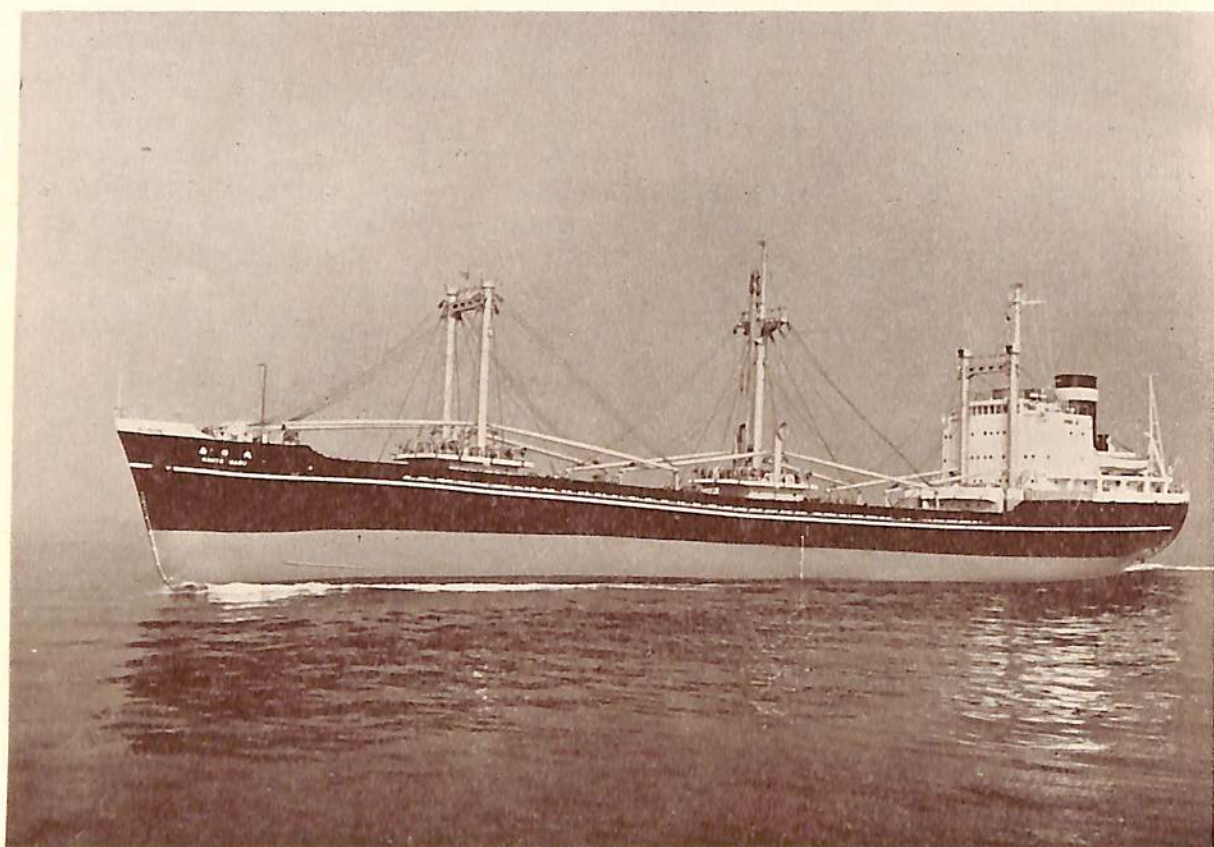
本器を長く使用しなかった時は作動の良否をあらかじめ TEST して見なければならぬ。

- ①各 KNOB を数回一杯まで廻す。COFFERDAM とか、PEAK TANK 等のようにまれにしか使わない KNOB は特に忘れないこと。
- ②MAIN SWITCH を“DEADWEIGHT”の位置におき各 LOADING KNOB を一杯まで廻す。この時 DIAL 指針は KNOB の廻転につれて一杯まで動かさなければならない。
- ③MAIN SWITCH を“STRESS”に入れて同様に試す。
- ④回路開のとき DIAL 指針が“0”に合うよう直下の黒塗ビスを調節する。

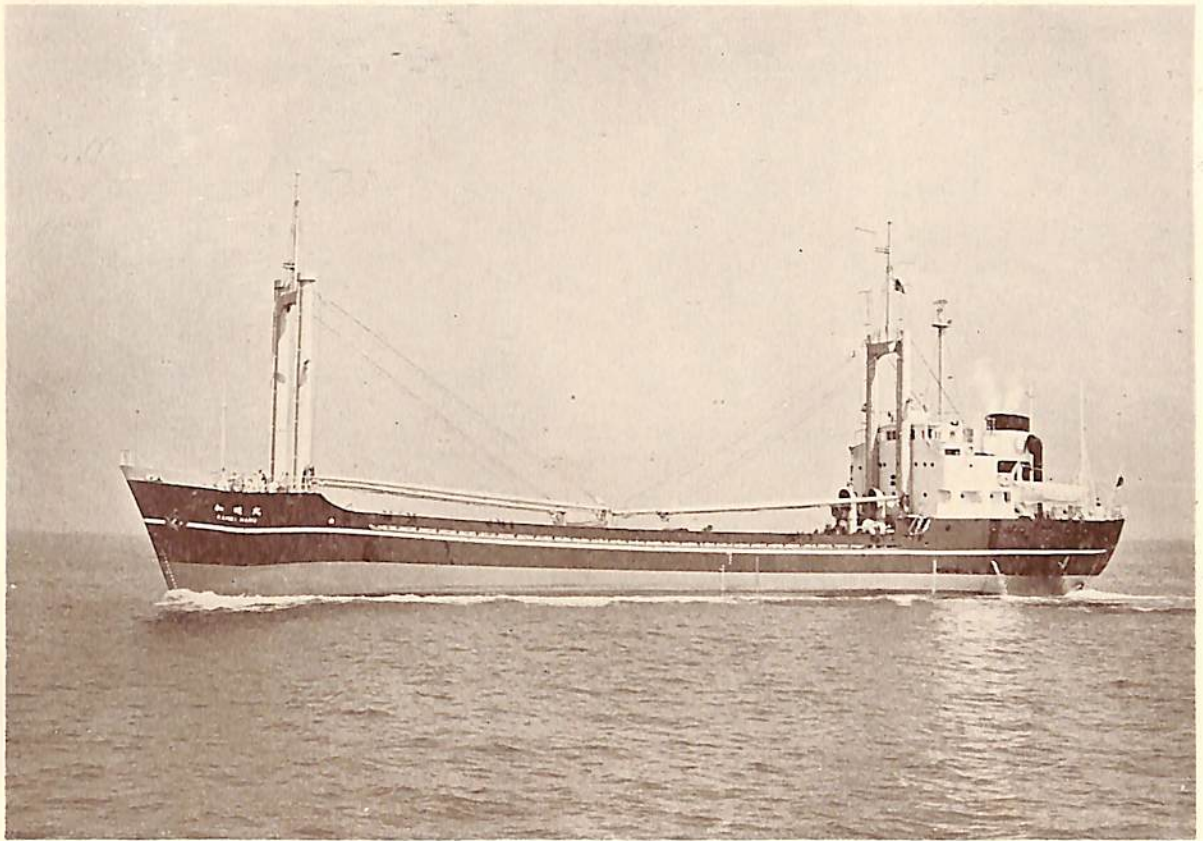
STALODICATOR に関しては次回に御紹介する。



銀 隆 丸 (油 槽 船)

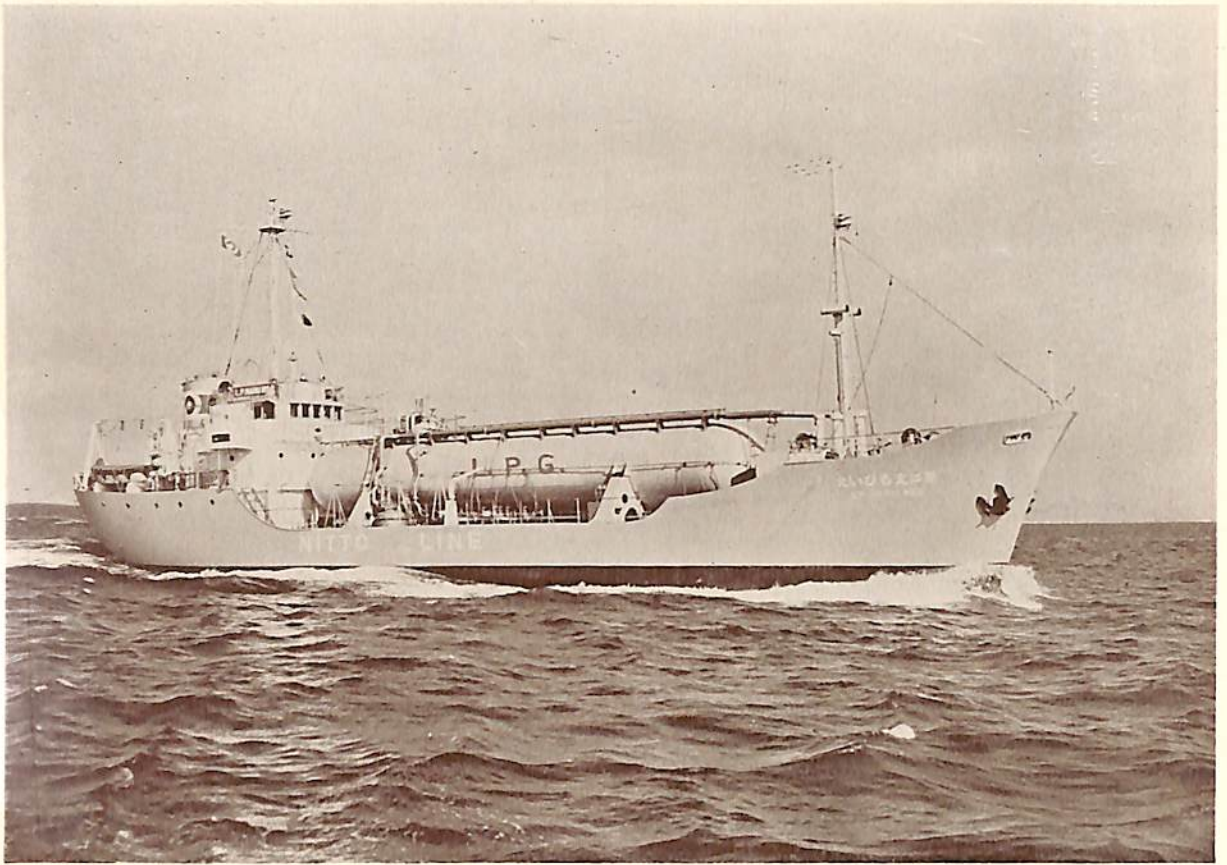


南 洋 丸 (貨 物 船)

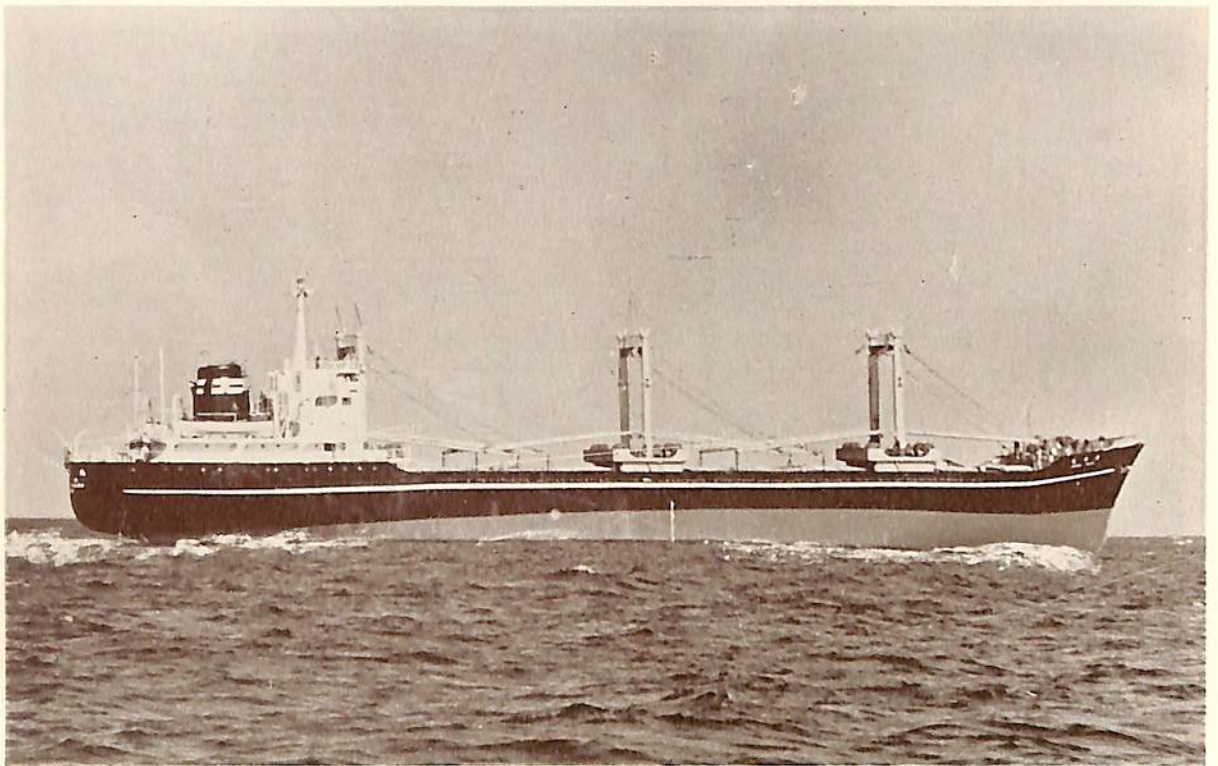


加 明 丸 (貨物船)

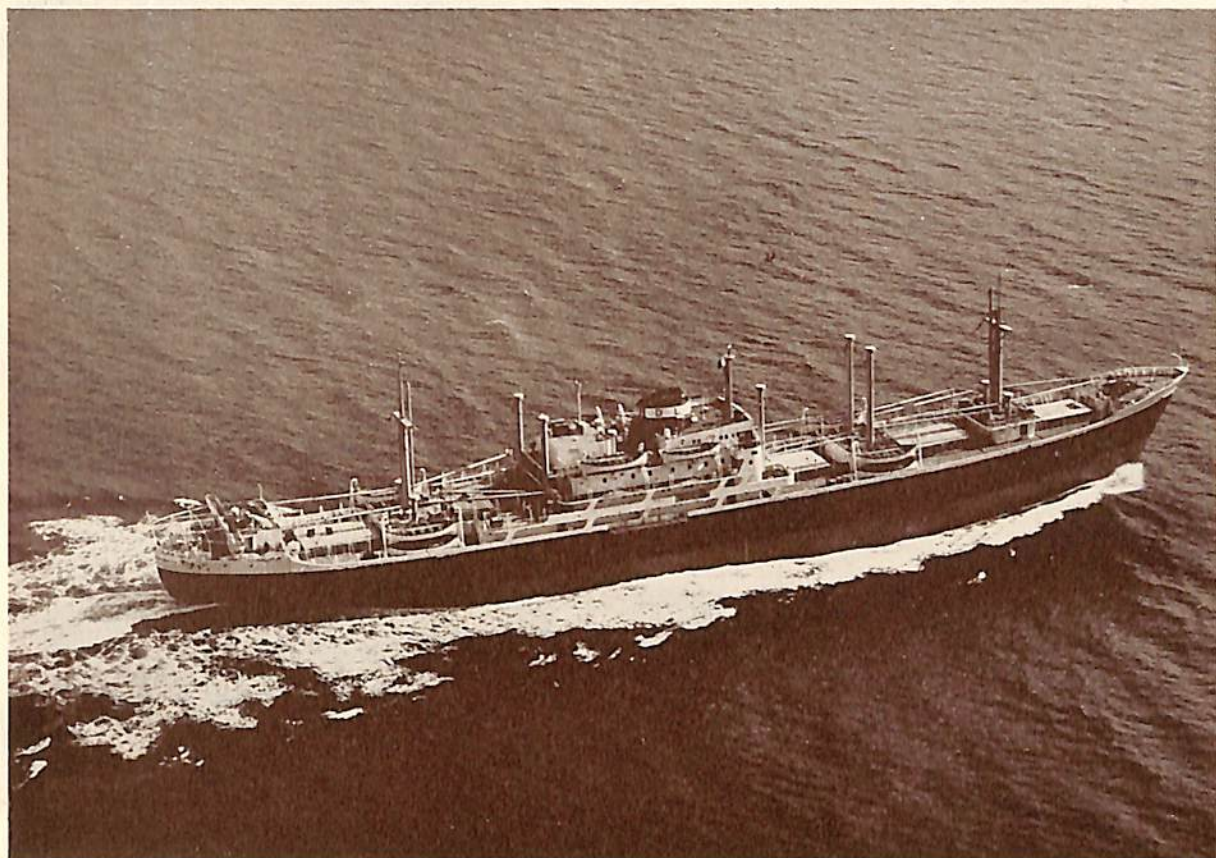
船 名		銀 隆 丸	南 洋 丸	加 明 丸
要 目				
全 長		96.01 m	102.39 m	170.00 m
長 (垂)		90.00 m	96.00 m	65.00 m
幅 (型)		14.00 m	15.00 m	10.40 m
深 (型)		7.20 m	7.60 m	5.30 m
吃 水		6.362 m	6.275 m	4.654 m
総 噸 数		2,915.08 噸	3,294.53 噸	998.92 噸
載 貨 重 量		4,370.00 噸	5,065.8 噸	1,447.00 噸
速 力		13.04 ノット	15.52 ノット	12.95 ノット
主 機	過給機付2サイクルトランク ピストン型ディーゼル機関 (神発三菱長崎7UET ^{39/65})1基		過給機付2サイクルト ランクピストン型ディー ゼル機関(神発一三菱長崎 7 UET ^{45/75})1基	阪神内燃機製4サイクル単動 直接逆転トランクピストン型 排気ターボ過給ディーゼル機 関 Z6 YBSH 型1基
出 力	2,350 PS×260 RPM		3,150 PS×225 RPM	12,200 PS
船 級	NK		NK	NK
起 工	35-10-28		35-11-17	35-12-5
進 水	36-1-18		36-2-16	36-2-16
竣 工	36-3-18		36-4-1	36-4-15
船 主	小隆汽船株式会社		関西汽船株式会社	正向海運株式会社
造 船 所	佐野安船渠株式会社		佐野安船渠株式会社	株式会社 名村造船所



オ 2 え る び い 丸 (L.P.G. タンカー)



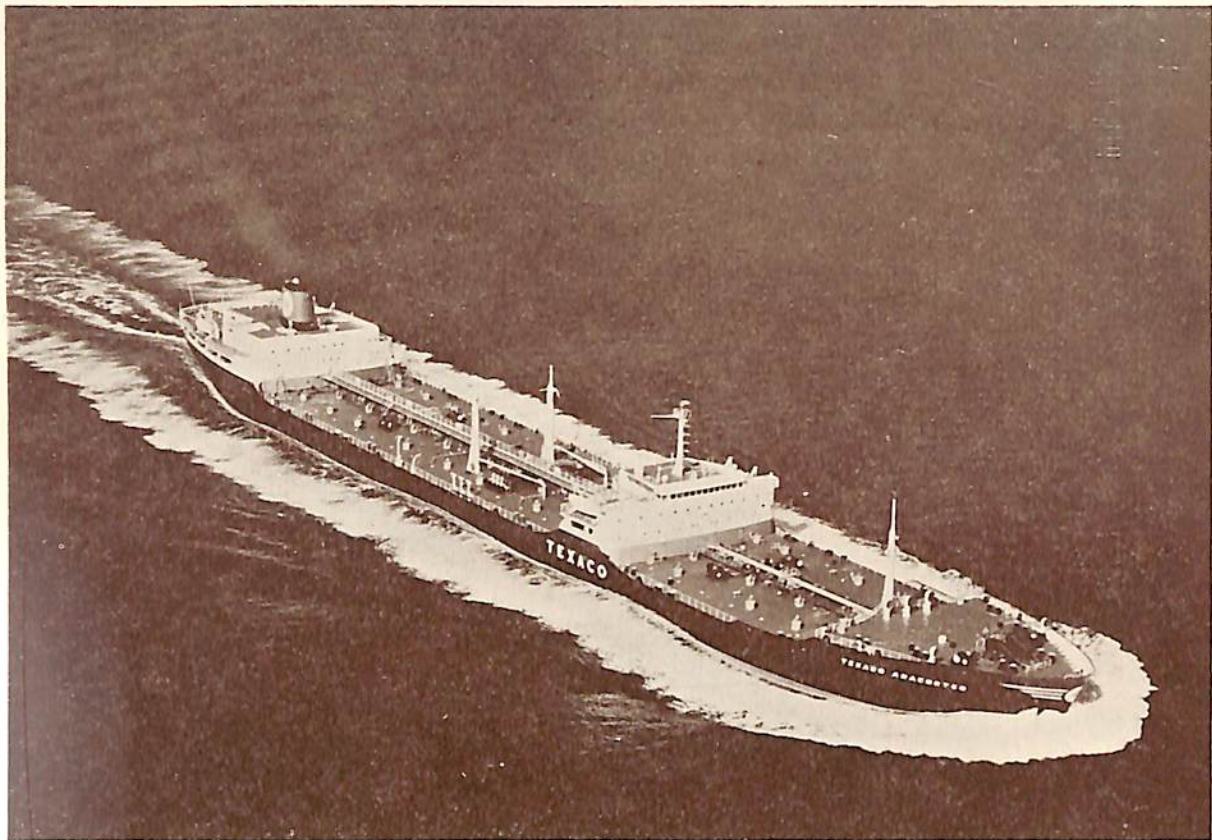
蓬 萊 丸 (貨物船)



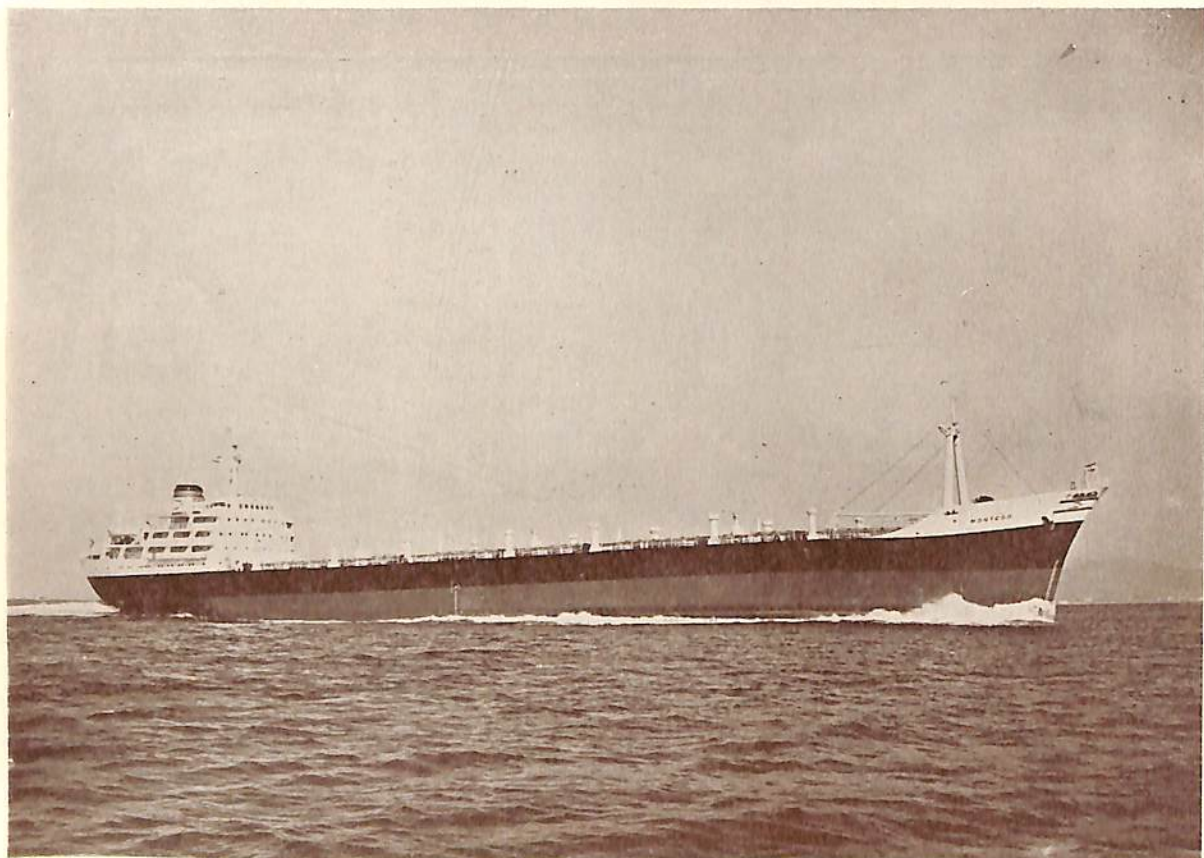
H. O. S. TJOKROAMINOTO (貨物兼巡礼船)

船名	オ えるびい丸	蓬 萊 丸	H. O. S. TJOKROAMINOTO
要 目			
全 長	51.87 m	107.07 m	152.44 m
長 (垂)	47.00 m	99.00 m	140.00 m
幅 (型)	9.20 m	15.60 m	19.40 m
深 (型)	4.45 m	7.85 m	12.20 m
吃 水	3.60 m	6.45 m	8.24 m
総 噸 数	535.75 噸	3,719.16 噸	約 7,100 噸
載 貨 重 量	470.00 噸	5,661.90 噸	約 10,000 噸
速 力	11.79 ノット	15.16 ノット	19.5 ノット
主 機	新潟鉄工製 M6 F31 S デ ィーゼル機関1基	阪神内燃機製ディーゼル 機関1基	三菱日本重工製2ストローク 単動過給機付 MAN K7 Z 75/140 C型ディーゼル機関1基
出 力	650 PS × 365 RPM	2,800 PS	8,950 PS
船 級	NK	N K	LR
起 工	35-8-4	35-9-15	35-8-25
進 水	35-12-24	36-2-3	35-11-30
竣 工	36-2-15	36-3-31	36-2-21
船 主	日東商船株式会社	株式会社 白杵鉄工所	インドネシア共和国政府
造 船 所	株式会社 藤永田造船所	白杵鉄工所・佐伯造船所	日本鋼管・鶴見造船所

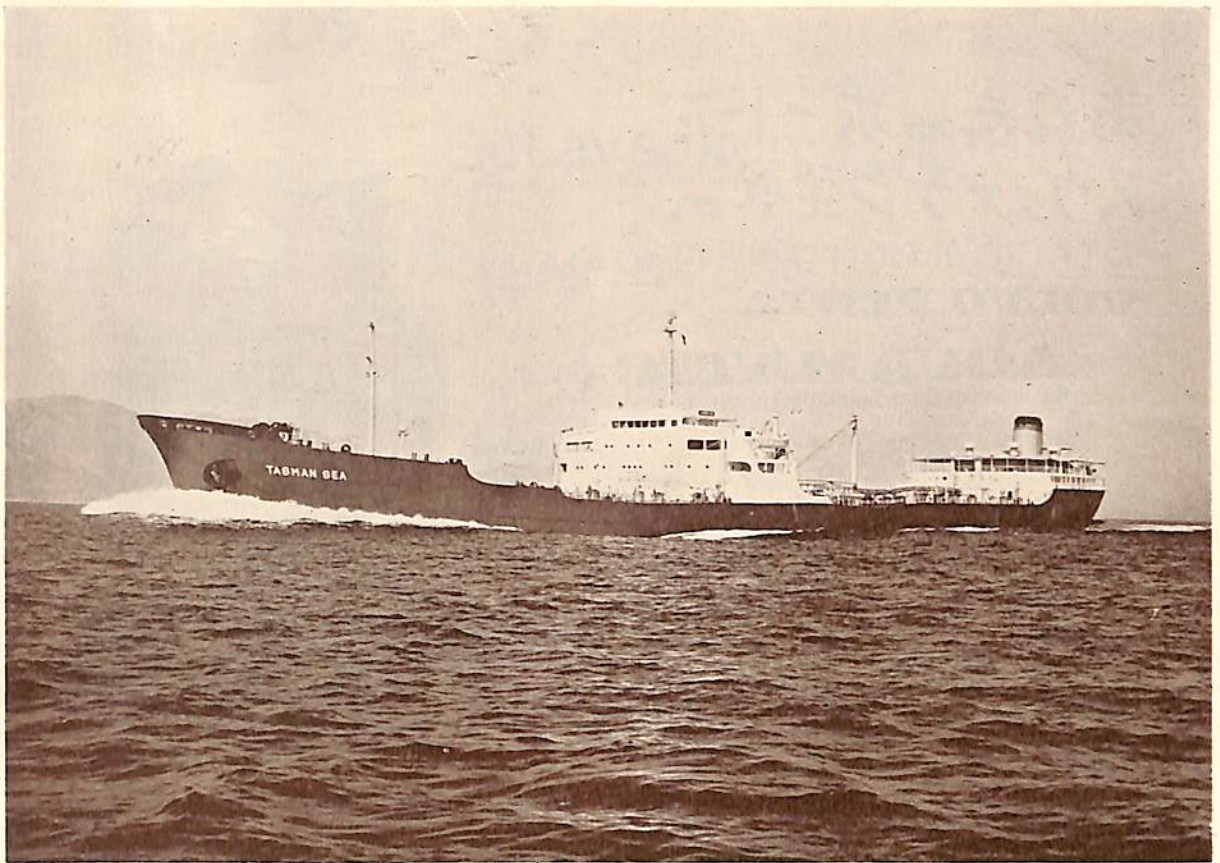
H. O. S. TJOKROAMINOTO 定員 乗組員 78 名 旅客 12 名 船主 1 名 巡礼 983 名 巡礼付添 34 名



TEXACO ANACORTES (油槽船)



MONTEGO (散積貨物船)



TASMAN SEA (油槽船)

船名	TEXACO ANACORTES	MONTEGO	TASMAN SEA
要目			
全長		約 177.00 m	216.39 m
長(垂)	214.88 m	164.00 m	205.00 m
幅(型)	30.17 m	22.60 m	28.20 m
深(型)	15.34 m	13.10 m	14.80 m
吃水		9.25 m	11.102 m
総噸数	約 26,300 噸	約 14,200 噸	約 24,700 噸
載貨重量	約 46,800 噸	約 20,000 噸	約 38,750 噸
速力	約 16.5 ノット	16 ノット	17 ノット
主機	石川島東京製スチームタービン1基	三菱神戸ズルツァー2サイクル単動スーパーチャージドディーゼル機関8 RSAD 76 型1基	川崎二段減速歯車装置付タービン1基
出力	19,000 PS	10,700 PS	16,500 PS
船級	A B	A B	L R
起工	35-5-23	35-8-16	35-6-13
進水	35-11-15	35-12-3	35-12-19
竣工	36-3-26	36-4	36-3-25
船主	TEXACO PANAMA INC.	EAGLE TRANSPORT LTD., INC.	GULF OIL CORPORATION
造船所	三井造船・玉野造船所	新三菱重工業・神戸造船所	川崎重工業株式会社

あなたのボートに
スウェーデン生れの

VOLVO PENTA

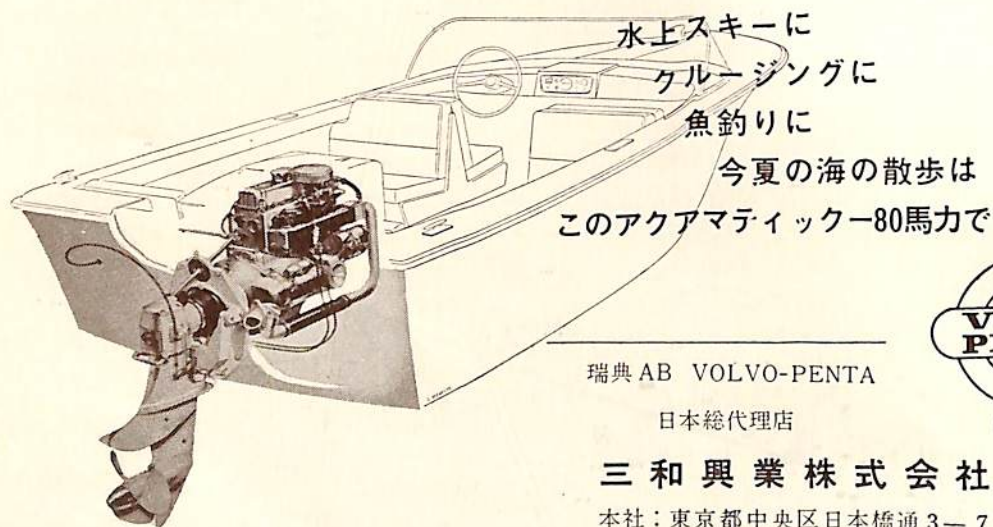
AQUAMATIC を

THE INBOARD ENGINE WITH THE OUTBOARD DRIVE

米国のオレンジボウル レガッタ 耐久レース、
マイアミーナッソー間の海洋耐久レース等に毎
年第一位を獲得しているボート！
これにはいつもこのアクアマティックが取付け
られています



燃料消費は通常船外機の約60パーセント、面倒なオイルの混合の
手間もありません。取付けも簡単。エンジンベッドは全く不要。
運転は乗用車と同じ手軽さで而も耐久力は船外機中随一



水上スキーに

クルージングに

魚釣りに

今夏の海の散歩は

このアクアマティック-80馬力で

瑞典 AB VOLVO-PENTA

日本総代理店

三和興業株式会社

本社：東京都中央区日本橋通3-7

TEL.(281)3531(代)

大阪：大阪市北区曾根崎新地3-47

TEL.大阪(36)9225(代)

御請求次第、カタログ御送り致します



NR. 5

スウェーデン

Göta verken 社船用品

LODICATOR (LOAD DISTRIBUTION INDICATOR)



TYPE L-3

LODICATOR は積荷のunbalance による船体縦方向のbending stress を事前に算出して事故を未然に防止するものであると同時に前後吃水の差即ち trimを算出することが出来ます。

STALODICATOR は更に船のstability (復原性) 即ち安定度をも合せ得られます。

適用船

LODICATOR→TANKER, BULKCARRIER

STALODICATOR→CARGO

TANK VENTILATOR



荷下し後のタンカーの油槽に充満する爆発性ガスを排除するため、ゲータフェルケン社から、非常に簡単で能率の良い排気装置が発売されております。これを従来のガスエジェクターと比較すると、別表の様な驚異的な能率を示します。(何れも23,600立方メートルの容積のタンク5回)

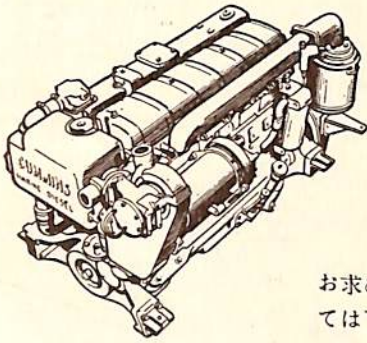
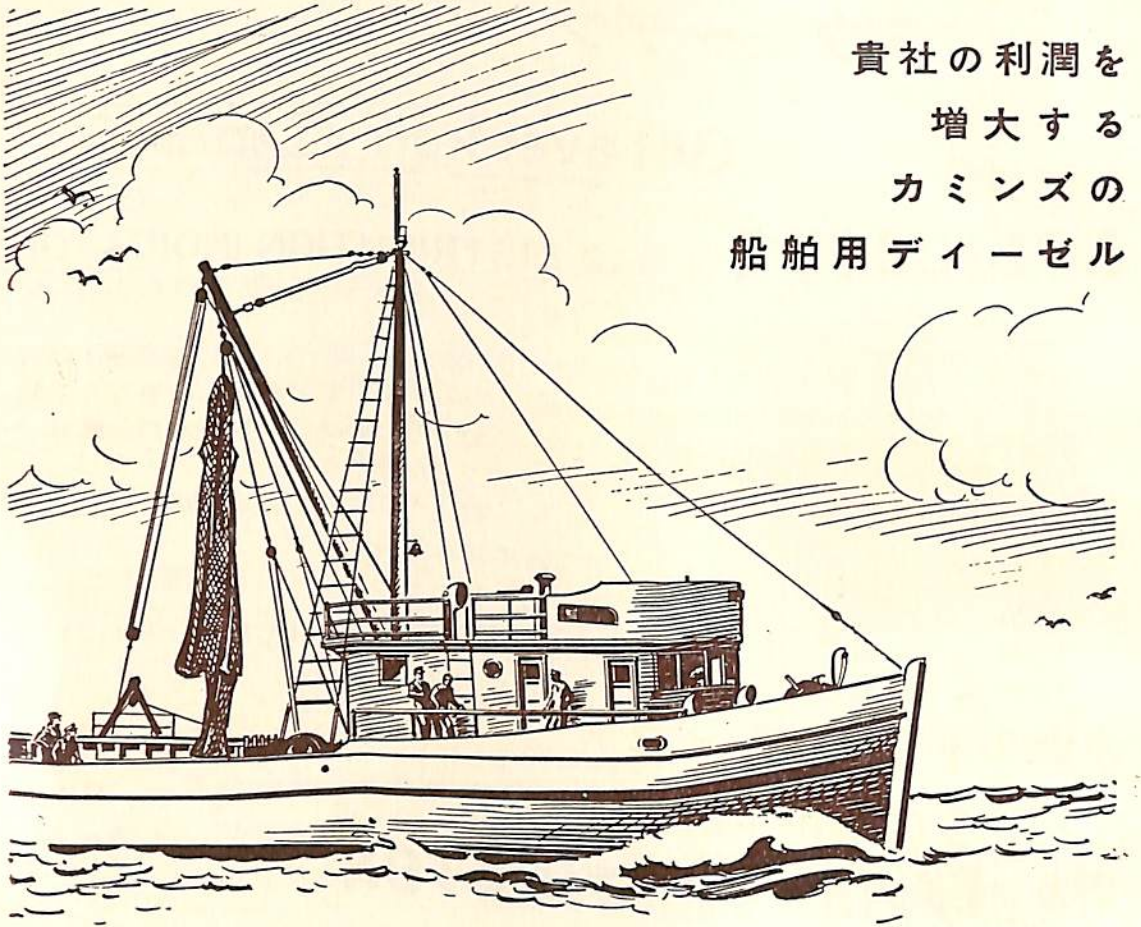
使用機械	3"φ ガスエジェクター10台	12"φ ガスエジェクター2台	タンクベンチレーター2台
所要時間	20 hrs	2 hrs	0.35 hrs
消費蒸気量	約20,000kg	約19,000kg	6,000kg



極東総代理店
株式会社 エクマン商会

本社 東京都千代田区有楽町1-10三信ビル TEL (591) 1206-8
大阪支店 大阪市北区宗是町(大ビル827号) TEL 土佐堀(44)2086・1931

貴社の利潤を
増大する
カミンズの
船舶用ディーゼル



頑丈で軽量、簡略で強力なカミンズのエンジンは 100馬力から 1,120馬力まで24種があり、各々の作業に適したディーゼルを御使用になれば貴社の利潤は増大します。

作業費を最低におさえるため、カミンズ・エンジンは4週転作動、取換可能な湿式ライナー、防塵、および信頼でき燃料を節約するPTオイル系統の諸設備を有しております。カミンズの船舶用のエンジンの色は白で、暗い船艙でも良く見え、管理を容易にします。

お求めのカミンズ・エンジンは一年間保証付で部品・サービスの御用立ては下記弊社で取扱っております。なお、カミンズ・エンジンおよび部品は米・英両国の工場で作成しております。詳細は下記弊社にお問い合わせ下さい。

CUMMINS

カミンズ・ディーゼル・エクスポート・コーポレーション

日本総代理店 - Cummins Dealer in Japan

フレイザー国際(日本)株式会社

FRAZAR INTERNATIONAL(JAPAN)LTD.

東京都千代田区丸の内2-6 八重洲ビル401号

電話 (281) 4431-5

大阪・江商ビル(23)5948/9 札幌・日機サービス内(3)2755



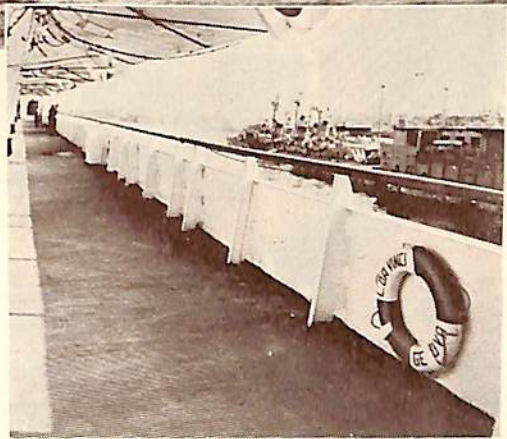
現在就航中の最大のイタリアの新客船“レオナルドダヴィンチ”号はその構造に船舶設計上の数多くの最新技術を体現している。

レオナルドダヴィンチ号の ネオプレンの甲板上張りは 費用を節減し…

安全性を増加します

イタリアの新客船“レオナルドダヴィンチ”号の独特な甲板構造はデュポンのネオプレンを次のように利用しています。まず、ネオブレン弾性コンクリートの下張りを敷き、鉄甲板上に滑らかな吸音性、耐腐蝕性の保護覆いにします。次に、その上に溝を付けたネオプレンのマットを敷きます。そして、二枚の層はネオプレンを基材とした接着剤でしっかりと密着され、こうして実際上は一体構造となります。

この甲板構造の使用を決定したのは幾つかの重要な利点のためでした。このネオブレン甲板は摩耗、油およびグリースに耐え、また日光と外気への常時曝露にも耐抗し



ます。更にネオブレンは耐焰性で火災の危険を減じます。このネオブレン甲板の設備費は従来の木造甲板より50%も安く、砂で磨いたりコーキングのやり直しをする必要がないため営繕費は減少します。この甲板の重量は木造甲板の僅か2/3しかありませんから、重量軽減もまた重要な要因です。

デュポンのエラストマーについての細はお取引の販売店にお問合せ下さい。資料をご希望の方はどうぞクーポンをご利用下さい。

製造元 E. I. du Pont de Nemours & Co., (Inc.)
Wilmington, Delaware, U. S. A.

DU PONT NEOPRENE



REG. U. S. PAT. OFF.
創立1802

化学を通じ……より良き生活のため、より良き製品を

DU PONT 日本総代理店

アメリカン・トレーディング・カンパニー

(ジャパン) リミテッド

東京都港区芝公園7号地の1 SKFビル 電話 (431) 5140-9
大阪市南区安堂寺橋通り2の47 電話 (26) 6593-8

(御芳名)

(所属部署)

(御社名)

(御住所)

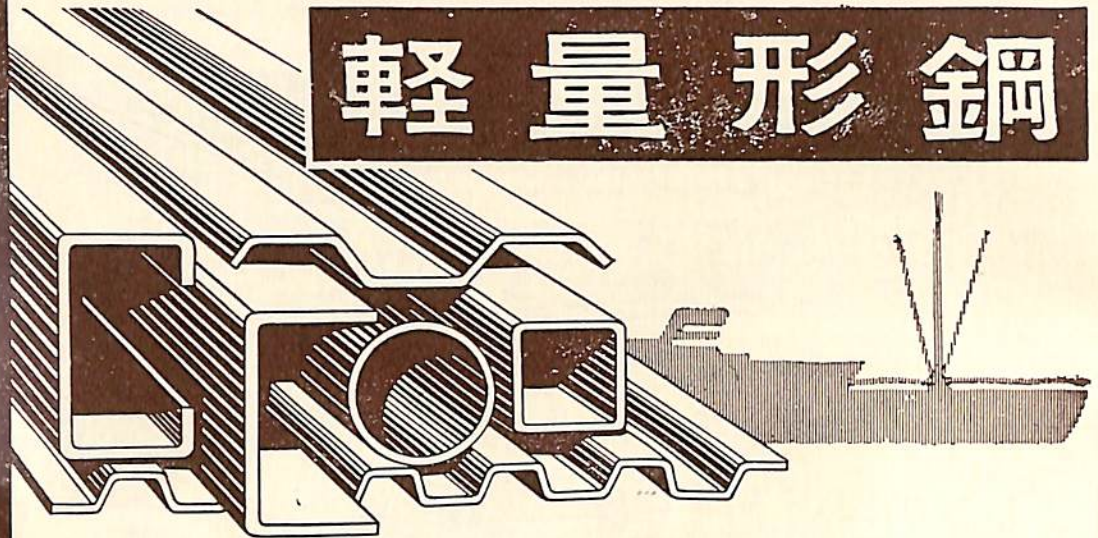
このクーポンをお切取りの上、上記代理店宛お送り下さい。
資料を差し上げます。

"Shipping" 5/61-J.

新らしい時代の新らしい船舶の

艤装材料

軽量形鋼



Econ Steel



用途

舷梯に・岸壁梯子に
 グレーティングに
 ハッチカバーに
 ホールド
 スパーリングに
 船室間仕切材に
 其他室内艤装に



八幡エコンスチール株式会社

旧社名 中之島製鋼株式会社
 本社 東京都中央区日本橋江戸橋3丁目2(第2丸善ビル)
 電代表 (201) 9 2 6 1
 大阪事業所 大阪市東区弁天町4 電代表 (94) 5031・6031
 東京工場 東京都足立区千住閑屋町38 電 (881) 6141-4

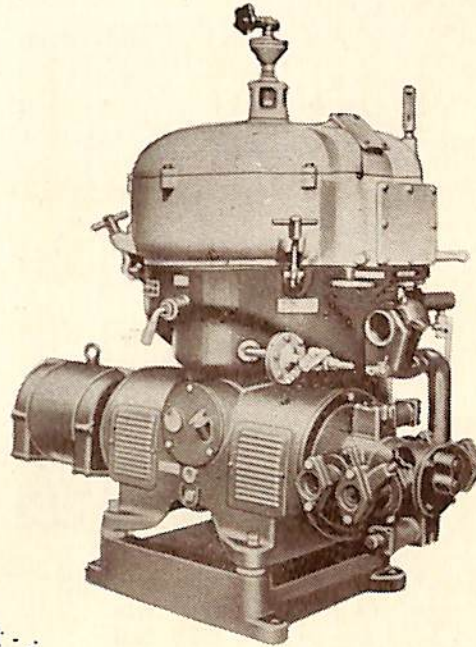


八幡製鐵株式会社

機関室の自動化に!

WESTFALIA
SEPARATOR

バンカー油清浄に
世界最高の性能を誇る...



SAOG4516型

WESTFALIA

油清浄機

S A O G 型 (自動清浄型)
O N 型 (標準型)
加熱ヒーター、自動開閉弁
その他の附属品

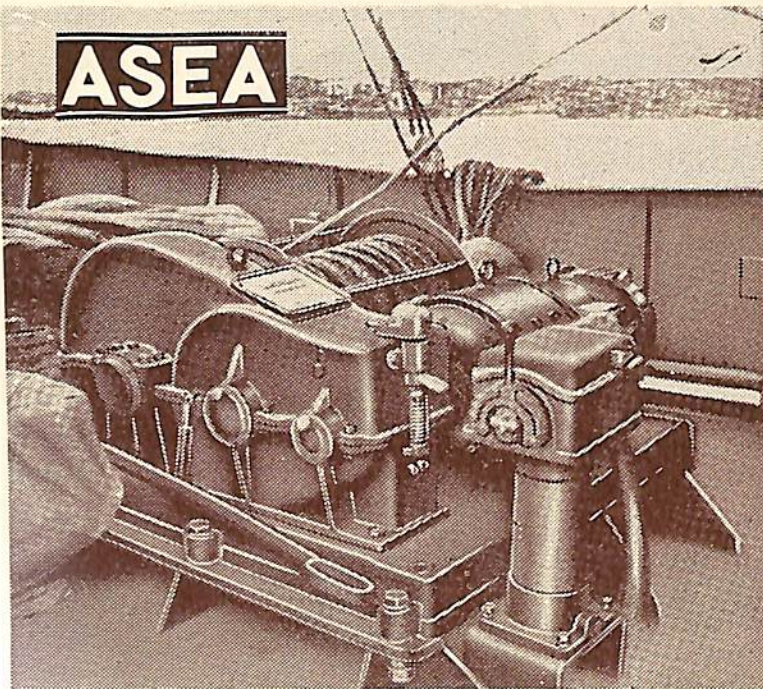
西独逸ウェストファリヤ・セパレーター社日本総代理店



日精株式会社機械部

本 社 東京都港区芝田村町2丁目12番地
電 話 東京 (591) 8341 (代)
営 業 所 大阪・名古屋・小倉

ASEA



世界的に有名な…
スウェーデン・アセア社
製造による甲板機械！

アセア

交流 カ ー ゴ ウ ィ ン チ
 〃 ワ ー ピ ン グ ウ ィ ン チ
 〃 テ ン シ ョ ン ウ ィ ン チ
 〃 キ ャ プ ス タ ン
 〃 ウ ィ ン ド ラ ス
 〃 デ ッ キ ク レ ー ン

特 長:

操 作 上 の 信 頼 性
簡 便 な る 維 持
低 廉 な る 価 格

アセア交流甲板機械は、すべて
ワードレオナード式です



日本総代理店
株式会社 **ガデリウス商会**

東京都港区赤坂伝馬町3-19 電話(408)代表2131・2141
神戸市生田区京町67モーションビル 電話(39)代表 0701
福岡市上社ノ堂町26ナショナルビル 電話(3)代表 4134

〜 営 業 品 目 〜

- ◇東京機械株式会社製品
中村式浦賀操舵テレモーター
浦賀電動油圧舵取装置(型各種)
全密閉型汽動揚貨機
揚錨機、揚貨機、繫船機
(各汽動及電動)
(テンションウインチ)
- ◇北辰電機株式会社製品
C-プラート転輪羅針儀
単、複式オートパイロット
コースレコーダー及ログ
- ◇株式会社御法川工場製品
船用自動石炭燃焼機
船用重油噴燃装置
- ◇岡野バルブ製造株式会社製品
船用一高温、高圧バルブ
- ◇品川機械株式会社製品
テラバル型船用油清浄機
- ◇東方電機株式会社製品
船用気象模写受信装置
- ◇日本ヴィクトリック株式会社製品
ヴィクトリックジョイント各種
- ◇東京・北辰協同製作
北辰中村式オートパイロット
テレモーター

ABC

洋野物産株式会社 機械部

東京都丸の内一丁目六番地の一 東京海上ビル新館8階
電話 東京 281局(代表)4521, 4531, 4541(直通)9103-5
大阪・名古屋・門司・仙台・札幌・横浜・高松・広島・長崎・四日市

川野田

PORTLAND CEMENT



ONODA

社長 安藤 豊 禄

小野田セメントK.K.

東京・丸の内・鉄鋼ビル

八幡製鐵の
造船用鋼材

厚	板
形	鋼
棒	鋼

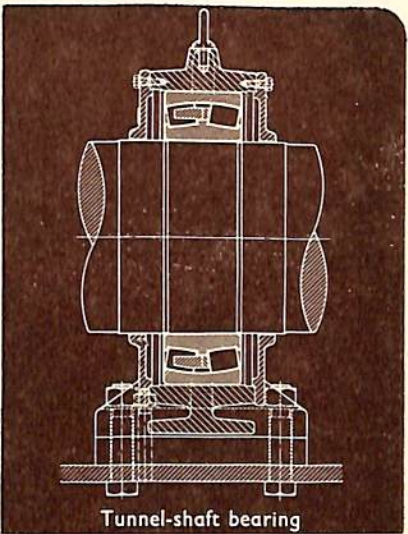


八幡製鐵

よい鉄・よい鋼 ©

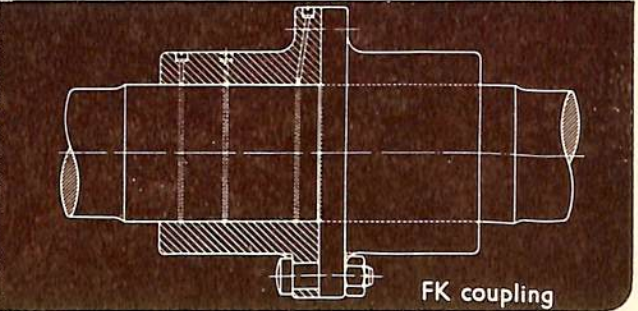
保守の安易
と
最高の信頼度
のために

船舶用SKFトンネル・シャフト・ベ
アリング及びカップリングの御使用を乞ふ

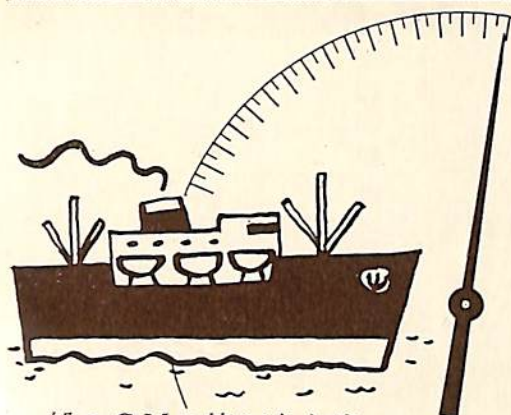


SKF

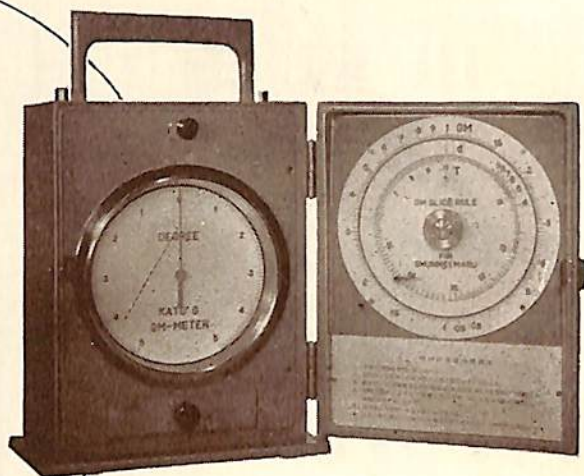
日本エス・ケイ・エフ興業株式会社
東京都港区芝公園七号地の一
電話 芝(431)0517・1593・3248



加藤式 GM 計測器



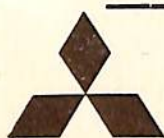
船の GM の値があらゆる積荷状態に対して
極めて簡単に
極めて迅速に
極めて正確に
得られます



東京大学加藤弘教授御指導

株式会社 石原製作所

東京都練馬区中村町 3 - 818
電話 練馬 (991) 1887 番



三菱防蝕亜鉛

CATHODIC PROTECTION ZINC

CPZ

CPZ の用途

各種船舶の外板, バラストタンク
推進器軸, 繫留ブイ, 浮ドック
港湾施設 (鋼矢板岸壁, 水門扉, 閘門, 棧橋)



船尾に取付けた CPZ-8F

三菱金属鋳業株式会社

東京都千代田区大手町 1 丁目 6 番地 (大手ビル) 電話 (231) 2431, 3321, 4311
営業所 大阪, 札幌, 仙台, 新潟, 名古屋, 広島, 福岡

総代理店・三菱商事株式会社

設計施工・日本防蝕工業株式会社

天然社・海技入門選書

船の保存整備	東京商船大助教授	鞠谷宏士	A5	130頁	¥ 250
船舶の構造及び設備器具	東京商船大助教授	鞠谷宏士	"	160頁	¥ 350
沿岸航法	東京商船大助教授	上坂太郎	"	160頁	¥ 280
推測および天文航法	東京商船大教授	豊田清治	"	160頁	¥ 280
航海法規	東京商船大学教授	横田利雄	"	140頁	¥ 230
海軍法規	東京商船大学教授	横田利雄	"	160頁	¥ 340
海上運送と貨物の船積説 (前篇)海上運送概説	東京商船大学教授	田中岩吉	"	140頁	¥ 260
海上運送と貨物の船積説 (後篇)貨物の船積	東京商船大学教授	田中岩吉	"	170頁	¥ 330
船用プロペラ	東京商船大学教授	野原威男	"	104頁	¥ 180
船舶運航要務	東京商船大助教授	中島保司	"	170頁	¥ 300
航海計器学入門	東京商船大助教授	庄司和民	"	160頁	¥ 320
操船と応急	東京商船大学教授	米田謙次郎	"	130頁	¥ 230
船用内燃機関(上巻)	前東京高等商船教授	小方愛朔	"	170頁	¥ 300
船用内燃機関(下巻)	"	小方愛朔	"	190頁	¥ 320
蒸気機関	東京商船大学教授	清宮貞	"	90頁	¥ 180
船用電気の基礎	東京商船大助教授	伊丹潔	"	180頁	¥ 360
燃料・潤滑	東京商船大助教授	宮島時三	"	200頁	¥ 350
電波航法入門	東京商船大学教授	鮫島直人	"	200頁	¥ 360
新 刊					
船の強度と安定性	東京商船大学教授	野原威男	A5	155頁	¥ 320
以 下 統 刊					
海洋気象	東京商船大学教授	浅井栄資	A5	未 定	
指 庄 図	運輸省海官 迎 接 試 験	西田寛	"	"	
船用材料	東京商船大学教授	賀田秀夫	"	"	
ボ イ ラ 用 水	東京商船大学教授	賀田秀夫	"	"	
機械の運動と力学	東京商船大助教授	小山正一	"	"	
機械工作・材料力学	東京商船大助教授 " "	小山正一 真 田 茂	"	"	
船用汽罐	東京商船大学教授	真壁忠吉	"	"	
船用補機	東京商船大助教授	小川武	"	"	

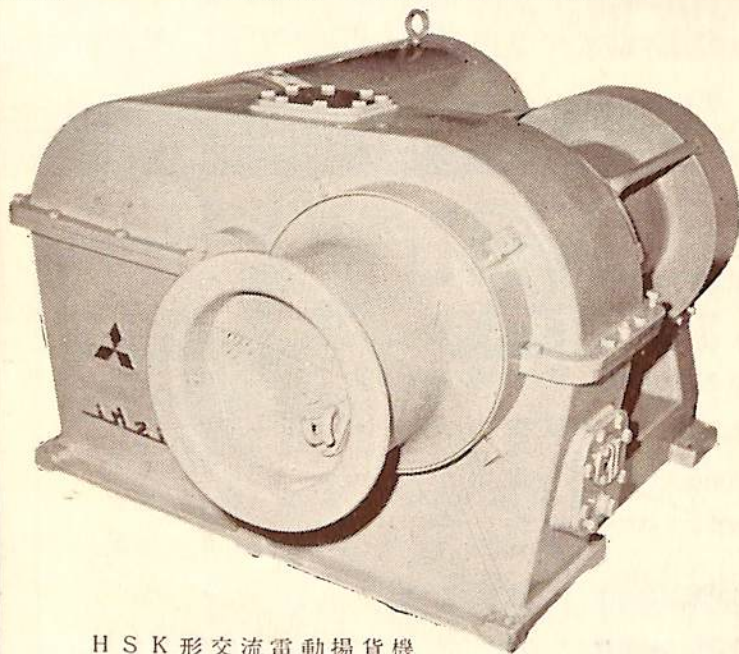
船舶交流化に優秀な三菱極数変換式ウインチ

三菱電機の 電動揚貨機

このウインチは現在もつとも多く使われているワード・レオナード方式の欠点を改良、カゴ形三相誘導電動機を使って極数を三段に切換えてウインチの速度変換を行います。したがって新形ウインチは整流子・集電環など整備や注油にもつとも手のかかる部分がなくなりました。また電源の自励交流発電機と組合せれば電圧の変動が少なく、安価な貨物船の交流電化を行うことができます。

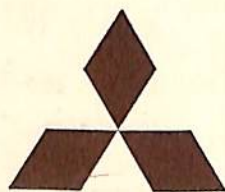


- 機構簡易で、すえ付面積少なく保守が容易です
- 過激な操作にも、安全で円滑な運転ができる
- すぐれた性能です
- 価格は安価で、船価低減に役立ちます



HSK形交流電動揚貨機

三菱電機株式会社



Remotograph System による 船殻内業工場の近代化について

吉田 俊夫
川崎重工業株式会社・工学博士

§1 ま え が き

最近数年間にわたるわが国の造船所における船殻内業合理化路線は、いずれも縮尺現図をもとにした拡大投影による罫書 (Photo marking) と Monopol, Sicomat, Unigraph 等の拡大切斷機の採用によつて進められて来た。特に Monopol 方式は昭和30年頃よりわが国造船界に非常な勢いで普及して来た。著者は、Monopol を始めこれ等の方式に対して強い関心をもつて来たが、諸般の状況を詳細に検討した結果、以下に詳述する Remotograph system を完成することとなつた。本方式の根本思想は、先に“Future shipyard method” Ship Building and Shipping Record, 1960 に記述した通りであるが、簡単に従来の拡大方式との差異について述べて見たい。Remotograph system は端的に云つて、Photo marking と Monopol 等の拡大切斷機の長所を組合せたものと考えてよい。切斷を主体に考えられた Monopol 等における重大な欠点は、現状のガス切斷法による限り、平均切斷速度は400~500 mm/min という低速に甘んじなければならぬことである。従つて

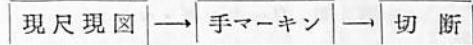
1. 拡大切斷態勢に全面的に移行する場合は多数のこの種機械の設置を必要とし、広大な工場床面積と多額の設備投資を必要とする。
2. 所要量の拡大切斷機が得られない場合は、縮尺現図と現尺現図の併置等凡ゆる作業が二元化し、むしろ工数の増加を生じて合理化に逆行する結果を招来する。

ことになる。著者は、罫書作業に対してはガス切斷法の如く作業速度に制限のないことに着目し、昭和32年頃より、川重一神戸工業の共同研究によつて高速罫書を目的とした拡大罫書切斷機 Remotograph の試作を行ない、昭和35年4月その第1号機を完成し、同年10月より稼動を開始した。引続いて2号機を本年4月より稼動せしむべく目下製作を急いでいる。本機を2~3台設備することによつて、完全に縮尺現図一自動罫書を行ない、比較的少額な設備投資によつて、現状の工場配置に影響を与えずに合理化の実を上げ得るものと確信している。Remotograph によつて自動的に罫書の行なわれた部材は、Remotograph につながる切斷コンベア上において従来の型式による自動ガス切斷が行なわれる。しかしながら、本機の開発の根底をなすものは経済性と生産

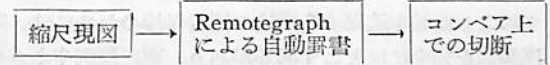
性であつて、ガス切斷にかわる高速切斷法、例えばプラズマジェットによる切斷等が実用化された際においては、本機は当然高速切斷を主目的としたものにかわるものであることを附言しておきたい。

§2. Remotograph system について

遠隔制御拡大罫書切斷機 Remotograph は、



で行なわれていた従来の加工方式を、Remotograph を中心にして、



にかえた。この一連の工作法をわれわれは Remotograph system と呼んでいる。

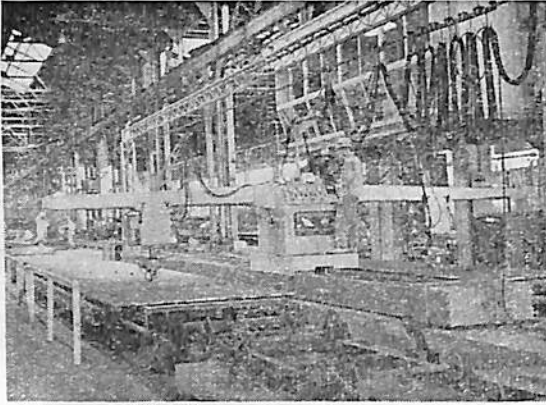
2.1 Remotograph の概要

Remotograph は 1/10 scale の精密製図をもとにして遠隔制御により現寸大に罫書または切斷を行なう機械であつて、第1図および第2図に示す如く、制御部であるパイロット・マシンと罫書切斷を行なうワーキング・マシンよりなつており、相互の連絡はすべて電氣的に行なわれる。本機の機能および性能上特筆されるものは次の二点である。

1. 制御部と作業部が完全に分離している。



第1図 パイロット・マシン



第2図 ワーキング・マシン

現在わが国の造船所で多く採用されている Monopol 等は制御部と作業部の連絡が機械的に直結されている。したがって 1/10 scale の原画あるいは 1/100 程度のネガにより曲線を追尾する機構の精度保持のためには、防塵装置を完全にほどこす必要があり、更に原画やネガの作製に当り温度、湿度のコントロールがやかましく云われると同様に、パイロット・パートにおける原画、ネガ等の伸縮を防止するための配慮が当然必要となってくる。Remotograph においては、曲線の追尾機構を電気的なものとしているので、制御部と作業部を完全に分離することが出来るため、重要なパイロット・マシンのみを切りはなして、温度、湿度の調節可能な防塵室に収めてこれを保護することが可能である。また、簡単な切換により任意のワーキング・マシンの選択、あるいは 1 台のパイロット・マシンより 2 台以上のワーキング・マシンに指令を発することも可能である。

2. 罫書を主目的とした高速機械である。

Monopol, Sicomat 等現在使用されているすべての拡大方式は、ガス切断を目的とする低速作業機械であつて、その 1 台の切断能力は、小型自動ガス切断機と対等である。ガス切断の速度は、鉄と酸素の化学反応速度、鉄の熱伝導速度等その本質をかえることが出来ぬ以上、既に限界点に達していると考えられ、高能率化の方法は重ね切断あるいはマルチプル・カッティング等によるか、切断の実質的な作業率を増すように考えねばならぬ。造船用として計画された拡大切断機は多くの場合左右対称の切断を行いうるよう計画され通常 2 本のガス切断トーチ・ブロックを装備されている。実体作業の率を増加させるためには一筆書きに切断が行われるが、反面共通切断線がすべて 2-pass となり切断線の増加傾向を示すため、周期的な作業能率を期待することに無理がある。またガス切断の稼働率のみを考えるならば、切断コンベア上にて

切断する等の手段によつても改善することも可能である。従つて、月産 6,000 吨程度を加工する船殻内業工場を対象として考えると、かかる拡大切断機を多数必要とし、かつレイ・アウトに苦慮する仕儀となる。所要設備費と面積を検出することは、既設の工場にとつて非常に大きな負担とならざるを得ない。著者等は、罫書速度は機械的な手段によつて幾らでも高速にし得ることに着目し、本機をガス切断速度の数倍ないし十数倍の速度をもつた罫書機とした。罫書能力を左右するものは、罫書そのものでなく、曲線を追従する本機の機構そのものであり、著者等の苦心の大半は高速で追尾出来る機構を製作することに払われた。Remotograph 完成後の実績経験より考えて、鋼材加工重量月産 6,000 吨に対しては 2~3 台を設置すれば充分である。

2.2 Remotograph の計画性能について

第 1 表に、昭和 35 年 4 月、工場据付を完了した 1 号機と、昭和 36 年 4 月に据付完了を目標として製作中の 2 号機の概略性能を示す。1 号機と 2 号機における性能の差異は諸般の外的要因によるもので、特に 1 号機を計画してから 2 号機の製作に着手するまでの 2 年余の間におけるエレクトロニクスの分野での進歩は、本機より人間の介在を完全に排除することが可能となつた。

以下、Remotograph の性能決定の経緯と性能の細部について二三記すことにする。

1. 作業長および作業幅

1 号機を計画した昭和 32 年当時において、造船用鋼板の最大標準長さおよび幅はそれぞれ 40 呎、6 呎であり、特殊幅として 2.400 m までのものが使用されていたため、本機の計画に当つて作業幅 2.500 m、作業長 12.500 m を採用した。その後鋼板の標準幅は 2.200 m になり、3.600 m の広幅鋼板も供給されるに到つた。一方長さの点では、タンカーにおけるタンク長を 13.500 m~15.500 m とした方が構造上有利となつて来たので、鋼板寸法の見通しと機械の取扱い並びに構造の点を総合的に考え、2 号機に対する作業範囲を第 1 表の如くに定めた。

第 1 表 Remotograph の作業能力
(No. 2 R. G. については計画値)

項 目	1 号 機		2 号 機	
	パイロットマシン	ワーキングマシン	パイロットマシン	ワーキングマシン
作業長	1M350	12M500	1M550	15M500
作業幅	350	2M500×2	360	3M100×2
切断速度	mm/min 30~70	mm/min 300~700	mm/min 16~74	mm/min 180~740
罫書速度	400~700	4000~7000	60~300	600~3000
追尾方式	ライトクロス		エレクトリックアイ	

第2表 鋼板1枚当り野書長、切断長調査实例 (油槽船)

調査番号	取 材 内 容	鋼 板 寸 法	重 量 (W)	作 業 長		切 断 長 / 重 量 (C/W)	野 書 長 / 切 断 長 (M/C)
				野 書 長 (M)	切 断 長 (C)		
1	二重底内底板	18×1,929×10,250	2,649	63.250	34.800	13.1	1.82
2	フロア ガ-ダ	14×1,829×9,250	1,860	100.750	49.950	26.9	2.02
3	フロア	14×1,829×12,192	2,451	180.000	62.390	25.6	2.87
4	ボトム トランス	14×2,000×12,000	2,638	86.700	60.450	22.9	1.43
5	ビルジ トランス	14×2,134×12,400	2,908	158.650	62.250	21.4	2.55
6	ボトム トランス トランス付ブラケット	14×1,524×12,192	1,852	152.000	81.000	43.8	1.88
7	船首構造 トリソナルガ-ダ ピラー・ブラケット	12×6'×40'	2,100	170.000	93.000	44.2	1.83
8	縦通隔壁 フィスチーフ ブラケット	11.5×1,600×7,500	1,083	72.100	34.480	31.8	2.08
9	船尾橋甲板主板	10×6'×30'	1,313	71.300	37.510	28.5	1.80
10	上部構造室壁主板	6.5×4'×30'	0,569	88.900	31,200	54.8	2.85

第3表 加工系列別の作業比率

船 型	項 目	鋼 板				型 鋼	合 計	
		型 切 断		フ レ ム プ レ ー	共 の 他			小 計
		重 ね 切 断	非 共 通 材					
10,000 D.W.T 貨 物 船	数 量	0	1,300枚	530枚	20枚	1,850枚	1,700本	3,550
	重量(INV)	0	1,575 T	900 T	25 T	2,500T	430T	2,930T
	重量(NET)	0	1,380 T	840 T	20 T	2,240T	350T	2,590T
	切 断 長	0	44,600M	16,000M	1,000 M	61,600M	5,400M	67,000M
40,000 D.W.T 油 槽 船	数 量	380枚	2,480枚	1,400枚	40枚	4,300枚	4,200本	8,500
	重量(INV)	650 T	4,200 T	3,430T	70 T	8,350T	1,650T	1,000T
	重量(NET)	590 T	3,860 T	3,250 T	60 T	7,760T	1,500T	9,260T
	切 断 長	21,000 M	9,6500M	50,000M	2,500M	170,000M	10,000M	180,000M

2. 野書速度の設定

Remotograph の計画の初期の段階においては、月間鋼材加工重量 6,000 噸を基礎にして、設置可能な台数より、野書速度の設定を行った。野書長に対しては従来の実績がないために多くの仮定を設けて推定したが、野書の施工法如何によつて野書長は大幅にかわるものである範囲をとることにした。一方切断長に対しては能率管理上の数値として実績もかなり正確に把握されていた。第2表は 40,000 D/W 型油槽船の代表的な切図により野書長と切断長を比較したものでこれより野書長をほぼ推定することが可能である。第3表は、10,000D/W 型標準貨物船と 40,000 D/W 型油槽船の加工系列別の野書長等の数値を算定したものであるが、表中型切断の部分 Remotograph の対象となる部分である。これより貨物船 25% 油槽船 75% 程度とし、重ね切断の平均重ね枚数を 6 枚と仮定すれば、月間 6,000 噸の加工重量に対する Remotograph による野書長は約 150,000 mm

(野書長/切断長=2.1) となる。1 台当りの稼働時間を月 250 時間と仮定した場合の延使用台数を 2~4 台に対する所要平均野書速度は 5~2.5 m/min となる。実際に当社における配置上の設置可能台数 3 台にたいし、昼夜交代作業により延使用台数を倍加することも可能であり、更に一般の型ガス切断技術の発達と設計の標準化により野書長そのものも短くすることが可能であるから、実際設備台数を 2 台 (将来 3 台) とし、平均野書能率をガス切断速度の 5 倍 (2.5 m/min) 程度を得るように考え、Remotograph 計画時における最大野書速度の目標を 6 m/min とした。

Remotograph の機構上、高精度の高速野書の直面する技術的な問題として、次の点が検討の対象となつた。
すなわち、

- 1) 従来製品化されている Monopol, Sicomat, Telex, Unigraph あるいは国産の Servograph. KT-100 等はいずれもガス切断を目的とした低速機であり、機

構上同じ系列に属する Remotograph にガス切断の10倍に近い高速度を要求し得るかどうかは本構想の重要な鍵であり、当時者としてもつとも苦心した処である。これについては、機械を出来るだけ軽くすることおよびボールナット・スクリューの採用によつてイナーシャを少くし、負荷の変動を出来るだけ避けるとともに、部品の加工、組立の精度に注意を払つた。1号機完成後のテストの結果では8 m/min までは罫書速度が確保された。なお、本機のワーキング・マシンの縦行モーターは当時としては国産で最大の出力をもつ800W. D. C. サーボモーターが採用されている。

2) 曲線追跡の能力

1号機計画時においては、1/10~1/100 scale で追尾を行うことの出来るフォト・アイが国産で開発されていなかったため、止むを得ずライト・クロス方式を採用せざるを得なかつた。この方式では、曲線の追跡は人間で行うことになり、人間の能力と習熟について不安をいだかざるを得なかつた。しかしながら、1号機完成後の実績によれば、幸い船殻部材の輪郭線、部材内の基準線、補助線等の大半の罫書線は直線あるいは直線に近い曲率の小さい曲線で構成されているため、罫書速度3~4 m/min は確保され、直線部では最高罫書速度で操作することも可能であることが実証された。

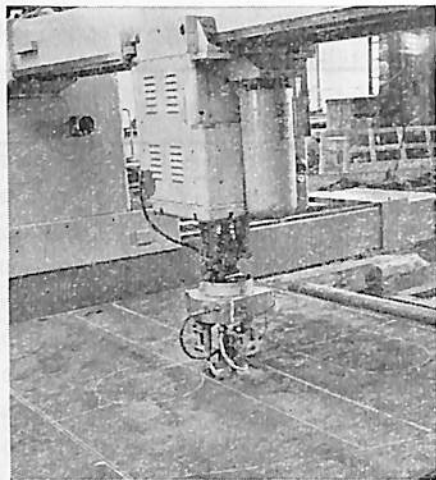
2号機においては、フォト・アイによる完全な自動化が行われることになつているが、現在までのフォト・アイによる曲線追跡の能力データとしては3.5 m/min (現寸換算) までは可能であり、これ以上は未知である。従つて、2号機における罫書速度は3.5 m/min に設定をして計画されたが、3.5 m/min の壁を破ることは、2号機完成後の宿題として残されている。

3. 罫書具

罫書の方法は、第3図に示すような装置により、白色塗料を圧縮空気によつて鋼板上に噴出せしめ、所要の罫書線を描くことが出来る。罫書線の断続はパイロット・マシンより電氣的に制御される。

4. 切断性能

Remotograph は罫書作業に重点を置いた機械であるが、ガス切断も行いうるよう計画されている。速度はクラッチにより切断速度に切りかえる。切断形状はI型切断および2本の切断トーチによりV型の切断まで行うことが可能である。トーチの高さのコントロールは電氣的な手段で行い、トーチの回転は常にパイロット・マシンにおける曲線追跡の切線方向を指向するように計画し



第3図 マーキング・チップ

た。

2.3 Remotograph system について

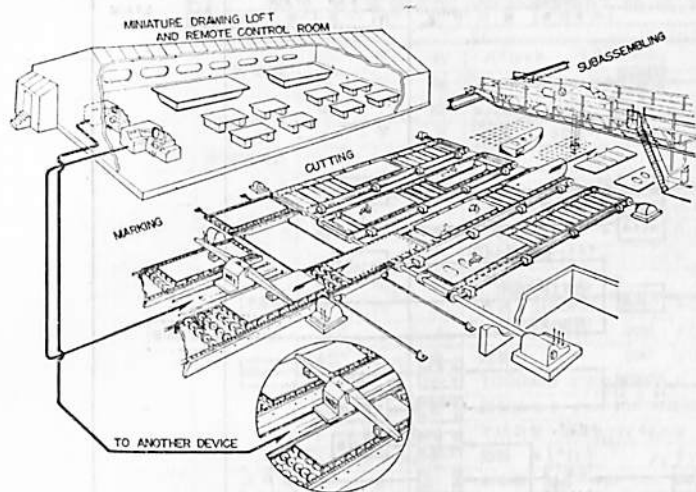
1. Remotograph による生産態勢

原則として、従来罫書を行なつているすべての部材は Remotograph の対象となるが、切断前に罫書を要しない例えば中央部の外板、甲板等、あるいは Remotograph の稼働率を著しく低下せしめるおそれのあるものは除外することにしている。従つて、Remotograph を通過しないものとしては、

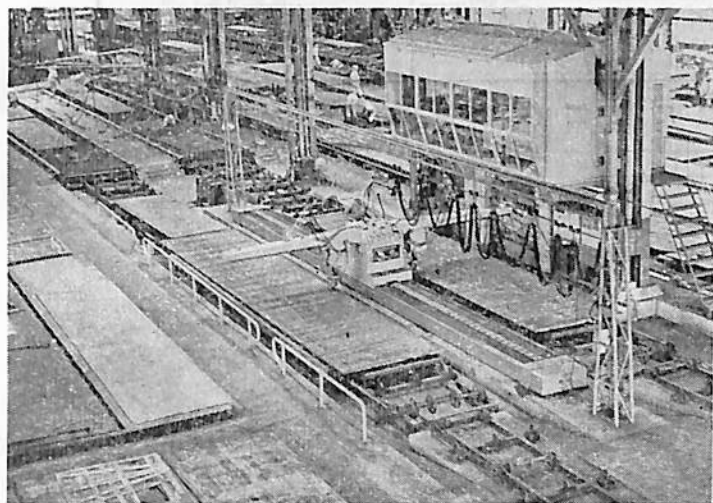
- 1) ノー・マーキングで加工組立を行なうことの出来るもの。
- 2) 重ねガス切断で処理し得るものは種板のみとする
- 3) フレームプレーナ加工機で罫書内容の簡単なもの
- 4) 残材より取材するもの

などである。

本章の冒頭に記したごとく、新しい船殻内業工場の生産態勢は、縮尺現図→Remotograph→ガス切断のラインで行われるわけであるが、これに対応した附帯設備、管理方式、工作法の改善も逐次行われている。第4図は Remotograph system の構想図を示し、第5図の写真は実際に設備した状況を示している。パイロット・マシンは工事連絡の便宜を図るため、構想図のように縮尺現図室におかず、ワーキング・マシンを見通せる位置に設定した。Remotograph およびその前後には駆動コンベアを配置し、天井走行起重機をかりずに鋼材の搬入から、ガス切断終了までの移動を円滑に行なわしめ、運搬のためのロスを排除するように計画された。コンベアの型式はローラー・コンベア、チェン・コンベアを適宜に採用した。特に切断コンベアに対しては、一定の速度で駆動



第4図 計画時の“Remotograph System”の全貌



第5図 Remotograph を中心とした lay-out

しながら、コンベア上で切断を行なわせ、切断と切断後の材料の集積を分離してそのための無駄な時間が排除された。

2. 縮尺現図法

Remotograph に対する縮尺現図は、Photomarking あるいは Monopol などの場合と本質的には差はないが、本方式は先に述べたごとく、原則としてすべての部材の罫書をこれで行なう能力をもつために、一貫した縮尺現図を実施することが可能となつた。そのため、現図工場床面積、副資材などの低減以外に、工程管理、施工法管理などの管理密度が飛躍的に増大した。第6図は縮尺現図作業の系統図を示すものである。1/10 scale の縮尺現画以外の作業は、縮尺現図を伴う工作法に共通に

必要な作業であるが、施工の出発点はすべて縮尺現図に集められている。縮尺原画は 2×10^{-5} のオーダーの線膨脹率をもつたポリエステル系フィルムにペリカン・ペンで画かれる。線の太さは曲線追跡の方式によつて決まるが、通常 0.1 mm 程度のものが要求される。フォト・アイによる場合は線縁が追跡線となるので線の太さはある程度太目のものが要求されるが、作図の精度上より線の太さは制限をける。航空機工業で感光罫書に採用されている透明フィルムに不透明な塗料で被膜を作りこれを先のとがった針で切りとつて透明な線を出す方法も適用することが出来る。

3. 内業コストの低減

設備の近代化は主としてコストの低減を目的として行なわれ、船設内業コストを構成する主要因子は工費と鋼材である。

1) 工費の低減

Remotograph によつて直接消滅する罫書工数のほかに、縮尺現図および切断工数の低減が得られる。当社において1号機据付後の実績によれば、現図工数については未だ訓練の途上であり10%内外の低減で初期の目標には及ばないが、罫書工の一部は職種転換を余儀なくされており、ガス切断はコンベア上で行われ手待ちが排除された結果、約25%の工数が節約されることが出来た。現在までの実績によれば現

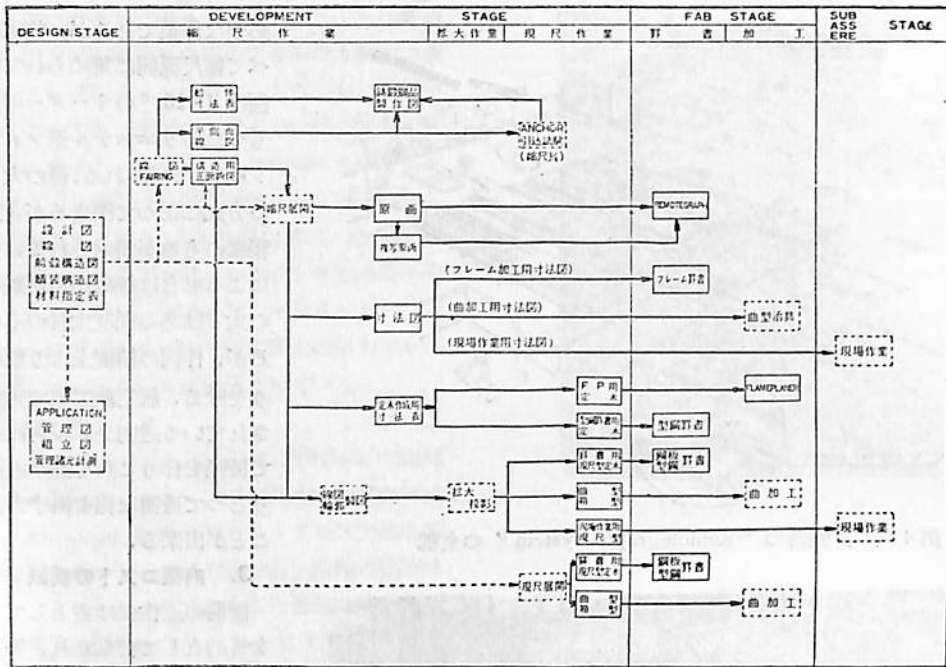
図、罫書、切断の船設内業工数は40~50%の削減を行うことは可能であると判断されている。

2) 鋼材の節約

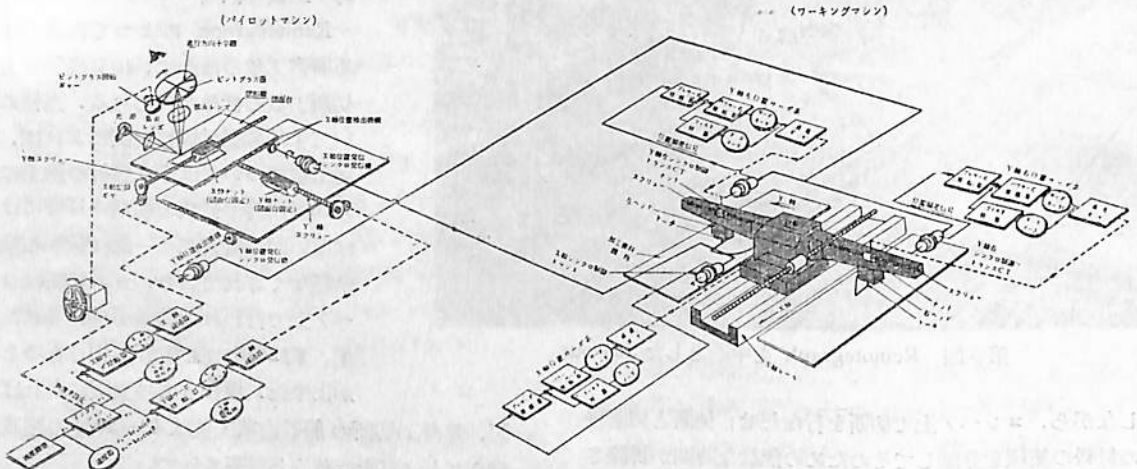
縮尺原画の恩恵は鋼材の節約の面でも有効であることが実証された。従来、鋼板よりの取材のために1/50 scale の切断図が準備されていたが、1/10 scale の正確な縮尺原画が作られるようになった結果、残材部分の使用が容易となり、スクラップ率を大幅に引下げることに成功した。

3. Remotograph の構造

第7図は Remotograph のブロック図を示す。拡大機の一般構造はダブルキャリッジ・タイプであり、本機もこ



第6図 縮尺現図作業系統図



第7図 Remotograph の原理図

れに倣った。

追尾機構は先にも述べた如く、1号機に対してはライト・クロス方式、2号機に対してはフォト・アイ方式によっているが、2号機の完成後に1号機の追尾機構もフォト・アイによる完全自動制御化が計画されている。

本機のもっとも重要な部分はインダクション・レゾルバによる複式サーボ機構である。設定速度に比例した入力電圧はレゾルバによって、鋼板の長手方向および幅方

向の速度ベクトルに比例した電圧に分解され、2個の独立したサーボ系によつて駆動される。これ等のサーボ系に良好な特性を持たせるため、フレームは高力アルミ合金鋳物により軽量化を図るとともに、廻転部および摺動部の摩擦の減少に意を用い、機械的な負荷の変動を少くすることに重点を置いた。第4表は現在稼働中の Remotograph 1号機の主要性能を示すものである。

■第4表 Remotograph 性能表

1	作業面積	作業長	パイロット 1350mm, ワーキング 12500mm	
		作業幅	" 350mm, " 2500mm×2	
2	作業速度	切断	" 30~70mm/min, " 300~700mm/min	
		マーキング	" 400~700mm/min, " 4000~7000mm/min	
3	原図縮尺	1/10		
4	精 度	速度誤差	指示値に対し ±2.5%	
		機 械 的 精 度	x 軸直線度	パイロット ±0.01mm ワーキング ±0.02mm
			y 軸直線度	" ±0.01mm " ±0.025mm
			x・y 直角度	" ±2' " ±3'
		拡大率	1000mm につき ±0.5mm	
		真円度	直径 300mm, 切断 ±0.5mm, マーキング ±1.0mm	
		90° コーナ	x・y 軸平行角 切断 ±0.5mm マーキング ±2mm	
		45° 斜行線	起動時 切断 ±0.3mm マーキング ±1.5mm	
		位置誤差	1000mm ごとに移動し 0.3以下	
		トーチ火口位置	鋼板面より ±30mm の範囲で 9mm ±2mm	
トーチ回転精度	不感角度 ±3° 1/4r.p.s で追従			
パイロット角度誤差	切断 ±1°以下 マーキング ±1°30'以下			
5	表示連絡	速度計	1.5級 MR-4型	
		ラ ン プ	作業準備完了	指令・応答
			マーキング作業	" "
			切断作業	" "
			緊急停止	赤表示
			安全リミット	表示
		インターホーン	プレストーク方式 1 式	
作業積算計	切断 最小指示 1m, マーキング 最小指示 10m			
6	ガス制御	予熱酸素	5kg/cm ² レフレクタ付, 電磁バルブ操作	
		予熱アセチレン	2kg/cm ² "	
		切断酸素	10kg/cm ² "	
		圧縮空気	10kg/cm ² "	
7	マーキング	マーキングチップ	幅 1mm 以下白色 ペイント 吹きつけ	

(注) 精度測定条件切断時 700 mm/min, マーキング時 4000 mm/min

2.4. Remotograph における問題点

4.1 最高野書速度

Remotograph の最大の盲点、高速マーキングを行なうことにあり、著者等がもつとも苦心し、危惧してきた所であつた。パイロット・マシンとワーキング・マシンの追従性能は1号機において最高 8m/min が確められているが、機体の構造の軽量化とサーボ・モータの出力の増大が得られれば、更に高速のものを期待することが出来る。また、後述のデジタル制御を行うことによつて、現在の技術で大幅な速度上昇を期待することも可能である。

一方、曲線追跡の方からは、ライト・クロス方式では人間の能力が介在し、これに限界があるために直線部分を除いては 3~4m/min が限度と考えられるようである。フォト・アイによる自動制御による場合は、現在までの実績資料は 3.5m/min までであり、これ以上の速度は未知数である。しかしながら、

- 1) 人的な誤差、錯誤を排除すること
- 2) 疲労嫌意による能率の低下を防ぎ、終始平均した作業能率を保つこと

のために、Remotograph から完全に人間を駆逐することが急務であり、2号機の製作に当り、フォト・アイの採用を重点的にとり上げた。フォト・アイの型式も多種多様であるが、Remotograph に装備せられるものは、6個のフォト・ダイオードより構成され、野書線の追従の外に、交叉線の直進、コーナー部分のスピード・ダウン、マーキング・チップの制御による野書線のコントロールと一筆書きの実施など複雑な機能を要求している。2号機完成後の興味の焦点は果たして光電アイの制御回路の能力の限界が、マーキング速度 3.5m/min の壁を破ることが出来ないかという点であり、2号機によつてこの壁を打破することを期待している。

4.2 数値制御

一般の工作機械の分野における数値制御の発展は驚くばかりであるが、造船に対してこの種機械を直ちに導入することには多少の難点がある。しかしながら、デジタル制御はアナログ制御に比し非常に高い精度を得ることができる。デジタル型のガス切断機は英国の British Oxygen and Ferranti 社において試作され、広く紹介

されているが、国内でも東芝と芝浦機械の手によつて開発され第4回大阪国際見本市において展示実演が行なわれた。しかし、造船における切断、野書は機械部品の如く直接数値化し得るものでなく、その前提として現図(縮尺現図)を行い、原画を作成する必要があるので、磁気テープ作成は計算によるよりも、アナログ的な曲線追跡を行なつてこれをデジタルに変換し、これによつてワーキング・パートを制御する方式が合理的であると考えられる。この方式の利点としては、フォト・アイの曲線追跡能力に限界があつても、パイロット・マシンの台数をふやし、パイロット側とワーキング側の磁気テープの送り速度をかえることによつて、現在の Remotograph 以上の高速度が得られることになる。なお、パイロット・マシンとワーキング・マシンは完全に切りはなすことが出来るので、パイロット・マシンの設置は縮尺現図室内でよく、工場のレイ・アウトにも好都合である。Remotograph はこの点も考慮に入れ、生産の飛躍的な増加が要求された時は直ちに現状を余り変えることなく、アナログ・デジタル方式に変換出来るように計画した。

§5. 結 言

Remotograph の完成については、実際に着手してか

ら2年余の年月を要し、その間、われわれの必要とする野書速度が得られなかつたため一度完成した機械を根本的に改造する等の苦心も払つて来た。著者は現在の Remotograph が完全なものとは考えておらず、2号機以降に対しては1号機の経験をもとにして更に改良が加えられている。しかしながら、1号機においても既に野書工の配置転換等が行なわれ、所期の目的は達せられつたと確信している。オートメーションは時代の風潮であり、今後あらゆる分野にオートメが進出することと考えられるが、オートメは徒に雇傭をへらし失業者を作るためのものではないと思つている。この種機械を国内で作る限り、大局的にはどこかで新しい雇傭を生じており、いささかなりともわれわれが国の技術に貢献し得たことを誇りに思つている次第である。

Remotograph の開発に対して、川重および神戸工業の技術陣の努力に対し感謝の意を述べたい。なお、Remotograph 第2号機の曲線追跡機構については、富士通信機工業KKの援助を仰いでいる。更に、本機開発に先立ち、三井造船において Photo marking, 播磨造船において Unigraph, 三菱重工・神戸造船並びに日立造船・因島工場において Monopol をくわしく調査させて戴いたことに対し関係者に深謝する次第である。

天然社海技入門選書・新刊

東京商船大学教授 野原威男 著

船の強度と安定性

A5判 160頁 定価 320円(〒30円)

目 次

- | | | | |
|---------------|--------------|--------------|---------------|
| 第1章 力の作用 | 5.4 局部強度 | 5.5 構造様式 | 5.6 強度の確保 |
| 1.1 力のつりあい | 1.2 力のモーメント | 1.3 重心 | 第6章 排水量 |
| 1.4 回転運動 | 1.5 振子の運動 | 1.6 水の圧力 | 6.1 シンプソンの法則 |
| 第2章 荷重と応力 | 2.1 荷重と応力 | 2.2 ビームの強さ | 2.3 柱の強さ |
| 2.4 強さの連続性 | 第3章 鋼材 | 3.1 鋼材の種類 | 3.2 鋼材の強さ |
| 第4章 リベットと溶接 | 4.1 リベット | 4.2 リベットの継手 | 4.3 タイトネス |
| 4.4 リベットの検査 | 4.5 溶接 | 4.6 溶接継手 | 4.7 溶接の利点と欠点 |
| 第5章 船の強度 | 5.1 船に加わる力 | 5.2 縦強度 | 5.3 横強度 |
| 6.2 浮力と浮心 | 6.3 重心 | 6.4 排水量 | 6.5 毎センチ排水トン数 |
| 6.6 ファイネス係数 | 第7章 復原力 | 7.1 小傾斜角の復原力 | 7.2 メタセンター |
| 7.3 傾斜試験 | 7.4 大傾斜角の復原力 | 7.5 動的復原力 | 7.6 トリム |
| 7.7 トリムの変化 | 第8章 安全性の確保 | 8.1 GMの確保 | 8.2 乾舷の確保 |
| 8.3 重心の見掛けの上昇 | 8.4 安定性の減少 | 8.5 動揺周期 | 8.6 波浪の影響 |
| 8.7 安定装置 | | | |

軸系のねじり疲れ強さ

植田 靖夫
運輸技術研究所 船機部

1. ま え が き

航行中の船舶の機関または軸系に発生する損傷事故は、海上における人命あるいは船舶の安全を極めて重大な事態に立ち至らせる可能性を持っているが、この損傷事故でもつとも始末の悪いものは正常に運転されていると思つた機械諸要素が突然に折損する場合である。この大部分はいわゆる“金属の疲れ”による材料の疲れ破壊現象であり、設計、材料、工作または取扱の不良によつて発生する。そこでこれらの事故を未然に防止するために、船用機関の主要部は主として強度の面から管海官庁または船級協会による厳重な規制が行われているが、これらの規制の根拠にはこれまでの多くの資料と経験に基づいた材料の疲れ強さが大きな比重を占めている。船用の機関軸系の疲れを論ずる場合には、その対象となる機械構造要素が必然的に大形になるが、材料の寸法が大きくなるとその疲れ強さは在来から多く行われているような外径 10 mm 前後の試験片により求めた値とは異つたものとなり、一般に大形になる程低目になり勝ちである。これを疲れの寸法効果と呼んでいるが、設計上無視できない程の値になる場合があり、しかも寸法効果は材料の寸法比のみから決まる一定な比率のものではなく、材料の種類、形状、その他多くの因子に影響されるので、確実な値を得るためには実物または実物に近い個々の大形材に直接繰返し荷重をかけて数多くの疲れ試験を行う必要がある。しかしこのためには専用の大形試験機が必要であり簡単には行えないので、大形材の疲れ資料はこれまでも非常に少なく、なお多くの実験資料が必要とされている。

この意味でわれわれは最近大形のねじり疲れ試験機を整備して、船用の軸系を主な対象とした比較的大形の試

験片による一連のねじり疲れ試験を進めてきた。実際の船の軸系にはねじり、曲げ、引張圧縮またはそれらの組合せられた繰返し荷重が作用しているが、このうちのねじり疲れのみに限定してこれまでに得られた実験資料を中心として平滑軸とその寸法効果、軸系に多く見られる段付軸、キー溝、組立フランジまたはプロペラ挿入部のテーパ押ばめ面のねじり疲れ強さ、およびプロペラ軸を対象とした腐食疲れ強さについて述べてみたい。

2. 平滑軸のねじり疲れ強さと寸法効果

疲れ強さの基礎資料としてプロペラ軸、中間軸を対象とした炭素鋼 S 20 C、クランク軸を対象とした炭素鋼 S 35 C、およびクロムモリブデン鋼 SCM 3 の平滑丸棒について、比較的大形 (50 φ~70 φ) な軸および同一材から切出した小形 (7 φ) の軸のねじり疲れ試験を行い、疲れ限度を実測した。各材料の化学成分と機械的性質は第 1 表および第 2 表に示すとおりである。炭素鋼の S 20 C は 3 例について試験しているが、それぞれ異つた鋼塊から鍛造したもので組織および機械的性質が多少異つている。このうち (A) のみは酸性平炉鋼で、他は電気炉鋼であり、いずれも 850°C の焼ならし材である。S 35 C は 850°C 焼なまし、SCM 3 は 850°C 油焼入れ、

第 1 表 化 学 成 分

鋼 種	製鋼法	C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S
S20C(A)	酸性平炉	0.22	0.23	0.42	—	—	0.028	0.034
S20C(B)	電気炉	0.21	0.27	0.56	—	—	0.023	0.019
S20C(C)	〃	0.22	0.30	0.58	—	—	0.018	0.007
S35C	〃	0.37	0.30	0.79	—	—	0.023	0.008
SCM3	〃	0.38	0.33	0.71	1.07	0.22	0.009	0.009

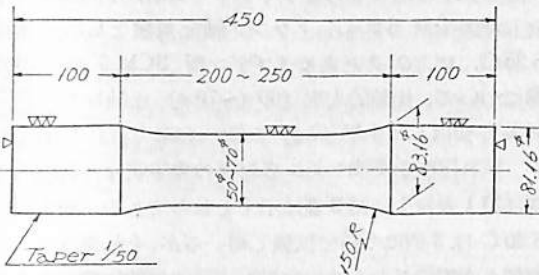
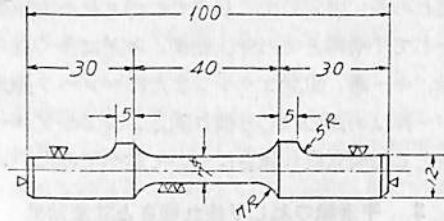
第 2 表 機 械 的 性 質

鋼 種	降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 び %	絞 り %	シャルピー kg-m/cm ²	小形ねじり 疲れ限度 kg/mm ²	大形ねじり疲 れ限度 kg/mm ²	寸法効果* %
S 20 C (A)	25.5	46.4	36.8	63.2	10.7	14.3	13.8 (50 φ) 13.6 (70 φ)	4.9
S 20 C (B)	31.0	48.5	39.5	65.3	8.6	16.4	14.0 (65 φ)	14.6
S 20 C (C)	32.6	51.1	33.5	45.0	—	—	14.5 (60 φ)	—
S 35 C	31.9	61.1	27.0	39.6	5.2	17.0	14.7 (50 φ)	13.5
SCM 3	75.8	90.5	19.1	60.5	14.8	29.5	23.0 (50 φ)	22.0

$$* \text{寸法効果} = \frac{\text{小形疲れ限度} - \text{大形疲れ限度}}{\text{小形疲れ限度}}$$

600°C 焼もどしの熱処理を施してある。

素材はインゴットをおのおの 200 mm 角のピレットに圧延してこれを更に径 90 mm の丸棒に鍛造したものであり、これから試験片を切削している。したがって最終の鍛造比はインゴットから 20~25 程度であり実際の大形軸等に較べるとかなり高い鍛造比になっている。

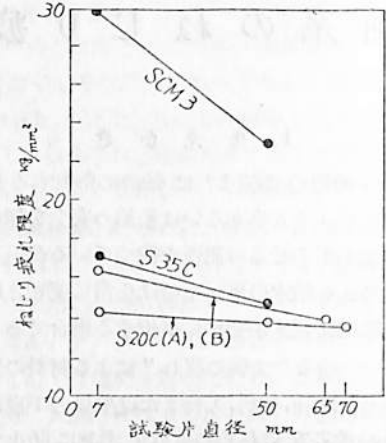


第1図 平滑軸試験片

試験片の形状は第1図にしめたようなもので、小形試験片は大形試験片の平行部に接する箇所に相当したところから切出されている。これらについて数本ずつの試験で S-N 曲線を描かせて疲れ限度を求めた。大形試験片の疲れ限度を判定する繰返し数の限度は資料が少ないので断定はできないが、今回の実験の S-N 曲線から見て 10^7 回を限度と考えて特に大きな誤差がでるとは思えない。

試験の結果は第2表にしめすような疲れ限度が得られた。これで見ると、炭素鋼の大形試験片のねじり疲れ限度は 14 kg/mm^2 前後にあるが、素材の引張強さが高くなる程僅かずつ疲れ限度も高くなる。しかし鋼材の疲れ限度に関係する影響要素は複雑であるため、引張強さと疲れ限度の間には必ずしも一定な比例関係にはない。

大形試験片の疲れ限度はいずれも小形試験片のそれより低目になっているが、これは試験片表面層の応力状態またはその他の因子が影響して、試験材の径が大きくなる程疲れ限度が低下する一般的な現象で、疲れの寸法効果と呼んでいる。そこで寸法効果による疲れ限度の低下率を求めると第2表の数値および第2図の傾向が得られる。これによると特殊鋼は一般の炭素鋼よりも寸法効果



第2図 寸法によるねじり疲れ限度の差

による低下率が甚だしい。また興味ある現象として S20C の (A) と (B) とでそれぞれ寸法効果に顕著な差が認められる。両材料は製鋼法は異なるが同規格材として同じ製鋼所でチャージされたもので、化学成分および機械的性質は大体似た値を示している。しいて言えば



S20C (A) 材



S20C (B) 材

第3図 S20C 素材の顕微鏡組織 (×50)

機械的性質から(B)の疲れ限度が幾分高目になることが予想され、実際の結果もその傾向にあるが、寸法効果に大きな差が出た点を考えると、両材料の製鋼法が異なるための材質的差が原因になっていると考えられる。そこで素材断面の顕微鏡組織を調べると第3図のようになり、(A)は大体標準組織であるが介在物検査では鍛造方向に粘性変形された硫化物系非金属介在物が全面に分布している。一方(B)では組織が鍛造方向に流れて結晶粒が細分化されているが、硫化物系の非金属介在物は(A)に較べると僅かであり、微量の酸化物系非金属介在物が散在している。したがって主としてこれらの非金属介在物の条件が原因となつて(A)の小形試験片の疲れ限度が低くなつたものと推定される。

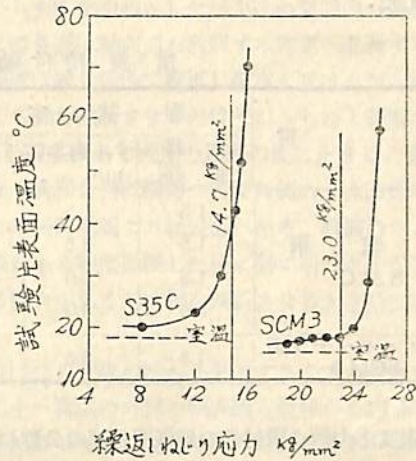
今回の寸法効果の実測は7φに対する50φ~70φのものに限られているが、これまでの寸法効果に関する諸報告によると50φまでは顕著であるが、それ以上ではあまり低下は甚だしくないようである。しかし100φ、200φになるにつれて、引続き直線的に低下するという報告もあるので、実際の船用軸のように大形材になると寸法効果による疲れ限度の低下率は更に大きなものになることが予想される。

き裂発生状態を観察すると、比較的高応力で試験する時は試験片の平行部表面に2、3箇所近接した認知可能なき裂が発生するが、一般には1箇所から発生したき裂がそのまま進展して破断する。認知可能なき裂の発生から破断までの試験繰返し数は、全試験繰返し数の約5%を占めているが、これは応力振巾の大きさによつてもほとんど変わらないので、当然ながら応力振巾の高い程き裂進展の絶対速度は速い。しかし大形の回転曲げの場合に

較べると、ねじりのき裂進行速度は相当に遅いと言える。

破断の状態は第4図の例にせよように軸線に対して20°~40°に傾斜しており、30°前後のものが多い。丸棒表面のねじりによる主応力は45°方向にあるので、ねじり破断が表面の引張り主応力のみによるものであれば、軸と45°方向に破断するはずであるが、実際の破断面はいずれもこれより小さな角度になる傾向にある。これは試験材に残る軸方向の鍛造の方向性と、軸線方向のせん断応力が影響するものと思われる。

ねじりを受ける鋼材に外部より加えられた仕事の全部が弾性エネルギーとして蓄積されれば発熱はおこらない。しかし繰返しねじりにより試験片が塑性を起し始めるとこの仕事は試験片中には残らず熱エネルギーとして放散される。したがって試験片の発熱量を測定すること



第5図 繰返し応力と表面温度の関係



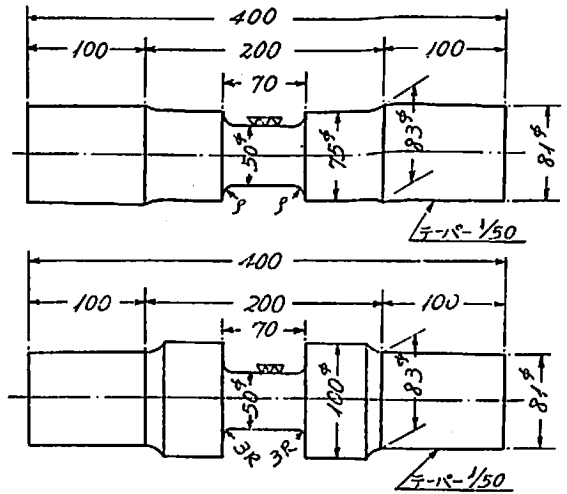
第4図 平滑軸の破断の例 (S20C (B) 材)

により、これと試験材中に生ずる疲れの進行状態との間に何等かの関連がつけられるはずである。そこで試験片を油冷却して放熱条件を一定にさせ、発熱量と表面温度が比例するものとして、試験片表面温度と繰返し応力の関係を求めてみた。これによると第5図のようになり各材料とも疲れ限度の前後から表面温度が急激に増大しており、疲れ限度の付近から結晶粒内の塑性変形が進行することをしめしている。ただしこの温度の絶対値は試験の条件により変つてくるので直接の比較にはならない。

3. 段付丸棒のねじり切欠効果

軸系には例えばフンジ接手のすみ肉部、クランク軸内のすみ肉部または段付部等の形状的の不連続点があり、これが切欠となつて応力集中を起すのでこのような部分の公称の疲れ強さは平滑軸のそれよりも低下する。切欠を有する軸の疲れ強さと、これに対応する平滑軸の疲れ強さの比を切欠係数と呼んでいる。そこで切欠の代表的例として第6図のような最小径が50mmの段付丸棒試験片のねじり疲れ試験を行つてみた。

段付丸棒試験片の供試材は第1表、第2表のS35CおよびSCM3で、すみ肉半径または太径と細径の比を変えて5種類の試験を行つている。各試験片の形状寸法、理論的または実測の形状係数（応力集中係数）およびS-N曲線から求めた疲れ限度および切欠係数を第3表にしめした。

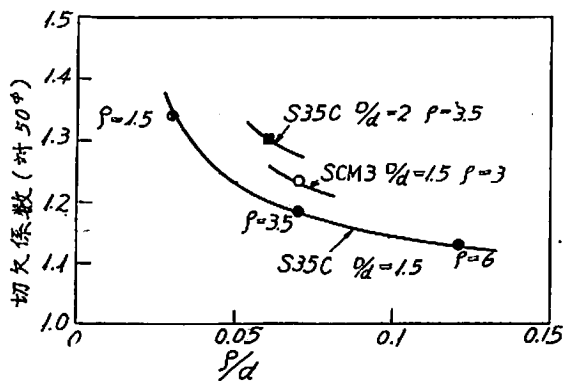


第6図 段付軸試験片

第3表 段付軸の形状および試験の結果

材 質	形 状 寸 法			形 状 係 数 α		ねじり疲れ限度 kg/mm ²	切 欠 係 数 β	
	太 径 細 径	すみ肉半径 mm	すみ肉半径 細 径	実 測	理 論		対 50φ	対 7φ
炭 素 鋼 S35C	1.5	1.5	0.03	1.64	1.96	11.0	1.34	1.55
	1.5	3.5	0.07	1.55	1.55	12.5	1.18	1.36
	1.5	6.0	0.12	1.39	1.37	13.0	1.13	1.31
	2.0	3.0	0.06	1.61	1.65	11.3	1.30	1.50
クロムモリブデン鋼 SCM3	1.5	3.5	0.07	1.55	1.55	18.7	1.23	1.58

疲れ限度応力値は段付部の細径平行部の公称ねじりせん断応力である。段付部のすみ肉半径 ρ と最小径 d の比 ρ/d に対する各試験片の切欠係数を図示すると第7図のようになる。これによると ρ/d が0.05の前後から切欠係数が顕著に大きくなる。船の中間軸のフランジすみ肉半径は軸径の0.125倍以上と規則により定め

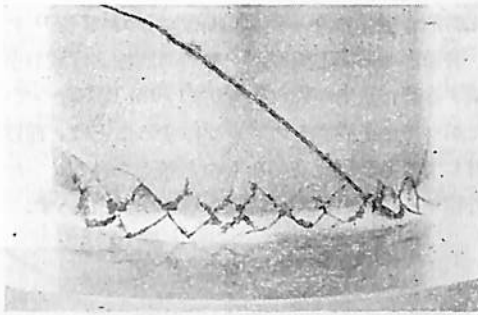


第7図 段付軸のすみ肉半径比と切欠係数の関係

られているが、この場合の切欠係数は第7図から約1.13となる。中間軸材のねじり疲れ限度は第2表の結果と寸法効果を考へて13 kg/mm²前後にあると思われるので、中間軸に10 kg/mm²以上のねじり振動付加応力が生ずると一体形フランジを持つものでも折損の恐れがある。軸系の計画が悪いと、使用回転範囲内に10 kg/mm²以上の1節ねじり共振点を持つ場合も間々経験されている。

同じすみ肉半径比 ρ/d を持つものでも、段付部の太径と細径の比 D/d を大きくすると形状係数が増えるので、当然ながら切欠係数も大きくなる。また特殊鋼は切欠感度係数 η ($\eta = \frac{\beta-1}{\alpha-1}$ で疲れに対する切欠の感度性を比較する係数) が炭素鋼よりも大きくなるのが定説となつているが、この場合も同形の炭素鋼試験片よりも特殊鋼試験片の切欠係数が大となつている。

き裂の発生する状態は第8図にその一例を示すように段のすみ肉部の曲線起点付近から45°方向の小十字き裂が並んで発生するが、このうちの大きく進展するき裂によつて破断する。一般的の傾向として試験応力が高い程



第8図 段付軸のすみ肉部に生じたき裂

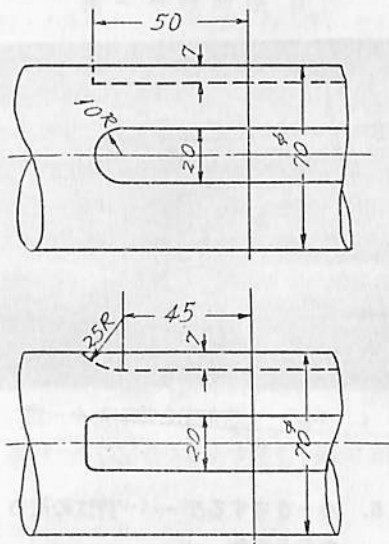
個々のき裂が大きく、またすみ肉半径が小さい程すみ肉部に並ぶ小十字き裂の数が多くなる。

最初のき裂が発生してから破断に到るまでの繰返し数の全試験繰返し数に対する比率は形状係数の大きなもの程大で、第3表のすみ肉半径と細径の比 r/d が0.03のものでは約73%、0.12のものでは約18%をしめた。

4. キー溝を有する軸のねじり疲れ強さ

船の軸系では組立フランジ接手、プロペラボス押ばめテーパ部、その他の位置にキー溝を持つ場合があるが、これらが疲れに対する切欠となつてき裂を生ずることがしばしば経験されている。そこで第1表の S20C (C) 材を用いた外径 70 mm の大形軸にキー溝を設けてねじりに対する疲れ強さを調べてみた。

試験したキー溝の基本形は第9図に示すように溝端の普通形のものとして船底形のもので、溝の平行部は巾 20 mm、深さ 7 mm、すみ肉半径 1.2 mm で共通な断面形状を持つている。これらはそれぞれ S-N 曲線を描かせ、また



第9図 普通形と船底形キー溝形状

普通形の溝端をピーニングしたものおよび船底形の端をスプーン状にしたものについてはそれぞれ2~3本の試験から疲れ限度を推定した。その結果を第4表に示す。

第4表 キー溝を有する軸のねじり疲れ強さ

キー溝の種類	ねじり疲れ限度 kg/mm^2	切欠係数 対 60 ϕ	60 ϕ 平滑軸のねじり疲れ限度 kg/mm^2
普通形キー溝	8.0	1.81	14.5
同上端を鋸打	9.5	1.53	
船底形キー溝	8.5	1.71	
同上端を Spoon out	8.5~9.5	1.71~1.53	

普通形キー溝の疲れ限度は S-N 曲線から 8kg/mm^2 となつた。最初にき裂の発生する場所はキー溝端の半円中心から 45° を中心とした $\pm 10^\circ$ の範囲内の溝壁面からで、このき裂は軸表面と溝底すみ肉部へ進展する。溝端の4箇所は同じ条件で繰返し荷重を受けるが、大きき裂に進展して軸を破断させるのはそのうちの1箇所、他の3箇所のき裂はある程度の進展の後に止まる。溝底を進むき裂は溝底を斜に横切つて反対側のすみ肉部にある程度沿つた後溝壁面より軸表面へ出る。溝底のすみ肉部には試験がある程度進展した後に溝に沿つた小十字き裂を認める場合があるが、軸を破断させる大きき裂にはならない。

き裂は必ず溝の端から発生するので、これを妨げるためにキー溝端の外側の軸表面を溝縁から約 15 mm の範囲にわたつて鋸打を行つた。これは片手ハンマーの円頭側で全面を軽く鋸打したもので、このため軸表面には凹凸が生ずるが表面層の塑性加工のために圧縮の残留応力が生じ、これがき裂発生を抑制する働きをしてき裂の発生時期が遅れる。このため未処理のもの疲れ限度 8kg/mm^2 に較べて 9.5kg/mm^2 と大巾に改善される。

船底形キー溝を有する軸の疲れ限度は S-N 曲線から 8.5kg/mm^2 と推定されるが、普通形キー溝を有するものと較べて実質的にはほとんど大差がない。この場合の最初のき裂発生点は普通形キー溝の場合と同様に、溝底すみ肉部ではなく溝の端からである。すなわち溝底のすみ肉部が溝の端で軸表面と交わる点の付近からで、このき裂が普通形キー溝の場合と同様な進展をして破断に至る。

プロペラ軸テーパ部のプロペラキーの溝は、応力集中を減らす目的で船底形キー溝の端の角をさらえてスプーン状にすることが推奨されているが、これのねじりに対する疲れ強さをその他のものと比較してみた。準備し

た試験片の状態および試験の結果は第5表に示したとおりである。すなわち3本の試験片をいずれも9.8 kg/mm²で試験を行つたが、キー溝の端の付近でキー溝と軸表面の交わる部分の角を丸める時は、その丸める程度を変えた2例の間には強度的にはほとんど差がなかつた。しかもスプーン状加工を施さぬ船底形キー溝の試験結果と比較してなん等の効果が認められない。しかし3番目の試験片のように、溝と軸表面の交線を丸めると同時に溝底のすみ肉半径を溝端にかけて次第に大きくして行く形状にすれば、疲れ強さはある程度改善される。この場合の疲れ限度は船底形のS-N曲線と比較することにより約9.5 kg/mm²と推定される。しかしこの場合はキー溝の幅がその端で次第に拡がるのであまり実際の施工とは思えない。

第5表 スプーン状キー溝の試験結果

	スプーン状加工の程度	き裂発生 の繰返し 回数	破断の繰 返し回数	試験応力 kg/mm ²
No. 1	溝と軸表面の交線の角を丸める。加工度少	8.1×10^5	3.4×10^6	9.8
No. 2	同上、加工度大	9.8×10^5	3.0×10^6	〃
No. 3	同上、端のすみ肉半径を次第に大きくする	3.7×10^6	8.4×10^6	〃

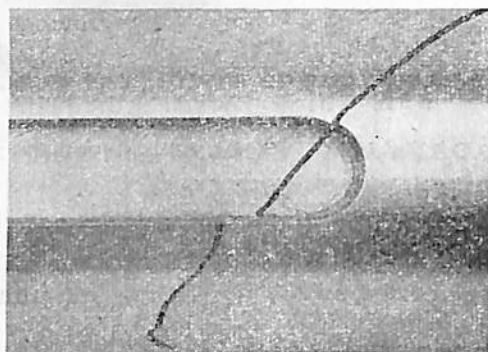
またキー溝底のすみ肉半径の影響を調べるために第1表のS 20 C (B)材を用いて船底形キー溝(巾20 mm, 深さ8 mm, 軸径70 mm)のすみ肉半径を1.0, 1.5, 2.0 mmと変えた場合の試験を行つたが、いずれの場合も最初のき裂が発生するのはキー溝端のすみの部分からでこれが進展して破断する。1.0 mmのものは他のものよりも早期にき裂が発生するがいずれも実質的な疲れ強さは変りがない。

要するにキー溝底のすみ肉半径は極端に小さいものは別として、常用の比率を持つものであれば繰返しねじりに対して平行部のすみ肉部が最弱点になつてここに発生したき裂が破断を起すとは考えられない。むしろキー溝の端部の切欠が最弱点になつており、応力集中を緩和する目的で各種の形状に変えてもほとんどこれから破断している。

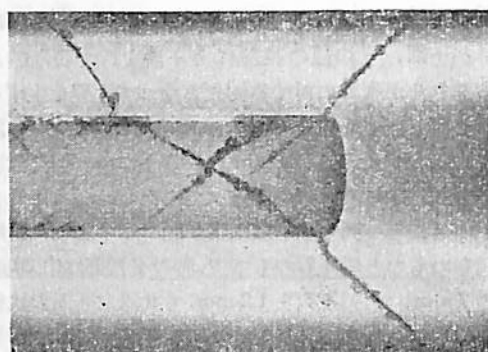
以上は繰返しねじりに関した強さであるが、実際のキー溝には例えばプロペラキーの部分にはプロペラが船尾伴流を切る時の複雑な水学的な曲げモーメントにより横振動を起すので、ある程度の繰返し曲げを伴う場合がある。しかし繰返し曲げに対するキー溝の疲れ強さ、もしくは各種形状による切欠係数に関しては、この程度の大形試験片による試験報告はないので明らかではない。た

だ比較的小形軸のキー溝について行つた報告¹⁾によると、普通形キー溝と船底形キー溝の回転曲げ疲れ強さを比較する時、後者の疲れ限度が約20%高くなつている。したがつてキー溝端をスプーンにすることは、曲げ疲れに対してはある程度有効なものと考えられる。

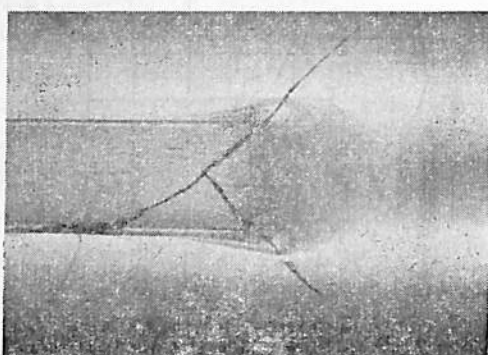
各種キー溝端のき裂の状態を第10図に示す。



a. 普通形キー溝



b. 船底形キー溝



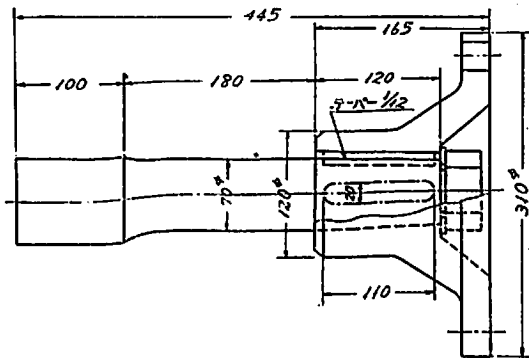
c. スプーン状加工を施したキー溝

第10図 き裂を生じた各種のキー溝端

5. キーを有するテーパ押ばめ面のねじり疲れ

プロペラ軸のプロペラボス押ばめテーパ部または組

立フランジ接手は、キーと押ばめ面の摩擦との両者で動力を伝達する構造になっているが、テーパ面の圧着度と加えられる動的トルクの条件によつては、キーとテーパ面で受持つ動力伝達の条件が違ったものになるので、これの繰返しねじりに対する疲れ強さも組立の初期条件によつて当然異つたものになることが予想される。しかしこのテーパ面とキーの動力伝達を受持つ比率については響影因子が複雑であり、また実験的研究がないので常に問題となるところである。そこで第11図のような模型組立フランジを作つて、二、三の条件のもとで繰返しねじりを加えて疲れ強さを実測した。



第11図 組立フランジ接手試験片

テーパ部の傾斜は1/12、長さ120mmで、フランジとは全面にわたり良好な当りをしめしている。キー溝の形状は前項の普通形キー溝と全く同じである。この試験片ではフランジを組立てた時の初期条件を定量的に規定することが難かしいので、3本の試験片についてそれぞれ個々の条件のもとで試験を行った。その結果は第6表のようになる。試験応力は試験トルクを70φ平行部に換算した数値である。

No. 1 試験片はフランジ締付ボルトを実用上十分な程度に締付けて11.0 kg/mm²相当の繰返しトルクを加えたが、キー溝の大端側角から大きき裂が発生した。抜取つたテーパ面は大端側から約20%の範囲が fretting corrosion を起して変色しており、キー溝に近い fretting

corrosion 内から発生した大きき裂が認められた。キー溝およびキーには荷重のかかつた形跡は全く認められず、トルクの伝達は専らテーパ面で行われた。

次に No. 2 試験片で締付条件を前と同じにして10 kg/mm²で試験した結果、2×10⁷回に到るもキー溝よりのき裂はなく、テーパ面の大端側に激しい fretting corrosion が認められ、その中に微細な十字き裂が散在していた。この場合もキーは荷重を受けた形跡がない。この試験片を前よりも緩い締付状態で組立てて同じく10 kg/mm²で試験した結果、試験を始めた初期には、キー側面が打たれて異常音を発するが、約2×10⁴回の後には異常音が消えて4×10⁶回でキー溝よりの大きき裂で破断した。テーパ面の fretting corrosion はほぼテーパ全面に及ぶが、局部的にはフランジと軸の両金属が摩擦のために熔着したような現象が見られる。したがつて試験開始後間もなく発生したこの熔着状現象のために繰返しトルクは主としてテーパ面で伝達されたと考えられ、現にキーおよびキー溝側面には特に損傷が起つていない。

No. 3 試験片では締付を極端に緩くして6.7 kg/mm²で試験した。最初はキー側面の打撃される高音が発生していたが、これも次第に静かになり、前と同様にテーパ面の激しい fretting corrosion 内の局部的熔着状現象によつてトルクが次第にテーパ面で保持されたものと考えられる。10⁷回後のテーパ面には全面に激しい fretting corrosion があるが、特にき裂は発見されなかつた。

No. 1 の試験結果から十分に締付けられたこの種の試験片のキー溝の10⁷回のねじり疲れ強さは10 kg/mm²前後にあると推定される。これと前項で述べた普通形キー溝の疲れ限度8 kg/mm²とを比較すると組立フランジの方が高目になるが、これはフランジの締付による初期圧縮応力がキー溝立のき裂発生防止に有効に作用しているためと思われる。

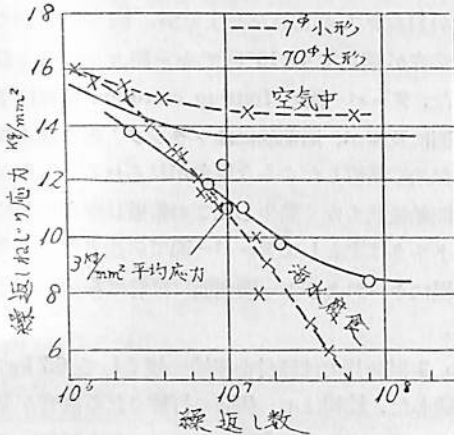
第6表 組立フランジ接手のねじり疲れ試験結果

	フランジ締付量 mm	繰返しねじり 応力 kg/mm ²	繰返しトルク m-kg	繰返し数	損傷の状 態
No. 1	0.56	11.0	742	6.2×10 ⁶	大端部に fretting, キー溝端より大きき裂
No. 2	0.57	10.0	674	20.0×10 ⁶	全面に fretting, 大端部に小十字き裂散在
No. 2'	0.25	10.0	674	4.0×10 ⁶	同上, キー溝端より大きき裂
No. 3	0.09	6.7	452	10.9×10 ⁶	全面に fretting

6. 海水による腐食ねじり疲れ

繰返し応力を受けるプロペラ軸に海水がかかると腐食疲れのためにその疲れ限度が異常に低下して、き裂の発生または折損事故を起す恐れのあることは周知のとおりである。腐食疲れには多くの実験資料があるが、船の軸のような大形材について実験された例はほとんどない。そこで第1表の S 20 C (A) の材料で作った外径 70 mm の平滑軸を使用して海水によるねじり腐食疲れ試験を行った。

試験の結果 S-N 曲線は第12図のようになり、油中



第12図 海水腐食疲れの S-N 曲線
(7φ は原, 造船協会論文集 97 号による)

(空气中) の 70φ 平滑軸の疲れ限度 13.6 kg/mm² に比べて大幅に低下して、10⁸ 回の腐食疲れ強さは 8.5 kg/mm² となった。またプロペラ軸の伝達トルクに相当する 3 kg/mm² の平均応力をかけて 11 kg/mm² の繰返し応力で試験したが、平均応力のない場合と較べてあまり顕著な影響は認められない。この試験と対比できる小形の試験例として原氏の報告²⁾があるが、これは同種規格材を用いたもので、空气中の試験結果も本試験材の小形のものと同値である。これによると小形試験片の腐食疲れ強さは繰返し数の増加とともに直線的に低下するのに反して、大形試験片ではそれ程低下せず、次第に水平へ移行する気配が見える。したがって大形試験片の場



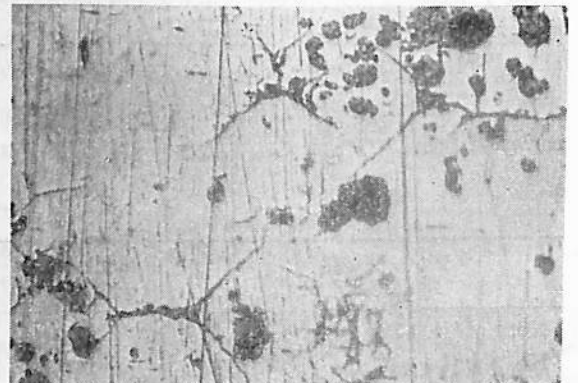
第13図 分岐した先端部のき裂 (×300)



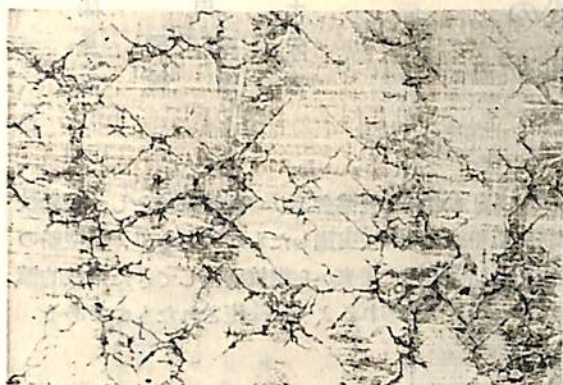
第14図 試験片の表面に分布した腐食疲れき裂 (×10)



第15図 比較的初期に発生する網目状き裂 (×20)



第16図 引張主応力とせん断力の方向に進んだき裂 (×20)



第17図 クロスマーク (×4)

合は低応力で更に繰返し数を増せばあるいは疲れ限度と見なされる線が引けるかもしれない。

腐食疲れはまず第1段階として軸表面に腐食作用により不規則に酸化した微小な凹凸が発生し、これが局部的な応力集中源となつて微小き裂が発生する。次に第2段階としてこの微小き裂に腐食液が滲透してき裂途中にも大きな腐食孔を作り、これを起点として更に容易にき裂進展が起る。この時のき裂は第13図のようにき裂先端部が非常に細分化されて結晶粒内または結晶粒界を進む。第3段階では第14図に示すように全面に分布するき裂の層により、軸の有効断面が減少してき裂先端部の応力集中が増大して、空気中の切欠材と同じようなき裂進展をして破断する。したがつて小形試験片では断面積の絶対値が小さいので第3段階に到達する時間が早く、大形試験片よりも早期に破断すると考えられる。

ねじり腐食疲れで最初に発生するき裂は各結晶粒の上の方向と一致するようで、表面は第15図のように網目状の微小き裂に覆われるが、第2段階から第3段階にかけてこれらの微小き裂は引張主応力と直角な方向または

せん断応力によるすべり方向に連続して第16図のようなき裂になり、これが進展して大きき裂になる。第17図はクロスマークと呼ばれるねじり腐食疲れ特有のき裂である。

この試験の結果から考えると実船のプロペラ軸のようにその径が太くなる程、寸法効果によつて耐腐食疲れ性が増すと考えられるが、しかし実際の事故例について検討してみると、実測で 3.5 kg/mm^2 またはそれ以下のねじり振動付加応力でも軸が海水にさらされる時にクロスマークが発生したり、ねじり折損を起した例が多く報告されている。腐食疲れは荷重の繰返し速度、休止時間等の時間的要素が大きく影響するので、実際のプロペラ軸の腐食疲れの状態は実験室で行う試験状態とはかなり趣を異にしていると思われる。したがつてプロペラ軸の腐食疲れ限度をこの実験結果だけから一概に結論つけることは困難である。しかし $1\sim 2 \text{ kg/mm}^2$ 以下のねじり振動付加応力で、プロペラ軸が腐食疲れを起す例はほとんどない。

7. む す び

以上は船舶の軸系を対象としてわれわれがこれまで行つてきた、限られた素材による限られた条件のもとでの大形ねじり疲れ試験の概要であるが、金属の疲れは本質的に確率現象であり、また疲れ強さに影響する因子は複雑多岐にわたるので、今後もおおこの種の大形軸による実験は数多く行われる必要があらう。

文 献

- 1) Dorey: The Shipping and Marine Engine Builder 1936, April
- 2) 原 三郎: 造船協会論文集 97号, 1956.

天然社編 船舶の写真と要目 第8集 (1960年版)

B 5 判上製函入 210頁 写真アート紙 定価 800円 (〒50)

昭和34年発行「船舶の写真と要目」第7集(1959年版)に収録以後の1ヶ年(昨年9月より本年8月までの竣工船)における国内船、輸出船の、1,000噸以上の新造船を掲載する。150余隻に及ぶ新造船の全貌が写真および百余項目にわたる詳細なる要目表により明かにされ、この一年間の日本造船界の状況は、この集によつてすべて凝縮された貴重な資料である。

大型油槽船における浮力中心位置の変化が推進性能に及ぼす影響に関する模型試験 (第2報)

土 田 陽
 矢 崎 敦 生
 大 橋 誠 三

一昨年の本誌1月号に、方形係数0.80の大型油槽船船型についての浮心の縦方向の位置の変化が推進性能に及ぼす影響に関する試験結果を報告した。今回は方形係数0.82の系列についての同様な試験結果を報告する。なお

本試験は日本造船研究協会よりの受託試験として運輸技術研究所船舶推進部で実施したものであるが、模型船の船型その他は当部で従来から継続実施してきた系統的模型試験と関連づけられるように決定されたものである。

M.S. NO	WATERLINE MARK	MARK
1329	-1.53	-----
1330	-0.49	-----
1331	-2.49	-----
1332	-3.54	-----

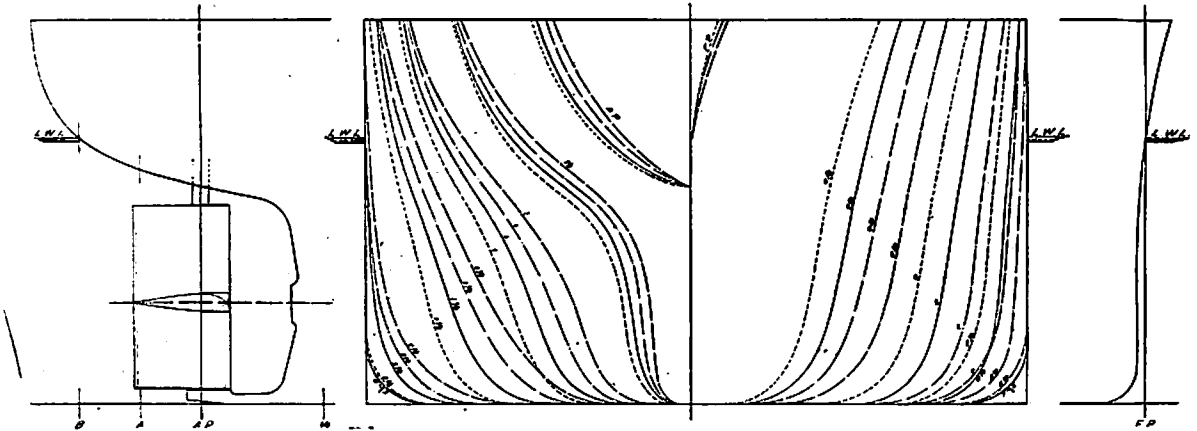


図-1 Body Plan & Stem, Stern Configuration

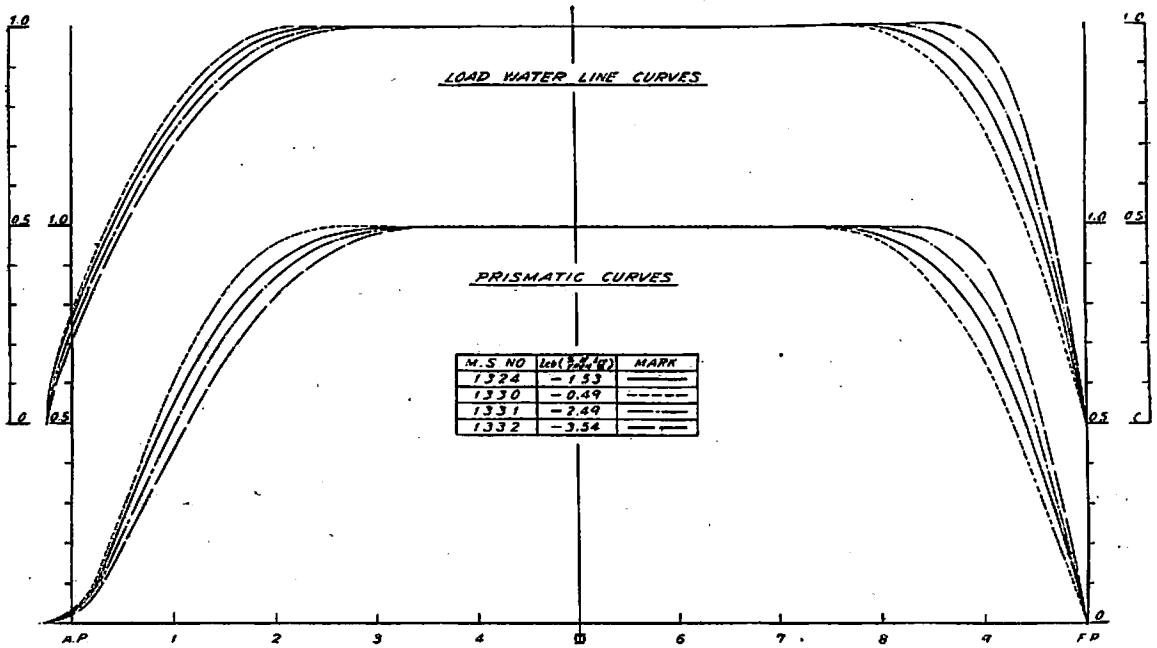


図-2 Prismatic Curves & Load Water Line Curves

表一1 PRINCIPAL DIMENSIONS ETC.

		ACTUAL SHIP		MODEL SHIP	
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (L _{pp})		220.000 m		6.0000 m	
LENGTH ON LOAD WATER LINE (L _{wl})		225.500 m		6.1500 m	
BREADTH (INCLUDING SKIN) (B)		29.964 m		0.8172 m	
RISE OF FLOOR		0		0	
MEAN THICKNESS OF SHELL PLATINGS		0.022 m		0.0006 m	

CONDITION	FULL LOAD			1/2 LOAD			BALLAST		
	M. 1324	M. 1330	M. 1331 M. 1332	M. 1324	M. 1330	M. 1331 M. 1332	M. 1324	M. 1330	M. 1331 M. 1332
MODEL SHIP NUMBER									
DRAFT (d)	12.166 m			7.946 m 7.964 m 7.998 m			5.658 m 5.603 m 5.720 m		
ACTUAL SHIP	0.3318 m			0.2167 m 0.2194 m 0.2172 m			0.1543 m 0.1528 m 0.1560 m		
MODEL SHIP	0			2.200 m (1 1/2 L _{pp})			4.400 m (2% L _{pp})		
ACTUAL SHIP	0			2.200 m (1 1/2 L _{pp})			4.400 m (2% L _{pp})		
C _b	0.821			0.795 0.800 0.794			0.776 0.784 0.768		
C _b AFT	0.787	0.810	0.767 0.744	0.802	0.834	0.779 0.750	0.865	0.903	0.834 0.800
C _b FORE	0.854	0.831	0.874 0.897	0.788	0.767	0.808 0.828	0.687	0.665	0.703 0.721
C _p	0.829			0.806 0.811 0.805			0.792 0.800 0.784		
C _M	0.990			0.986			0.980		
C _w	0.890	0.885	0.892 0.894	—	—	—	0.831	0.828	0.833 0.835
C _w AFT	0.894	0.904	0.881 0.865	—	—	—	0.802	0.821	0.787 0.767
C _w FORE	0.885	0.865	0.903 0.922	—	—	—	0.860	0.834	0.879 0.902
L.C.B. IN % OF L _{pp} FROM MIDSHIP	-1.53	-0.49	-2.49 -3.54	-0.24	+0.94	-1.26 -2.56	+4.00	+2.73	+1.67 +0.30
DISPLACEMENT	67,510 t.			42,692 t.			29,658 t.		
ACTUAL SHIP	65,864 m ³			41,651 m ³			28,934 m ³		
MODEL SHIP	1,38608 m ³			0.84491 m ³			0.58695 m ³		
B/d	2.463			3.771	3.794	3.762 3.742	5.296	5.348	5.238 5.192
L _{pp} /B	7.342			7.342			7.342		
1/2 ENTRANCE ANGLE	39°	34°	44° 49°	—	—	—	—	—	—

I. 模型船および模型プロペラ

試験に使用した模型船は浮心の縦方向の位置が中央横断面より前方、垂線間長さの0.5%から3.5%の間に変化した計4隻で、その要目は実船の長さを220mと想定した場合の要目とともに、表-1に示す。これらの模型船のうち M. S. No.1324 はこれまでの系統的研究の母型とした船型である。正面線図および船首尾形状は図-1に、プリズマチック曲線等は図-2に示す。各模型船とも、乱流促進のために横断面番号9%の位置にスタッドを植えつけた。また自航試験に使用した模型プロペラは前回までの系統的試験に一貫して使用している M. P. No. 487 で、その要目を表-2に示す。

表-2 PRINCIPAL DIMENSIONS

	MODEL PROPELLER	ACTUAL PROPELLER
PROPELLER NUMBER	487	1239
DIAMETER (m)	0.2110	7.100
BOSS RATIO	0.210	0.1846
PITCH RATIO (CONSTANT)	0.770	0.795
EXPANDED AREA RATIO	0.405	0.560
MAXIMUM BLADE WIDTH RATIO	0.229	0.251
BLADE THICKNESS RATIO	0.050	0.0523
ANGLE OF RAKE	11°-0'	8°-3'
NUMBER OF BLADES	4	5
BLADE SECTION	UNKEN TYPE	TROOST TYPE

なお表-2中には、後述の実船馬力の算定の際に想定した実船用プロペラの要目も附記してある。

これらの模型船につき満載、半載およびバラストの3状態で抵抗および自航試験を実施した。その際の吃水、排水量等は表-1に示す。試験方法も従来と全く同様である。

II. 抵抗試験

抵抗試験結果は満載吃水線長さに基くフルード数を横軸として、剰余抵抗係数 r_r の形で図-3, 4, 5に示す。これに基づいて算定した、表-1に示す長さ220mの実船の有効馬力を図-6に示す。ただし、摩擦抵抗の算定にはシェーンヘルの摩擦抵抗係数(粗度修正係数 $\Delta C_r = -0.0001$)を使用している。これらの図から明らかな如

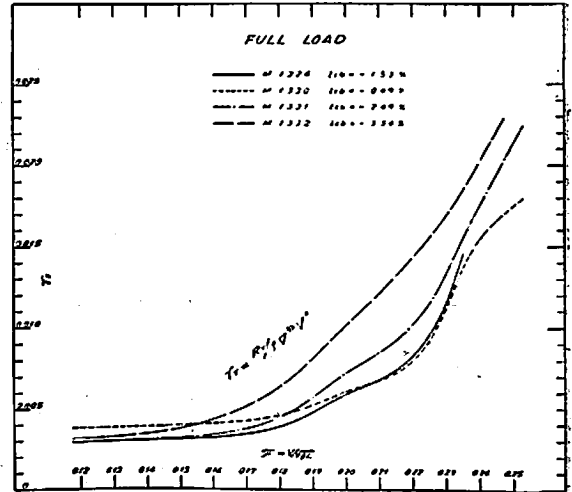


図-3 Resistance Test

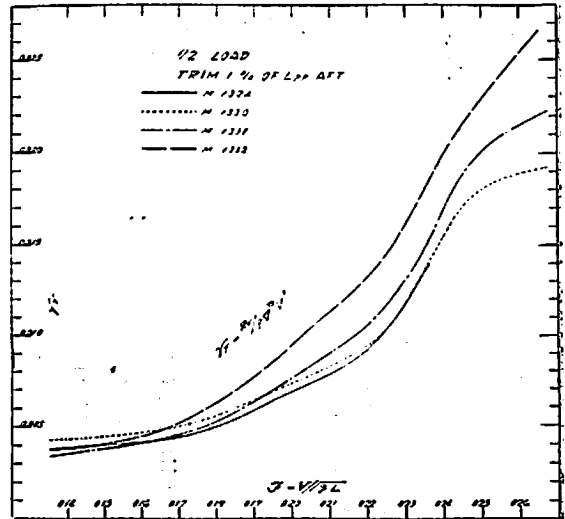


図-4 Resistance Test

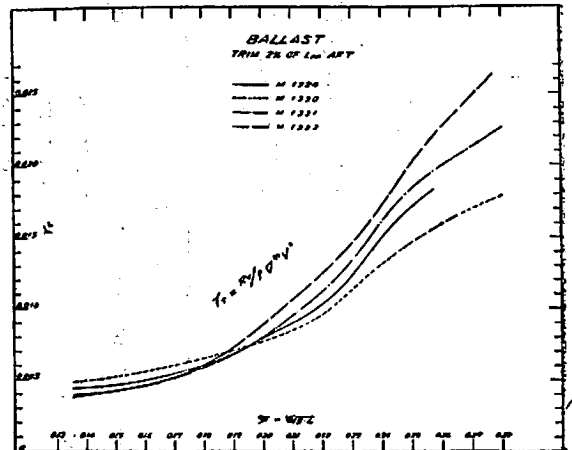


図-5 Resistance Test

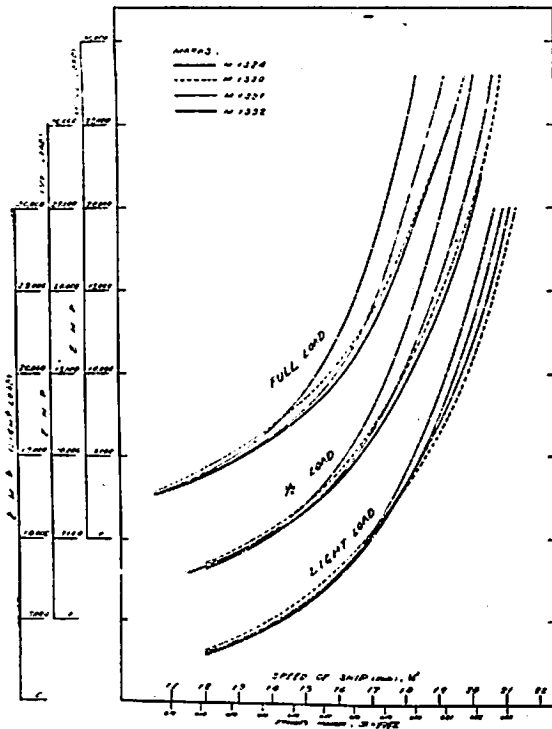


図-6 EHP Curves

く浮心位置が-0.5%の M. S. No. 1330 は低速部においては抵抗がもつとも高く、高速部では低い。浮心が前方に移るに従つてこの傾向が逆となり M. S. No. 1332 (浮心位置-3.5%) は高速部で著しく高い抵抗値を示す。この傾向は前回の $C_b=0.80$ の系列のものとはほとんど同一である。

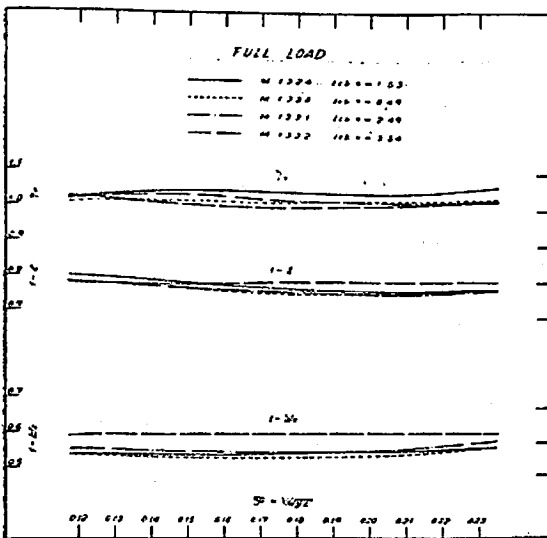


図-7 1-wt etc. Curves

III. 自航試験

前述の模型プロペラを使用して抵抗試験の際と同一の試験状態で自航試験を実施した。自航試験の際の抵抗修正量の算定に当つてはシェーンヘルズの摩擦抵抗係数 ($\Delta C_r=0$) を使用した。自航試験結果についても抵抗試験の場合と同様に浮心の位置による顕著な差が表われているが、それらの無次元値の図示は省略する。

IV. 自航要素

以上の試験結果について、スラスト基準で解析して得られた自航要素を、フルード数を横軸として、載貨状態別に図-7, 8, 9, に示す。浮心位置による自航要素の変化

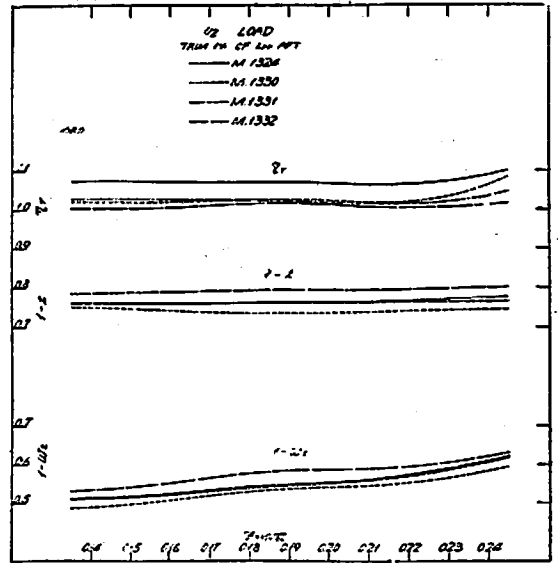


図-8 1-wt etc. Curves

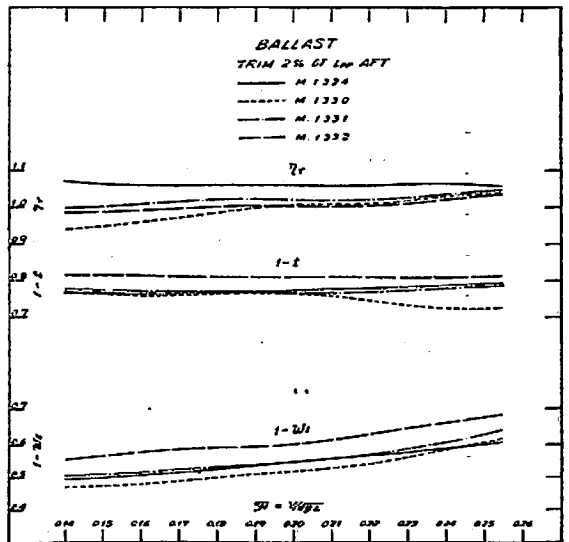
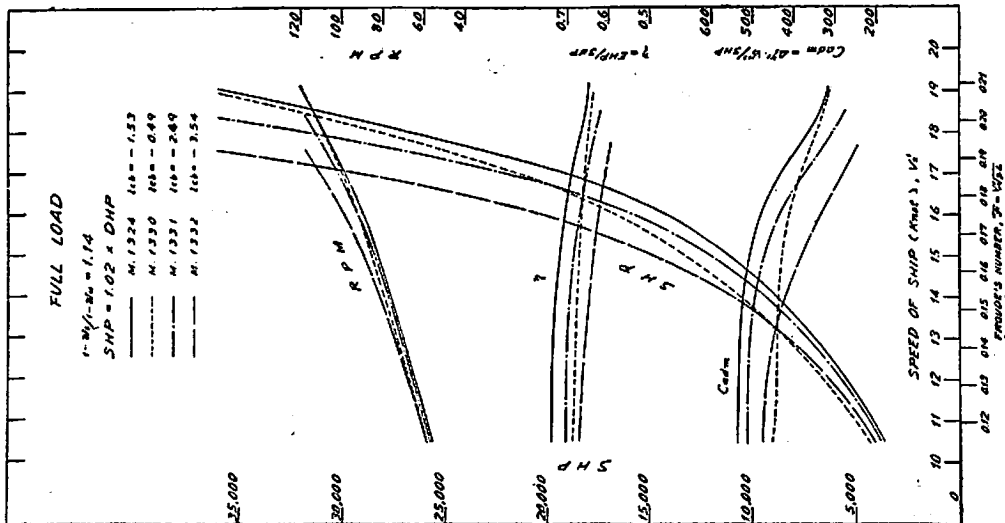
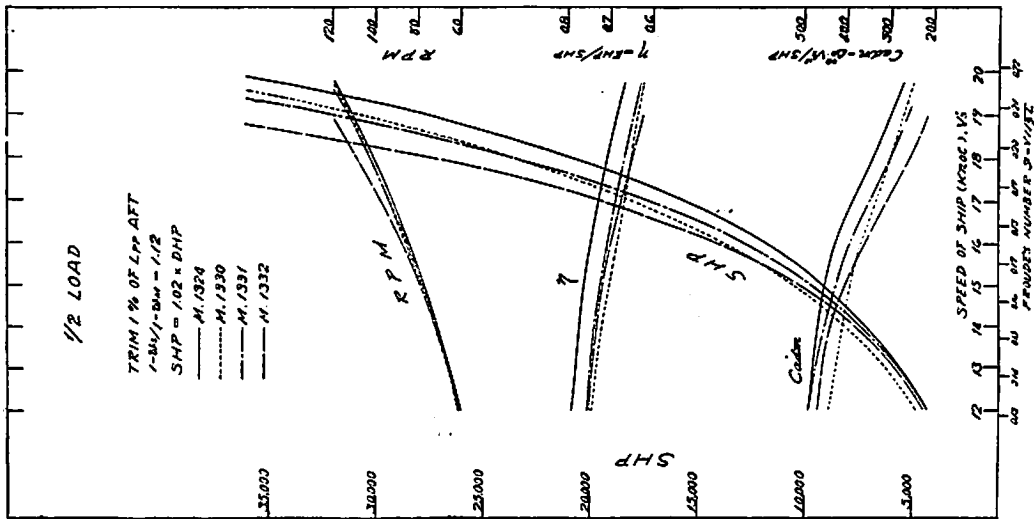


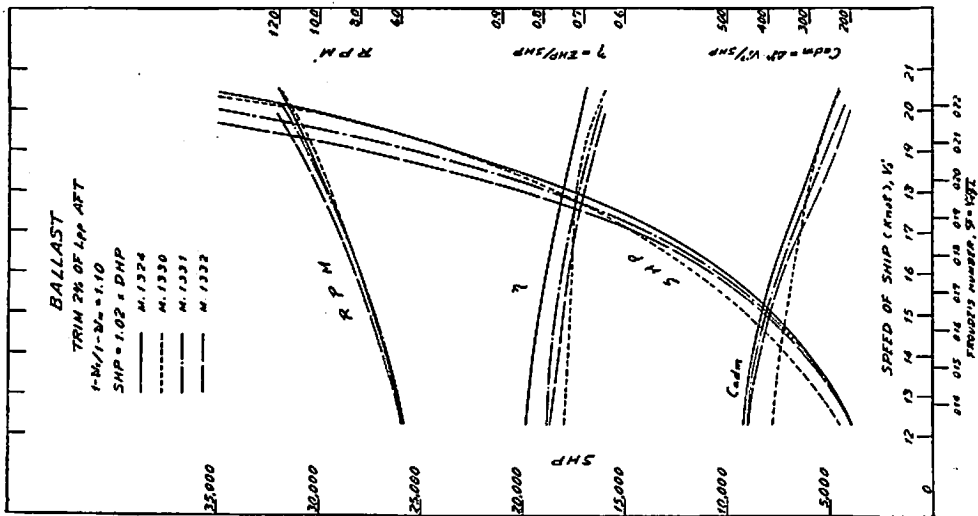
図-9 1-wt etc. Curves



☒-10 SHP etc. Curves



☒-11 SHP etc. Curves



☒-12 SHP etc. Curves

も前回の $C_b=0.80$ 系列の場合と殆んど似た傾向を示している。

V. 実船の SHP 等

図-6 に示す有効馬力と前記の自航要素に基づいて、表-2 中に附記した実船用プロペラを装備した場合の実船の軸馬力、プロペラ毎分回転数等を参考のために算定

した。なおこの計算に当つては実船の場合の粗度修正係数 ΔCr を、有効馬力算定の場合と同様、 -0.0001 とし、また実船と模型船の前進係数の比 $1-w_s/1-w_m$ を満載、半載、バラスト状態に対しそれぞれ 1.14, 1.12, 1.10 と仮定している。その結果を図-10, 11, 12 に各載貨状態別に示す。

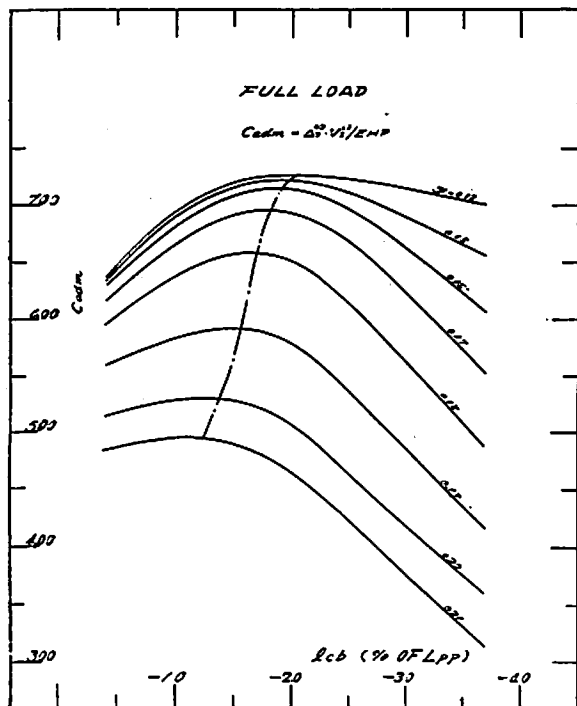


図-13 Cadm (EHP) Cross Curves

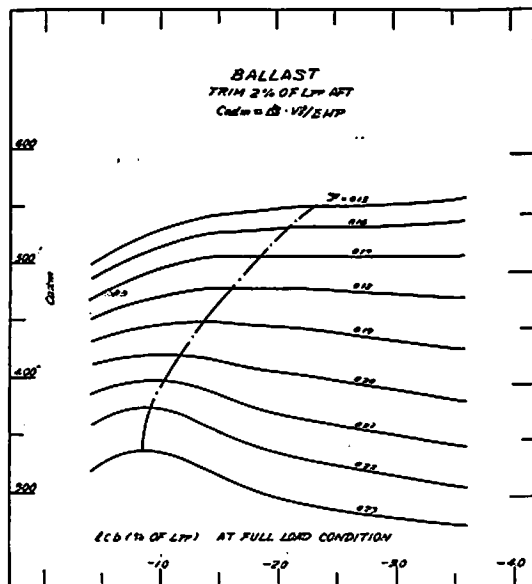


図-15 Cadm (EHP) Cross Curves

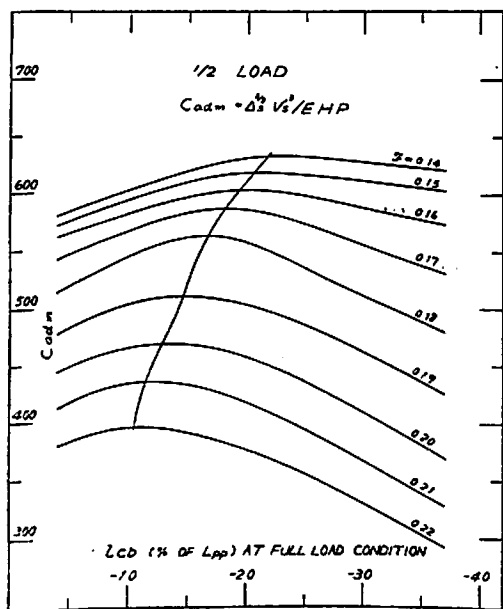


図-14 Cadm (EHP) Cross Curves

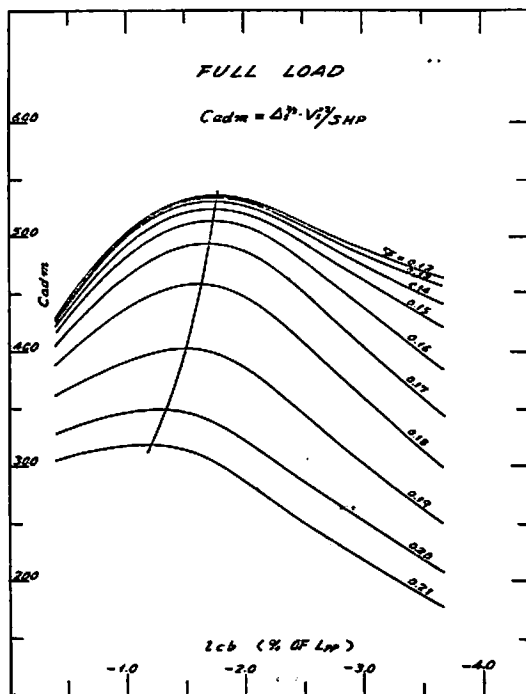


図-16 Cadm (SHP) Cross Curves

VI. 浮力中心の最適位置

満載状態の浮心位置を横軸にとり、前掲の有効馬力 EHP および軸馬力 SHP に基づくアドミラルティ係数を、フルード数をパラメーターとして、置点したものを載貨状態別にそれぞれ 図-13, 14, 15 および 図-16,

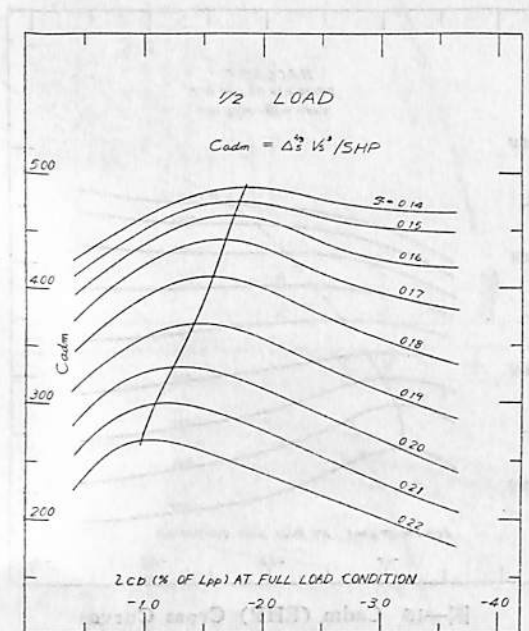


図-17 Cdm (SHP) Cross Curves

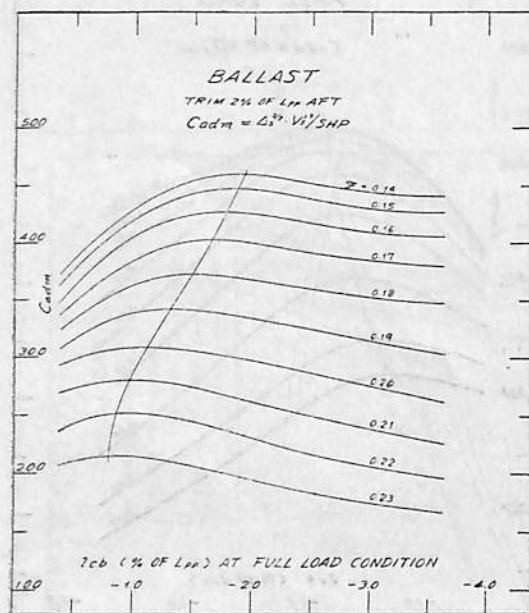


図-18 Cdm (SHP) Cross Curves

17, 18 に示す。また図中に記入した如き、ほぼ最適と考えられる浮心位置をフルード数を横軸として一括図示すれば、図-19 が得られる。ただし縦軸にとつた浮心位置も、図-13~18 の場合と同様、便宜上載貨状態に関せず、すべて満載状態における値をとつている。これらの結果によると推進性能上最良の浮心位置は低速より高速になるに従い漸次後方に移向してゆく一般的傾向がその通り表われており、SHP に対する最適位置は有効馬力に対するものより若干後方に移つていることも前回の $C_b=0.80$ の系列の結果と同様である。なお同図中に $C_b=0.80$ の満載およびバラストの自航状態に対する曲線も参考のために記入した。これらと比較すると、 $C_b=0.82$ の場合の低速部での最適位置が $C_b=0.80$ の場合より後方にあることが知られるが、これは方形係数の大なる船艀首部の水線が張つてくるから、浮心位置を前方においてさらに水線の張りを大とすることの不利を示すものであろう。

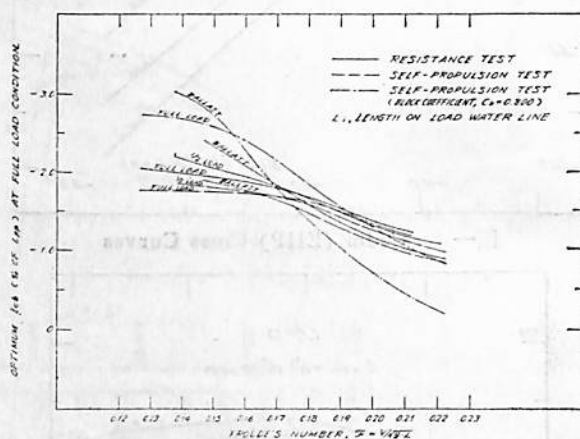


図-19 Optimum Location of lecb

「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ちいたします。

頒価 150円(〒不要)

最近の英独魚雷艇 見聞記 (その2)

岩井次郎
三菱造船株式会社

1. 独乙ブレーメンにて

ロンドンからドイツのデュッセルドルフ、シレスウィッヒ等を経て、7月7日朝ハンブルグを汽車で発ち、ブレーメンに向つた。ハンブルグから約1時間の行程である。投宿した駅前のコロブスホテルは新式のアメリカ式ホテルで comfortable であつた。その日はウェーゼル河に沿う某造船所を見学した。夕方古い Rathaus (市庁) 地下の酒場でワインを飲み夕飯を食つたが「ファウスト」の壁画が描かれた窓際に大きな古いワインの樽が並んだ薄暗い大部屋で飲んだこの時の古い Oppenheimer Krötenbrunnen の白ワインはやや甘く、濃厚で歐洲旅行中で飲んだワインの中一番旨かつた。食後そこを出てウェーゼル河に沿つてブラブラ散歩して、映画館に入つて見た。「アルトハイデルベルグ」というドイツのカラー映画で、戯曲「アルトハイデルベルヒ」を映画化したものであつた。筋は周知の通りであつて単純なロマンチックなものであるが、現地でロケしたもの故、ハイデルベルグの風景が美しく撮られてあつた。翌朝自動車です約20分の行程にある Vegesack の Weser 河に沿う Lürssen Werft を訪問した。

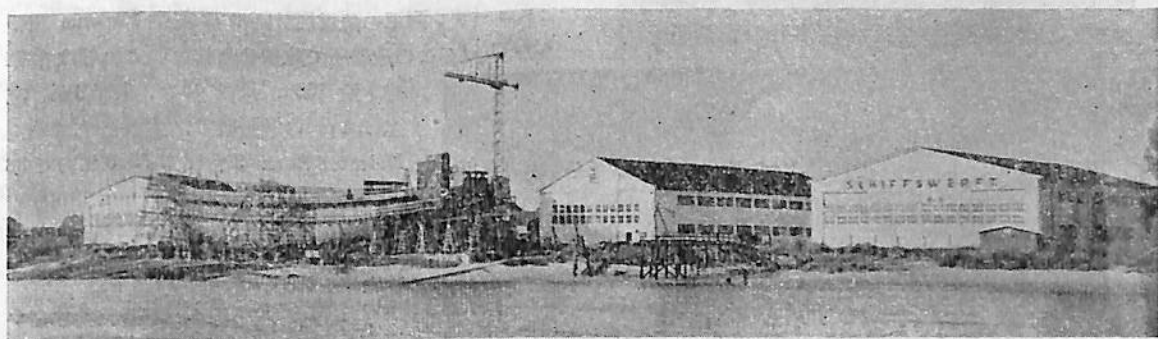
この造船所は永い歴史を持ったドイツにおける高速艇建造所中の第一人者であつて、第一次大戦以来ドイツ魚雷艇建造の中心を成し、世界的に有名な会社である。正式の創設は1875年というから約90年近くの伝統を有し



第2図 Lürssen 造船所の艦装ベースンにて
艦装中の独魚雷艇

ていることになる。なおその以前から Lürssen 家として小艇を建造していた由。現在従業員約1000人で、ウェーゼル河の対岸のやや離れた所に3000噸までの普通鋼船を建造する分工場を有している(第1図)。そこには引揚用スリッパもあり、魚雷艇の船底部工事にはここまで曳行して行く。

この造船所建造の speed boat は1908, 1911, 1925, 1926, 1939年と何回も国際レースで優勝し、世界のレコードを樹立している。五階建の main building は最近新しく建てたもので内部の一部艦装は現在工事中の所もあつた。上の方が設計や営業部となつており、下の方が各種の工場となつている。第2図はウェーゼル河から支流となつた艦装用ベースンであるが、ドイツ海軍向の Jaguar クラス魚雷艇7隻が艦装中であつた。丁度その1隻が引渡された由で、軍艦旗を掲げてあつた。工場見学で巡回中食堂で乗組の将兵がビールのジョッキを挙げて軍歌を高唱し氣勢を上げているのに出会つたが「あれは何事か」との私の質問に対して「今日1隻が引渡され、翌日から彼等は hard training に入るので氣勢を上げているのです」という案内の人の答であつた。

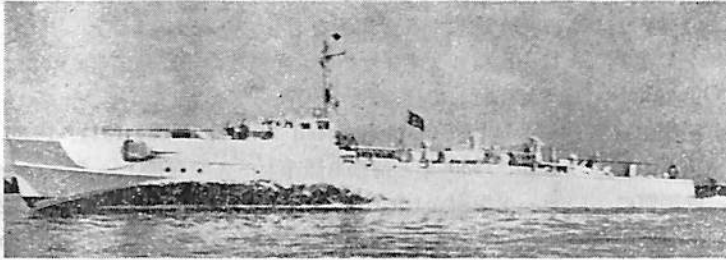


第1図 ウェーゼル河に沿う Lürssen 造船所の分工場

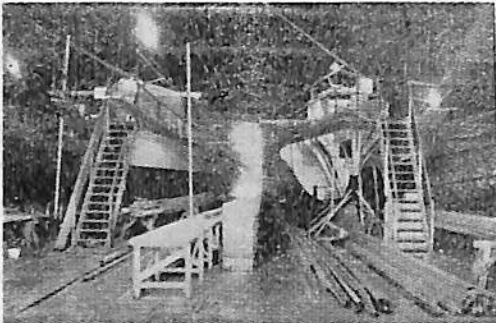
戦後は1953年に、25 ton の Schertel-Sachsenberg タイプの水中翼艇も建造し、その他スウェーデン海軍向魚雷艇、アメリカ軍向の Rescue boat 等をいろいろと建造している。

2. 第二次大戦中の独魚雷艇

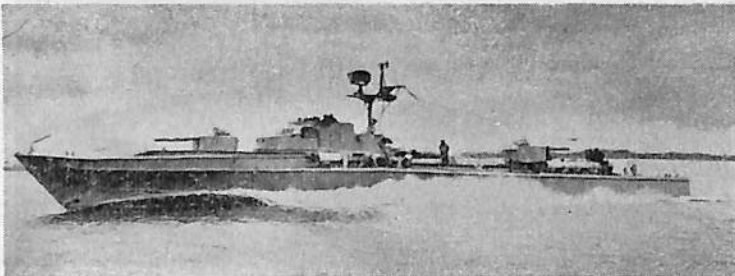
今次大戦でドイツの魚雷艇は初期型の S 6~9 型 (Lürssen 造船所設計および建造で、80 t、長さ 32.4 m、巾 4.9 m、吃水 1.7 m、MAN 3 台総出力 3960 馬力で35 節、乗員 14 人、53.3 cm 発射管 2 門、20 mm 砲 1 門、30 節で航続力 600 浬) から幾多の改良が加えられて最後に S 38 なる極めて優秀な魚雷艇となった (第 3 図)。これが第二次大戦の最後の型の型であつて、長さ 34.9 m、巾 5.1 m、吃水 2 m、(ただし 115 t において) 最高速力 40 ~42 節、32 節で航続力は約 1200 浬、主機としては MB



第 3 図 大戦末期の S 38



第 4 図 戦時中魚雷艇建造中の Lürssen 造船所



第 5 図 Jaguar クラス魚雷艇

511 型 Daimler-Benz エンジン 3 台、後には出力各 2500 ~3000 馬力の MB 518 型エンジン 3 台を有していた。燃油保有量は 16.7 t、武装は 53.3 cm 発射管 2 門 (船首に) 魚雷 4 本、20 mm (船首に) ないし 40 mm (後部または中央部に) の機関砲を有したが、もちろん戦況その他に応じて変替があり、また強化された。その他 6 個の機雷および 6 個の爆雷を有することも出来た。乗員は 28 人であつた。

これ等戦時中の独魚雷艇の建造所としては Lürssen 造船所が主体をなし、この外 Travemünde の Schlichting 造船所とか Danzig の Danzig 車輛工場等でも建造せられた由。この魚雷艇の艇体は隔壁および肋骨は鋼または軽合金製で、外板は木を double diagonal に張つてある。1944 年以後は船橋は丸帽状となり、装甲が施されてあつた。船型はどの型もずっと同一であつて、後部船底が平坦な丸型であつて、凡ゆる条件下でもつとも優れていることを実証したと称している。前に述べたが、英国魚雷艇が V 型を良しとして固執しているのと対照して興味深く感ずる。第 4 図に戦時中の 1941 年頃の Lürssen 造船所でこれ等の艇を建造している状況を示す。

なおこれ等戦時中の独魚雷艇については日本海軍の遣独調査団が詳細な報告を戦時中に行つており、戦後何等かの形式で発表せられたと記憶している。

3. 最近の独乙魚雷艇

戦時中は魚雷艇のマスプロに多忙を極めた Lürssen 造船所も、戦後はぼつぼつ警察用の監視艇とか、スウェーデン海軍向の魚雷艇、アメリカ空軍の救難艇等を建造した。

スウェーデン海軍の魚雷艇計画の 12 隻の Perseus 級のうち 11 隻がこの造船所で建造せられた。これ等は基準排水量 155 t、長さ 48 m、巾 5.8 m、吃水 2.4 m の鋼製艇で、主機としては Daimler-Benz 3 台出力 7500 馬力で 38 ~40 節を出し、武装は 40 mm Bofors 砲 2 門、53.3 cm 発射管 6 門を有する所のかなり強力な艇であつて、歐洲を廻っている間にスウェーデンのストックホルム王宮の裏のスウェーデン海軍基地でこれ等の艇の数隻が碇泊しているのを見ること

が出来た。

再建西独乙海軍の第一歩は魚雷艇の建造整備から開始せられたことは既記の通りであるが、これ等は Jaguar 級と称せられる型で大戦末期型の S 38 型による軍事的技術的経験を基とし、これを発展せしめたものである。第 5 図にこの艇を示し、第 6 図はバルチック海の荒海を高速航走している有様を示す。この艇の設計計画は Lürssen 造船所とドイツ海軍との協力によつて行われた。しかしてこれ等の中 22 隻の建造が Lürssen 造船所、8 隻が Rendsburg の Kröger 造船所で建造せられている。

元来ドイツの魚雷艇は船型は丸型で、高速と航続力大なることが特徴であるが、戦後のこの型もこの伝統的特徴がそのまま踏襲せられている。そして幅は小で、長さ大なるためシルエットが大きいことは良い特徴とはいえない。

基準排水量は 140 t、長さ 40 m、巾 7 m、主機として Daimler-Benz 4 台、4 軸、12000 馬力で最高 42 節を出す。またこの艇の一部のものは主機として出力同じの Maybach エンジンを装備したものもある。武装は 40 mm Bofors 砲 2 門、53.3 cm 発射管 4 門、また 2 本の予備魚雷を前部発射管の船尾部装填架台上に有するので合計 6 本の魚雷を有することになる。乗員は 39 人である。

艇体は肋骨、隔壁は軽合金構造で、外板は木で、新式の接着剤で接着せられている。

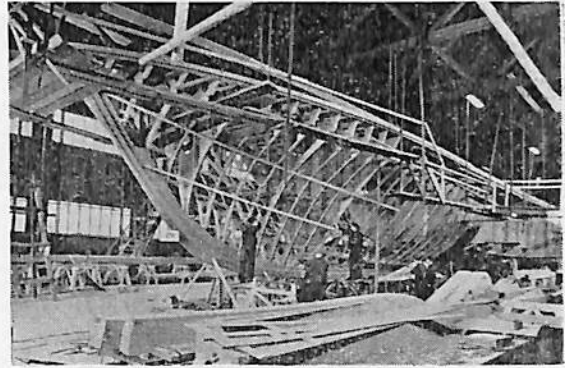
船型は既記のように船尾部船底が flat な丸型で、特に荒海における Seaworthiness、乗心地が優秀であると誇っている。舵は両舷に 1 箇所ずつペラの間に配置せられ、ペラは同一平面内に両舷各 2 箇所ずつ配置せられている。第 7 図は建造中の同艇を示す。大戦末期型の S 38 に比して stem が著しく傾斜していることが目につく。前部 40 mm 砲は forecastle deck から一段下つた位置に据えられてある。第 8 図に進水する同艇を示す。Lürssen の人々は英国のガスタービン装備の Brave 級に対しては、Gas turbine はまだ信頼出来ないし、航続距離 400 哩は余りに小にすぎるとの見解であつた。なおこの独海軍と同じ型の魚雷艇の輸出の可能性につき当つて見たところ、兵装、位置測定装置を除き 5~6 百万マークとのことであつた。

3000 馬力の Daimler-Benz エンジン 4 台を装備した大型高性能の艇であるから、そう高価だとはいえないと感じた。

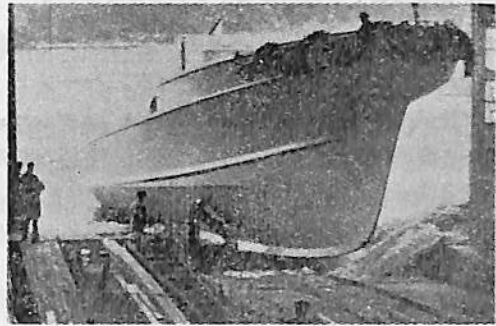
これ等の艇の数は既に実用試運転を行つているが、満足すべき成績を示している。しかしドイツ海軍はなお高速のものを要望していることはつきりしている。なおまた英海軍同様ドイツでも更に高速であるが、もつとポートシルエットの小型化したものを要望していて、この点同じ方向を目指していることは興味深い。



第 6 図 バルチックの荒波を 40 ノットで航走する Jaguar クラス魚雷艇



第 7 図 建造中の独魚雷艇 (Lürssen Werft にて)



第 8 図 進水する独魚雷艇 (ク)

I 原子力船サバンナ号について

原子力船サバンナ号の就役は、商船の原子力推進史に真の開始点をしるすものである。すでに、潜水艦や砕氷船レーニン号があり、サバンナは最初の原子力船ではないが、商船の原子力推進という点で最初の企てである。単に、海上に浮んだ実験室であるとか、国際的な威信を示すためのゼスチャとかいわれるにとどまらず、それは原子力の分野における非常に多くの技術的問題に解答を与えるものと思われる。今まで、国際海運ならびに保険の問題を議論するのに基礎となつた方程式は、あまりに多くの未知数を含んでおり、問題がはつきりしなかつたが、この点も明確化されることにならう。

サバンナのりゆう骨は1958年の5月22日にニュージャージー州のカムデンに据えられ、進水式はアイゼンハワ夫人によつて1959年7月21日に行なわれた。全長は181.5 m (595 ft 6 in.)、型幅23.77 m (78 ft)、満載吃水8.992 m (29 ft 6 in.)、排水量22,000トンを有する。20,000軸馬力(最大22,000)で常用速力21ノットを出し、燃料入れ換えなしで300,000海里の航海半径を持つ見込みである。載貨重量は9,400トン、船客60名となつている。

推進系は、ドラパルトタービン、減速歯車および単軸プロペラから成り、ほかに非常用として750馬力の電動機が備えられている。補機として、船の電気負荷をまかなうための1,500 kWのターボ発電機と750 kWディーゼル発電機2台がある。蒸気は最大出力69 MWのPWR型原子炉から熱交換器を介して供給される。

サバンナはMarad(米国海運局)とAEC(米国原子力委員会)が共同責任者となつている。ジョージ E. シャープ社が設計し、ニュージャージー州カムデンのニューヨーク造船会社とその建造にあつた。推進機械類の主契約者はバブコック・エンド・ウィルコックス社で、副契約者としてドラパルト蒸気タービン会社がタービン、減速歯車、その他重プラントを請け負つた。

サバンナについては、すでに1959年のニュークリアエンジニアリングの5月号に予備の記事が載つている。

船 体

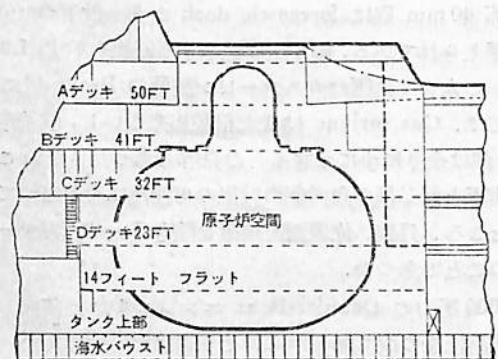
サバンナは3層の全通甲板と10個の主横隔壁で区切



第1図 内部船底のエッグクレート構造区域

られた11区画を持つている。内部船底を除いては横フレームが用いられ、内部船底は横フレームと縦フレームの組合せでできてゐる。原子炉を置くところは、底が特に補剛され、各フレームに横フロアのついたエッグクレート(たまごかご)構造となつている。

原子炉区画は第5、第6隔壁の間にあり、ほぼ船体中央部に位置している。推進機械類はそのすぐうしろの第6、第7区画にある。原子炉区画は中心線から6.629 m (21 ft 9 in.)のところのところに重い縦衝突隔壁を有し、この隔壁、デッキB、C、およびDの外側にはデッキビームに連続的に溶接された特別重い板がある。これらの内側には長さ10.668 m (35 ft)の衝突マットがあり、CデッキからDデッキの下の14 ftフラットまで鉛直に延びている。マットは2.54 cm (1 in.)鋼板と7.62 cm (3 in.)



第2図 原子炉の位置

レッドウッド（木材）を交互に重ねた厚さ 60.96 cm (24 in.) の耐衝突層をなしている。

原子炉

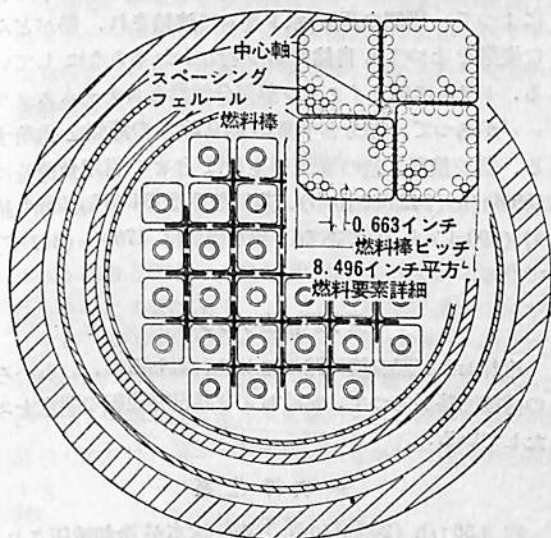
原子炉は2つの熱交換器ループを有する加圧軽水炉である。原子炉、加圧器、熱交換器（蒸気発生機）、冷却水循環ポンプ、および多くの補機が主格納容器の中に置かれ、この格納容器はそれ自身の、閉回路空気調節系を持つている。一次水デミネライザのような低圧補機類はこの格納容器の外におかれている。

原子炉炉心

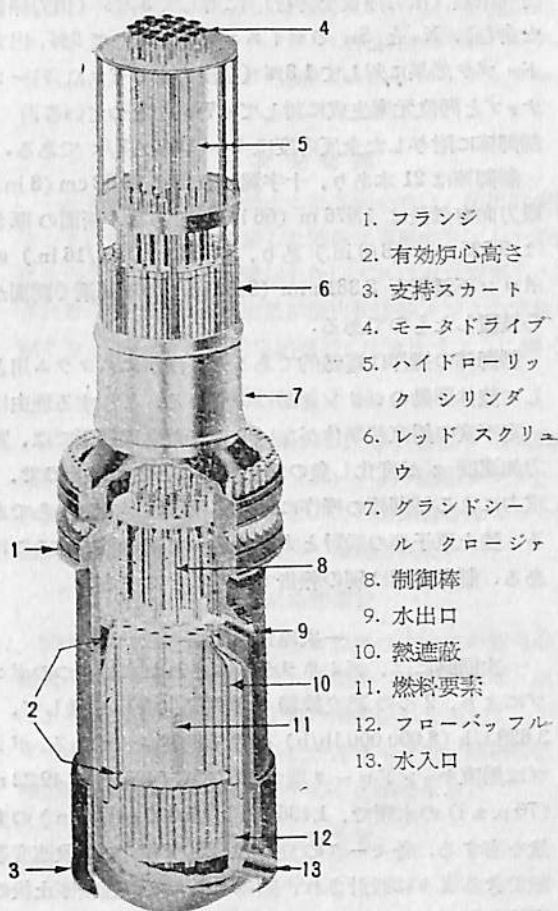
炉心の水平断面は、十字形とも、かどを落した正方形とも、あるいはほぼ円形とも考えられる。炉心は32の燃料要素からなり、これらは、24.638 cm (9.7 in.) の格子ピッチでステンレス鋼のエッグクレート構造内に4-6-6-6-4の6列に並べられている。上部と下部をグリッド板でおさえ、さらにパッフル板をつけて、冷却水が炉内を3回通過するようにしている。

燃料要素は 21.58 cm (8.5 in.) 平方で、中には164本の燃料棒が41本ずつまとめられて4バンドルをなしている。各燃料棒は直径 1.27 cm (0.5 in.) で、0.889 mm (0.035 in.) のステンレス鋼で被覆された濃縮酸化ウランペレットからなっている。内側の燃料要素16個の濃縮度は 4.2% U^{235} 、外側は 4.6%、平均 4.4% である。

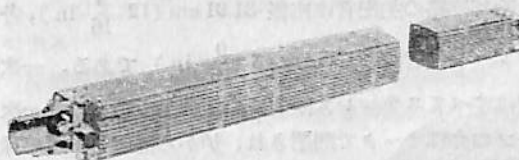
燃料棒は中心間隔 1.684 cm (0.663 in.) で並べられ、燃料棒にそつて 20.32 cm (8 in.) ごとにろう付されたステンレス鋼の小さなチューブ状フェルルによって、



第3図 圧力容器と燃料要素の細部を示す断面図



第4図 原子炉見取図



第5図 燃料要素の見取図

その中心間隔を保持している。この間隔で、燃料対水の比が全体として 0.76 となる。熱伝達を良好に保つために、燃料棒の内側に、圧力をかけたヘリウムを用いている。

炉の核反応を行なう部分の長さは 1.676 m (66 in.)、全長は 2.292 m (90.24 in.)、等価直径は 1.576 m (62.06 in.) である。

初期装荷量は U^{235} 6,788 kg、 U^{238} 312.4 kg の見込みである。転換比は 0.4 となる。

制御

コールドクリーンの炉心に要求される超過反応度は 11.2% $\Delta k/k$ で、その内訳は、20°C から 264.4°C への

温度系数（出力係数を含む）に対して3.2%（出力係数を含む）、 X_o と S_m のボイズニングに対して2%、出力ドップラ効果に対して1.3%（全出力までゼロ）、パンプアップと同位元素生成に対して4.7%となっている。制御棒に付与した全反応度は14-18% $\Delta k/k$ である。

制御棒は21本あり、十字翼の全長は20.32 cm (8 in.) 縦方向有効長は1.676 m (66 in.) である。断面の厚さは9.525 mm (3/8 in.) あり、4.763 mm (3/16 in.) のボロン不銹鋼を2.381 mm (3/32 in.) の不銹鋼で両面から被覆したものである。

制御棒の操作は電磁的であるが、ほかにスクラム用として流体駆動のシリンダがついている。こうする理由は一定不変の鉛直基準体がないし、また悪天候下では、重力加速度 g が変化し負の値を取ることもさへあるので、重力による制御棒の操作には全く信頼性がないからである。陸上原子炉の設計と大きく違ってくる理由はここにある。制御機構は別の報告で扱うことにする。

一次冷却水回路

一次回路には、デミネライズされた水が4つのポンプにより、2つの熱交換器（蒸気発生機）を通して、3,629 t/h (8,000,000 lb/h) の割合で循環されている。ポンプは鉛直キャンドロータ型で257.2°C (495°F)、49.22 m (70 p. s. i) の水頭で、1,136 m³/h (5,000 gal/min.) の力量を有する。各モータの定格は230 kW で2段速度運転できるように設計され、望みとあらば、運転停止後の崩壊余熱（デケイヒート）を除去する時には、半速度で運転できるようにしてある。

冷却回路の主配管は内径31.91 cm ($12\frac{9}{16}$ in.)、各ポンプへの枝管は21.75 cm ($8\frac{9}{16}$ in.) である。一次配管はすべてステンレス鋼304の鍛造品である。各一次ループの弁はモータで開閉され、炉から隔離した所で操作できるようになっている。ポンプ回路はそれぞれポンプの下流にチェックバルブを持っていて、ポンプ損傷時の逆流を防ぐ。これらの弁は温度を一様化するためにディスクに小さな孔があいている。

一次回路は、加圧器によって飽和圧力123.0 kg/cm² (1,750 p. s. i.) に保たれる。加圧器の中では、普通行なわれているように、水中ヒータによる加熱やスプレーによって、少量の蒸気が一定圧力に保たれている。

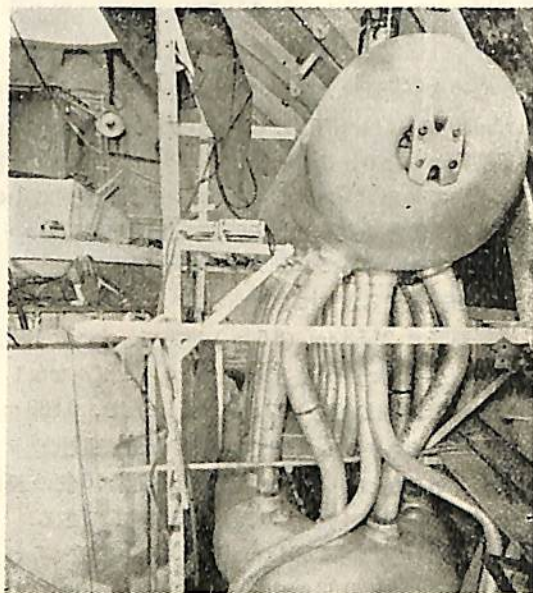
圧力容器

原子炉圧力容器はステンレス鋼を被覆した炭素鋼製で、寸法は高さ8.077 m (26 ft 6 in.)、内径2.489 m (8 ft 2 in.)、肉厚15.24 cm (6 in.) である。圧力と温度

の設計値は140.6 kg/cm² (2,000 p. s. i.) 343.3°C (650°F) となっている。取りはずしのできる頭部は直径12.70 cm (5 in.) のスタッド48個でおさえてある。もれ止めは、二重ガスケットとフランジ間のもれ止め溶接によつて

熱交換器（蒸気発生器）

熱交換器はシェルチューブ型で、シェル、チューブともにU字形である。チューブは直径1.905 cm (3/4 in.) で800本あり、この中に一次水が入っている。



第6図 格納容器内に装備された熱交換器

二次側ではシェルが、13本の上昇管と8本の下降管によつて、別個の蒸気-水ドラムに連結され、船がどんな姿勢をとつても自然循環の行なわれるようにしている。ドラムにはサイクロン蒸気分離器とスチームスクラップがあつて、湿分含有量が約0.25%の蒸気を供給する。熱交換器2基の蒸気発生量は合せて常用負荷時に109.8 t/h (242,000 lb/h)、蒸気条件は34.45 kg/cm² 絶対 (490 p. s. i. a) である。給水温度は175°C (347°F) である。

原子炉補機プラント

冷却および熱交換回路のほか、もちろん、いろいろの補機回路があつて、常時および非常時運転の要求をみたしている。

一次浄化系

約4.56 t/h (20 gal/min.) の一次水が冷却減圧され、43.33°C (110°F)、3.515 kg/cm² (50 p. s. i.) となり、フ

フィルタとデミネライザを一つで一次回路に送り返される。デミネライザは3基あり、それぞれ50日の寿命を持つとされているので、順次使用すれば、ベッドのとりかえは150日間使用した後に行なうだけでよいことになる。水素噴射系なるものもあるが、これは、放射線分解によつて出てきた酸素を確実に除去するのに使われ、一次回路中に溶解された水素の最低濃度を $20 \text{ cm}^3/\text{l}$ に確保するためである。

浄化された水は、チャージングラインと制御バルブを一つで直接一次系に送り返してもよいが、通常、パッファシールを通して返される。

パッファシール系

制御棒が圧力容器から出るところは、背圧シールによつてもれ止めがなされ、冷却水のもれを防いでいる。浄化された一次水は3台のチャージポンプによつて、これらのシールを一つで返される。シールが新しくてもれが最少のときには、常時使用されるポンプは1台のみである。他の2つのポンプは、シールの寿命が近づいたとき必要となるだろう。補助ポンプは、運転中のポンプがこわれたとき、または流量をます必要を生じたとき、自動的に作動するようになっている。

廃棄成分ドレン系統

放射性を帯びる可能性のあるドレンはすべて、ポンプ2台、格納容器ドレンタンク1個、廃棄物貯蔵タンク4個、および実験室廃棄物タンク1個からなる系によつて集められる。系の貯蔵容積は 37.393 m^3 ($1,320.5 \text{ ft}^3$) である。どのタンクも中味のサンプリングができるようにしてある。サンプリングのあとで、タンク内の物質は船のストレージタンクかドック設備のいずれかへポンプで送られるだろう。正常な状態では、集められた廃棄物の放射性は非常に低いと考えられる。

ガス廃棄系統

燃料被覆の損傷によつて、外へ出て来た放射性気体はパッファシール サージタンクの上のストリップング コラムから取り返され、他の構成材から出たいろいろの気体とともに集められる。できた酸素は水素と再び化合させ、核分裂によつて生じたガスは低温 (-175°C , -280°F) で活性炭に吸収させる。凝集できない気体は、いずれも共通のマニホールドに集められ、周囲の条件が好都合であれば、薄められて無線塔をかねた煙突から放出する。

サンプリング系

大きなサンプリング系が備えられ、一次水中の核分裂

生成物や清浄試験のための代表的なサンプルが連続的にモニタできる。また、サンプルは実験室廃棄物タンク、高低活性タンク、および内側船底ストレージタンクから得られるようになっている。

一次安全系

一次系のいろいろの個所にある安全弁は、流出物凝縮タンクに吹き出し、凝集した液体は廃棄成分ドレン系統によつて取扱われる。凝縮しないガスはガス廃棄系へ通される。緊急時に、放出量が流出物凝縮タンクの容量を越えると、安全弁は直接格納容器に吹き出すように働く。

中間冷却系統

35°C (95°F) の清水を給水し、格納容器の空気調節系のほかに、一次系循環ポンプ、一次系遮蔽タンク、ガス廃棄物採集系統を冷却する。この清水自身は2つの熱交換器を通るとき海水によつて冷却される。

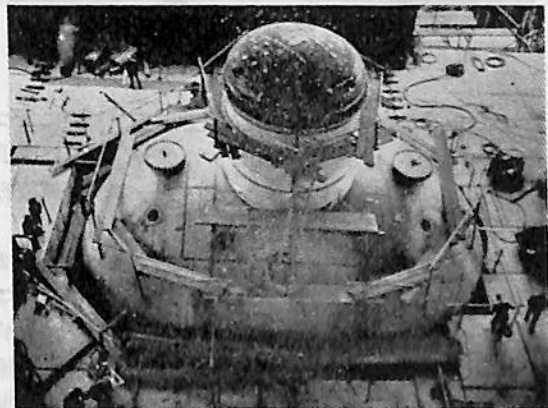
非常用冷却系統

300 kW の非常用ディーゼル以外のすべての電気動力装置が事故を起した時には、一部の一次冷却水は、塩水によつて直接冷却される1基の熱交換器を通して、ポンプで送りこまれる。この系統の塩水もまた、格納容器冷却系統と非常ポンプを冷却することができる。

遮蔽と格納容器

原子船のもつとも重要な特徴の一つは、放射能をあらゆる状況のもとでも閉じこめておくとともに、輻射を無視できるところまで減衰させるために使われる方法である。サバンナで用いた方法も設計上極めて興味深いものである。

格納容器は、一次回路が爆発し続いて一次水と二次水が流出(フラッシュ)するような事故時の圧力に堪えう



第7図 船体建設中の格納容器

るように設計されている。この圧力は 13.08 kg/cm^2 (186 p.s.in.) とされている。容器はまた約 500 トンの遮蔽体が 30° の横揺れのとぎ生じる動的応力にも堪えるよう設計されている。容器は両端を半球でとじた円筒で、直径 10.67 m (35 ft)、長さ 15.39 m ($50 \text{ ft } 6 \text{ in.}$)、板の厚みは 3.15 cm (1.24 in.) から 9.525 cm (3.75 in.) の値で、容積 $1,170 \text{ m}^3$ ($41,300 \text{ ft}^3$)、重さ 275 トンである。直径 39.62 m (131 ft) のドームあるいは円屋根が容器の上部につけてあり、ドームの前方と後方には 1.067 m (42 in.) の出入口があいている。下側には普通のマンホールが 2 つ設けてある。

容器は船体構造部に溶接されたサドル形支持によつて支えられる。膨脹を許すために、容器はシリング部分の後端部のみでおさえる。ボルトは直径 5.715 cm ($2\frac{1}{4} \text{ in.}$) の高張力ボルト 24 個を用いている。こうして容器の位置が定められ回転が妨げられるが、このほかの支持には滑らかなベアリングとパッドがついている。緩衝マットの方向 90° にある他の支持構造や B デッキおよび C デッキの間にあるチョックは、 90° の横傾斜のときでさえ容器の位置を正しく維持するようになっている。



第 8 図 ポリエチレン遮蔽板のとりつけ

格納容器は正常時には気密に保たれ、空気調節によつて内部の温度を 48.88°C (120°F) に保つ。換気は原子炉を停止したときだけ行なう。このとき、換気は連続的にモニタされる。

主出入口（アクセスオープニング）とマンホールのほかに、大小さまざま（直径 $2.54\sim 30.48 \text{ cm}$ ）の貫通口が 76 個ある。 5.08 cm (2 in.) 以下の配管ではノズルが用いられ、この寸法以上のものには、ノズルとともに補強ダブルが使われる。ケーブル エポックシィには樹脂シールが使用されている。

遮蔽は格納容器の内側、原子炉自身の周囲の一次遮蔽と、格納容器のまわりの二次遮蔽とに分けられる。

一次遮蔽は炉のまわりの環状タンクからなり、高さ 5.182 m (17 ft) で半径方向の水の層の深さは 83.82 cm ($2 \text{ ft } 9 \text{ in.}$) である。この周囲に厚みが $2.54\sim 10.16 \text{ cm}$ ($2\sim 4 \text{ in.}$) なる鉛があり、タンクにつけられている。これだけ遮蔽すれば、格納容器内の放射線量率を停止後 30 分以内でも 200 ミリレム/h 以下におさえるのに充分であり、保守作業のために近づくことも、制限内で可能となる。

二次遮蔽は放射レベルを船のいたるところで無視しうる値まで減じようとして施されたものであるが、かなりそれ以上に念の入つたもので、2,000 トン近くの鉛、ポリエチレン、コンクリート、それに水からなつている。二次遮蔽の複雑な形状寸法は、IBM-650 デジタル計算機用にかかれた多くのプログラムによつて、計算された。

格納容器の下部はコンクリートの壁で塞いである。空間的な制限で普通のコンクリートの厚みを充分とれないところには密度の大きいコンクリートを使つている。普通のコンクリートの総重量は 508 トン、重いコンクリートは 552 トンである。壁は格納容器の前方に延びて、俗にドックハウスとして知られている区画を形成している。ここには浄化デミネライザおよび廃棄物集取装置要素、バッファシールおよびガス廃棄系統のような放射性レベルの低いプラント種目が置かれている。

遮蔽の上部は鉛とポリエチレンからなつている。鉛の厚さは 6.35 cm ($2\frac{1}{2} \text{ in.}$) から 15.24 cm (6 in.) で、鉛板は格納容器にボルトづけし、継目は鉛線で填隙される。

格納容器の下には、コンクリートの線に沿つて一連の清水タンクがあり、遮蔽体の下で放射線を散乱させ遮蔽を補つている。

推進プラントおよび補機

主推進機械類室は原子炉室のうしろの、第 6, 7 区画の間にあり、長さ 16.76 m (55 ft)、巾 23.77 m (78 ft) で高さはタンクの上から C デッキまで 9.754 m (32 ft) ある。

主タービン

主タービンはドラバル 2 シリンダで 20,000 常用軸馬力（最大 22,000）を生じ、歯車装置にて常用回転数 107 回/分（最大 110）のプロペラに伝達する。湿分分離器は高圧区と低圧区の交き線に置かれている。後進タービンは低圧区の一部を占めており、常用回転数の 50% で全

負荷(前進)の約80%を出す。復水器は海水温度23.89°C(75°F)で72.39 cm(28.5 in.)の真空をつくるよう設計されている。海水は常用運転中にスクープ(水すくい)で供給する。また、マヌーパリングや後進運転のために主循環ポンプは冷却を行なう。

減速歯車はまた、非常運転のとき750軸馬力の電動機を用いるためにも使われる。

電気プラント

1,500 kW ターボ発電機が2基あつて、船内のホテルの使用電力量と貨物ウィンチその他の船内補機の需要を満たすほかに、原子炉の補助動力を常時供給する。

非常時に帰還(テイクホーム)動力として使える750 kW ディーゼル発電機がやはり2基あつて、炉のスタートアップ(起動)のとき補機として運転される。これはシャットダウン時にも崩壊余熱の除去に利用でき、スクラム シャットダウンのときには、自動的に起動し、シンクロナイズされている。

絶体絶命のときの守りは、航海船橋デッキの上に置かれた300 kW ディーゼル発電機である。これは、他の動力供給源が全部事故を起したときに、非常点灯、炉のクローラントポンプの低速回転、および非常冷却系を運転することにならう。

原子炉用直流電源はメイン スウィッチボードから電動発電機により供給される。スウィッチボードは直流125 Vの母線(ブスバー)に接続され、そこには常に完全充電の状態に保たれたバッテリーがあり、動力事故時に備えてある。直流母線はまた2基の25 kW 直流/交流電動発電機を通して、機器やいろいろの重要な負荷のために、精密に調整された交流電源を供給する。

放射モニタリング

保健物理のためのチャンネルが3つある。チャンネル1,2のそれぞれにより指示が可能で、望むならば、船内に撰んだ6領域におけるレベルを記録することもできる。チャンネル3はアクセスデテクタに用いられ、アクセスデテクタは停止(シャットダウン)後、入口が許容状態にあるかどうかを指示するために、格納容器およびドッグハウスへの入口のところのバックグラウンドレベルを与えるのに使われる。

5本のチャンネルはプラントの機能を働かせるためである。チャンネル4は5つのデテクタを有し、一次系から中間冷却水への放射能のもれの可能性に備えてある。チャンネル5,6は、それぞれ1個のデテクタをもち、二次系へのもれを検出する。チャンネル7は燃料被覆の破

損による一次クローラント中の核分裂生成物の存在を検出し、一方チャンネル8は交換樹脂を新しいのに換える必要があるかどうかをみるために、純水系の上のイオン交換器をモニタ(監視)する。

8個のチャンネルが廃棄物処理プラントをモニタするためである。4つは微量放射能を計測し、4つは煙突中のガスの放射能を計測する。

制御室に連結されているいろいろの計測のほか、その場で計測できる多くの携帯装置がある。さらに、船全体で400以上の個所に、放射量を累積的に記録するフィルム タグが露出されている。

安全性

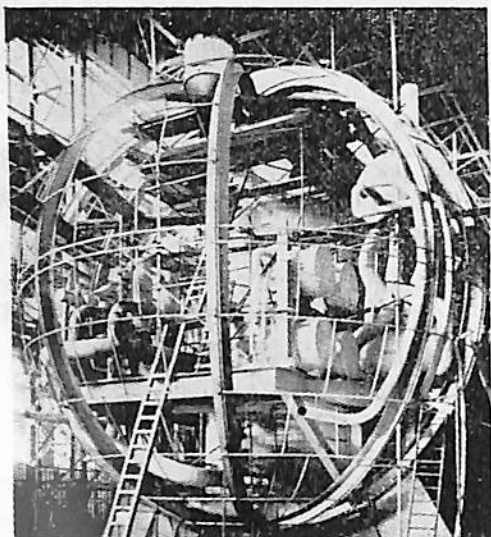
船の安全性評価に関する一般事項を概括すると次のようである。船の大きさと生じた災害を考慮して、船の事故を分析した結果、サバンナは世界中の船の約1%を除いたすべての船との衝突に堪え得るだろうと信じられている。格納容器に関して注意を払った事項はすでに述べたところである。同様に、恐ろしく頑丈な船体船底構造のおかげで座礁の災害に対しても免疫を有するものと期待されている。沈没のとき格納容器がつぶれて分裂生成物が出て来るような最大の危険に対しては、マンホールカバーが或る深さで閉じ、圧力の均衡化に伴って閉じよう設計されている。

サバンナの来る港には、来港に数週間先だつて専門家の一行が訪れて、港の安全性に関してすべての地方的ならび国家的要求が予め設定できるようになっている。

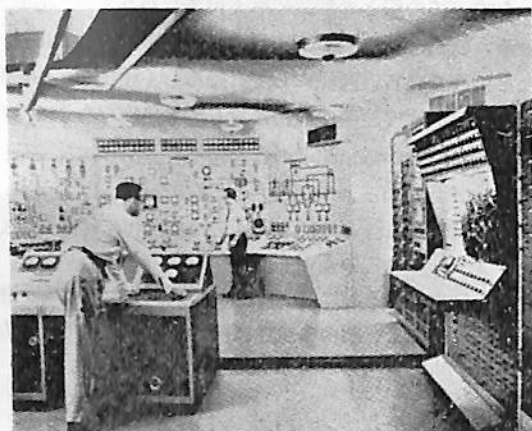
モックアップ、シミュレイタ、および訓練計画

サバンナ計画が完全に遂行されるには、原子炉モックアップの試験も重要である。これは、原子炉プラントの完全モデルのことで、ニューヨーク造船会社のニュージャージー造船所に設置された。それは、詳細にわたつてすべて完璧で、原子炉や熱交換器のような大きなものはライト ゲージ用の薄い金属板でできており、より小さな細部や管系はボール紙やプラスチックを用い、はしごや格子はアルミでできている。

この設備を設けた理由はいろいろある。第一の、そして最も重要な理由は、乗組員の訓練であり、彼等が本物のプラントにおけると厳密に同様な仕方、この装置の中を動き回れるようにすることである。保守維持のための操作手順を行ない、試験することができ、多くの装置成分はこの目的で設計されている。一次ポンプあるいはゲイトバルブはこのループから取り除くことができ、備えつけのつり上げ装置を使つて、1.067 m(42 in.)



第9図 原子炉格納容器モックアップ



第10図 リンチバーグの原子炉制御シミュレータ

の人の通行する道を通つて、取り出すことができる。欠陥を生じた熱交換器の管を修理したり加圧器加熱要素を取り換えたりする操作も詳細にわたつて練習することができる。

この他、モックアップが建設過程において示した価値は大変大きいものである。船に装置を備えるに先だつて、設計のクリアランスと締めしるのチェックを可能ならしめたのである。

原子炉制御に関する経験はウェスチングハウス エレクトロニクス社によつて設計製作され、バージニアのリンチバーグの米国船用原子炉学校に設置された原子炉シミュレータの価格は180,230ドルであつた。

訓練は1958年の9月に始められ、原子炉理論、工学、および操作にたずさわる、免許を有した工学技術官16人を対象とした。さらに、ステーツ マリーン コーポレーションの外から20人の研究者が参加して、この15ヵ月間の課程を修めた。これよりさらに進んだ課程も行なわれ、多くの技官候補者やAECの後援を受けた外国技師がこれを修めた。

サバンナで完成されずに残されているのは、小さな構造上の問題だけである。完全な炉心はすでに組みこまれ、1960年の最初の6ヵ月間に試験された。圧力容器内の燃料装荷は60年の12月に始まる予定である。最初の蒸気発生は61年の正月に、全出力運転は3月になると予想されている。

ドックにおける動力試運転に成功すると、海上試験を受け、工作完了の後、おそらく、約2年間の制限商業運転に乗り出す。そして、民間に用船契約がなされ、常用商業運転に入ることがほとんど確実である。

工学博士山縣昌夫序
日産汽船工務部 田中兵衛著

原子力船

B5判 200頁 上製函入
定価500円 50円

目次

1. ま え が き
2. 原子炉のあらまし
3. 原子力船の出現
4. 原子力潜水艦
5. 原子力貨客船サバンナ号
6. 原子力砕氷船
7. 日本原子力船調査会試設計の加圧水型原子力船
8. アメリカで設計された沸騰水型原子力船
9. 日本原子力船調査会試設計の沸騰水型原子力船
10. イギリスで設計されたガス冷却黒鉛減速型原子力船
11. 日本原子力船調査会試設計のガス冷却型原子力船
12. 原子力商船の基本設計並びに配置についての著者の設計

発行所・天然社

II サバンナ号の制御棒駆動について

サバンナ号の原子炉制御棒駆動装置は次のように3区分して考えると解り易い。

1. 21の電気—機械駆動機構と、それに附属するスイッチ装置および補機を備えた制御棒駆動集合体。
2. スクラム作動および平常運転中の負荷平衡のための油圧装置
3. 切換、連動、監視、および上記2者の自動制御のための電気的制御装置および計装。

船川原子炉を常に垂直に固定しておくことは不可能で、如何なる方向の突然の動揺に対しても安全であるためにはスクラム時の制御棒挿入に重力を利用しない方がよい。また制御棒は原子炉容器頭部をつきぬけて駆動されるので炉内圧力による上向きの力が“ピストン”力として制御棒にかなり働く。油圧装置はスクラムの必要な場合には、この力に完全に打ち勝つて働くほか、平常運転中の制御棒挿入の平衡を保つための下向きの力を絶えず供給するモータや電気—機械駆動機構にかかる負荷を軽減し、消耗をできるだけ少なくする。制御棒駆動に対する機械装置と油圧装置の働きは、完全に分離されているので機械装置に故障が生じて油圧スクラム装置に支障を来すことはない。

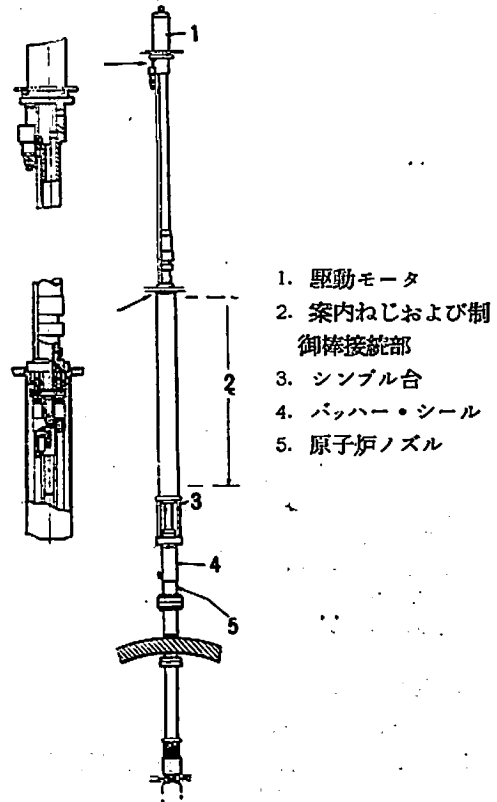
制御棒駆動用の全機構は圧力容器の頭部にすえつけてあり、制御棒は密閉圧力容器頭部を貫通するノズルを通る軸に連結されて駆動される。各ノズルは原子炉の水が軸に沿って外に流出するのを防ぐためにパッハー・シールを備えている。

制御棒駆動集合体

21の駆動機構は第1図に示される如く、それぞれ下端でシンプル合に取りつけられている。シンプル合はパッハー・シールの上端に取りつけられており、パッハー・シールは原子炉圧力容器の頂部から上方に出ている制御棒ノズルの上に取りつけられている。

制御棒駆動機構の長さはモーターの頂上からノズルまで17フィートで、ノズル中心間距離は約9.7インチである。シンプル合は駆動軸の周りに分割した幕を有し、駆動軸に附着してくる異物や汚物を除去する。そしてパッハー・シールが故障しても、その附近の駆動機構が汚染するのを防ぐ。シンプル合はまた下限停止装置を有し、下部駆動機構や制御棒が圧縮されないようにする。原子炉上蓋を取りはずす前に、分割した幕を通して制御棒から下部駆動機構を切り離す手段がこうじられている。駆動機構は第2図に示してある。これは減速歯車を通して

2相サーボ・モータより動力供給を受けて駆動する2本の案内ねじより成りたっている。歯車箱の出力軸は1本の案内ねじに直結されている。他の案内ねじはチェーンとスプロケットでその案内ねじに連結されている。炉圧力によつて上向きの力を受けている駆動軸に接する移動合は案内ねじにより動かされる。移動合の位置は駆動機構に取りつけられたセルシン位置指示器によつて連続的に指示され、それは制御室のセルシン受信器に信号を送る。リミット・スイッチは正常な制御棒行程の上限、下限で駆動モータの電源を切る。制御棒の最大行程は72インチ、速度は5~15インチ/分に調節出来る。“ドライブ・ピン”は駆動方向上向きの炉圧力を受けることによつて移動合の下側に保持される。この力によるドライブ・ナットや案内ねじにかかる負荷を軽減するために下向きの力がシリンダ上部あるいはアクチュエータの圧力制御により加えられている。この平衡用圧力は炉圧力の変動に応じて1,500 p. s. i から2,000 p. s. i の範囲に変わることができ、実効の上向きの力を常に約500ポンドに



第1図 制御棒駆動の図

油圧装置

第3図は油圧装置のスクラム部分の略図である。この装置は次の4つの機能を有する。

- スクラム作動
- 速度制御
- 圧力平衡
- 油圧シリンダの圧力調整により炉圧力による上向き
の力を打消すこと。

油圧装置のスクラム、弁は平常は閉じており、原子炉安全装置からシグナルを受けた時だけ開く。弁が開くとアキュムレータから油圧シリンダ上部に高圧の油が流れ込み、その結果、制御棒速度は外部油圧回路の検定されたオリフィスにより定められた一定速度まで加速される。油圧シリンダのピストンは正常なスクラム行程の終りに近づくと減速され、制御された減速力で残りの行程を終る。

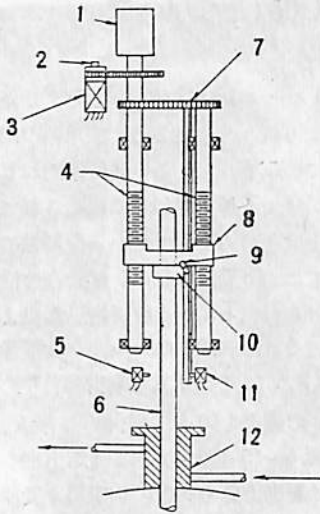
スクラム装置は各制御棒が完全に引き上げられた状態からスクラム信号受信後3/4挿入まで0.8秒でスクラムできるように設計されている。油圧装置は他の動力や電気動力を借りなくても制御要素をスクラム行程の終端に何時間でも保持するに充分な力を与える。それでも万一油圧が減つて制御棒が炉外に押し出される危険のある場合には駆動軸上にある2つの掛け金腕によつて、ねじ駆動部の全長を動くことのできる2本の掛け金棒が働く。制御棒をスクラム行程の終端に保持するには1つの掛け金で充分である。この掛け金は、移動台がモータによつてドライブ・ピンに接して下向きに駆動されて掛け金が離されるまでは、船の状態に関係なしに駆動棒が上る危険を防ぐ。この時、移動台自体は炉圧力によつて制御棒が炉心から外に押し出されるのを防ぐもう1つの要素になる。

油圧供給装置

3組の油圧供給ユニットは B デッキ面、格納キューボラの右舷側 110 フレームと 114 フレームの間にある動力供給室に備えてある。この3組のうち2組は待機および保存用であり、これら3組のいずれも自動あるいは手動スイッチによつて装置を作動させることが出来る。

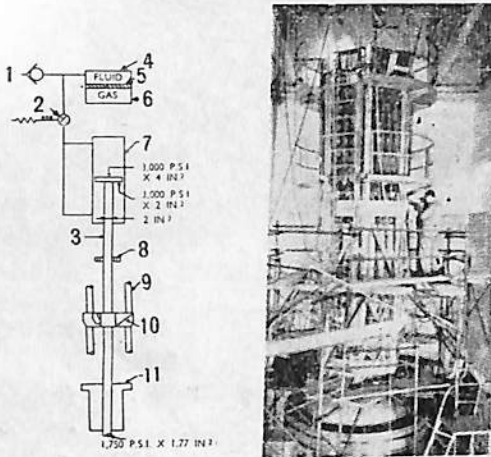
各油圧供給ユニットは次のものよりなる。電力運転の高圧ピストン、ポンプ、主安全弁、冷却機、ため、油面下限警報器、油温度計、濾過器、配管内フィルタ、逆止め弁、手動停止弁。

3組の油圧供給ユニットは4つの圧力スイッチによつて監視される高圧ヘッダーに共通に結合されている。3組の油圧供給ユニットの中、1組は作動して、高圧ヘッ



第2図 電気一機械的装置略図

1. 2相モータ 2. 上限スイッチ 3. セルシン送信機 4. 案内ねじ 5. 下限スイッチ 6. 制御棒延長軸 7. ドライブ・チェーン 8. 移動台 9. 移動台駆動スイッチ 10. 安全掛け金つば 11. 移動台スイッチ 12. パッハー・シール



第3図 油圧装置略図

1. 油圧供給ライン 2. スクラム電磁バルブ 3. 制御棒延長軸 4. アキュムレーター 5. ピストン 6. ガス圧力 7. 油圧シリンダ 8. 移動台 9. 掛け金棒 10. 安全掛け金 11. パッハー・シール

保つ。移動台はモータ駆動の案内ねじの回転により動かされるが、その時、移動台の下側にあるドライブ・ピンに加わる実効の上向き力により駆動軸は移動台の上下方向の動きに従つて動く。

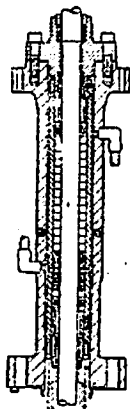
ダーに必要な流量を供給し、第2のユニットは待機させてあり、第3のユニットは他の2組のいずれかに故障が生じたとき、手動スイッチで作動に入れるように保存してある。作動中あるいは待機中のユニットのいずれかに故障が生じたときは圧力スイッチにより知らされるので、その故障したユニットは手で切離し、保存中のユニットを代りに役務に入れることができる。3組の高圧供給ユニット間の流れは逆止め弁で阻止して、スクラム作動の主動力供給源としての作動と安全性を最大限に信頼出来るようにしてある。

パッハー・シール

各制御棒はノズルを通つて原子炉圧力容器頭部を貫通し、ノズルの上に備えられたパッハー・シールを通り抜ける。(第1図参照)

21箇のシールは全部同一である。パッハー・シールは本来パッハー・チャージ・ポンプの出口からの浄水を軸シールに注入する装置である。その水の一部分は常に炉内に流入し、残りは上部シール・リングを通つて低圧プレナムに入り、それからパッハー・サージ・タンクにもどされる。第4図はパッハー・シールの垂直断面図である。流水の圧力は炉圧力より自動的に50 p. s. i 高く保たれ、5つのシール・リングを通つて1シール当り約0.5ガロン/分の割合で流入する。流入水の中、駆動軸に沿つて外部に流出する部分も18のシール・リングで約0.5ガロン/分に定められている。プレナム室の圧力は、パッハー・サージ・タンクの圧力で決定され、約40 p. s. i. aである。この室は平常の漏れが毎時間数滴を越さないような比較的柔かな“大気圧”シールにより密閉されている。

制御棒が十分に挿入されると駆動軸の肩は充分に大気圧シールに入り込んで、炉の最大圧力に対しても漏れないように保つ。こうすることによつて万一、補給ポンプが故障したときでも主装置の圧力はただ全制御棒を押し込むことによつて無期限に保たれ得る。23のシール・リングと大気圧シールのカートリッジ全部は取換えが可能で、熱防壁によつて



第4図 パッハーシールの断面図
パッハー・シール・ハウジングと隔離されている。

これら全部は炉圧力3,000 p. s. i に耐え得ることが試験された。パッハー・シールだけは製造者によつて特別なプロトタイプテストが60,000フィートの行程および

500回のスクラム行程にわたつて行われた。このテストで見込みの寿命行程をかなり超過した後、大気シールから数滴の水が軸を引上げるときに附着して漏れ出たに過ぎない。全部のリングの外側、内側からの漏れは、このテスト中には目に見えるほどではなかつた。

制御装置と計装

制御棒駆動装置の電氣的制御装置および計装は次の機能を有する。

1. 原子炉制御装置からの信号で制御棒駆動機構を働かせること。
2. サーボ機構を閉ループ制御する。
3. 制御棒効果の必要度に応じて、いつでもサーボ機構を選択できる相互連絡パネルを備える。
4. 制御棒位置とリミット・シグナルを制御盤に送信する。
5. 油圧動力供給装置に供給する動力を制御する。
6. 各スクラム弁やその他の弁の作動および連動を行う。
7. 安全と適切な運転のために制御棒駆動の臨界、非臨界部分を監視する。

電氣的制御装置は制御棒駆動装置のセントラルリングの上に取りつけられており、そのうち8つはモータ制御用サーボ装置、残り13は、手動のモータ制御装置である。サーボ制御される制御棒は4本ずつ2組に分けられ、各組は同時に駆動される。1つの組の中の個々の受ける負荷に相違があつても制御棒の組としての動作に影響しない。2組の8本の制御棒は皆手動でも駆動できる。8つのサーボ制御ループは、それぞれ、ある制御棒の組に誘導された軸角入力信号によつて位置決めされるセルシン入力変換器より成立っている。セルシンの出力は駆動機構のフィード・バック・シグナルに比較され、高利得の磁気増巾器に供給される。磁気増巾器の出力で300Wの2相サーボ・モータを作動させる。回転計ならびに制御棒駆動機構からの位置フィード・バック・シグナルは磁気増巾器の制御棒グループの入力信号に比較される。磁気増巾器の磁気切換装置によつて望ましい入力信号と実際の出力信号とを比較し、誤差信号を引き出す。もし誤差信号が設定値を超えると、故障検出器がリレーを働かせ、駆動機構を手動制御に切換える。手動モータ制御は制御室の運転者の運転によつてのみ、12本の制御棒をそれぞれ個別か、あるいは4本ずつ3組に分けて、一定スピードで駆動できる。炉心の中心にある制御棒Xは特定の組に属さず、手動で駆動される。制御棒駆動装

置の計装は位置指示装置とリミット・スイッチより成立している。位置指示装置は駆動機構に取りつけられた21のセルシン位置指示用変換器と制御室に置かれた21の位置指示用受信器と5つの組の位置指示用受信器よりなりたっている。位置指示装置は各移動台の位置を連続的に指示する。リミット・スイッチは正常な駆動の上下両端において駆動モータへの電力供給をしや断する。リミット・スイッチはまた位置指示装置の較正に用いられる。

装 備 配 置

制御棒駆動装置の構成要素は次の5つの区域におかれている。格納室、主制御室、Bデッキ上、格納室の右舷、左舷の3つの動力供給室。

主制御室は組分け駆動装置 (group demand unit)、セルシン位置指示受信器、制御台を備えている。

3つの動力供給室は次の如くである。

1. サーボ増巾器、故障検出器、パッチ・ボード・制御棒駆動装置の制御に用いられるポンプ制御装置等を備える小制御室。この室は B デッキ面で船尾側フレーム 116 の左舷側にある。

2. 3つの油圧供給ユニットとその補機を備える。この室は B デッキ面、右舷側、フレーム 110 と 114 の間にある。

3. スコット-T 変圧器のような動力装置を備える。この室は小制御室ルーム No. 1 のすぐ前にある。

プロトタイプ作動試験

プロトタイプの制御棒駆動機構をまず最初に組立て、完全な寿命テストを行つた。実物の機構の重要なところには必ず標準製品、標準組立方法が用いられたが、プロトタイプ機構はそれを正確に模擬した。プロトタイプテストによつて設計上の小さな欠陥をみつけた。また厳しい作動条件に対する機構の信頼性を示すのに役立つ。この目的のために、温度、湿度、塩度の大气状態を模擬し、模擬原子炉を接続した場合、しない場合について、制御棒駆動方向を垂直から 15° および 30° に傾けるテストが行われた。予想通り、これらのテストから設計を改良すべき幾らかの点がわかつた。プロトタイプテストは2種類に分けて行なわれた。第1には駆動機構の寿命テストの30%だけが行なわれ、第2には寿命テストの速度を早めながら、実際の船の条件において、機構や、その支持設備が満足に働くかどうかテストされた。

第1のテストでは約 14,000 フィートの行程および 137 回のスクラムが行なわれて 1958 年 11 月に完了した。15° 傾斜でのテストは普通の大气状態で行なわれたが、垂直テスト (全体の80%) は、150°F 90% の湿度の状

態で行なわれた。塩分はテスト室内の塩化ナトリウム溶液の開放タンクにより保たれた。

第2のテストでは、シール軸、制御棒、パッハー・シールを含めた内部駆動システムのテストが行なわれた。制御棒と模擬原子炉は、実際の原子炉の圧力と温度を保つ圧力容器に入れられた。駆動システムの構成要素を接続しない場合の模擬もなされた。主循環ループおよびパッハー・シール・ループには実際原子炉に予想される流量条件が与えられた。テストではまた代表的に純度の違った原子炉水が用いられた。表1はプロトタイプテストを年代順に総括したものである。

表1 プロトタイプ制御棒駆動装置テスト

駆 動 機 構 試 験	行程 (フ ィート)	スクラム 回 数
第1回: 垂直、炉容器内部接続	10,000	181
第2回: 垂直: "	14,000	150
30°傾斜: "	500	29
垂直、炉容器内部非接続	9,000	73
15°傾斜: "	8,000	50
(97時間連続駆動)		
最終回: 垂直、炉容器内部接続	5,000	50
合 計	46,500	533
構成要素個別テスト		
パッハー・シール (於 Stein Seal Company): 1 型	32,000	350
2 型	60,000	500
制御棒およびその附随部	21,000	200

駆動機構および油圧装置テスト

1. 駆 動 モ ー タ — 摩擦および平衡圧力が極端に大きな場合の速度および電氣的負荷試験
2. 完全圧力平衡 — 模擬原子炉圧力 2,000 p. s. i で油圧シリンダーの検査
3. 案内ねじの注油 — 検 査
4. ラ ッ チ ・ テ ス ト — 2つのラッチについて模擬原子炉圧力 2,000 p. s. i で位置をかえて3回テストする。個々のラッチについて繰返して行う
5. 駆動位置テスト
6. 離脱テスト
7. 安定性テスト
8. 傾斜テスト — 最大、最小の傾斜率を決定する

製品機構テスト

各製品機構のテストおよび検査プログラムは、表2に示してある。これらのテストでは、各機構について各種の作動状態のもとで全体で12時間の作動が実施された。

表 2 製品機構テスト ...

構成要素検査および作動テスト

1. 油圧シリンダ—摩擦, 静圧ならびに漏えいテスト
2. 油圧弁・パネル—静圧, 内部漏えいならびに作動テスト
3. 油圧動力供給装置—漏えい, ノイズ, 振動, ポンプ送り出し, ならびに静圧テスト
4. 油圧アキュムレーター—漏えい, 静圧テスト

5. 磁気増巾器—感度, 利得, および過渡応答
6. シンプル台—厳密な寸法検査
7. 支持構造—寸法ならびに配列検査
8. モータおよび歯車箱—トルク, 効率, バックラッシュ, すべり, 脱出トルクならびに漏えい
9. 組分けユニット—利得調整, 感度安定性ならびに校正

Ⅲ サバンナ号の燃料交換について

原子力船サバンナ号に採用されている燃料交換方法は EBWR や原子力船シーウルフ号 (これはナトリウム冷却型である), 並びに大部分の PWR を積載した原子力潜水艦等に採用されている方法と概念上は同一のものであるが, いくつかの独特な装置上および設計上の工夫が凝らしてあるので, 興味を持たれている。このようなものの中には, 明らかに, 炉容器のヘッドスタッドの締めつけおよび取りはずしの操作に関する事柄や, 船の運動状態, 傾き具合にかかわりなく, 自由に種々の操作が出来るような, 設計上の事柄等が含まれている。

総 括

船の炉の燃料交換とは下表に示したようなものの交換をすることである。そこに示したような炉心成分の交換を行うには格納容器のヘッドおよび炉心容器のヘッドを撤去し, 更に大きな2個の炉心つり下げ装置とフローパッフルを除かなければならない。上部フローパッフルの重量は, 17,432 ポンドあり, 放射能の強さが, 7レントゲン/時間である。上部グリッドアSEMBリーの重量は 5,510 ポンドであり, 放射能の強さは 3,500 レントゲン/時間となつている。これらの装置を取り除き, 次に燃料棒および制御棒の取り出しを行うのである。

燃料棒と制御棒の取り出し作業では, まずシールドマニピュレータープラグを, 炉心容器のヘッドの上に置き, 炉心成分を1個ずつマニピュレータープラグのそばにある燃料棒輸送函の中に入れることになる。

燃料棒, または制御棒を入れた函は, 格納容器から離れて, クレーンにより特別な浮き船に運ばれる。そこで

は燃料棒および制御棒は貯えられ, 後に再生処理所に回送されることになる。

新しい燃料棒および制御棒は, 2個の百キュリーの中性子源とともに炉中に装備され, また補強材も, 次に行われるスタートアップのテストに備えて新しく取りかえられる。

船の運動パラメタについて

交換を行うべき炉の燃料成分の設計は, 次の如き船の運動パラメタに対して全安で操作しやすいように行うものとする。

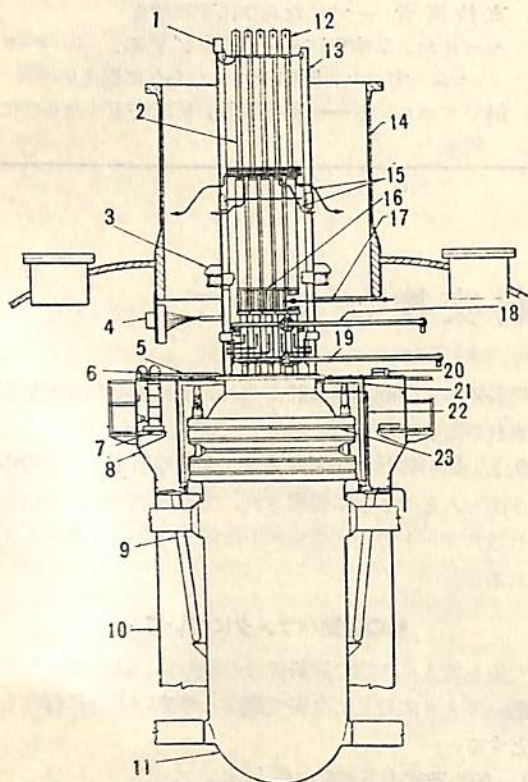
1. 船の垂直上下運動の最大値について
垂直な上下運動の周期が最小で7秒はあり, その運動の最大値は1インチとする。
2. ピッチングの最大値について
1 $\frac{1}{2}$ °の定常のトリムに最小周期7秒で $\frac{3}{8}$ °の最大ピッチングが加わるとする。
3. ローリングの最大値について
2°の定常なリストに最小周期が15秒で最大1°のローリングが加わるものとする。
4. 船の最大変位は3.6°とする。
5. 船は棧橋から最大距離が1フィートで停泊するものとする。

炉心容器のヘッドの除去作業について

船のプロムナードデッキの上に在る原子炉のハッチを取り除いた後で, 遮蔽を施してある格納容器のヘッドをはずして保管する。次に換気調節並びに天候の悪化に備えて存在するハッチの上に組立式の「クリーンハウス」

項 目	大 き さ	重 量	ドーズレイト	熱 出 力
32本の燃料要素	8 $\frac{1}{2}$ (インチ) \times 76 $\frac{1}{2}$ インチ	760 ポンド	10 ⁶ レントゲン/時間	66,000 B. t. u/時間
21本の制御棒	8(インチ) \times 144インチ	230 ポンド	10 ⁵ レントゲン/時間	—
2個の中性子源	0.35 インチ(直径) \times 24.5インチ	$\frac{3}{4}$ ポンド	8 レム/時間	—

を建てる。これは、作業服の設備、工事監督並びに作業方針の決定等を行うためのものである。



第1図 格納容器中の種々の機構

1. 接続函 2. 制御棒駆動棒 3. モノレールトラック 4. 接続函 5. 当座しのぎに用いる台
6. ハウザービット 7. 回転性の台 8. 燃料交換タンク 9. 中性子の検出器壁 10. 遮蔽タンク
11. 炉心容器 12. 制御棒駆動モータ 13. 制御棒駆動支持構造 14. 格納容器 15. 水系連結
16. シンブルプラットフォーム 17. 炉圧のトランスデューサーライン 18. パッハー・シール入口部連結
19. パッハー・シール出口部連結 20. サービスボックス 21. 断熱カバー 22. 炉のヘッドのドレインライン 23. 炉のヘッド

クリーンハウスを設け、換気装置が働き、ハッチの入口のモニタリングが行われると、作業員は制御棒の軸を、そのまわりに45°回転させ、制御棒駆動装置のパッハー・シールの丁度上にある軸連結をはずし、制御棒は炉心内に残したままで軸を引きぬくのである。次にすべての制御棒の駆動装置とパッハー・シールの電気系および水系の連結を断ち、18個の断熱カバーを炉心容器のヘッドからとりのぞき、炉心容器の反対側の所には2個のBF₃比例計数管をそなえ、更に燃料交換用伸縮型タンクと炉心容器のフランジの間にシールをほどこすのである。船

の傾斜指示器を燃料取りかえタンクの中にとりつければ、それから炉心のヘッドの除去作業が始まるのである。

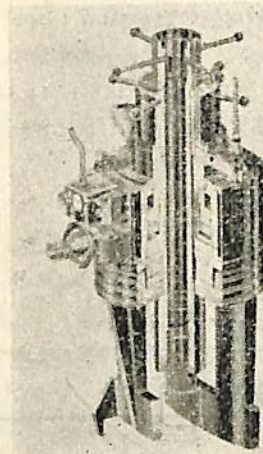
炉心容器のヘッドの除去作業

炉心容器のヘッドは、直径が5インチの48本のスタッドにより固定されており、シールを溶接した膜によりうら打ちをした2個のO型金属製環を用いてシールをしてある。

昔は、大きなスタッドのしめつけおよびとりはずし作業は、ヒーターを用いてスタッドを長くしたり、ナットの回転を良くしていた。このような冗長な加熱、冷却の時間(これは約48時間を要した)のため、このような操作は3/8インチのスタッドを用い、またナットのしめつけ並びにとりはずし作業は、大型のイムバクト・レンチを用いていた。他方そのようなヒーターを用いない方法によると、スタッド・ナット系の1/4がナットの部分またはベッセルの部分で、はめ込み、取りはずしの場合に、みぞ面が十分に滑らかでないことから、ひつかかりが出来てしまった。これを防ぐには、後でみぞ面に銀着せや、みがきかけをする方法がとられるようになったが、しかしそれらを完全に防げたわけではない。更に騒音がはなはだしく、作業員の疲労と仕事の誤りが大なることと、銀着せがナットに加わるハンマーの衝撃ではげ落ちるといふ欠点があつた。

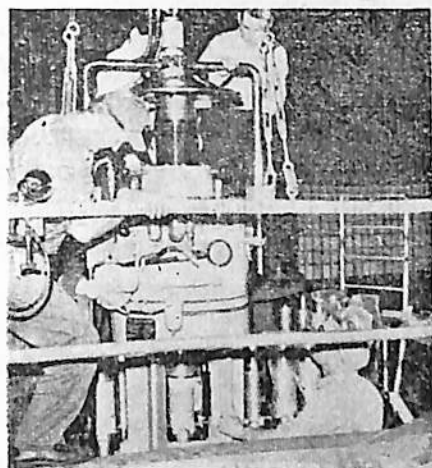
サバンナ号の回転時間を減少させ、しかもスタッド・ナットのしめつけおよびとりはずしに安全性と信頼性が持てる装置を作るために、バブコック・アンド・ウィルコックス社では、600トンのキャパシティを有するスタッド

ドナットテンショナーを発売案し、ダイヤモンドパワー・スペシャルコーポレーション社で開発が進められた。



第2図 ダイヤモンド600トンスタッドナットテンショナーの縦断面図

この装置は、ナットを貫いてフランジの中に伸びているスタッドの上にねじこまれている引張り棒の上に附いているピストンにより、引張り棒にロードをかけ、スタッドを引張るものである。ピストンの反作用は、スタッドの列の上にもたがっているシリンダーの支持面に伝えられ、容器の



第3図 スタッド テンショナーの实地試験図

フランジがそれを受けることになる。

このテンショナーは、炉心容器のヘッドにある制御棒駆動機構に設けたモノレールにかかっているトロリーを、空気駆動することにより、次々とスタッドの上を移動して行く。

このテンショナーには、次の如き特徴がある。

1. テンショナーは、4本のケーブルによりつり下げられており、それらは、船の傾きに無関係に角度配列を維持出来るようになっている。

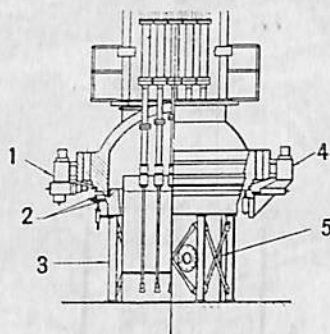
2. テンショナーは、パワーピストンの上にある装置に空気を入れることにより、自身で上昇することが出来る。他方パワーピストンは、4本のケーブルで支えられ固定している。そして次のスタッドへ移る時は、テンショナーのシリンダー支持函が上昇して、次の位置へ装置を移動させることになる。

3. 炉心容器のシールの膜を切断および溶接する場合は、6本のスタッドは、はずさないでおく。

4. テンショナーの機構は、空気をポンプ圧力増幅装置に入れ油圧を千ポンド/(インチ)²の圧力に高めてテンショナーを働かせることになっている。その場合に油貯めは、内部にそなえてある。

ヘッドの除去作業は、6本のスタッド以外は、すべてはずされ、スタッド運搬用トロリーにより運び去られるのであるが、それらはデッキヤックの傍にあるホイストにより、貯蔵棚に集められる。次にシール・ウエルド切断機が炉心容器のヘッドに取りつけられる。更にヘッドにみぞをつけ、またヘッドを囲んでとりつけた音無し鎖を引くことにより切断機が動くことになる。切断機が通過して行くにつれて、6個の残存スタッドは、とりはずされて行き、空気モータにより駆動するエンドミル

がシールの溶接部分を1方向にとりのぞいて行くのである。



第4図 シール ウエルド切断機の使用法を示す図

1. シール ウエルド切断機 2. 新しいシールの部分 3. ヘッドの支持台 4. スポット フェーシング アタッチメントをつけたシール ウエルド切断機 5. 遮蔽タンク

ウエルド切断機をはずしてから、ヘッドの口にネジをつけ、回転の急停止が出来るように設計されたつり上げ機により、容器から駆動装置のついた135,000ポンドのヘッドアSEMBリーとその支持構造とを共に、ドックサイドにあるヘッド保持台へ運ぶのである。そこには、新しいシールの膜と、O型環が置いてある。

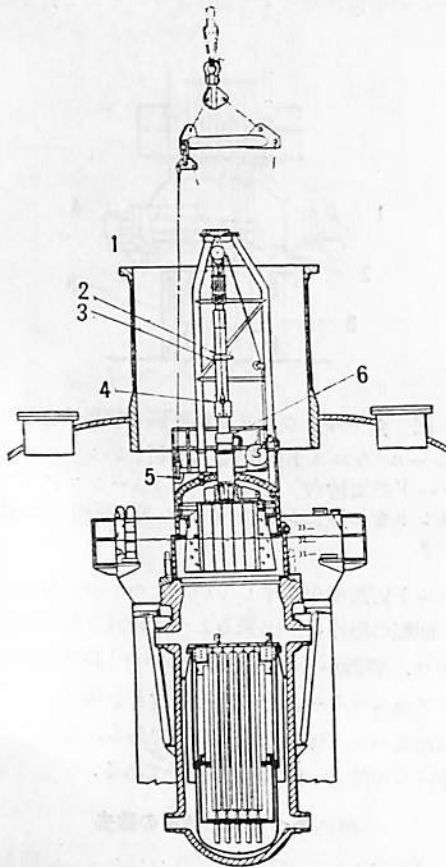
炉心のつり下げ装置の除去

ヘッドを撤去した後の炉心フランジシールの面を保護するため、ヘッドを取り去る時に用いたガイドシャフトを用いて、保護環をその上におろす。

炉心の燃料、制御棒をとり出す前に除かなければならぬものとして、炉心のつり下げ装置がある。そのうちでまず除くものは、上部のフローパッフルである。この放射能の強さは、毎時7レントゲンである。次に上部グリッドプレートを除くことになるが、これは毎時3,500レントゲンの強さの放射能を持つている。

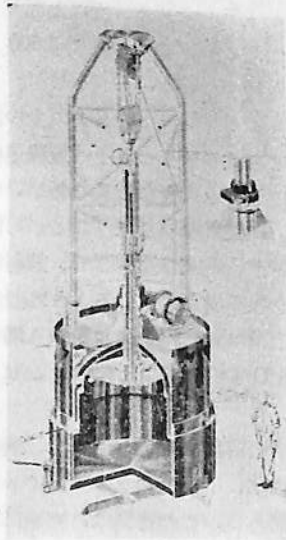
フローパッフルは、グリッドプレートの2倍以上の高さを持つており、のぞきこみ式の炉心つり下げ装置運搬函を遮蔽をほどこした函にしても大きな重量のちがいを生じないようにして、両方の装置を取り扱うことが可能である。この遮蔽は、のぞき込み式の運搬函で、放射能の強いグリッドプレートを扱う場合に用いるように設計されている。大きな方の上部フローパッフルを扱う場合は、函の円柱部分の筒部をひきのばすことにより、充分の遮蔽をしたことになる。

上述のつり下げ装置を炉心容器からとり出して、遮蔽をした函の中に移すためには、インテグラル・ホイステングシステムを運搬函に備える。この特徴は、充分に補



第5図 上部フローパッフル除去用ののぞき込み式炉心つり下げ装置運搬函の図

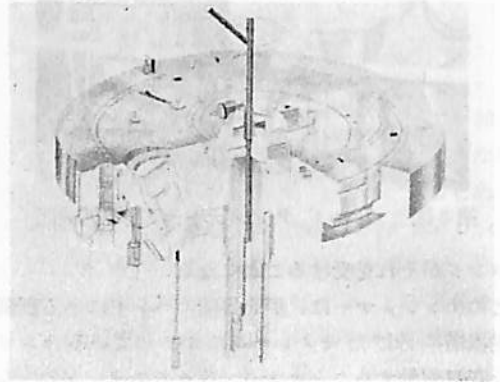
1. ロッキングカラー 2. ロッキング 3. カラーレグ 4. ツールコラムにつけた安全つり上げ機 5. 繫鎖をつけた多目的用つり下げ機 6. 歯車つき連結部



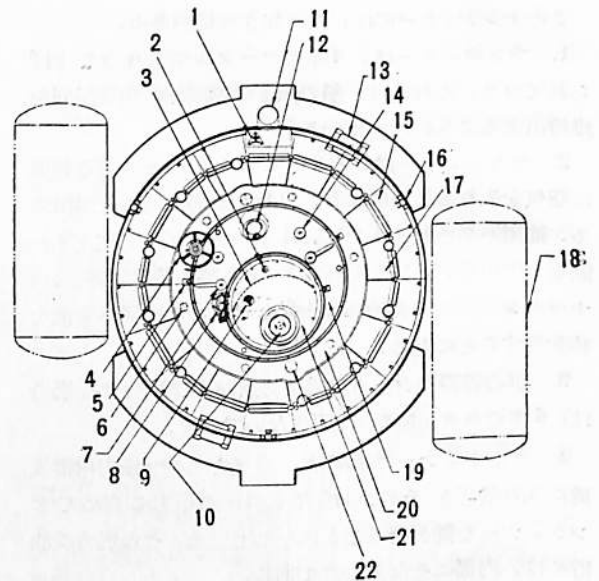
第6図 のぞき込み式の炉心つり下げ装置運搬函の断面図

強したピストン状の柱を備えており、船の運動および傾きに対する補正をせずに、炉心容器から外へ、または炉心容器の中へ、前述のつり下げ装置を出し入れすることが出来るようになってきていることである。実物大の模型を用いて試験をしてみると、 3.6° の船の傾きの場合で、困難を伴わずに出し入れが出来た。

以上で述べた如きつり下げ装置を運搬函中に入れた後



第7図 潜望鏡を通つた回転プラグの切断図



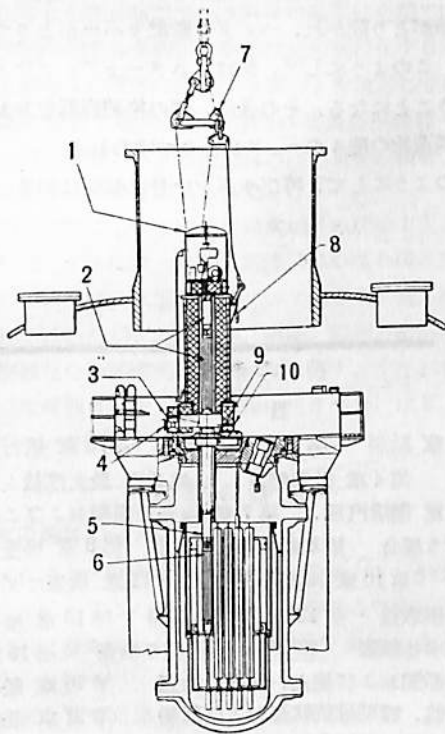
第8図 プラグの説明図

1. 船の姿勢指示器 2. ドアの開閉を司る部分 3. 燃料運搬函を配列させるスケール 4. リングドライブ ハンドウィールリング 5. フリクション クランプ 6. リフトアイカバー 7. 中性子検出器 8. リングドライブ用鎖歯車 9. 正方形のガイドチューブドライブ 10. パイロット リングカバーとプラグ 11. スタンドパイプ 12. 観察窓 13. はしご 14. 潜水灯 15. 燃料交換タンク台 16. ハウザービット 17. 回転軸台 18. 蒸気ドラム 19. 外側同心回転輪 20. 外側固定輪 21. 内側偏心回転輪 22. 配列軸孔カバー

は、作業員は格納容器から立ちのくことになる。それは、運搬函が炉心容器から引き上げられると、その底部から放射する放射線が危険だからである。この函は、プロムナードデッキの上にあるドアセクションの所へ運ばれ、そこに置かれる。そしてドアをつけたら、函は、上部フローパツフル格納器に運ばれ、上部フローパツフルが、函から容器の中に移される。この運搬函は、のぞき込み式操作により、上部グリッドアSEMBリーを運ぶためにまた船にもどされる。このアSEMBリーも同様にして取り除かれ、燃料交換中は運搬函の中に放置されている。

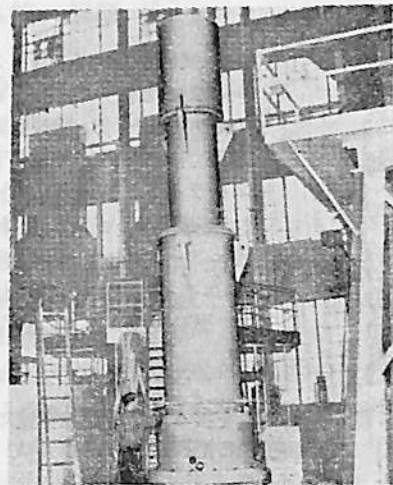
燃料要素の交換

遮蔽用の水は、炉心容器のフランジの上の燃料交換用伸縮自在型容器の中に入れておき、67,000ポンドの回転マニピュレータープラグを水面に接触するまでおろして来る。接触したら、同時にプラグと水を、プラグが炉心容器のフランジの保護環の所へおろす。そし



第9図 燃料輸送函の図

1. 保護屋根
2. つり上げ装置と完全につり上げられた燃料棒
3. ドア開閉指示装置
4. 手動のドア駆動輪
5. 燃料要素把握装置
6. 炉心内の燃料要素
7. 燃料棒輸送函を扱うつり下げ機
8. 繫鎖止め
9. マニピュレーターコンソールシート
10. ドアを閉めた指示器



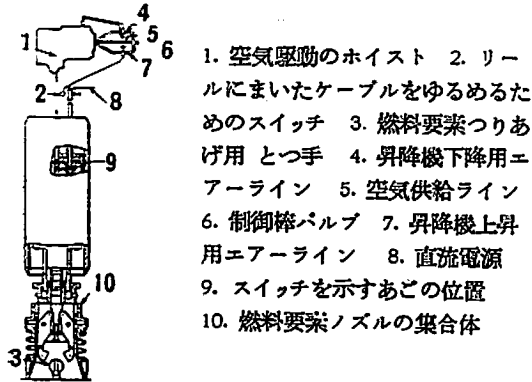
第10図 制御棒を扱うために燃料輸送函に遮蔽を長くつけ加えた図

て炉心内の水洗がすんだら、潜水灯と中性子検出器を、プラグにあけてある孔から中に入れ、サービスインド計機使用ラインとに結合する。

次に回転プラグの燃料交換孔を、取り出すべき最初の燃料要素に合せ、同心プラグと偏心プラグを、あらかじめ指定した位置に回転させ、ガイドチューブを、例の燃料要素の方向に回転させる。ガイドチューブは制御棒の手動の連結切りはなし用とつ手の数インチはなれた所まで、偏心プラグのシールドドアの下から伸びている。これは燃料棒をとりまく各々の正方形の枠と、マニピュレーターガイドシステムの枠および、燃料交換函の中にある枠とから成る一連のガイドシステム中にミッシングリンクを起すためのものである。この一連のガイドシステムにより、燃料棒が取りはずされる操作が、船の運動、傾きにはよらず安全に行われることになる。

とりはずすべき燃料棒を一列に配列した後で、プラグドアに開いている孔から潜望鏡を入れて、マニピュレーターガイドチューブの上まで伸ばし、目で見て配列が正しいか否かを判定する。

次に、燃料運搬函をマニピュレータープラグの上に置き、運搬函のドアを開けて燃料そう入の用意をする。燃料棒が完全につかまれていることを目で判定するために、マニピュレーターにある鉛ガラスの窓からのぞけるようになってい。また、2個の1,000ワットの水ランプが炉心内を照らすことになる。これは、パイレックスの容器に包まれており、底部は冷却水が通れるように仕切りになって開いている。そしてランプが破れてもランプのガラス片がその中に保たれているようにしてある。燃料棒の把握装置は鎖でつてあり、燃料棒をしつかり



第11図 燃料要素を扱うための圧縮空気により駆動する把握装置

とつかんだ場合は鎖がゆるんで来ないようにしてある。もしつかみ方が不完全である場合は、燃料棒（または制御棒）はひき上げられないようにしてある。燃料棒が運搬函中に入れられると、噴水装置により燃料棒の冷却を行い、マニピュレーターのシールドドアが閉じると運搬函は浮き船に運ばれ、前述とは逆の手法により燃料棒をおろすことになる。この燃料棒は、多孔板の遮蔽板に入れられ、中性子を吸収する棚の上で、離して置かれる。

燃料棒の次に制御棒が取り出される。この場合は、長い制御棒のアSEMBリーを運ぶために、運搬函に遮蔽を

更に長く付け加えて運ぶことになる。

次に新しい燃料棒を炉心に入れ、100キュリーの2個の中性子源を入れる。新しい燃料は、運搬函かまたはマニピュレーター中にマニュアルガイダンスを入れた誘導管を用いて装てんされる。燃料棒並びに制御棒をすべて入れた後で、2個のWL 6376型中性子計数管の読みが行えるように、マニピュレーターは、初めの位置にもどされる。

炉心容器の蓋じめ

マニピュレーターが除かれたら、上部グリッドプレートと上部パッフルがまた運搬函により運ばれて来て入られる。次にフランジ保護環を撤去して、炉心容器のヘッドを着せることになる。まず、6本のスタッドがしめつけられ、シールの膜が熔接される。

更に残りのスタッドがテンションナーにより、指定した強さにしめつけられる。

制御棒も再び駆動機構に連結され、燃料交換用タンクの遮蔽がとり除かれ、ヘッドの断熱カバーがとりつけられる。このようにして、炉は、スタートアップテストを行なうことになる。その後、炉の格納容器をおおっている構造物の種々のヘッドがとりつけられる。

このようにして、再びサバンナ号は航海に出るのである。

上野喜一郎 監修

解説 船舶安全法規 総説篇

A5上装 290頁 定価600(円30)

執筆者 上野喜一郎、鶴田隆平、小田切徳三郎、林義勝、酒井徳三郎、工藤博正

船舶安全法 関係法規はきわめて膨大なものである。そして制定以来20余年を経て、時代の変遷に伴う実情に即さない点が多くなったので、ここ数年來関係法規のすべてにわたり検討が加えられて来たが、最近においてすべてが整備せられた。

ここにおいて多年この法規に関係せられた方々の執筆を得て、もつとも新しく完全な解説書を世におくる次第である。

目次

第1章 総説	第2章 安全施設	第3章 航行区域
第4章 従業制限	第5章 最大搭載人員	第6章 制限汽圧
第7章 検査の種類およびこれを行う場合	第8章 検査の申請	第9章 検査の執行
第10章 検査の方法	第11章 検査に関する特別取扱	第12章 検査の準備
第13章 検査に関する証書	第14章 船級船の検査	第15章 小型船舶および被えい客船の検査
第16章 船舶の回航、短期継続航海および緊船	第17章 船舶の再検査	第18章 船用品の検査
第19章 船舶乗組員の不服申立	第20章 航海上の危険防止	第21章 国際条約との関係
第22章 外国船舶に対する航海安全法の適用	第23章 船舶安全法関係法規の施行	第24章 雑則 附録

1960年条約に規定された穀類積載の要件

會 根 功

緒 言

安全条約規則第6章は船舶が穀類 (grain cargo) を積載する場合の要件を定めたものである。穀類運送に関しては既に相当以前から主要海運国および主要穀類積出国においてそれぞれ独自のルールがあつたのが1948年条約において始めて国際的な要件として定められ、危険物 (dangerous goods) とともに第6章に規定されていたが今回の60年会議においてはこの危険物の取扱とも分離され単独の章でかなり詳細に規定されることとなつた。48年条約では穀類積載の要件は単に一つの regulation で取扱われたように簡単なものであつたが60年条約招集を機に英国を始め米国、ドイツ、フランス等より詳細化された改正案が提出されその結果同会議では、「穀類の積載に関する条約第6章の規定を敷衍化するための各国提案とこの問題に関係する勧告とを検討してこれを本会議に報告するため」の専門の委員会が設けられ、(1) 穀類の積載、(2) 穀類以外のばら貨物の積載、この二つの題目について討議された。

穀類の積載についてはその結果以外に説明するような規則が成立するに至つたが、穀類以外のばら積み貨物の積載については、米国、ドイツ、ソ連等より新規提案がなされてはいたが、その範囲、種類、規制方法があまりにも複雑なため国際的な規則になり得ず、すなわち条約規則では規制されず、会議勧告に止まつた。以下、その内容について説明する。

穀 類 の 積 載

第6章の趣旨

穀類をばら (in bulk) で船舶に積載するときは穀類の移動を防止するための必要かつ合理的な予防手段を講じなければならないという原則は48年条約と変りはない。

43年条約と変つた事項

まず新条約が旧条約と変つた点の主なものをあげると次の通りである。

1 荷繰り (trimming) を十分に良くしなければならぬという前提を基本重要事項として示したこと。(新第3規則)

2 48年条約施行後においてアルゼンチン小麦の積付

要件の特例が認められたことで分るように48年条約が特例を認めざるを得なかつたこの昔からの伝統がありまた地域的に独特な積付方法であるアルゼンチン (いわゆる River plate) およびベルンヤ湾から主として欧州各国が輸入小麦を運送した場合に採用された荷止板の代りに袋入り穀類 (bagged grain) で皿状上押えをする方法 (いわゆる deep saucer stowage) を今般広く汎世界的なもの基本的なものとして条約が採用したこと。(新第4規則(c)、第5規則)

3 復原性がばら穀類積載船の安全性確保の一重要事項として確認した結果、復原性が十分であつてもなお施設が無理に要求されるという非合理性が除かれるに至つたこと。(新第4規則、第5規則、第10規則、第12規則)

4 甲板間積付場所とその下部船倉とを別々に分けないうで一区画室と見做して積載する方法が条約上確定したこと。(新第8規則)

5 甲板間区画室または上部構造内区画室にばら穀類を積載するときの要件が従来より合理化されたこと。(新第10規則)

6 ばら積み専用船すちわち専らばらで積載するために特別の設計がなされている構造の船舶の取扱が規定され、この種船舶は他の一般貨物船 (general cargo ship) と別個に取扱うこととなつたこと。(新第12規則)

7 穀類貨物要目書 (grain loading plan) なる書類を条約上で価値のあるもの、すなわち締約政府が承認した場合に効果あるものとしたこと。(第15規則)

上記のような変更があつたので新条約は16の規則からなる詳細な規定が成立した。

新規則の方向

60年会議における空気は、各国とも協調的であり各国代表いづれも柔軟性ある接近策がとられたので、48年以降の時代に件う技術上の進歩を考慮し、条約の内容を world wide なものとする (従来穀類の積付方法および積付基準は、地域的な慣習もあつて国ごとに相異があり世界的な画一化が困難であつた。) を考慮し、また穀類の移動防止に必要な要素である船体構造、船舶条件、復原性能のいづれもを特にその一を強調することなく互に融和させて理論一辺に走らず経験的要素を十分にとり入れた均勢のとれた基準とするよう努力がはらわれ

たものと見受けられる。将来その方向に向つて進むと予想されまた問題となる専用船の取扱について、条約上その構造上の規制はいたずらに将来の技術上の進歩向上を阻害することのないようにした配慮やアルゼンチン積みで取られた積付方法をより一般化することに踏切つたことに上記の措置に基く結果がうかがわれる。

わが国の態度

わが国は穀類を専ら輸入する立場の国であり日本船舶は国内法規に適合するのほかに積地国の船積出港要件にも適合しなければならずしかも各国でその基準がまちまちであればあるほど繁雑に耐えないことも考えられ、基準の統一化が強く要望されていたのでありまたこの態度で条約会議に臨んだのであるが、新条約でもこのような趣旨が実行可能と考えられる限り盛り込んであると考えられ、一応わが国としても十分満足できるものと考えられている。

新条約の規則

1 適用船舶および適用貨物

条約上穀類積載船として規定の適用を受けるものは主として総トン数 500 トン以上の貨物船であることについては従来通りである。また穀類の範囲も従来通りである。わが国に特に関係ある大豆 (soya beans) は穀類のうちの豆 (pulses) に勿論含まれている。(第 1 規則、第 2 規則参照)

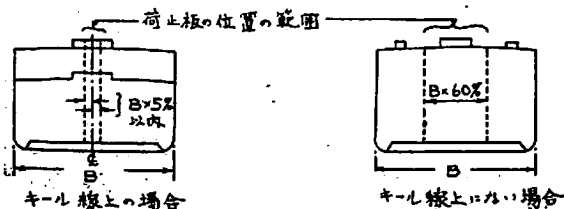
2 荷ならし (trimming)

穀類移動防止のためには満載しようとする区画室 (半載の区画室の数は船内全体で制限される。) は隅々まで満たすことを強く表現し甲板直下ではビームとビームとの間まで、前後方向では end place まで横方向は wing までいずれにも full up させるよう総則的な規則で明記した。(第 3 規則)

3 船倉・甲板間に対する満載、半載の要件

まず満載のときは、荷止板 (shifting board) が原則的に必要であることは従来通りである。しかし新条約では荷止板を 2 列に配列することと荷止板の免除しうる条件について詳細な規定が設けられた。すなわち

i 荷止板の配置の規定を図示すれば次の通りである。



ii 荷止板が 2 列の場合には、両 wing 部の船倉のために甲板の wing に荷繰用の倉口 (trimming hatch) を設けることと、その配置はこの倉口相互の間隔および横置隔壁に一番近いものと横置隔壁との間隔をそれぞれ 7.62 m 以下、3.66 m 以下とすることを規定した。

iii 荷止板が上下に extend する範囲は従来通りである。すなわち船倉ではその深さの 1/3 (甲板下少なくとも 2.44 m 以上) の間に亘り達していればよい。

iv 亜麻種子 linseed ではこの措置は認めないが、船舶のメタセンター高さが一定値 (set standard すなわち一層甲板船、二層甲板船では 0.31 m または 12 インチ、三層以上の甲板船では 0.36 m または 14 インチ) 以上に保持されるならば次のところに荷止板は設けなくてもよいこととなつた。

(i) フィーダーの直下……この場合、倉口の範囲だけに限られるものとし、またこのフィーダーはその区画室積載量の 5% 以上を feed しうるものに限られる。

(ii) フィーダーの外部で該フィーダーから一定距離範囲 (2.13 m) 以内……このときの条件は (i) に同じである。

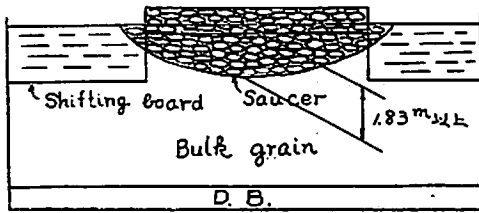
(iii) フィーダーの内部……フィーダーの内部はその頂部まで荷止板を必要とするが、feed 量が上記 (i) (ii) のように 5% 以上でありまたフィーダーの高さや截面積が一定量以下であつてその内に満たされているばら穀類が沈下かつ移動 (その量は沈下は feed される区画室容積の 2% 分、移動は水平面に対し 12°) してもそのフィーダーの内部に留まつているという条件に満足すれば、荷止板が不要となる。

(注 (iii) を適用する場合に荷止板を取除くことによつて穀類が沈下移動すると想定するとき生ずる upsetting moment 増加量は、前記復原性の set standard の余裕量にみておかなければならない。]

(iv) 倉口の部分……次の措置をとれば荷止板はいらない。すなわち

倉口のところにある穀類をまず倉口のところから甲板下面のところまで皿 (saucer) の形状になるように荷繰し、ついで皿の中心部に相当するところの深さが 1.83 m (甲板直下から測つて) になるようにばら穀類が荷繰りされた部分に袋入り穀類を満たすことが必要となる。この袋入り穀類は、倉口附近の甲板下面、倉口縁材等の固定された船体構造物にがつちりとかみ合わせるように詰め込まなければならない。このような袋押えの方法を deep saucer stowage と称している。

図示すれば下図の通りである。なお、従来アルゼンチ



Saucer stowage

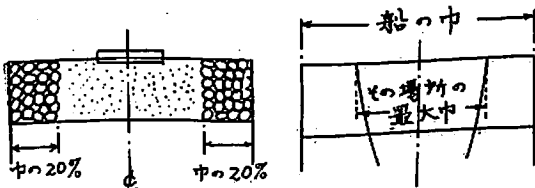
ン積みの場合にはこの袋入り穀類とばら穀類との間には separation cloth を要求されていたが、新条約会議でこれが不要であることが確認された。また、この袋押の方法は、英国政府がアルゼンチン小麦を運送する限り 1955 年以降 48 年条約と同等効力 (equivalent arrangement) であると宣言して実施を認めてきたものであり、60 年条約会議においても、英国代表は、この措置は、従来袋押えのみで行われた慣習に復原性の set standard を追加要求して同等効力を認めたこと、これらの取扱は過去 5 年間該航海に適用して完全に安全であるとの説明があつた。(第 4 規則)

次に半載の場合には、荷止板、袋押えの規定は従来通りであるが、荷止板の上方に達する 範圍はばら穀類以上 1.22 m とすることと袋押えの Dunnage の寸法が詳細に規定された。また、linseed の場合を除き、上記 GM を set standard を有する場合には倉口のところには荷止板は設けなくてもよいこととなつた。(第 5 規則)

4 荷止板の免除

次の場合は、GM の set standard の有無にかかわらず荷止板は不要である。

- i 穀類積載量が少量(船倉の 1/2, shaft tunnel のある船倉では 1/3) の場合。これは従来通りである。
- ii 甲板間または上部構造内では岡げん(おのおのその巾の 20% 以上)に袋入り穀類が詰め込まれている場合
- iii その場所の甲板下面における最大巾が船の巾の 1/2 以下の場合



5 フィーダー

フィーダーを免除してよい場合を次のように定めた。

- i 前述の deep saucer stowage の方法を採用した船倉または区画室
 - ii 下部船倉とその上方にある甲板間区画室とを一区画室として feed する場合に、一区画室積付の規定に従つて feed が確保される場所すなわち一区画室の内部にある甲板開口にはフィーダーが不要となる。
 - iii ディープタンク。ただしこのタンクは巾が狭く(船巾の 1/2 以下)、縦通仕切が設けられていなければならず、またこのディープタンクにはハッチのところまで穀類を充満させなければならず、またこのハッチは閉鎖しておかなければならない。
 - iv ばら積み専用船として設計された船舶の区画室
フィーダーの容量は、feed される区画室容積の 2.5% ないし 8% と規定されていたが新条約は容積の下限のみを限定しその値を 2% に改めた。ただし、荷止板を免除するフィーダーの下限は前述のように 5% である。
- 6 二以上の区画室を一区画とみなして共通積載が行うことおよびその条件

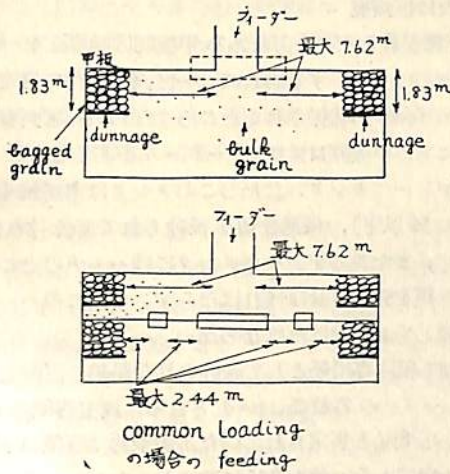
荷止板を備えつけるに当り、またフィーダーを配置するに当り二以上の区画室を一区画室として取扱えるか否かが問題になるが、一区画室として取扱える (common loading ができる) ことと、このための条件が明記された。

- i 荷止板の見地から、二層甲板船の甲板間に全通荷止板があればその甲板間と下部船倉とは common loading が可能、三層甲板の場合は、数区画を一区画とみなした場合全区画の上方区間に亘り全通荷止板が達しているような状態であればこれら全体は common loading が可能となる。
- ii フィーダーの見地からは、穀類の流れ (flow) が全体に確保されればよいのであるが一区画とみなせるものは、甲板間であれ下部船倉であれその end space (すなわちフィーダーより 7.62 m 以遠のところ) は、袋押えを行うのほか更に、中間にある甲板部が flow の効果 (すなわち feeding distance) を減少させることとなるので、直下の甲板には正規の倉口のほかにその倉口の前後も追加の開口を設けて正規の倉口の位置も組合わせて feeding distance を 2.44 m とおさえることが必要となつた。

7 フィーダーより遠い部分 (end space) の処理

船倉が広くてフィーダーより遠い部分があればこの部分にフィーダーが穀類を feed する効果がなくなるのでこの部分はその表面を平にならしその上に所定の dunnage を施して袋押えをすることが明記された。またフィーダーの最大 feeding distance は前後方向に測つて

7.62 m と定められた。



8 甲板間または上部構造内のばら穀類

現行規定も大麦、棉種子等のいわゆる軽穀類を除き最上層甲板間にはフィーダーと一定量のビン以外の場所に対するばら穀類の積載制限があるが、この制限の方法はより合理的となりまた明確に示されるに至った。すなわち、次の条件のいずれかが満足される限りは甲板間積載禁止（すなわち、一層甲板の上甲板より上方、二層甲板船では甲板間区画室より上方、三層以上の甲板を有する船舶では最上層甲板間より上方にばら穀類が積載できないこと。）の制限はないこととなつた。その条件は、

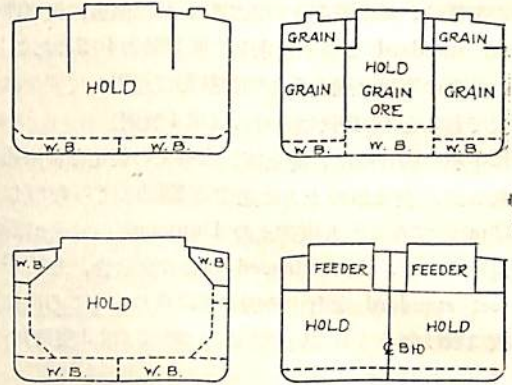
- i 他の貨物も含め最大の復原性が確保される場合。この場合には次の二のいずれかの一をとりうる。
 - (i) 航海の全道程を通じ GM の値が前述の set standard に保持される場合、または
 - (ii) 船長が十分な復原性があると判断する限度において、その甲板間の下方の区画室の積載量（重量で）の 28% 以下の量だけを積載する限り。ただし、この場合穀類が大麦、ライ麦、棉種子であれば 28% の線はこえてもよいこととなつている。
 - (i), (ii) のいずれかをとるのは任意であると考えられる。
 - ii 上記 1 で定まる制限量以内で甲板間積載は可能となるがこれを満載しない部分の甲板面積が 93 平方 m 以下である場合。
 - iii また 1 により積載するばら穀類は、30.5 m 以下の間隔の横置隔壁で仕切られている場合。
 - iv 3 の横置隔壁の間隔が 30.5 m をこえるならば、こえる部分に袋入り穀類が詰め込まれている場合。
- 上記 2 および 3 の条件は甲板内積付方法のビン (bin) を規制するとも考えてよいであろう。

9 半載の制限

航海の全道程を通じて前述の GM が set standard 以上に保持できる船舶の場合はこの制限はないが、その他の船舶の場合には半載の区画室の数は最大限 2 個に限られることとなつた。この場合区画室の数え方であるが、各層甲板はそれぞれ別々に、その下方にある下部船倉とも別個のものと考えたフィーダーは数に算入しないし、荷止板で仕切られた区画ももちろん別々の区画とは考えないことわりがきが明記されている。

10 ばら積み専用船

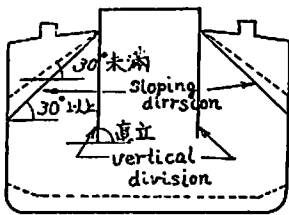
ばら積み専用に適応するように設計した船舶に対しては上述の要件すなわち荷止板、フィーダーの備えつけは要求されない別の取扱を受けることとなつた。この種のばら積み専用船は種々の型のものが考えられ、既に設計されたものとしては下図のような配置の船舶がある。



これに対し専用船は今後発達が予想されるものであり、条約で構造設計等を規制することは将来の技術上の進歩を阻害することがあつてはならないものとして free なものとされた。

一般に、条約の制限は、どのような積付の arrange に対しても次のような想定のもとで船舶が横方向に 5 度以上に傾斜しないという条件とこの条件のもとに作成されている船積要目書と復原性資料を船舶が所持しているという条件の二項目であり、船倉の構造を特定の型にすべしという規定の仕方ではない。ここで想定とは、満載区画室では始め十分トリミングされている穀類表面が始めの表面から穀類の容積が 2% 目減りし、なおかつ目減りのために沈下して、自由表面となつた穀類表面が 12 度だけ傾斜 (shift) し、半載区画室では自由表面の場合には上記の数値 (または別に定める数値でもよい) 袋押えされている表面の場合には始めの面から 8 度だけ shift するとの仮定である。また条約上主な専用船の構

造の例として2個以上の垂直横置隔壁かまたは傾斜した横置隔壁 (sloping division) によつてばら穀類の横移動を防止しようと設計した場合でもこそその横置隔壁はその傾斜が水平面となす角度で30度に達しないものとして前述の想定貨物移動量に基づく船舶傾斜の計算をしなければならぬのである。その他の設計の場合でもまた条約に例をあげた構造の設計の場合でも他の積付条件 (一般には各区画室はできるだけ満載にしなければならないのであるが) に対する移動防止条件については政府の定めるところによらなければならないこととなつた。



11 水バラストタンク

一般船、専用船とも復原性の一定条件を満たすために二重底タンクをバラストに使用する必要がある場合この二重底タンクは水密の縦通仕切を設けなければならないこととなつた。

12 袋入り穀類

新規定では袋押え (bagging) の要件が各所に見うけられ従つて bagged grain そのものの要件も明記されるに至つた。

13 穀類積付計画書

新条約では一の政府が承認したものは他の政府が受諾することを目的として穀類船積要目書を船舶に対して発行しうることが新しく規制された。これは条約会議において穀類積載の規定の履行に因つて条約証書を発給してはどうかとの提案がなされたが、荷止板、フィーダー等の穀類積付設備はテンポラリーな施設であるので証書を発給するよりも要目書 (plan) を承認する手続の方が良いとの意見に従つて穀類船積要目書 (grain loading plan) が制度化された。

穀類船積計画書の効果は次のようなものである。

- i この要目書の通りに船積する場合は、条約の要件に適合することの証明になる。船積を行う港の積付検査の際にこの書類の提示を船長に対して要求されることが予想されるが、この際条約に適合する要目以上に要求されることはない。
- ii この要目は、あらかじめ勿論条約の規則、復原性、入出港時の船積状態を検討した後でなければ承認されない。

iii この要目には荷止板、フィーダー等積付設備および feeding hole の要目も記載しておかなければならない。この積付設備の主要々目 (構造、寸法) は、今回の60年会議における取極めは間に合はず pending となつたが、将来国際的基準として定められるまでは1950年カナダのオッターワにおいてオーストラリア、カナダ、米国および英国が相互に取極めたいわゆる Ottawa Rule で定めたことよろうという勧告が決定したので各国ともこの勧告の約束を守るという了解のもとに、この要目も plan に記入することに決定したものである。従つて、新条約は、積付設備の強さの基準がないという点では、完全なものにならなかつたといえよう。

iv この plan は、その船舶の所属国の政府の依頼があれば外国の締約政府でも承認できるような道が開かれた。

14 規則の適用免除

一定航海に対して規則を適用させることが実行不可能または不合理な場合従来通り政府はこの適用を免除させることができる。新しい点は、この免除は他国から要請があればその所属国の船舶に対しても適用免除される道が開かれることとなつたことである。

オッターワ・ルールについて

オッターワ・ルールは先に述べたように積付設備の強度についての詳細基準として loading plan を承認する際の guidance とするよう各政府に勧告がなされたが、このルールは前記のように豪・加・米・英、四国が48年条約第6章第2規則の穀類積載規定を効果あらしめるために協議したものであるが条約のように国際的に資格あるものではない。このルールには、荷止板およびこれを支持する諸設備、フィーダー隔壁の構造基準が定められている。以下同ルールの関係事項を参考のため抜粋する。

荷止およびその支え (upright)

荷止板

荷止板は良質かつ正態の木材を用いた最少厚さが2"のものであり、かつ、穀類が漏れないように取り付けられていること。

荷止板支持のスパンの最大限は、その板厚に応じ次表によること。

板 厚	ス パ ン	隔壁におけるはめこみ
2"	8' をこえないこと	3"
2½"	11' "	3"
3"	13' "	3"

荷止板は隔壁のところで動かないようにはめこませること。このために常設の山形鋼が利できない場合には適当な shore で支えられた巾6"厚さ3"の木片 (wood cant) を取りつけること。

2½" または 3" の荷止板は垂直支柱 (upright) のところで butt joint させてもよいが、少くとも 4" 分だけ板を支持すること。2" の板は upright のところで少くとも 9" の overlap joint させること。

ビーム間の穀類漏止上の特別装置がない場合には、荷止板と同じ厚さのてん材 (filling piece) をビームとビームとの間に穀類が漏れないように取りつけること。この filling piece は両面の両端に取りつけられたさん (cleat または scab) でその位置に固定させること。この cleat または scab は少くとも厚さ 2" 巾 4" のものとし、filling piece の全深さにおよぶのほか更に同じ長さだけその下方まで達せしめ、かつ、荷止板と filling piece とに対し釘止めまたはボルト止めして動かないようにしておかなければならない。

upright

木製の upright は、巾 10" および厚さ 2" 以上のものであること。

upright はタンク 頂部または内張 (もしあれば) に cleat 止めすること。upright の 頂部がはめこみで動かないようになっていない場合には、upright の最上部の stay または shore は、甲板下面または upright の頂部から下方に測つて 18" 未満のところに取りつけること。

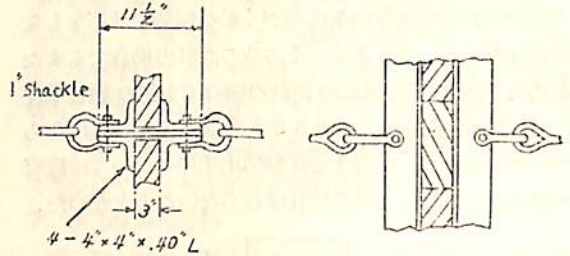
船倉または区画室の closed spaced pillar の列を中心線荷止板の支持に利用する場合においては、これらは deck beam pillar として認可船級協会が承認した寸法のものであること。pillar が互違いに配列されていない場合には hook bolt と垂直帯板 (または垂直 upright) とを用いた追加の支持により pillar に対して動かないようにしておくこと。この帯板は 3" 巾 ½" 厚以上の板のものとし、3' 間隔でボルト締めしなければならない。

upright の中心間の水平間隔は前述の規定によること。wire stay を用いる木製 upright は、巾 11" 厚さ 3" 以上であること。wire stay を用いる山形鋼 upright の構造および寸法は、次に適合するかまたは次と同等のものであること。

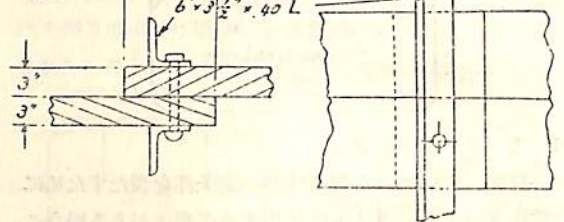
(a) 各 upright は、4 個の 4"×4"×0.4" の山形鋼と巾 11½" 厚さ 0.5" の鋼板とを前後部に 4" のはめ込みができるような一体構造物にリベット締めして造つたものとする。また upright の頂部および踵部は、これと同等のブラケットをリベット締めしておいて、タンク

頂部、トンネル頂部および倉口ウェブにある対応する lug (または angle) に 5 個の ⅞" のボルトを用いて取りつけること。(図 (a) 参照)

(a)



(b)



(b)

upright の 水平心巨	ステーの垂 直心巨	山形材の寸法
8' (2" の荷 止板)	8'	3"×3"×0.38"
	11'	3½"×3½"×0.38"
	14'	4½"×3½"×0.44"
11' (2½" の 荷止板)	8'	3×3×0.38
	11'	4×3½"×0.40
	14'	6×3½"×0.40
13' (3" の 荷止板)	8'	3×3×0.38
	11'	4×3½"×0.42
	14'	6×3½"×0.40

この垂直山形材は、その頂部とおよび踵部とをタンク頂部、トンネル頂部、甲板ビームおよび倉口ウェブに対し、そのおのおのの山形材に取りつけられた 2 個の ⅞" ボルト付山角材の lug と、タンク頂部、トンネル頂部、甲板ビームおよび倉口ウェブに取りつけられた同等固着物とにより連結させること。この垂直山形材は約 4' 間隔で荷止板とボルトじめすこと。(図 (b) 参照)

shore および stay

木製 upright は、船側に取りつけられた鋼索の stay かまたは船舶の常設構造物に対して踵を支えた木製 shore またはその他の承認された設備により支えること。すべての木製 shore は単一材の良質正態の木材で

あること。

shore

木製 shore の垂直心巨は次の通りである。

別に定められた場合を除き、最上部の shore は upright の頂部から下方 7' 以内に、それより下方にある shore は最上部の shore から垂直に下方に測つて 7' をこえないように取りつけること。ただし、最下部の shore と upright 踵部支えとの距離は 8' までとしてよい。shore はその踵部がさん (cleat または cant) で固定し得かつ船体構造物に有効につばられているならばタンク頂部または内張板に踵を当ててよいが、直接船側外板に踵を当ててはならない。

木製 shore の寸法は次によること。

shore の長さ	最 小 寸 法	
	角 断 面	円断面(経)
16' 以下	6" × 4"	5½"
16' をこえ 20' 以下	6" × 6"	7"
20' をこえ 24' 以下	8" × 6"	7½"
24' をこえ 28' 以下	8" × 6"*	8"
28' をこえるとき	8" × 6"*	8½"

* 長さのほぼ中央を支えさせること。

shore には継ぎ合わせたものを使用しないこと。

shore および upright の心巨が前記規定によるものより少ない場合には、その寸法をそれに比例して減らすことができ、また特別の事情により心巨が超えている場合には関係当局の指示するところにより補強すること。

shore は通常水平に対し 10 度をこえない角度で取りつけること。この角度が 10 度をこえる場合にはその長さに応じて要求されるものより表の一段階大きな寸法のものを用いること。shore と shore により支えられる面とのなす角は水平に対し 45 度をこえないこと。

stay

upright が頂部と踵部を承認された方法で動かないようにさせている場合では、20' 未満の深さの船倉口では各 upright のおのおのの片側に 1 本の stay を船倉の深さ ¼ の個所に取りつけ、20' をこえる倉口では 2 本の stay を上の方のものは船倉の深さの ¼ の個所に、下方のものは船倉の深さの ¾ のところに取りつけること。船倉の深さはフロア、内底板またはトンネルのそれぞれ頂部から測るものとする。

鋼索の stay を使用する場合には次の規定が適用される。

(a) stay は、周 3" の flexible steel wire rope とし、

水平に取りつけること。

(b) リギンスクリューは径が 1¼" のもので接近できるところに取りつけること。

(c) ジャックルは 1" のものとする。

(d) 木製または山形材製の upright をしめるアイボルトは 1¼" のものとする。

(e) 木製または山形材製の upright を固定させるために 7/8" の screw bolt および nut を備えること。

(f) side stringer または frame にリベット付けするための eyplate は 1" 厚とするかまたは frame を貫通させるジャックルは 1" のものとする。

別の規定に従い荷止板が船倉の全深におよばない場合の荷止板とその upright は関係当局の満足する方法により支持するか stay を張ること。

フィーダー、ビンおよび隔壁の構造

フィーダー、ビンおよび隔壁はその内部にある穀類の head による圧力に十分耐える強さを有し、かつ、穀類が漏れないように造られたものであること。

木製のフィーダーおよびビンの隔壁は次のいずれかで造つてよいこと。

(a) 板厚 2½" 以上の縦張りの板。垂直方向の支持スパンが 8' をこえる場合にはこの板厚を増すかまたは追加の防撓材を取りつけること。

または

(b) 支柱を立てこれに穀類がもれないように両側を一部切りかいてフラッシュな接合とした厚さ 2" の板または二枚重ねの厚さ 1" の板を joint shift させて水平方向にならべて張りつけること。この支柱はできるだけ倉口縁材の内側に配置し、両端の断面は 4" × 6" 以上とし、かつ 2' 以下の間隔に配列されていること。

ウィング・フィーダーも同様の方法で造られたものであること。いかなる場合でも四隅の板は堅牢な垂直 cant を用いて十分動かないようにさせること。

feeding hole

深さが甲板の表面から測つて下方に 15" をこえる倉口、ビーム、縁材には、縁材を通過して船倉または甲板間区画室に穀類を流動させるよう feeding hole を設けること。縁材の前記の深さが 15" をこえ 18" 未満の場合には feeding hole の径は 2" とし、18" をこえる場合には、その径を 3" とすること。feeding hole は約 2' 間隔で配置すること。

穀類以外のばら貨物 (bulk cargo) の積載

穀類以外のばら貨物については、米国よりは鉱石 (ore)、微粉鉱石 (ore concentrates) につき、フランスよりは微粉鉱石につき、ドイツよりは含水微粉鉱石から石炭

に至るまでのあらゆるばら貨物につきソ連よりも移動の恐れがあると判定されるばら貨物につき、すべて移動防止措置のための規定を設けるよう提案があつたが、会議においては、ばら貨物の種類が非常に多くまたこれらを運送する船舶とその航海条件の種類も多岐多様である点が考慮され、現在のところ満足すべき規則を立案することは実行不可能であるとの結論に達した。しかし、その安全

性の確保は必要であるということは認められたので、上記の理由で条約上規制ができないが各国政府は所有者および船長に対して注意書を発行したりまた行政上の監督を行うことにより、良好な船隻と積付を確保することが勧告されることとなつた。また政府間海事協議機構が国際的規則の成文化をするため各国はその方法を通知するように勧告されることとなつた。

1960年条約に規定された危険物の運送

林 義 勝

1948年条約会議においては、船舶より危険物を運送する場合の安全のための予防手段に関し、国際的統一を行うことが甚だ重要であると認められ、IMCOがこの目的のために検討を続け、できる限り速かに国際規則を立案すべきことが勧告された。しかしながらIMCOの実際上の活動の遅れのために、この作業は事実上今回の条約会議までに着手されるに至らなかつた。

一方、国際連合経済社会理事会においても、船舶、自動車、鉄道または航空機による危険物の運送に関する万国標準規則の制定の必要性を認め、危険物の運送に関する専門家委員会を組織し、同委員会は1956年に危険物の分類、および個々の危険物の listing、標札並びに積荷に関する書類について勧告を行い、次いで1957年に経済社会理事会は、この勧告を加盟諸国が国内規則に採用すべきことを決議した。

今回の条約会議においても、以上の趣旨に沿つて国際的基準の制定をすることが各国の希望するところであつたが、分類、包装および標札等の詳細にわたる事項の検討は限られたる会議日程をもつてしては到底不可能であるとして、条約の規定は原則的事項の一般的な規制に止め、詳細にわたる作業はすべてIMCOに委ねることとし、かつ、経済社会理事会で採択された方針に協力するという原則とともに、これが再び勧告（勧告56）の形式をもつて確認された。

新条約第7章においては、危険物運送に関する規定の特殊性と重要性にかんがみ、穀類貨物の積載とは別に独立した章を設け、全文8カ条とし必要事項を追加規定したので、従来の規定に比し充実したものになつたが、その内容は依然として原則的なものであつて、具体性に乏しいため、運送基準としてはなお不十分なものといわざるを得ないであろう。

以下主要な改正点について説明する。

(1) 適用範囲（第1規則）

本章の規定は、貨物の運送方法としてもつとも一般的

である包装貨物の運送について適用するものであつて、従来船舶の消耗品および備品については適用されていなかったが、今回更にタンカー等のように船舶の全体が特定の貨物を運送するために建造または改造された船舶により危険物を運送する場合は、これを適用除外とすることが明確にされた。

なお、普通の貨物船の二重底またはディーブタンクに液状危険物をばら積みする場合の規制の必要性についても論議されたが、IMCOの検討に委ねるべきものとして問題を将来に持ち越し、今回は規制されなかつた。

(2) 分類（第2規則）

危険物の分類については、前記専門家委員会の勧告の内容を原則的に採用することについて参加国のすべてが賛成し、次のように改められた。

- 第1類 火 薬 類
- 第2類 高压ガス（圧縮ガス、液化ガスまたは溶解ガス）
- 第3類 引火性液体
- 第4類 (a) 可燃性固体
(b) 自然発火しやすい可燃性固体
(c) 水と作用して引火性のガスを発生する可燃性固体
- 第5類 (a) 酸化性物質
(b) 有機過酸化物
- 第6類 (a) 毒 物
(b) 伝染性の病源物
- 第7類 放射性物質
- 第8類 腐しよく性物質
- 第9類 その他の危険物（経験上、この章の規定を適用しなければならぬような危険性またはそのおそれのある物質）

新分類のうち under line をした部分が追加または改正されたものであつて、第3類は従来の「可燃性蒸気を

発する物質」と同一であり、第4類は「水または空気との相互作用によって危険となる物質」および「自然発火を起しやすい物質」をまとめて同一の分類としたものである。ただし、従来明確であった水または空気との相互作用によって毒性のガスを発生する物質が、新分類ではいずれに属するか明確を欠くことになった。

第5類 (b)、第6類 (b)、第7類はいずれも今回追加されたものである。

(3) 包装 (第3規則)

危険物の包装に関する基本的事項が、新に次のように規定された。

(a) 危険物の包装は、

- (i) 良好な造りで、良好な状態にあること。
- (ii) 包装の内面が、その内容物と接触するおそれのある場合は、運送中その物質により危険な影響を受けないような性質のものであること。
- (iii) 取り扱いおよび海上運送において、通常起る危険に堪え得るものであること。

(b) 容器に入れた液体を包装する場合において、吸収材または緩衝材が使用される場合は、これらは、

- (i) 液体がひき起すおそれのある危険を最少限度に喰い止め得るものであること。
- (ii) 容器の移動を防ぎ、かつ、常にこれらの防護材で容器が取り巻かれているようにすること。
- (iii) 容器が破損しても液体を十分吸収できると考えられる分量であること。

(c) 容器に危険な液体を充てんする場合は、正常の運送中における最高温度に対して十分な空隙を持たせること。

(d) 高压ガス用のシリンダーまたは容器は、適正に造られ、試験し、またこれを良く維持したものであつて、充てんは正しく行われること。

(e) 危険物の運送に使用された空容器は、それ自体を危険物として取扱う。ただし、内部を清掃し乾燥したもまたは緊密にこれを閉鎖したものは、この限りでない。

(4) 表示および標札 (第4規則)

危険物の容器には、従来その危険性を示すために標札 (Label) を附することになっていたが、今回新に正しい技術用語を用いてその内容物の名称を表示すべきことが追加され、この場合特に商用取引品名の使用が禁止され

た。また Label の様式として、前記専門家委員会の勧告の様式を採用することについても協議されたが、結局今回の会議の一般原則に従つて、IMCO の検討に委ねることとし見送られた。

(5) 船積書類 (第5規則)

危険物運送の際に、荷送人が作成してその危険物に添附すべき書類 (危険物明細書) および船舶が携行すべき危険物積荷一覧表 (または積荷目録) については、次の事項が追加された。

(a) 危険物明細書に使用する危険物の名称は、正しい技術用語を使用して商用取引品名を使用しないこと。

(b) 危険物明細書には、運送申込みをした貨物が正當に包装され、内容を表示し、かつ、標札を附し、その上運送のため正當な状態にあることを表明するかまたはこれらについて証明書または宣告書を添附すること。

(c) 危険物積荷一覧表 (または積荷目録) には、非常の場合を考慮してその積載場所を併せ記載すること。またこの積荷一覧表は、危険物の分類を明らかにし、かつ、その積載場所を示した詳細な積付図をもつて代え得ること。

(6) 一時的な適用除外 (第6規則)

締約政府の中で、ドイツその他の欧州大陸諸国のように鉄道等による危険物の運送に関し国際規則の制約を受け、既に海陸一貫した国内規則を制定している国にあつては、表示および標札に関する規定 (第4規則) 並びに船積書類に関する規定 (第5規則) を速かに実施することが困難であるとの理由で、条約発効の日から一年間の猶予が認められた。ただし、この場合にあつては、その国内規則による外この条約の規定に従つた分類およびこれに基く標札も併せて表示しなければならないこととした。

(7) 積付の条件 (第7規則)

危険物の積付の条件については、従来引火性液体および自然発火を起しやすい物質を積載する場合の火災予防措置を講ずべきことについて簡単な規定を設けてあつたが、今回更に危険物の性質に応じ適切な場所に積載し、かつ、不適当な混載を避けることについて一般的な基準を示すとともに、爆発威力が大で重大な危険をひき起すおそれのある火薬類 (弾薬を除く) は、火薬庫に積載

しなければならぬことが規定された。

火薬類の火薬庫積載については、これを不要とする見解および火薬庫の設備基準も含めて規定すべしという見解が対立し、為に特に小委員会まで構成されて種々論議されたが、結局火薬庫積載を強制する意見が大勢を占めた。

火薬庫については、航海中これを閉鎖しておくこと、火薬庫が設備された区画内の電気器具および電路は、火災または爆発の危険を最少とするよう設計されたものであることが規定されたが、それ自体の設備基準を規制するには至らなかつた。

(8) 旅客船の運送し得る火薬類 (第8規則)

旅客船が運送し得る火薬類については、従来短航海に従事する場合に限り承認された包装による全重量 450kg 以下の火薬類を特に甲板上に積載することが許されていたが、このような多量の火薬類を旅客船が運送すること

は安全とは認め難いという理由で削除され、改めて従来認められている安全薬包、導火線および少量の火薬類の外比較的危険度の少い火工品が次のように追加された。

(a) 船舶または航空機が使用する遭難信号用品で総重量 1016 kg 以下のもの。

(b) 激しい爆発を起し難い火工品 (ただし、無寝床旅客を輸送している船舶を除く。)

また主管庁により承認された特別安全設備を有する旅客船は、この規定により積載を許される火薬類の制限量を超えて運送することができるという規定 (第8規則 (b)) については、この規定の原則をゆがめるものであること、特別安全設備の内容が不明確である等の理由によりこれを削除するかもしくは追加し得る量を制限すべきであるという意見が強く主張されたが、結局従来通りの形で認められることになった。

天然社・海技入門選書

東京商船大学助教授 鞠谷 宏 士 A5 130頁 250円	東京商船大学助教授 濱 宮 貞 A5 90頁 180円
船の保存整備	蒸気機関
東京商船大学助教授 鞠谷 宏 士 A5 160頁 350円	東京商船大学助教授 伊 丹 潔 A5 180頁 360円
船舶の構造及び設備器具	船舶用電気の基礎
東京商船大学助教授 上坂 太 郎 A5 160頁 280円	東京商船大学助教授 宮 嶋 時 三 A5 200頁 350円
沿岸航法	燃料・潤滑
東京商船大学教授 横田 利 雄 A5 140頁 230円	東京商船大学教授 飯 島 直 人 A5 200頁 360円
航海法規	電波航法
東京商船大学名誉教授 田 中 岩 吉	東京商船大学教授 野 原 威 男 A5 155頁 320円
海上運送と貨物の船積	船の強度と安定性
(前篇) 海上運送概説 A5 140頁 260円	
(後篇) 貨物の船積 A5 160頁 330円	<以下続刊>
東京商船大学教授 豊 田 潜 治 A5 160頁 280円	東京商船大学教授 浅 井 栄 資
推測および天文航法	海 事 気 象
東京商船大学教授 野 原 威 男 A5 110頁 180円	東京商船大学助教授 賀 田 秀 夫
船用プロペラ	ボ イ ラ 用 水
東京商船大学助教授 中 島 保 司 A5 170頁 300円	東京海技試験官 西 田 寛
運航要務	指 任 図
東京商船大学教授 米 田 隆 次 郎 A5 130頁 220円	東京商船大学教授 賀 田 秀 夫
操船と応急	船 用 金 属 材 料
東京商船大学教授 横田 利 雄 A5 155頁 340円	東京商船大学助教授 小川正一・真田 茂
海 事 法 規	機 械 の 運 動 と 力 学
前東京高等商船教授 小 方 愛 朗 A5 170頁 300円	東京商船大学助教授 小 川 正 一
船用内燃機関 (上巻) A5 200頁 320円	機 械 工 作 ・ 材 料 力 学
船用内燃機関 (下巻)	東京商船大学教授 真 壁 忠 吉
東京商船大学助教授 庄 司 和 民 A5 140頁 320円	船 用 汽 缸
航海計器学入門	東京商船大学助教授 小 川 武 補
	船 用 補 機

日本船における潤滑油の使用 状況調査 (3)

宮 嶋 時 三
東京商船大学

3. タービン潤滑油

緒 論

船用タービンの使用蒸気は陸用タービンに比べて、温度・圧力ともに低く、主軸受の潤滑条件はそれほどきびしくないけれども、減速歯車の潤滑は高荷重であり、船舶の特殊条件のもとで使用されるので船用タービン油としては耐荷重性と酸化安定性が要求される。

市販のタービン油は陸用・船用の蒸気タービンや水力タービンの潤滑を主目的とするが、圧縮機の潤滑、各種伝達装置の作動油およびその他多くの機械の潤滑用としても使用される。その種類は添加剤の有無により、無添加タービン油と添加タービン油の2種に分けられ、またそれぞれ粘度により1号から4号までに区分されている。

船用タービン油としては耐荷重性、酸化安定性を必要とするが、いかに優秀な性状の油を選定したとしても、取り扱いと管理に不適当なところがあれば潤滑の使命を完遂できないのみならず、事故発生の原因になりかねない。

筆者は本邦商船の主機蒸気タービンに使用しているタービン油の種類・性状および使用状況を調べる目的で、昭和34年上半年期に至るまでの実情を30隻の船について調査したので、その大要を説明しようと思う。

1. 調査対象船および使用潤滑油

調査の対象とした船舶は外航船を主とし、比較的記録の明確な30隻である。本邦の貨物船では、主機関にディーゼル機関を搭載する例が多く、油槽船においても燃料経済の面よりディーゼル主機を使用する船が多いので、調査対象船はディーゼル船に比較して少なく、必ずしも満足な調査を期待できない実情であった。Table 1は全調査船とその使用潤滑油名を示したものであり、そのうち油槽船はT-1~T-15の15隻、貨物船はC-1~C-15の15隻である。各船とも2段減速歯車付き衝動タービンを主機とし、第2次大戦中に建造された4隻の戦時標準船を含む。

30隻の船で使用していたタービン油の種類は10種類であり、特に Gargoyle DTE oil, Regal oil E の2

種の使用例が多く全数の50%に及んだ。

2. 使用潤滑油の性状

2-1 各潤滑油の性状

使用潤滑油10種類の新油時の性状をTable 2に示す。粘度の表示には動粘度単位のセンチストークスを用いるように規程されているが、船舶では表の如く工業粘度単位のレム・ドゥッド秒を用いる場合が多く、資料の関係から本調査においてレム・ドゥッド秒でまとめることとした。また油の抗乳化性はJISに規程された蒸気乳化度の秒数を分に換算し、この数値で100を割つたいわゆる抗乳化度で表示した。

2-2 使用潤滑油の粘度

タービン油に限らず、各種軸受の潤滑油の粘度は、理論上より次式で算出される。

$$K = \frac{\eta \cdot N}{P}$$

ただし K……軸受のすき間、表面の形状、給油法等により定まる係数

η ……潤滑油の使用温度における絶対粘度 (センチポアズ)

N……軸の回転数 (rpm)

P……軸受の荷重 (kg/cm²)

特にタービン軸受は高速回転をし、潤滑油は軸受の冷却作用をもかねるので、循環油量は大であり、潤滑油膜の構成に必要とする以上の粘度はかえつて摩擦損失の増大となる。しかし一面において、最近の船用タービンにおける減速歯車の荷重条件より、比較的高粘度の油を使用する必要性も生じているので、各メーカー、各使用者は、主として経験にもとづき、油の極圧性能をも考慮に入れて適当な粘度の油を指定あるいは選定することになる。fig 1は調査船における使用潤滑油の粘度範囲を示したものである。本図によれば、50°Cにおいて180レム・ドゥッド秒附近の油を使用する船が47%、210秒附近の油を使用する船が47%となり、タービン油の製品旧規格における180番タービン油、210番タービン油の粘

Table 1 調査船および使用潤滑油名

調査船	建造年	総噸数	主機種類および型式	軸馬力	使用潤滑油名
T-1	1945	10,000	二段減速・単筒衝動	4,500	Valvoline T.O. extra heavy
T-2	1953	17,800	〃・複筒衝動	12,500	Gargoyle D.T.E. heavy
T-3	1954	12,000	〃・〃	7,500	Regal E (R&O)
T-4	1953	17,800	〃・〃	12,500	Regal E (R&O)
T-5	1953	13,000	〃・〃	7,700	Regal E (R&O)
T-6	1956	20,300	〃・〃	13,500	Caltex #200 T.O.
T-7	1950	9,900	〃・〃	6,000	Shell turbo No. 37
T-8	1942	5,200	〃・〃	3,500	Fuji 特#180
T-9	1957	20,300	〃・〃	15,000	Regal E (R&O)
T-10	1958	46,000	〃・〃	15,600	Gargoyle D.T.E. heavy
T-11	1957	9,500	〃・〃	6,300	Gargoyle D.T.E. heavy
T-12	1958	18,300	〃・〃	11,000	Fuji 特#210
T-13	1957	23,200	〃・〃	13,500	Valvoline T.O. extra heavy
T-14	1957	15,600	〃・〃	9,500	Shell turbo No. 37
T-15	1958	21,000	〃・〃	12,000	Gargoyle D.T.E. heavy
C-1	1953	9,400	二段減速・複筒衝動	11,000	Regal E (R&O)
C-2	1954	9,400	〃・〃	11,000	Gargoyle D.T.E. heavy
C-3	1952	8,900	〃・〃	8,000	Gargoyle D.T.E. heavy
C-4	1953	6,700	〃・〃	5,000	Regal E (R&O)
C-5	1950	6,400	〃・単筒衝動	3,600	Fuji 特#180
C-6	1944	2,900	〃・〃	2,900	Fuji 特#210
C-7	1944	8,900	〃・複筒衝動	2,250	Gargoyle D.T.E. heavy
C-8	1951	7,900	〃・〃	6,000	Valvoline T.O. extra heavy
C-9	1954	9,300	〃・〃	8,500	Gargoyle D.T.E. heavy
C-10	1955	6,600	〃・〃	6,000	Gulf Harmony D
C-11	1956	7,300	〃・〃	6,500	Regal E (R&O)
C-12	1953	8,700	〃・〃	5,000	Valvoline T.O. heavy
C-13	1954	7,800	〃・〃	5,300	Silver T.O. 特#200
C-14	1951	9,200	〃・〃	5,000	Fuji 特#210
C-15	1956	6,300	〃・〃	4,500	Shell turbo #37

Table 2 潤滑油新油時の性状

潤滑油名	使用船数	粘度 (RW 50°C 秒)	粘度指数 V.I.	酸価 KOH mg	抗乳化度
Gargoyle D.T.E. oil heavy	8	175.9	62.8	0.01	95
Regal oil E (R&O)	7	206	—	0.075	150
Valvoline turbine oil extra heavy	3	180.8	105	0.15	120
Shell turbo No. 37	3	211.8	88	0.105	88
Fuji 特#210	3	212	100	0.061	70
Fuji 特#180	2	178	100	0.017	70
Caltex #200 turbine oil	1	209	—	0.005	75
Valvoline turbine oil heavy	1	153.5	106.5	0.15	120
Gulf harmony oil-D	1	226	—	0.075	150
Silver turbine oil #200	1	190	95	—	150
計	30	—	—	—	—

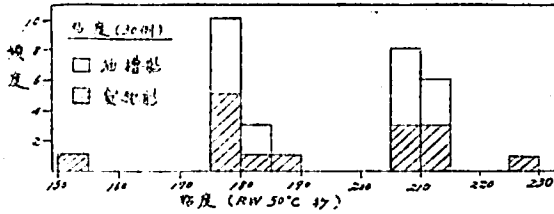


Fig 1 使用潤滑油の粘度範囲

度に相当する油を圧倒的に多く使用していることがわかる。油槽船と貨物船においてもこの関係は全く同一であつて、使用油の適正粘度は経験的にこの範囲であれば適当として決定してもよい。このことはタービン出力と使用潤滑油の粘度の関係を示した fig 2 についても云い

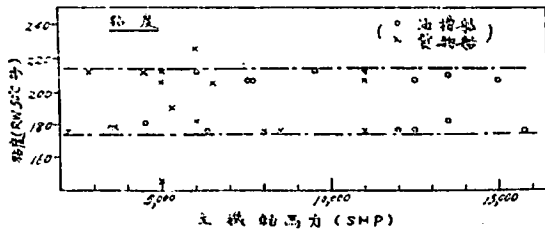


Fig. 2 粘度とタービン出力との関係

得る。すなわち船用タービンでは一般に出力の増大につれて歯車減速比が大となり、高荷重潤滑の条件になるので高粘度油あるいは極圧性能の優れた油を使用すべきものと考えられるにもかかわらず、実際には潤滑油粘度はタービン出力と関係がない。結局現用の船用タービンにおいては 50°C にて 175~215 レッドウッド秒のタービン油を使用し、安全な運転を継続しているものと見るべきである。

2-3 使用潤滑油の粘度指数

低温起動時に比較的低粘度を有し、しかも正常運転時には適正粘度を保持するためには使用潤滑油は高粘度指数の油であることが望ましい。陸上タービンに比べて船用タービンでは大気温度の変化が大であり、発停回数も多く、さらに減速歯車の潤滑も加重されるので一般にはより高粘度指数の油が要求される。しかし航空潤滑油ほどは重要視されるわけではなく、普通 60 以上の粘度指数であれば船用タービン油として問題なく使用できる。Fig 3 は調査船 30 隻の使用タービン油の粘度指数をヒストグラムに表したものであるが、基油の炭化水素の組成により明らかに二群に大別される。すなわち一はパラフィン系原油より製精されたタービン油であつて、粘度指数は 100 を示し、他の一群はナフテン系の油を混合したタービン油であつて、その粘度指数は 60~70 を示す。

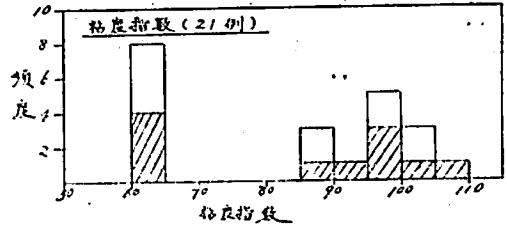


Fig 3 使用潤滑油の粘度指数

タービン油の性質としては、粘度指数よりはるかに重視すべき性質、たとえば安定性、油膜強度があり、粘度指数そのものは 60 以上であれば、十分であることを示している。

2-4 酸 価

タービン油の酸価(全酸価, 中和価)は精製の不適に基因するような特別な場合を除き、直接潤滑油としての性能に関係しないが、通常無添加タービン油では 0.1 以下、添加タービン油では 0.2 以下に制限される。Fig 4 は調査船における使用潤滑油の酸価をヒストグラムに表したものである。タービン油銘柄により多少の違いはあるが、すべて 0.16 以下の酸価を示している。潤滑油の

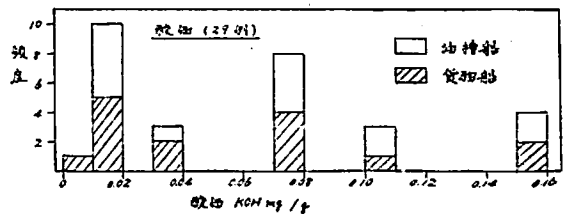


Fig 4 使用潤滑油の酸価

酸価はむしろ 3-2 に述べるように、使用中の油の劣化と安定性の判定に利用される場合が多く、酸価の増加程度をもつて油の取替時期を決定するのであつて、新油の酸価は調査の結果からは 0.16 以下であれば十分であると考えられる。

2-5 抗 乳 化 性

タービンの潤滑系統に混入した水分は、油の酸化を促進させるのみならず、さびの発生あわだちを促進させるので、混入水分はすみやかに分離排除する必要がある。タービンの主軸ラビリンスパッキングより洩れた蒸気は、凝結してタービン油循環系統中に水分となつて混入するさいに、微量の鉄、銅等をふくむ場合には油の酸化は一層激しくなる。タービン油の水との分離性を表わす性質が抗乳化性であるから、タービン油としては抗乳化性のすぐれた性質の油であることが望ましい。しかし油

の抗乳化性は基油の組成、精製度および、添加剤の種類によりおのずから差があり、しばしば酸化防止剤や防錆剤の添加は抗乳化性を害する点に問題がある。したがって無添加タービン油の抗乳化度は100以上(蒸気乳化度60秒)以下、添加タービン油の抗乳化度は50以上(蒸気乳化度120秒以下)であることが望ましい。上の値は現行JIS規格、タービン油の蒸気乳化度の値よりかなりきびしいけれども、Fig 5に示した調査船における使用タービン油の抗乳化度の調査結果から見て、実際では上

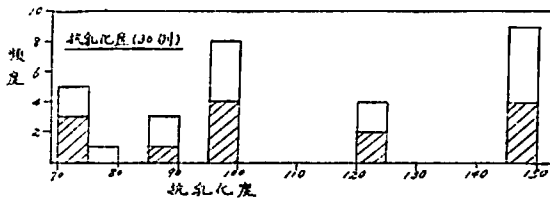


Fig 5 使用潤滑油の抗乳化度

記のように考えられているものと見なすべきである。もつとも水分が混入しても酸化促進の影響を防止でき、潤滑油としての性能低下を防ぎ得るような添加剤があれば、抗乳化性そのものをあまり重視する必要がなくなる。実際には3-2に述べるようにタービン油は使用とともにその抗乳化性が急速に低下するので、タービン油の選定にあたって新油時の抗乳化性のみを云々するのはけいそつであろう。

2-6 タービン油の性質

上述の粘度、酸価、抗乳化度以外にタービン油の性能を決定する性質としては、酸化安定性、境界潤滑特性、さび止め性能、あわ立ち性等があり、これらの諸性質こそタービン油の性能判定に対して一層直接に関係する性質である。

酸化安定性に対しては、JISでは酸価1.0に達するまでの時間が1,000時間以上であることを要求している。この酸化安定度試験は、現在もつとも信頼されている試験方法であり、再現性も約20%の範囲で認められているが、試験による酸価上昇傾向と実際使用上の成績とは一致しないのが普通である。実際の使用では油の循環系統中に清浄回路の設備があり、油の補給の影響もあるので試験結果と一致しないのがむしろ当然である。したがって酸化安定度試験は、酸化防止剤の作用効果を検する一応の試験と解すべきである。

境界潤滑性は特に船用の減速装置附蒸気タービンに対して必要とされる性質である。タービンの正常運転時には主軸受は完全潤滑の状態にあり、減速歯車の歯面にかかる荷重も現在では次第に大になつてきているが、境界潤滑

の支配にあるとは考えられない。しかし低温発停時や何らかの衝撃荷重が掛かる場合には、境界潤滑の状態に陥るので、歯面の磨耗防止を目的として極圧添加剤を添加したタービン油を使用する機会が多くなつた。油の境界潤滑性の評価には種々の試験機(例えばデーレー試験機、アルメン、SAE、チムチン、四球式等の各試験機)により、油の境界摩擦係数、焼付荷重、耐磨耗性等を測定するのであるが、信頼性、再現性、実用との関連に多少の問題がある。さらにタービン油としてどの程度の極圧性能を要求されるかが不明確であり、酸化安定性との関連にも問題があるので、今後の研究にまつところが大きい。

さび止め性能もタービン油として重要な性質であり、殊に最近の如く高度精製油では、原油中の不安定な化合物が除去され、金属表面を保護する極性物質を失うので、油中に混入した水分等のために運転休止中は金属表面にさびが発生し易い状態となる。これを防止するためにさび止め剤を添加するのであるが、さび止め剤の添加は、酸化防止性を低下し、あわ立ち性を助長し、抗乳化性を低下させることがあるので、さび止め性はこれらの性質と関連して評価すべきである。またさび止め性能の持続性についても同時に検討しなければならない。

あわ立ち性の大きい油は、循環量を減少して軸受負荷容量を減少し、冷却能力も低下するので事故の原因になるおそれがある。油の発泡性は添加剤の種類と添加量に関係する機会が多いが、油中の微量極性物質、混入水分、ゴミ等の異物の影響も大きい。

上記の酸化安定性、境界潤滑性、さび止め性、あわ立ち性等はいずれもタービン油の性質としてはもつとも重要な性質であるが、それぞれの試験方法の信頼性、実用との関連においてなお問題点が多く、今回の調査にあつても資料に不備な点が多かつたので、結果をまとめるまでには至らなかつた。

3. タービン油の酸化の実例

3-1 油の酸化(劣化)

油は使用中、種々の原因により酸化変質する。その主要な因子は、熱、空気中の酸素、金属との接触、不純物との接触である。そのほか油だめの大きさ、循環油量、使用条件も油の劣化に影響する。

(1) 熱の影響

油の酸化に対して熱はもつとも大きな影響を及ぼす。タービンケーシング内の作動蒸気の熱は軸を伝わり、軸受温度を高め油温も高くなり、酸化は促進される。船用タービン軸受の場合には通常運転中の軸受出口油温は

55~65°C であるが、油は軸受内で局部的により高温接触をしていると考えられる。しかしこの程度の油温ではタービン油の熱による酸化はそれ程の問題になるとは思われない。

(2) 油の循環量

タービン油は循環給油され反復使用されるので、油だめ（ドレンタンク）の油量が小さい場合には循環回数が多くなり、それだけ油の酸化は早くなる。

(3) 水の影響

油中に混入した水分は、塵埃その他の不純物と相俟つて油の酸化を促進する。タービン油中には蒸気の凝結水がグラウンドより侵入したり、油冷却管からの漏水が油中に混入するおそれが多い。しかし通常の運転状態では0.5%以上の水分が混入することはまず考えられない。混入した水分はすみやかに除去すべきであり、酸化防止剤、さび止め剤の添加により、水分混入の悪影響を防止するのは改善の対策と考えるべきであろう。

(4) 金属との接触

油の循環回路中で接触する鉄、銅等は油の酸化に対し触媒的作用をする。また金属は油の酸化生成物とせつけんを作り、油の酸化を促進し、混入水分とともに油の乳化剤として作用する。これらの金属は循環回路中における接触のほか、各種摩擦部よりの磨耗粉、混入水分中に含有する金属等も酸化の促進に関係する。

上記のように種々の原因によつて、タービン油は使用とともに次第に酸化するが、酸化がある程度以上に進行すると、良好な潤滑を期待することはできなくなる。酸化の程度を知るには、中和価（あるいは酸価、けん化価）粘度等の変化を測定するのが普通であるが、油の取替え時期を決定するためには、機械の運転状態と関連させて十分に検討した上で決定すべきである。潤滑管理が適当であり、補給油量、清浄の実施が適当であれば、すぐれたタービン油の寿命は半永久的と考えられる。

3-2 実船における酸化の実例

上述の如くタービン油は使用とともに酸化変質するが、酸化の傾向を常に知っていることは潤滑管理上必要である。現在各船ではそれぞれの計画にしたがつて、使用油の性状変化を記録しているが、補給油量、補給時期、船内清浄等の影響が性状に大きく影響するので、その説明はなかなか厄介である。次に調査船中、比較的資料のととのつていた船について、使用タービン油の酸化の傾向を、粘度酸価、抗乳化度の変化により説明する。Table 3 は使用潤滑油の性状変化を調査した潤滑油の名称とその使用船および調査項目を表にしたものである。

Table 3 使用潤滑油の性状変化の調査対象船

潤滑油種類	使用船名	調査した項目		
		粘度	中和価	抗乳化度
Regal E (R&O)	T-3	○	○	○
〃	T-4	○	○	○
〃	T-5	○	×	×
〃	C-1	○	○	○
〃	C-4	○	○	○
Gargoyle D. T. E.	T-2	○	○	○
〃	T-10	○	×	○
〃	C-2	○	○	○
〃	C-3	○	○	○
〃	C-7	○	×	×
Valuvline turbine	T-1	○	○	○
〃	C-8	○	○	○
Shell turbo No 37 ^{ss}	T-14	○	○	×
〃	C-15	○	○	○
Fuji 特 # 180	T-8	○	○	○
〃	C-5	○	×	○
Fuji 特 # 210	T-12	○	○	×
〃	C-6	○	×	×
Caltex # 200	T-6	○	○	×
Gulf harmony D	C-10	○	○	×
Silver turbine oil # 200	C-13	○	×	×
調査船総数	30	—	—	—
項目別調査総数	—	21	15	13

(註) ○……調査し図を作製した船

×……調査資料の不備であった船

(1) 粘度の変化

調査の対象とした潤滑油は10種、船は30隻であるが、そのうち9種の油、21隻の船について粘度の変化を調べ、Fig 6, Fig 7 にその傾向を示した。

Fig 6 はタービン油船10隻の実例であり、Gargoyle DTE を代表とする粘度180秒（レッドウッド、50°C）附近の油および、Regal E を代表とする粘度210秒附近の油について、粘度変化を示したものである。便宜上前者を低粘度油、後者を高粘度油とすれば、両者の粘度変化の傾向に多少の相異のあることに気がつく。すなわち低粘度油は使用初期、時間にして500~1,500時間の範囲で、粘度が若干低下する。その後は次第に粘度は増加し、その粘度増加の割合はおよそ1,000時間につき0.5~1.0秒の程度である。これに対して高粘度油では、使用初期に粘度の低下する例は少なく、逆に使用後500~3,000時間で、比較的すみやかに粘度が増加する例もあつた。以後は低粘度油の場合と同様に粘度は次第に増加し、その増加割合はやはり1,000時間につき0.5

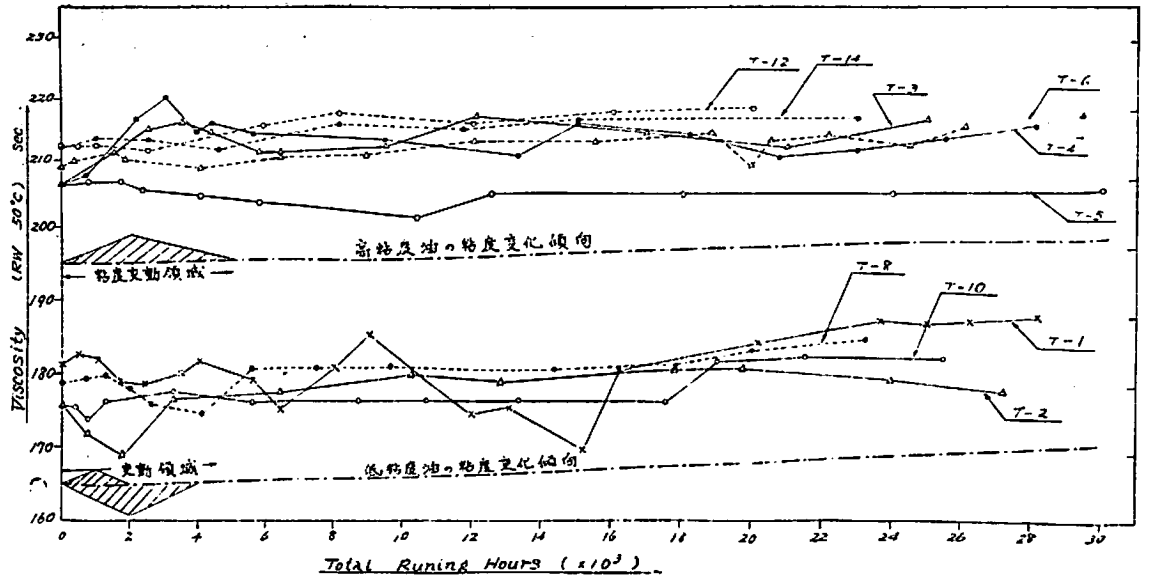


Fig 6 タービン油槽船 主機潤滑油の粘度変化の実例

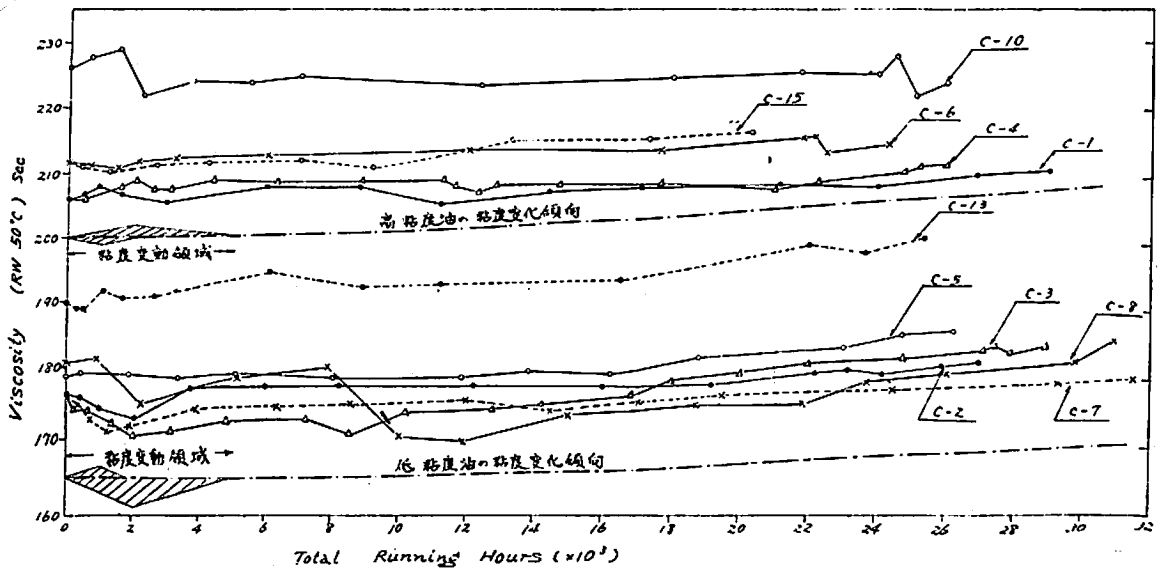


Fig 7 タービン貨物船 主機潤滑油の粘度変化の実例

~1.0 秒の割合である。

使用初期に一時的に粘度が低下する理由として考えられることは、フラッシング油等の如き軽質油による汚染が考えられるが、調査船の教型に同様の傾向が表われるとは考えられないので、実船においてしばしばあらわれる現象と解さざるを得ない。本図において低粘度油に属するタービン油は、Gargoyle DTE のほかに、Valvoline turbine Oil extra heavy, Fuji 特#180 であるが、タービン油槽船において側流洗浄、補給油をともなう正常運転による油粘度の変化は図の鎖線、低粘度油の粘度

変化傾向の線によって示すことができる。使用初期には粘度変動があり、かりにこの期間を粘度変動領域とすれば、低粘度油の粘度変動は基本線の下側にあらわれる。これに対し、高粘度油に属するタービン油は Regal E (R&O) のほかに Caltex # 200, Fuji 特 210, Shell turbo No 37 等であり、正常運転の場合の粘度変化の傾向は、同図の鎖線、高粘度油の粘度変化傾向で示される。高粘度油においては使用初期の粘度変動領域の粘度変化は基本線の上側にあらわれる場合が多い。

Fig 7 に示したタービン貨物船の場合においても、油

相船の場合と本質的の差はなく、高粘度油、低粘度油とも使用初期には粘度の変動する領域があり、以後は使用にとともに、1000時間につき約1.0秒（レッドウッド50°C）の割合で粘度が増加する。

このようにタービン油の粘度は一般に使用とともに、次第に増加するが、もし粘度増加の割合が急激であつたり、あるいは粘度が低下する傾向を示したような場合には、補給油の量、補給時期等の影響が採取した試料油に

影響を及ぼしたか否かを検討し、そのおそれのない場合には、運転上に何等かの異状がないかを調査し、事故の発生を未然に防ぐように心懸ける必要がある。この場合、粘度の増加に対する使用限度の決定については、種々の説があり、実際にあつて甚だ判断に迷うところであるが、本調査の結果からは、通常の運転状態を継続している限りでは、30,000時間の使用による粘度増加は10%以下であり、なお良好な運転を継続していること

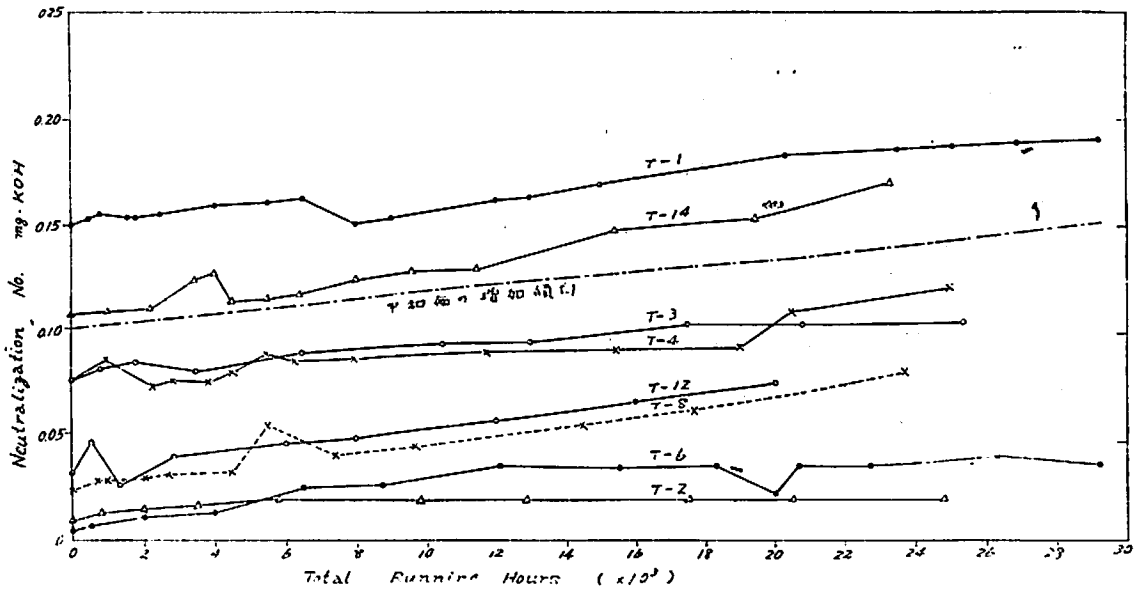


Fig 8 タービン油積船 主機潤滑油の中和価の変化の実例

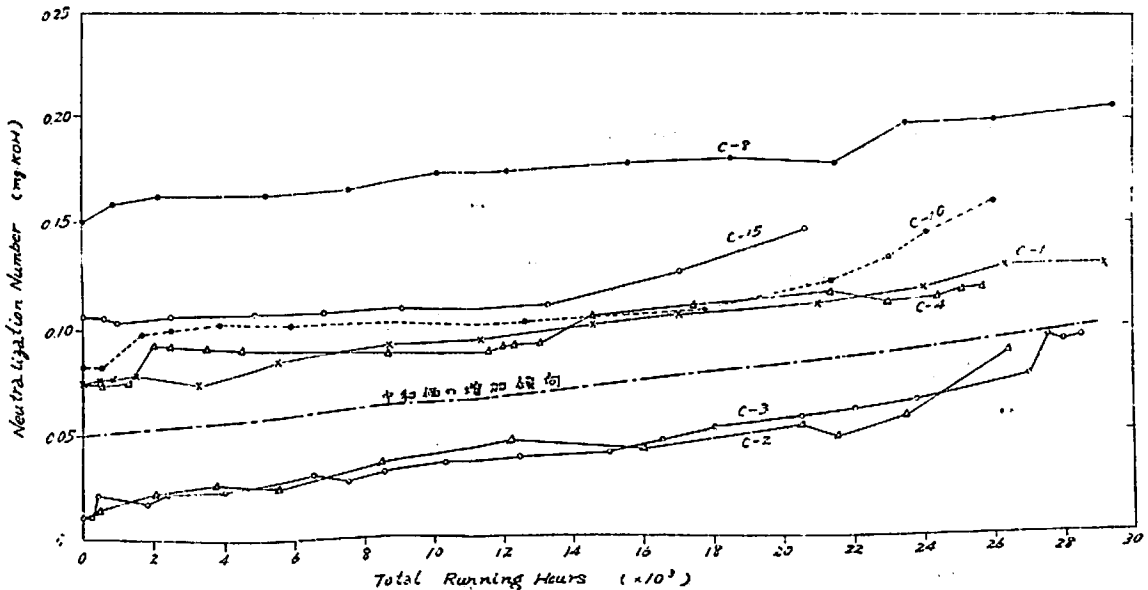


Fig 9 タービン貨物船 主機潤滑油の中和価の変化の実例

より考察し、粘度増加15%以下、使用時間で50,000時間は十分使用できるものとする。もちろんタービン油の使用限度の決定は、粘度増加のみによりするべきではなく、他の諸性質の変化状態を同時に考察し、さらに本質的には平素より油の酸化傾向、機械の運転状態をよく注意して記録し、それらの諸結果より総合的に判断して行うべきである。

(2) 酸価 (中和価) の変化

タービン油 8 種、15 隻の船について使用油の中和価の変化を調べた結果を Fig 8, Fig 9 に示す。Fig 8 はタービン油槽船 8 隻における実例であつて、新油時の中和価は 0.005~0.15 mg KOH であるが、いずれも中和価の増加はゆるやかであつて、その増加割合は 10,000 時間につき 0.01~0.02 mg KOH の程度である。Fig 9 の貨物船においても中和価の増加傾向は同様であるが、C-10 および C-15 の 2 船では中和価が急に増加し始めているので、その原因を追求するとともに今後の推移に注意する必要がある。

一般に潤滑油の中和価は、添加剤 (酸化防止剤) の含有の有無により増加の傾向に差が生ずる。すなわち Fig 10 に示す如く添加剤を含まない油は中和価の増加がは

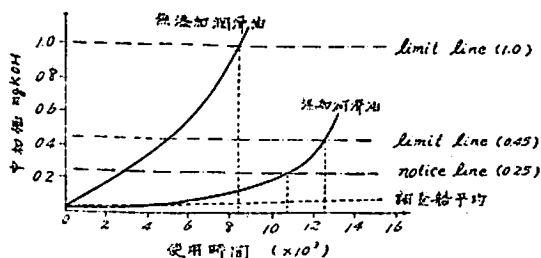


Fig 10 中和価の増加傾向

やく、添加剤を含む油は、最初わずかずつ中和価が増加し、酸化誘導期間が過ぎて添加剤の効果が消滅すれば急に中和価が増加するのが普通である。この場合使用限度は一応の目安として、無添加油では 1.0, 添加油では 0.25 を警戒点、0.45 を使用限度としている。さて本図に示した実験結果に調査船の実例を適用することには多少の問題はあるが、調査船では中和価の増加は僅少であり、同図の点線で示すように極めて初期の酸化傾向を示しているに過ぎない。実船では常に清浄器により水分や不純物の除去に努め、油の酸化を防止する上に、比較的大量の補給油を追加するので、実験の条件よりはるかに酸化環境はゆるく、したがつて中和価の増加も僅少となる。

調査結果より見てタービン船における潤滑油管理は、ほぼ良好に実施されており、酸化傾向に関する限り使用油の選択も適当であり、長期間の連続使用も十分に期待

できる実情にあるものと解される。

(3) 抗乳化度の変化

タービン油 5 種、使用船 13 隻について使用中の抗乳化度低下の傾向を調べたのが、Fig 11 および Fig 12 である。一般にタービン油の抗乳化度は混入した水分が、

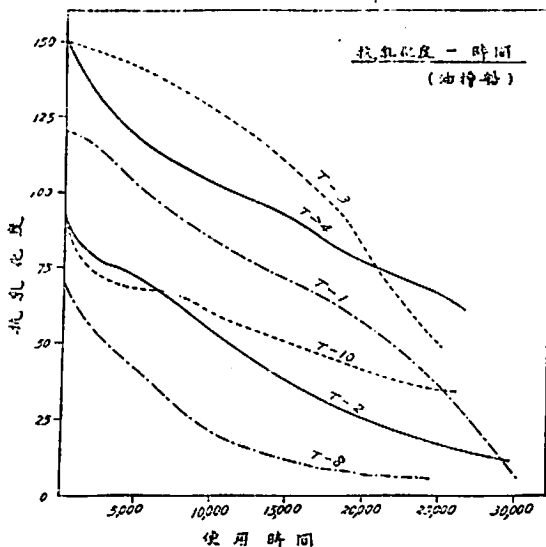


Fig 11 タービン油槽船 主機潤滑油の抗乳化度変化の実例

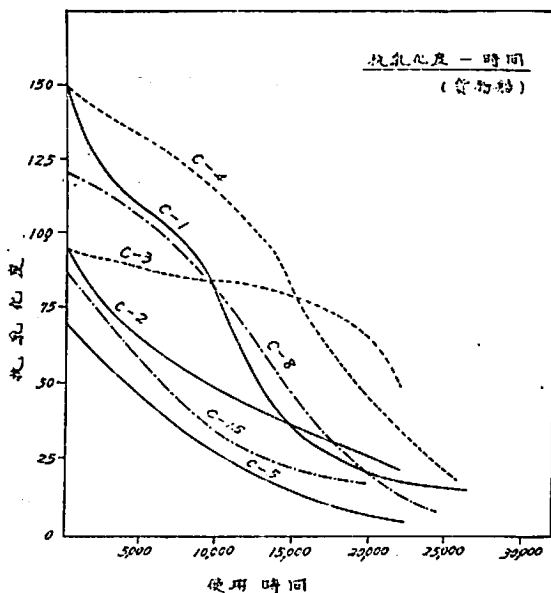


Fig 12 タービン貨物船 主機潤滑油の抗乳化度変化の実例

その他の不純物、塵埃、金属粉末とともに高速で攪拌摩擦されると容易に乳化物を生成し、生成した乳化物は

再び新しい乳化媒体として作用し、乳化を促進するので、抗乳化度は使用とともに双曲線的に急激に減少するのが普通である。したがって生成した乳化物 (Permanent Emulsion: Sludge) および Deposit 等はすみやかに濾過、清浄等により除去しなければならない。抗乳化度の低下は上述の如くかなり急激なものであるが、その低下傾向は Fig 13 に示す如く3種の傾向に大別でき

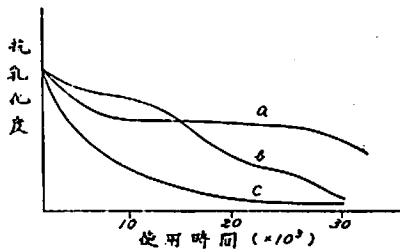


Fig 13 抗乳化度の低下傾向

る。a は一たん抗乳化度が低下した後は比較的一定した抗乳化度を示す傾向のものであり、b は階段状に抗乳化度の低下するもの、c は双曲線状に急激に抗乳化度の低下するものである。調査船においては、b および c の傾向を示すものが多く a の傾向を示すものは1例に過ぎなかつた。使用条件が同一であれば、これらの傾向は油の種類によりわかるはずであるが、実船では各船それぞれの使用状態の差による影響が大きくあられ、油の種類による比較はできなかつた。しかし15,000時間の使用で抗乳化度が新油時の $\frac{1}{2}$ 以下になる油が大部分であつた。また b の傾向を示した場合の抗乳化度の低下は a、c の傾向を示した場合より急激であり、新油時の抗乳化度が100以上のものにその例が多かつた。また新油時の抗乳化度が90以下の油では c の傾向を示すものが多く、使用15,000時間で抗乳化度が20以下に減少したものがあつた。抗乳化度低下による使用限度の決定は甚だ困難であり、本調査の結果によつても、抗乳化度が5以下に低下した例もあつたが、粘度増加、中和価増加は正常であり、機械の潤滑状態も良好であるから、この場合の抗乳化度の低下のみをもつて使用限度と見るわけにはゆかない。

以上の如くタービン油の実船における酸化の傾向は、実験室的試験結果とはかなり違った傾向を示すものであり、機械の運転条件、船内清浄の実施法、補給油量、循環油量等の相異により各船それぞれの酸化傾向を示すのが普通である。一般にはタービン船における使用タービン油の酸化は、きわめて緩慢であり、粘度の増加、中和価の増加は僅少である。実験室的あるいは經驗的に一応の目安としてあたえられている使用限度の値も、各

船にはそのまま適用されるものではなく、各船それぞれの潤滑状態を常に注視し、酸化傾向を記録し総合判定すべきことはいうまでもない。

結 論

以上によりわが国の主たるタービン船における、使用タービン油について調査した結果を述べた。これらをまとめると次のようになる。

1. 使用タービン油の種類は10種類であり、そのうち2種のタービン油は特に使用が多く全数の50%であつた。
2. 使用タービン油の性状は次の通りである。
 - ① 粘度は175~215 (レッドウッド秒 50°C) であり、いわゆる180番タービン油、210番タービン油の使用慣行がそのまま残っている。
 - ② 粘度指数は炭化水素の組成により2種のグループに分かれ、他の一つはパラフィン系潤滑油で90~110、一つはパラフィン+ナフテン系潤滑油で60~70である。
 - ③ 酸価は0.16以下である。
 - ④ 抗乳化度は70以上であり、100以上の油を使用する船は40%あつた。
3. タービン油の酸化による性状の変化について調べた結果は次の通りであつた。
 - ① 粘度の変化は僅少であり、1,000時間につき0.5~1.0 (レッドウッド秒 50°C) の割合で、増加する。
 - ② 使用初期には粘度変化が一時的に変動する例が多く、比較的粘度の低い油では基本の粘度増加線より下側で変動し、比較的粘度の高い油では基本線の上側で変動する例が多い。
 - ③ 酸価 (中和価) の増加は僅少であり、増加の割合は10,000時間に0.01~0.02 mg KOH の程度である。
 - ④ 抗乳化度はほぼ双曲線状に急激に減少する例が多く、15,000時間で抗乳化度は新油時の $\frac{1}{2}$ 以下になる油が大部分である。
 - ⑤ 抗乳化度が5以下に低下しても、粘度および中和価の増加は標準の程度であり、良好な潤滑作用を持続している例も数船で認められた。
4. 調査船におけるタービン油の使用状態は良好であり、使用タービン油はいずれも適正な品質を有しており、3万時間の使用において何等の異状を認めない状態にあつた。

あ と が き

この調査は東京商船大学機関科8回生西畑光二君の努力によるところが大きい。また資料の提供に協力下さつた海運会社の御好意と関係の諸氏の御親切に対し、誌上より厚く御礼申し上げます。

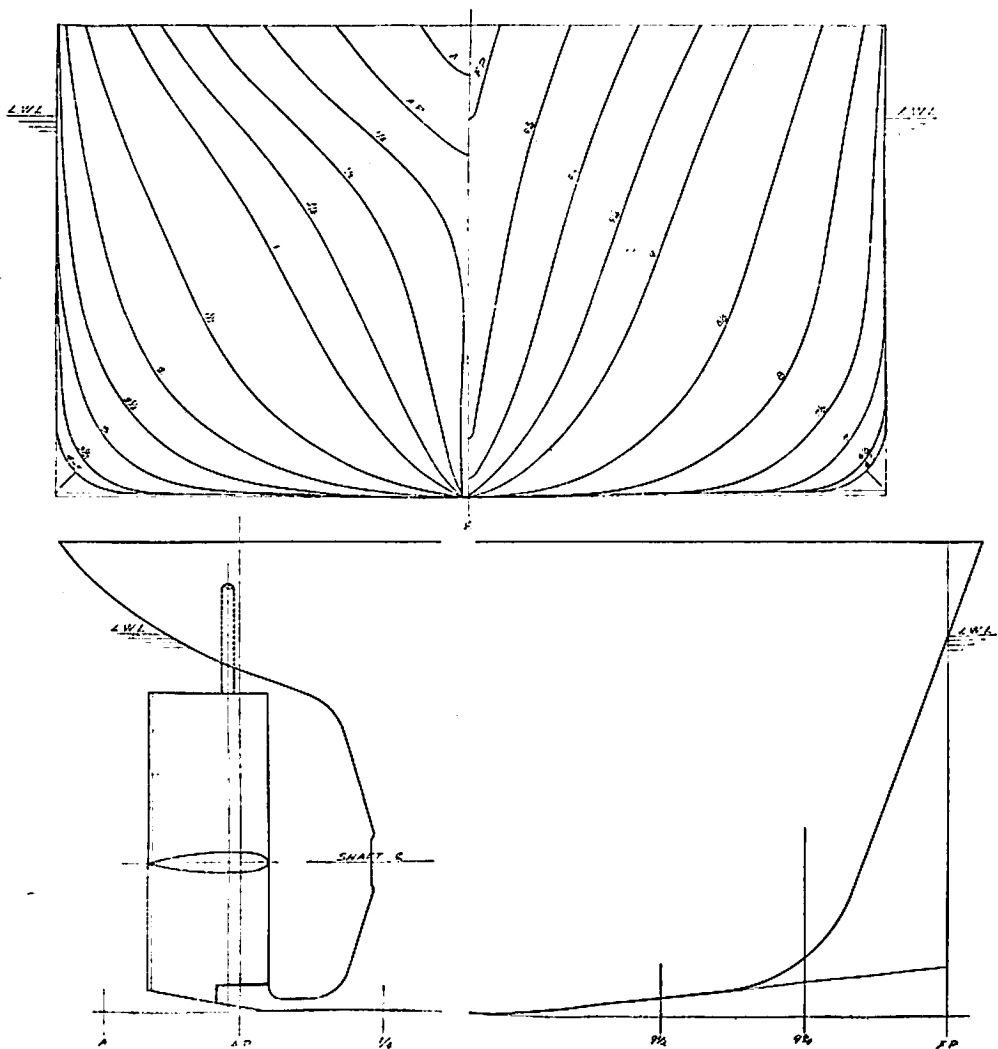
中型貨物船の模型試験

船舶綱集室

M. S. 218 は垂線間長さ 84.00 米の、M. S. 219 は 88 米の約 3,000 重量噸型の中型貨物船に対応する 6 米および 5.5 米模型で、両船の主要寸法は、試験に使用した模型プロペラの要目とともに、実船の場合に換算して第 1 表に示し、正面線図および船首尾形状等は第 1 図および第 2 図に掲げる。図に示す如く M. S. 218 は流線船を、M. S. 219 は反動船を装備している。前者は定格 1,000

IHP×104 RPM の、後者は 1,600 IHP×90 RPM の往復動汽機の搭載が予定されたものである。

試験は M. S. 218 については、満載、半載および 75 載荷の 3 状態、M. S. 219 については、満載および試運転の 2 状態について実施された。その結果は第 3 図および第 4 図に示す。

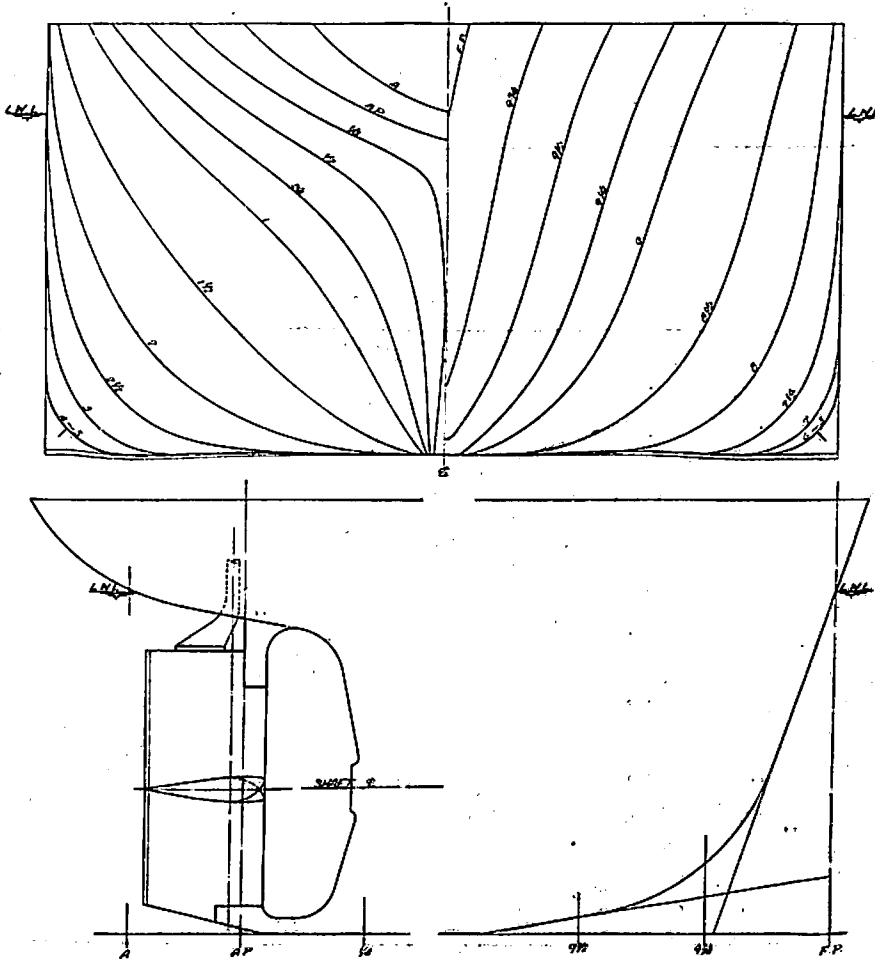


第1図 M.S. 218 正面線図および船底尾形状図

第1表要目表

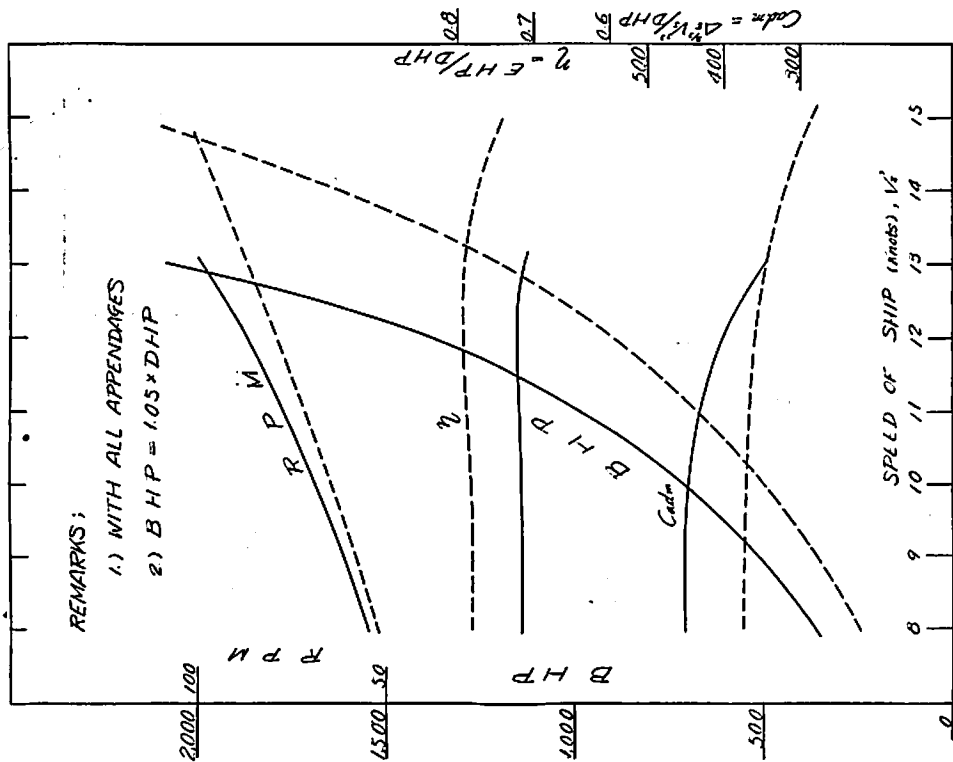
M.S. No.		218	219	M.P. No.		184	185
長 (L.P.P.) (m)		84.000	88.000	直 径 (m)		3.884	4.235
幅 (B) 外板を含む(m)		12.236	13.836	ボ ス 比		0.201	0.195
満 載 状 態	吃 水 (d) (m)	5.618	5.918	ピ ッ チ (m) (0.7R 通増)		3.088	(一定)4.405
	吃水線の長さ(L.W.L.)(m)	85.075	89.814	ピ ッ チ 比 (0.7R 通増)		0.795	(一定)1.040
	排 水 量 (A) (Ton)	4,276	5,416	展 開 面 積 比		0.399	0.403
	C _b	0.723	0.734	翼 厚 比		0.0443	0.0544
	C _p	0.732	0.744	傾 斜 角		8°~44'	9°~0'
	C _マ	0.988	0.984	翼 数		4	4
lcb (L.P.P. の%にて 頭より)		-0.04	-0.73	回 転 方 向		右 廻 り	右 廻 り
平均外板の厚さ (mm)		18	18	翼 断 面 形 状		エーロフォイル	エーロフォイル
λ _s *		0.14282	0.14263				
λ' _s *		0.1536	0.1516				

* 印 L. W. L. に基く



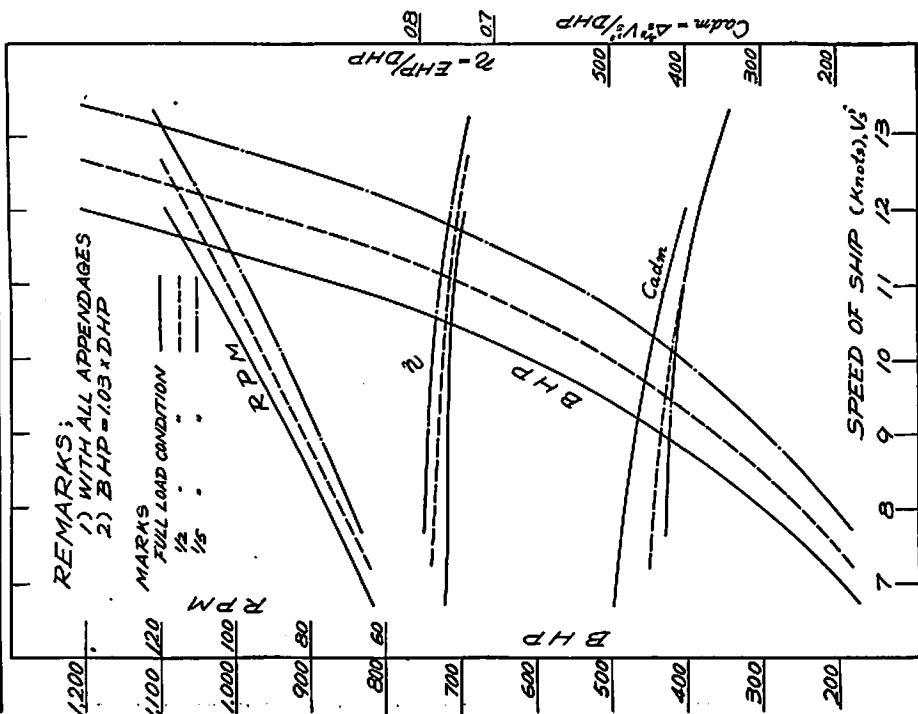
第2図 M.S.219 正面線図および船底尾形状図

CONDITION	DRAFT (m)	TRIM (m)	DISPLACEMENT (m ³)	MARKS
FULL LOAD	3.766	2.006	1.760	
TRIAL	5.918	0	5.284	
	2.886	2.006	1.760	
			2.342	



第4圖 M.S. 219 x M.P. 185 BHP 等曲線圖

CONDITON	DRAFT (m)	TRIM (m)	DISPLACEMENT (m ³)
FULL LOAD	4.381	3.541	2.803.3
1/2 LOAD	4.165	2.905	1.980.6
1/5 LOAD	5.618	0	4.171.4



3圖 M.S. 218 x M.P. 184 BHP 等曲線圖

鋼船建造狀況月報 (36年1月)

船舶局造船課

(イ) 起工船

造船所	船番	船主	総吨数	主機	用途	起工年月日
名古屋造船	162	大王汽船	1,950	D 1,500	貨物船	36. 1. 11
名村造船	320	山栄汽船	920	〃 1,500	〃	36. 1. 14
福島造船	163	丸二商会	720	〃 不明	〃	36. 1. 8
佐野安船渠	187	英雄海運	950	〃 1,150	油槽船	36. 1. 14
石川島播磨(相生)	583	新栄海運	1,040	〃 1,100	〃	36. 1. 17
〃	586	日東商船	28,500	T 17,600	〃	36. 1. 19
四国ドック	581	関西運油	1,300	D 1,150	〃	36. 1. 18
〃	580	〃	580	〃 900	〃	〃
大洋造船	270	松藤商事	999	〃 1,150	〃	36. 1. 24
函館ドック	279	日魯漁業	1,500	〃 1,800	漁船(冷運)	36. 1. 11
林兼造船	958	大洋漁業	5,000	〃 4,400	〃 (〃)	36. 1. 18
日立桜島	3914	三港建設	650	〃 650	雑船(浚)	36. 1. 28
波止浜造船	112	加藤汽船	500	〃 650	〃 (自動車運航)	36. 1. 11
鋼管清水	167	リベリヤ	13,800	〃 9,100	輸出船(貨)	36. 1. 16
三菱長崎	1556	パナマ	23,400	〃 12,000	〃 (〃)	36. 1. 24
今井造船	138	桑田汽船	695	〃 700	貨物船	35. 12. 16
佐世保船	135	函館公海漁業	7,200	〃 5,600	漁船(冷運)	36. 12. 2
東北造船	21	佐伯建設	1,430	〃 不明	雑船(浚)	35. 12. 17

他 119隻 (500噸未満) 18,245総トン

起工船合計 126隻 104,224総トン

(ロ) 進水船

造船所	船番	船名	船主	総吨数	主機	用途	進年月日
石川島播磨(東京)	801	富悠丸	日本郵船	14,200	D 7,000	貨物船	36. 1. 28
川崎重工	1000	千代川丸	川崎汽船	13,500	〃 7,500	〃	36. 1. 17
日立向島	3907	2房島丸	国光海運	4,450	〃 3,450	〃	36. 1. 31
三菱広島	152	3環海丸	中村汽船	3,600	〃 2,450	〃	36. 1. 20
尾道造船	85	1扇山丸	扇興汽船	1,990	〃 1,800	〃	36. 1. 19
笠戸船渠	209	清安丸	宇部興産	6,550	〃 2,800×2	〃	〃
幸陽船渠	168	13金生丸	金尾汽船	995	〃 1,150	〃	36. 1. 14
常石造船	55	2千年丸	千年海運	699	〃 800	〃	36. 1. 5
大洋造船	258	東晴丸	東海々運	1,830	〃 2,000	〃	35. 1. 19
佐野安船渠	183	銀隆丸	小隆汽船	2,800	〃 2,350	油槽船	36. 1. 18
中村造船	173	3幸恵丸	加納幸雄	810	〃 1,000	〃	36. 1. 22
芸備造船	135	日幸丸	日本冷凍	1,170	〃 2,000	漁船(冷運)	36. 1. 18
石川島播磨(相生)	813	Suez	水野組	3,150	〃 不明	〃 (浚)	36. 1. 31
浦賀船渠	768	Phillippine President Roxas	フィリピン	9,500	〃 12,000	輸出船(貨)	36. 1. 2
〃	769	〃 Garcia	〃	9,500	〃 12,000	〃 (〃)	36. 1. 30
鋼管清水	166	Captain John. L	リベリヤ	13,800	〃 9,100	〃 (〃)	36. 1. 14
日立桜島	3870	Transocean Shipper	フィリピン	8,650	〃 6,300	〃 (〃)	36. 1. 31
三菱長崎	1500	Denmark Getty	リベリヤ	27,400	〃 17,600	〃 (油)	36. 1. 20
九州造船	243	Saireri	インドネシア	550	T 650	〃 (貨)	36. 1. 31

吳造船	54	住吉丸	照国海運/吳造船	13,100	D	7,000	貨物船	35.12.20
三菱,下関	547	50あけぼの丸	日魯漁業	1,450	〃	2,000	漁船(トロール)	35.12.31
三菱,長崎	1531	Mosclife	ノルウエー	28,500	T	17,600	輸出船(油)	35.12.31

外 121 隻 (500 噸未満) 21,246 総トン

進水船合計 143 隻 188,614 総トン

艦艇進水

造船所	船番	船名	注文者	排水トン	主機	型式	進水月日
三井造船	653	いすず	防衛庁	1,450	D	4000×4 乙 警	36.1.20

1 隻 1,450 排水トン

(ハ) 竣工船

造船所	船番	船名	船主	総噸数	主機	用途	竣工月日
藤永田造船	70	松安丸	松岡汽船	5,900	D	貨物船	36.1.26
大阪造船	169	5東洋丸	新東海運	2,550	〃	〃	36.1.30
瀬戸田造船	101	有峰丸	馬場汽船	3,300	〃	〃	36.1.31
四国ドック	570	52五葉山丸	釜石海陸運送	990	〃	〃	36.1.19
徳島造船産業	60	日栄丸	太平海運	998	〃	〃	36.1.21
大洋造船	233	長洋丸	林兼大洋造船	1,830	〃	〃	36.1.20
日立,因島	3884	紀伊春丸	新日本汽船/ 新日立汽船	21,100	〃	油槽船	36.1.31
三菱,長崎	1516	大栄丸	日東商船	29,300	T	〃	36.1.12
常石造船	57	1太陽丸	太陽石油海運	930	D	〃	36.1.13
波止浜造船	108	公友丸	第二盛運汽船	999	〃	〃	36.1.31
来島船渠	66	5年徳丸	年徳汽船	585	〃	〃	36.1.15
林兼造船	951	66大津丸	大洋漁業	1,800	〃	漁船(トロール)	36.1.20
浦賀船渠	767	Philippine President Usmena	フィリピン	9,500	〃	輸出船(貨)	36.1.13
川崎重工	1002	Oswego Reliance	リベリヤ	30,500	T	〃(油)	36.1.11
三井造船	652	Tenus	スエーデン	5,650	D	〃(貨)	36.1.23
日立,因島	3843	Caltex Brisbane	イギリス	30,000	T	〃(油)	36.1.12
三菱,長崎	1518	Uaess Sovereign	バーミューダ	57,500	〃	〃(〃)	36.1.20
福島造船	161	81辰巳丸	辰巳商会	700	D	貨物船	35.12.13
常石造船	53	宝安丸	磐固屋船渠	670	〃	〃	35.11.26

外 123 隻 (500 噸未満) 19,276 総トン

竣工船合計 140 隻 224,078 総トン

船舶 第34巻第5号

昭和38年5月12日発行
定価170円(送12円)

発行所 天然社

東京都新宿区赤城下町50

電話 東京(341)1908

振替 東京79562番

発行人 田岡健一

印刷人 研修舎

購読料

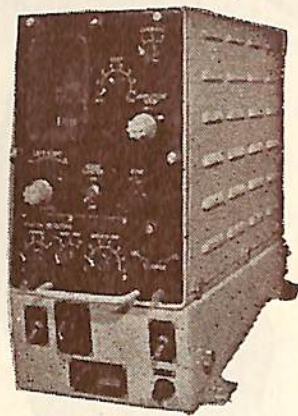
1冊 170円(送12円)

半年(前金予約) 950円

1年(〃) 1,800円

以上の購読料の内、半年及び1年の予約割引料金は、直接本社に前金をもって御申込みの方に限りです

3つの革命
小型化
軽量化
低消費電力化



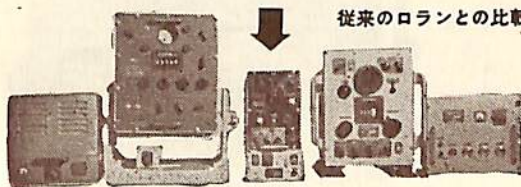
世界最初の

トランジスタ JNA-102 型

ロラン受信機

特長

- 1. トランジスタ化**
トランジスタ、ダイオード使用のため小型・軽量、消費電力極少
- 2. プラグインユニット方式**
プラグインユニット方式の画期的設計、保守点検が便利
- 3. 測定値の読取簡単**
時間差表示がブラウン管と同一視野内の数字ドラムに表れ、測定値の読取簡単
- 4. 電源内蔵**
装備簡単、従来の 300W に比し $\frac{1}{7}$ (40W 以下) の極少消費電力
- 5. 電源電圧の大幅な変動に対して安定**
電源電圧が $\pm 30\%$ 変化しても作動に影響ありません
- 6. 高性能高安定度長寿命**
多年の研究実験と使用実績により立証されております
- 7. 予備調整不要**
在来の外国のものは、使用前全計数回路の作動のチェックを必要としますが、そのような不便は全然ありません
- 8. 耐蝕軽合金使用**
機器の筐体は海水に対して耐蝕性の軽合金を使用しております。空中線同調器は特に防水型になっておりますから船室外装備もできます
- 9. 装備簡単**
空中線同調器は小型軽量(2.3kg)で 8~30m のどんな空中線にも接続できます
- 10. 補給便利**
総て国産部品を使用しておりますので、補給は迅速且つ容易にできます



JRC

日本無線株式会社

東京都港区芝田村町1の7第3森ビル 電話東京(591)(代)9311(代)9321 ●大阪市北区堂島中1の22 電話大阪(36)4631~6
福岡市新聞町3の53立石ビル 電話西局 ② 0277 ●札幌市北一条西4の2札商ビル 電話 ② 局 6161~3

Zenith Marine Chronometre, Switzerland

瑞西ニューシャテル天文台 コンクール
六ヶ年間最高賞連続受領



ゼニット マリン クロノメーター

販売特約店 日本漁網船具株式会社
三洋商事株式会社
株式会社 玉屋商店
日興海事株式会社

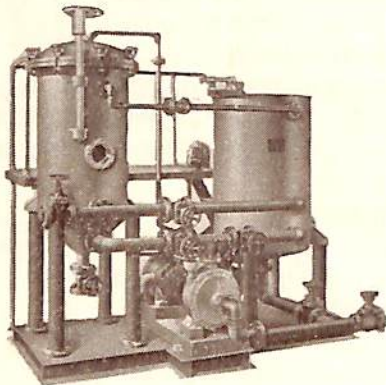
輸入元 **KK瑞西時計輸入商会**

Tokyo Central P.O. Box 1355

ZENITH

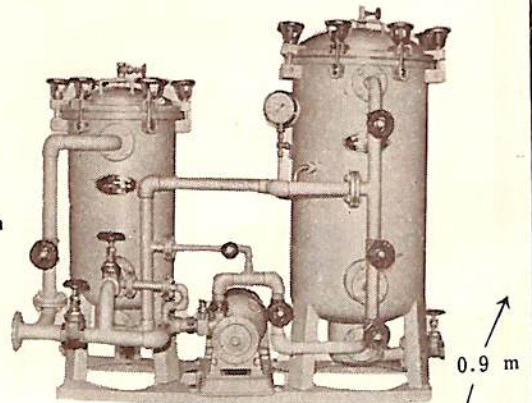
特許 ウルトラ・フィルター

硅藻土汚膜による完全汚過 (0.1 ミクロン完全除去)
1/2の汚過面積で2倍の汚過量、据付面積最小



燃料油、機械油飲料水用

1.3 m



0.9 m

1.5 m
浴槽循環汚過用 (30~50石用)

ミウラ化学装置株式会社

東京都目黒区下目黒3の541 電話 目黒 (712) 2265
大阪市住吉区帝塚山東二丁目13 電話 住吉 (67) 0251~4
弊社直接或いは……代理店を通じて御照会下さい。

(代理店)

三井物産、三菱商事、東京産業、共戸商会
天城産業、川野産業

MIURA

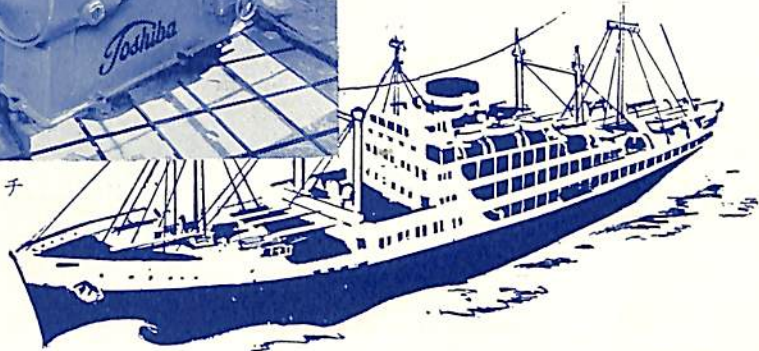
東芝の船舶用電気機器

主要電気機器

発電機・シリコン変圧器
 アンブリダイン式増幅発電機
 磁気増幅器・電動ウインチ
 各種電動機・電動揚錨機
 電動繫船機・配電盤
 制御装置・その他一般



3 t 交流電動ウインチ



Toshiba

東京都中央区銀座西5-2 電話東京(571)5711・8261

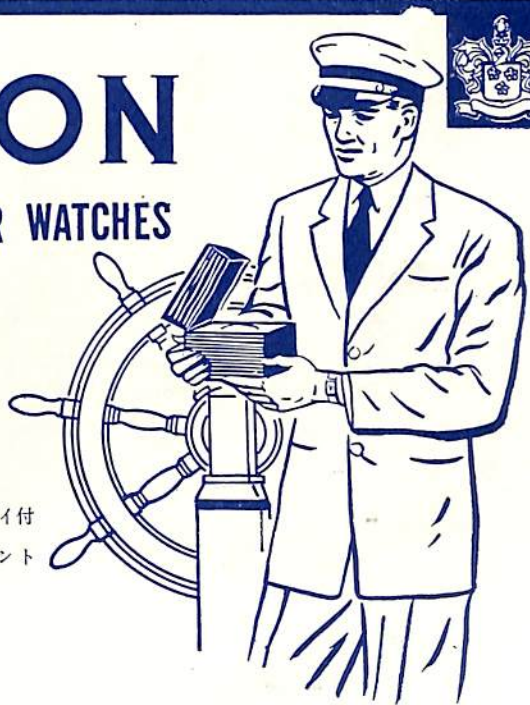
東京芝浦電気株式会社

HAMILTON

CHRONOMETER WATCHES



2 日 巻
 2 1 石
 特殊エリンバヒゲゼンマイ付
 高級仕上げムーブメント



ハミルトン マリナークロノメーター

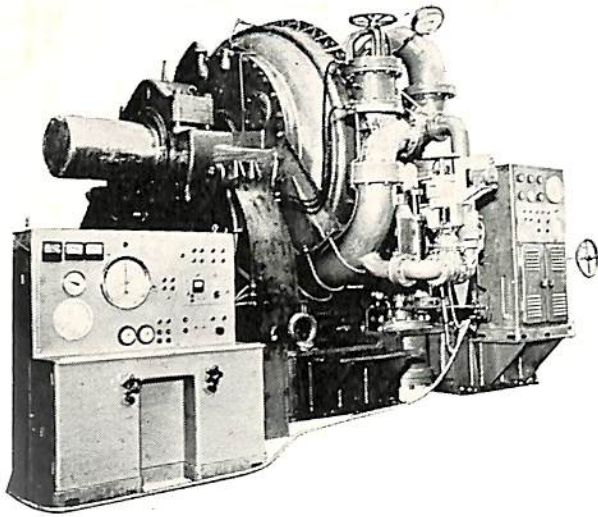
総代理店

株式会社 大澤商會

産業機械部

東京都中央区銀座西2-1 山田ビル2階 TEL(535)3271~4

Water-Brake Dynamometer



写真は我が国最大の 30,000 HP 測定用 超大型
水制動力計で、給排水量は電動バルブで調節
し、シリンダーは油圧力に置換して振子式動
力計で計測します。
また電動バルブと電気回転計を連動させる自
動安定装置を備えています。

容量最大	150 r. p. m	30,000 HP
中心高さ	2,350 mm	± 10 mm
軸全長	5,330 mm	全高 3,865mm
床寸法	4,200 mm × 3,410 mm	
総重量	約 80 ton	

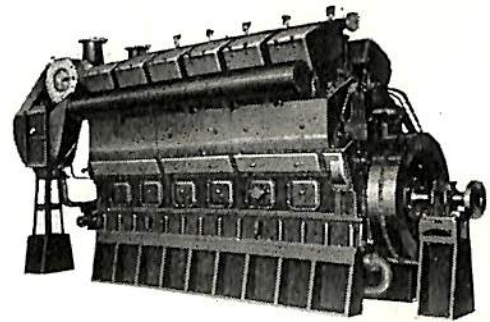
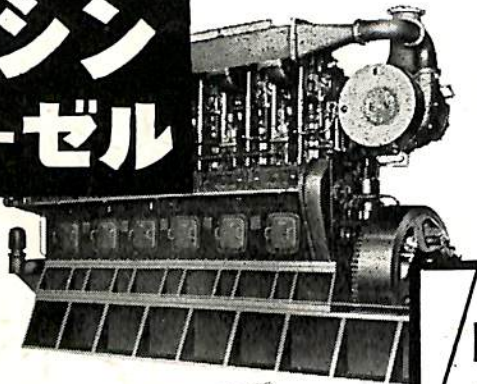


株式会社 東京衡機製造所

東京都品川区北品川4-516 TEL(441)1141(代)
大阪出張所 大阪市南区八幡町6 TEL(75)6139,6140,8150,8160

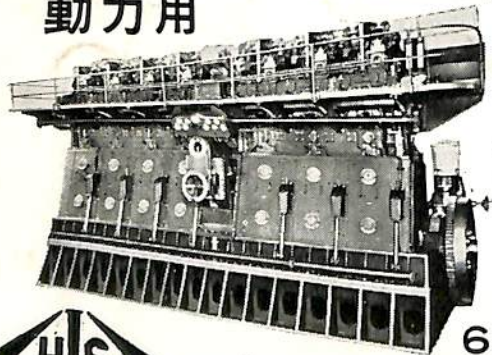
ハンシン ディーゼル

船舶用
発電用
動力用



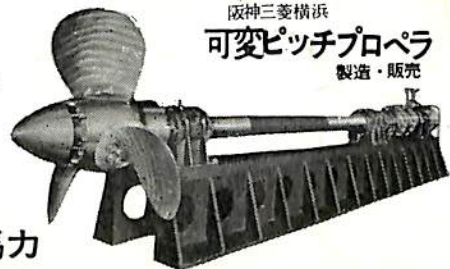
阪神内燃機工業株式会社

本社・工場：神戸市長田区一丁目 TEL：神戸(5)1531~6
東京支店：東京都千代田区九ノ内九ビル TEL：東京(201)3640~1
下関出張所：下関市豊前町第一ビル TEL：下関(2)768



最高の品質・性能
完全なアフターサービス

65~4500馬力



阪神三菱横浜
可変ピッチプロペラ
製造・販売

保存委番号：

052086

IBM 5541

昭和三十五年三月二〇日 第三種郵便物認可
昭和三十六年五月十二日 発行(毎月一回)

編集発行 東京都新宿区赤城下町五〇番地
印刷所 新田岡健通舎
研 冨市東堀通舎

本号定価一七〇円 発行所 天

東京都新宿区赤城下町五〇番地
振替・東京七九五六二番
電話東京〇一九〇八番 社