

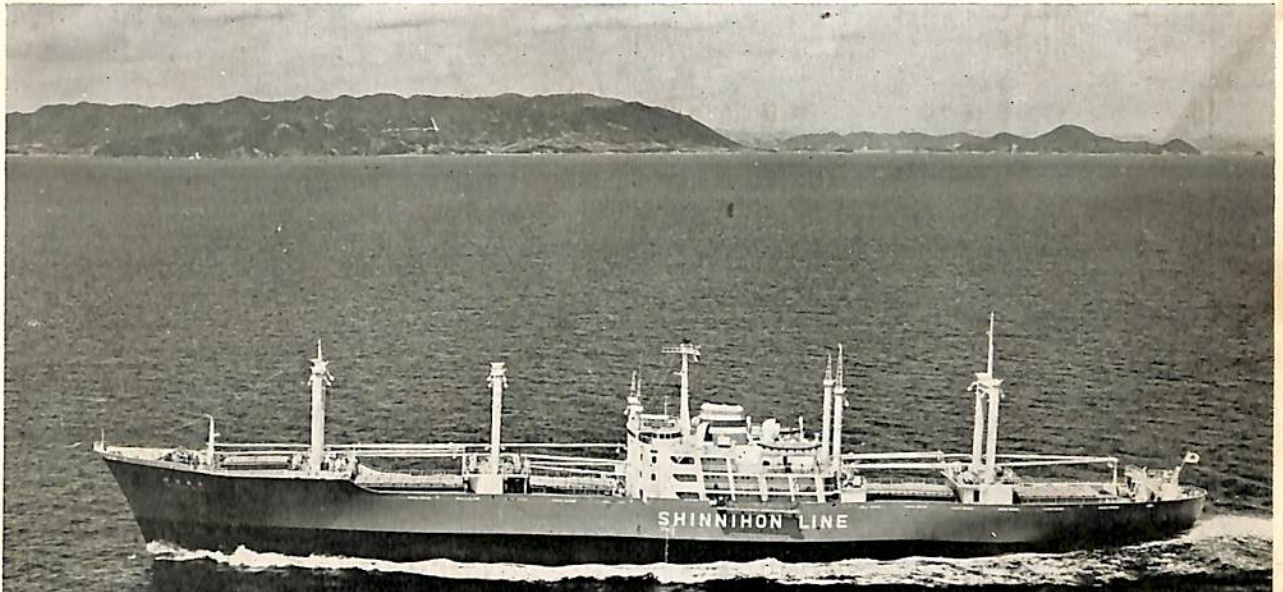
SHIPPING

1962. VOL. 35

船舶 9



S.37.9.15



完全自動化船
 新日本汽船株式会社
 貨物船 「佐渡丸」
 載貨重量 12,052.40トン・20.831ノット
 昭和37年8月16日 竣工
 日立造船・因島工場建造



日立造船株式会社

昭和五十二年三月二十日 第三種郵便物認可
 昭和五十二年三月二十一日 地方発行
 昭和五十二年三月二十八日 運輸省特別承認
 第四〇六号
 昭和三十七年九月七日 印刷
 発行

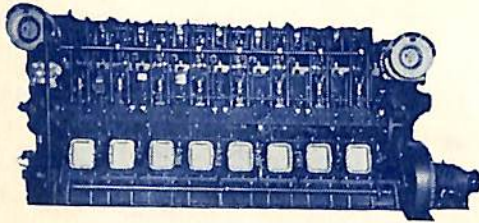
天 然 社

Akasaka Diesel

三菱UEディーゼル機関

漁船並に一般客貨船用
発電用, 原動機用ディーゼル機関

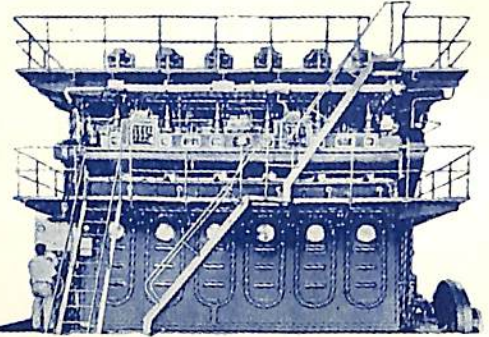
赤阪4サイクル 75~2,400馬力



三菱造船株式会社との技術提携に依り製造開始 1,500~5,700馬力

UET 33/55 39/65 45/75

UEC 52/105



株式会社 赤阪鐵工所

本社 東京都中央区銀座東1-10三晃ビル TEL. (561)4902~3,4905,4676
工場 静岡県焼津市中港町 594 TEL. (焼津) 2121~5
出張所 札幌出張所, 大阪出張所, 福岡出張所,

HAMILTON

CHRONOMETER WATCHES



2日巻

21石

特殊エリンパヒゲゼンマイ付

高級仕上げムーブメント



ハミルトン マリナーウォッチ

総代理店

株式会社 大澤商會

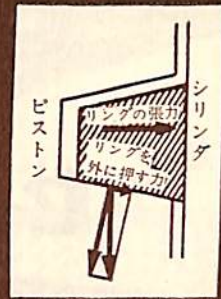
産業機械部 東京都中央区銀座2-4 銀富ビル2階 TEL (561) 7981~5

こう着防止に...

RIK センダイトメタル製

理研キーストンリンク

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



理研ピストンリンク工業

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 サイザルホーサー マニラ混合ホーサー C.O.T 防腐加工

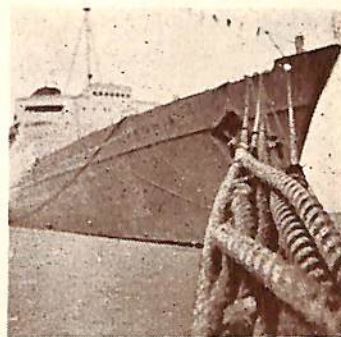
日本で最も権威ある

C. O. T 防腐剤

防 腐 強 力
防 黴 絶 大
耐 久 増 大

御採用官庁及各会社

防	衛	安	庁
海	上	保	庁
国	有	鉄	道
林		野	庁
各	海	運	社
各	漁	業	社
石	灰	石	山



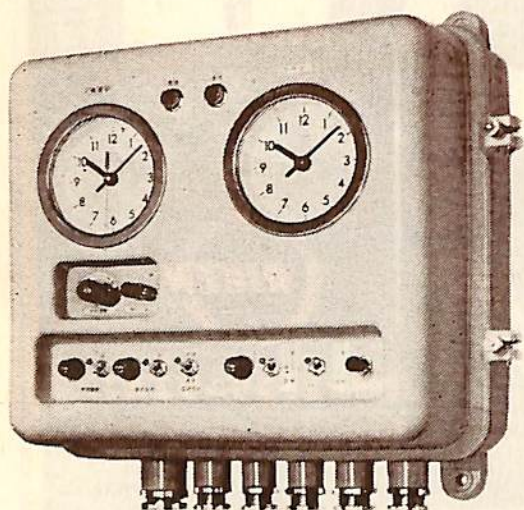
諸官庁で御使用の麻ロープには C. O. T 防腐加工と御指定されています。

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 TEL 鳩ヶ谷 6316
愛知県宝飯郡形原町大字形原字南淀尻3番地 TEL 形原(7)3722

SEIKO

船舶用 セイコー 電子時計 QC-6TM



- 標準時時計 ● マリンクロノメーター+船内親子時計
- 精度 ● 日差±0.2秒以内
- 動作温度範囲 ● -10°C ~ +50°C
- 電源 ● 常用AC 100/110V
予備DC 24/12V
- 無休止体制構成
- 構造 ● 親時計、パイロット子時計、自動早送装置を同一防滴、耐塩蝕ケースに収納
前面操作方式
- 運転可能子時計 ● (1)グリニッジ標準時時計(三針) 1台
(2)日本標準時時計(四針) 1台
(3)各種船内子時計(二針) 100台
(4)エンジンテレグラフ記録計 1台

株式会社

服部時計店

本社：東京都中央区銀座4-2 TEL (561) 2111
支店：大阪市東区博労町4-17 TEL (251) 1251

直読式プロペラ図表のご希望者へ

本紙 987 頁～988 頁に掲載された直読式プロペラ図表に興味をお持ちの方々のために特別に予約申込みによる頒布を致します。

このプロペラ図表本体は本文でお分りのごとく大量生産により販売する事は不可能ですので、この方面の有識者の便宜のため、希望をとりまとめ奉仕的に複製配布したいとの気持からメーカーの好意的な原板の提供によりこのたび実現のはこびになりました。

中小型船舶用

AR	目盛シート	1枚	2,400円
BR	各種シート	1枚	850円

(郵送料、代引手数料込)

NO. 1	TROOST	B 2.30	NO. 6	TROOST	B 4.55
NO. 2	TROOST	B 3.3	NO. 7	TROOST	B 4.70
NO. 3	TROOST	B 3.50	NO. 8	TROOST	B 5.45
NO. 4	TROOST	B 3.65	NO. 9	TROOST	B 5.60
NO. 5	TROOST	B 4.40			

お申込方法

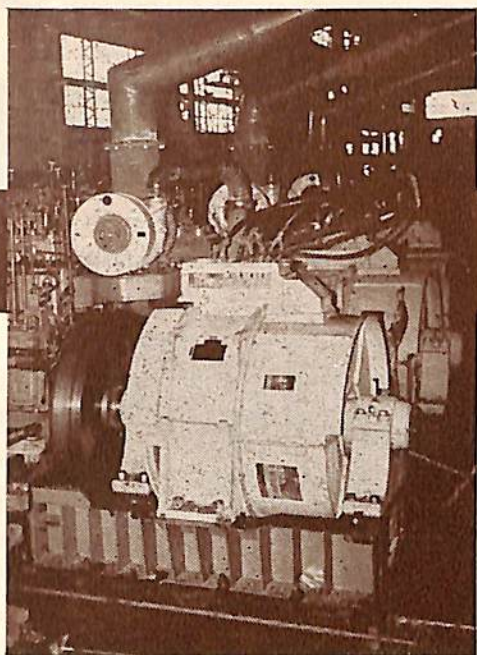
ハガキにつきのことをご記入下さい

AR _____ 枚, BR NO. _____ 枚, お名前, ご住所, お勤め先, 最寄の郵便局名

申込み先 東京都世田谷区池尻町430

武藤工業株式会社企画係

(現品は代引にてお送りさせていただきます)



中型専門メーカー 100～3000KW

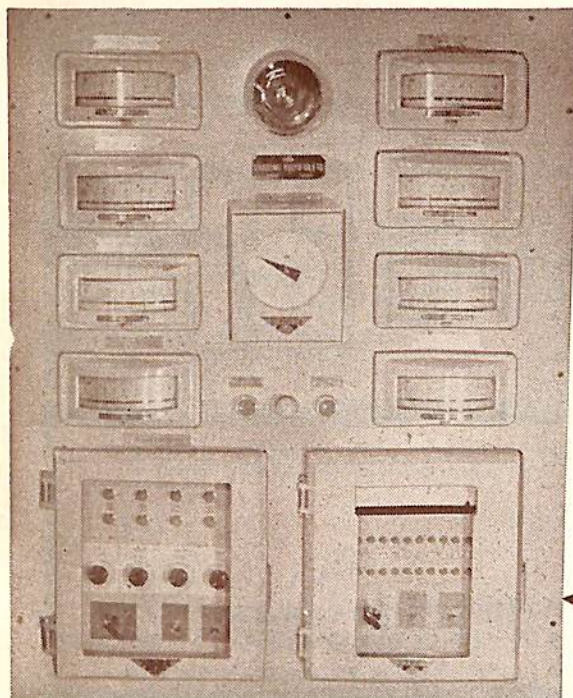
東京電機製造

発電機・電動機

各種補機用電動機 直流電弧溶接機
管制器及配電盤 無線用電源電動発電機

東京電機製造株式会社

営業所 東京都台東区車坂1(常陽銀行ビル5階) 電話(866)4261(代)-5
本社工場 茨城県土浦市中高津町950 電話(土浦)910-2-465-1287
出張所 下関市大和町33 電話(24)0703



船舶自動化に理化電機の

オートメーション計器

各種ガス分析計 (指示・記録・調節)

温度計(抵抗, 熱電式) (指示・記録・調節)

水質計(検塩計) (指示・記録・調節)
その他自動制御装置



理化電機工業株式会社

本社・工場 東京都目黒区唐ヶ崎625 TEL(712)3171-4

優秀な性能を誇り驚異的に普及!!

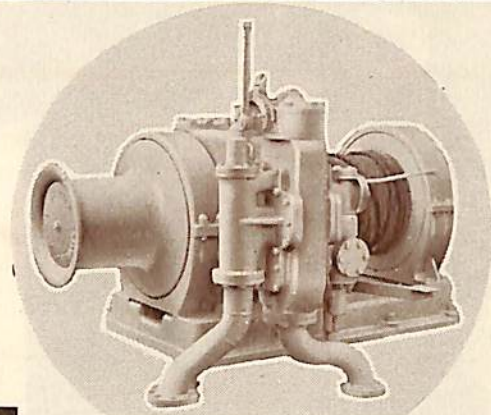
油圧駆動甲板機械

揚貨機・揚錨機

繫船機・オートテンションウインチ

トロールウインチ・底曳用ウインチ

ハイドロパイロット操舵機



株式会社 **福島製作所**

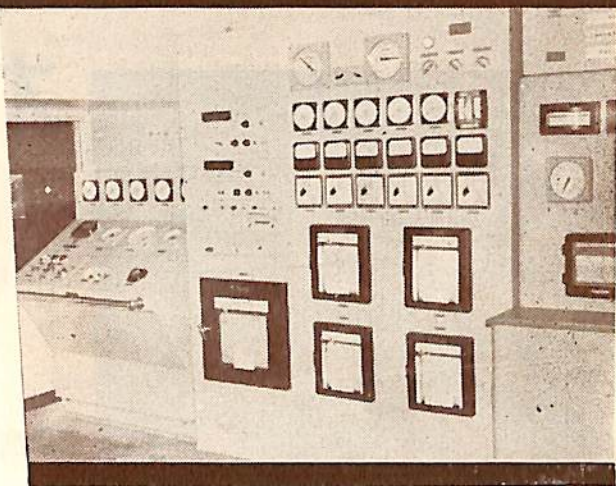
東京都中央区銀座7丁目1(銀座ヤマトビル)
TEL (571) 代表9246

総代理店 株式会社 **エクマン商会**
東京都千代田区有楽町(三信ビル)
TEL (591) 1206~8

遠隔指示計測
遠隔操縦制御

東京計器

* 船の自動化こそは
船舶計器の



65年の豊富な経験と最新の技術が生んだビッカース油圧機器とマイクロセン(全電子式制御機器)を使用した東京計器のオートメーション計器は必らず皆様の御期待にお応え致します



株式会社 **東京計器製造所**

本社: 東京都大田区東蒲田4の31 電話(731) 2211(代)
関西支部: 神戸市生田区明石町19(同和火災ビル) 電話(3)3684(代)
営業所: 大阪・函館・横浜・名古屋・下関・長崎

船舶

第 35 卷 第 9 号

昭和 37 年 9 月 12 日 発行

天 然 社

◇ 目 次 ◇

鋼の腐食疲労 (1)	南 義 夫…(941)
防撓板における問題点と経済設計法	長 沢 準…(952)
米国とスウェーデンにおける波浪中の縦強度に関する実船実験について	郷 田 国 夫…(558)
金華山丸と電気温度計	三 好 和 彦…(968)
〔自動航法 2〕 3 自動航法における航路測定装置の一例	庄 司 和 民…(972)
4 自動航法における電波六分儀の使用	飯 島 幸 人…(973)
5 自動航法と Roller map Equipment	川 本 文 彦…(977)
〔随想録〕 船体構造とところどころ (2)	山 口 増 人…(980)
直読式プロペラ図表 (Troost B3, 35, 50, 65)	田 中 宏 績…(987)
特殊船の展望 (5)	保 井 一 郎…(989)
〔文 献〕 造船所におけるオートメーションへの道	…(995)
〔提 言〕 「七つの海の大学」案	K 生…(966)
〔水槽試験資料 140〕 小型貨物船の模型試験	船舶編集室…(1001)
〔特許解説〕 ・手動をかねた油圧式操舵機・液体貨物運搬船	…(1004)
写 真 進 水—☆鉄明丸 ☆春日山丸 ☆彌和丸 ☆さくら丸	
竣 工—☆有保丸 ☆国栄丸 ☆吉備丸 ☆大海丸 ☆恵晃丸 ☆まがね丸	
☆興和丸 ☆開間丸 ☆才3双葉丸 ☆佐渡春丸 ☆BELGULF STRENGTH	
☆KASSIM ☆ANETTE MAERSK ☆B. RESIT PASA	
☆ 佐渡春丸の自動化	

Dimetcote

No. 3

塗る亜鉛メッキ
ダイメットコート No. 3

130.000 噸の防錆に世界の塗装実績 25.000.000 m²

船齢を延ばすダイメットコート、最高の技術を駆使して建造された世紀のタンカー日章丸に使用されております。

施工部 優秀な技術と設備による国内施工実績 1,000,000 m²

米国アマコート会社 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 電話 (68) 4021・4022・4023

海の横綱！

倉敷ビロン[®]

クレモナ[®] ロープ・帆布

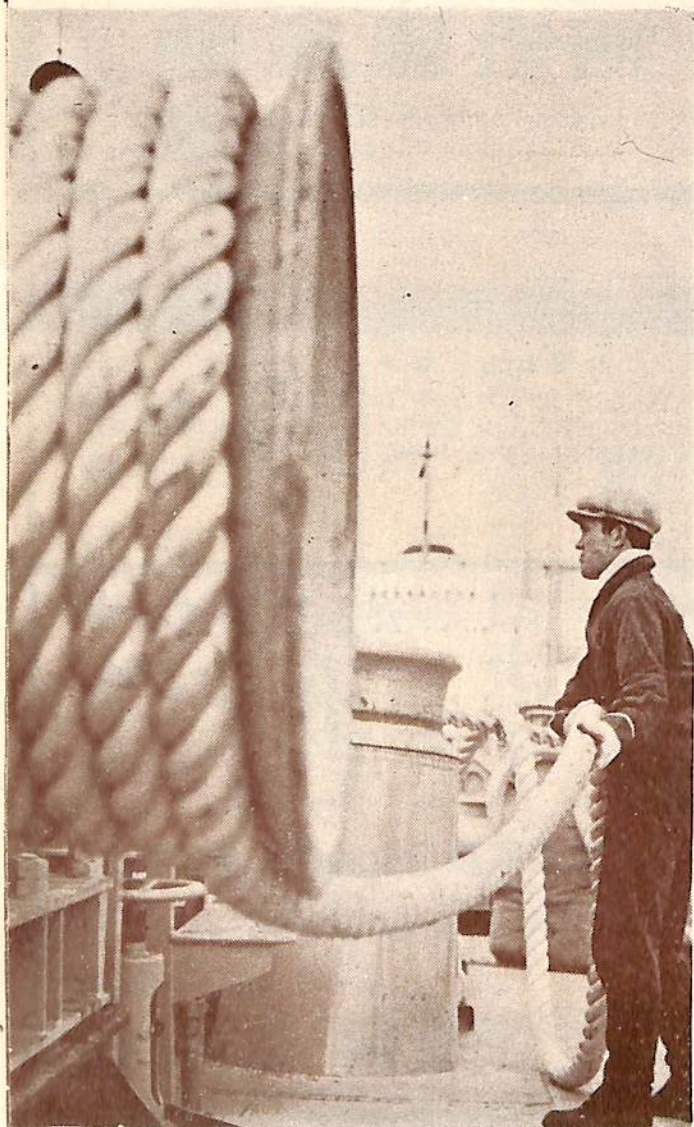
バランスのとれた力、“頼もしい海の横綱”クレモナロープは 外航船から内航船まであらゆるタイプの船で大量に使用されています。

その秘密は？

- (1)、強力がマニラロープより約50%大きいので径を10%程軽減できる。その上、比重が小さく吸水率が少ないのでマニラロープの60%の労力で済む。
- (2)、価格はマニラの約60~70%アップ、しかもすでに5年間使用の実績寿命は3倍。ロープ費用40%の節減に役立つ。
- (3)、ホーサーには適度の太さと伸びは安全上必要。これにぴったりなクレモナはその上、紫外線やえぐれにも最も強くすべらず キンクもなく もちろんくさらない安心できる堅実なロープです。

大阪市北区梅田8番地
東京都中央区日本橋通3の1

倉敷レイヨン株式会社



鉄 明 丸
(貨物船)

船主 新和海運株式会社

造船所 三菱造船・下関造船所

長(垂) 78.00 m 幅(型) 12.70 m
 深(型) 6.70 m 吃水 5.75 m 総噸数
 約 1,930 噸 載貨重量 約 3,100 噸
 速力 11.5 ノット 主機 伊藤鉄工製
 ディーゼル機関 1 基 出力 1,800 PS
 船級 NK 起工 37-5-30
 進水 37-7-31 竣工 37-11 予定



さ くら 丸
(巡航見本市船)

船主 日本産業巡航見本市協会

造船所 新三菱重工業・神戸造船所

全長 約 157.00 m 長(垂) 145.00 m
 幅(型) 21.00 m 深(型) 11.90 m
 吃水 6.60 m 総噸数 4,800 噸 載貨
 重量 約 12,200 噸 速力 17.6 ノット
 主機 三菱長崎 7 UEC 75/150 型ディー
 ザル機関 1 基 出力 9,800 PS 船級 NK
 起工 37-2-21 進水 37-6-22
 竣工 37-10 船客 152 名



8 つの

船舶塗料

- C.R.マリーンペイント (ノンチョーキング型)
(合成樹脂塗料)
- アクチブ プライマー (ウォッシュプライマー)
- ビニレックス (塩化ビニル樹脂塗料)
- L.Z. プライマー (鉄面用下塗塗料)
- 槌印鉄船々底塗料 (鉄船々底塗料)
- 鉄船々底O.P.2号塗料 (有機毒物型・油性系)
(並びにビニル系)
- タイカリット (防火塗料)
- ボデラック (フタル酸樹脂塗料)

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

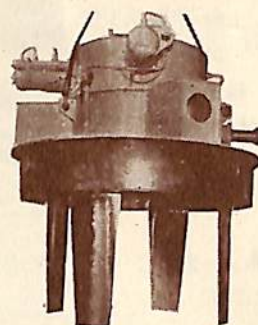
富士フォイト・シュナイダプロペラは

- 1 立て軸可変ピッチ翼のプロペラ
- 2 変速と転舵の機能を兼ね備える
- 3 敏速で自由自在な操縦性を持つ
- 4 水中姿勢が低く推進力が大きい
- 5 操縦上原動機に負担をかけない

富士フォイト・シュナイダプロペラは
機械設備や船体の製作費を安価にし
船の運航費用の大巾な節約に役立つ

富士フォイト・シュナイダプロペラは
自在な操縦性を要求する引き船、連
絡船、遊覧船に最適であり、喫水の
浅い河川用舟艇や起重機その他の特
殊船はむろんのこと、客貨用大形船
にも持ち前の高性能を提供する。

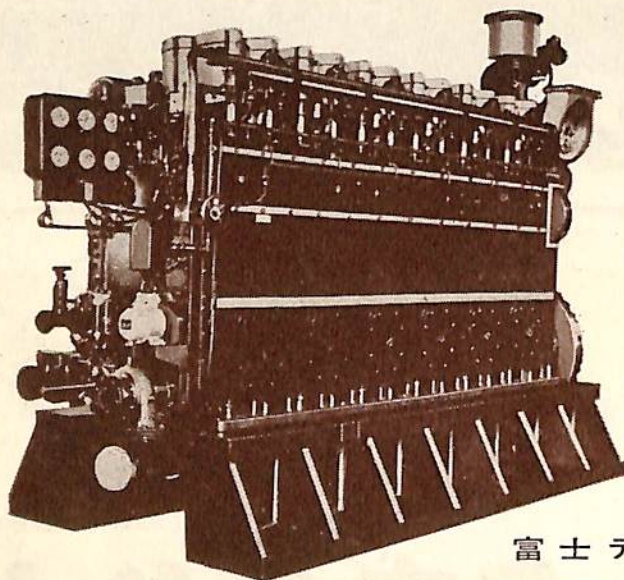
富士電機製造株式会社
東京都千代田区丸の内2の6



富士

フォイト・シュナイダプロペラ
ディーゼル機関

シュナイダプロペラ用主機
6MD32H700~1,000PS



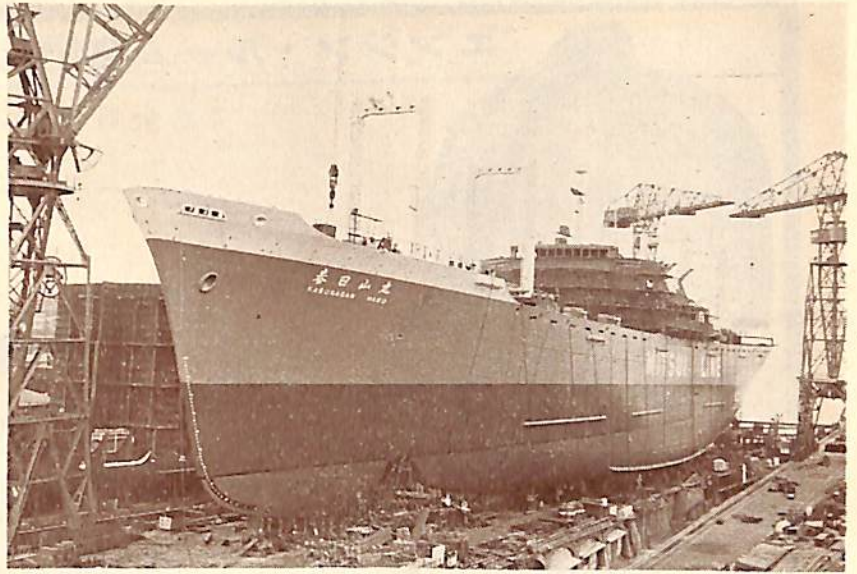
180PS~4,000PS
船舶主機関用
船舶補機関
陸上各種

富士ディーゼル株式会社
東京都中央区京橋2-2
TEL (281) 1251 (代表)

春日山丸
(貨物船)

船主 三井船舶株式会社
造船所 三井造船・玉野造船所

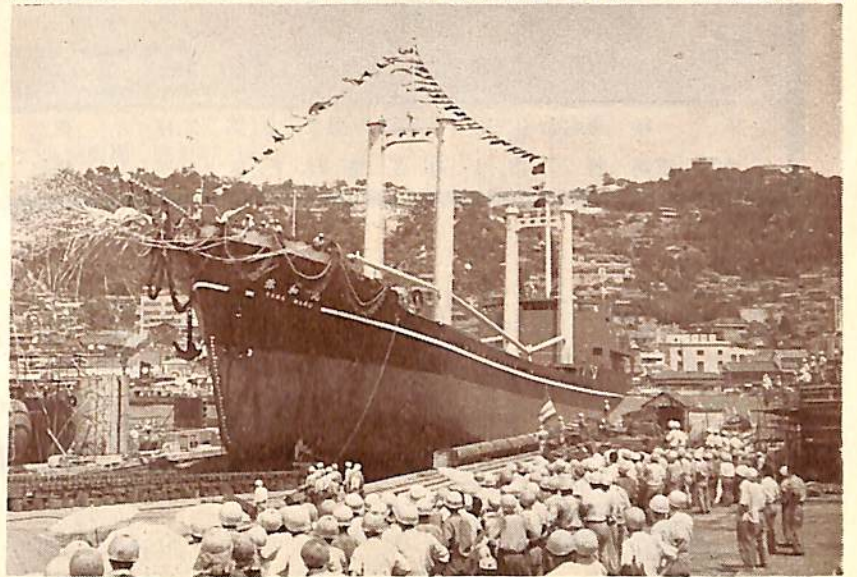
長(垂) 140.00 m 幅(型) 12.00 m
深(型) 12.00 m 吃水 8.55 m
総噸数 8,250 噸 載貨重量 9,750 噸
速力 約 19.1 ノット 主機 三井B&W
874 VT 2 BF-160型ディーゼル機関1基
出力 12,000 PS×115 RPM 級船 NK
起工 37-2-10 進水 37-7-21
竣工 37-10 予定



弥和丸
(鋼材運搬船)

船主 共和産業海運株式会社
造船所 日立造船・向島工場

全長 約 91.00 m 長(垂) 84.00 m
幅(型) 12.80 m 深(型) 6.65 m
吃水 5.66 m 総噸数 約 2,150 噸
載貨重量 3,300 噸 速力 14.5 ノット
主機 鴻新 M 8 F 43 CHS 型ディーゼル機
関1基 出力 2,000 PS×275 RPM
船級 NK 起工 37-5-17
進水 37-8-1 竣工 37-10 未予定

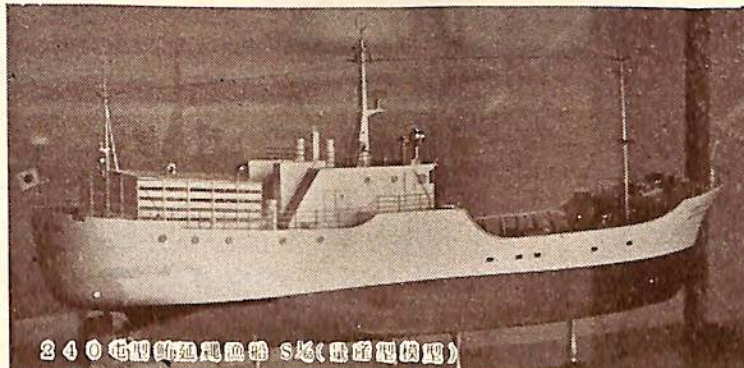


精密模型

優美なデザインと精巧な仕上のセンス
試作、デザイン展示用模型注文製作

Hasegawa

船舶、機関
機械展示用模型
流体試験模型
記念品



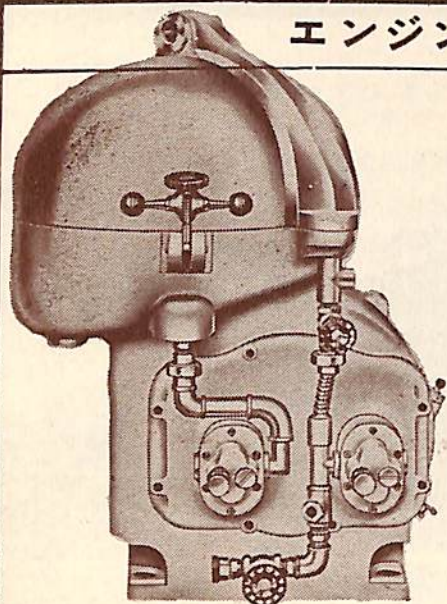
240 吨鋼材運搬船 S 号(最新型模型)

有限会社 長谷川商会 精密模型部 東京都目黒区碑文谷 2-1

営業所 (712) 6160
製作所 (711) 1633

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■

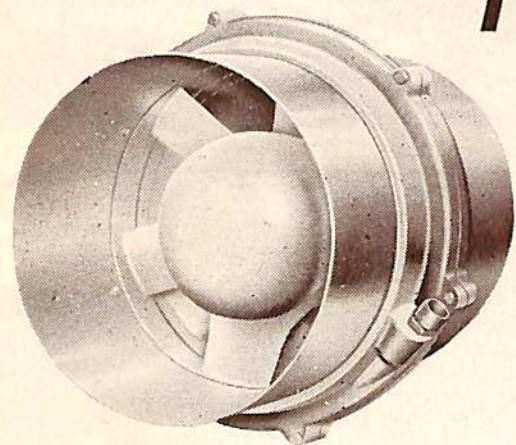
Sharples Gravitrol Centrifuge

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)

ガス排除に最も安全な TL型エアファン



西独ニュッセ社の技術援助で国産化
仕様

型名	給気圧	空気消費量	風量	風圧	風管径	重量
TL-3型	4kg/cm ²	1.6 m ³ /min	60m ³ /min	95mmAq	300%	31kg
TL-5型	4kg/cm ²	3.0 m ³ /min	160m ³ /min	85mmAq	500%	51kg
TL-6型	4kg/cm ²	4.2 m ³ /min	260m ³ /min	80mmAq	600%	65kg

営業案内

空気機械・鉱山機械
化学機械・土木建設機械

港湾に於ける船舶誘導牽引、機材運搬捲揚げ用として制御・
正逆運転自在な強力エアウインチ・天井走行ホイストを!!



株式会社 三栄精機製作所

本社・工場 小橋市若竹町8番地 TEL(24310)(代)
 福島工場 福島県伊達郡桑折町字飯屋1番地 TEL 144
 東京営業所 東京都千代田区神田西福田町2 TEL(291)-9686
 福岡出張所 福岡市材木町11番地 TEL(75)-6480

有 保 丸

(貨客船)



船 主 特定船舶整備公団, 九州商船 共有

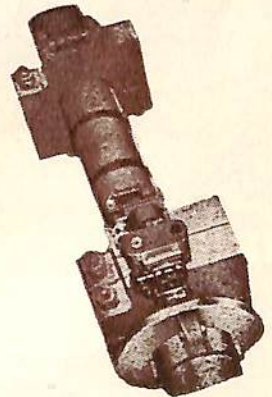
造 船 所 三菱造船・下関造船所

長 (垂) 41.50 m
 幅 (型) 8.20 m
 深 (型) 3.35 m
 吃 水 2.50 m
 総 噸 数 402.40 噸
 載 貨 重 量 128.71 噸
 速 力 (公試最大) 15.10 ノット
 (航海速力) 14.00 ノット

主 機 三菱 UE ディーゼル機関 6 UET
 33/55型 1 基
 出 力 1,500 PS
 船 級 N K
 起 工 37-4-10
 進 水 37-5-23
 竣 工 37-7-19

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
- 軸馬力計及特殊計器類
- ◇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37年 ◇進水速度計、各種試験器



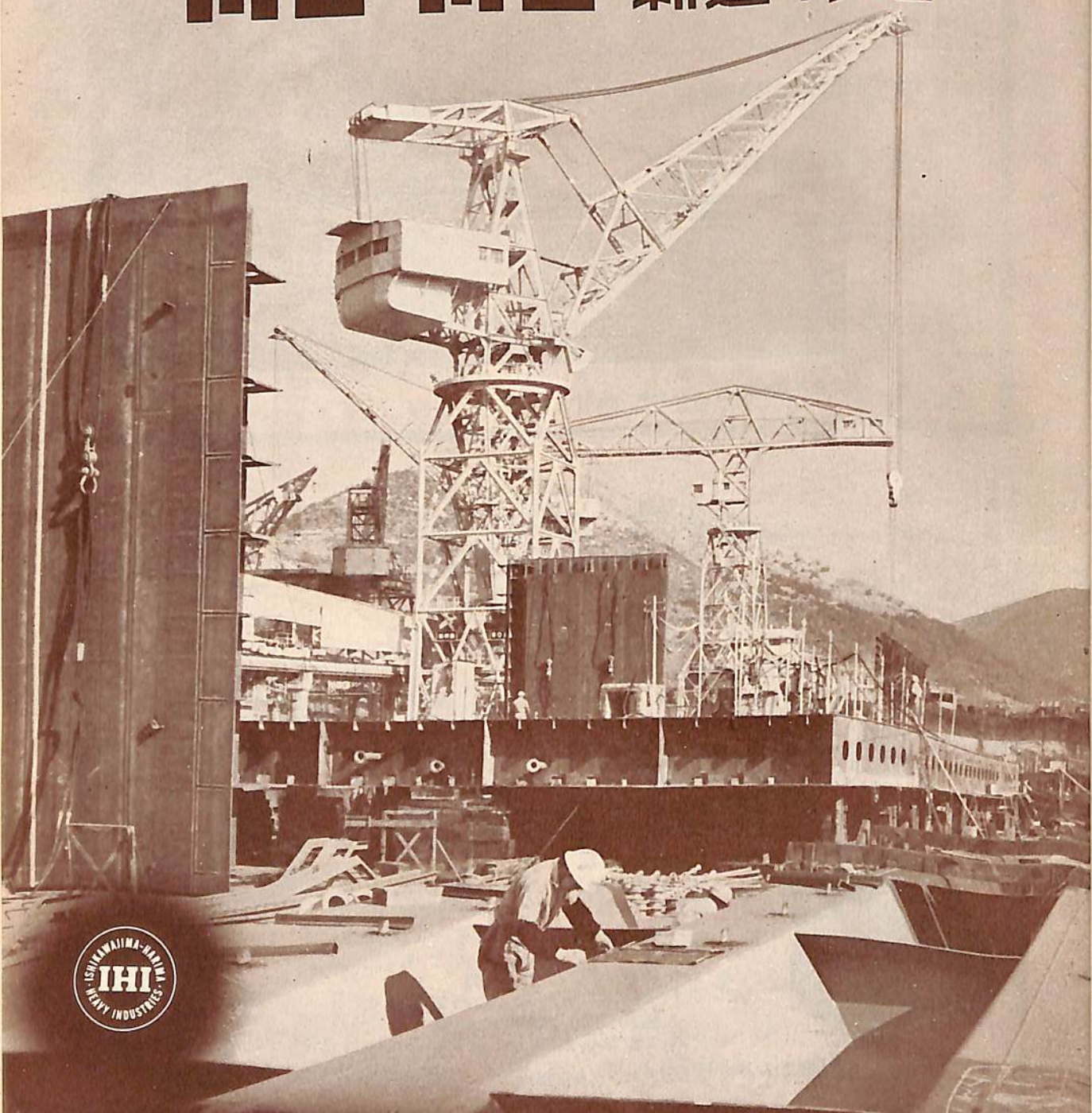
株式
会社

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

船舶 新造・修理

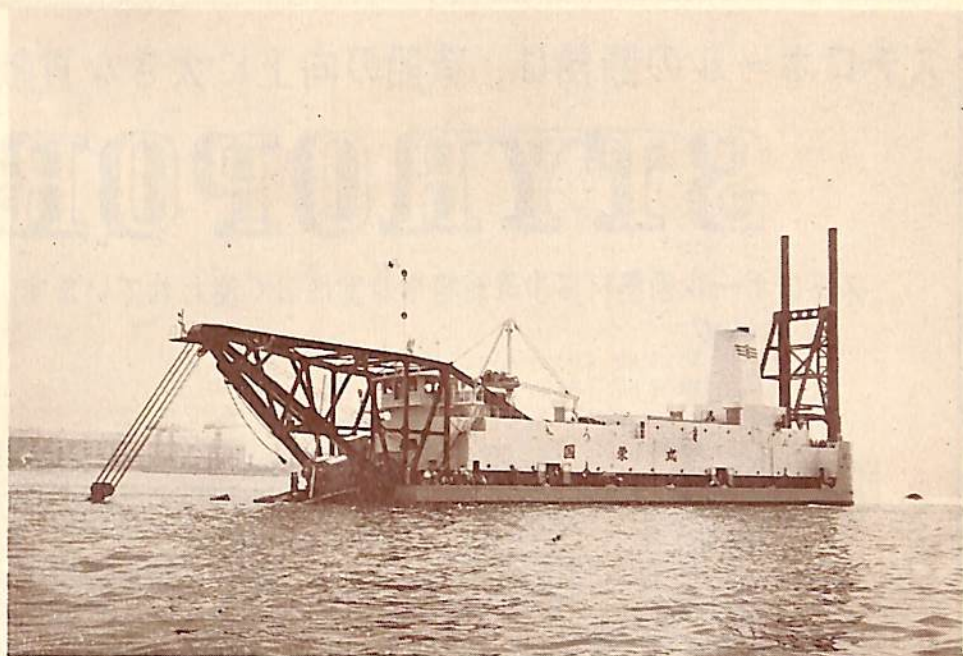


石川島播磨重工業株式会社

船舶事業部 東京都千代田区大手町1-2 (貿易会館) 電話(231) 7661・7671 (代表)
東京第二工場 東京都江東区深川豊洲 2-6 電話(641) 1111・1171 (代表)
相生第一工場 兵庫県相生市相生 5 2 9 2 電話(相生) 1 4 (代表)

国 栄 丸

(浚 渫 船)



船 主 国土総合開発株式会社

造 船 所 三菱造船・広島造船所

長 (垂) 67.10 m
 幅 (型) 17.50 m
 深 (型) 4.27 m
 吃 水 約 2.65 m

浚渫ポンプ 三菱広島造船所製作駆動電動機
 約 6,000 KW (8,000 PS) 吸入
 口径 915 mm 吐出口径 760 mm

常用浚渫土量 (硬砂) 1,500 m³/h
 (軟砂) 2,000 m³/h
 排送距離 (常用) 6,100 m
 (最大) 8,000 m

浚渫深度 (ラダーアングル45度) 約 23 m

主発電装置 三菱エッシャウィス型衝動式蒸気
 タービン駆動三相 6,600 V 交流式 1 基

連続最大 12,650 KW

常用 11,500 KW

起 工 37-3-9

進 水 37-6-2

竣 工 37-7-31



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……緑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

スチロポールの断熱は、造船の向上に大きな貢献をします。

STYROPOR[®]

スチロポール断熱材は冷凍船艙や船室に広く使われています。

特性

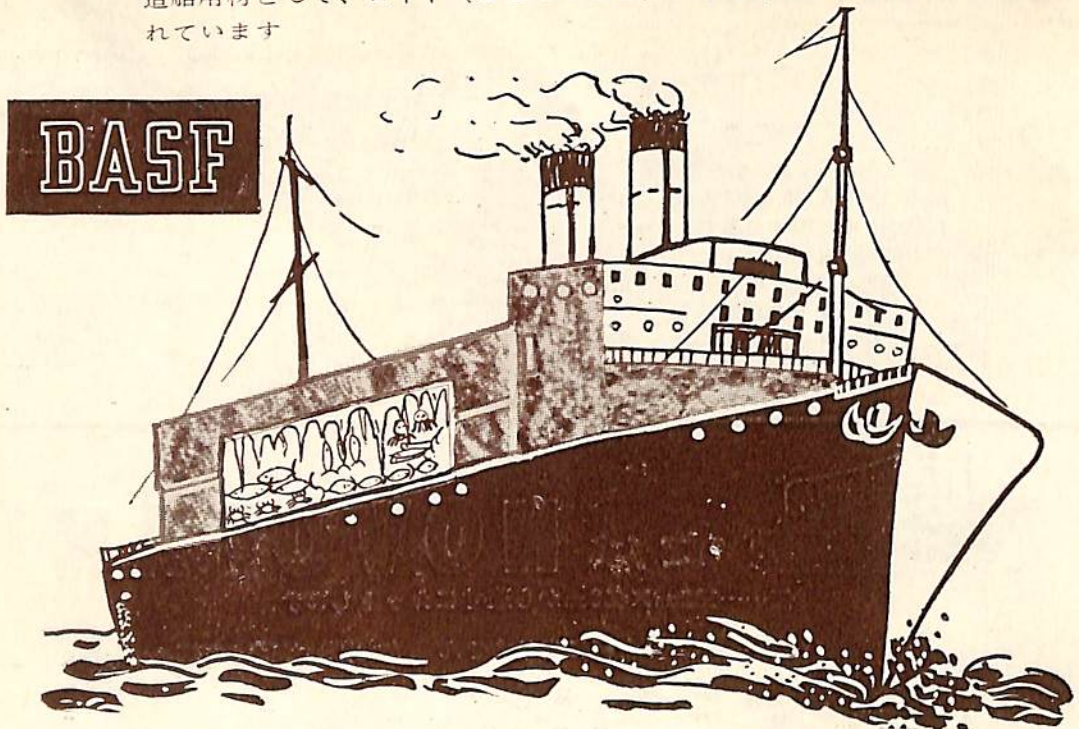
- 耐油性 (Styropor H)
- 難燃性 (Styropor FN)
- 低熱伝導率 (0.027 Kcal/mh°C)
- 軽量 (20 kg/m³) にして、老化性はなく、防腐性、耐水性 (2%vol) に富む。
- 機械的強度は、比重0.02の時に1700 kg/m²

用途

1. 冷凍、低温倉庫、冷蔵庫等の保冷
2. 船舶用具、救命帯、フロート、救命ボート

STYROPOR FN
STYROPOR H

造船用材として、ロイド (LOYDS) により、その優秀性が認められています

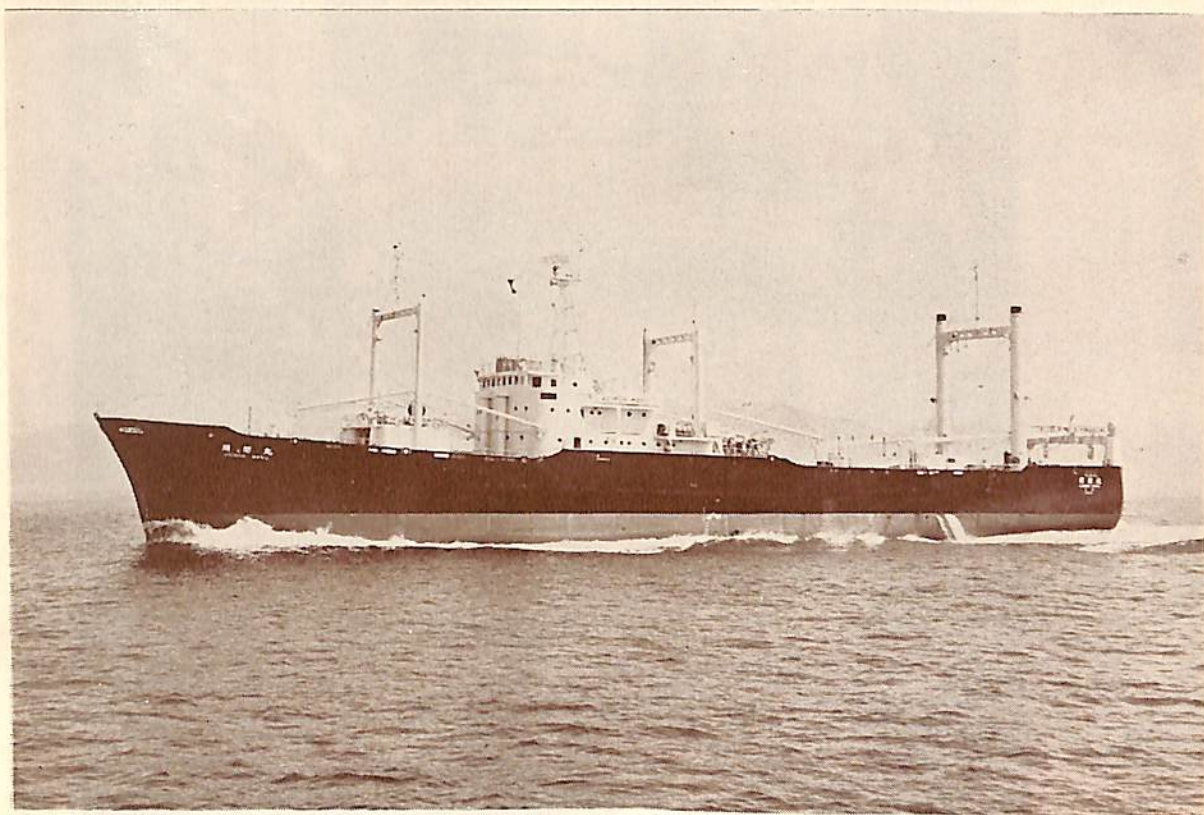


BADISCHE ANILIN- & SODA-FABRIK AG · LUDWIGSHAFEN AM RHEIN

日本総代理店

カラケミー貿易株式会社

東京：中央区日本橋本町4-9(東山ビル) 大阪：東区安土町2-10(新トヤマビル) 名古屋：東区下駄杉町1-1
電話 (270) 1461~5 電話 (261) 7891~5 電話 (97) 3829



開 聞 丸 (トロール船)

船 主 日本水産株式会社

造 船 所 三井造船・玉野造船所

長	(垂)	77.00 m
幅	(型)	13.50 m
深	(型)	9.00 m
吃	水	5.00 m
総	噸 数	約 2,530 噸
載	貨 重 量	約 2,280 噸
速	力	14.5 ノット
主	機	三井 B&W 742 VBF-75 デ ーゼル機関 1 基
出	力	27,50 PS × 240 RPM
船	級	NK
起	工	37-3-6
進	水	37-5-8
竣	工	37-7-25



海のツワモノ

強さならぜったいの
ニチボービニロンで
すびつくりするほ
ど長もちします
海水や日光はもちろ
ん薬品にも侵されず
腐ることを知りませ
ん
軽くて 水切れがよ
いので 扱いのよさ
もカクベツです

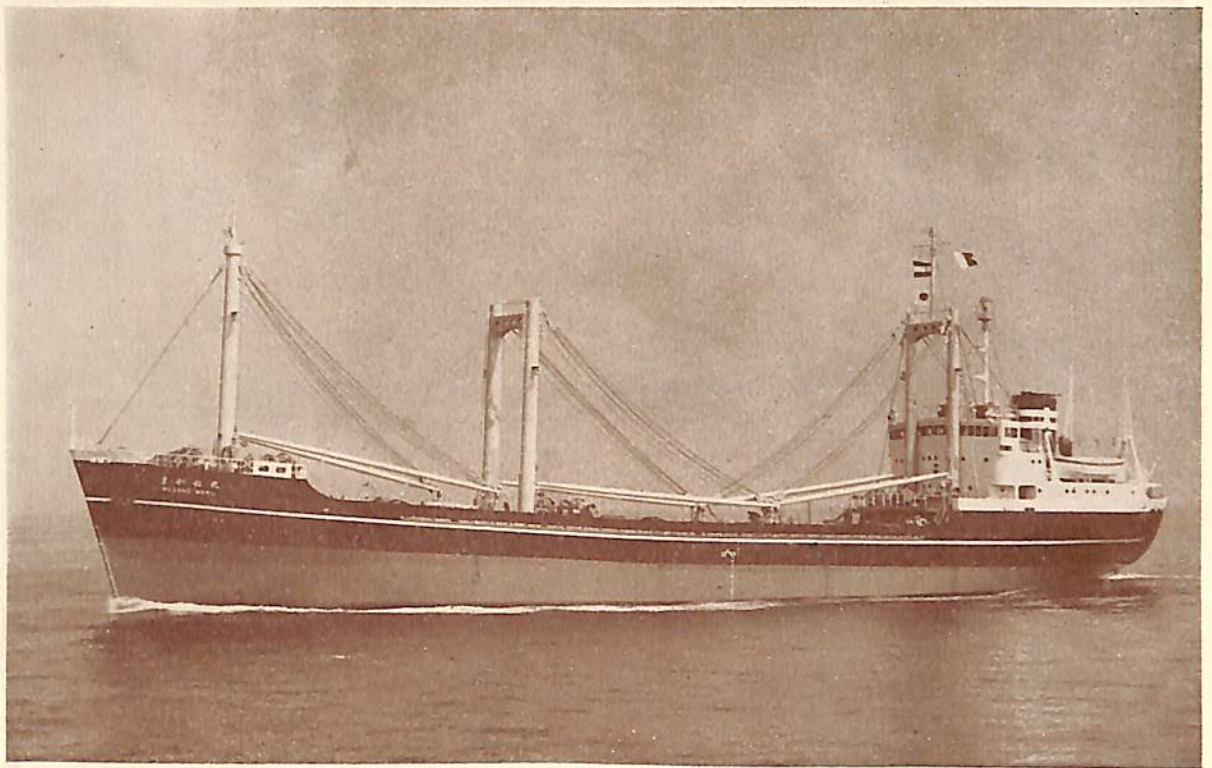
ニチボービニロン
ムーロンロープ



船舶用
運輸省/NK認定

ニチボー
ビニロン
帆布

運輸省 型式証認番号
■#201...第1079号甲種
■#202...第1089号甲種



ま が ね 丸 (鋼材運搬船)

船 主 特定船舶整備公団 池田商事株式会社 共有

造 船 所 佐野安船渠株式会社

全	長	86.24 m
長	(垂)	81.00 m
幅	(型)	12.70 m
深	(型)	6.50 m
吃	水	5.505 m
総	噸 数	1.851.26 噸
載	貨 重 量	2,955.70 噸
速	力	(試運転) 14.46 ノット
主	機	単動4サイクル無気噴油ト ンクピストン型排気ターボチ ャージャー付ディーゼル機関 (木下6 UKNHS) 1基
出	力	1,800 PS×25 RPM
船	級	NK
起	工	37-2-21
進	水	37-6-20
竣	工	37-8-13

川 野 田

PORTLAND CEMENT



ONODA

商標 登録

社 長 安 藤 豊 祿

小野田セメントK.K.

東 京 ・ 丸 の 内 ・ 鉄 鋼 ビ ル

日章丸でご利用



世界最高水準を行く！

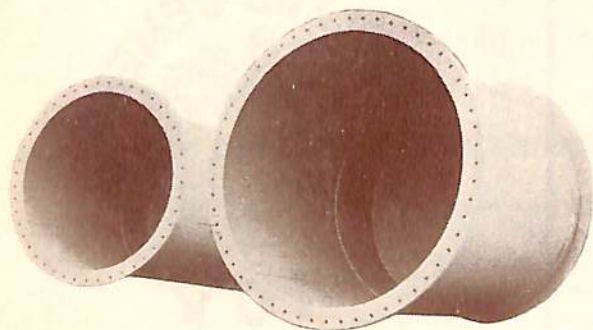
高田船底塗料・クラストン・バクロン



本社 東京丸の内(東京ビル) TEL(201)2301・2401・支社 大阪・支店 札幌・名古屋・福岡
川崎工場 川崎市堀川町5-3・三國工場 大阪市東淀川区新高北通2の105

三菱樹脂 (塩化ビニール独立気泡体)

エアレックス 万能タンク



エアレックスタンクは

エアレックス(硬質塩ビ独立気泡体)の秀れた特徴を利用し強化プラスチックの強度と従来の硬質塩ビ板の耐蝕性を併用した当社独特の設計により、経済性、耐蝕性、強度安定性に富む新形式のタンクであります。

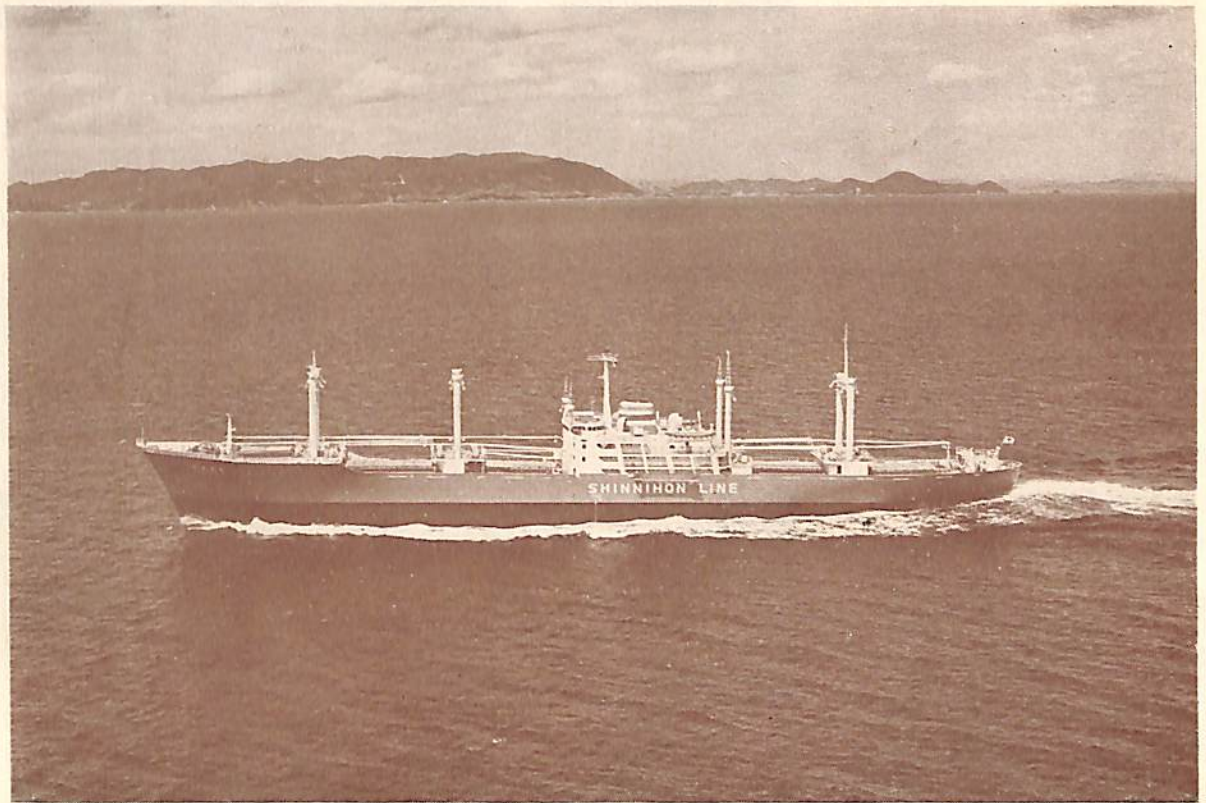
特 長

- ① 安 い (鋼製ライニングの70%)
- ② 軽 い (鋼製の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$)
- ③ くさらない (エアレックスは硬質塩ビ製です)
- ④ 熱を通さない (保温保冷工事不要)
- ⑤ 寒さに耐える (-60°Cにも安定)
- ⑥ 強 い (強さは木槽以上)

塩ビ総合加工工場

中西工業株式会社

本社工場：大阪市城東区今福南3の32 (大阪)Tel(931)9674-7
平塚工場：平塚市中原上宿字新町東881 Tel (平塚) 1 2 3 4
東京営業所：東京都中央区日本橋浜町2の84 Tel (東京) (866) 8054



佐 渡 丸 (貨物船)

船 主 新日本汽船株式会社

造 船 所 日立造船・因島工場

全	長	154.00 m
長	(垂)	142.50 m
幅	(型)	20.00 m
深	(型)	12.30 m
吃	水	9.20 m
総	噸 數	8,989.00 噸
載	貨 重 量	12,052.40 噸
速	力	20.831 ノット
主	機	日立 B&W 774 VT 2 BF-160 型ディーゼル機関 1 基
出	力	10,500 PS
船	級	NK
起	工	37-1-17
進	水	37-5-26
竣	工	37-8-16

佐渡春丸の自動化



円形船橋

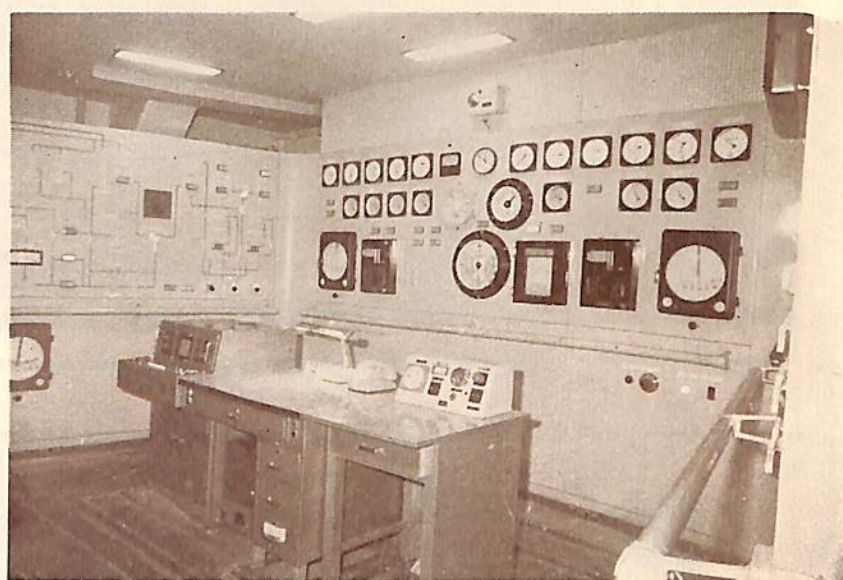
佐渡春丸の竣工写真および要目は別掲のとおりであるが、本船は高度の自動化を実現しているのでその概要をのべる。

1. ブリッジコントロール

船橋より直接操船するブリッジコントロール方式を採用している。この主機遠隔操縦を船橋操舵室と機側との2系統に単純化した。

2. 円形船橋

船橋は写真に見られるように円形にして、ブリッジコントロールを効果的にするため360°視野としている。



独立監視室

3. 独立監視室の設置

従来の船では機関室に点在していた計器類を、その作動状況や異状の場合の監視が容易にできるように約39m²の独立した監視室を設け、その中にまとめてある。(写真参照)同室内には計器以外に警報盤、主配電盤、主機運転関係信号箱を設置してある。

4. 諸系統の自動化

燃料油系統、潤滑油系統、冷却水系統、起動空気系統の自動化が計られ、従来すこぶる繁雑であつた管理がすべて自動的に制御され、正確に作動されるようになった。



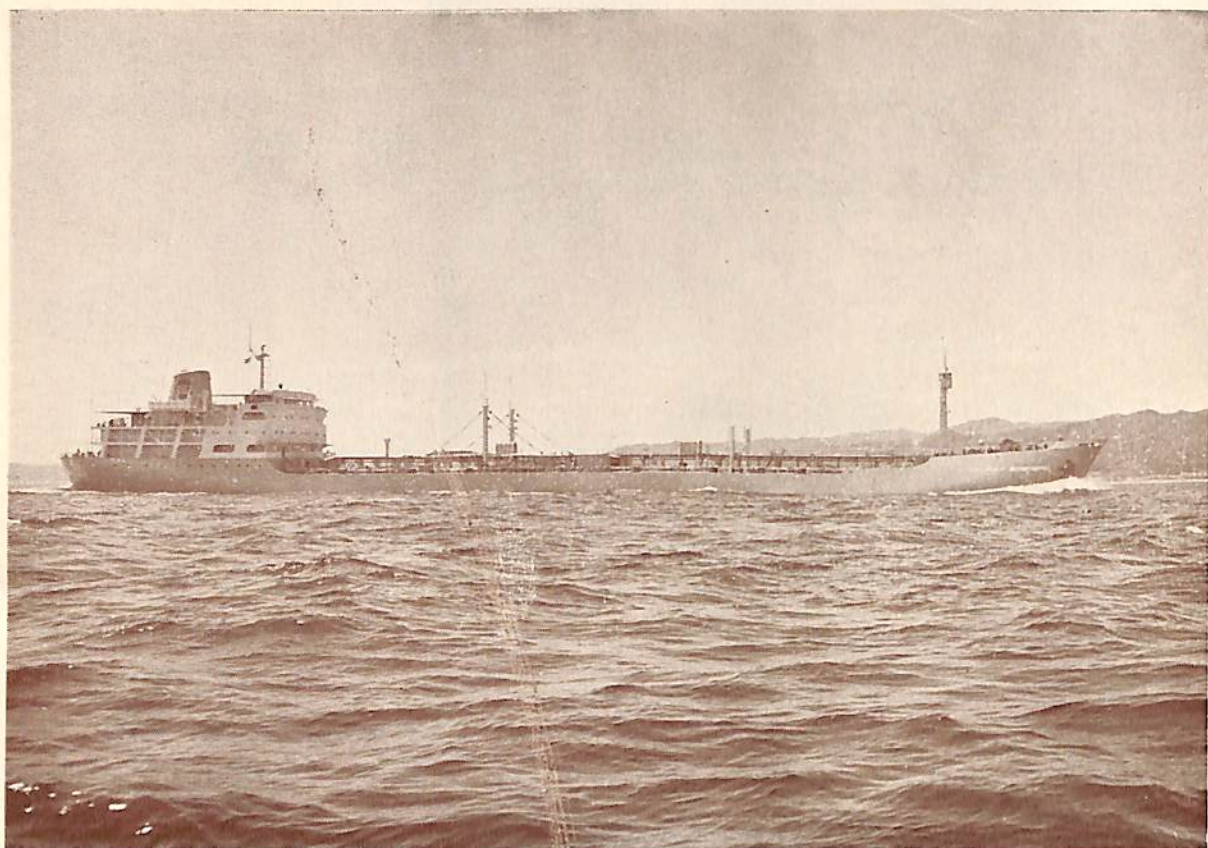
主機遠隔操縦台



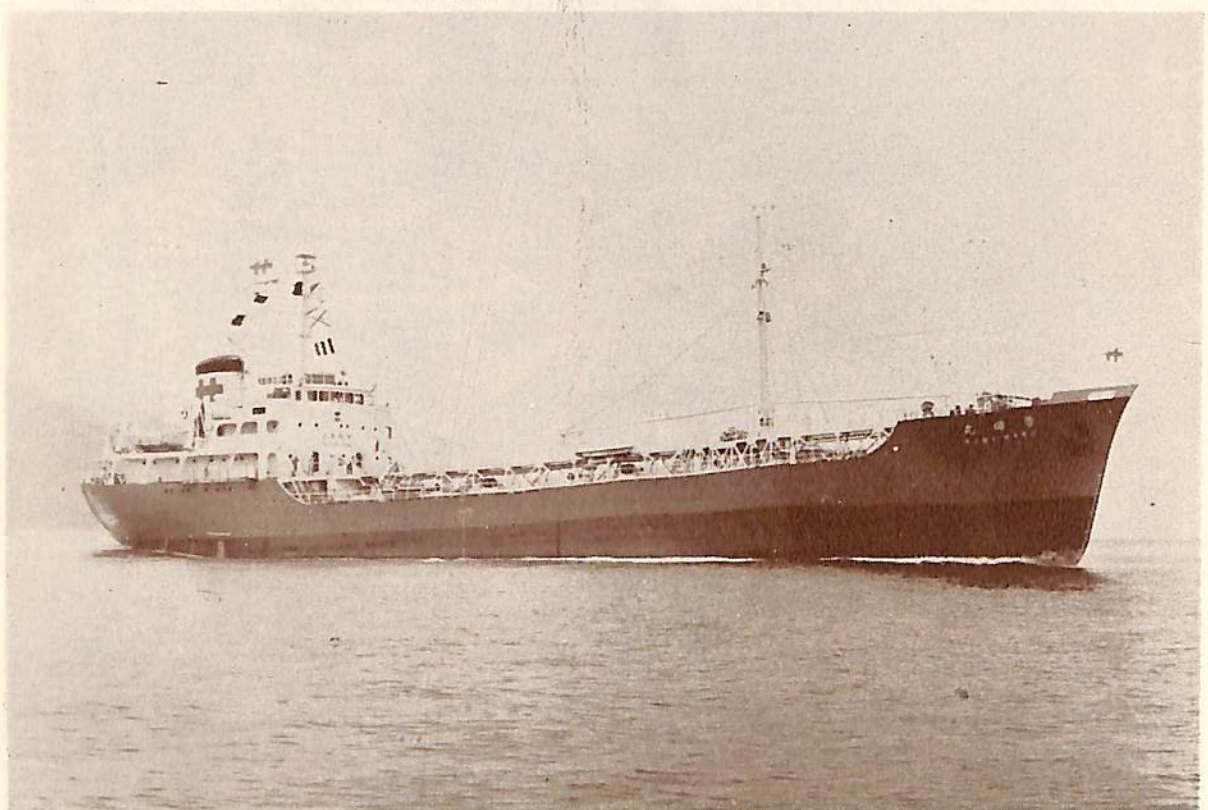
造船・製鉄

日本鋼管

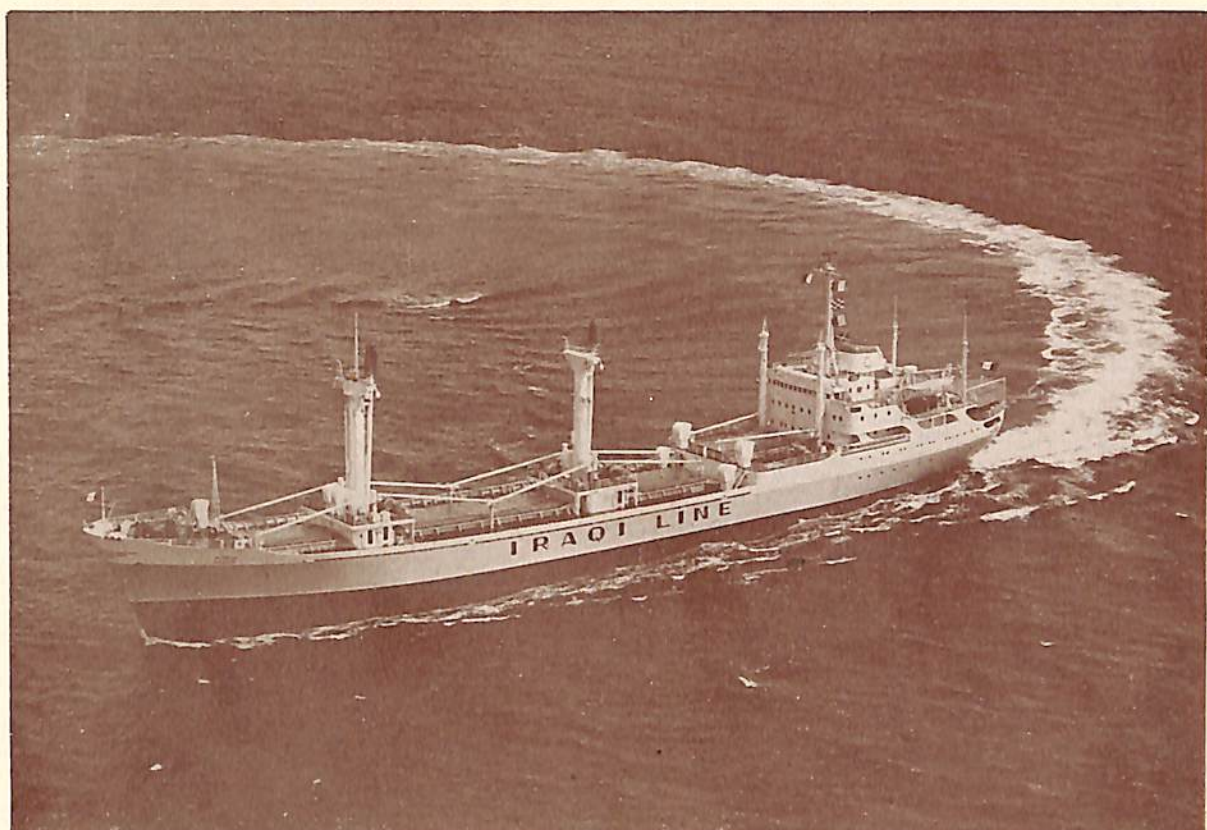
東京・千代田・大手町



BELGULF STRENGTH (油槽船)



吉 備 丸 (油槽船)

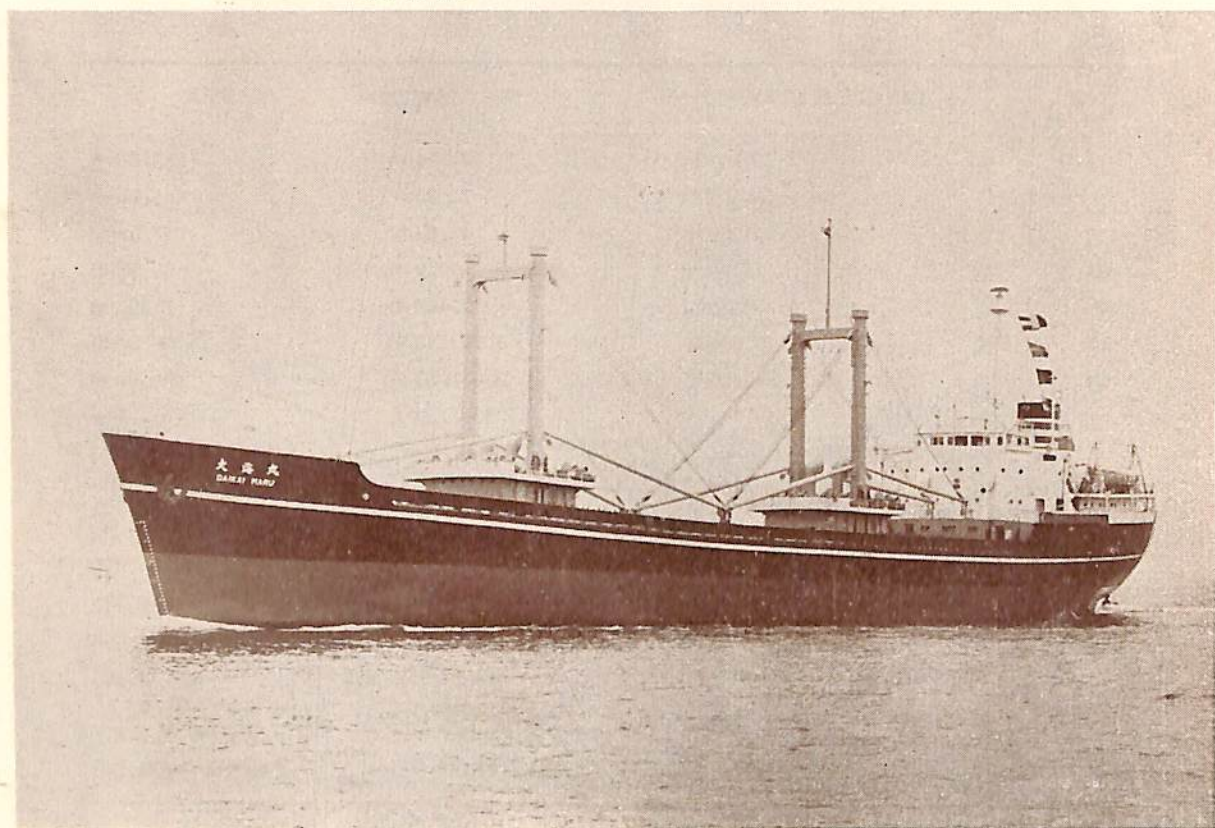


KASSIM (貨物船)

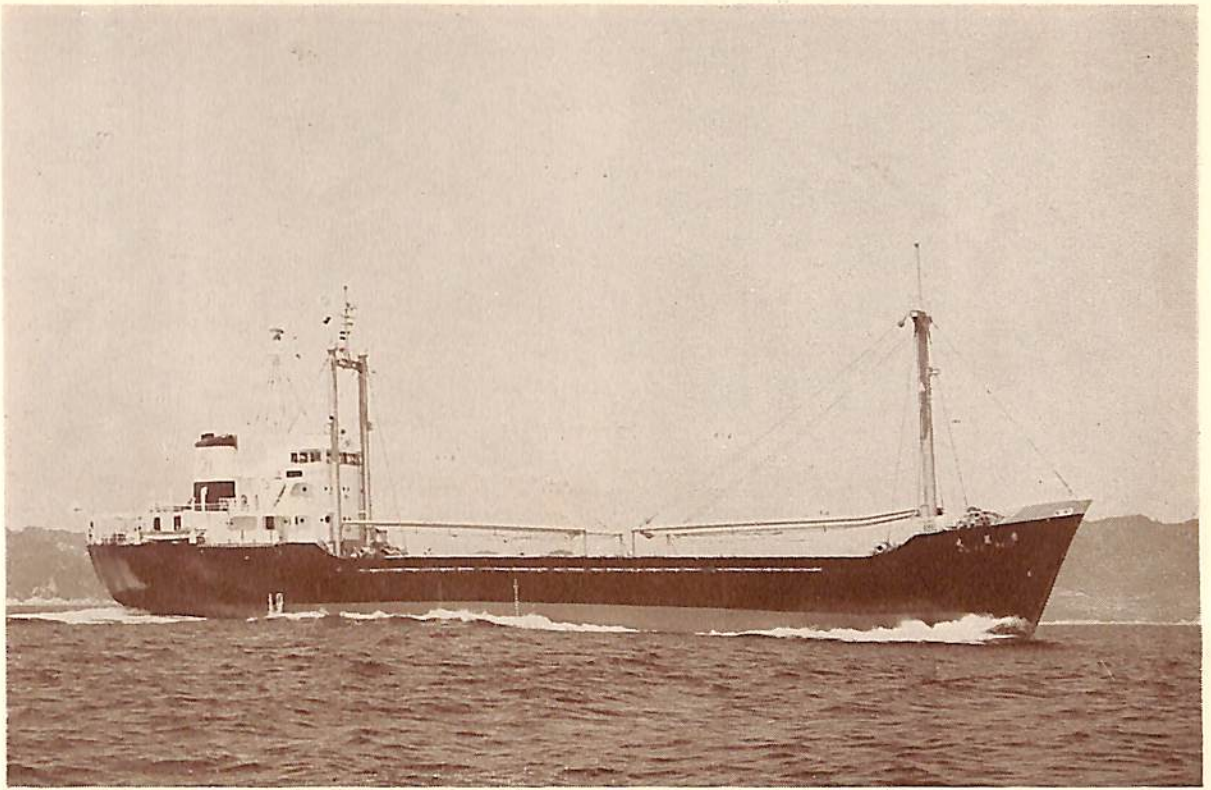
船名		BELGULF STRENGTH	吉 備 丸	KASSIM
要 目				
全	長	171.00 m	83.74 m	126.50 m
長	(垂)	160.00 m	78.00 m	115.82 m
幅	(型)	21.60 m	12.60 m	17.07 m
深	(型)	12.10 m	6.20 m	9.83 m
吃	水	約 9.18 m	5.447 m	7.851 m
総	噸 数	約 12,500 噸	1,803.56 噸	5,700.80 噸
載	貨 重 量	約 18,289 噸	2,912.60 噸	7,964.00 噸
速	力	15.3 ノット	11.883 ノット	17.48 ノット
主	機	川崎式タービンH-85型	新潟鉄工製4サイクル M8F43CS ディーゼル 機関	日立B&W 662-VTBF- 140型ディーゼル機関 1基
出	力	8,500 PS×110 RPM	1,530 PS	5,400 PS
船	級	LR	NK	LR
起	工	36-12-15	36 12-20	37-2-25
進	水	37-4-16	37-5-5	37-5-25
竣	工	37-8-28	37-6-17	37-8-21
船	主	BELGULF TANKERS. (ベルギー)	特定船舶整備公団 佐藤国汽船株式会社	IRAGI MARITIME TRANSPORT.(イラク)
造	船 所	川崎重工業株式会社	瀬戸田造船株式会社	日立造船・桜島工場



ANETTE MAERSK (貨物船)

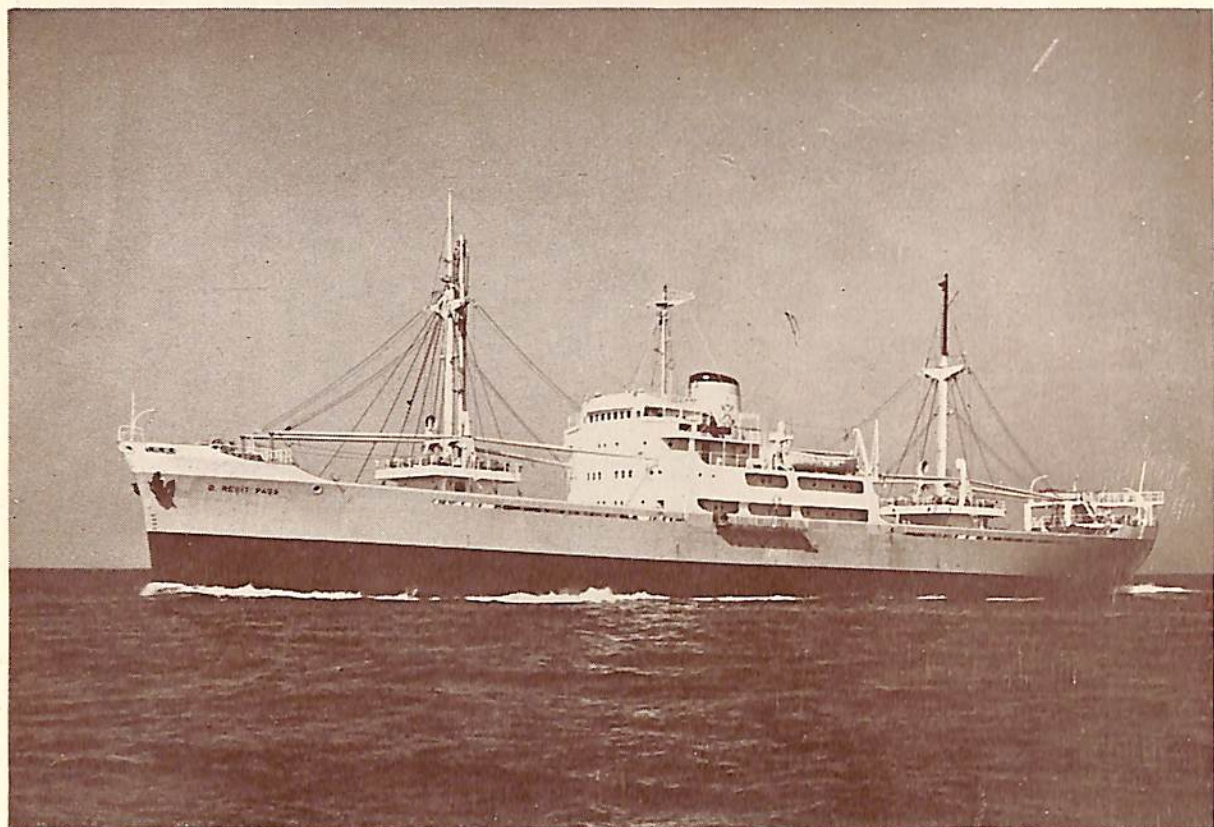


大海丸 (貨物船)

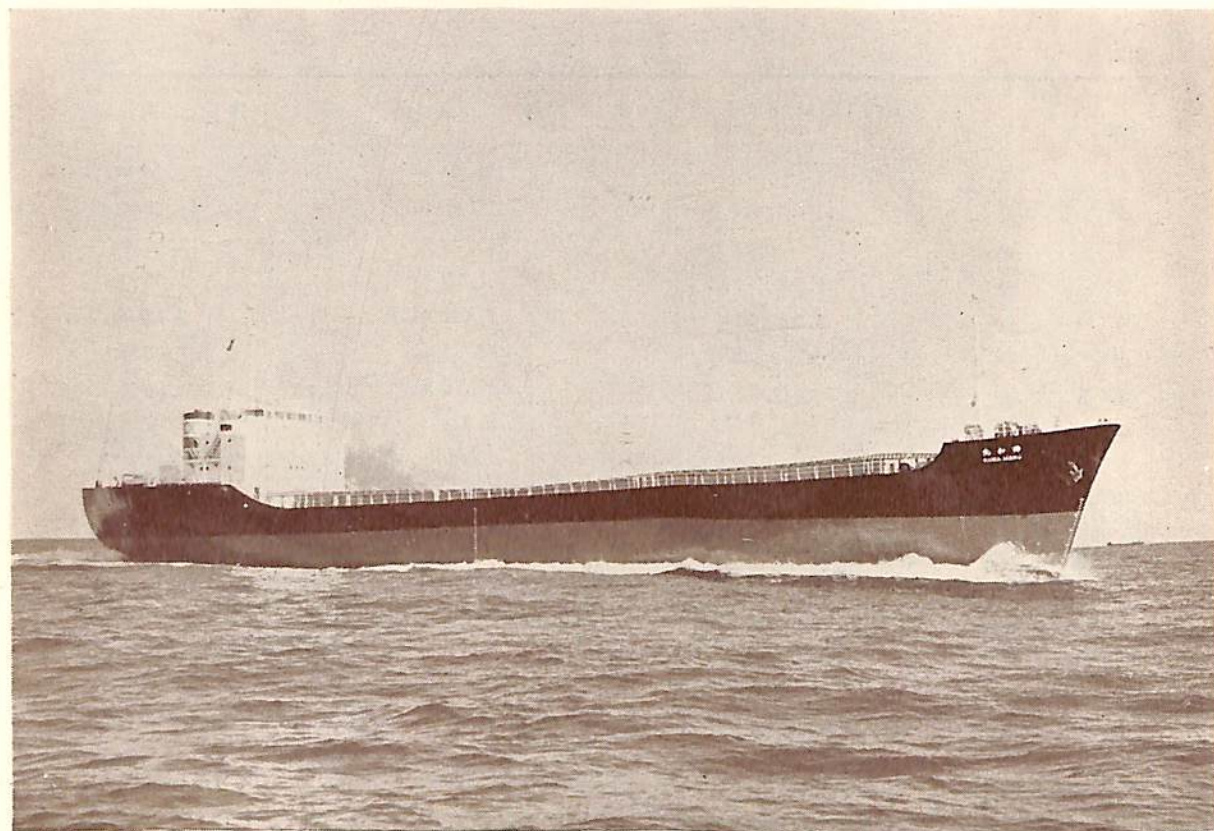


恵 見 丸 (貨物船)

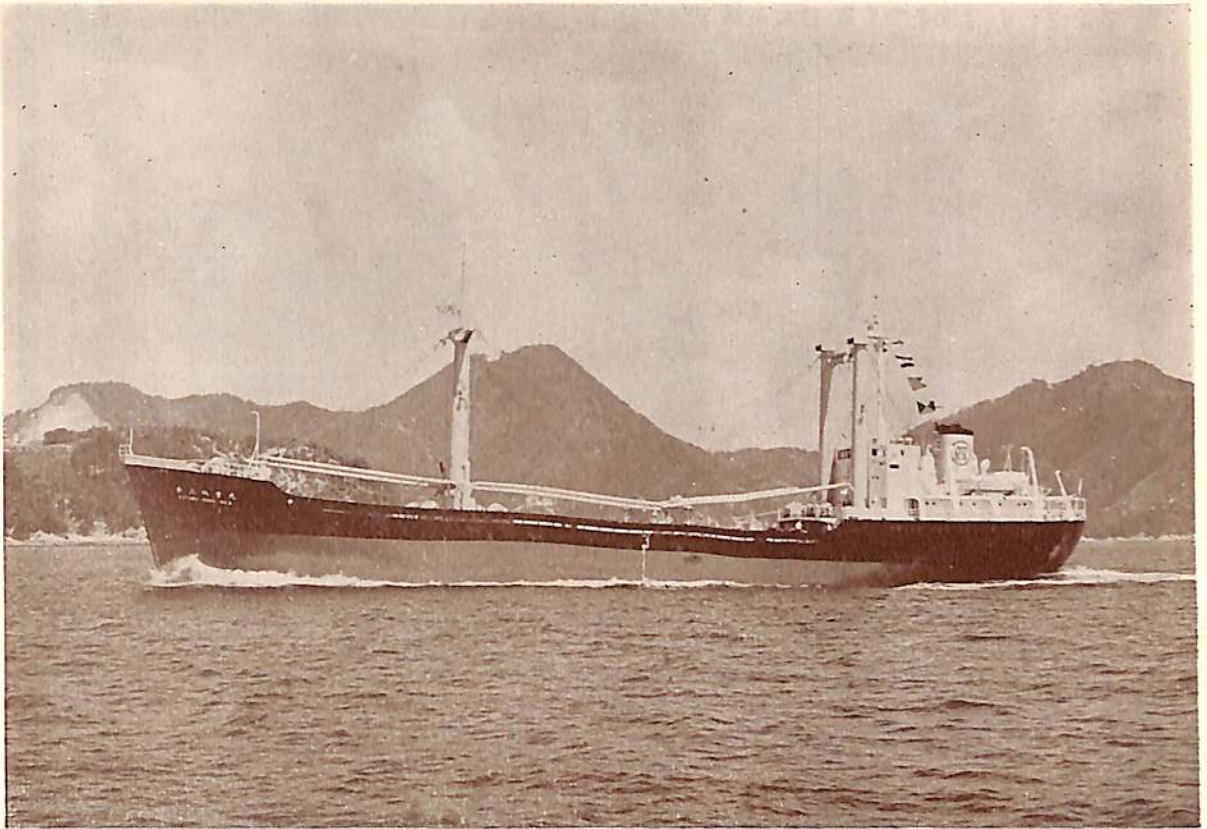
船名	ANETTE MAERSK	大 海 丸	恵 見 丸
要 目			
全 長		107.01 m	71.18 m
長 (垂)	141.7 m	100.00 m	65.00 m
幅 (型)	18.7 m	15.30 m	11.00 m
深 (型)	(オープン/ クローズド) 9.5m/12.1m	7.90 m	5.85 m
吃 水	" 7.9m/ 9.4m	6.497 m	5.15 m
総 噸 数	" 6,300/8,500噸	3,628.33 噸	1,207.80 噸
載 貨 重 量	" 9,300/12,300噸	5,620.00 噸	2,002.50 噸
速 力	(満載最大) 16.4ノット	12.25ノット	11.00ノット
主 機	三井 B&W 型ディーゼル 機関 基	神発製 2 サイクル単動ト ランクピストン過給ディ ーゼル機関	阪神内燃機製 4 サイクル 過給機付ディーゼル機関
出 力	9.450 PS	2,300 PS	1,105 PS
船 級	LR	NK	NK
起 工	36-11-16	36-12-28	37-2-16
進 水	37-3-23	37-5-7	37-6-9
竣 工	37-8-15	37-6-29	37-7-31
船 主	A. P. MOLLOR (デンマーク)	日本郵船株式会社 名村汽船株式会社	特定船舶整備公団 三見海運株式会社
造 船 所	三井造船・玉野造船所	名 村 造 船 所	尾道造船株式会社



B. RESIT PASA (貨物船) (トルコ)

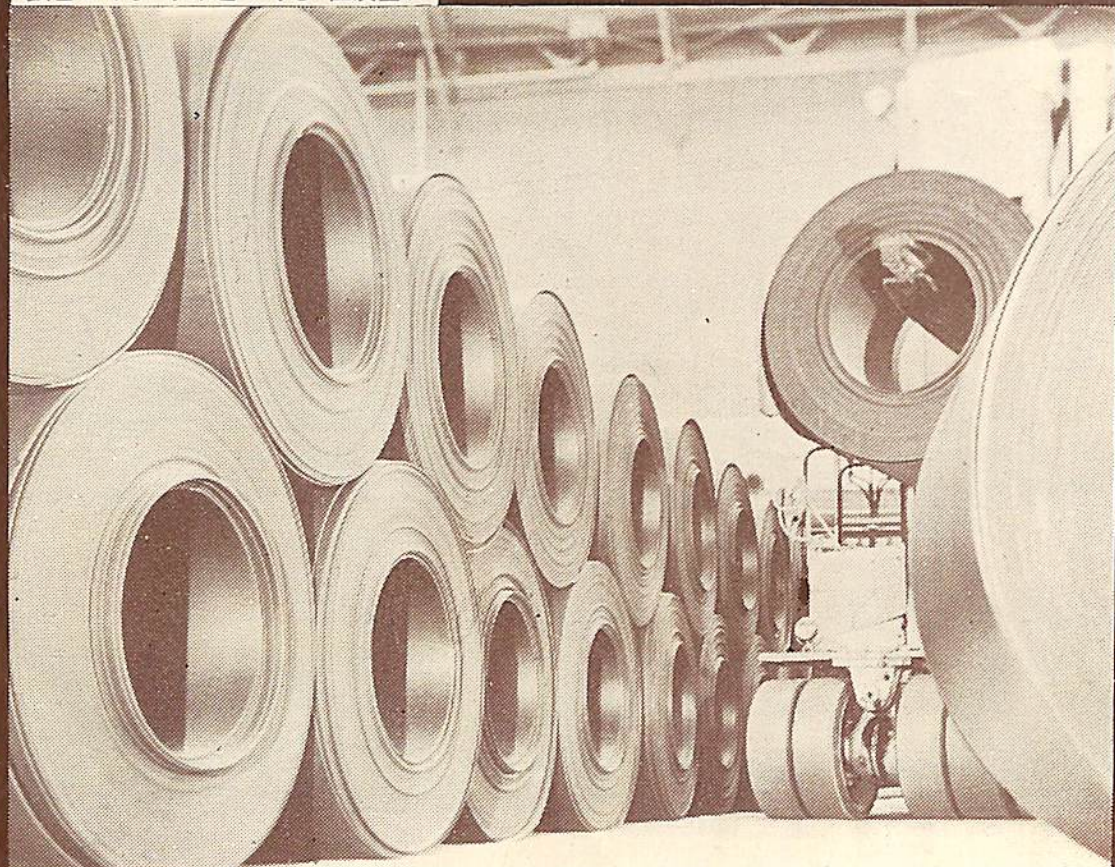


興 和 丸 (石炭運搬船)



才 3 双 葉 丸 (鋼材運搬船)

船 名	B. RESIT PASA	興 和 丸	才 3 双 葉 丸
要 目			
全 長	106.59 m	96.80 m	86.96 m
長 (垂)	100.00 m	90.00 m	80.00 m
幅 (型)	15.00 m	14.50 m	12.40 m
深 (型)	8.50 m	7.60 m	6.40 m
吃 水	6.68 m	6.25 m	5.48 m
総 噸 数	3,654.76 噸	2,812.730 噸	1,914.49 噸
載 貨 重 量	5,336.40 噸	4,595.969 噸	2,929.94 噸
速 力	13.18 ノット	(試運転) 15.769 ノット	14.112 ノット
主 機	浦賀玉島ズルザーディーゼル機関1基	伊藤鉄工製 M 478 HS ディーゼル機関1基	阪神内燃機製ディーゼル機関1基
出 力	2,720 PS	2,800 PS×250 RPM	1,500 PS
船 級	AB		NK
起 工	36-10-12	36-12-21	37-3-21
進 水	37-2-27	37-4-16	37-5-19
竣 工	37-6-5	37-8-15	37-8-16
船 主	DENIZCILIK BANKASI T. A. O. & D. B. DENIZ NAKLIYITI T. A. S	興和海運株式会社	双葉海運株式会社
造 船 所	日本海重工業株式会社	函館ドック株式会社	日立造船・向島工場



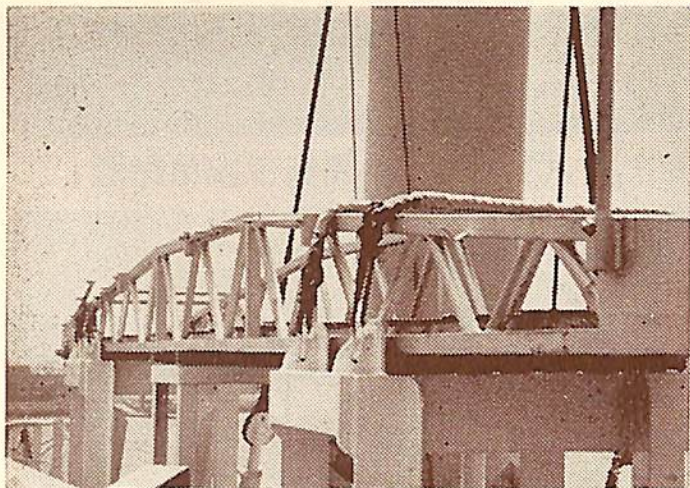
住友の鋼板 脚光をあびて登場！

技術を誇る住友が いよいよ鋼板製造にのり出しました。当社にとって新しい分野であるだけに 技術陣を結集して研究を重ね更に多数の技術者を欧米に派遣するなど準備に万全の努力を払いました。名実ともに世界に誇り得る最新鋭設備も完備！
伝統的な住友の技術をもとに きっとご期待にそい得る鋼板をおとどけできるものと確信しています。

住友の鋼板

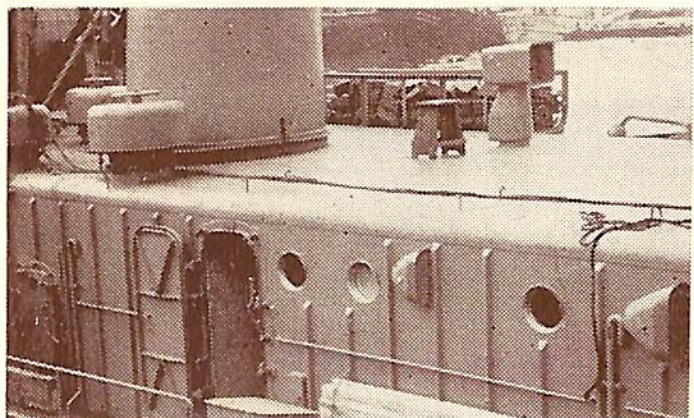
住友金属工業

本社 / 大阪市東区北浜5の15 (新住友ビル)
支社 / 東京都千代田区丸の内1の8 (新住友ビル)
営業所 / 福岡・広島・名古屋・仙台・札幌



船の
装いを
近代化する

軽量形鋼



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

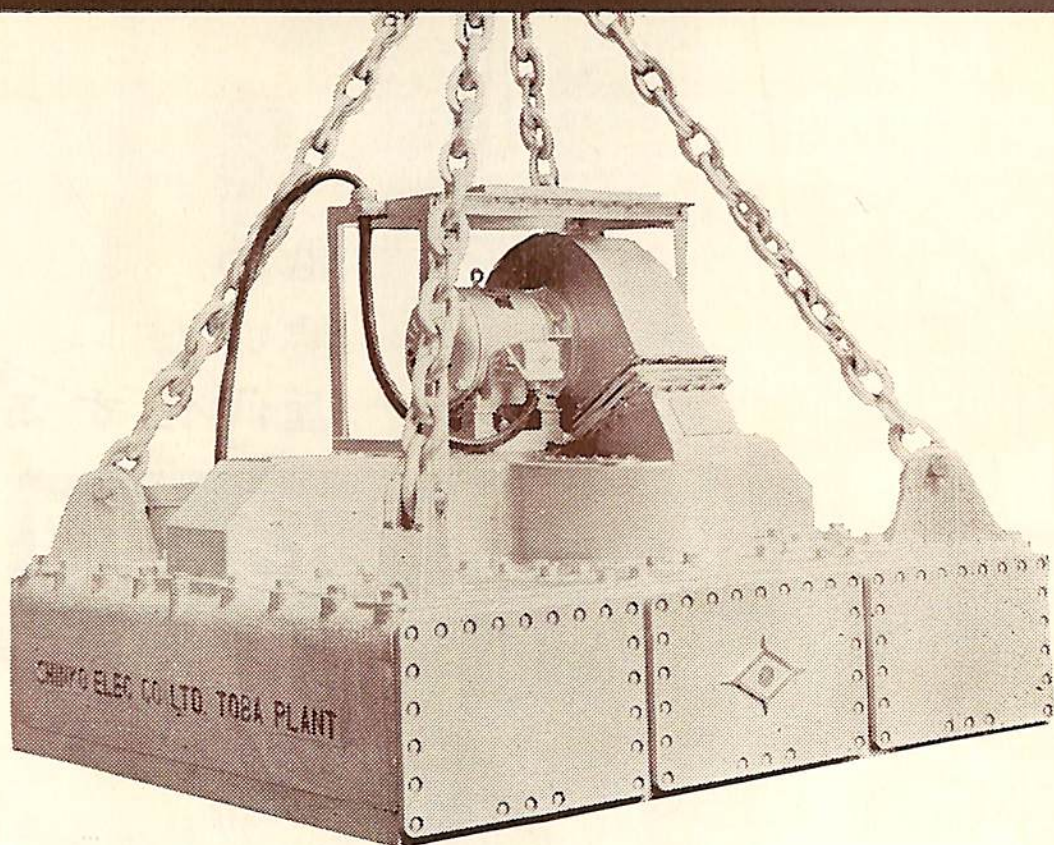


八幡エコンスチール株式会社

本社 東京都中央区日本橋江戸橋3丁目2
 (才2丸善ビル) 電話代表 (272) 3751・3761
 営業所 大阪・広島・名古屋・八幡・札幌・仙台・新潟
 工場 大阪・東京・戸畑



八幡製鐵株式會社



鋼材・鉄鋼板・スクラップの
速い運搬に—安全な運搬に—能率的な運搬に—

神鋼 リフティング マグネット

- 外国製品に負けない吊上げ能力
- 線輪焼損の恐れがない絶縁方式
- 堅牢な一体構造で耐久力は絶大
- 水中も安心して使える特殊設計
- 高温鋼材の運搬も安全・自由
- 停電時に安全な完全無停電装置



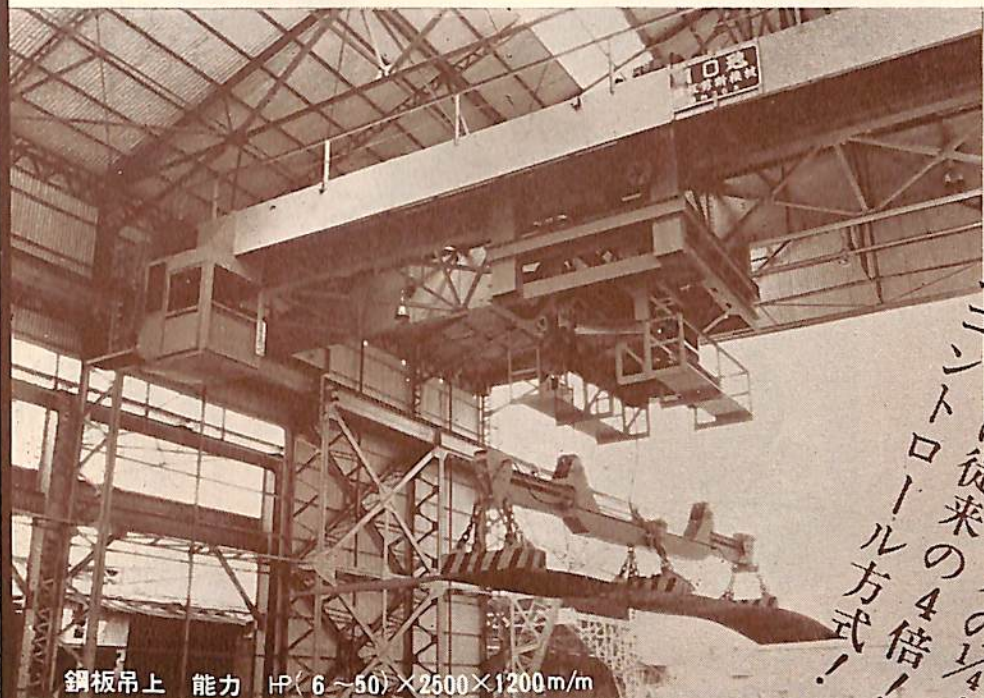
神鋼電機

SHINKO ELECTRIC CO., LTD.

運搬荷役と作業管理に絶大な偉力を発揮する

各種起重機 / 吊磁石 (特許停電時安全装置付)

鋼板吊磁石装置付 クラブ旋回方式天井走行起重機



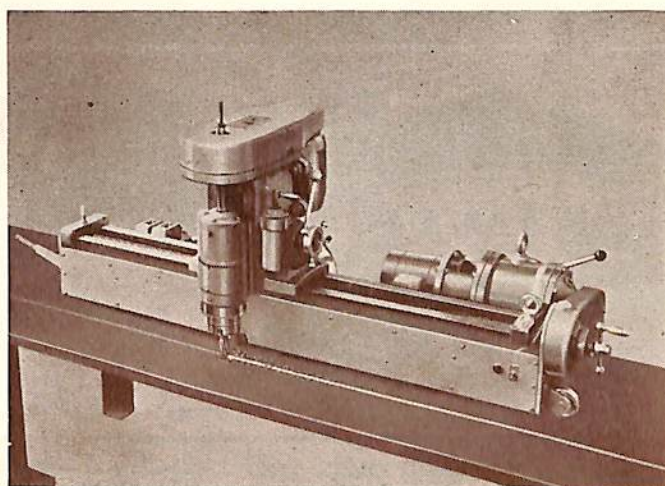
鋼板吊上 能力 HP(6~50)×2500×1200m/m

作業人員は従来の1/4
作業能率は従来の4倍!
ワンマンコントロール方式!

熔接ビート余盛面の仕上加工には

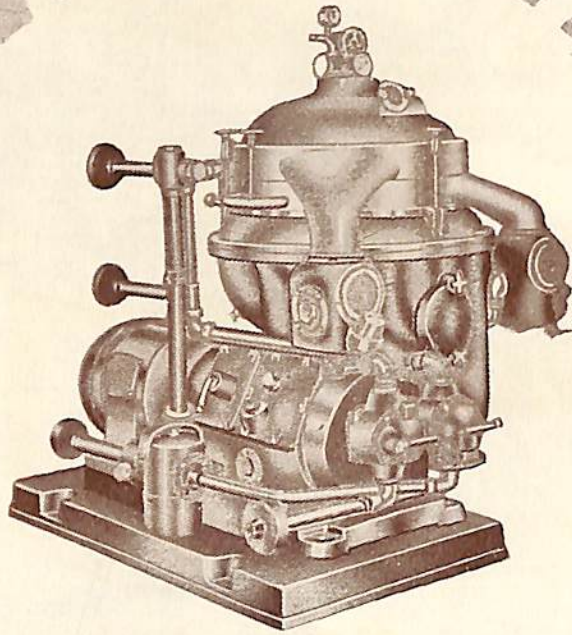
マグフライス (電磁固定式熔接面仕上機)

一工程にて仕上完成
グラインダー不用!!



鋼板剪断機械株式会社

東京都江戸川区新田1-4940 電話 (651) 8073・4018・0918



セルフ・オープニング・セパレーター
TYPE PX 309.00F

油清浄機

技術提携先

Aktiebolaget Separator
Stockholm, Sweden

燃 料 油 清 浄 機

ディーゼル油用

パンカー油用

潤 滑 油 清 浄 機

ディーゼル用

及タービン機

其他 各種遠心分離機

瑞典セパレーター会社日本総代理店

DE LAVAL

長瀬産業株式会社機械部

本 社 大阪市西区立売堀南通1-19 電話(541)大代表 1121
 東京支店 東京都中央区日本橋小舟町2-3 電話(661)0970-3083
 支 店 京 都・名 古 屋・福 山
 製作工場 京都機械株式会社分離機工場 京都市南区吉祥院船戸町50

蒸気設備の安定した運転に

ヤーウェイ
衝撃式蒸気
トラップ各種

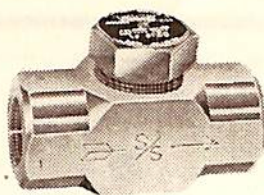
YARWAY



No. 130



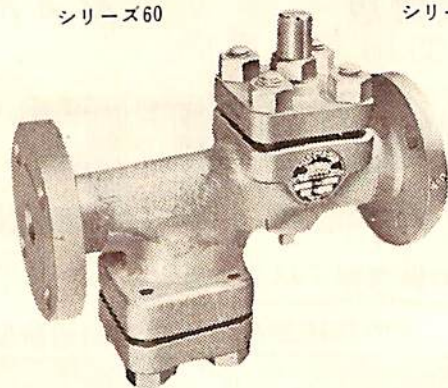
シリーズ60



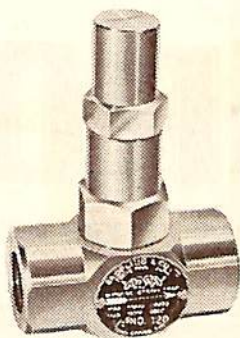
シリーズ30

- 小型軽量で取付が容易
- 単一な作動部
- 復水の早期排出
- 耐久力が大(ステンレススチール製)
- 全国統一低廉価格

詳細は弊社機械技術部に お問合せ
下さい



インテグラル型



シリーズ120



シリーズ40

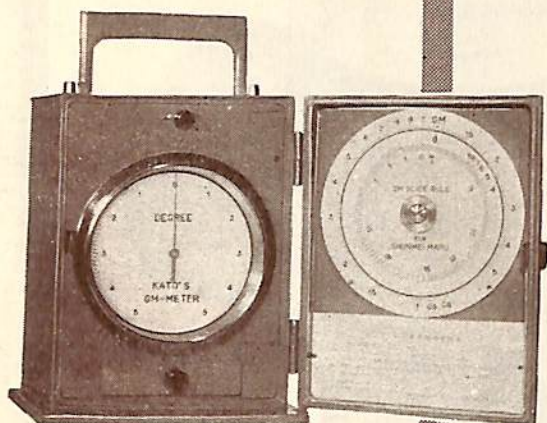


日本総代理特許分権製造社
株式会社 **ガデリウス商会**

東京都港区赤坂法馬町3-19 (408)代表2131-2141
神戸市生田区京町67モーシェビル (39)代表 0701
福岡市下西町1福岡第一ビル (2)代表 5606
札幌市北四条西4-1ニュー札幌ビル(5) 6634-3580

あなたの安全を保証する

GMメーター



- 船に積荷をするとき、常に重心の位置を測定出来るので正しい位置に積荷をする判断が出来る
- 遊覧船、小型客船に大勢の人が乗るとき、科学的に安全な配置を指示することが出来る

特許：加藤式GMメーター
東京大学 加藤弘教授御発明

株式会社 石原製作所

東京都練馬区中村3-18
電話 東京(992)代表2161-5



保温材の決定版



CAPOSITE

特殊アモサイト石綿使用の保温板・パイプカバー

英国The Cape Asbestos Co., Ltd. との技術提携による画期的新製品

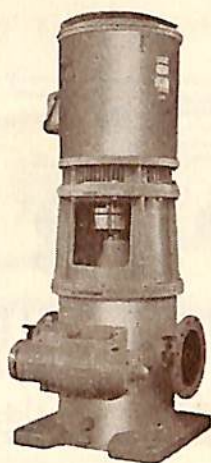
軽量・強度大・耐震動性絶大で特に船舶用に
適し、世界各国の造船に使用されています。

日本アスベスト株式会社

本社 東京都中央区銀座六丁目三番地 電話(572)代表0321番
支店 大阪・名古屋・九州(福岡)・札幌

高性能スクリウポンプ

静 粛
高性能
無脈流
高速度



潤滑油用
重油噴燃用
圧油用
移送用

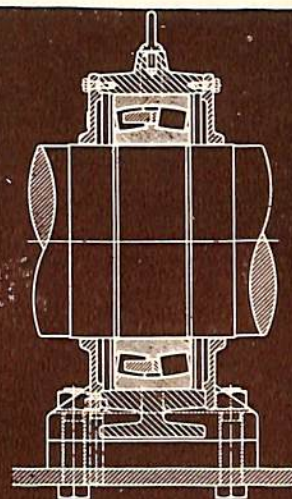


株式会社 小坂研究所

東京都葛飾区水元小合町七〇八
電話 (691) 0996~8

保守の安易
と
最高の信頼度
のために

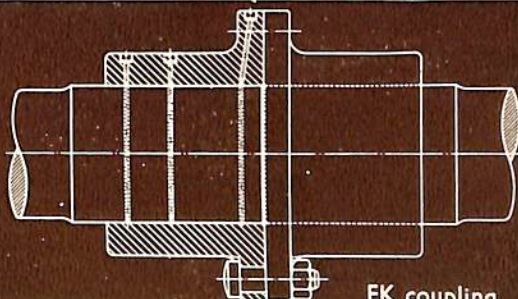
船舶用 **SKF** トンネル・シャフト・ベ
アリング及びカップリングの御使用を乞ふ



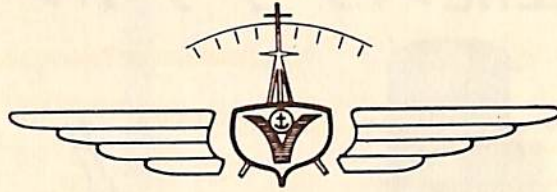
Tunnel-shaft bearing

SKF

日本エス・ケイ・エフ興業株式会社
東京都港区芝公園七丁目の一
電話 芝 (43) 9517・1593・3248



FK coupling

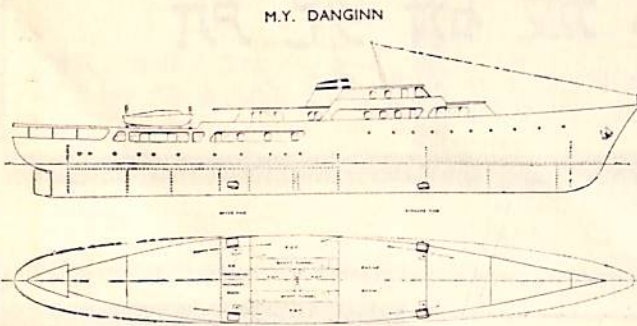


PORTSMOUTH—

VOSPER

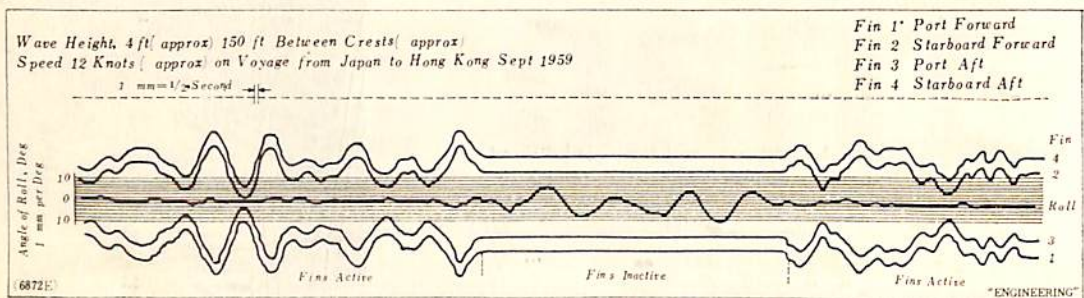
—ENGLAND

ROLL DAMPING FINNS
 (SHIP STABILISERS)
油圧式全自動船舶安定装置



1. 本装置を採用することに依り船舶の運航は一層安全快適且経済的となる。
2. GYROが揺れ($\theta \cdot \dot{\theta} \cdot \ddot{\theta}$)を感知すると同時にFINが働き船の揺れが殆んどなくなる
3. 機構は油圧全自動式で簡単・堅牢取付け場所は狭くて良い
4. 価格は低廉 且維持費は僅少で済む。
5. 世界各国大小船舶及び艦艇 200 隻以上に装備済みである。

呉にて1959年建造のM. Y. "DANGINN"号南支那海台風中のFINの効果を表わす。



極東総代理店 **マクドナルド(香港)商会**

東京都千代田区丸の内 仲12号館 TEL: 281-0035・1705・1873

東京都港区芝南佐久間町中銀虎の門ビル TEL: 501-6082 / 3

総販売元 **東京産業株式会社機械第三部輸入課**

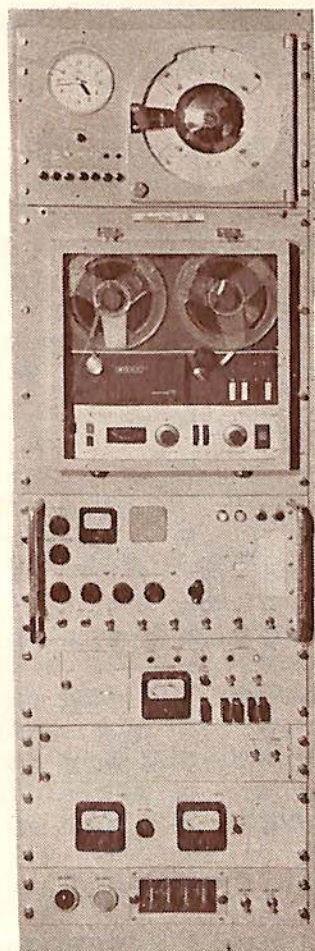
東京都千代田区丸の内 2-6 TEL: 281-6611

世界で初めて完成！

JRC 定時放送自動受信装置

実用新案出願中

JAA-239形
AUTOMATIC
RECEIVER
FOR NEWS



気象放送、新聞放送、航行警報放送、時報放送、衛生情報放送、ラジオ放送、など定時放送の受信作業は自動化することにより通信業務の能率を向上させることができます。

本装置はこのような目的のために通信業務中や就寝中でも正確なオートタイマによって自動受信機が動作して気象模写受信装置またはテープレコーダに自動受画または自動録音されます。

本装置は自立形ラック構造です。

タイムプログラミング盤	テープレコーダ
タイムプログラミング操作盤	端子盤
親時計盤	ラック
タイムプログラミング電源盤	パンチャ
自動受信機盤（電源部自動）	（各1台づつによる構成）

JRC

日本無線株式会社

本社事務所	東京都港区芝桜川町25 第5森ビル	電話 東京 (591) (大代) 3 4 6 1
大阪支社	大阪市北区堂島中1の2 3	電話 大阪 (361) 4 6 3 1 ~ 6
福岡営業所	福岡市新聞町3の5 3 立石ビル	電話 福岡 ⑥ 0 2 7 7 · 1 2 8 2
札幌出張所	札幌市北一条西4の2 札幌ビル	電話 札幌 ② 6 1 6 1 ~ 3 ④ 6 3 3 6
仙台出張所	仙台市南町通り7 山口ビル	電話 仙台 ⑤ 2 3 5 7 ③ 6 9 2 9

天然社・船舶海事工学図書

—造船—

田中兵衛著 B5 上製 200頁 500円(送100円)

原子力船

山縣昌夫著 B5 上製 350頁 850円(送100円)

船型学「推進篇」(品切)

山縣昌夫著 B5 上製 図版別冊 700円(送100円)

船型学「抵抗篇」(品切)

造船協会綱船工作研究委員会編
A5 220頁(折込11葉) 450円(送100円)

船の熔接工作法

造船協会電気熔接委員会編
A5 上製 200頁 500円(送100円)

船の熔接設計要覧

高木淳著 上製 230頁 300円(送100円)

初等船舶算法(品切)

—主機・補機—

米國造船機械学会編 米原令敏訳 各 B5 上製
船舶機関工学(第1分冊)650円(送150円)(品切)

〃 (第2分冊)520円(送150円)(品切)

〃 (第3分冊)700円(送150円)

〃 (第4分冊)800円(送150円)(品切)

〃 (第5分冊)900円(送150円)

石田千代治・真壁忠吉 A5 上製 340頁 850円(送100円)

蒸気ボイラ

中谷勝紀著 B5 上製 230頁 500円(送100円)

船用ターゼル機関の解説

中谷勝紀著 A5 上製 320頁 350円(送100円)

船用ターゼル機関(品切)

小野暢三著 A5 上製 160頁 250円(送100円)

船用聯動汽機

小谷・南・飯田著 A5 上製 320頁 450円(送100円)

機関士必携

小谷信市著 A5 上製 300頁 350円(送100円)

船用補機

—船用計器・電氣・資材・船用品—

波多野浩著 A5 上製 340頁 700円(送100円)

航海計器(オ1巻)

茂在寅男著 B6 上製 210頁 280円(送100円)

解説「レダー」

—船舶運航関係—

鈴木至著 A5 上製 320頁 650円(送100円)

航海力学

福永彦又著 A5 上製 240頁 400円(送100円)

海図の見方

浅井・豊田共著 A5 上製 260頁 450円(送100円)

天文航法

浅井・上坂共著 A5 上製 300頁 480円(送100円)

地文航法

鮫島直人著 A5 上製 260頁 550円(送100円)

船位誤差論

宇田道隆著 A5 上製 310頁 600円(送100円)

海洋気象学(増補改訂版)

依田啓二著 A5 上製 340頁 450円(送100円)

船舶運用法

渡辺加藤一著 A5 上製 200頁 280円(送100円)

荒天航泊法(品切)

小野寺道敏著 A5 上製 350頁 500円(送100円)

気象と海難(品切)

橋本・森共著 A5 上製 190頁 300円(送100円)

船舶積荷

—船舶一般—

上野喜一郎監修 A5 上製 290頁 600円(送100円)

解説安全法規総説篇

依田啓二著 A5 上製 220頁 380円(送100円)

新海上衝突予防法概要(品切)

上野喜一郎著 A5 上製 630頁 850円(送100円)

船舶安全法規

屋代勉著 A5 上製 70頁 130円(送30円)

日本船舶信号法解説

屋代勉著 A5 上製 110頁 180円(送40円)

国際信号法解説

上野喜一郎著 A5 上製 310頁 420円(送100円)

船の歴史近代篇・船体(品切)

上野喜一郎著 A5 上製 330頁 500円(送100円)

船の歴史推進篇

天然社編 B5 上製 230頁 650円(送150円)

船舶の写真と要目第三集 1955年版

天然社編 B5 上製 230頁 650円(送150円)

船舶の写真と要目オ四集 1956年版

天然社編 B5 上製 260頁 900円(送150円)

船舶の写真と要目オ五集 1957年版

天然社編 B5 上製 260頁 900円(送150円)

船舶の写真と要目オ六集 1958年版

天然社編 B5 上製 180頁 700円(送150円)

船舶の写真と要目オ七集 1959年版

天然社編 B5 上製 210頁 800円(送150円)

船舶の写真と要目オ八集 1960年版

天然社編 B5 上製 240頁 1200円(送150円)

船舶の写真と要目オ九集 1961年版

—辞典便覧—

運輸技術研究所船舶機装部監修
B5 上製 350頁 1500円(送150円)

1962年版 船用品便覧

和達・福井・畠山監修 A5 上製 430頁 1200円(送150円)

気象辞典

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	¥ 300
船舶の構造及び設備属具	東京商船大助教授	鞠谷宏士	"	160頁	¥ 390
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
海事法規	東京商船大学教授	横田利雄	"	160頁	¥ 320
海上運送と貨物の船積 (前篇)海上運送概説	東京商船大学教授	田中岩吉	"	140頁	¥ 320
海上運送と貨物の船積 (後篇)貨物の船積	東京商船大学教授	田中岩吉	"	170頁	¥ 390
船用プロペラ	東京商船大学教授	野原威男	"	101頁	¥ 230
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	¥ 380
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	¥ 460
電波航法入門	東京商船大学教授	鮫島直人	"	200頁	¥ 360
船の強度と安定性	東京商船大学教授	野原威男	A5	160頁	¥ 380

以下続刊

海洋気象	東京商船大学教授	浅井栄資	A5	未定
指圧図	運輸省海 技試験官	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	"	"

(送料各70円)

漁船のオートメ化に 新製品



エレクトロニクス
オートパイロット

電子頭脳が当て舵量を計算しますから、操舵は早く正確で、機構は極めて簡単ですから、小形・軽量です。自動直進、自動変針、手動操舵、遠隔操舵、応急操舵などのあらゆる操舵機能を有します。

小形・軽量の
ジャイロコンパス

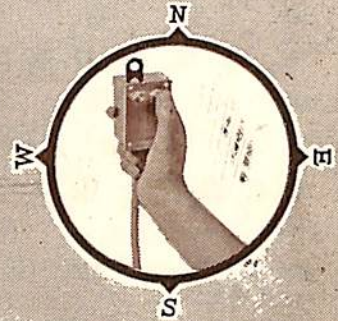
転輪球の小形化でなく、セット全体としての小形・軽量化に成功しましたから、精度・信頼性は少しも低下いたしません。



本社工場 東京都大田区下丸子町312 電話(738)2141 大代表
 神戸営業所 神戸市生田区栄町通住友ビル 電話(3)0429・7429
 小倉営業所 小倉市浅野町ステーションビル 電話(5)2964
 広島営業所 広島市基町1朝日ビル 電話(2)6141



押釦一つの航海へ！
 画期的操舵機！
 操舵室を倍の広さに



30吨～2,000吨

1. リモットコントロール採用
2. 操舵スタンド不要
3. 操船自由自在・労力不要
4. 装備簡単・堅牢
5. 廉・価

サウラ式電動油圧操舵機

株式会社 佐浦計器製作所

東京都文京区丸山町11 電話(941)2643

営業品目
 各種磁気羅針儀
 エンジンテレグラフ
 電動油圧操舵機
 施回窓・舵角指示器

概 説

構造物あるいは構造部材の設計に際しては、その構造物に働く外力を正確に知り、またその部分への使用材料の性質を十分に理解することが必要である。外力の見積りと材料の性質が明らかなら、経済的な設計が可能となる。換言すれば、その材料の性質を充分活かして使用することが出来ると同時に、使用中の破損を避けることが可能となる。船舶においては従来長い間の経験に基づいて出来た構造規程によつて設計がすすめられて来たが、これは主として船体およびその構成部材に働く外力に不明の点があつたためである。最近では船の進水時あるいは航海中の応力測定実験が多数行われるようになって、設計外力についての曖昧さが次第に除かれ、また、材料の性質についても、脆性破壊の研究をはじめとして、いろいろな角度からの研究がすすめられ、これらがより正確な計算法および工作上の進歩と相俟つて規程の改善の上に大きな貢献を果している。

しかしながら、航海中の船のように、外力が時間的に変動し、従つて船の各部に生ずる応力が変動するときには、変動する応力に対する材料の諸性質を充分に究明し、それらを設計の基準とすべきであるにもかかわらず、今まではこの点に対しては何等の考慮も払われなかつた。

これは、結果的に見れば、外力の見積りの不正確、計算法の不備等のために、部材の寸法を過大にして安全側にとり過ぎたので、繰返し変動する応力に対する強度(労疲強度)を考慮する必要がなかつたと云える。「優れた設計をする」ことを考えれば、行きつくところは疲労強度の問題となる。最近、造船界においても漸くこの方面に対して関心が持たれるようになり、各国で各種の研究がすすめられる気運になつてきた。

さらに、構造部材あるいは機械部品がその使用中に生ずる破壊は、多くの場合、疲労に起因するが、これが単なる疲労ならば、部材の作用応力を疲労限度(無限の繰返し回数作用しても破壊を起さない最大応力と定義する)以下に抑えて破壊を防ぐことが出来るが、もし腐食作用が共存すると、例え作用応力が疲労限度より遙かに低くとも充分に時間をかければ、その部材を遂には破壊させるようになる。このように、腐食と疲労の両作用が共存する現象を腐食疲労と呼び、おのおのが単独に作用する場合に比べて甚だ危険であつて、単なる疲労による

と考えられる部材の破壊も、その破壊部を仔細に検討すれば実はその始まりが腐食と疲労の共存作用によることが多いことに気付くであろう。

材料の疲労強度は熱処理および組織、表面仕上および処理、形状および寸法、加工、使用時の温度、平均応力、応力の繰返し速度等各種の条件の影響を受ける。これらの中のあるものは疲労強度に有利に働き、また、他のものは悪い影響を与える。

一方、腐食はその大部分がいわゆる湿食、すなわち、水分の存在に基くもので、外観上は均質に見える金属も、湿気あるいは溶液に触れると、金属の成分、組織、温度、残留歪分布の局部的的の差異により、または接する液の部分的の差のために、そのある部分は陽極となつて電流を液中に流出して腐食し、また他の部分は溶液からこの電流を受けて陰極として作用する。

これらの両作用が共存する腐食疲労は、はじめ、疲労と腐食の両作用が重ね合わされたものとして二つの因子の影響を別個に求め、その結果を加え合せる研究が試みられた。まず試片に腐食作用を与え、後これに疲労作用を与える実験^{1)~3)}では、前腐食により試片の表面に多くの点食を生じたが、疲労強度に与える影響は著しくなかつた。また、例え前腐食期間中静的応力を与えておいても⁴⁾、(この状態のように、静的応力と腐食の共存する場合を普通に応力腐食という)腐食期間を相当長くしても⁴⁾同じように余り大きな影響は認められなかつた。更に、与える作用の順序を逆にして先に疲労し、後で腐食する実験⁵⁾も行なわれたが、結果は同様で、両作用が共存する時のような大きな影響は見られなかつた。このように、腐食疲労は腐食または疲労が単独に与える結果の和よりも甚だしく影響が大きく、しかも見掛け上の腐食量はそれほど大きくないが深く局部的に侵入して甚だ危険なので、工業上重要視すべき現象である。

さて、金属材料の疲労を防止する方法は疲労の機構の研究に関連させていろいろ研究されているが、今の所まだ発見されていない。これに反して、腐食はそれが電気化学的である限り、ほとんど確実に防止出来るから、腐食疲労にこの防止法を適用すれば、少くとも、その強度は腐食作用の存在しない時の値にまで回復することが予想され、かつ実証されている。ただ、防止法を金属材料の使用環境においていかに有効に適用出来るかになお問題が残されており、この編に沿つての研究が多くすすめ

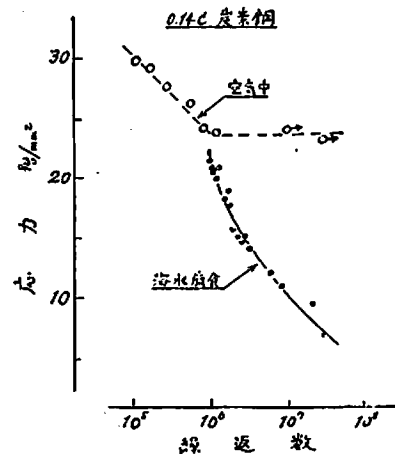
られている。

船舶においては、特殊の液体を積む場合を除いて、その接する環境の腐食作用はそう強くはないが、最近の各種の化学機械装置においては材料の接する液体の性質が強烈な場合が多く、かつ温度その他の使用条件も苛酷なので、腐食疲労についてもこの方面の研究が必要である。しかしながら疲労試験機による疲労の研究には多くの場合甚だ長時間を要し、また、腐食を伴う腐食疲労の研究には疲労試験機自体の腐食という困難な問題を伴うので、腐食液として腐食作用の強いものを用いることが出来ない。このために、現在までに行われた多くの腐食疲労の研究では、腐食剤としては水道水、塩水または海水が主で、その他の強い腐食剤が使用された^{21) 20) 21)}例は極めて少い。腐食剤は液状または噴霧状として用いられている。また、大気も湿気を含み、殊に海岸や工業地帯では塩分や硫化水素等をも含むので、これらが軽微ながら腐食剤として作用する。従つてこの影響を明らかにするために真空中の疲労強度との比較研究^{14) 15)}も行われている。今まで腐食疲労の研究に使われた材料は鋼が大部分であるから、以下においても主として鋼を対象とし、関連ある場合に他の金属についても触れることとする。

腐食疲労試験

材料の腐食疲労に対する抵抗の度合は普通は腐食疲労試験の結果によつて判定される。腐食疲労試験には、空気中で行う普通の疲労試験機に、試験中の試片に腐食液を作用させる装置を付加したものが使用されるのが普通であるが、その取付の難易の関係上、今まで回転曲げ試験がもつとも多く行われ、次いで振り試験が多く、引張圧縮試験は比較的少い。また、組合せ応力試験の例は極めて少い。

腐食液としては、前述のように水道水、海水が大部分であるが、これらを試験中の試片に供給するには、噴霧として吹きつけたり¹⁷⁾、試片の一部にテープを通して流したり¹⁸⁾滴下させたり²¹⁾、あるいは試験部を腐食液中に浸漬させる^{21) 20)}などの方法が使用される。試片はこのような方法で腐食されながら繰返し応力を受けて破壊まで試験される。応力を変えて何本かの試験を行い、その結果を、応力 S を縦軸に、繰返し数の対数 $\log N$ を横軸にとつて表わすのが普通である。海水中実験結果の一例を第1図²⁰⁾に示す。この図には同じ材料の空気中の疲労(以下、空気中の疲労を単に疲労と呼ぶ)試験結果も示してあるが、種々の金属材料の疲労および腐食疲労の $S-N$ 曲線は第1図の曲線に類似し、疲労試験の結果は多



第1図

くの金属が明らかな疲労限度を持つことを示すが、腐食疲労試験では一般にそのような限度が得られないように見える。従つて、この場合には疲労限度という言葉を使うことが不適当なので、(a)「ある応力で耐え得る繰返し数(これを寿命または耐久度という)は何回である」というように表わすか、あるいは(b)「ある繰返し数(例えば $N=2 \times 10^7$)における疲労強度はいくらである」という表現の仕方をする。

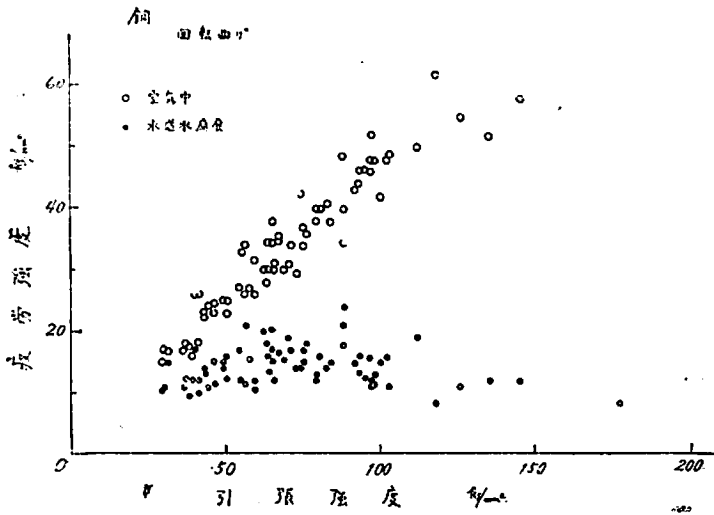
腐食疲労試片の破面は疲労試片の破面に類似し、破断の出発点とそこより拡がる輪が見られる。破断に長時間を要したものにおいては、表面に小亀裂が多数網目状に発生し、これらが入組んで、破断面では階段状を呈することがしばしばある。また、腐食疲労破断は巨視的には脆性的であり、微視的には普通は粒質的であるといわれる。

腐食疲労に影響を与える因子

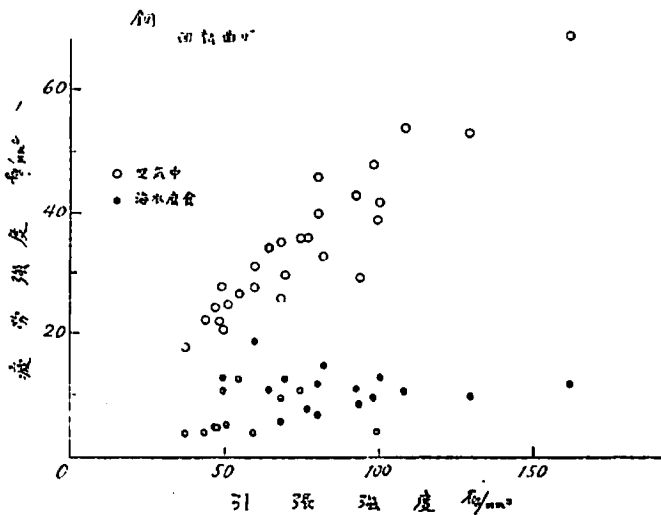
腐食または疲労に影響を及ぼす前述の各因子は腐食疲労にも同じく影響を与えると思われるし、またこれらが相互に作用してある場合には互に助け合い、他の場合には互に打ち消し合うこともあると考えられるが、これらの因子の中の主なるものが個々に与えられられる影響を述べれば次のようである。

1. 合金の成分および組織

合金の種類によつて腐食疲労に対する抵抗が変るが、その成分の一部を増減したり、他の成分と入れ換えたとしても、腐食に対して特別な抵抗力を有するものを加えなければ他の機械的性質、例えば引張強さ、疲労強度の改善から予想されるような効果は期待出来ない。組織の変化についてもほぼ同様である。例として、鋼の場合を



第2図



第3図

あげると、炭素鋼や合金鋼は腐食疲労に対して敏感で、第2図(腐食液水道水)および第3図(海水)のように、成分や組織を変えて引張強さをあげると疲労限度は上昇するが、腐食疲労強度はほとんど変わらない。これに比べると、第4図に見るように、不銹鋼はややすぐれてるように見える。

2. 温度

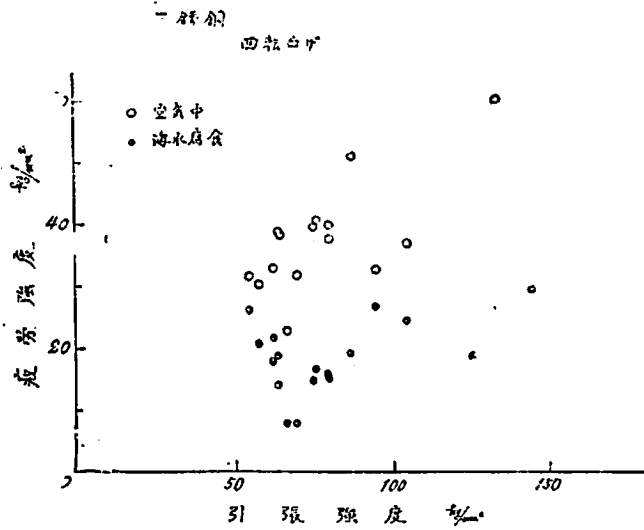
G. D. Lehmann¹⁰⁾は各種腐食液の存在下の疲労強度の研究において、0.33% C および 0.13% C 炭素鋼について蒸溜水の腐食下で温度を17°C および96°C に変えて片持梁型回転曲げ試験を行い、温度の影響を調べているが、96°C の疲労強度を17°C のそれに比べると、0.13

% C 鋼で約3.5%、0.33% C 鋼で約5.5% それぞれ減少することを見出している。A. J. Gould¹¹⁾は食塩水を用いて Haigh-Robertson 試験機により軟鋼線の回転曲げ試験を行い液温の影響を研究した。第5図はその結果を図示したもので、各温度に対してほとんど平行した結果が得られ、温度の高い程強度は低く、種々の繰返数において15°Cにおける値は45°Cにおけるそれより約20%大きい。

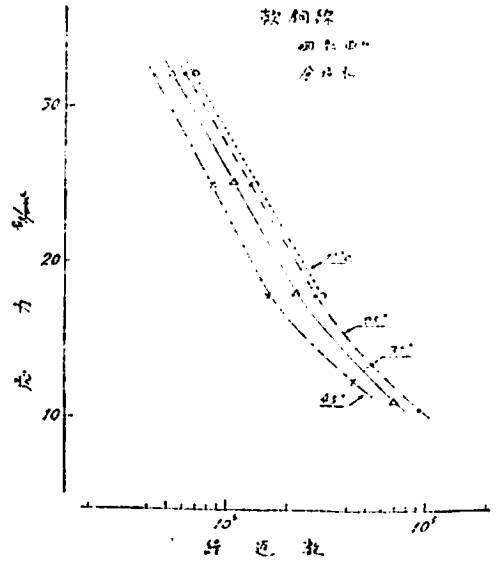
G. T. Paul¹²⁾は食塩水中の腐食疲労に対する zinc-yellow の抑制作用についての研究の一部として温度の影響について研究し、第6図のような結果を得ている。抑制剤の入らない0.1M 溶液中では応力が比較的低い(20.6 および 30.4 kg/mm²) 時には23°C の疲労強度を基準にすると、35°C では増大し50°C では減少している。しかし、応力が高い(43 kg/mm²) と、35°C では23°C と変わらないが50°C では約11%増加している。Paulはこの結果をCl⁻イオンの浸透作用の増加と溶解酸素濃度の減少の平衡作用に基いて説明している。

I. Cornet および Simcha Golan¹³⁾は、Gould および Paul の研究がほぼ同じ温度範囲で行われたにもかかわらず、その結果が一致しないのは恐らく試験条件の差異、すなわち、Gould は腐食液を鋼線の一部に注ぎ、温度は室温によつて調整したのに対し、Paul は試料を腐食液中に浸し、液温をヒーターおよびサーモスタットによつて調整していることに因るもの

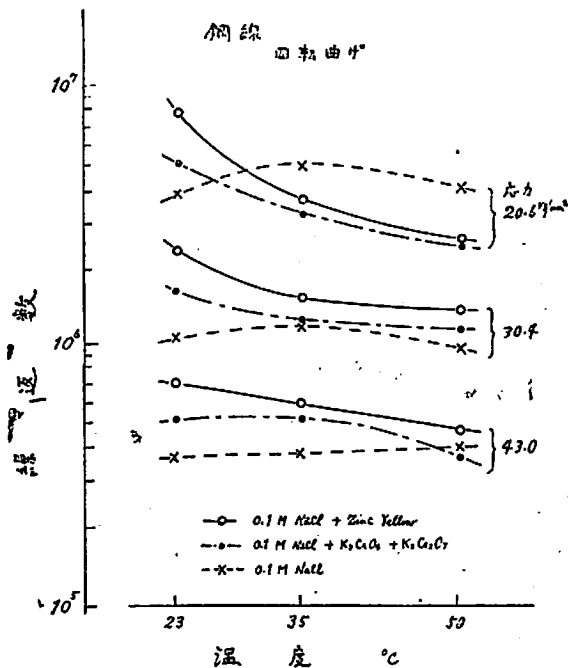
とし、この両者の実験における差を説明するために次の実験を行った。試験は毎分360回の回転曲げで、材料は径0.039"で1.2% C の鋼線2種類(Pompton 鋼および Utica 鋼)であり、また腐食液としては重量で25%の食塩を含む溶液(約0.5 M)を用いた。溶液の温度は27°C、55°C および 82°C とし、サーモスタット付ヒーターで温度を調節した。結果の一部を第7図に示すが、82°Cにおける耐腐食疲労性は室温より遙かに改善される。また、腐食疲労試験後の試片の表面を顕微鏡で観察した結果(第8図)食孔の型によつて腐食疲労機構に対する温度の影響を区別することが出来る。すなわち、



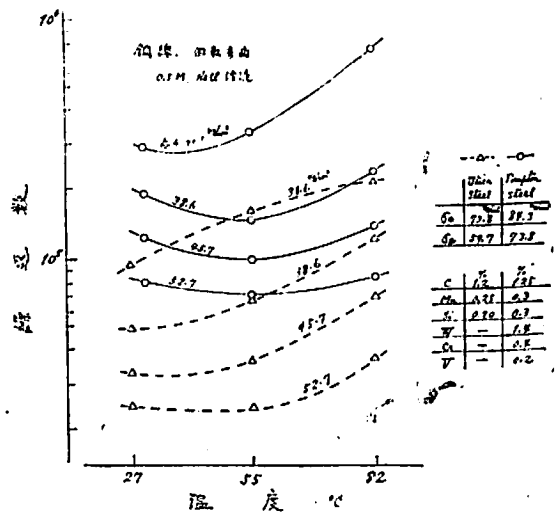
第4図



第5図 10)



第6図 12)

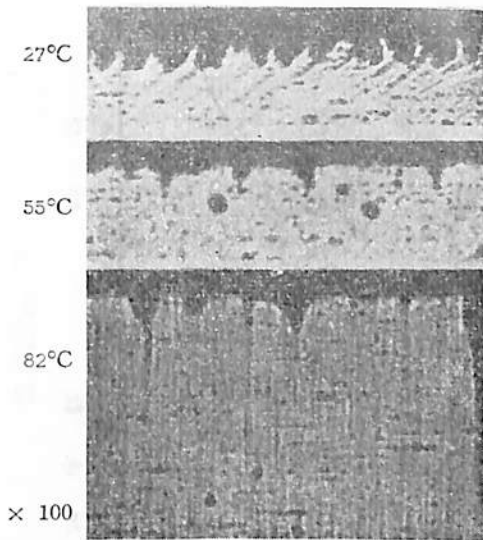


第7図 13)

27°C の時より 82°C の方が点食の深さが浅くかつ底が丸味を帯びており、分布も平均して陰極面積対陽極面積の比が大きい。更に、供給溶液中の酸素濃度を、27°C で1.0から4.8 ppm に、55°C で1.0から2.8 ppm に増加しても S-N 曲線には影響はなかつたので、温度の影響による点食を制御する機構は、酸素拡散速度に対する金属表面の被膜の抵抗であると説明している。

3. 酸 素

上の Lehman の実験は一面から見れば蒸溜水を沸騰させて酸素を逐い出して酸素の影響を除いた時の結果とも考えられるので、この見方からすれば酸素の影響は大きくはないように見える。H. J. Gough および D. G. Sopwith¹⁴⁾ は Haigh 式引張圧縮疲労試験機で空気中および真空中(水銀柱 0.5~10⁻³mm)で試験を行い、空気中の疲労限度よりも真空中のそれが0.13%C 炭素鋼で約5%、0.5%C 炭素鋼で約3%上昇することを示し、この差の生ずる原因として、水分を媒介としての酸素の影響を第一にあげている。すなわち、空気中の実験



第 8 図 13)

は、実は、その中に存在する微量の水蒸気によつて酸素が強力な酸化剤としての作用をあらわす腐食疲労試験であり、従つて真空中の試験によつて真の疲労限度が得られる。また、空気中の酸およびアルカリ不純物や金属中のガス状不純物も強度変化の原因としてあげている。その後も大気の影響を調べるために多くの実験を行つているが、銅および真鍮についての空気中、清浄な湿潤または乾燥した空気中および真空中の実験¹⁵⁾では、真空による疲労強度の上昇は銅で 11%，真鍮で 23%にも達している。一方、清浄な乾燥空気中では銅で 9%，真鍮で 5%の上昇にとどまり、もし湿潤状態では、たとえ空気に清浄処理を施しても、一般の空気中の値とほとんど差がなかつた。この結果から大気中の酸、アルカリ等の不純物は空気中の疲労強度の低下には何等の関係もないと云える。更に、酸素のない場合の水蒸気の影響を調べるために、N₂ 気中で水蒸気が存在する場合としない場合について研究¹⁶⁾した。その結果、銅に対しては酸素も水蒸気もまた窒素も単独では認められる程の影響を生じなかつたが、真鍮の場合にはそれぞれ単独でも相当に疲労強度を減少させ、銅に対して酸素と水蒸気が共存した場合に示した程度の影響を示した。多くの材料の中で、空気中でも真空中でも疲労限度が変わらないのは 17Cr および 18Cr-8Ni 等の不銹鋼、キュプロニッケル (Cu-80% Ni-20%) や Mg-合金 (Al-2.46%) であり、またもつとも影響が大きいのは鉛で、真空中の疲労強度 (3×10^7) が空気中の値の 2.24 倍に達している (第 1 表)。A. M. Binnie¹⁷⁾ は 0.33% C および 0.9% C の二鋼材について片持梁型回転曲げ試験 (2,000 r. p. m.) を

第 1 表 16)

材 料	疲 勞 限 度 kg/mm ²		比 fv/fa
	空気中 fa	真空中 fv	
0.5% C 鋼, 引抜	± 33.7	± 24.9	1.03
不銹鋼 (0.12% C, 15% Cr)	± 34.1	± 34.5	1.01
ジュラルミン	± 12.0	± 12.8	1.06
Mg 合金 (2% Al)	± 8.5	± 8.5	1.00
銅, (純度 99.96%), 焼鈍	± 6.7	± 7.6	1.14
70-30 真鍮, 焼鈍	± 11.2	± 14.1	1.26
鉛, (純度 99.99%)	± 0.3	± 0.6	2.24

H. J. Gough & D. G. Sopwith.
(Engg. 1932, Dec. 9).

第 2 表 17)

試 験 状 態	疲 勞 限 度 kg/mm ²	
	0.3% C 鋼	0.9% C 鋼
空 気 中	28.8	26.7
空気中, 塩水 滴下	14.5	11.8
水素気中, 塩水 滴下	18.6	14.3

空気中、空気中で塩水滴下および水素気中で塩水滴下の 3 条件で行い、酸素の影響を調べた。結果は第 2 表の通りである。この実験では、酸素の影響を除く目的で水素気中で行つた結果も空気中での結果も及ばず、酸素がなくても腐食液の影響があることが認められる。試験時の試片は空気中での塩水腐食疲労では表面が忽ち黒変するが、H₂ 中では光つたままである。

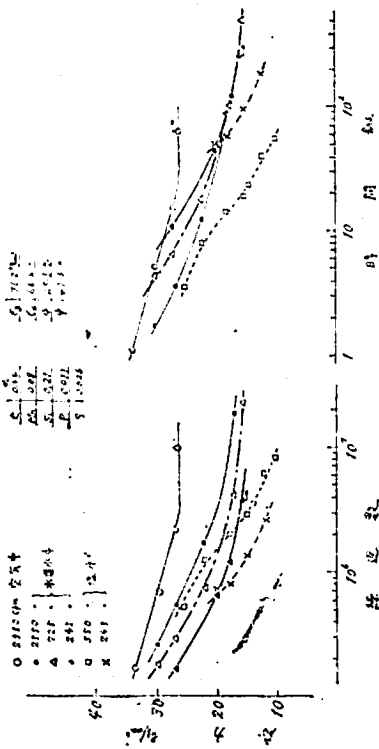
4. 応力繰返し速度

腐食疲労実験では、多くの場合、普通の疲労試験機が使用されるので、応力の繰返し速度は毎分 1,500~3,000 程度であるが、実用上では遙かに低い繰返し速度で応力 σ 作用する機会が多いのでこの点が注目され、多くの研究が行われて来た。

M. Vater および M. Henn¹⁸⁾ は Si-Ni 鋼につき淡水を用いて腐食疲労試験を行つたが、応力 ± 25 kg/mm² で繰返し速度が 1,450 および 5 r. p. m. のときの破断までの繰返し数はそれぞれ 10^6 および 1.1×10^5 で、速度がおそくなつたために約 $1/10$ に減るが、一方、破断までの時間を比較すると 11.5 および 370 時間で、その寿命は約 32 倍となる。

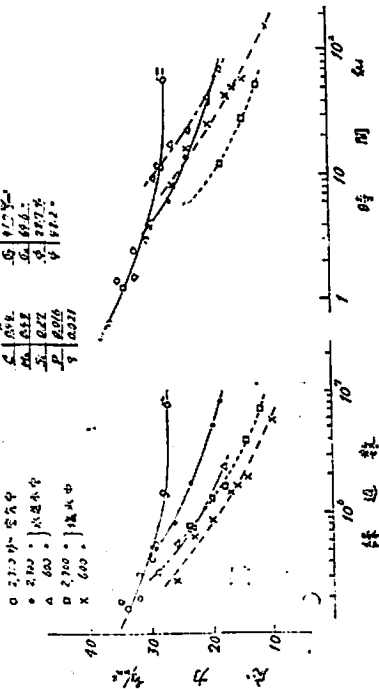
遠藤および宮尾¹⁹⁾ は、炭素鋼棒について両曲げ (第 9 図) および回転曲げ試験を、また鋼線について回転曲げ (第 10 図) 試験を繰返し速度 245~2,550 r. p. m. の範囲

鋼絲 鋼絲



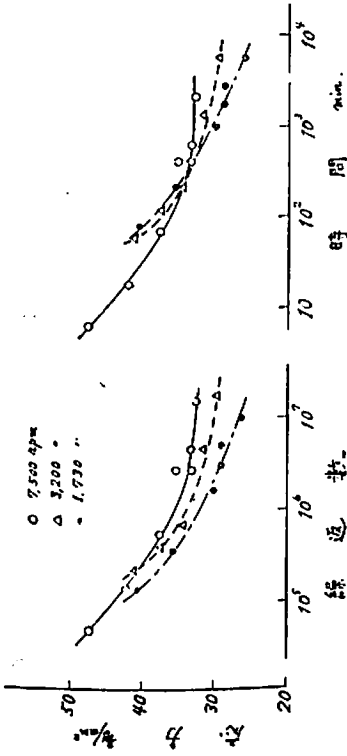
第9圖

鋼絲 鋼絲



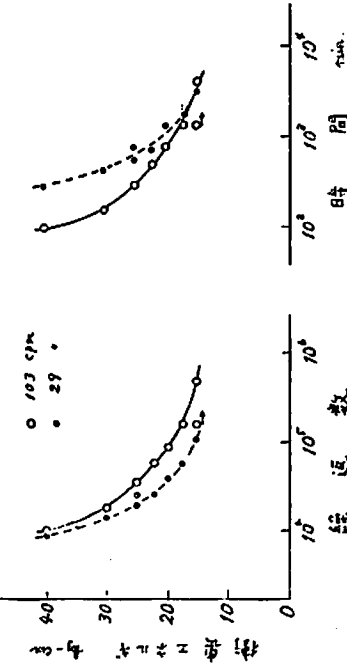
第10圖

0.7% C 硬鋼 鋼絲



第11圖

0.36% C 半硬鋼 鋼絲

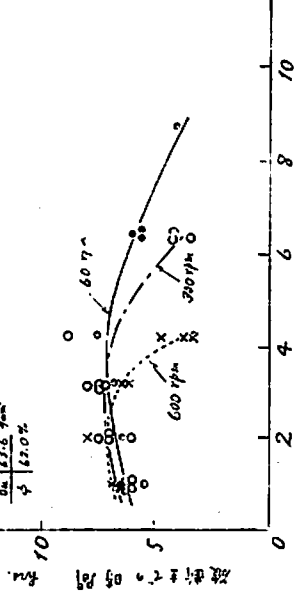


第12圖

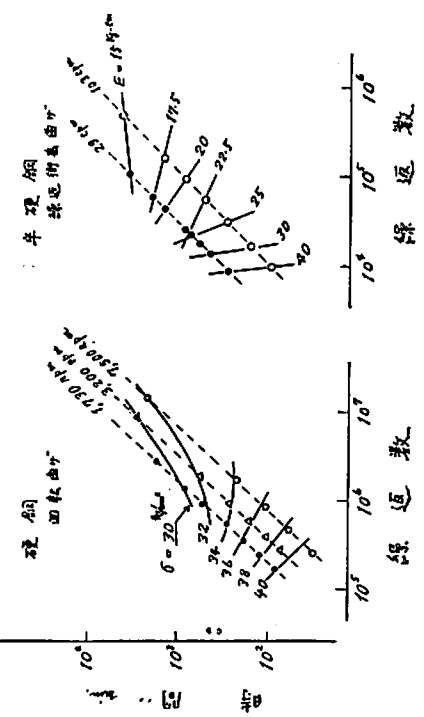
不锈钢 蠕变引原
平均应力 20 kg/mm²
蠕变时间 12.2 年
蠕变率 4.2 毫米/厘米

C	S	Mn	P	S	Cr	Ni
0.06	0.022	1.14	0.002	0.011	18.5	12.75

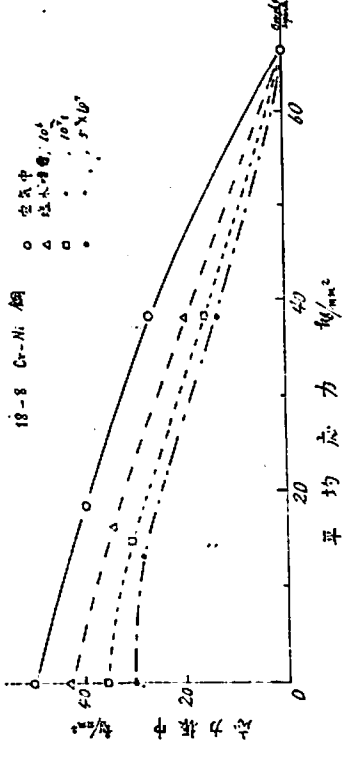
$\sigma = 23.6 \text{ kg/mm}^2$
 $\dot{\epsilon} = 4.2 \times 10^{-6}$



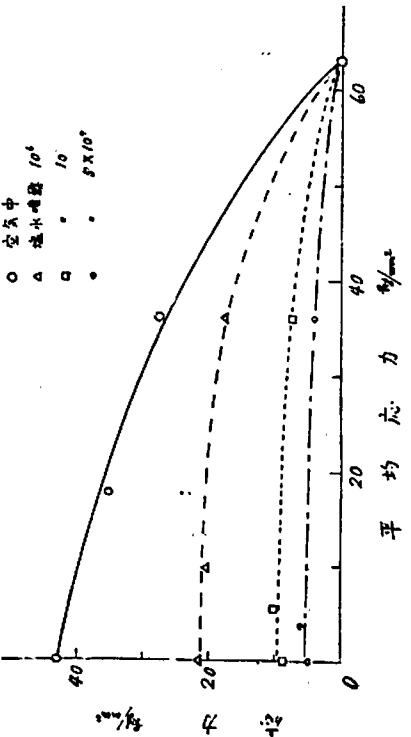
第14图 31



第13图 30



第16图 30



第15图 30

で行い、速度の影響を調べた。腐食液は水道水および1% NaCl 溶液で、これを試片中央部に滴下している。どの結果においても繰返し速度が遅い時に破断までの繰返し数が少い。しかし、破断までの時間を考えれば繰返し速度の遅い方が長い。また腐食効果係数 k を考え、腐食疲労時の応力 σ_c における破断繰返し数 N は空气中で応力 $\sigma (=k\sigma_c)$ で破断する N に等しいと考えて繰返し速度の効果を検討している。

河本および中川²⁰⁾は水道水を腐食液として、0.7% C 硬鋼の回転曲げ(第11図)および0.36% C 半硬鋼の衝撃曲げ試験(第12図)を行い、繰返し速度の影響について研究した。結果は、同一応力では繰返し速度の遅いものが破断までの繰返し数が少いという従来のものと一致しているが、これが単に繰返し速度の差による破断までの時間の差すなわち腐食にさらされる時間の差によるものか、あるいは繰返し速度が異なることにより材料の変形速度が異なるのでその影響があらわれるためのものかを知る目的で結果を検討し、繰返し速度の影響は腐食時間と変形速度の両方によつて決定されるものであり、また、破断が繰返し数または時間のどちらによつて決定されるかはこの両者の関係をあらわす第13図のような曲線の勾配から判定出来るとし、応力またはエネルギーが高ければ破断は主として繰返し数で決定され、これらが低くなれば破断は時間によつて支配されると結論している。

渡辺および国広²¹⁾は不銹鋼の引張応力腐食割れの研究に関連して、比較的平均応力の高い所($\sigma_m = 20 \text{ kg/mm}^2$)で応力振幅の狭い範囲での繰返し速度の影響を研究したが、それによると、応力振幅が小さい時には繰返し速度の影響はほとんどないが、振幅が少し大きくなると、繰返し速度が遅い程破断までの時間が短い(第14図)。この実験で使用した腐食液は42%塩化マグネシウムの沸騰水溶液である。

以上の諸研究の結果を総合すると、繰返し数が同じとすれば繰返し速度の遅い方が遅い場合よりも被害がひどいのが一般的傾向で、これは同じ繰返し数に達する時間が前者の方が長くなるので、従つて腐食作用にさらされる時間が長く、その間応力の影響が加算されて腐食疲労抵抗が減少するものと考えられる。以上の結果は試験の全期間を通じて応力と腐食が共存する場合であるが、期間を二つに分けて、前期には応力と腐食が共存し、後期には疲労だけが与えられる実験で、前期の共存期間に繰返し速度を1,450~0.5 cpm に変えた研究^{22) 23)}もある。

5. 平均応力

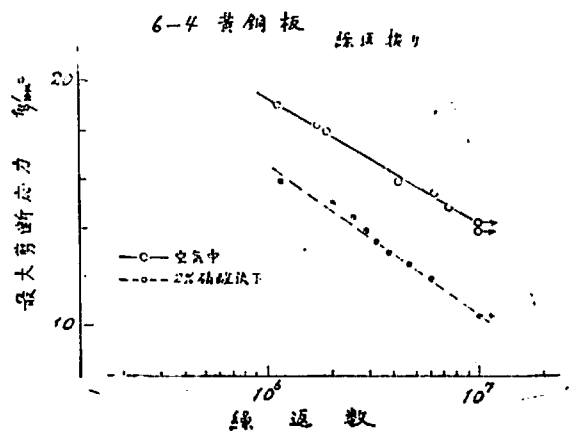
空气中の疲労限度は平均応力によつて変化し、平均応

力の増加は安全応力範囲を減らし、両者の間にはある関係が存在する。腐食疲労においては腐食方法(噴霧法、流下法、浸漬法等)や試験方法(曲げ、振り、引張圧縮等)によつてその影響に差があるように見える。Gould²⁴⁾の研究によれば、噴霧としてでなく溶液としての腐食剤に試片が接触する場合には、平均応力が余り大きくなければ耐久度はほとんどこの因子には関係せず、ただ応力範囲に関係するだけである。

南²⁵⁾の研究でもほぼ同様の結果が得られた。すなわち、厚さ32 mm の0.09% C 鋼板の圧延のままのものおよび表面にショット・ブラストを施したものについて、シエンク型疲労試験機により板曲げ疲労試験を行った。腐食液として海水を用い、平均応力を0.5 または10 kg/mm² に変えたが、 2×10^7 における腐食疲労強度にはほとんど差が認められなかった。

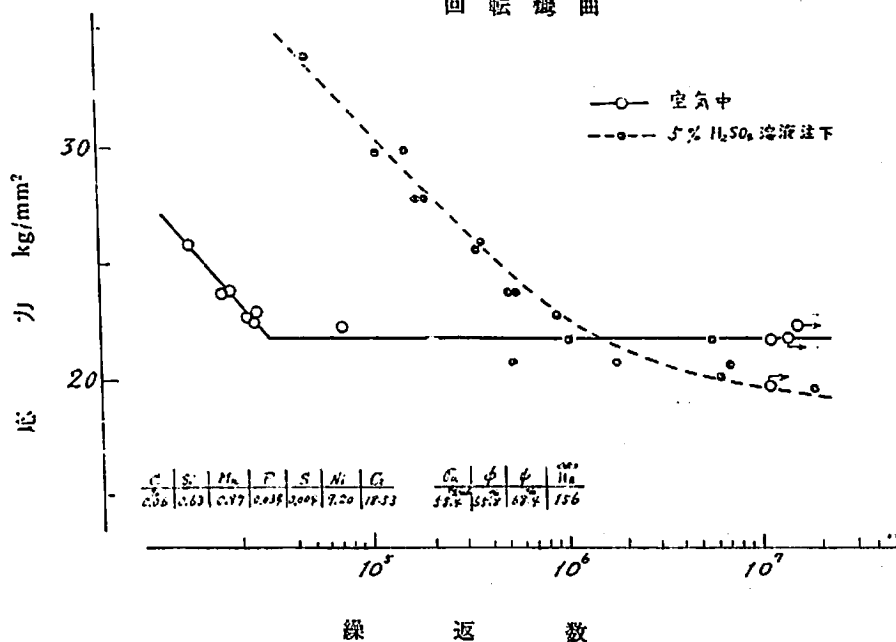
H. J. Gough および D. G. Sopwith²⁶⁾は0.5% C 炭素鋼、15% Cr 鋼、18Cr-8Ni 鋼、17Cr-1Ni 鋼、ジュラルミンおよびMg合金について、3%人工塩水の噴霧を腐食剤として引張圧縮疲労試験を行った。試験機はHaighの電磁型のもので繰返し数は毎分2,200である。その結果の一部が第15図(0.5% C 炭素鋼)および第16図(18Cr-8Ni 鋼)で、平均応力と疲労強度の関係は空气中の結果に類似するが、平均応力が小さいときにはその影響は少い。

岩元²⁷⁾は鋼の振り腐食疲労において平均応力の影響が僅かながら認められると報じている。A. J. Gouldによれば、腐食疲労作用の間に重要なのは応力が変化することであり、このために、(i)酸化膜に生じた割れの補修がすすまず、(ii)腐食過程が腐食生成物によつて抑制されず、更に(iii)発生した割れの部分に膜が生長出来ない結果となる。従つて、もし平均応力が圧縮なら



第17図²⁸⁾

不 銹 鋼
回 転 疲 曲



第 18 図 21)

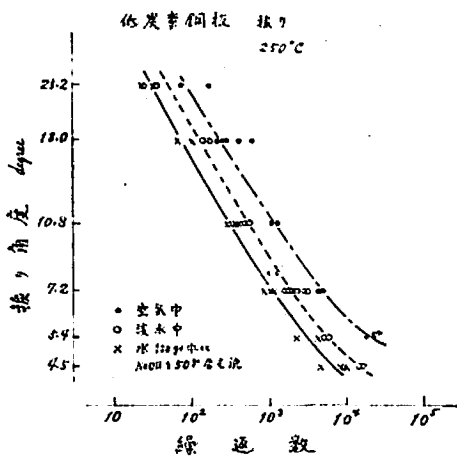
ば、酸化膜に生じた割れの補修に有効と考えられるが、これと合致した実験結果²⁰⁾も得られている。

6. 腐食液の性質および濃度

腐食疲労に対する溶液の影響の差は、この溶液が無応力状態の金属に与える腐食または腐食抑制作用に密接な関連があるように見える。腐食生成物が容易に溶解するものであれば、金属の表面は絶えず液と接触して腐食は絶えず進行する。応力が繰返して作用すれば腐食生成物の脱落は一層容易となる。この意味から、酸、アルカリ等の腐食疲労に対する効果は重要であるが、そのデータは少ない。その例を第 17 図および第 18 図に示すが、これらの材料は腐食に対する抵抗が大きいので、腐食疲労においても影響は余り大きくないように見える。第 17 図²⁰⁾の結果は、厚さ 5 mm の黄銅板に繰返し速度 2,000 r. p. m. で振りを与え、主として割れの発生状況を調べた特殊な疲労試験の結果である。硝酸の 2% 溶液を腐食液として用い、試片の上部からガーゼを通して 1,000 cc/hr の速さで注いでいる。第 18 図²¹⁾は 5% 硫酸溶液による不銹鋼の小野式回転曲げ試験機による試験結果である。腐食液の注下速度は毎分 5~10 l である。

W. C. Schroeder および E. P. Partridge²⁰⁾ はポイラー用鋼板を試料として繰返し振り試験を行い、振れ角一定のときの破断までの繰返し数に対して、淡水、

NaOH, Na₂CO₃, NaCl, Na₂SO₄ および Na₃PO₄ 水溶液の与える影響について研究し、併せて NaOH 溶液に Na₂CO₃, NaCl, Na₂SO₄, K₂CrO₄, Na₂CrO₄, NaNO₃ 等を加えた時の効果について調べた。それによると、淡水よりも NaOH 溶液が疲労強度を低下させ、(第 19 図) かつ、NaOH の濃度の大きい程破断までの繰返し数は少い。Na₂CO₃ と Na₃PO₄ は NaOH と同程度の影響を示し、NaCl と Na₂SO₄ は淡水と同程度の効果を与えた。NaOH 溶液に Na₂CO₃ を加えあるい



第 19 図 20)

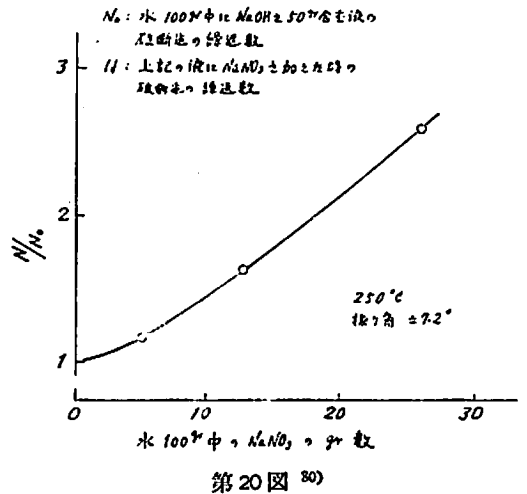
は Na_2SO_4 で試片を覆つても、腐食疲労改善上余り効果はなかつた。これに反して、 K_2CrO_4 , Na_2CrO_4 あるいは NaNO_3 を加えると、 NaOH による腐食疲労の影響は全く改善される (第20図)。ただし、溶液中の NaOH の量によつて加えるこれら抑制剤の量を適当に選ぶ必要がある。

溶液の pH の影響を調べたものに F. J. Radd³¹⁾ 等の研究がある。AISI 1036 (C 0.30~0.37%, Mn 1.20~1.50%) の焼準材に対し、2,000 r. p. m. の繰返し速度で回転曲げ試験を行い、腐食液として 3% NaCl と所要の pH を得るために加えた NaOH を含んでいる溶液を用いた。従つて pH は塩基性領域である。液の流下速度は毎分約 6 cc である。第21図はその結果であるが、この図から明らかなことは、pH が 6.6 から 11.1 にわたる疲労寿命の短い一群の曲線があり、この範囲では pH を調節してもほとんど差がなく、疲労限度が得られない。pH が更に高い所に疲労寿命の長い一群の曲線があり、ここでは pH を調節することによつて疲労寿命が改善され、かつ、疲労限度が得られる。この二群の曲線の生ずる原因を主として酸素濃淡電池の立場から論じ、酸素電池による腐食が有効に停止する pH の値、すなわち α 点は 11.1 と 12.1 の間にあるとしている。

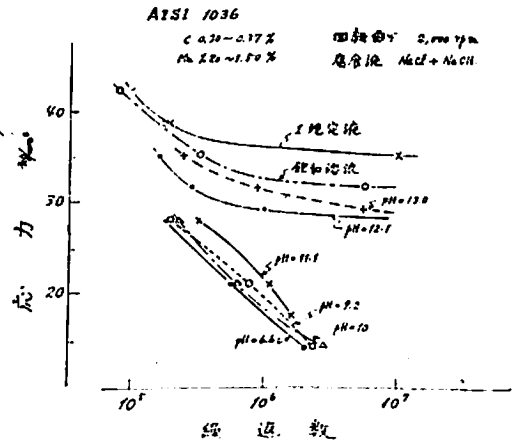
A. J. Gould は腐食と疲労が共存するとき溶液のモル濃度を変えるとどのような影響が現れるかを研究した。材料は 0.15% C 鋼で、試験方法は回転曲げ、繰返し速度は 1,700 r. p. m. である。腐食液としては蒸留水、塩化カリ (2, 1, 1/4, 1/40 および 1/100 モル) および炭酸ソーダ (1/6, 1/20 および 1/200 モル) 溶液である。結果の一部を第22図に示す。塩化カリ溶液では濃度の高い程度疲労強度の低下量が大きいが、1/40 モル程度以上になるとその影響はほぼ飽和状態に達する。これに反して、炭酸ソーダ溶液では濃度の高いほど蒸留水腐食の場合より被害が改善され、1/20 モルではほぼ空気中の強度を快復し、1/6 モルでは空気中の疲労限度よりも高い疲労限度を与える。

7. 寸法効果

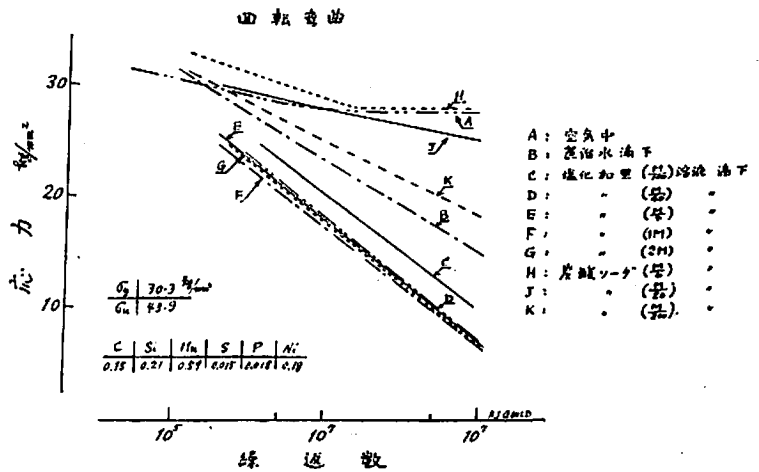
寸法効果についての研究は少く、一例を第23図³²⁾に示す。ほぼ同材質と見られる小型 (7 mmφ) および大型 (70 mmφ) 試片の空気中の疲労限度は小型の方が約 0.7 kg/mm² 高いが、腐食疲労では小型試片の S-N 曲線がほぼ直線的に下降するのに対して、大型試片のそれは N=4



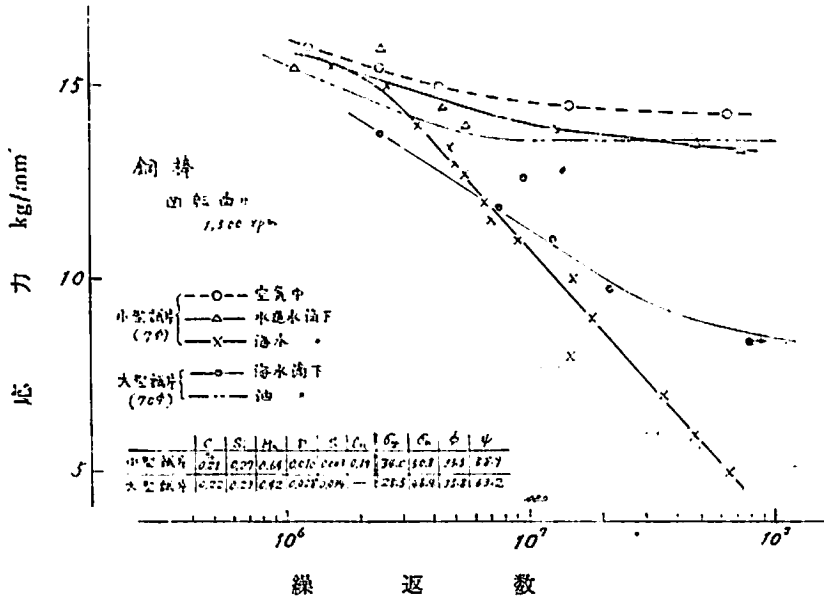
第20図 30)



第21図 31)

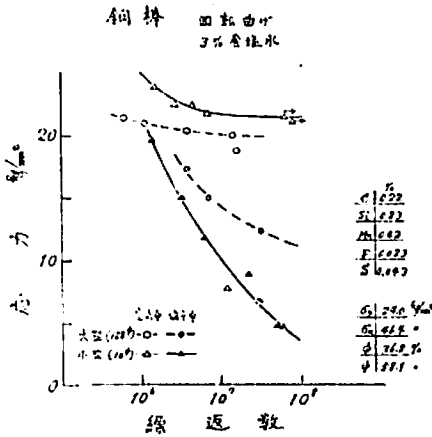


第22図 34)



第23図 33)

に対して小型試片の方が幾何学的に不利となり大型試片よりも早期に破断する。(未完)



第24図 34)

$\times 10^7$ 程度の所よりやや水平に近づく傾向を示し、 $N=8 \times 10^7$ における疲労強度は大型に対して 8.5 kg/mm^2 、小型に対しては 4.0 kg/mm^2 となっている。第24図 34) は径 10 mm および 128 mm の鍛造鋼の回転曲げの結果であつて曲線の傾向は第23図と全く同様で、空気中では小径の方が強度大であるが、塩水中では大径試片の方が高い強度を示している。このような差は、腐食疲労の亀裂進行速度に及ぼす腐食および応力の影響が異なるために生ずると考えられる³⁵⁾。すなわち、応力が低くなると亀裂進行速度が遅くなり、試験時間が長くなるので腐食作用の時間効果で亀裂が進行する。従つて一定亀裂深さ

天 然 社

上野喜一郎監修

解説 船舶安全法規 総説篇

A5 上装 290頁 卒 600 (千70)

執筆者—上野喜一郎, 鶴田瞭平, 小田切悌三郎, 林義勝, 酒井徳三郎, 工藤博正

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繋船	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 船舶安全法規の施行	第24章 雑則 附 録

防撓板における問題点と 経済設計法

長 沢 準
運輸技術研究所・船舶構造部

1 は し が き

船体構造の重要な構成部材をなしている甲板、外板、隔壁および二重底などの防撓板構造については古くから研究が行なわれ、今日までに実に数多い文献がみられる。勿論この問題の研究は各国においていろいろの立場から研究が進められたものである。

船体における板と防撓材の組合せからなる防撓板構造は必ずしも他の構造物、例えば土木、建築などの陸上の建築物あるいは航空機などに使われる構造とは同じ考えではなく、むしろ船体の場合だけに限られた特種の構造と考えることができる。

最近における防撓板構造についての解析的な進歩は、塑性解析の応用によつて塑性設計の研究を行ない、板と防撓材との相対的な関係をさらに合理的に設計するための研究が行なわれていることで、わが国においても2、3年前よりこの研究が盛んに行なわれており、その成果もすでに発表されてきている。

塑性設計法の応用によつて防撓板の最小重量設計に対する考え方が比較的容易になるとともに、今後開発されるであろうと思われる高張力鋼などの異種材料を使用した場合の経済性の比較を行なうことが容易になるであろう。

船体構造での防撓板の研究に対する国際的な研究の交換のために、昨年英国のグラスゴーで開催された第一回国際船体構造会議（略称 I. S. S. C.）において、この問題が重点議題の一つとしてとりあげられ、またわが国においても最近 I. S. S. C. の国内組織として造船協会の中に委員会が設置された。したがつて次回の I. S. S. C. の開催までには各国の成果が期待されるわけである。

ちなみに、I. S. S. C. においてとりあげられた重点議題をあげてみると次のごとくである。

1. 波浪中の船体のうける曲げモーメントの研究
2. 静水中での船体のうける曲げモーメントの研究（長期研究計画の一つの仕事として行なわれたものの）
3. 波浪荷重により生ずる船体応力に関する研究
4. 高応力疲労に関する研究
5. 肘板の強度に関する研究
6. 直交防撓板に関する研究
7. 横強度に関する研究

8. 波形隔壁の強度に関する研究
9. 貨物油船の荷油による動的荷重の研究
10. 不連続部の応力集中に関する研究
11. 船体の上部構造に関する研究
12. 船体振動に関する研究

防撓板に関して、昨年行なわれた会議においては、ノールウェー船級協会の Egil Abrahamsen が今日までに行なわれた防撓板に関する研究の全貌を Review¹⁾ として発表した。

ここでは I. S. S. C. の資料などを参考にして、現在での防撓板の問題点をのべ、さらに防撓板の経済設計について考察を行なつてみたものである。

2 横荷重に対する強度

横荷重をうける一方向あるいは直交する防撓材を有する防撓板についての研究は Abrahamsen の報告にもみられるように、非常に多数の論文が発表されているが、実験での解析あるいは理論的研究の基礎になつている考え方としては、次の3つに分類することができる。

すなわち、一つは防撓板を板を考慮せずにこれを梁または桁に含ませて考え、格子構造として考える方法、一つは異方性板としてあつかう方法、さらにもう一つは防撓板を沢山の構造要素にわけて考え、それらの要素の境界での平衡条件を与える方法である。

これらの研究における多くの実験結果はいずれも理論計算値とかなりよく一致することが求められている。なかでも1955年頃から最近に至るまで英国の海軍の構造研究所(Naval Construction Research Establishment)において、船体構造に用いられる垂直荷重をうける格子平板についての大規模な系統的実験および理論的研究を行なつたこと、および Kendrick²⁾ が複雑な計算の結果、格子平板は板の有効幅を梁に含ませて考え、梁だけの格子構造として計算して充分設計に役立つことを示したことなどが注目される。

板のない格子構造は単に梁理論の応用であり、格子の交点における反力かまたは交点の変位および傾斜についての連立方程式の形の公式で解くことができる。この連立方程式の数は格子の交点の数に等しくなり、数が多くなると数値計算はかなり面倒になるが、電子計算機を用いれば簡単にとくことができる。

異方性板としての近似法は数値計算の量を減らす一つの方法として考えられるが、この方法は梁の数が少ない場合、あるいは集中荷重の場合はあまり正確な解がえられない欠点がある。

このように多くの研究成果によつて問題は解決されてきているが、今後に残る問題としては、このような研究の成果を実際に応用する場合に、周辺の拘束条件とか防撓板の剛性の推定がどうなるか、板の有効幅をどうとるかというような問題、とくに板あるいは防撓材の初期撓みの影響とか残留応力の影響についての考慮が必要になつてくるであろう。

例えば、J. Clarkson³⁾が行なつた格子平板の試験においても、試験片の製作中の溶接に起因するかまたは過去に大きな荷重をうけたために残留変形を生じてパネルが凹んでいるような場合には、板の有効幅がかなり減少することが実験的に求められている。

Abrahamsenは理論を実際に応用するための研究が現在ではもつとも重要な問題であるとして、通常船体構造でおこりうるような構造物の剛性とか、断面の性質とか、溶接量などの誤差の量を研究し、これらの量を考慮した設計が実際に必要であることをのべている。

弾性限以上の横荷重をうける防撓板に対する研究は比較的最近になつて研究がはじめられたのであるが、考え方としては板の曲げおよび膜としての作用(形状硬化)を考慮するか、あるいは板の膜としての拮かりを考えずに曲げただけで圧壊をおこすと考えて防撓板の梁の崩壊を考えることである。

板と防撓材との剛性によつて防撓板の強度の考え方も異つてくるわけで、板が防撓材に対して比較的強い場合は板の曲げおよび形状硬化の影響が大きくなる。船のような構造ではむしろこのような構造が多いのであるが、膜としての拮かりの問題は理論的には興味ある問題であるが、むしろ弾性範囲内での問題の方が重要であると思われる。膜としての拮かりを考えずに曲げだけで圧壊をおこすと考えれば、多くの実験によつて求められているように、圧壊荷重は板を有効幅に含ませた格子構造の梁または桁として従来の理論式を用いよく実験値と一致する結果がえられる。

最近水圧あるいは一様分布荷重をうける防撓板の実験的研究が行なわれているが、この結果からも防撓板としては、板の変形の問題よりも、梁に永久変形がお

こる限度としての最大荷重の問題の方が重要であることが考えられる。

運輸技術研究所の船舶構造部で最近行なつた長さ4m、幅3m、深さ1mの実船の貨物船の約 $\frac{1}{4}$ の大きさの横隔壁間の輪切り相似模型による甲板陥没実験においても、甲板を甲板梁および倉口側桁からなる格子構造として計算して実験結果とよく一致する結果がえられた。この試験模型は FIG. 1 に示したものであるが、実験を行なつた目的の一つは塑性解析を比較的実船に近い防撓板構造に適用した場合の理論値との比較を行ない、もう一つの目的として2つの全く同形の模型を軟鋼と高張力鋼の2種の材料で製作して、両者の崩壊荷重、最高荷重などの比較を行なつたものである。この実験においては荷重は甲板水圧に相当する荷重として、倉口部の甲板上において各甲板梁の中央点に分布させて集中荷重を加え、さらに倉口側桁の中央にも集中荷重を加えた。

格子梁についての圧壊荷重の計算は塑性論あるいは Jacques Heyman⁴⁾による極限解析の方法などによつて求められている。Heymanは梁だけの格子構造の実験を行なつて理論値とかなりよく一致する結果をえている。しかし格子平板についての実験は行なつていない。圧壊荷重の予測は板を梁の幅の広いフランジと考えると梁だけの格子構造として考え、その全塑性モーメント M_p を近似値として求めたものである。しかし圧壊の機構を考えてみると一般に膜としての作用のために強度が上昇する傾向があり、形状硬化の現象を呈する。

FIG. 2は格子梁に集中荷重を加えた場合の荷重点の撓みおよび永久変形の曲線の一例を示したものであるが、22 ton までは荷重は直線的で永久変形はなくその後剛性

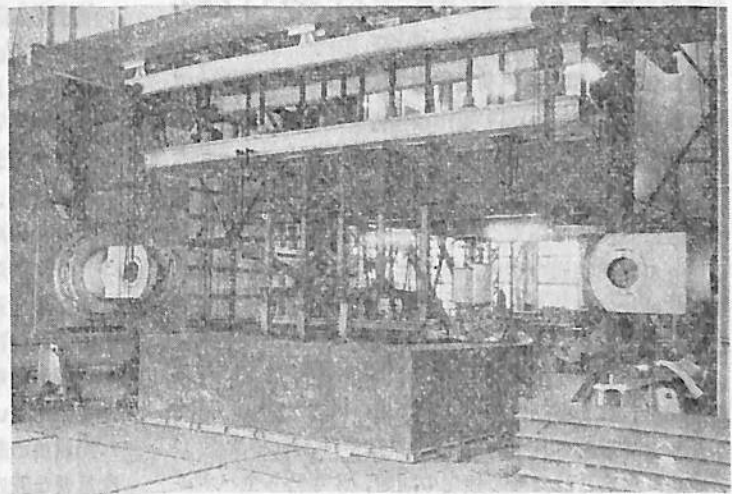


FIG. 1 甲板陥没実験模型

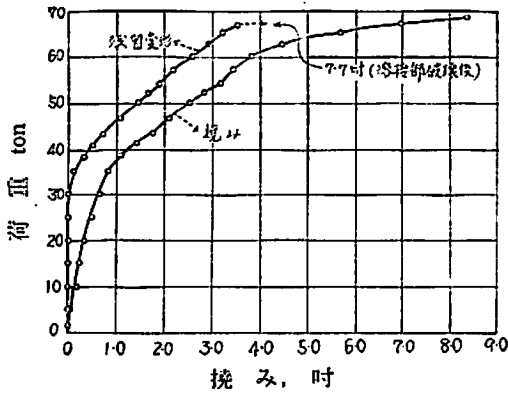


FIG. 2 中央に集中荷重をうける格子平板の撓みおよび残留変形

は次第に減少しはじめ、約 29 ton で急激に減少し、31 ton 以上ではほとんど剛性がなく弾性域の 1/50 程度になつている。一方永久変形は急速に増加するが 33 ton で再び若干剛性がましてくる。この原因は形状硬化によるものと歪硬化によるものが含まれているものと考えられるが、これを区別することは難しい。このような形状硬化の影響は試験片の剛性によつて程度の差があるが、このような研究で問題になることはむしろ形状硬化をおこすような大きな変形を生ずるまで実際の構造物が実用に耐えうるかどうかということであろう。

極限設計の実際の構造物への応用が最近盛んであるが、船体構造に適用する場合に問題になることの一つに、崩壊荷重のみを基準として考えた場合は弾性設計に比べて剛性が非常に低下し撓みが増す傾向にあるということである。このことは防撓板に対しても言えることであつて、塑性設計法の応用に対しては撓みに関する許容規準を求めることが重要な課題となるであろうと思われる。

3 面内荷重に対する強度

船体構造の防撓板では水圧荷重などの横荷重のほか、パネルの端部で板の面内に働らく圧縮と剪断力を受ける場合を考えなければならない。この面内荷重によつて一般に防撓板はいくつかの形式の挫屈をおこす。

種々の局部挫屈の形式、例えば防撓材間の板の挫屈、縦横防撓材の交点の間の局部的捩り挫屈(クリップリング)の問題、あるいは防撓材自身のウェブおよびフランジの挫屈のような挫屈については、初期変形のない理想的な場合、および弾性範囲での挫屈の場合は現在までにかなりよく理解されている。

一般に限定された形の挫屈の問題、すなわち全パネルが一方向に挫屈する場合(この場合、防撓材の全交点が

変位する)から、防撓材の交点は動かない交点間の横挫屈までの種々の形式の挫屈のうちの限定された挫屈に対しては、一般に矩形板の撓みを与える微分方程式を応用した方法で解くことができる。この場合 2 方向に数多い防撓材をもつ防撓板では方程式の解はやや複雑になるがしかし撓みを 2 重のフーリエ級数であらわす方法などにより解くことができる。

初期撓みをもつ板の有限変形理論の正確な解は材料が全応力の範囲でフックの法則にしたがうとした場合、すなわち一定の弾性係数が存すると仮定した場合でも非常に複雑になる。まして塑性域での影響については何らか簡単な仮定のもとでなければ求められない。

この初期撓みの影響は量的にもかなり求められているが、一方において挫屈の現象に大きな影響を与えるものとして、パネルの周囲の境界条件の問題が残されている。船での実際の構造での境界条件をきめることは非常に難かしい問題であり、普通実験で用いられる境界条件は肋骨その他で囲まれる船での境界条件とは相当の開きがあるといえよう。

次に横荷重が組合さつた場合の影響であるが、船の板に関する試験ではこれまでほとんど無視されてきているが、この種の研究は航空関係の研究でかなり行なわれているようである。この場合は船の板よりも一般に高い細長比である。船についての面内および横方向に荷重を受ける防撓板の実験的研究は、Ostapenko と Lee によつて、米国のリーハイ大学において行なわれた研究がある。この実験はパネルの寸法が約 1.5 m × 1.3 m、板厚が 6.5 mm でフランジ 74 mm × 4 mm、ウェブ 102 mm × 5 mm の防撓材を一方向に設けた合計 5 枚の試験片について、両端を支持、両側を自由縁として防撓材方向に面内荷重を加え、横荷重との比を系統的にかえて実験を行なつたものである。この実験の結果、結論として次の 3 つのことをあげている。

1. パネルは柱として考えることができる。
2. パネルの強さは板の強さによつて大きい影響を受ける。
3. 軸方向の板の強さは横荷重によつてあまり影響を受けない。

また横荷重を一定にして面内荷重を次第に増加した場合に、面内荷重が増加しても、最初に横荷重を加えてからの断面の形は最高荷重に達するまで変化していないことをのべている。

挫屈後の問題あるいは最高荷重を求めることも実際には重要な問題であるが、この問題については、防撓材間の板の最高荷重および防撓材の柱断面のフランジの有効

幅が密接な関係を有するので、とくに有効幅の問題を明らかにすることが必要であろう。

以上のことを考えてみると、横荷重に対する強度の場合と同様に、あるいはそれ以上に、面内荷重に対しても実船での初期撓み、残留応力などについての量的な考慮を入れた設計法が必要になつてくるものと思う。これは実船での周辺条件に適応した設計を行なうこととともに今後に残された問題と云えよう。

4 防撓板の経済設計

防撓板に対する強度、剛性および座屈等の計算を行なうことの最終的な目的は、いかに最小価格で合理的な構造を設計するかということに帰すると思う。

陸上構造物等においては、極限設計法の応用によつて、最小重量設計の基礎がかなり広い分野にわたつて確定されてきているが、船における場合は外力の性質、すなわち静的あるいは動的性質の横荷重および面内荷重などを明らかにすることが非常に難しいことのために、今日まで最小重量設計に対する検討が遅れている。外力の問題についてはここでは詳しく述べることはできないが今後なお研究の余地が残されており、特に実船での調査を必要とするので、長期間にわたる研究を要するものである。

しかしながら、これらの外力荷重についての知識が充分でなくても、極限解析の応用などによつて効率のよい構造設計を行なう研究が必要であり、最小重量設計に対する基礎を確立すれば、実船でかなりの重量軽減も可能となつてくるであろう。

防撓板の最小重量設計法について、昨年国際船体構造会議においても、各国の代表者からいろいろの意見がのべられ、最小重量設計を行なうことも必要であるが、最小価格設計すなわち単に材料の重量を節約し材料費の軽減をはかることだけを考えるのではなく、このほかに加工費まで含めた製造価格あるいは構造物の維持費までを含めての経済的な設計を行なうことが必要であることが議論された。

真の経済設計とは重量の節約が加工費、線持費などの費用の増加で相殺されないような限度として考えることができる。最近高張力鋼を船体構造材料として使用することが研究されてきているが、一面において、高張力鋼を使用した場合の経済性について検討することが必要である。

防撓板についての最適設計法は航空の分野でも行なわれている(例えば Gerard⁹⁾)。造船での研究としては Harlander¹⁰⁾ による横荷重と面内荷重の比が補強の方

法、防撓材の間隔のとり方にかに影響するかという問題に対する研究があるが、一般に重量のみを考慮した場合の防撓材の最適設計による防撓材間隔は、構造上から考えた最適防撓材間隔よりはるかに小さくなることを示している。

この防撓板の最小価格設計の問題について、筆者は最近縦横に防撓された板を格子梁の構造と考へて、これに横方向の分布荷重が加わつた場合に対し極限設計法を応用して、防撓板の最小重量設計および溶接などの加工費を含めた最小価格設計について簡単な仮定のもとに計算を行なつてみたので、これについて次に簡単な説明を行なつてみよう。

5 最小価格設計についての一考察

この計算の基礎になる考え方としては、外力として、板の面に垂直に働らく一様分布荷重のみを考へ、この荷重に対しまず防撓材に囲まれる板をその崩壊荷重を基準として設計し、ついで防撓材の設計は板を有効幅として有する防撓材の格子構造としてあつかひ、この格子構造の梁を上へのべた外力に対して極限設計によつて設計することとする。

防撓板の形状は簡単にするために正方形板とし、防撓材は縦横の方向に等間隔でかつ同寸法、同形状のものを設けるものと仮定する。また板の有効幅は防撓材間隔の $\frac{1}{2}$ をとるものとし、板の面に加わる一様分布荷重は格子梁の各交点において、それぞれ等分布された集中荷重として働らくものと仮定する。荷重に対するこのような仮定は、防撓材の本数が多いほど一様分布の場合に近くなるが、本数が少ない場合は多少条件が異つてくるであろう。

以上の仮定のもとに、外力を一定の状態にした場合、防撓板をその寸法、防撓材の間隔および本数をそれぞれかえて設計し、おのおの場合に対して防撓板の全重量の比較を行ない、さらに防撓板の板と防撓材の組立、溶接等による加工費を含めて全価格の比較を行なつた。この結果から一様分布荷重をうける防撓板の最小重量設計法および最小価格設計法に対して概念的な性質を求めることができる。

防撓板の板の崩壊荷重は FIG. 3 において L を防撓板の長さ、 $2l_0$ を防撓材の間隔とし、また n を防撓材の本数、 k を一定の係数、 M_p を板の全塑性モーメント、 p を崩壊的一様分布荷重とすると、

$$\frac{p l_0^2}{6 M_p} = k \quad (1)$$

の関係がある。

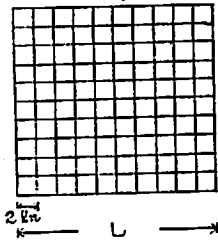


FIG. 3 防撓板形状

また板の全塑性モーメントは、 σ_Y を材料の降伏応力、 t_{pn} を板厚とすると

$$M_p = \frac{\sigma_Y}{4} t_{pn}^2 \quad (2)$$

したがって(1)式と(2)式から

$$t_{pn} = \sqrt{\frac{2p}{3k\sigma_Y}} \cdot L_n$$

となり安全率を s とすれば、荷重 p に対して設計される板厚は

$$t_{pn} = \sqrt{\frac{2sp}{3k\sigma_Y}} L_n = \sqrt{\frac{2sp}{3k\sigma_Y}} \frac{L}{n+1} \quad (3)$$

となる。

防撓材としては FIG. 4 のごとき T 形のものとし、ウェブとフランジの関係を同図のごとくとると、防撓材の M_p は(3)式で定まる板厚と h_n を与えればきまつてくる。

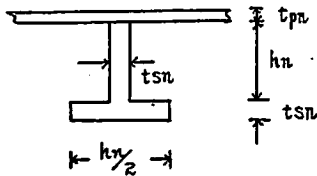


FIG. 4 防撓板形状

一方梁の各交点に集中荷重をうける格子構造の崩壊荷重の計算式は Jacques Heyman の式を用い、さらに安全率 s' を考えれば、一般に防撓材の本数が n 本の場合に設計される防撓材の全塑性モーメント M_{pn} は次式で与えられる。

$$M_{pn} = \frac{s'}{\lambda} \cdot pL \quad (4)$$

ここに p は防撓板に加わる全荷重で、 λ は n によつて定まる常数である。

したがって(4)式から M_{pn} が定まり、(3)式から板厚がきまるので、与えられた荷重 p に対する防撓板が設計できる。

このような考えのもとに設計を行なつた各種の防撓板

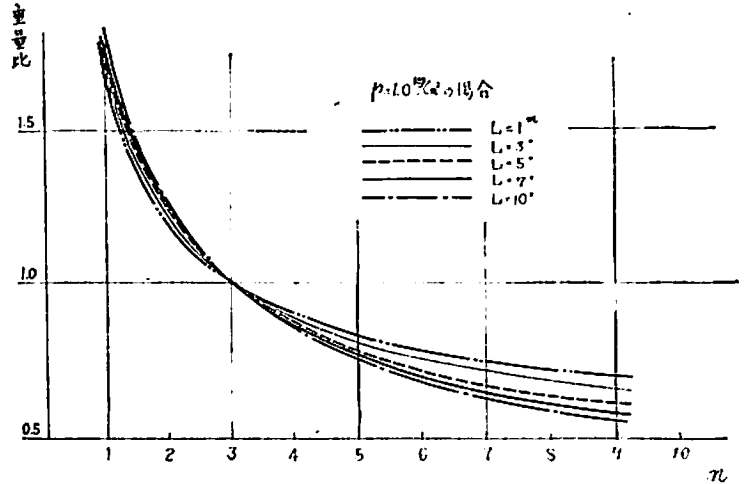


FIG. 5 軟鋼の場合の n と重量の関係 ($n=3$ を基準)

の重量を計算し、これから材料費を求めて比較してみると FIG. 5 のごとくなる。同図は一辺の長さ L を 1m から 10m までかえた場合、また防撓材の本数を 1 本から 9 本までかえた場合の防撓板全体の重量の比較をあらわしたものである。

この結果が明らかに示すことは、防撓板の重量は防撓材の本数を増加してその間隔を少くした方がはるかに減少することである。

つぎに、防撓板の材料費のほか、防撓材と板との溶接による加工費を含めて同じ場合について計算を行なつてみる。この場合溶接の加工費の算定は、単に溶接のみに要する直接の加工費だけでなく、溶接加工に附帯する人件費例えば現図、マーキング、カッティング、その他の間接の人件費も含めて考えてみる。この加工費は溶接の長さ按比例するとすれば、防撓材の形状、寸法から容易に計算できる。

いま計算の基礎にした数値として、鋼材の単価 50,000 ¥/en/ton、溶接材料の単価 100 ¥/en/ton、溶接に要する人件費の単価 500 ¥/en/hr、溶接材料の単位長さ重量 0.6 ton/m、溶接単位長さの溶接時間 1/3 hr/m、溶接加工に附帯する人件費の単価 500 ¥/en/hr などを仮定して、それぞれの防撓板に対して価格の計算を行なつてみると FIG. 6 のごとくなる。これは FIG. 5 と同様に各種の長さ、防撓材間隔に対して価格の比較を示したものである。この結果によると、長さが短かい小さい防撓板においては加工費の全体の価格にしめる割合が比較的多いために、防撓材を多くした場合、重量の軽減による材料費の低下よりも加工費の増加の方が大きくなり全体としての価格は高くなる。この傾向は防撓板が大きくなると変

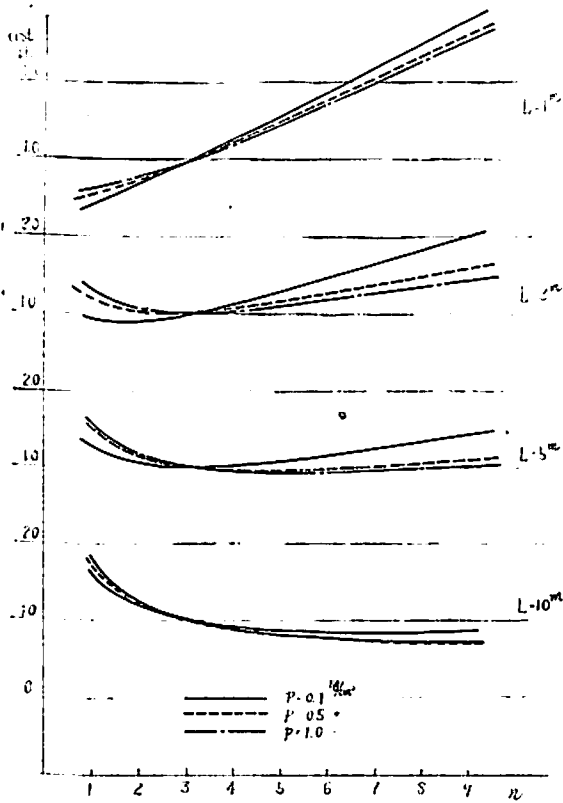


FIG. 6 n と cost との関係 ($n=3$ を基準とする)

化し、ある大きさ以上の場合には防撓材の増加による加工費の増加の割合は材料費の減少より少なくなる。

さらに同じような計算方法によつて材料に高張力鋼を使用した場合を計算してみよう。この場合高張力鋼としては比較的船体に応用できるような材料として $\sigma_Y=33 \text{ kg/min}^2$ 、単価 $65,000 \text{ ¥en/ton}$ のものをつつて計算してみた。この結果を軟鋼の場合と比較してみると FIG. 7

のごとくなる。高張力鋼を使用した場合は軟鋼に比較して重量は軽減されるが、材料の単価が上昇するので両者の影響が相殺し、高張力鋼の方が若干高い結果となっている。

これらの計算は前に説明したようにごく単純な仮定のもとで行なつたものであつて、実際の構造は防撓板の形状、縦横防撓材の関係などここで仮定した条件とはかなり異つている場合もあると思われるが、ここで求めたような基本的な傾向はそのような場合に対してもあてはまるものと考えられる。

以上は防撓板についての現在での問題点について極めて概略的な考察を行なつたものであるが、最後に防撓板を異方性板として解析した資料については前に本誌で紹介された秋田、安藤阿氏⁷⁾の資料を参照されるようおすすめする。

参考文献

- (1) Egil Abrahamsen, "Orthogonally Stiffened plate fields" Review prepared for The First International Ship Structures Congress in Glasgow
- (2) S. Kendrick, "The Analysis of Flat Plated Grillages" European Shipbuilding Vol. 5-1, pp 4-10 (Feb. 1956).
- (3) J. Clarkson, "Tests of Flat Plated Grillages Under Concentrated Load" T.I.N.A. April 1959.
- (4) Jacques Heyman, "The Limit Design of a Transversely Loaded Square Grid" J. Appl. Mech. 19 (1952) pp153-158.
- (5) G. Gerard, "Minimum Weight Analysis of Compression Structures", New York, New York Univ. Press, 1953.
- (6) L. A. Harlander, "Optimum Plate-Stiffener Arrangement for Various Types of Loading" J. Ship Res. 4, 1960, pp49-65.
- (7) 秋田好雄, 安藤文隆 "直交異方性板と船への応用" 船舶 31 卷 9 号 昭和 33 年

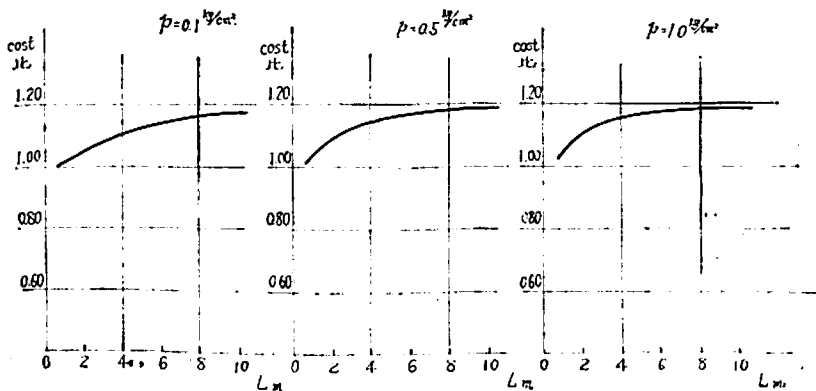


FIG. 7. HT の場合の MS の場合に対する cost の比 ($n=3$ の場合)

米国とスウェーデンにおける波浪中の 縦強度に関する実船実験について

郷 田 国 夫
運輸技術研究所船舶研究室

大洋航行中の船体には波浪により種々の変動荷重が加わる。変動荷重の異常値がいかなる大きさに達するかは、合理的な設計荷重の決定に関連して重要であり、変動荷重の頻度分布は荷重スペクトルとして疲労強度に関係がある。ここでは1961年の造船技術国際会議 (I. S. S. C) の Committee on Response to Wave Load on Ships 報告^{1)*} を元にして波浪中の縦強度に関する実船実験 (以下単に実船実験または実験と呼ぶことにする。) の内容、データ解析の背景となる統計的方法を紹介し、何らかの参考に供したいと考える。

実 船 実 験 例

第1表は主な実船実験を示したものである。第1表中の殆んどの実験が米国で行われたものであり、それら米国における実験は独占的にテーラー水槽 (TMB) の手により行われた。米国における実験の動機は第二次世界大戦中に起つた多数の損傷事故である。1948年に N.H. Jasper の指導による実験計画が立てられ、第1船 CASCO に始まり ESSO ASHEVILLE, UNIMAK 等次々に実験が行われた。第1表中船名に○印を付したものが Jasper の計画による実験である。これら多数の実験結果は統計的に解析され、波、応力、船体運動等の変動量について種々の分布型が検討された結果、短期分布として Rayleigh 分布、長期分布として Log-normal 分布が良く適合することが見出された。^{6) 7) 14)} 設計に関連する異常値の推定法が Jasper により提案され、UNIMAK [3], ESSEX 級空母 [4], 駆逐艦 [6] について、その方法による推定が示された。^{7) 9)} 現在 TMB ではむしろ whipping について模型やアナログによる研究に主眼を移している。

スウェーデンにおいては、1954年 Swedish Academy of Technical Sciences の Committee of Ship Technical Research が実船実験の計画を行つた。この直接の動機となつたものはやはり損傷事故である。実験の目的は、(a) 種々の operating condition における応力を求めること、(b) 航海士に操船に対する参考として、船上で船体応力の値を示す適当な計器を開発すること、の二つであつた。そして MINNESOTA によつて各種

の計器がテストされた。1955年5月 Association of Swedish Shipbuilder に Swedish Shipbuilding Research Foundation (SSF) が設置され、これに実験が受けつがれた。1956年 SSF は TMB と連絡をとり TMB の計器を CANADA に搭載した。実験結果は計算機により統計的に処理され分布型として Rayleigh 分布が適合することをたしかめた。種々の波系に対する船体の応答を究明するにはスペクトル解析がもつとも重要であると考えられたが、充分役立つ波高計がないため、この方面の研究は模型実験によるのが最良の方法であると考えられた。MINNESOTA, CANADA につづき 21,000 ton Ore Carrier, 70,000 ton Tanker の実験が開始された。

測 定 装 置

一般に実船実験用の測定装置は次の条件を満たすことが必要とされる。

(1) 廉価であること 製造価格が安いのみならず、取付工費、さらにその作動のために特別の人員を要しないことが望ましい。

(2) 耐久性 実船実験では特に苛酷な条件の場所に取付け作動させることが多いから、堅牢で耐久力のあることが必要である。

(3) 精度 勿論高くなければならない。しかも実験期間を通じて精度が一定でなければならない。実験中任意に簡単に校正出来ること。

(4) 自動的に作動すること。

(5) データ処理 生データのみにでなく、後の解析に便利な形でデータが採れること。生のデータを一度とり、それを地上でデータ処理機にかける方法もある。

次に第1表の各実験に用いられている測定装置について説明する。

I 変換器

(1) TMB Mechanical Strain Cycle Gage 一定の標点間の伸びをレバーで機械的に拡大する。第1表中 [1] [2] [9] [12] に用いられている。

(2) SR-4 歪計 抵抗線歪計である。

(3) Bramberg 歪計 MINNESOTA に使用。標点間 (300 mm) の伸びをロッドにより両端支持のビームに

* は参考文献番号

第1表 波浪縦曲げモーメントに関する主な実船実験一覽表

船名	実験期日, 場所	船種, 所属	主要目	計測項目	計測位置	計測装置	文献
[1] ○ CASCO	1951年	U.S.A. 沿岸警備艦	L = 300 ft	縦応力 上縦揺 下縦揺 横揺 横揺加速度	midship L/4, キール左, 右対称の位置にある縦部材	抵抗線歪計, Mechanical strain cycle gage ゲージ長 10' 差動トランスを用いた歪計ゲージ長 10' 電氣的記録器 差動トランスとダイアフラム	(2) TMB Rept. 781
[2] ○ ESSO ASHEVILLE	1952年8月~ 1954年4月	T 2 タンカー U.S.A.	LBP = 503 ft B = 68 ft D = 39.25 ft $\Delta = 21,000 \text{ ton}$ $I/y = 47,700 \text{ ft}^2\text{-in}^2$ (DK)	縦曲げ応力 上動揺 下動揺	甲板縁左右両舷 甲板	SR-4 歪計 TMB 10' electro mechanical strain gage 加速度計 加速度計	(3) TMB Rept. 960
[3] ○ UNIMAK	1954年10月11日~ 12月12日 1955年1月8日~ 2月6日 北大西洋	U.S.A. 沿岸警備艦 (CASCO と同型) AVP 型	LBP = 300 ft B = 41.01 ft d = 11.59 ft $C_b = 0.571$ $I/y = 11,000 \text{ ft}^2\text{-in}^2$ (DK)	縦揺 上縦揺 下縦揺 横揺 横揺加速度 縦曲げ応力 スランギング (水圧, 船底, バネル)の応力, 撓み	midship FP より L/6	Stable element オシログラフ 加速度計 角加速度計 SR-4 歪計 TMB automatic statistical recorder スプレオカメラ (ブリッパ) シと煙突に取付	(4) TMB Rept. 976 (5) 977 (6) 978
[4] ○ VALLEY FORGE	1955年9月~ 1957年4月 北大西洋	U.S.A. 航空母艦 CVA 型 ESSEX 級	LBP = 820 ft B = 92 ft d = 29 ft $\Delta = 41,500 \text{ ton}$ $I = 3.96 \times 10^6 \text{ ft}^2\text{-in}^2$ y = 23.76 ft (DK の歪計) = 30.53 ft (キール) = 24.00 ft (DK)	縦曲げ応力 横揺 上波 下波	midship, 甲板縁 左右両舷 二重底	SR-4 歪計 Stable element 加速度計 スプレオカメラ	(7) TMB Rept. 1251
[5] ○ ESSEX	1957年6月 南米西海岸沿 岸より Cape Horn まわり 東海岸沿岸	U.S.A. 航空母艦 ESSEX 級 CVA 型	LBP = 827 ft $\Delta = 39,700 \text{ ton}$ $I = 3.9 \times 10^6 \text{ ft}^2\text{-in}^2$ y = 24.69 ft (DK 歪計)	縦曲げ応力 横揺 上動揺 下動揺 横揺 波	Fr 100~111 甲板	SR-4 歪計 加速度計 British Institute of Oceanography 波高計	(8) TMB Rept. 1216

船名	実験期日, 場所	船種, 所属	主要目	計測項目	計測位置	計測装置	文献
[6] ○ SPERRY	1955年9月~ 1957年2月 大西洋, 地中海	U. S. A. 駆逐艦 DD 697 級	LBP = 360 ft B = 40.57 ft D = 24.17 ft d = 14.5 ft Δ = 3,350 ton I/y = 7,750 ft-in ² (DK 查計)	上下方向加速度 縦揺幅 横揺幅 縦揺幅 縦曲げ応力	重心 甲板線 左右両舷, キール	加速要素計 Stable element 有加速要素計 SR-4 歪計	(9) TMB Rep. 1193 TMB automatic statistical recorder
[7] ○ BARRY	1959年1月	U. S. A. 駆逐艦 DD 933 級	LBP = 407 ft B = 45 ft D = 26.7 ft d = 14.6 ft Δ = 3,950 ton I/y = 8,650 ft-in ² (DK 查計)	SPERRY と同じ	SPERRY と同じ	SPERRY と同じ	(9) TMB Rep. 1193
[8]	1956年4月	オランダ 駆逐艦	LBP = 354 ft B = 37.1 ft D = 20.8 ft d = 12.76 ft Δ = 2,690 ton I/y = 4,250 ft-in ² (CK)	縦曲げ応力	甲板線, 左右両舷		(9) TMB Rep. 1193 (10)
[9] ○ FESSENDEN	1952年11月~ 1953年1月 大西洋 米國 沿岸	駆逐艦	LBP = 306 ft B = 36 ft D = 20.67 ft Δ = 1,630 ton I = 42,400 ft ² -in ² y = 10.71 ft (DK)	縦曲げ応力	甲板	TMB mechanical strain cycle gage & counter	(11) TMB Rep. 1000
[10] CANADA	大西洋	スエーデン 貨物船	LBP = 464.9 ft B = 64.0 ft D = 39.8 ft d = 26.7 ft I/y = 29,600 ft-in ² (DK)	縦(垂直)曲げ応力 縦(水平)曲げ応力 縦揺幅 横揺幅 上下方向加速度	midship よりやや前方, 甲板線左右両舷 midship よりやや後方	TMB automatic statistical recorder 抵抗線歪計 ジャイロ 加速要素計	(12)
[11] MINNESOTA	大西洋	スエーデン 貨物船	LBP = 440 ft B = 59 ft D = 37.5 ft d = 25.4 ft I/y = 22,100 ft-in ² (DK)	縦曲げ応力	midship 左舷 stringer angle	Bramberg 歪計 ゲージ長 300 mm	(12)
[12] AMERICAN FLYER	1957年1月~ 1959年1月 北大西洋	貨物船	LBP = 435 ft B = 63 ft D = 40.5 ft d = 27.7 ft	縦曲げ応力	左舷 sheer strake	TMB mechanical strain cycle gage and counter	Davidson Lav. Rep. 805
[13] AMERICAN MANUFAC- TURER	1959年2月~ 12月 北大西洋	貨物船	同	同	同	SR-4 歪計および頻度計	同上
[14]	1956年4月 北大西洋	オランダ 駆逐艦 (3隻)	同	縦揺幅 スパン 縦揺幅 縦揺幅			(13) TMB Rep. 1559 SNAME 1960

伝え、ビームの曲げに変換して、ビーム上に貼付した歪計により信号をとり出す。

(4) 動揺計

(i) Stable Element ジャイロとポテンシオメーターの組合せ。横揺、縦揺の計測に用いる。

(ii) 角加速度計 ある一定の距離を置いて取付けた二つの(線)加速度計で、角加速度に比例した信号が出るように二つの加速度計を結線する。

(iii) 加速度計 mass spring 式でピックアップに差動トランスを使用している。

(5) 波浪計

一般的に underwater type, surface type, aerial type の三つに分けられる。under water type は海洋学に用いられているが、実船実験には用いられていない。

波面の計測方法には次のようなものがある。

(i) 目測 正確ではないが簡単。多くの実験に用いられている。

(ii) Probe または Wave Pole probe と波面の相対位置をとり出す。Probe の上下運動を抑制することが問題である。

(iii) 加速度計を搭載したブイ 波面とともに上下するブイの加速度をとり出す。

(iv) Shipborn Wavemeter 船体中央に取り付けた水圧計により水圧計から波面までの高さを出し、一方船体の上下動を計測して水圧計の絶対座標をとり出し、この二つの信号を組合せて波面の高さを得る。波が船体により乱されることが欠点である。

(v) 水位計 船体表面に多数の電気接点を設け、波が接点にかかると回路が閉じて信号を出し、船体に対する相対的な波面、すなわち wave profile を計測する。OCEAN VALCAN の実験に用いられた。

(vi) ステレオ写真 UNIMAK, VALLEY FORGE に用いられた。UNIMAK ではカメラの base line からの高さは 56 ft, 2台のカメラの距

路離は 51 ft, 9 in, 視角は 39°20' であつた。

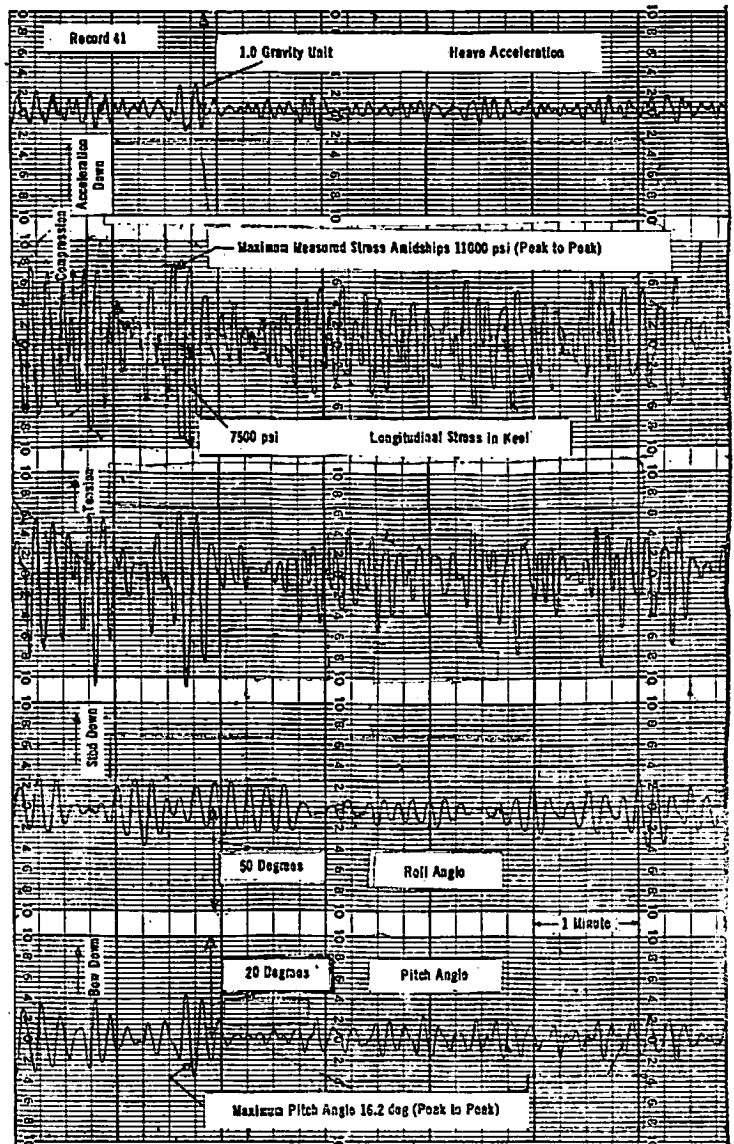
(6) 水圧計

ダイヤフラムの撓みを差動変圧器で検出する。スランピングの衝撃水圧を計測する。300 psi まで計測出来る。同有振動毎秒数千サイクルに設計されている。

II 記録器

(1) TMB Automatic Statistical Recorder

チャンネル数 5. オシログラフと頻度計数器から成っている。入力はおシロと頻度計の両方に入る。1, 2, 4, 8 時間間隔で 30 分以下のオシロ連続記録が自動的に行われるようあらかじめセットすることが出来る。計測の例



第1図 TMB Automatic Statistical Recorder による記録例 (SPERRY の実験、最大の応力と縦揺が計測された時)

を第1図に示す。頻度計数器はオシロ記録をとつていない時でも連続して作動し、カウンターに度数を示す。現象のレベルは6段設けてあり、それぞれのレベルを現象がこえる度数を計数する。UNIMAK 他かなりの実験に用いられている。

(2) Slow Speed Tape Recorder System

UNIMAK にて動揺記録に用いられた。FM 方式でテープ速度 3.4 in/min.

(3) TMB Flexing Stress Monitor

船体応力の時々刻々の値と二乗平均値を示すもので、航海士に、船体応力がある値以上にならないように操船するための情報を与える。それとともに刻々の二乗平均を記録し研究の資料とする。

短期分布

船がおかれている環境状態すなわち、波浪、速力、heading、吃水、排水量、トリム、重量分布等の組合せを operating condition という。この operating condition が一定の場合、応力、船体運動の変動量(波形の山から谷まで)は Rayleigh 分布にしたがうことは周知の通りである。operating condition が一定とみなされる程度に短い時間における分布が短期分布であるが、これが Rayleigh 分布になるというのである。UNIMAK の実験から一例を第2図に示す。Rayleigh 分布は次式で表わされる。

$$p(x) = \frac{2x}{E} e^{-\frac{x^2}{E}} \dots\dots (1)$$

$p(x)$ は確率密度函数、 x は確率変数例えば応力の変動

量 (peak to peak)、 E は Rayleigh 分布を定める定数で x の二乗平均すなわち

$$E = \frac{\sum x_i^2}{N} \dots\dots (2)$$

(1) から累積分布函数は

$$P(x) = \int_0^x p(x) dx = 1 - e^{-\frac{x^2}{E}} \dots\dots (3)$$

x がある値 x_0 をより大きくなる確率が q となる如き x_0 は

$$1 - P(x) = q \dots\dots (4)$$

$$x_0 = \sqrt{\log \frac{1}{q}} \sqrt{E} \dots\dots (5)$$

Rayleigh 分布にしたがう母集団から N コのサンプルを抜き出したとき、その中の最大値(異常値)の期待値は、 N が大なる場合¹⁴⁾

$$x_m = \sqrt{\log N} \sqrt{E} \dots\dots (6)$$

一つの母集団から N コの標本をとり出すという操作を何回かくり返す場合、それぞれの回の最大値はある一つの分布にしたがう。(6) 式はその分布の平均値であつて、ある回の最大値は (6) の x_m より小さいかもしれないし、またあるものは大きいかもしれない。大体2コのうち1コは (6) の x_m をこえる。例を応力にとつて考える。船がある海域 (operating condition 一定) を乗り切るのに応力変動が N 回あるとする。 N 回の変動のうち最大の変動量は (6) で与えられるものに平均的に等しい。したがつて (6) の x_m は一つの設計の目安になりうる。しかるに同じ海域を i 隻の船が航行した場合、 i コの最大値のうち半分位は x_m より大になる。すなわち i 隻のうち半分は危険にさらされるわけである。したがつて (6) の x_m よりもつ

と大きな値 x_{mf} を設計の目安にとり i 隻の船のうち $f \times i$ 隻 ($f \ll 1$) のみが x_{mf} を越えることを許すようにする。 f を危険率といい設計者が適当に定めるべきものである。 x_{mf} は次式で与えられる。^{14) 5)}

$$x_{mf} = (\log N + y_f)^{\frac{1}{2}} \dots\dots (7)$$

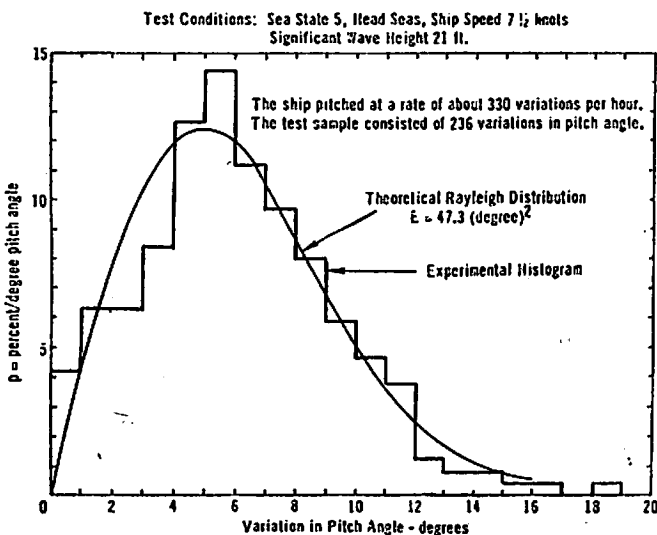
f が非常に小さい場合 ($f < 0.2$)

$$y_f = \log \frac{1}{f} \dots\dots (8)$$

(7) (8) 式は次のようにしてみちびかれる。

$P(x)$ なる累積分布をもつ母集団から N コのサンプルをとつた場合その中の最大値は次の累積分布にしたがう。¹⁵⁾

$$\int_{-\infty}^x d[P(x)]^N \dots\dots (9)$$



第2図 縦揺の短期分布の例 (UNIMAK の実験)

したがって $f = 1 - [P(x_{mf})]^N$ (10)

$$\log(1-f) = N \log P(x_{mf}) \\ = N \log[1 - [1 - P(x_{mf})]] \text{ (11)}$$

$1 - P(x_{mf})$ は小なる故

$$\log(1-f) \approx N[1 - P(x_{mf})] \text{ (12)}$$

$$\therefore f = 1 - e^{-N(1-P(x_{mf}))} \text{ (13)}$$

短期分布の場合 (3) より

$$1 - P(x_{mf}) = e^{-\frac{x_{mf}^2}{E}} \text{ (14)}$$

(14) を (13) に代入して

$$x_{mf}^2 = E \left\{ -\log\left(\log \frac{1}{1-f}\right) + \log N \right\} \text{ (15)}$$

$\log \frac{1}{1-f}$ を展開し f が小なるとすると

$$x_{mf}^2 = E \left(\log \frac{1}{f} + \log N \right) \text{ (16)}$$

$$x_{mf} = \sqrt{E \left(\log \frac{N}{f} \right)} \text{ (17)}$$

Jasper 他は VALLEY FORGE⁷⁾ や SPERRY⁹⁾ の実験結果について曲げモーメントや動揺の異常値を (17) 式を用いて次のように推定している。例を SPERRY 級の実験⁹⁾ にとる。

operating condition が最悪のとき E が最大になると考える。そしてそのような最悪の operating condition に 4 時間さらされるとする。その時間中の変動回数を V

とし、一生の間に n 回そのような状態に遭遇するとすれば $N = nV$ が一生の間で最悪の operating condition にさらされている間の変動回数である。実験によると SPERRY の最大の E は 440×10^6 ($\text{ft}^2 - \text{ton}^2$) であつた。また $V = 1780$ である。ここで $f = 0.001$ とすれば $y = 6.9$, $n = 20$ とし

$$x_{mf} = [440 \times 10^6 (6.9 + 10.47)]^{1/2} = 89000 \text{ ft-ton} \\ (\text{hog to sag})$$

第 2 表⁹⁾ は以上の方式で SPERRY 級すなわち DD 692 級駆逐艦の異常値の推定を示したものである。

長期分布

短期分布すなわち Rayleigh 分布は E によつて定められる。 E は船型と operating condition によつて変る。長期分布はこれら種々の E によつて規定される種々の Rayleigh 分布の和である。Jasper は第 1 表にかかげた各船の実験結果に種々の分布函数をあてはめて調べた結果、長期分布は Log-normal 分布にしたがうことを確めた¹⁴⁾。さらに各 operating condition における E を実験で求め、一方その船の operating condition のパーセンテージを航海日誌、航海士の報告等により求め、各 operating condition に対応する Rayleigh 分布にそのパーセンテージによる重みをつけて加え合せ、長期分布を合成し、それが Log-normal 分布になるこ

第 2 表 SPERRY 級駆逐艦の異常値の推定

Operating Condition Record Number	Quantity	Conditions for which Maximum Value Is Predicted				Number of Variations per 4-hour period N	Number of Variations Expected during Operating Life of Ship in Conditions Corresponding to E_m	Estimated Most Probable Maximum Value in One Storm (4 hr) $E_m \log_e N$	Maximum Expected Value during Operating Life of Ship [$f = 0.001$]	Largest Measured Variation	Recommended Maximum Allowance for Design Purposes
		Characteristic Wave Height ft	Direction of Sea Relative to Ship's Course, deg	Ship Speed (from rpm/s) knots	Mean Square Value of the Variation E_m also Equals Four Times the Area under the Power Spectrum						
29	Heave Acceleration	8	045	25	0.096 g^2	2900	58,000	0.87 g	1.39 g	0.72 g	1.4 g
37	Roll Angle	10.5	Confused	8	459.2 deg ²	1600	32,400	58.2 deg	95 deg	93 deg	95 deg
41	Pitch Angle	10.5	Confused	7	41.0 deg ²	1485	29,700	17.3 deg	28.0 deg	16.2 deg	28 deg
41	Longitudinal Bending Stress Amidships	10.5	Confused	7	36.7 (kips) ²	1780	35,600	16.6 (kips) ²	25.4 (kips) ²	11.0 (kips) ²	26 (kips) ²
41	Longitudinal Bending Moment Amidships	10.5	Confused	7	440×10^6 ft ² · ton ²	1780	35,600	57,500 ft-tons	89,000** ft-tons	38,000 ft-tons	90,000 ft-tons

* These values are estimated on the assumption that all values are independent. This is not strictly valid and may result in a slight overestimate of the extreme value.

** This value may be compared with the maximum hog to sag bending moment of 91,800 ft-tons obtained from the standard calculation on Bureau of Ships Plan No. DD851-025041, dated 4 April 1949.

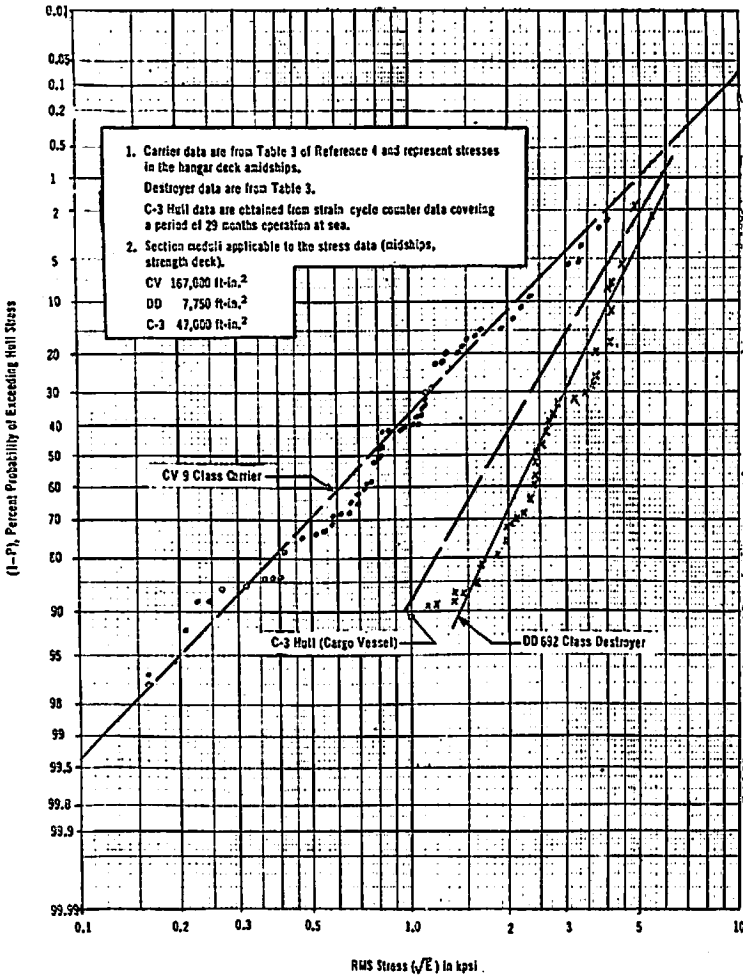
1. The wave heights listed are the average height of the larger, well-defined waves, as determined by visual observations.
2. The conditions listed are those under which the largest values recorded at any time were obtained.
3. The measured values listed are the largest values recorded throughout seaworthiness tests on destroyers, and cover about 2 years operation at sea.
4. The stress and bending moments refer to center line, main deck, amidships. This is the ordinary wave-induced stress free of whipping stresses. The applicable section modulus = 7750 ft-in.²

とを示した。⁵⁾⁷⁾⁹⁾ また E の分布がやはり第2図に示す如く Log-normal 分布にしたがうことをも示した。¹⁰⁾

航空機の翼に生ずる応力の長期分布は、応力変動がある値 S を越える回数を N とすると log N と S の間には直線関係があることが知られている。Bennet は MINNESOTA, CANADA の実験について log N と S の関係をしらべた結果、航空機と同様、船体応力の長期分布についても直線関係を見出した。¹²⁾ あらわれることを示している。

Jasper の提案した異常値の推定法

「短期分布」の節で述べた異常値の推定法は一生のうちの最悪の operating condition を実験中に生じたそれに等しいとして推定を行っている。この点を改めてつと一般的な方法を次のように提案した。¹³⁾



第3図 応力の \sqrt{E} の長期分布

(1) 第3図に示すような曲げモーメントの \sqrt{E} の長期分布が既知。

(2) 海象すなわち特性波の波高と波長の長期分布が既知であるとする。

与えられた船にとつてもつとも苛酷な海象は

(1) 特性波の波長 L_w が、 $\frac{1}{\sqrt{2}} L < L_w < \sqrt{2} L$ の

場合 L: 船長

(2) 特性波の波高が船の長さに等しい波の最頻波高に等しいかまたはそれ以上。

場合とする。この海象の分布については Roll により求められている。(1)(2) のような海象の時間の割合 (1-P) を Roll の結果から求めることが出来る。第3図に示すような曲げモーメントの \sqrt{E} の分布 (既知) から (1-P) に対応する \sqrt{E} の値が求

められる。これから応力の異常値が次のようにして求められる。例を DD 692 級駆逐艦にとる。

$$L_{PP} = 369 \text{ ft}$$

この船にとつてもつとも苛酷な海象は

$$255 < L_w < 500 \text{ ft}, 8.6 < T_w < 11.8 \text{ sec}$$

$$H_w \geq 23 \text{ ft} \quad (T_w: \text{波の周期で}$$

$$L_w = 3.4 T_w^2)$$

$$\text{断面係数 } Z = 7750 \text{ ft-in}^2$$

(1) この海象の割合 (1-P) は Roll の結果から 2.16%

(2) 第3図の \sqrt{E} の分布から (1-P) = 2.16% に対応する \sqrt{E} は 5.5 kpsi, 曲げモーメントの $\sqrt{E_m} = \sqrt{E} \cdot Z = 19,000 \text{ ft-tons}$

(3) 上記の海象にさらされている間の変動回数は1年に100日航海すとし、

$$N = \frac{20 \text{年} \times 100 \text{日} \times 24 \text{時間} \times 3600 \text{秒} \times (1-P)}{\frac{1}{2} (8.6 + 11.8) \text{秒}}$$

$$= 365,000 \text{ 回}$$

(4) 異常曲げモーメントは「短期分布」の節で述べたとおり

$$M = \sqrt{E_m} \sqrt{\log_e N} = 68000 \text{ ft-ton hog to sag}$$

(5) Sag と hog の比が 60:40 とし

さらに whipping moment を加えて

$$M_{\text{sag}} = 0.6 (68,000) + 0.50 (40,000) + \text{静水中曲げモーメント} = 61,000 \text{ ft-ton} + \text{静水中モーメント}$$

$$M_{\text{hog}} = 0.4 (68,000) + 0.5 (40,000) + \text{静水中モーメント} = 47,000 \text{ ft-ton} + \text{静水中モーメント}$$

危険率を考えるとときは $M = \sqrt{E_m (y + \log N)}$ を用いる。

以上で本文を終るが、この方面に対する関心が本文によつて少しでも高まれば望外の幸である。

参 考 文 献

- 1) Report of the Committee on Response to Wave Loads, International Ship Structures Congress, TMB Rept. 1537, June 1961.
- 2) Studies of the Strain and Motions of the USCGC CASCO at Sea, N. H. Jasper, TMB Report 781, May 1953.
- 3) Service Stresses and Motions of the ESSO ASHEVILLE, A T-2 Tanker, Including a Statistical Analysis of Experimental Data, N. H. Jasper, TMB Report 960 Sept. 1955.
- 4) Sea Tests of the USCGC UNIMAK—Part 1—General Outline of Tests and Test Results, N. H. Jasper and J. T. Birmingham, TMB Report 976 March 1956.
- 5) Sea Tests of the USCGC UNIMAK—Part 2—Statistical Presentation of the Motions, Hull Bending Moments, and Slamming Pressures for Ships of the AVP Type, N. H. Jasper and R. L. Brook, TMB Report 977, April 1957.
- 6) Sea Tests of the USCGC UNIMAK—Part 3—Pressures, Strains, and Deflections of the Bottom Plating Incident to Slamming, J. E. Greenspon, TMB Report 978, March 1956.
- 7) Statistical Presentation of Motions and Hull Bending Moments of ESSEX-Class Aircraft Carriers, N. H. Jasper, R. L. Brooks and J. T. Birmingham, TMB Report 1951, June 1960.
- 8) Strains and Motions of USS ESSEX (CVA9) during Storms near Cape Horn, N. H. Jasper and J. T. Birmingham, TMB Report 1216, Aug. 1958.
- 9) Statistical Presentation of Motions and Hull

Bending Moments of Destroyers, J. T. Birmingham, R. L. Brooks and N. H. Jasper, TMB Report 1198 Sept, 1960.

- 10) Destroyer Seakeeping Trials, H. W. Warnsinck and M. St. Denis, Proceedings of Symposium on the Behavior of Ships in a Seaway, Sept. 1957.
- 11) TMB Report 1020.
- 12) Stress and Motion measurements on Ships at Sea R. Bennet, European Shipbuilding No. 5, No. 6, 1959.
- 13) Seakeeping Trials on Three Dutch Destroyers, M. D. Bledsoe, O. Bussemaker and W. E. Cummins TMB Report 1559, Nov. 1961.
- 14) Statistical Distribution Patterns of Ocean Waves and of Wave-Induced Ship Stress and Motions, with Engineering Applications, N. H. Jasper, SNAME Vol. 64, 1956, または TMB Report 921, Oct. 1957.
- 15) On the Statistical Distribution of the Heights of Sea Waves, M. S. Longuet-Higgins, J. of Ship Research Vol. 11, No. 3, 1952.

海技入門選書

東京商船大学助教授 伊丹潔 著

船用電気の基礎

A 5 判上製 180 頁 定価 360 円 (〒 70 円)

電気のごとく理論的なものの理解するためには特に基礎の勉強が必要である。海上の実務について船の電気の基礎を学ぶ人たちのためにかかれた解説書

目 次

第 1 章 船用電気の基礎

- 1.1 静電界 1.2 静磁界 1.3 電流 1.4 電磁誘導作用 1.5 交流

第 2 章 発電装置

- 2.1 直流発電機 2.2 交流発電機

第 3 章 電動装置

- 3.1 直流電動機 3.2 誘導電動機

演習問題

「七つの海の大学」案

K 生

◎ 昨年の春わが国で初めての国際ロータリー大会が開かれたとき、それに出席するため来日したウィリアム T ヒューズ氏の談話として、七つの海の大学 (University of the seven seas) 案というのが新聞紙上で紹介された。ご記憶の向きも多いことと存ずるが、その内容は次ぎのようなものであった。

この大学の企画は、同氏が会員であるところの加州ホッティアアのロータリー・クラブの立案によるもので、選ばれて同氏がその学校財団といったものの理事長となつている。すなわちイスラエルの客船「エルサレム」号 (約1万トン) をチャーターして、約530名の学生と40名前後の教授、講師などを乗組ませ、約4カ月の期間に世界一周か、アジア、中南米のコースを回航するもので、その間に寄港地においては実地の見聞を行ない、航海中は船内において学科の習得をしようとするしくみである。

そして学科は創造美術、ヒューマン・マネジメント、自然科学、人文科学の4種目に大別され、船内で学ぶ時間と寄港地でその大学、研究所をはじめ、一般家庭や史跡などを訪れて学ぶ時間とは、ほぼ等しくする予定である。

学生数の40%は米国外の国々から採用し、優秀な者のためには奨学金の制度も設けたいと考えているから、とくに太平洋に面する各国の積極的な参加を期待する。国籍を異にする学生たちが相たずさえてともに学び、たがいに知り合うことは極めて有意義なことであるというのである。

当時の記事によると、この9月に第1回目が始まるような話であつたので、私は多大の興味をもつて注目しているが、その後のことについてはわからない。この「七つの海の大学」の構想を打ち出した同ロータリー・クラブの方々に対し私は大いに敬意を表するもので、さすがおおらかで寛大なことを考えるものだと感じさせられた。

◎ そこで私は考えた。「七つの海の大学」案はまことに名案というべきもので、世界の文化交流に大きく貢献することになるであろうが、これを実施するためには少くもわが国においては、何よりも経費の面で困難であろう。しかし原案の4カ月という期間を適当に短縮した、国内だけを巡航する小規模のものであつても、これを実施することができたら

趣旨を生かすことにはなるであろう、などと考えてみたあげくの果て、高校生の修学旅行はすべからず船により日本列島を一周すべし、という結論に達した。

最近国鉄では修業旅行列車を運転し、瀬戸内海あたりには修業旅行船が運航されているが、かなり長期長距離におよぶ旅行が主としてレールを利用することになつていて、しかも名所旧跡とか観光地といったところを欲ばつて回る傾向が見られる。これをこの際思い切つて海路を主として利用する旅行に改め、宿泊はなるべく船内ですることとし、そこから列車などにより見学地におもむき、観光的ふんいきの旅をできるだけ楽しみながらの修学旅行にすべきであるというのである。現行の修学旅行期日に各種の休暇などを付け加えれば1カ月程度の日数を作ることはできるのではないか、あるいは旅行期日を1カ月くらいまで引き伸ばしても、船内における時間をうまく利用することにより、学業などにマイナスになりそうな点を十分補うことができるのではないかと思われる。

現今陸上には各地にユース・ホステルが続々と建設されているのであるから、修学旅行のためにユース・ホステル船公園といったものをつくり、専用船を建造しさえすれば引込み思案の先生たちだつて在来の考えを変えて旅行プランを立てるにちがいない。

◎ この春の新聞記事「リパティ船を学校に」によると、米政府は公共の目的に使うのであれば、リパティ船1隻をわずか1ドルという値段で売却する方針という。そこでニューヨークの都心地区の公立学校の校舎がどれもこれも“危険な年令”に達して困っている市当局では、リパティ船を手近かの河岸に持つてきて仮りの校舎にしよう、ティッシュマン建設会社に改造設計を立案させているという。

国連でもまた本部の職員や外交官の子どもたちの通学する国連インターナショナル・スクールとして、リパティ船の利用を考えているといわれ、同建設会社のニューマン氏は「ニューヨークと同じように周囲の水面にことかかない日本でも利用の余地は多いでしょう。風で教室が揺れないような係留方法も十分研究済みです」と朝日新聞支局長に語つたとのことである。

みみづちい考えてはあるが、格安値段で分譲を受けオーション・タグ船で引つばつて来ることができたら、さしあたり海岸寄りの地の増設高校として、ユース・ホステルとして、あるいはまたユース・ホステル船として利用できるのではあるまいか。

それはそれとして私は、過般進水した「見本市専用船」なるものを「七つの海の大学船」として併用したい。専用船であるからには他に転用してみたところで、中途半ばなもので採算などといったことはとても考えられないであろう。それに反しこの併用案はむしろ最高の能率を期待できるともいえよう。

このわが国初の産業巡航見本市専用船「さくら丸」(12,200トン)は、本年10月完工の予定で11月から来年3月までアラビア、レバノンなど中近東とアフリカ北岸を巡航の上、14カ所で見本市を開催する計画が立てられているという。このように定期的にこうした行事を実施していくのが本船の、いわゆる専用船としての本来の仕事であつて、その他の期間はそれが無いので、貨客船または移民船などに転用するといわれ、また国内の港を巡航して産業経済の啓発に役立たせたいとも伝えられている。

なお性能や設備などについては、世界各港をあまねく巡航できることはもとよりであるが、速力は大きくして問題とせず、展示会場として3.3mの室が400のほかに、500人収容のサロン兼アトラクション会場、数カ所の商談室などが設けられるという。

これらのどの点から観ても、最初から運賃をかせぐための船でないことは確実で、他に転用して運航するのはただ、つないで休ませておくのはもつたないからというにはかならない。どうせそうであるのであるならば、貨客船も移民船もほかにあるのだからなまじそうした船のじやまをしないで、ひまの間は大乗的な立場で「七つの海の大学船」として、国民一般のお役に立てるべきである。本船の建造費が半官半民である点から観ても、そうすることがもつとも適当であるといえよう。

◎ この船を使えば何かにつけて好都合で、ヒューズ氏の案をそのまま割安の経費で実行できそうに思われる。しかし私は実行をより以上容易であらしめるためには、だいたい3カ月を1期間として毎年2巡航ぐらいが妥当と考える。そして外国人学生をこぼむわけではないが、まず日本人学生を主として対象とすることにしたい。

そこで法文科、理工科系統の各大学出身者で、諸官庁学校などが新規採用した者に対しては、事情の許す限り1巡航コースの乗船研習をさせることを建前とする一案がある。それら当局が同一歩調をとりやる気になればやれると思う。

各種会社に所属する社員を対象として学生をつくるのもよいであろう。また大学などに在学中の男女学生から公募する場合もあつてしかるべきであろう。それぞれの場合により前もつて適切な学科課程を作り、巡航のコースを選定することはもとより、教師、指導者などについても配慮しなければならない。そうすることにより各寄港における停泊中の期間を十分に活用して能率的な学習ができるよう、また航海中においては海上にあるということと、船内にいるという特殊の事実を生かしてむだなく学ぶことができるように案画するわけである。

◎ 過般学生諸君の団が選ばれて諸外国の見学旅行に派遣されるに当り、首相公邸で出発式が挙行された。これも旅行期間は3カ月程度の手定というものであつたが、航空機を利用してそれだけの期間飛び回ればおそらくかなりの広い範囲にわたる各地の訪問が可能であろう。しかしここに問題がある。

とかく一般に見学ないし視察といったものは欲ばり過ぎて、範囲を広くし勝がちのためその間に疲労も加わり実効のにおいて疑問点を持たれることが多い。旅行を楽しむ場合がそうであると同様、実効本位に企画を立てるのであつたらなるべく道中をゆつたりとして、あるポイントだけにしぼり重点的に見学なり視察なりを行うようにすべきである。ことにまだ外地の風物に接した経験のない若い人たちに對し、速いテンポで次ぎから次ぎへと国や土地を変え、それぞれ違った風俗習慣などを見せたりしたら、それに追われてかんじんの頭に落着きがなくなる。酷だといつても過言ではない。だからこの種の旅行はぜひ「七つの海の大学船」に切り代えて行えといいたいのである。

◎ いまの老先輩たちは、このごろの若い者は民主主義をはき違えているなどといつてこぼす。目下大学の管理制度についてとやかくいわれているのも、その一端のように思われる。そのようなことをあせつてぼやいたりするなら、この際急いで「ユース・ホステル船」を建造し「七つの海の大学船」を準備して、若い者たちを続々と狭い陸上や国内から、海上に出し海外を見せること、そしてなるべく多くの外国人と交際をさせるのがよい。彼らはそれぞれの立場においてまた人間として、明るく強くそして大きくなること請合ひである。

(終)

金華山丸と 電気温度計

三好和彦
三井船舶・企画第二課

「電気温度計が、商船で満足に使えるかどうか」ということは、長いあいだ、一つの課題であつた。金華山丸を企画しながら、私が、もつとも懸念したのも、この問題である。かなりの時間を、この調査のためについやした。そして、やつと、機関室にこれを大量につけてみようと思ひ出した。ここでは、その調査の概要をのべてみたいと思う。

それまでの実績

商船の機関室にも、かなり古くから、電気温度計が装備されている。おもに、ディーゼル主機械の排気ガス計測用であるが、冷凍船などにも、しばしば、これが採用されてきた。

ところが、これら電気計器の評判は、けつして、良いものではなかつた。「パイロメーターは誤差が多い」「すぐ故障する」「船は湿度が高く、振動もひどい。したがつて、特殊なものでないと使えない」などなど。

船の見解

商船で、この計器の担当者である若いエンジニア達は、次のようにいう。「誤差がでるのはおかしい。しかし、かなり大きくでてしまう」「故障はするが、その原因は、いつも同じようなものである。適当な配慮をすれば、故障はなくせるのではないか」

発電所の計器担当エンジニアは「計器は皆が信頼している。ただ、同一のものが、月に2回以上も故障すると、運転者は、それを信頼しなくなる」と話してくれた。船のパイロメーターで、月に2回以上も故障するというようなケースは、5%にみたない。90%というものは、故障しても、せいぜい年に2~3回以下であり、そのうち30%というものは、全く故障をしていない。船のエンジニア達は「立派に使える」という。

しかし、誤差の大きいことには、手をやくようだ。しかも、その誤差は一定ではない。「電気温度計があれば、水銀温度計はいらない」といい切る人は、わずか10%

ほどしかいなかつた。それでは、パイロメーターはいらないかという「是非必要だ」という。遠隔計測ができるから。

機関室の湿度と計器

船上で、計器不良化の犯人として、まず先にあげられてしまうのが湿度である。統計によると、東京の夏の平均湿度は、80%にも達することがある。それでも、そのために計器がこわれるということは聞かない。これらの電気計器は、相対湿度60~65%あたりを標準として作製される。上限としては、85%程度を考えているのが普通である。これは、米国のミリタリスペックの流れをくんでいる。ミリタリスペックは、湿度について、南太平洋に点在する島々を想定しているときく。船も島も、湿度に大差ないとすれば、船の湿度に、計器はたえるはずである。

機関室の湿度は、計器にとつて、この上もなく良い。ディーゼル船機関室の湿度は、大気にくらべるとだいたい7~8°Cは高いものである。したがつて、相対湿度は、かなり低くなる。私の集めた実測値では、ここの湿度が70%をこえることは、まずないようだ。一般には、60%前後である。

第1図は空気線図である。これで、理論的に、機関室の湿度を想定する。第1表は、ハンドル前の条件と結果の一例である。ディーゼル船では、絶対湿度は増加しないと考えてよい。

第1表

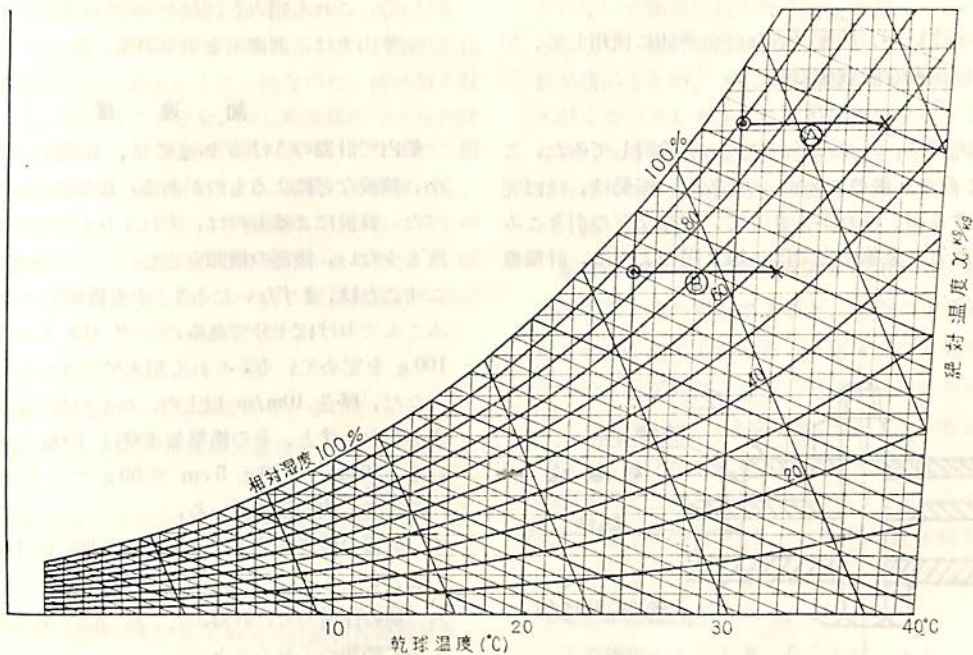
例	条 件		結 果	
	外 気 ⊙		機 関 室 ×	
	温 度	相対湿度	温 度	相対湿度
A	30°C	90%	37°C	61%
B	25°C	85%	32°C	57%

このように、機関室の湿度は、思つたより低い。大気が60%台のときなどは、40%台にもなる。

機関室に装備されたパイロメーターが故障したからといって、その犯人は湿度ではない。金華山丸では、機関制御室を設けて、空気調節をしたので、より完全である。

機関室の振動と計器

次の嫌疑者は振動である。機関室で機械はかなり振動する。ある人は、10m/m、600c/mほどを考えているし、ある場合には、3m/m、1000c/m程度という。ケー



第 1 図

スパイケースで、どれといえるものではない。ただ、だいたいこの程度、すなわち、3g 以下の振動と考えてよいのではないか。

熱電対とか抵抗などの測温部は第一線である。どのように振動の多いところでも、その温度が入用ならば、そこに取付けなければならない。排気ガス用パイロメーターについては、故障の 95%が、この部分におこっている。そのうちの 30%は熱電対回路の断線であり、残りの 65%は、熱電対と導線の接続部の破損やビスのゆるみである。一方冷凍船用温度計では、測温部の故障はない。両者の条件の相違の一つは、明らかに振動である。

ここで、同じ排気ガス用パイロメーターでありながら、この部分の事故が全くない船のあることに注意せねばならない。取り付け位置が違うのである。測温部の事故をなくすためには、次の配慮が必要である。

イ 取り付け位置は、できるならば、ピストン抜作業などで、毎回、取外したり、取りついたりしないで済むようなところを選ぶこと。

ロ 同じように、大きなものを、作業中にぶつけることがないように位置を選ぶこと。

ハ 測温部は、取外し取付けが容易にできる構造のものを選ぶこと。取外すごとに、電気接続部を外したり、

ついたりせねばならないものは最低である。

ニ 振動にたえるように設計し、工作されたものを選ぶこと。ビスの回り止めには、充分の配慮がされていること。

次に考えるのは指針部である。この部分が、振動でこわれたということは、まずないだろう。ここで起こる事故は、切替スイッチとか、摺動抵抗のよごれが主である。自記計では、モーターとか、ギヤ装置に、不具合のおこることがある。

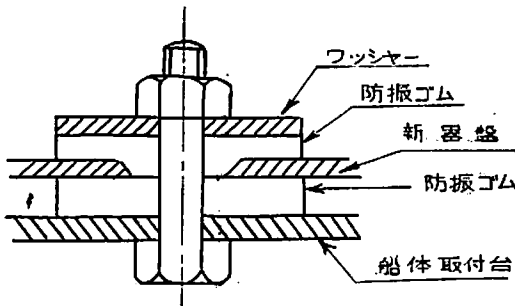
可動線輪型では、耐振性と精度とがうらはらになるので、振動に対しては、けつして強いものではない。しかし、指針部は、取付け位置も、方法も、自由に選べるので、振動も、あまりおそれないでよい。

穂高山丸などの実験を総合しても、振幅が 0.2m/m をこすほどのものは、それほどないのではないか。十勝山丸の自動化実験では、機関室側壁の振動が、0.5/100m/m から 4/100m/m 程度と計測されている。一方、計器は、JIS では、4m/m、1000c/m、1hr とし、防衛庁規格では、3m/m、1000c/m、3hr のテストを要求している。高周波振動は、計器にとつても好ましくはないが、吸収することも、また容易である。指針部は次のように配慮されるとよい。

イ 振動の少ない、環境のよいところを選んで装備すること。

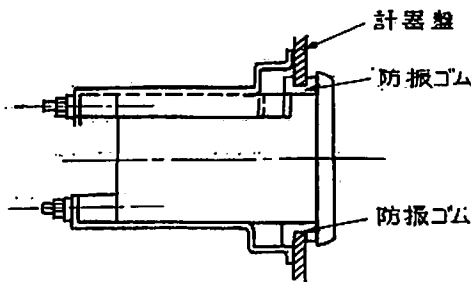
ロ 簡単でよいが、防振ゴムなどを適切に使用して、できるだけ振動を吸収すること。

金華山丸では、エアーバッファも検討してみた。これは、「こだま」級のクッションである。振動は、ほぼ完全に吸収するが、ゆれが大きくて、電線などの引きこみに難点がある。金華山丸では、第2図のように、計器盤を装備した。



第2図

可動線輪型温度計は、計器盤から、もう一つ、第3図のように、防振ゴムで浮かした。



第3図

振動は、犯罪をおかす可能性なしとはいえないが、あらかじめよく考えてやれば、そのようなことはおこらない。

周囲温度

機関室の温度は非常に高い。だいたい、25~50°Cの範囲内にあるが、なかでも、35~45°Cにあることが多い。一方、このような計器は、20°Cを標準として考えるので、できるだけ、周囲温度をそれに近づけるとよい。しかし、計器は、最高周囲温度として50°Cほどは考えているので、とくに差支えがあるというものではない。

い、防衛庁では、加熱試験として、70°C、2hrを要求している。これも犯人とはならない。

金華山丸は、制御室を空気が調節した。

加速度

船内で計器のうける加速度は、振動によるもののほか、波浪などによるものがある。振動については前に述べた。波浪によるものは、それよりもはるかに低く、頻度も少ない。後部の機関室でも、この加速度が1gをこすことは、まずないだろう。中央機関室では、0.3gもみこんでおけば十分である。一方JISも、防衛庁も、100gを定めている。これも犯人ではない。

ただ、厚さ10mm以上の、かしの板へ、20cmの高さからおとすと、その衝撃加速度は100gと解説されている。10cmで70g、5cmで50gだそうである。

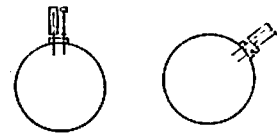
ここで、次の注意がある。

イ 計器の装着作業では、その取り扱いに十分注意すること。

ロ 他の作業でも、計器がどこにつけてあるかを、あらかじめ知っておくこと。

指示誤差

同じ排気ガスを測定しながら、機側の水銀温度計と、電気温度計の指示には開きがあり、しかも、その差は一定ではない。その原因の一つは、取付け位置の相違と思われる。両者は同じ排気管でも、上下と上横とかかなり離れた位置につけられている。中の流体の流れ方によって、差が生ずる。流体の流れがかわれば、差の幅もかわる。曲管では、その外廻り側と内側では、また差がある。金華山丸では、第4図のように並べてつけるよう、お願いした。



第4図

次に、時間おくれの問題がある。流体の温度が変化するとき、電気温度計の応答は早い。しかし、液体封入温度計は、かなりおくれる。周囲がよくかき廻された水であつても、5~25秒はおくれる。静止した空気では250~1300秒はみなければならぬ。排気ガスの温度計を、機械の負荷を変化させながら見れば、両者の指示の開きは、一定とはならないだろう。

次に考えるのは、どちらが正しいかということであ

る。いままで船では、ほとんど、液体封入温度計にたよっていた。運転の基準とする、試運転のデータなども、勿論、それで記入されている。したがって、差があれば、電気温度計の誤差ということになった。液体封入温度計は、その細いガラス管を、同じ断面積につくらねばならない。これはむずかしい作業である。したがって指示には誤差がでる。また、これは、振動にも衝撃にも、強いものではない。このための整備費は、かなりのものである。また、この温度計は経年変化があるので、しばしば補正しなければならない。一方、電気温度計の誤差は、理論的にも、だいたい見当がつく。

金華山丸では、次のことをお願いした。

- イ 試運転の記録は、電気温度計でとること。
- ロ 受渡しのおときは、液体封入温度計は外しておくこと。
- ハ 日盛板付温度計のかわりに棒状温度計を供給すること。

これまで、悪評ひんびんであつた日盛板付温度計を、この際に止めたいという、一石二鳥の案のつもりであつた。

金華山丸の実績

金華山丸は、乗組員の非常な努力と、同乗した古屋氏の適切な調査などによつて、順調に航海した。以下は、その実績である。

イ 環 境

湿度は、機関室で70%以下であり、機関制御室では40~60%と理想的である。計器盤の振動は5/1000m/m以下と報告されている。手をふれても、全く振動を感じない。制御室の温度は、20~30°Cに保持されている。

環境について問題点は何も無い。

ロ 故 障

可動線輪型をのぞいて、故障はない。可動線輪型温度計は、一次航で7コの不良を生じた。全部で41コあるから、月あたり6%の事故率となる。ある発電所で、計装の事故率は2%と報告されているので、その3倍にあたる。古屋氏の調査によつて、これは、こわれたのではなく、こわしたのだということがわかつた。原因は、この筒々の計器に、ハンディーな電源スイッチを装備しなかつたことにあると、反省している。

この種計器は、電源回路の線輪と、測温体回路の線輪とが引っぱりあつて、指針を、その温度目盛の適当なと

ころに、止めるような構造になつている。いま、電源をきらないで測温抵抗を外すと、電源コイルのみが働くことになり、指針は高温側にふり切つてしまう。そして、針が曲がるとか、コイル状導線がからむとかで、バランスがくるつてしまう。これが故障のすべてである。電源を入れたまま、測温抵抗回路の切られることがなかつたならば、この温度計も、事故はなかつたはずである。

ハ 誤 差

金華山丸では、標準温度計を使用して、誤差の問題を検討した。その報告によると、排気ガス温度計は50°C近くの差がでたものもある。第4図のとおり装備されなかつたことが問題となるかどうか、おのおのを標準温度計とくらべると、水銀温度計では、8箇のうち7箇に10°C以上の誤差があつた。電気温度計では10°C以上の誤差のでたのは、逆に1箇だけであつた。ここではじめて「誤差のあるのは、むしろ、液体封入温度計である」ということが、確認された。排気ガス用以外についても、結果は同じであつた。

この報告をえたとき、私たちは、本当にほつとした。責任者、菊池さんは、この上もなく、うれしそうな顔をした。

お わ り に

金華山丸の企画から、完成にいたるまでのメモから、電気温度計の信頼性について、まとめてみた。もとより素人であるので、いたらぬところが、多いと思う。お教えいただければ、幸いである。「敵を知り己を知らば、百戦危うからず」というが、とにかく、私どもは、この種計器について勉強が足りなかつたようだ。また、船に装備するものには、もつともつと親切なインストラクションを、つけていただきたいと思う。船のエンジニアは、計器だけを見ているのではないから。

この調査にあつて、貴重な意見をのべてくださった、船の若いエンジニア達、金華山丸の計装に非常なご協力をいただいた。三井造船の設計の方々、それから、金華山丸の乗組員に、あらためて、感謝を申し上げたい。

(編集部 筆者は金華山丸の自動化について、その担当者として、調査、企画、設計と一貫してその衝にあつた。今回は表題のものをまとめたが、ひきつづき、機関制御室の設計、人間工学などについて発表される予定である。)

3. 自動航法における航路測定装置の一例

庄 司 和 民

<A Route Direction Finder>
P. Gaudillière の紹介

ドブラーレーダや慣性航法装置によつて、古典的な Dead Reckoning による航法は一応完成の域に達したといえる。しかしこれらの方法における誤差の主原因は方位（速度ベクトルの方向や、子午線または大圏に関する方向）の不確定にある。現在この方位の決定は磁気コンパスやジャイロによつて得られるが、磁気コンパスはしばしば数度の誤差を示すし、ジャイロは数時間の作動後にかなりなドリフトを示しがちであつて、これらによる方位の誤差は極地方に行くと増大する。

これから述べる D.F. と呼ばれる装置は、2局から発信される信号で、対速力の方向を実際に測定するものである。この使用には航空機の推定した位置は充分な精度内で分つているという仮定に立つている。そして他の方位を測定する器械の校正や、予定航路に沿うような航路誘導に役立っている。

この装置は A, B 2局を 2~300 マイル離して設置し、それらの局から p, q 2つの周波数信号を、別々に CW としてまたは、sine wave の AM あるいは FM として送信するものである。（仏国特許 24・7・52 の 1061007, 英国特許 No. 738,756, 米国特許 No. 2,727,231）

A, B 2局を焦点とする双曲線は同位相線 (isophase line) である。そしてこの同位相線が AB を結ぶ基線を $V_0 = (p-q) \cdot c / (p+q)$ (ただし c は光速) で移動させると、 $\angle AMB$ が 2θ である点 M では同位相線の移る速さ V は、 $V = V_0 / \sin\theta$ となる。（双曲線航法の精度と同じ計算による。すなわち、 $V/V_0 = \text{cosec } 2\theta/2$ ）

M 点が固定点ならばこの同位相線は、 $f = p - q$ という scanning freq. を示し、 $T = 1/f = 1/(p - q)$ という scanning period を示す。

M 点が v という速力で、同位相線に対して α の角度をする針路で移動するとすれば、A 点に近づく速力は $v \cos(\alpha - \theta)$ であり、B 点に近づく速力は $v \cos(\alpha + \theta)$ である。この現象はドブラー現象で周波数や周期に見かけ上の変化を与える。すなわち p は p', q は q' とみなされる。 $p' = p [1 - \{v \cos(\theta - \alpha)\} / c]$, $q' = q [1 - \{v \cos(\theta + \alpha)\} / c]$, そこで f は f' とみなされる。

$$f' = p' - q' = (p - q) \left(1 - \frac{v}{c} \cos \alpha \cos \theta\right) - (p + q) \frac{v}{c} \sin \alpha \sin \theta$$

$$f' = f \left(1 - \frac{v}{c} \cos \alpha \cos \theta - \frac{v}{V} \sin \alpha\right)$$

ここで $\frac{v}{c} \cos \alpha \cos \theta$ は、300 m/sec 以下の移動速度に対しては 100 万分の 1 より小さい値であるから省略し得る。そこで実用的には

$$f' = f \left(1 - \frac{v}{V} \sin \alpha\right) \text{ ということが出来る。}$$

$$\text{このことから } \sin \alpha = \frac{v}{V} \cdot \frac{f - f'}{f}$$

またみかけの周期 T' は、

$$T' = \frac{1}{f'} = \frac{T}{1 - \frac{v}{V} \sin \alpha} \text{ で実用上は}$$

$$T' = T \left(1 + \frac{v}{V} \sin \alpha\right)$$

ということが出来る。

航空機の位置が分つていれば、A, B に対する地理上の位置は、V の値と、子午線に対する同位相の線がなす角度 τ も分る。一般に A, B のごく近く以外は、V と τ の変化する割合は少ない。

そこでもし航空機が速力を測定する器械 (log cinemometer, Doppler radar, inertia instrument) を持つていれば、v が分るから、あとは f' または T' を測定するならば、 α の値が決定されることになる。針路は $(\alpha + \tau)$ で与えられる。

このようにして得られる針路情報の精度は、次のような点に注意すれば、コンパスよりすぐれている。

注意 1. p, q の周波数の高い安定度と精度

注意 2. なるべく同位相線に対して直交する針路をさける。（誤差が増大する）

以上の注意が保たれれば、地上波を受信する場合だけでなく、空間波をも利用出来る。空間波を利用する場合は長期間の観測値を平均して、同位相線の移動速度 V を 2,300 分の 1 以内の精度で、平面投影速力に置きかえて考えればよい。特定の航路については発信局はこの航路に直角な線上に設置される。例えば北大西洋横断航路

には Ice land と Azores を選ぶようにすればよい。

この装置はいろいろな形につくられるが、二つ方法に大別される。

第1の方法は連続波 (C.W.) を用いる方法であつて A, B 2 局はそれぞれ p, q の周波数の電波を送信する。p, q は 2~300 c/s から 2~3 kc/s の違いをもつた C.W. である。制御のために A, B から適当な距離の地点に C 局を設置し、A, B の電波を受信して、そのビート (p-q) が特定の値 f からずれないように監視する。この f の値は高安定発振器の出力で比較されていて、もしずれなければその誤差に比例した電圧を発生し、誤差情報を C 局より送信して A 局に伝える。A 局ではこれを受信して p を修正して送信する。各航空機は A, B からの送信 p, q を受信して、そのビートをとる。このビートを周波計に入れて f' を得、これでは $\frac{v}{V} \sin \alpha$ を知り α を決定する。

第2の方法は変調波 (Modulated, W.) を用いる方法で、A, B 両局から F₁, F₂ という区別出来る搬送波を送り、それぞれは p と q で振幅変調 (A.M.) または周波数変調 (F.M.) されている。

B 局では A 局の信号を受けて q を (p-q) が正確な f になるよう制御する。この時、この値は非常に小さい (約1サイクル以下) なので直接制御することは困難だから、F₁ を p, q の倍数に選び F₁=np=n'q (ただし n, n' は整数) とする。A 局では F₁ が搬送波となり、これを n 分割して p を送る。B 局では A 局の信号を受けてこれを n' 分割して q を作り出す。航空機では p' と q' の周波数を検出して f'=p'-q' を得、p'

と q' は鋭いパルスにされて、この一致を検出し、次の一致までの時間を測定して T' を得る。そして $\frac{v}{V} \sin \alpha$ を得る。

この装置はコンパスの指度を時々校正するためや、ジャイロコンパスの再調整等に用いられる。航空機には V 一定の線群と r 一定の線群を画いた地図を持っていて、もし速力 v とドリフトが測定されたならば、 α はこの装置から得られる f' から計算され、 $(\alpha+r)$ が計算される。

またこの装置は予め定められた航路計画に沿つて航空機を直接誘導するのに用いられる。

常時速力 v が得られるのでこれを積分して航程を得れば、船の位置から V と $\sin \alpha$ が予測出来る。これを距離計と連動して動くテープに記録しておけば、この二つのデータとともに計算機に入れられ

$$f(1 - \frac{v}{V} \sin \alpha)$$

$$\text{または } T(1 + \frac{v}{V} \sin \alpha)$$

が計算される。この値は装置から得られる f' または T' と比較されて、パイロットの前面に誤差電圧を示す計器を置き、針が 0 を示すように航行すれば予定通りの航路を進んでいることになる。

またこの誤差電圧で方向制御のサーボ機構と組合せれば、自動航行にすることが出来る。

この方向測定機は速力を測定する機械と組合せられたならば、その方位情報を正しいものとし、更に簡単な構造と軽量であることも相まつて自律航法装置からの利益を最大にするものといえる。

4. 自動航法における電波六分儀の使用

1. ま え が き

大洋を航海する船舶にとつて、昔から船の位置を決定する唯一の手段は天体の観測であつた。近年電波航法が発達し、方向探知機、ロラン、デッカ等があるとはいつても、まだこれはすべての地域で利用できるものではなくまた精度の点からも天体観測による位置決定の方法は依然として大洋航海の主導的地位を失つてはいないのである。この天測の方法としての六分儀については何十年、あるいは何百年の間僅かずつの改良はなされていた

飯島 幸人
東京商船大学

のであろうが、殆んどみるべき進歩はなく、天測への努力は主として計算手段に注がれて、いかにすれば簡単にしかも早く計算できるかということに終始してしまつていたが、現在の六分儀の最大の欠点は何といつても曇天の日や、水平線の見えないときは天測ができないことである。現在の六分儀をいかに改良してみても光学計器である以上これを望むことは無理なことであつて、天体の見えないときの観測は不可能である。

しかるに 1932 年ベル研究所のラジオ技師であつた Karl Jansky が宇宙から飛来する電波の存在を発見し

て以来、新たに電波天文学という学問が誕生し、マイクロ波技術の発達とともにこの分野は急速な進歩をとげ、太陽を始め多くの天体からの電磁波の強さや、波長や、時間的な変化の様子が次第に解明され、現在では約3000個の天体が電波を出していることが解つた。そしてこの数は更に増加しつつある。

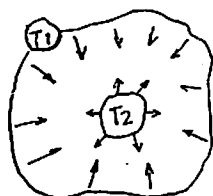
ある天体が電波を出しており、その電波の到来する方向を測ることができれば、六分儀と同じような目的で使用できるであろう。そうすれば昼間夜間を問わず、どんな悪天候にでも天体観測が可能となるのである。このようにして考えられたものが電波六分儀 (Radio sextant) である。

2. Radio star と Radio star chart.

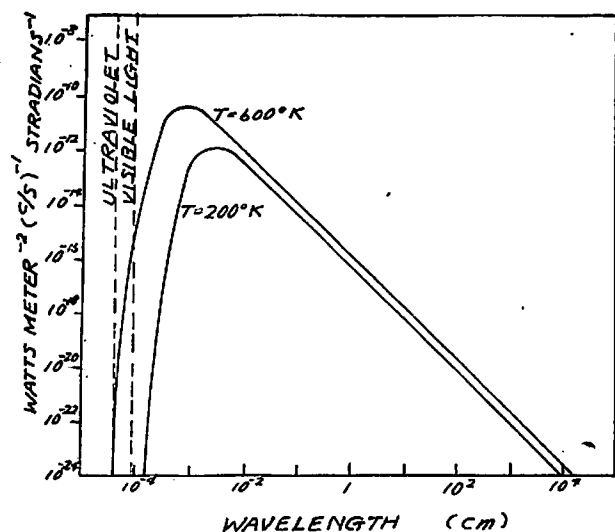
太陽は電波を放射する唯一の星であるとして知られたのであるが、研究の進むにつれて電波を放射するものは太陽に限らず、他の天体も放射するものであることが解り、その星も次々と発見されて現在約3000個にも及んでいることは述べたが、これ等電磁波を放射する星は Radio star と呼ばれている。これ等の Radio star がなぜ電波を出すかということは planck の法則から説明される。すなわち第1図のように温度 T_2 の物体の周囲を

温度 T_1 の物体が完全に取囲んでいる状態を考える。

両物体の温度が 0°K 以上であればこれ等の物体から熱放射があり、その放射は T_1 と T_2 に差があれば温度の高い方から低い方にエネルギーを放射して



第1図



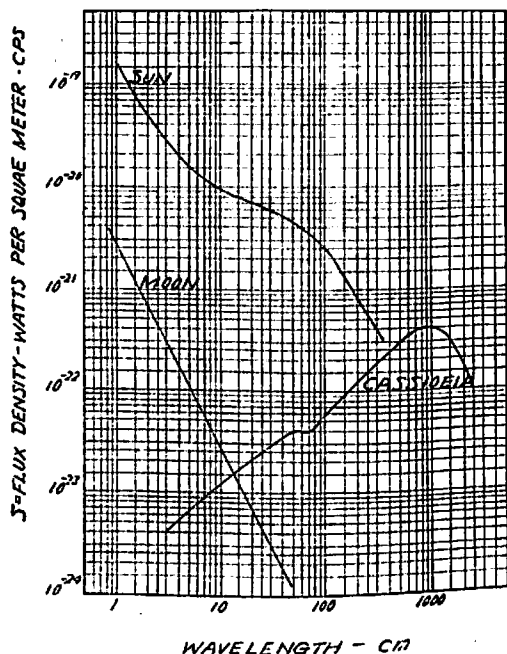
第2図

$T_1 = T_2$ になるまで続く。

両物体が完全黒体であれば、これ等の放射のエネルギー分布は planck の公式で与えられ、物体の温度によってエネルギーの周波数分布が異なってくる。今 60°K と 200°K について planck の法則によつて計算したエネルギースペクトルをみると第2図の如くである。

第1図の内部の物体をアンテナに置きかえてみれば、温度 T_1 からの放射エネルギーを受ける。この場合、アンテナで受けるエネルギーは無線工学で取扱う周波数域では planck の公式より $P_r = K \cdot T_1 \cdot B$ で表わされる。もしアンテナに指向性があれば、 $P_r = \alpha \cdot K \cdot T_1 \cdot B$ ここで P_r : 受信エネルギー、 α : アンテナの指向性による係数、 K : ボルツマン定数、 T_1 : 取巻いている物体の温度、 B : 受信機の通過帯域幅である。この式は無線工学における受信機の入力回路の雑音の大きさの式と全く同じである。このことは後に述べる信号と雑音とを区別する上に重要な事項である。

このようにして天体はおのおのの電波を放射しているのであるが、大体において太陽よりはるかに強い放射体が多く、これに較べれば太陽は非常に弱い放射体ではあるが、距離が近いために地球表面の観測において強く現われるのである。地球表面の電波の強さは Flux density で測られる。1 Flux density というのはある特定の周波数において $\text{Watt} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (\text{c/s})^{-1}$ で表わされ、 10^{-22} flux density を 1 Flux unit という。



第3図

太陽が黒点や光焰によつて乱されていないときは 3 m 波で 1.9 Flux unit であり、カシオペア A は同波長で 1.7 Flux unit であつて第 3 図にみるように長波長になると太陽よりも強くなる。

カシオペア A は太陽よりも弱く受信されるのはその距離が地球と太陽の距離の 6 億倍もあるからであつて、その強さは天体中で一番強烈であろうと思われる。次に強いのは Cygnus A で 3 m 波で 1.2 Flux unit、距離は 4 億光年、地球太陽間の 20 兆倍もある。また超新星が出現するとそれから強い電波が観測される。天体の電波放射源にはいろいろのものがあるが主なものは次のものである。

1. 銀河系のもの 例 ターレスの蟹星雲
2. 銀河系以外のもの 例 アンドロメダ大星雲
3. 太陽
 - a) プランクの法則に従う静かな太陽（黒点や光焰のない）からの熱放射。
 - b) 静かでない太陽からの異常放射。
4. 月や惑星からの放射
 - a) 月からの熱放射
 - b) 木星、金星からの原因不明な強烈な放射

木星や金星からの放射は割合強く、木星など時には非常に強烈なときがあるが、また変動の方も非常に大きい。

これ等の Radio star は巨大なアンテナ面積を持つ電波望遠鏡で観測されるのであるが、この観測によつて、得られた星の電波の強さを星座のように書いたものを Radio star chart あるいは Radio map と呼ぶが、これは普通にみる星座とは大分趣を異にしており、星座のように 1 個 1 個の星が独立しておらない場合も多く、ある場合には丁度天気図の等圧線のように等電波強度の線が現われることもある。電波六分儀を用いて航海する場合にはこのような Radio star chart あるいは暦を用いるようになるであろうが、未だ現在では一般の航海の用に供せられるような Radio star の数はほんの僅かであり、Radio chart を用いるという段階までには至っていない。

3. 電波六分儀

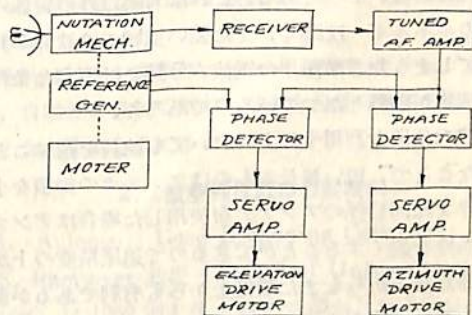
前述のようにアンテナを Radio star に向けて、その受信エネルギーの最大の点を求めればそのアンテナの向から Radio star の方位および高度を知ることができるが、電波の信号は前にも述べたように、受信機の入力回路の雑音信号と全く同じ形であるため、この雑音を分離するのに特殊な技術を要する。それは電波六分儀のアン

テナを Radio star の方向に向けて円錐形のすりこぎ運動をさせることによつて電波の変調を行い、変調しないときの入力回路の雑音と区別する方法がとられている。

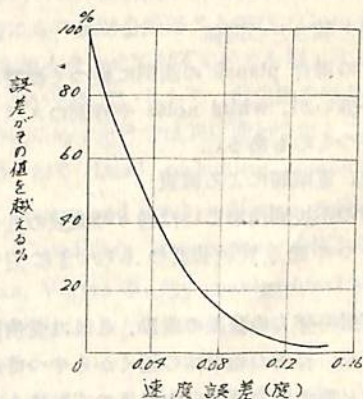
また船舶や航空機では動揺のため天体の高度はそのままでは測れないので、電波六分儀はジャイロを用いた水平台の上に置かれ、基準面はいつも水平になるよう考慮されている。簡単な系統図を第 4 図に示す。

コリンズラジオ会社（米国）は 1948 年電波六分儀の試作品を作り、1955 年には太陽において 1.8 cm と 8.7 mm の波長を使用した標準電波六分儀の試験の結果を発表している。

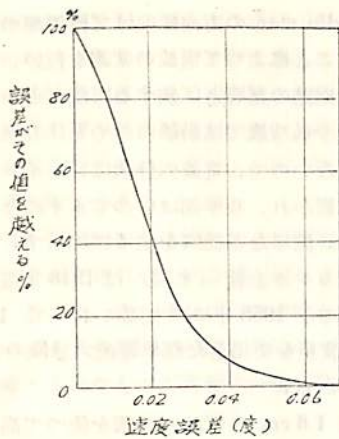
第 5 図は 1.8 cm の電波六分儀を使つて高度 20° 以上の太陽を測つた結果で 222 回の観測値によるものであり、第 6 図は 8.7 mm 波で 30° 以上の高度による 1952 回の観測の結果の確率誤差の分布曲線である。この曲線を見ると、その確度は光学的観測よりよいとまではいなくても、それに匹敵するような相当によい成績を示しており、充分実用になるものと考えられる。これを用いて実際に行われた実験航海においても、他の測定の手助けをかりずに 1,400 浬の航海が可能であつたと報告されている。



第 4 図



第 5 図



第 6 図

これ等の六分儀はブロック図でみるように自動的に太陽を追従して Digital 形式で太陽の高度を連続的に表示するように作られておる。

しかし太陽の観測は高緯度地方では期待できない期間もあるし、また夜間ではできないので太陽に代るような天体が、電波六分儀に應用できればその価値は非常に大きなものとなるが未だ星によつて天測できるような装置は作られていないようである。これは太陽以外の天体の地表でのエネルギーは弱く、また強い領域では波長が長くなつてしまうなど航海用の電波六分儀には不利な条件が多く実現が困難となつているのである。

電波六分儀を利用する上においても波長を選ぶことは大切なことで、短い波長のものはアンテナの面積を小さくできた同じ径のアンテナを使用した場合はアンテナの指向性を鋭くすることができるので追尾精度の上からも機器設計上からもまた装備上からも有利であるが波長の短い波は減衰がはげしくなる欠点がある。以上のような事項を考えて波長の選定には次の六つに注意を払ふ必要がある。

1. 波長と強さとの関係

多くの場合 Planck の法則に従つて波長の短いものが強いが、white noise や特別のスペクトラムを持つものもある。

2. 大気、電離層による減衰

3. 輻射の不規則性あるいは種々の減衰の変化の変化によつて起る電波強度のふらつきに対する信頼性。

4. 妨害信号勢力の波長の変動、これは受信機自体の雑音や、目的の輻射体の近くからやつて来る電波でアンテナの分解能の中に入つてしまうような輻射源からの電波も含む。

5. 背景から来る妨害信号とを区別するのに役立つ成極作用の特性。

6. 限定された大きさ（多分小さい）のアンテナに対する特定波長の識別（あるいはビーム幅）

等によつて使用し得る波長は大体定まつてしまう。船舶用の電波六分儀は実用上口径 4 フィートのパラボラアンテナが手頃であつて、これを用いるとビーム幅は 1° を越えず、最大の実用波長は 1 cm 以下となる。同様なことは航空機に電波六分儀を使用する場合にも考えられ、航空機の場合には重量から来る制限が厳しいため、余程大きな飛行機でなければ口径 2, 3 フィートのパラボラアンテナを備えることは困難で、雲上飛行の可能な航空機では普通の気泡六分儀でも間に合うものであり、余程の利点がないれば装備できないが、2 万フィートも上空では短い波長のものも利用できアンテナも小さく、重量を減らせる可能性もある。

またそれとは別に地球電波の応用という分野もありロケットの誘導や追跡とも関係深い。大陸間弾道弾では発射段階では慣性誘導を用い帰着には赤外線を用いるだろうが、その中間の段階では天文学的要素を導入しなければならない。アメリカのアトラスは自動天文航法を行つた最初のものの一つであると云われている。その詳細は不明であるが光電装置と星を記憶させた装置を組込んであるという。アナログの電波天文航法として、誘導装置は電波の連続音を記録した磁気テープを持つており、受信された実際の信号と常に比較されて、相違があれば Error signal を発してサーボ機構を働かせて必要な操能を行うことができるのである。この機構は、電離層中を飛行するときは電波音は周期に変化するために、次々とパターンを変えてゆかねばならないために複雑となるが、それほど困難な問題でもないという。現在ロケットの分野では電波六分儀の追従サーボから得られるデータが自動航行をする上に非常に役立つため、ロケットは電波六分儀を装備する必要があると主張されている。

今やわれわれはいかなる気象状況の下でも、いつでも、どこでも連続的に位置を記録するような新しい航海装置の要求に直面している。

それは今までよりもずっと高度の精度を与え、速度の変化を直ちに検出し、予定されたコースへの影響を計算し、もしコースから外れたならば自動的に航路を戻す装置である。位置の連続記録は慣性航法装置からでも、自動光学的追跡六分儀からでもできるが、前者は長い航海には不利であり、後者は荒天や月のない夜などには使用できないので All-weather の電波六分儀とこれ等の計

器との組合せによればおのおの長短相補つて自動航海目的に沿うことができるであろう。更に現在の位置を早く決定し、未来のコースを計算するためには自動計算機が必須のものとなつてくる。多分将来は非常に小型の増幅器を使つた小型の電波六分儀で、現在の光学的天測と同じように、Radio star を用いて航海する時代がやつて来るであろう。そのときこそ真に船舶の自動化が可能となるであろう。

5. 自動航法と Roller Map Equipment

1. 航空図

刻々の航空機の位置を地図の上に確認しながら飛行することの大切なことは、昔も今も変わらない。

しかし航空機の速さが速くなり、航空計器や航空標識が進歩し、新しい航空路（極横断航空路等）が開かれるにつれて、航空図に対する要求は変わつてきた。

目視航空図（地形および地理図）

計器航空図（無線施設等の航空情報が重ね刷りされ、接近および着陸図として利用）

特殊航空図（デッキ、コンソル、ロラン）

一般用および位置記入用図

$\rho-\theta$ 航法図

等があるが、図法的にはどうであろうか。

- i) 同時に共形で、等積かつ等距離の図法はない。
- ii) 上の要求を同時に満たすのは球であるが、Frankfurt/main から New York への航路を 1/5,000,000 の球冠で示すには 1.2 m の長さで 60 cm の高さが必要である。

狭い航空機の使用には本質的に不適當であろう。

- iii) 航空図にとつて等積はあまり重要でない。

等の点を考えて K・H・Meine は 70°N 以北ではステレオ極投影を、以南では二つの基準緯度を等距離にした共形円錐図法をすすめている。そして

特定の航空路に対しては、自転軸以外を軸とした円錐図法によつて展開する共形図法が最上の図法であると述べている。

そして 1959 年 4 月から 5 月にかけて、モントリオールで開かれた航空図に関する会議では、

- i) 地図の尺度によつて盛るべき内容の最小要件の決定

参考文献

- 1) 木村 小一：電波航法 1961-2.
- 2) C. M. CADE; "The use of Radio sextant in Automatic navigation systems" JOURNEES INTERNATIONALES DE PARIS, AVRIL, 1959.
- 3) H. C. KO; "Radio Map of the Sky" I. R. E. Student quarterly, February 1960.
- 4) Cornell H. Mayer; "Radiation from the planets." I. R. E. student quarterly.

川本文彦
東京商船大学

- ii) 地球をもつとも主要な系列でおおうことを保証するため、航空図の刊行について国家の責任を割り当てること。

等が主として討論されている。

将来予想される地図の表示方法として、1958 年 5 月、ベルリンで開かれた“航空および航空輸送の管制”に関する国際会議で Hugon 教授は“ビデオ地図装置”を提案した。

それは地図を背景に、レーダ像またはテレビ像を連続、自動的に重ねて示し、地図と自然の組み合わせをしようとするものである。

2. 航空機位置の自動表示

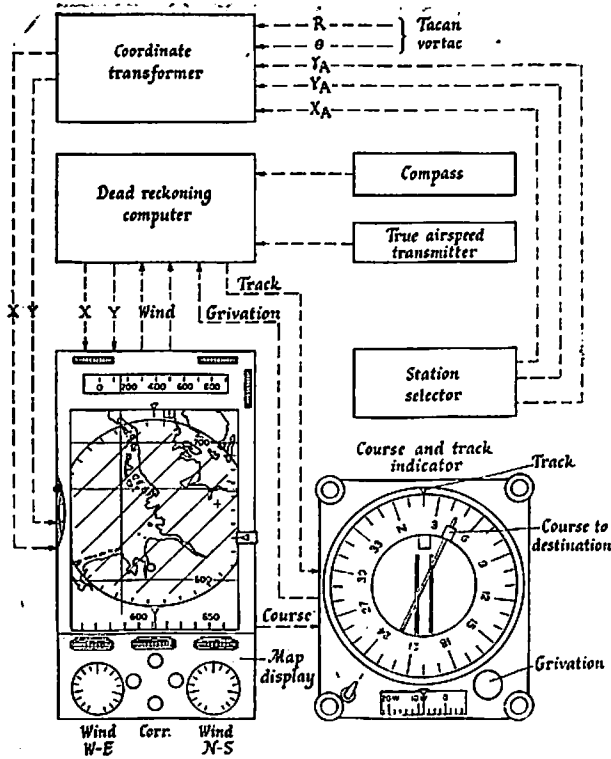
1. Automatic Dead Reckoning Computer

K. Ramsayer 教授 (Technical University of Stuttgart) は 1959 年 4 月、パリで開かれた 3 国自動航法会議で自動推測計算器 (Automatic Dead Reckoning Computer) について発表している。

船の方にも“航跡自画器”と呼び、Gyro Compass と log を組み合わせて刻々の船位を図示する方法は、早くから用いられているから、航空機の場合も推測位置を自動的に示すだけでは別にならなかつたところはない。

第 1 図の如く Dead reckoning computer, Map display, Course and track indicator の外に、Station selector, Coordinate transformer の附加装置があつて、Tacan, Vortac 等、他の navigational aids と組み合わせ利用出来るところが異なり、かつ優れているところである。

第 2 図と対照して見れば、その作動機構は明かである。

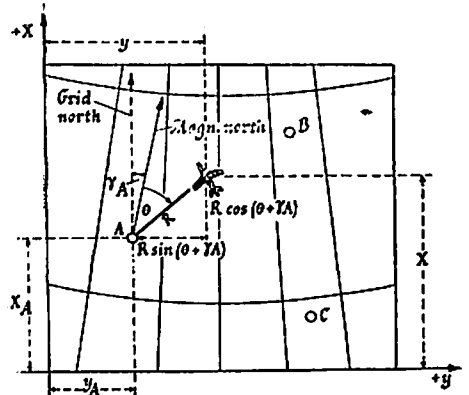


第 1 図

共形円錐図法による地図は飛行機の東西方向の分力によって東西に動き、pointer は南北方向の分力によって南北にのみ動いて自動的に飛行機の位置を地図上に示すのである。

航空機の位置が地図の端にすればボタンを押して次の地図を用意し、新しい地図上に飛行機の位置が自動的に調整される。このために地図片 (Map strip) は第 3 図の如く、少しずつ重複して作られている。

Map display は位置を示すほか、目的地への針路を知るのにも用いられる。すなわち、現在地と目的地を結ぶ直線と格子線 (Grid line) が平行になるまで、Map display 上の Compass card を廻すと、その針路が自動的に Course and track indicator に発信され、pilot は Course pointer が基線 (lubberline) と一線になるように操縦しさえすればよ



第 2 図

いのである。

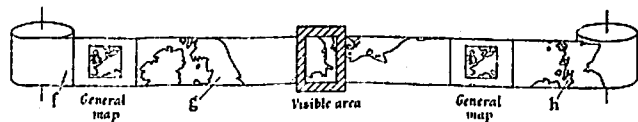
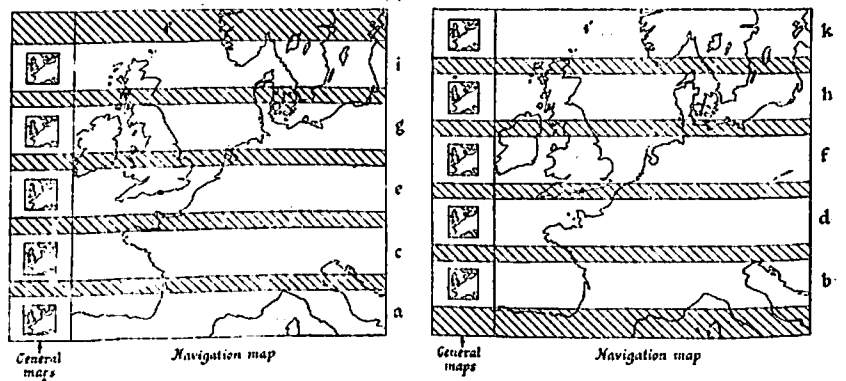
目的地が地図片の Visible area (第 3 図) 内にはないときは、General map の方にスイッチを入れ、上記同様針路を定め、再び大尺度の Navigation map の方に Switch back すればよい。

2. Roller map equipment.

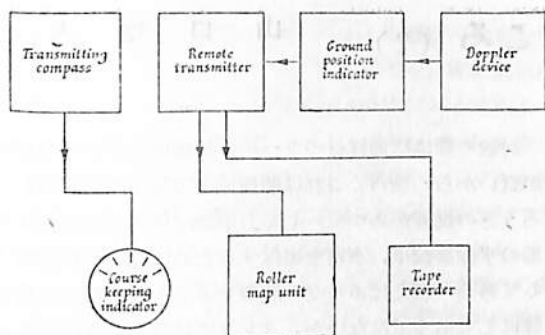
1959 年のパリ会議で、ケルビン・ヒューズ会社の G. Wikkenhauser 氏により発表された。

地図の上に刻々の飛行機位置を自動的に示すことは (1) の場合と同じであるが、ここでは航空路飛行 (Route flight) を対象とし、ドブラ装置から得られる飛行機の対地速力によって自動的に drive されること、と航空路の要点においては、pilot の注意を喚起するための聴覚装置が備えられている点が異なる。

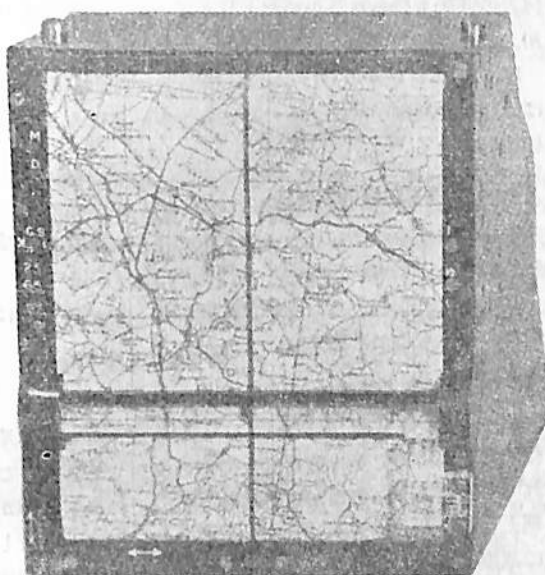
しかし、完全自動航法装置とは云えず、pilot や



第 3 図



第 4 図



第 5 図

navigator が正確な位置測定を行って、器械の積算された位置誤差を 0 にするため、reset することによって loop を閉じねばならない open loop navigation device であるが、精度が非常によいので、飛行距離の自動記録、予定対地速力で飛行しているかどうかの検討、地上が見えないときでも信頼するに足る飛行機位置の推定などに用いられる。第 4 図は doppler-driven map unit の block diagram である。

ドブラ装置から得られる対地針路、速力は地上位置指示器において針路方向の対地速力と、それに直角な偏流に変えられる。

地図は飛行機の対地速力に応じた正しい scale speed で基線を横切つて自動的に動き、pointer は偏流に応じた正しい scale speed で基線に沿つて動くので、pointer は常に地図の上に、飛行機の正しい位置を自動的に示すのである。

途中で remote transmitter が入っているのは、これ

を飛行機のどこか都合のよい場所において、操縦席におく map unit をなるべく小さくするためである。

Remote transmitter は pilot が、航空路の要点にきたとき、予め準備された注意や命令を、丁度そのときに聞けるための tape recorder の制御器として使用することも出来る。

course keeping indicator は所定の針路を保ち、また針路から外れたとき、元の針路にもどすのを容易にするためのもので、針路偏位を示す pointer の左右の動きを、中心に集めるように操縦すればよい。

第 5 図は doppler-driven map unit の外観で、地図片は幅 $4\frac{1}{4}$ inch 長さ 30 ft (25 万分の 1 scale で 600 哩、50 万分の 1 で 1,200 哩、100 万分の 1 で 2,400 哩の往復飛行に十分な長さである。) のテープに作られ、カメラのスプールのような機構で、対地速力に応じて順次捲き取られて行くのである。

基線は透明なプラスチックで、左右偏位を示すため基線に沿つて動く小さな四角い黒マークがついている。

万一飛行機がひどく航空路から外れたときは、この black mark は scale out して端で止つてしまうが、記憶装置が偏位量を計算していて、飛行機が地図上に戻つた瞬間、再び自動的に動き出すのである。

この記憶装置は 1/1,000,000 の scale の地図上、120 マイルまで地図から外れても働くようになっているが、それ以上になると同調が失われるので再調整が必要となる。

照明は明るさが全面にわたつて一定で、かつ影を生じないため electroluminescent panel を用い、昼、夜、薄明等に応じて最良の明るさに調整するため四段切換の変圧器を用いている。

ドブラ方式による対地速力の精度は 0.5%、偏流精度は 0.25° で、精度 1° の Compass を使用したとき、全ての位置情報は 0.2~2% の範囲の精度で得られた。(1 例として 600 哩の飛行に対し、誤差は約 4 哩であつた。)

これは外部からの援助による修正を行わず、ドブラだけによつて得られたものであつて、もしも必要な照合方式を用いれば、容易に 1% 以内の精度に保つことが出来るよう。

この実績は約 3/8 A. T. R (aircraft T. rack) 重量約 8 lbs (3.6 kg) である。

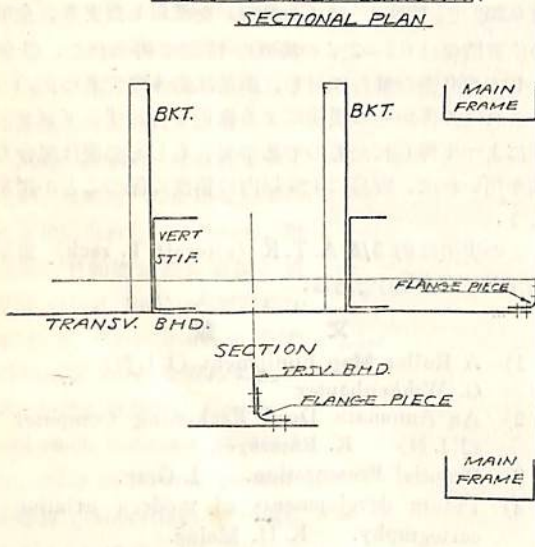
文 献

- 1) A Roller Map Equipment (J. I. N) G. Wikkenhauser
- 2) An Automatic Dead Reckoning Computer (J. I. N) K. Ramsayer.
- 3) Pictorial Presentation. J. Gray.
- 4) Future developments of modern aviation cartography. K. H. Meine.

2-b 横隔壁曲縁取付

ある1万トンタンカー(横骨式リベット船)が油を満載して荒天に遭遇したところ、中央ポンプ室の隔壁と外板とを取付けた山形材 Boundary Angle のリベット(2列締)から盛に油が漏り出し、船員はバケツで油を汲出しながらヤット帰港したので、早速タンクテストして見ると、リベットは殆んど健在で、僅のリベットが涙を流す程度だったのには驚いた。すなわち波のためストレスがここに集中して材料にヒズミを起し、リベットとその孔並に板との間に隙間が出来て漏油したのが、平常に返つて見るとヒズミが直つてリベットは元通り水密を保つたのであろう。これでは修繕の仕様が無い。そこで苦しみ抜いて案出したのがこの曲縁接続である。抑もストレスが局部に集中して起るヒズミによる分子の転移は寸法から見ればごく僅かのものであるけれども、ヒズミが起る局部が非常に限定されていると、そのヒズミが弾性限度を超えて極微な亀裂が出来る。極微な亀裂が出来るとそこを中心として益々そこにストレスが集り、そこを震源地として急に亀裂が発達して遂に故障となるものと思われる。そこで外板と隔壁を接続するのに角隅が特に強剛に出来ておる山形材を使う代りに曲縁材を使い、ヒズミが起る範囲を広くして、ヒズミを材料の弾性限度以内に止めよう、すなわち構造に充分な靱性を保たせようというのが本案の狙いである。(Fig. 8)

FIG. 8 FLANGE CONNECTION SECTIONAL PLAN



討論の際には曲縁材のリベット接続は水密度の信頼性が低いから、恐らくこれは船級協会で認めて呉れないだろうとの批評があつた。しかし筆者は圧力の掛る液体容器の平面接続は、水密を確保するために特に曲縁接続としてある。例えばボイラの鏡板やドラム罐の鏡板は皆曲縁にしてあるではないか。タンクの鏡板たる横隔壁を曲縁接続にするのは当然な構造であると抗辯して見たが、何方の共鳴も得られなかつたと見えて、未だ何所でも採用された船はないようである。

序に縦フレームのブラケットが横隔壁を貫通する所では、該部の過剛を緩和するため、縦フレームのウェブを切抜いてある。

2-c 縦通材の横隔壁貫通

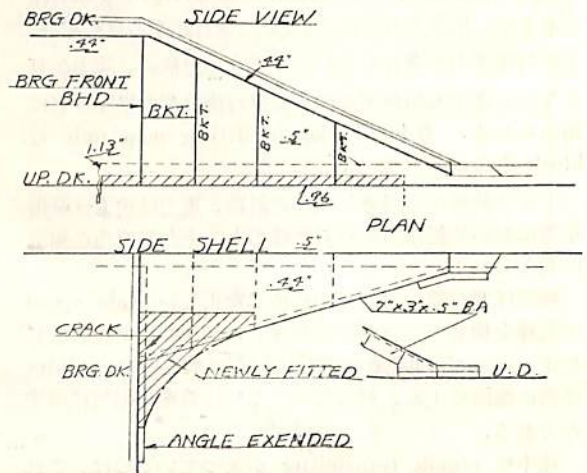
これは前述の通り、貫通ブラケットの採用で殆んど達成されておる。

これは全く暗合であろうが、人間の考えて落着く所は似たようなものだと興味深いものがある。

2-d 船楼構造の解放

Fig. 9 は G. T. 1万トンリベット構造タンカーの船橋楼前端舷側構造で当時造られた最強の構造であるが、これでも図のように亀裂が出て補強され、その後も故障が絶えなかつた一例である。しかしその後はいつとはなしに故障は出なくなつたが、それは御座なりの修繕で表面は固まつたように見えるけれども實質は各部が落着く所に落着いて修繕などはどうでもよくなつたためではある

FIG. 9 BRIDGE FRONT TROUBLE



まいか。当時の B. C. 規則ではこんな頑固な構造を普通貨物船にも要求していたが、ロイドでは比較的簡単に取扱っていた。それでも故障の起る程度は両者間に余り違いはなかつたように覚えている。最近では A. B. に倣つてなお更簡単になり、ルーズボルト締めでストレスを逃がしてある。ただし最近でもこの辺に故障は相当起つてはいるようであるが、重大な故障は少いようである。

こんなことから少くともタンカーでは船橋楼内の側壁を本体外板の直上には持つて来ず、適宜にその内側に独立させ、船橋の構造も組立式などの靱性に富んだ構造にしたらどうかと言つた主旨である。このことは戦時タンカーには全幅的に採用された。みる眼には余り立派ではなかつたが、実用としてはそれ相当に目的を達したようである。

3. 法規の影響

法律は人間が作るものであるから、どんなに苦心して作つても完全無欠とばかりは行かない。殊に船のように世情によつて千変万化するものにあつてはなお更である。以下二三の例によつて法規の盲点により、どんなことが起るかを考えて見たい。

3-a ターレット船

前述の Fig. 7 は典型的なその実例である。この時代のトン数計算法では、倉口のトン数は総トン数から除外される規定であつた。この盲点を衝いてターレット船では倉口を船の殆んど全長に亘る長倉口にしてトン数を減少したのである。しかしこれは不当であるという世論によつてこの法規は現在のように、倉口トン数は総トン数の比率によつて一定の制限が設けられ、如何程倉口のトン数が大きいても制限トン数を越えたトン数は総トン数に算入されることになつたので、本船のように故意に倉口を長大にした設計は意味がなくなつた。この特典がなくなつてみるとこの船型は真に変なもの、凌波性だけがいくら卓越していても貨物船には不向なため、トン数規定改訂後は誰もこんな船を造る人はなくなり、遂に歴史の遺物となつたのである。

3-b 遮浪甲板船

Shelter Decker 初期の遮浪甲板下には濡れても差支ないいわゆる甲板貨物を積む計画だつたので、その甲板の一部に水密でない倉口 Tonnage Opening をあけ、雨降りには簡単な覆をするだけと規定して、この甲板下は開放された場所と認め、総トン数から除外されたもので、その甲板間は船の殆んど全長に亘るから普通船に比べその総トン数は相当小さくなる。

パナマ運河では遮浪甲板の制度を認めずその通航料金は独自の計算によるトン数（普通船と殆んど変らない）で徴収する建前になつていたが、パナマは米国の勢力下にあるから、米国船だけは遮浪甲板制度による減少した

トン数で通航料を徴収することを強制されていた。ところが日本その他多くの海運国は最恵国待遇の航海条約によつて米国船並の料金に均霑することが出来た。ここに眼をつけた日本海運界では G. T. 6000 トン、D. W.

10,600 トン、航海速力 17 節（当時の貨物船は 12 節前後）という破天荒の優秀遮浪甲板貨物船を造つて、パナマ經由紐育直通航路を開設した。それまでは急送貨物はジャトルー大陸横断鉄道—紐育便で送つていたが、パナマ經由紐育直通航路によると、時間が早く、費用が安く、積換えの手数がないので、大陸横断便は圧倒され、ここに日本海運の黄金航路が出来上つたのである。（噂によれば大陸横断鉄道は大恐慌を来たしたとか）。

しかし遮浪甲板間は甲板貨物しか積めず、普通貨物を積むと保険料が高くなるので、パナマ通航料を軽減したことと相殺することになるから、非水密倉口の構造や遮浪甲板間隔壁開口の閉鎖装置の研究が始まつた。すなわちこの倉口 Tonnage Opening は船倉の最後尾に 2 フレーム心離に横に細長い開口とし、上に木制覆板をおき、それをターボリン 1 枚で覆い、それが飛ばないように所々で締付けて置く。かようにすれば法規的には非水密であるが、実質的には充分水密である。隔壁開口には挿板戸が許されておるが、これが最悪の場合でも僅かに水がしみ出す程度であるから、要すれば同じ挿板戸を二重にすれば殆んど完全な水密となることを保険業者説に明して、保険料を低減して貰い、盛んに普通貨物 Dry Cargo を積付けて紐育に直航したから、戦前紐育港頭には日本の優秀貨物船が蟄集して、世界海運界を脅威したものである。

これを見倣つてパナマを通る各国の貨物船は皆遮浪甲板にしたので、困つたのはパナマ運河である。早速米国に特権解除を申込んだところ、米国でも当初とは世界情勢も変つて来ているので、その特権を解除して通航料はパナマトン数で計算することにしたため、各国の通航料もパナマトン数によることになつてしまつた。その結果ある船ではコンなインチキ構造は面倒だと、折角あけたトン数倉口を閉鎖したのもあつたが、兎に角両型船間には総トン数に相当の開きがあり、トン税その他課税がトン数を基準とするものが多いから、現在二層甲板の貨物船は殆んど全部遮浪甲板である。最近僅か D. W. 600 トンの小型賠償船でさえ遮浪甲板に造られた例がある位である。

この制度がある間は、水密、非水密の解釈が問題に殘る。

例えばトン数削除用倉口 Tonnage Opening は非水密が建前であるから、遮浪甲板間は非水密が建前でなければならぬ。しかるに造船規則では遮浪甲板上の外の倉口 Main Hatchway には厳重な水密構造を要求しておる。すなわち実質的にはこの甲板間を水密と黙認しておる理である。しからば第二甲板の倉口は必しも水密にす

る必要はあるまい。従つて船級協会や政府の一部では第二甲板倉口を非水密でも黙認しておるが、ある一部では遮浪甲板間が非水密である以上第二甲板倉口は水密でなければならぬと主張つておる所もある。従つて第二甲板上の排水施設についても違つた構造となつており、また甲板間隔壁開口の閉鎖装置などもいろいろな新工夫が後から後からと案出されて来る。先年開かれた世界海運会議でソ連から、「こんな制度は廃止すべきである」と提案されたそうであるか、まだ協定されてはいない。筆者などもこの提案には大賛成である。

3-c 挿板戸

Weather Board トン数計算では開扉ならばバラ打扉でも閉鎖と認めてその内側はトン数に計上されるが、挿板戸ならば開放と認めてその内側はトン数から除外される。しかし乾舷計算では挿板戸は非水密であるけれども風雨密だということで、その内側は予備浮力に算入される。従つて船橋後端隔壁の開口の殆んど全部は挿板戸として、予備浮力に算入し、トン数計算からは除外されておる。その結果新造当時の船首橋後端や船橋後端の開口には立派な挿板が備付けてあるが、たまたま古船になると挿板があるのか、何所にあるのか一寸分らず、大抵開放のままのようである。これなども法規の盲点であろう。

3-d 漁 船

漁船の建造やトン数は運輸省の管轄であるが、その建造や漁種はトン数を基準として農林省が認可する。そこに法規の盲点が伏在するのである。筆者は漁業の実際については何も知らないから分らないが、聞く所によれば船は大きいほど漁業には都合がよいとのことで、船主は出来るだけ大きな船を望む。しかし上記の通り認可の条件としてトン数が限定されるから、トン数は制限一杯で船は出来るだけ大きく造ることを要求する。トン数は内法(ウチノリ)で計測するから、深いフレームを所々に配置するとか(Web Frame System)出来るだけ(あるいは必要以上に)飛出した強力 Strong フレームを何か所かに取付けて、船倉を狭く計測するとか、または必要以上に二重底を深くしてトン数を少くし、船の実体を大きくすることに努力するから、トン数は同じでも船の寸法は違つた船が出来る。その結果構造としては釣合の悪い所が出来て故障は起り易くなり船は重くなるが、船主としては漁獲高には代えられぬ。業態の変化が激甚な現代では、船の寿命など考えている余裕はないのである。

このトン数決定は農林省ではなくて運輸省であるか

ら、上記のような盲点が出るのがある。運輸省の船舶検査官は建造工事やトン数計算には絶対の権利があるが、それは法規で規定された造船規則の範囲内のことであつて、造船規則を超越した上記のような細工に対しての不合理的を是正する権利は附与されていない。この不合理的を是正するのは結局造船所の良識によるより外ないのである。

ところが、設備過剰な日本造船所は船主に対して非常に弱い立場にあつて、勢い船主の意向に迎合することに汲々乎としてこれ努めている。法規の盲点を衝くことなども、造船所で研究して船主に教えたものではあるまいか。いずれにしても造船所は船主の要求でどんな船でも造つて差上げることになる。その一例として洞爺丸を考へて見たい。もつとも本件は目下審判中で、この災難が不可抗力であつたか、設計の誤りであつたか、船員の過失であつたかの最後の判決はまだ出ていないようであるが、筆者は単なる設計者として考へて見たい。最初の青函丸が出来たとき、船首尾両端が恐しく瘦せていて、横揺れ Rolling に対してこれでよいのかと心配したところ、造船所では外国でもこの型で安全に就航しているし、安全率 Stability の計算でも充分であるから大丈夫との話であつた。しかし実際就航してみると案のごとく横揺れがひどく、ビルジ キールを特に大きくして見ても防ぎ切れず、少し海が荒れると欠航々々で、欠航は青函連絡の名物になつていたようである。

しからは何所に無理があつたかと言へば、あの寸法の船で航海速力が17節という高速を要求したことにあると思われる。このため水線以下の船形は非常な瘦形となつたが、水線以上では車輛を積むため上甲板は首尾を通じて広くせねばならぬ。しかも車輛積付のため上甲板は水面上高くは出来ない。すなわち船の首尾では低くて広い上甲板から急に非常に瘦せた水線下の外板に接続するから、その部分の外板は急激な曲線で下狭く上広く彎曲 Flare しておる。ここに打込む波は逃げ場がないから、波が持つておる全勢力 Energy を船を横転させる力に変えて舷外方に落下するから、荒波の日に船の横揺れがひどくなるのは当然な話である。遭難当日は外にも同型の僚船や普通貨物船が同じ所で遭難しておるが、同型船は全部横転沈没し、普通型の船は皆正座して沈没したのでその災害は本船型より少かつたようである。これは上記の通り波の横転力が強かつたのと、砂底の擱坐したとき本船型は瘦せて船底面が狭く、普通船は広くて支持面積が広かつた関係もあつたであろう。こんな具合に連絡船は欠航を繰返しながらも慎重な運航で20年以上タイク故障もなく就航して来たので段々怒を出し、広大な覆

甲板上を遊ばして置くのはモツタイないとそこに客室を増設したり、船首のあいている船倉にも客席を造るといふ無理を重ねた結果、アノ大災害を招来したものである。

他の一つの例に神力丸という船(1000トン位)があつた。これは出来るだけ多く荷物が積めるようにというので思切り肥つた船型にし、船尾が横壁のように肥つていたから、推進器を逆転すると水流はその壁に突き当つて真横にハネ出されるだけで船は少しも後進せず、緩やかにその場でまわるだけという船が出来上つたのである。それでも戦時中のこととて前進だけでも仕方がないと航海を許され大連辺まで就航していたが、その内撃沈されてしまった。本船などはデタラメの標本であろう。

大分話が横道に外れてしまつたが、漁船に対する上記の盲点も何とか解決する方法はないものであろうか。

4. 船の寿命と船価

世の中のテンボがこう早くなつては、機械は75%で働かせ修繕して出来るだけ長く使うという英国流はすたれ、機械は100%あるいは110%で働かせて出来るだけ早く利益を挙げ、寿命が来たたらサッサと新換する米国流が歓迎されるようである。船も同様、昔のように25年も30年も保たなくてもよい、15年か20年も保てば結構、その代りに材料その他を軽減して安い船を造つて貰い度い、という希望が話題になりつつある。すなわちロイドでは大体24年を基準として材料寸法を規定してあるようであるが、それを12年基準としたら材料寸法も相当軽減出来て安価な船が出来そうだとの説である。これはもつともな話で、世界が狭くなり国際情勢の変転が凄しい現代で、船のように変化の多い物件に纏つた資金を注ぎ込むのに20年30年という長い期間で消却する計画は立てにくいであろう。

そこで問題は、寿命が来たたらサッサと新換するという寿命である。

この船は12年基準で造つた船で既に寿命が来たから解体しなさいと言つて、ハイ解体しましょうという船主が何人おるだろうか。また実際寿命が尽きたゾと断定出来る検査員が何人おるだろうか。

筆者が船令30年のターレット船に、「解体しては」と言つた老朽船が、船令40年で堂々と航海していた。日本初期のタンカー San-diego 丸は新造直後縦強度不足のため大損傷を蒙つて修繕した船で、決して上出来の船とは言えなかつたが、この型タンカー中ただこの1隻だけが戦時中撃沈を免れ、戦後は南極洋にも出動したり、南洋ベルシャ方面に就航していたが、船令34年になつて

最近目出度く解体された。普通タンカーの寿命は25-30年と思われるのに、使いようではこんな船もあり得るのである。また戦時中のタンカーは船にはなつていないと言われ、ロイドや A. B. の船級を取るのに、外板甲板の補強は勿論、船尾機関は中央に移動し、取付船橋楼は堅固な長船橋楼に改装する等の条件でやつと承認を得たものであるが、当時の日本船主は悲境のドン底だつたのでその修繕費に堪え兼ね、船は5年使えればよいから、何とか修繕費を低減する方法はあるまいかと B. V. に相談した結果 B. V. では船楼や機関はそのままで、その他の所を適当に補強することで船級を認め、修繕費は約半額で済ましたものである。それがタインタ故障も起さず5年はおろか15年経つた今日でもなお動いておる船さえあるから、船の寿命は微妙なものである。

こんな船の寿命の断定権を検査員個人に附与することは一寸荷が重過ぎる。最後案としては国家権力すなわち法規によつて規定するより外はあるまい。例えば12年基準の船ならば、12年を超えた船には新造時の喫水の80%、16年を超えた船には60%、20年を超えた船には40%の喫水を附与するという風に、古船になると経営が成立たぬように規制するより外なさそうである。

しかしこれは海運界の大革命であつて、世界各国政府、船級協会、船主、保険者、造船者、その他関係業者の合意を得なければ出来ないことで、言うは易く、行ふは難い話である。由来古船使いの名人と唄われた日本海運には、特に至難のことであろう。

5. 船価低減

大正初期日本造船は船価が高いから外国に注文しようかという話が出たことがある。この時は一般に不景氣であつたがその内でも造船業は一番ひどかつたので、そんなことになつたら日本造船は潰れるより外はないと驚いた。それというのも当時の造船技術陣は学校出で固められ、いわゆる士族の商法に墮しているからだと非難されたので、真剣になつて船価低減の研究に乗り出した。

第一に取上げられたのがリベットであつた。当時リベットは細く長目に製造し、現場で孔に入れてから一々適當の長さにタガネで切つてから締めたものである。それで現場では何所から真赤に焼けたリベットの切端が飛んで来るか分らないから、作業員は皆ムギワラのカンカン帽を被つたものである。ここに目をつけ各種実験の結果、径と長を一定してリベットを製造し、現場ではそのまま叩く現在の工法に變つたのである。当時は主に手打だつたので、1本のリベットを叩く数も基準を作つて勵行し、重要なリベットは打返す工法までに発達したので

ある。

次は材料注文の改良であつた。当時学校では材料は各材に長幅とも大体5%の余裕 Margin をつけて注文し現図によつてそれぞれ截断するように教つた。これも研究の結果、甲板、二重底頂板等の直線部の一縦縁 Seam に当る板だけに余裕をつけてその縦縁で調節し、その他の板は現寸で注文する。外板も同様ビルジ板だけで調節する。異形板（例えばフロアや甲板外板等の三角板）はスケッチ板 Sketch Plate として注文してスクラップを少くすることに改めた。従つて各板には一々使用個所のマーク付で注文取納したから、現場ではもし1枚でも行方不明になつたら大騒動、懸賞付で板捜しをする始末もあつた。このやり方は戦争直前まで襲用されていたが、戦争になつてからはこれでは製鉄所の能率が落ちて困るので定尺式に改正された。これで製鉄所は助かつたが造船所ではスクラップが著増すると問題になつた。スクラップの利用では、マンホールを楕円にあげたスクラップはブラケットにもならないから四角型にしたこともある。これならブラケット位は取れて利用率が高くなる。しかしあげた孔の方は強力上面白くないから、スクラップよりも本体の方が大事だということで、四角型マンホールは規則で禁止された。

ロイドでは主な材料の寸法は、第一第二の指数 Numerical で定まるが、これ等指数は階段形で表示されておる。そこで最小寸法が得られる最大指数の段に入るように、船の寸法を撰定する。それで船の寸法に端数がついても仕方がないということである。当時はロイド万能であつたから、ロイド規則には盲従せねばならぬが、何所か自由裁量のきく所はないかと目をつけたのが、船首尾構造と船楼構造であつた。

その結果か検査の度毎に船首尾構造に手入れせぬ船はまずなかつた位である。ある船では進水も迫つたので能取付のためカウンタ Counter の支柱を外したところ、カウンタの飛出し方が大きくて重く取付構造が軽かつたため、カウンタが垂れ下つて能が入らないこともあつた。もつとも首尾倉が不完全で浸水したところで船の安危に係ることもないから、首尾構造とはそんなものかと馴れつこになつていたのかも知れない。それで時々青筒船 Blue Funnel Line の水密試験などでその首尾倉をみると雲泥の相違で、この船では船首倉に高価な食料油を運搬していたものもあつた。B. V. の派遣検査員に「日本船の首尾構造はナッチョラン」と痛罵されたこともある。

次は船楼構造である：ある船ではウインチが動いていると、同じ甲板にある居室では昼は振動で事務が取れず

夜は寝られない。ある船では風が吹くと壁がヘボンで居られず、横にステフナを補強したこともある。また船楼甲板が上の甲板室の四隅下の所で揃つて亀裂が出来たこともあり、5千トンの船のブルオク上の手すりに、5'の珪山形材を使つて2,3年経つたら蛇のようにノタクつたこともある。しかし昭和中期になつて戦争気構が強くなり、特別の補助金を出して砲塔台を設備することになつてから、勢い船楼も補強せねばならなくなつて、上記のような醜態はなくなつたようである。

昭和の初頃曲縁工法が導入された時分、1000トン余りの船4隻ほどに盛んに曲縁を使つて造船したことがある。ガーダフロアは勿論上下縁と片側縁を曲縁するなど出来るだけ山形材を省略するやり方であつた。この船が就航してみると船は軽く船体も比較的ガツチリしているので頗る好評であつた。しかし12年目の検査でみると、ストレスの掛る部分の曲縁部は衰耗してしまい、ウェブも故障を起していたので、莫大な修繕費が掛つた。しかし船の寿命を考えないならば、なるべくウェブも面材も広い薄板を使つたら比較的軽くて丈夫な構造が得られるかも知れない。ただし曲縁材については上記のような欠点があるので、その後規則で曲縁の使用個所が限定された。

悉く戦争に突入してからは、ドンとやられるとそれまでだ、寿命など考える余裕はない、浮いて走れる船なら結構、早く造らねばならぬと、事々に簡素化した結果前述のように稼働率が17%に低下するまでに至つたのである。

リベットが溶接に、シャーがガス切に、ポンチがドリルに、焼曲げがヒズミ曲げに代つてから10幾年、世代は變つても船価低減は造船業の第一戦である。当面の技術者各位はこのことについて日夜研鑽努力しておられるが、筆者も記憶に残る歴史を述べて、士族の商法にならぬよう、サーベル造船にならぬよう、そして天寿を完うする世界的安価な船が出来るように、日本造船の将来を祝福するものである。

6. ビルディング ドック

Building Deck これが川南豊作氏の創意によつて出来たのは20年ほど前のことである。聞く所によれば同氏は三菱が盛に1万トンの船を造るのを見て川南でも造つて見せるぞと意気込んで1万トン貨物船が出来たが、進水台基礎工事不完全のためこの船の進水式途中で船は止つてしまい、大に面目を失つてしまつた。このことに憤慨して、進水なしに船は出来ないものかと考え、1,000トン級用ビルディング ドック三基を並べて造つたのが、

ビルディング ドックの嚆矢である。

その特徴は、長幅は船型に対して充分であるが、深は安価に上げるため艤装前の船体を浮べるだけに浅くなつておる。すなわち船体が浮ぶだけになつたら進水して岸壁に繋ぎ、そこで艤装その他を完成するやり方である。

次に出来たのがいわゆる10万トン ドックで、長400M 幅40M 深10M という巨大なものである。これには中央にも戸舟があつて前後部に2分し、その両方に1万トン型2隻ずつ並べ、合計4隻を同時に建造する方式である。深さも特に10M としてビルディングだけでなしに、出来上つた1万トンでもドック出来るように配慮されたものである。

その次に出来たのがE型船用ドックで、これはE型船を流れ作用で建造し、1日1隻の割で進水する計画であつた。そのためドックは細長くして、それを6段に使用する。すなわち第1段では船底部が水に浮くだけに出来たなら、水に浮かして第2段に送り、水を抜いて第1段には次の船底部、第2段では第1段で出来た船底部の上部を継ぎ足すという工法を繰返し、第6段では機関の積込みその他全部を完成して、そのまま試運転に出帆する工法である。従つて船体が建造されて喫水が増すに従つてドックも階段形に深くなつておる。

この10万トンドックでは1万トン型を4隻並べて建造したこともあり、E型ドックでは予定計画を完遂して1日1隻進水することが出来たが、僅か1週間後に終戦となり万事休したのである。

これ等ドックの他の特徴はドックに屋根をつけたことである(ただし10万トンドックは半分、E型ドックは未着手)。

これらドックの利点を列挙すると。

1. 進水工作と進水による冒険を完全に除去すること。
2. 屋根があるから天候寒暑による能率の低下を相等程度抑止すること。
3. 作業現場が地面に近いから、高所作業による能率低下を相当抑止すること。
4. 船底に進水用の傾斜がないから、陸上建築と同様水平線垂直線によつて組立てることが出来る。
5. 溶接の現場作業に対し、寒熱乾湿度の調節が出来る。

等々であるが、現在の川南ドックは兎に角最初の試作に過ぎないから若干の欠点があるのは止むを得ない。例えば中型ドックは三基並列したため横からの材料補給 Side Feeding が出来ない。10万トンドックも頭部からの一方補給 Head Feeding であつたから、両ドックとも頭部に材料が集中してその操縦が非常にむずかしくなつた。

この点最後に出来たE型ドックでは改良され、ドックは奥の方山側に造られ、荷揚場から材料置場、地上加工場、ドックという風に配置して、材料は全部横から補給され、ドックと荷揚場の間は20トンクレーンで連絡してあるから、1日1隻進水の計画が成功したのである。10万トンドックは4隻同時建造のためその寸法が大きくなり過ぎ、走行クレーンの径間 Span も40M という巨大なものとなり、メーカーも始めての製作とて大分苦労したとのことである。またその走行レールを30M 高い所に敷設するため、ドックの両側にコンクリートブロックのビルを造り、側壁をレール台として動揺を防止し、ビル内は工場の一部として利用する設計は真に優秀な創意である。しかしながらクレーンが余りに大きなためその操作はむずかしくなる。極端な例を言えば僅か半トンか1トンの材料でも巨大なクレーンを横に40M 走らせ、縦に400M 走らせねばならぬから、その費用も相当なものとなり、クレーンは三段に装備してあつたけれども、上下クレーンの操作にも相当骨が折れた。兎に角このことは大きな失敗だつたと思われる。

不幸にして川南ドックは経営宜しきを得ず、今は廃墟に帰しており、外に屋根のあるドックは同系の日本海ドックだけで、その他日本で共鳴する所はないようであるが、外国ではその優秀性を高く評価し、ある人の話によれば北欧地方では既に10万トンドックで屋根のあるものが10本以上もあるとかいうことである。他方船型が8万トンとか10万トンとかに超大型化すると、進水の危険率も相当考えねばならず、兎とか佐世保などの海軍ドックが好個のビルディング ドックとして重用されておる。今まで造船工場の大黒柱はガントリー クレーンであつたが、時世の変転は恐ろしいもの、川崎重工のガントリー クレーンは邪魔になるとかで近々取払われるという噂である。その後どんな風になるか知らないが、少くとも風雪のひどい舞鶴とか日本海沿岸、函館、室蘭等には屋根のあるドックが必要欠くべからざるものと思われる。

因に筆者が一昨年桜島で見た北欧出来の2万トン級貨物船(船令3年位)では甲板、外板ともに2,600mm の広板で、甲板舷側でもこの広板を直角にジカ付けしてあり、その他全船の溶接は、誠に見事なものだつたので感心したが、これなどは屋根のある造船台またはドックで調節された空気 Conditioned Air 中で溶接されたのではあるまいかと思われる。ただし船体は上記の通り立派な全溶接であつたが、船楼構造は全部リベットだつたのは、何を意味するのか一寸分らなかつた。デリックは全部5トンブームで、ヘビーはなく、倉口回りその他廻る

簡素に出来ていた。

7. 荷役ドック

Wet Dock 昭和22, 3年頃長崎が国際都市を宣言し、今後の方策如何と意見を募集したとき、「長崎港は昔は理想的良港であつたが、現在将来の港としては港内が狭過ぎる、それを補う意味で荷役ドックを造つてはどうか」と次のような私案を提出したことがある。

この私案はヒントを川南ドックから得たもので、屋根をつけるのが第一の特徴である。水深は13Mとし、大型(約5万トン)用長×幅180M×28M屋根の高さは水面上約44M、1本、中型(2万トン)用180M×23M屋根高さ38Mを1本宛両側に造り、ドック側はコンクリートブロック造として、ドック側壁とドック中間のビルの側壁とを兼用し、その上に走行クレーンを装備する。ドック間の距離は50Mとし、中央に10Mの空地を置いて前後左右はビルとし、中型ドックの外側は各20M幅のビルとする。ビルの最下層は20M高さの倉庫または荷繰場とし、それ以上は4M高さの居室を中央ビルは五階、外側ビルは四階建とし、ドックの表(すなわち船首)には鉄道引込線のフォームを造る。すなわち貨物は各ドックの走行クレーンでこのフォームに直送するか、ドック横の倉庫に収容する。この構想を纏めてみると、駅の広場を除き駅やフォームを含み、幅250M、奥行280M面積約70,000M²(21,000坪)に納まるから、出島岩壁地区にも充分建てられる。この敷地の内で屋根下は約54,000M²(16,000坪)内倉庫床面積35,000M²(10,600坪)、容積705,000M³(17,000立坪)。これから柱壁等差引いた利用可能床面積約11,000坪、容積120,000立坪で、7,8万トンの貨物は収容出来る。居室区域はドック側約28,000坪、駅本屋2,200坪、計約30,000坪で柱壁を除いた床面積約25,000坪となる。

これだけあれば関係官庁、関係商社、事務所の外に、最上層には港内を見晴す快適のホテルも出来、その外飲食店、商店、見本市場、映画劇場等必要な店舗を集めて、一種の海事センターが出来てであろう。

現代はスピード時代である。飛行機の発達で旅客や緊急送貨物の大部分は喰われてしまった。船のスピードでいくら骨折つても飛行機の相手ではない。それよりも海運界最大の悩みは航海予定 Schedule の不安定である。この安定性も飛行機は勿論、鉄道にもおよばない。この不安定の主な原因は荷役の不安定で、それは天候も

さることながら最近では労働事情の不安定、ひいては荷役設備の貧弱に原因する。船のスピードを17節から20節に上げるには莫大な費用が掛る。その費用をかけ航海時間を短縮してやつと港に着いて見ると荷役が出来ず、ただ天を眺めて5日も10日も滞船するのではやり切れたものではない。そこで上記のような荷役ドックがあつたらば、雨の日も風の日も、夜も昼も予定の通り荷役が出来て、航海予定は余程安定して来るであろう。(労働事情は如何とも出来ないが)。

この提案は貧乏な長崎には無理だつたと見え、「御苦労でした」のはがき1枚で葬られてしまった。そこで神戸発行の雑誌「海運」昭和25年7月号に掲載して貰つたが、これも何等反響はなかつた。近頃ではアーケード街とか言つて、屋根のある商店街が到る所に出来ているが、日本経済の大きな一翼を担う日本海運である以上、横浜、神戸、大阪、名古屋位にはこんな接岸設備の一つや二つあつてもよさそうなのである。1日に50万円とか80万円とかの滞船費を空費することを思えば、こんなドックも営利事業として成立の可能性はありそうに思えるが、如何のものであろうか。(了) 37-2-1

— 海技入門選書 —

東京商船大学助教授 庄司和民 著

航海計器学入門

A5判 上製 140頁 (オフセット色刷 14頁)
定価 320円 (〒70円)

(序文より) 航海者にとっては、不完全な新計器より、古くても完全で常に信頼できる計器が必要である。この意味から本書に説明するような基礎的な航海計器は充分に理解しておく必要がある。(略)

目 次

- 第1章 測 程 儀
- 第2章 測 深 機
- 第3章 船用光学器械
- 第4章 クロノメーター
- 第5章 磁気コンパス
- 第6章 自 差
- 第7章 傾 船 差

直読式プロペラ図表 (TROOST B 3.35, 50, 65)

田 中 宏 績

本誌第31巻第4号(昭和33年4月)ならびに第32巻第6号(昭和34年6月)の2回にわたり、「螺旋推進器計算尺」と題して、直読式のプロペラ図表を説明した。

これはA図表(第1図ならびに追補参照のこと)上にB図表をかさねてきたえを直接よみとる形式のものであるが、今回はとりあえずB図表としては第1表にしめすものを紹介する。

第1表

B 図 表	プロペラの種類
第 2 図	TROOST B 3.35
第 3 図	〃 B 3.50
第 4 図	〃 B 3.65

使 用 法

1. TROOST B 3.35 (第2図) をもちいて DHP=200P, n=600/min, $V_a=7kn$, $P/D=1.4$ のときの THP ならびに D をもとめるには、第2図の DHP-n-Torque 点を第5図にしめしたように第1図の 200P-600/min 点にかさねることにより、ただちに THP=75P, $D=0.794m$ をうるることができる。以上の計算は第2表の No. 7 の計算に相当する。

第2表

No.	DHP	n	THP	V_a	D	P/D
1	○	○	○	○	×	×
2	○	○	○	×	○	×
3	○	○	×	○	○	×
4	○	×	○	○	○	×
5	×	○	○	○	○	×
6	○	○	○	×	×	○
7	○	○	×	○	×	○
8	○	×	○	○	×	○

..... etc.

注 ○: 既知, ×: 未知

No. 7 の計算にかぎらず第2表に例示したような DHP, n, THP, V_a , D, P/D の6変数のうち4変数を既知とし、のこりの2変数を未知とする計算はどれもこのプロペラ図表によつて直接答をよみとることができる。

なお第2~4図は効率曲線を省略してあるので、もし効率 η をもとめる必要があるれば、 $\eta=THP/DHP$ から計算すればよい。本例のばあいは $THP=75P$, $DHP=200P$ であるから $\eta=37.5\%$ となる。

2. CAVITATION を判定するための V_{ac}' のよみとりかたは、やはり第5図にしめしてある。 V_{ac}' を読

みとれば、つぎの(1)式を計算することにより、CAV. の有無を判定することができる。

$$V_{ac}' \times \sqrt{\frac{10m+I}{10m}} > V_a \dots\dots CAV. \text{なし} \quad (1)$$

$$\qquad \qquad \qquad < V_a \dots\dots CAV. \text{あり}$$

本例のばあい $V_{ac}'=5.55kn$, $V_a=7kn$ であるから、プロペラ軸心の没水深度 $I=1m$ とすると、(1)式からこのプロペラには CAV. があることがわかる。

3. 翼根部の最大圧縮応力をするための V_{a0} のよみとりかたはやはり第5図にしめしてある。 V_{a0} を読みとれば、(2)式により翼根部の応力 σ がもとめられる。

$$\sigma = 10kg/mm^2 \times (V_a/V_{a0})^2 \dots\dots (2)$$

本例のばあいは $V_a=7kn$, $V_{a0}=8.15kn$ であるから $\sigma=7.38kg/mm^2$ をうる。

4. Thrust ならびに Torque のよみとりかたもやはり第5図にしめしてある。

本例のばあい Thrust=1564kg, Torque=239kgm をうる。

以上、使用法の概略をのべたが、最後に第2~4図の各曲線の出所をのべる。

まず V_a , THP, D 等の曲線は TROOST の $B_F-\delta$ 図表からみちびいたものである。ただし水の密度は実験時のその1.025倍として、海水の場合に換算しておいた。

つぎに V_{ac}' 曲線群は Eggert の式(山県昌夫著、船型学推進篇 P. 212 参照)からみちびいたものである。

また V_{a0} 曲線群は(3)式(LAMMEREN 著、RESISTANCE, PROPULSION AND STEERING OF SHIPS P. 269 参照)からみちびいたものである。

$$\sigma = S_c + S_c' = \frac{C_1 P_1}{N \cdot D^3} \cdot \frac{1}{c \cdot b \cdot \tau^2}$$

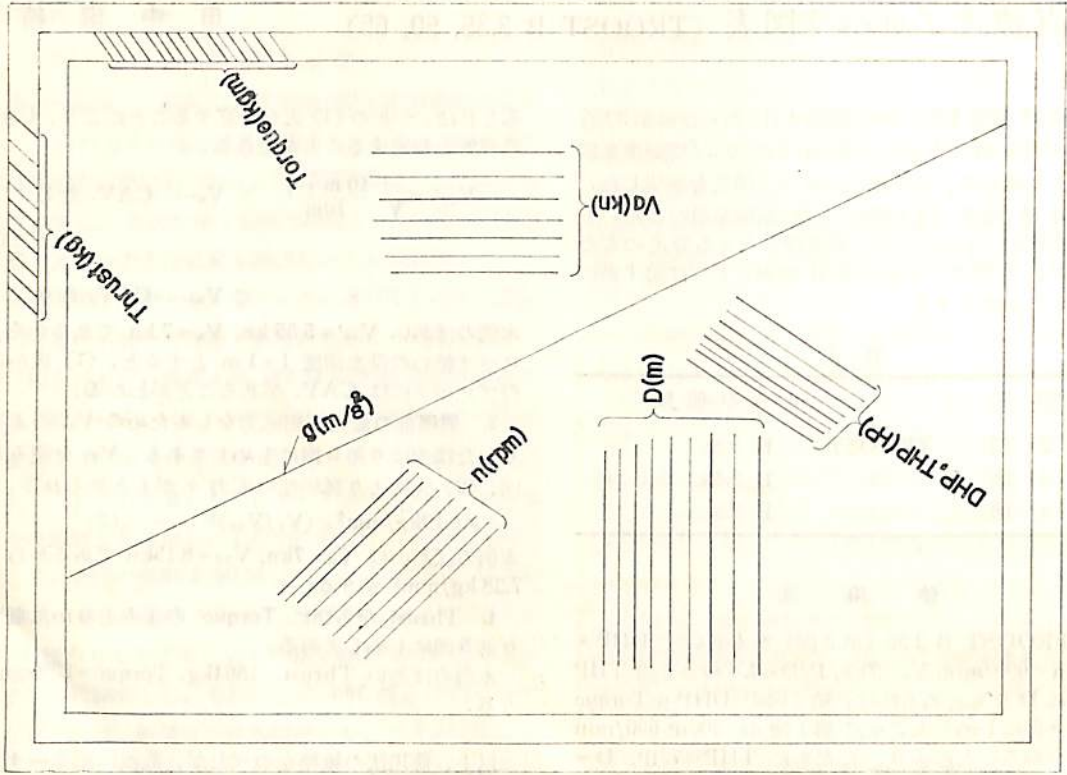
$$+ \frac{\hat{\rho} \cdot D^2 \cdot N^2}{10^6} \cdot \rho_t \left(\frac{i}{\tau} \cdot \rho_1 - 1 \right) \quad (3)$$

ただしプロペラ材料の比重は8.5としてある。

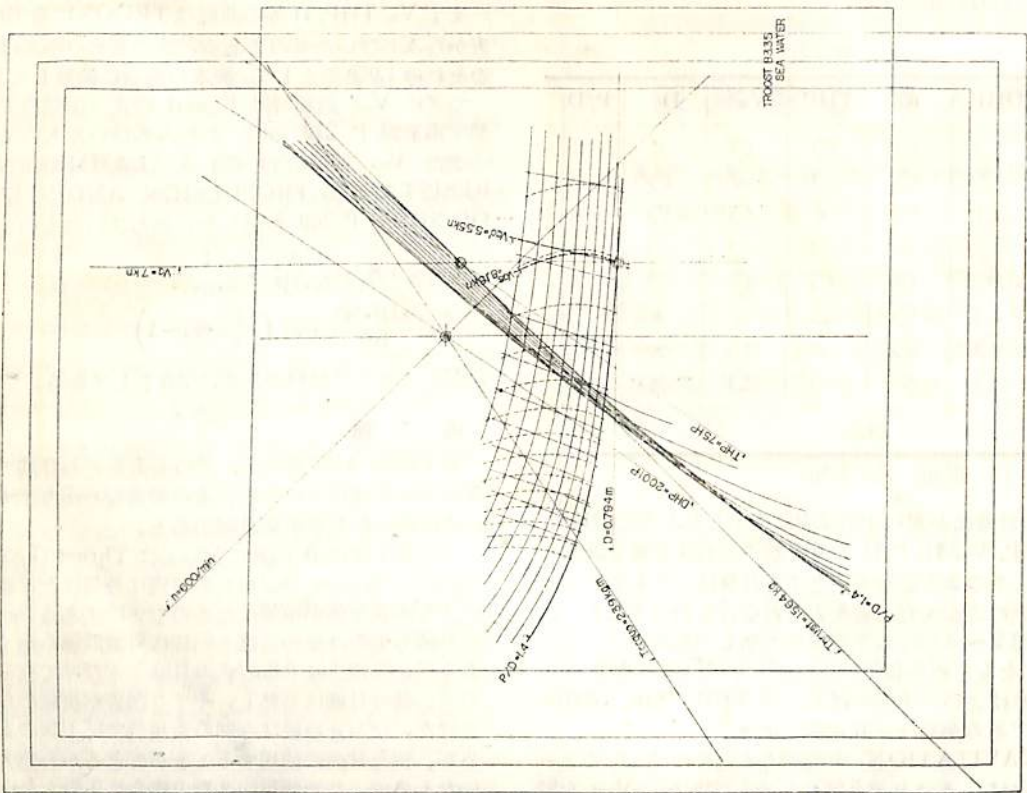
追 補

第1図のA図表では、どの変数をどの目盛でよむべきかがわかりにくいから、その構造をわかりやすくするために画いたものが第6図である。

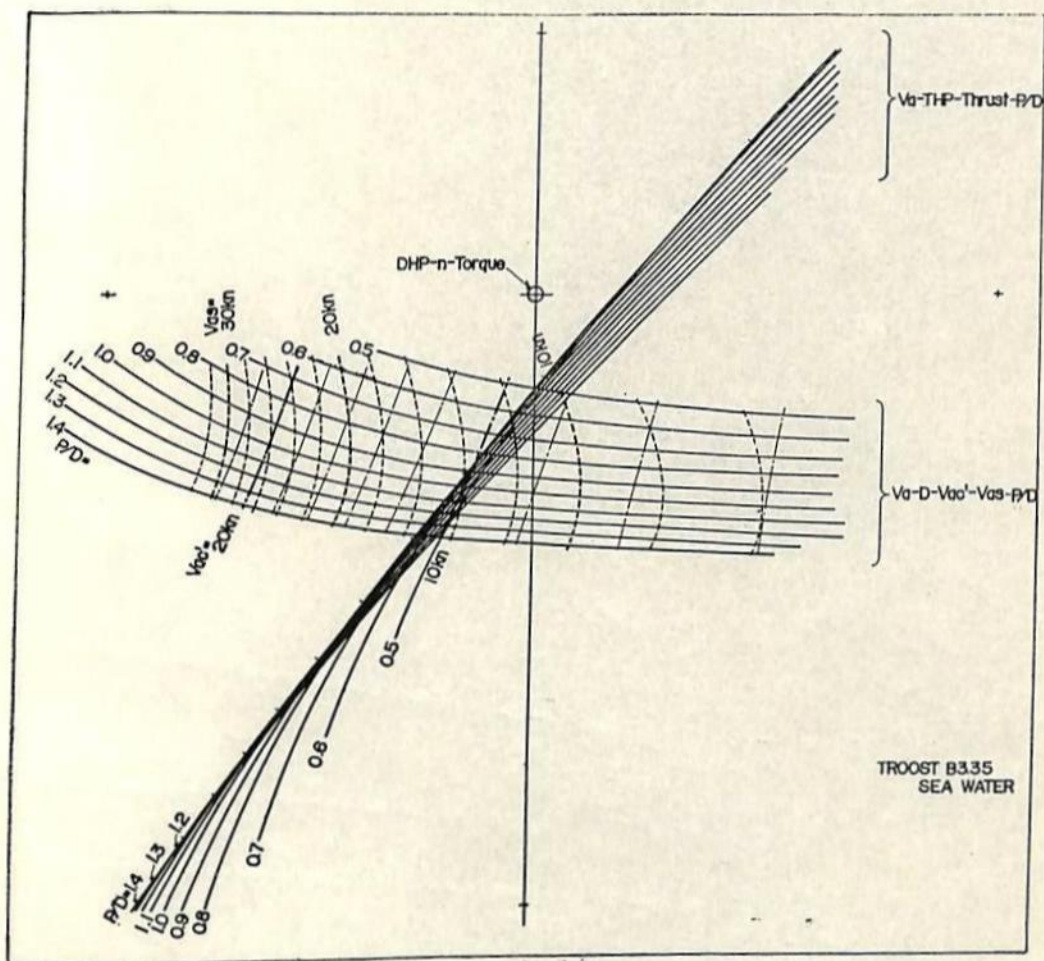
また第1図のA図表においては Thrust (kg) の目盛ならびに Torque (kgm) の目盛は外側にだけ画くことにより図表全体が複雑になるのをさけてある。g (m/s²) の目盛も実際は他の目盛と同様に対数間隔に画くべきであるが、実用上は9.8m/s² の目盛1本だけで充分であるので、他の目盛は省略し、やはり図表が複雑になるのをさけた。なおgの線は今回の使用例では不用のものであるが、別な目的に使用することができるから記入しておいたもので、この使用法は別の機会に報告したい。



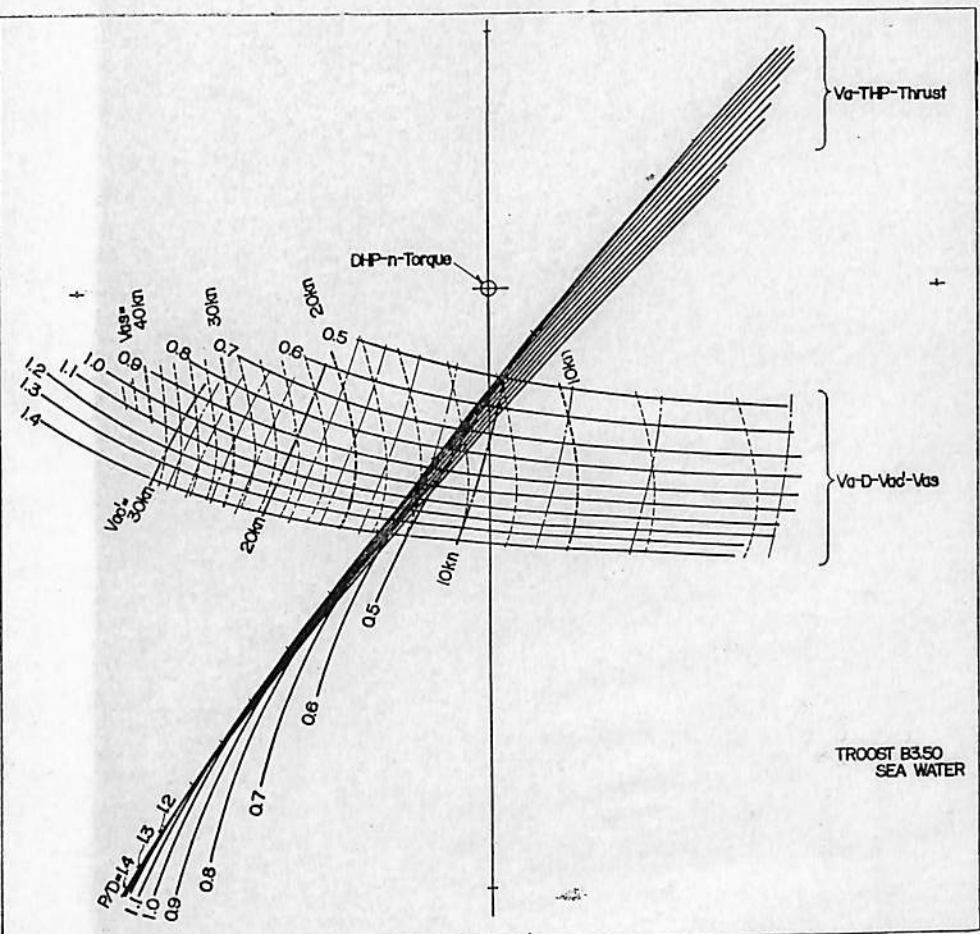
第 6 图



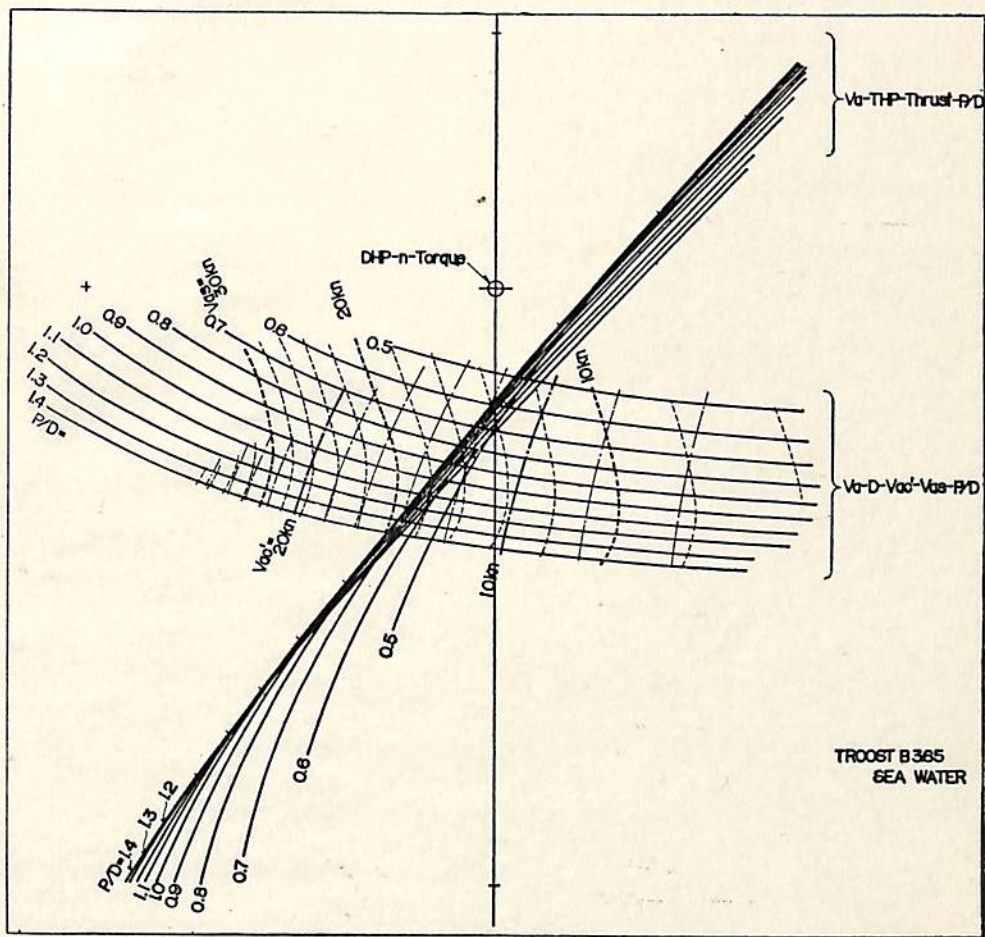
第 5 图



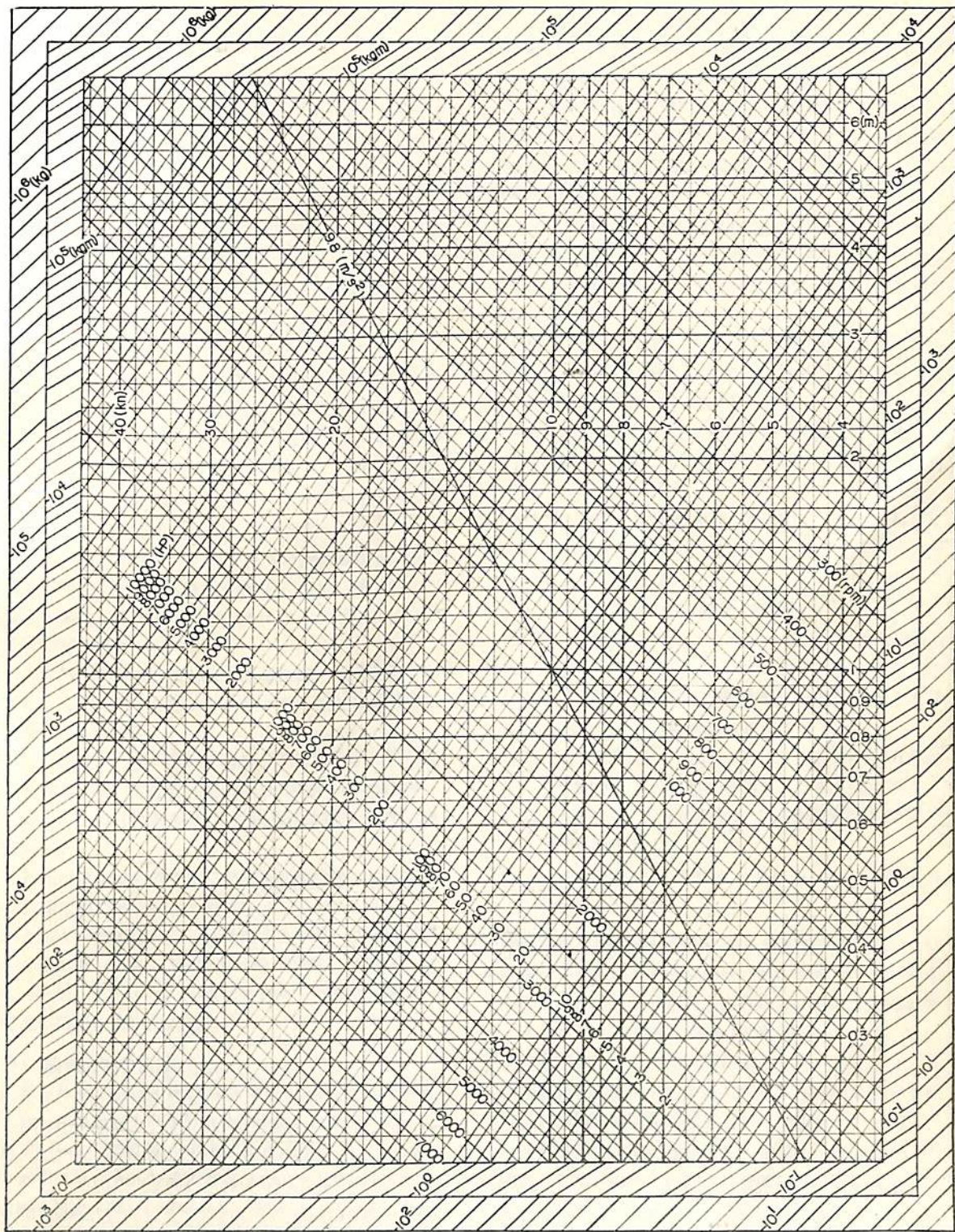
才 2 図



为 3 图



为 4 图



才 1 図

8. 液化ガス運搬船

(1) 液化ガスの種類とその利用

液化ガスとして利用されるものにメタンを主成分とする天然ガスとプロパン、ブタンを主成分とする石油ガスとがある。

米国の天然ガスは石油採掘の際に副産するいわゆる湿性ガスが多いが、わが国では水に溶けた状態で地中にある乾性と呼ばれる種類の天然ガスが多い。湿性ガスはメタン、エタン、プロパンなどパラフィン系炭化水素をいろいろ含んでいるので利用範囲が広いが、乾性ガスはほとんどメタンである。

原油を精製するとき、直接蒸溜の際に発生するガスはメタン、エタン、プロパンなどのいわゆるパラフィン系飽和炭化水素を多く含んでいるが、油の分解、改質の際に副生するガスはエチレン、プロピレン、ブチレンなどのオレフィン系不飽和炭化水素で、化学反応を起しやすく、多くの化学製品を導くことができる。

これらの天然ガスや石油ガスはその遠距離輸送に適当な方法がなかつたため、利用は特定の地域に限られ、中近東など僻地の産油地では莫大なガスが利用されないまま火をつけて燃やされている。

近年これらのガスを液化して多量に海上輸送することが可能となつたため、新しいエネルギー源として脚光をあびるようになった。

一方、技術革新のいな手としての石油化学工業の発達は目覚ましいものがあり、その背景の下に Liquefied Petroleum Gas (L.P.G.) の使用量は急激に増加の趨勢にある。

これらの液化ガスの使用の対象は家庭燃料、工業用燃料、石油化学工業原料などである。

エネルギー資源に乏しく、またエネルギー価格の割高なわが国においては、「液化ガス導入計画」が具体化するにつれて、これを運ぶ特殊なタンカーの建造が海運、造船界の関心を集めている。

(2) 液化ガスの性質

天然ガスおよびその組成の大部分を占めているメタン、および石油ガスのうち多量に使用されるプロパン、ブタン、エタンの性質は Table A に示すとおりである。

サウジアラビアから産出する天然ガスは約 40% のメタンのほかにエタン、プロパン、ブタン、ペンタン等の重い炭化水素を多量に含んでおり、ベネゼラからの天然

ガスは約 80% のメタンと少量のエタン、プロパン、ブタンからなつている。

これらのガスは発火限界からみて揮発性の石油以上に危険ではなく、大気圧のもとに冷却されたガスの海上輸送はベンジンその他の軽い石油精製品の輸送より以上に危険ではない。

プロパンガスは比重が空気の約 1.5 倍、ブタンガスは空気の約 2 倍であり、一定量の空気と混合すると燃え易くなる。またプロパンガスは有毒ではないが、頭痛を生ずることがある。

大気中に放出すれば、直ちに気化し、そのとき refrigerating action を起し、その開口附近の大気やごく近くのパイプは非常に低い温度となる。

メタンは -82.4°C より高い温度では加圧によつては液化しないが、 -161°C まで下げると、大気圧で液化する。

都市ガスの発熱量は約 6,700 Kcal/kg であるからメタンの発熱量は都市ガスの約 2 倍であり、プロパン、ブタン、エタンも相当高い。

(3) 液化ガス運搬船の種類と経済性

液化ガス運搬船 (または LPG タンカー) には次の 4 種類がある。

- (イ) 圧力式: 船の中に装備された高压に耐える円筒形のタンクに入れて輸送するもの。
- (ロ) 圧力混載式: 高压タンクのまわりの空間または舷側タンクに重油を積むようにしたもの。
- (ハ) 低温式: 大気圧のままに液化温度以下に保つて輸送するもの。
- (ニ) 低温混載式: 冷凍タンクと重油タンクの両方をもつたもの。

液化ガス運搬船としては圧力式のものが多く建造されていた。しかし圧力式の欠点は、高压に耐える円筒形タンクを積むので重量の損失も大きいし、無駄な空間も多い。またタンクを垂直に積むので重心が高くなる。したがって積載能力が小さく、運航効率も悪い。

圧力混載式は高压タンクの間は無駄な空間を利用するために、重油を同時に輸送するものである。

メタンは圧力式では輸送することができないので、低温式が考え出された。低温式は材質的な点や構造などに問題が残つてはいるが、圧力式に比べて効率がよいので液化ガスを大量に輸送するのに適し、大型液化ガス運搬

TABLE A 液化ガスの性質

No.	項 目	メタン	エタン	プロパン	ブタン	天然ガス (サウジア アラビヤ)	天然ガス (ベネゼラ)
1	分 子 式	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀		
2	15°C 液化圧力 (気圧, kg/cm ²)	液化せず	39.3	6.4	0.8		
3	45°C () 液化せず	液化せず	液化せず	15.0	3.6		
4	液化温度 (沸点) (大気圧)	-161	-89	-42	-0.5		
5	臨 界 圧 力 (kg/cm ²)	47.3	50.6	43.3	32.7		
6	臨 界 温 度 (°C)	-82.4	+32.7	+96.6	+152.0		
7	液体の比重 (t/m ³)	0.42	0.546	0.508 0.583	0.584 0.646	0.542	0.465
8	対 空 気 比 重	0.553	1.041	1.523	2.01	1.153	0.731
9	ガス容積 / 液容積	525	406	295	232	365	492
10	発 熱 量 (Kcal/kg)	12,050	11,500	11,450	11,500	11,100	11,400
11	蒸 発 潜 熱 (Kcal/kg)	122.1	117.1	102.0	92.2		
12	発 火 限 界 下 限 (%)	5.00	3.22	2.39	1.86		
	上 限 (%)	15.00	12.45	9.50	8.41		
13	10,000,000 Kcal が必要とする 船 船 容 積 (m ³)	1.98	1.59	1.495	1.46	1.665	1.89
14	10,000,000 Kcal が必要とする 載 貨 重 量 (t)	0.83	0.87	0.875	0.87	0.90	0.877

註 7. 液体の比重: 一般に沸点における比重を示す。ただし、プロパン、ブタンの上段の数字は 15°C において加圧液化したときの比重を示す。

参 考:

	石 炭	石 油
10. 発 熱 量	7,000~7,600	9,600~10,000
13. 船 船 容 積	1.58~2.3	1.05~1.12
14. 載 貨 重 量	1.32~1.43	1.00~1.04

船は低温式となる趨勢にある。

しかし、沿岸用としての小型液化ガス運搬船は陸上設備、船内附属設備およびその取扱技術の容易なことから、将来とも圧力式が多数建造されるであろう。

一定の発熱量に対して必要な載貨重量を比較すると Table A に示すようにメタンとその他の重い炭化水素との間に著しい差はない。

しかし、必要な載貨容積については、メタンはエタン、プロパン、ブタン等に比較して明かに不利である。石炭や石油等在来のエネルギー源と比較すると、石炭と同程度で、原油よりは決定的に不利である。

液化および再気化の過程を含めて輸送に対する高価な費用は、原料の著しい低価格によつて補うことができる。

(1) で述べたように液化ガスには石油ガスと天然ガスとがあり、液化石油ガスは Liquefied Petroleum Gas と称し、L.P.G. と略称されるが、液化天然ガスは Liquefied Natural Gas (L.N.G.) またはメタンが主成分であるから Liquefied Methane Gas (L.M.G.)

と称するのが適当である。

従つて、液化ガス運搬船は「LG 運搬船」または「LG タンカー」と称するのが妥当であると思うが、一般には液化ガス運搬船のことを「LPG タンカー」と称している。

(4) 圧力式液化ガス運搬船

圧力式液化ガス運搬船の計画についての問題点および注意すべき事項は次の通りである。

(イ) プロパンの液化圧力はブタンなどより高いため、プロパンで設計しておけばブタンなども積むことができる。

(ロ) 液化ガスの比重は重油の約半であるので、船体主要寸法の決定については、搭載すべき液化ガスの重量ではなくタンクの容積である。従つて載貨重量には余裕があるので、液化ガス専用船では with freeboard になるのが普通である。

効率よく船を運航するには主タンクを上甲板上よりずつと突出してタンク容積を増加し、それに見合うだけ固

定バラストを搭載するか、またはタンクと船体との空所に石油を積み込む方法がある。

(ハ) 一般に液化ガスの荷動きは一方のみであるから、空荷航海において充分な吃水が得られるよう、初期計画の段階で充分検討しておかなければならない。

(ニ) 高压タンクの配置は垂直でも水平でもよいが、船倉容積の利用と荷役の便宜のためには垂直の方が有利である。

(ホ) 高压タンクの材料は溶接性、加工性について優秀なことが証明されている調質高張力鋼を使用するのが有利である。また低ニッケル鋼も適している。

タンクの大きさは種々の点から直径 4 m 以下とするのがよい。

(ヘ) 高压タンクの強度は、一般に制限圧力 18 kg/cm²、試験圧力 30 kg/cm² として設計する。この圧力では液体アンモニヤを輸送することもできる。

(ト) 15°C で搭載するとき、温度上昇による液体の膨脹の余裕として、タンク容量の 85~90% にとどめること。

(チ) プロパンやブタンは空気より重いガスであるから、管の接続より洩れたガスが空所にたまるから、充分な通風装置を設けなければならない。(例えば毎時 2 回位)

また船の主要部分にガス検知装置を備えるべきである。空気中の濃度が着火点に近くなると、換気をただちに停止し、炭酸ガスを放出して爆発を防ぐようにする。

(リ) 液化ガス運搬船を設計するにあたり、適用または参照すべき、法規、規則は次の通りである。

運輸省：危険物船舶運送および貯蔵規則

LPG 船の暫定的特殊基準(案)(加圧式)

日本海事協会：液化石油ガスタンカーの積付設備に対する規則

U. S. Coast guard: Rules & Regulation for tank vessels

A. S. M. E. Unified pressure vessels

N. F. P. A. Standard for storage and Liquefied petroleum gases

(5) 低温式液化ガス運搬船

(イ) タンクは低温状態において障害のない材料で作らなければならない。クローム・ニッケル鋼(ステンレス鋼)、クローム・マンガン鋼または軽金属が使用される。

METHANE PIONEER 号ではマグネシウム・アルミ合金が使用された。

(ロ) タンクはできるだけ外界からの熱の侵入による蒸発損失を少なくするために有効に断熱しなければならない。断熱材のうちタンク下部に使用するものは、タンクおよび液体の重量に耐えるものでなければならない。また、漏洩の場合にそなえて、断熱材は炭化水素に対して安定で、また、できる限り不燃性でなければならない。

断熱材としてはバルサ材はある時間は充分炭化水素に耐えられるが、直接断熱材としては充分といえず、漏洩の際に寒冷の影響を一時的におさえる二次防壁として使用するのに適している。このほか発泡ガラス、ポリスチレンなども用いられる。

(ハ) ポンプ、配管、計器類等はすべて低温に耐える材料で作らなければならない。

(ニ) タンクは液化ガスを満した時に大きな温度変化のため大きな収縮が起り、再び温まる時にはそれに相応した膨脹が起る。軽合金や特殊鋼は熱膨脹係数が普通鋼の 2 倍にもなるので、タンクの一辺の長さが 10 m の場合にはその収縮量は 3 cm にも達する。従つてタンクの据付にはこのことを充分考慮しなければならない。

(ホ) 一方、海上輸送の場合は航行中、船のローリング、ピッチングなどのため、タンクには連続的に大きな外力が作用する。

従つて船内のタンクは嚴重に固定しなければならない。(ニ)の問題と関連するので、タンクの据付は非常にむづかしい問題である。(ヘ) プロパン、ブタンの輸送の際、液状保持に必要な温度は -42°C および -0.5°C であり、収縮に対する問題はメタンやメタン混合物ほど大きな影響を及ぼさない。

適当な直接断熱材の発見は低温式液化ガス運搬船の経済性を決定的に改善するであろう。何となれば、現状においては船価の少くとも 20% がこの高価なタンクの構造材料に費されるからである。

現在タンクを特殊鋼または合金で作るが、断熱材を外部に装着しているが、長時間炭化水素に耐える断熱材が発見され、これをタンクの内部に装着すれば普通鋼でタンクを作ることができ、非常に有利である。

(ト) 輸送量が多く、輸送距離が長い時は、事情によつては再液化装置を装備するのが有利である。

(チ) 荷役のためのポンプ原動機は爆発の危険を避けるため甲板上に設置しなければならない。

(リ) U. S. Coast Guard の暫定基準では、タンクの破損時に流出する液化ガスによる船体構造の温度低下が危険な程度にまで及ぶと予想される時は、タンクに低温および炭化水素の浸蝕に耐える二次防壁を配置すべきことを規定している。

TABLE B L. P. G. タンカー - 比較表

No.	項 目	Esso Puerto Rico ①	A 計 画 (①との比)	B 計 画 (①との比)	Oil tanker Esso Guildford
1	搭 載 貨 物	加圧 L. P. G. および重油	低温 L. P. G. および重油	同 左	重 油
2	LBP (m)	201.16	201.16	ク	201.16
3	B (m)	27.43	27.43	ク	27.43
4	D (m)	14.32	14.32	ク	14.32
5	d (m)	11.07	11.07	ク	10.82
6	排 水 量 (Δ) (t)	49,073	49,073	ク	48,595
7	軽 荷 重 量 (t)	16,256	13,219	13,439	12,150
8	載 貨 重 量 (DW) (t)	32,817	35,854	35,634	36,445
9	DW/Δ	0.67	0.73	0.727	0.75
10	主 機 出 力 (PS)	17,600	17,600	17,600	17,600
11	速 力 (kts)	約 17	約 17	約 17	約 17
12	ガス貯蔵艙容積 (m ³)	12,786	14,200	19,300	—
13	ガス搭載量 (プロパン) (t)	6,310	8,250 (1.30)	11,200 (1.78)	—
14	ク (ブタン) (t)	7,310	8,520 (1.16)	11,600 (1.58)	—
15	油 槽 容 積 (m ³)	33,600	33,650	26,350	44,625
16	原油搭載量(プロパン併載) (t)	22,500	23,600 (1.05)	20,400 (0.91)	—
17	ク (ブタン併載) (t)	21,500	23,330 (1.085)	20,050 (0.93)	—
18	ク (原油のみ) (t)	28,800(比重0.856)	31,850(比重0.95)	25,000(比重0.95)	32,445
19	トランク高さ (m)	2.59	2.59	2.59	—
20	予 備 搭 載 量 (t)	約 4,000	約 4,000	約 4,000	約 4,000

註 A. G. Weser 氏の資料による。(船舶 34 巻 3 号)

(6) 圧力式と低温式の経済性の比較

(イ) 圧力式 LPG タンカー (重油混載)

ESSO PUERTO RICO と同一主要寸法の低温式 LPG タンカー A 計画船と B 計画船の比較は Table B に示す通りである。

○ A 計画と ESSO PUERTO RICO との大きな差は、タンクの重量差のために 載貨重量が約 3,000 吨増加し、そのために原油とプロパンまたはブタンを併載する場合には、それぞれの貨物の搭載量が表に示すように増加する。すなわち、ガス搭載量において 16~30%、原油搭載量において 5~8.5% の増加を同時にもたらすものである。この有利な結果は重量、容積の節約によるのほか、常温のもとに冷却によつて液化したプロパンは加圧によつて液化したものに比較して 10~15% 比重が大きいことが原因している。

○ B 計画による船は ESSO PUERTO RICO に比較して載貨重量の増加は 8.6%、ガス搭載量の増加は 58~78%、油の搭載量の減少は 7~9% である。

(ロ) メタンの海上輸送は低温式においてのみ可能であるが、プロパン、ブタンの海上輸送に対しては加圧式

でも低温式でも可能である。

(ハ) 一般的にいつて、多量に輸送する場合には船の大きさの増大に伴つて低温式輸送の利点が著しく、沿岸または内陸の少量の輸送には圧力式輸送がすぐれている。多くの中間港に少量ずつ配給するには何と云つても圧力式は便利である。

(ニ) 圧力式と低温式のコンビネーション方式によつて液化プロパンおよびブタンの輸送を行うとする興味ある方法がノールウェーの船主で検討されている。

(7) 荷役方法

圧力式液化ガス運搬船の荷役は下記のような方法で行われる。

(イ) 積み込み: 船が岸壁につくと、まず船体および配管の接地を行つて、静電気の帯荷をなくし、船のローディングヘッダーと陸上の配管との接続をフレキシブルホースを用いて行い、陸上のポンプにより液を船内貯蔵タンクに送り込む。この場合、貯蔵タンク内のガスがバランズラインを通つて陸上タンクに戻るようしておけば、ポンプの負担を軽くすることができる。

タンク内に空気がある場合は液化ガスの積み込みにさ

第8表 液化ガス運搬船、糖密運搬船要目表

船種	船名	船造竣工年月	主所	種級	L/D	d	L/B	DW	LW	CW	主機型式	V ₀	罐	タンク	搭載貨物
					B-L/10	△C ₀	L/D	GT	LW/DW	CC/CW	M.C.R. R.P.M.	V _t	発電機	ボンプ	
液化ガス運搬船	第1 ぶろばん丸	共和産業海運 日立、桜島 35.11	海運	圧力式 沿, 3	49.0 9.4 4.4	2.65 877.2 0.70	5.21 11.14 4.5	243 654 358	634.2 2.61 1.47	159 2.25 2.69	日立B&W 720 310	9.75 11.94	AC 16kW×1 52×2	中間タンク 19.8 m ³	プロパン、 ブタンなどの L.P.G.
	桃邦丸	国光海運 飯野重 35.10	海運	圧力式 近, 3 NK	44.0 9.4 3.9	3.34 962 0.677	4.68 11.28 5.0	314 529 567	648 2.06 1.81	251 2.26 1.68	阪神 550 380	9.5 10.98	AC 73kVA×2	L.P.G.タンク 358 中間タンク 9.9	〃
	第2 えるびい丸	日東近海 藤永 36.2	海運	圧力式 近, 2 NK	47.0 9.2 4.45	3.61 1,103 0.687	5.11 10.56 4.5	470 535 609	633.0 1.35 1.30	ブタン 322 1.14	新 瀧 650 365	10.0 11.79	AC 100 kVA ×2	L.P.G.タンク 609 油ポンプ 50 m ³ ×2	〃
	若鷲丸	ゼネラル海運 藤永 37.5	海運	圧力式 NK	47.17 9.20 4.45	3.77	5.13 10.60 4.483	491 619 695	1.42	1.26	新 瀧 660 365	10.0 11.66	AC 100 kVA ×2	〃	〃
	第1 えるびい丸	日本液化ガス 輸送 播磨 35.1	ガス	圧力式 沿, 2 NK	58.0 10.8 5.6	3.762 0.649	5.37 10.36 5.0	654 1,077 992	551 1.80 1.65	551 1.80 1.65	橋本 SULZER 630 400	10.0 11.43	〃 90 kVA×2	中間タンク 20	〃
	Methane Pioneer	イギリス アラバマドック (改) 34.2	海運	低温式 AB LR	97.54 15.24 12.49	6.40	6.40 7.80 5.49	5,100	2,100 2.43	2,100 2.43	D 2,000	10.0	DC 250 kW×2	400G PM	メタンなどの 天然ガス
	日石丸	日本石油 日立、因島 (改) 37.3	油島	低温式 AB	177.23 22.86 14.39	9.75	7.75 12.37 5.14	22,868 16,640 20,560	0.90	5.200 t 原油 16,000 k/l	ターボ E 7,500 97	14.5	〃	〃	プロパン ブタン 石油 (T ₂ 改選)
	プリヂス トロン丸	プリヂストン 液化ガス 三菱、横浜 37.1	トン	低温式 AB	175.0 25.0 16.7	(10.50) 9.30 36.001	7.00 10.48 7.5	25,627 20,516 28,875	10.274 0.405 1.13	0.800	横浜MAN 13,000 118	16 18.68	〃	〃	プロパン、 ブタンなど のL.P.G.
	菱鷲丸	ゼネラル海運 三井玉野 36.11	海運	低温式 NK, AB	212.0 30.4 15.15	11.683 62,349 0.81	6.97 13.99 9.2	46,913 29,841 原油 53,462 L.P.G. 8,447	15.436 0.329 1.32	0.64	三井 B&W 16,800 110	15.6 16.99	燃油罐 2 AC 340 kW×3	1,300 m ³ ×3	L.P.G. 原 油
	糖密運搬船	びさやん丸	永井海運 三菱、下 35.11	海運	近, 1 NK	68.0 11.8 6.0	5.32 3,258 0.733	5.76 11.33 5.0	2,275 1,484 乾 745 油 1,657	983 0.432 1.06	0.65	阪神 1,550 275	11.51 13.17	乾円罐 1 40 kVA×2	〃
糖密運搬船	寿洋丸	日東商船 播磨 29.9	船磨	速, 1 NK	96.0 14.8 7.7	6.65 7,169 0.739	6.49 12.47 5.2	5,181 3,465 5,895	1,988 0.384 1.14	4,832 1.22 0.67	SULZER 2,500 155	12.0 14.76	円罐 1 DC 60 kW×2	〃	糖密兼油
糖密運搬船	るそん丸	日東商船 三菱、広島 29.8	船島	速, 1 NK AB	106.0 16.2 8.0	6.572 8,827 0.759	6.54 13.25 5.6	6,350 4,129 7,433	2,477 0.390 1.17	5,863 1.26 0.65	タービン 2,600 117	12.7 14.76	水管×2 DC 50 kW×2	〃	糖 密

9. 糖密運搬船

(1) 糖密 (molasses) の性質

糖密は砂糖の精製の際、結晶しなくて残留するもので、アルコールの原料、家畜の飼料、酵母の製造、食用等に使用される。比重は1.2~1.45で非常に粘度が高い。糖密は引火性はないが、窒息性ガスを発生するから、注意を要する。

糖密をタンクに積んだとき、各タンクの表面に3~4ftの泡ができるから、正確な搭載量を計測することはむづかしい。また、層によつて比重が異なる。それ故、吃水測定によつて積高を定めるのが通例となつている。

糖密に海水が混入すると、酸酵して駄目になる。従つて、糖密を搭載する前に、タンクを完全に掃除をしなければならぬ。

糖密は他のものと混じらなければ、鉄を腐蝕させない。

(2) タンクの配置および強度

糖密は比重が大きいから、タンク容積は充分に余裕がとれるし、糖密に海水が混入すると変質するから、タンクの配置は長いタンクと短いタンクとを交互に配置し、長いタンク(約1,500t)に糖密を積み、短いタンク(約750t)に海水バラストを積んで兼用しないようにする。

上記のような配置では、積荷により船体に生ずる応力が大きくなるから、普通のPetroleum tankerよりも構造を丈夫にしなければならぬ。

(3) タンクの加熱

糖密は非常に粘度が高いから、約32°Cに熱しないとポンプで吸えない。従つて、普通のpetroleum tankerよりもheating coilの表面積を多くしなければならぬ。加熱の温度は30°~40°の範囲とすべきで、低すぎると固化し、高すぎると、ざくろ状となつて品質低下をきたす。

(4) 要目表

糖密運搬船の要目は第8表の通りである。

きだつてタンクおよび配管中の空気をまず窒素などの不活性ガスでバージし、酸素の濃度が5%以下になつたのち、不活性ガスを液化ガスで置換する。

(ロ) 荷揚げ: 上甲板に設けられた中間タンクの上部からガスを吸引し、Vapour Compressorによつて貯蔵タンクの上部に圧入すると、タンク内の液は押し出されて中間タンク内に入る。これをその直下に配置したLiquefied pumpで吸引して陸上タンクへ送る。

以上の方法で液を荷揚げした後も、貯蔵タンクには僅かの液とガスが残る。これらはコンプレッサーによつて回収する。回収圧縮されたガスはコンデンサーで凝縮し、中間タンクへ入れる。

(8) 液化ガス運搬船の建造(附要目表)

欧米諸国においては、すでにLPGの生産、消費の増大により、これを海上輸送するLPGタンカーが必要になり、多数の貨物船がLPGタンカーに改造された。

現在運航中のLPGタンカーのうち大型航洋船は殆んど改造船で、新造LPGタンカーは小型ないし中型で沿海用として設計している。これらはすべて高压タンクを多数船倉に装備した圧力式LPGタンカーでプロパン、ブタンなどを加圧液化して輸送している。

メタンは-161°Cまで下げると大気圧で液化しうるので、低温方式による液化メタンの海上輸送の研究が行われ、1959年(昭和34年)2月METHANE PIONEER号が最初の海上輸送に成功した。

British Gas Councilとの共同研究によつてMethane pioneer計画を遂行した米国のConstock Groupのほかに数多くの会社が、この液化天然ガスの海上輸送に関する技術問題を研究している。

わが国においては、日本液化ガス輸送の発注により播磨造船所で昭和35年1月に建造された第1えるび丸(DW 654t)が最初のLPGタンカーである。

液化ガス運搬船の要目を第8表に示す。

天然社編 船舶の写真と要目 第9集(1961年版)

B5判上製函入 240頁 写真アート紙 定価1200円(〒150)

昭和35年発行「船舶の写真と要目」第8集(1960年版)に収録以後の1カ年(昨年8月より本年7月までの竣工船)における国内船、輸出船の、1,000噸以上の新造船の掲載は前集のとおりであるが、本集は旅客船、特殊船をその基準からはずして収録した。180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、技術者はもちろんのこと船に関心をもつ一般愛好者にとつても貴重なる資料である。

造船所におけるオートメーションへの道

J. H. Van Riet, Hamburg

「造船所では自動化が伸び切れぬままになっている」と1960年版のさる有力なドイツ経済新聞で造船所における合理化と自動化を論じた一節に述べられている。更に続けて曰く「全ての産業で合理化へと向つて、行きつく処は労力節減を目指しての自動化ということになる。そしてこの方面では造船所は遙かに他の産業から取残されている。勿論その方向へ向つてはいるが前に述べたような理由から *一特にすべての目的を集中してただ一つの物を作るということと大勢の人間を動員しなければならぬという点で一その可能性は半自動化までに止まる。(※訳註: 前に同趣旨の論文を発表しているものと思われる) 更に同じような部材—外板, BHD, DK PL といったようなもの—の数が自動機器を持込むには余りにも少ないし、その件は全くさておいても部材がいろいろと変化させねばならぬというのに大きいし重過ぎる」と。

造船での自動化についてはこういつた、またはこれと似たようなことがいろいろ書かれている。そこでわれわれとして認識しておかなければいけないのは“自動化”という概念も、どうやって自動化を探り入れてゆくかということも、未だはつきりとはしていない、ということである。

他の産業部門でオートメーションに取掛ろうという時には最終的に出来て来る製品を対象とせずその製品が出来てゆく製造過程を技術的詳細に亘つてすべて解析してゆくの肝要である。まずこうすることによって自動化の可能性が分るようになって来る。

それだから論を進める前に、まずわれわれは同じような部材の数が沢山ある時のみ自動的に物を作つていけるという考えから足を洗わねばならない。確かに作つて行く上にこのようなことがあれば自動化は大変容易となるけれどもそれにも増して大事なのは作業中または事務所内で、どこで年中同じような仕事が繰返されているかを見つけ出すことがある。(特に製作の部品が一樣なものか、さまざまなものかということには関係なく) というのは、大抵の場合、こういつた処で自動化が実現されるからである。

そうして次にはどういふ処でこの年中繰返されている作業の施行ということにわれわれが関わり合つて来るかを、しかも手によるのと同様頭を使う形の場合も、確め

ねばならない。前もつて“オートメーション”なる概念をもう少し詳しく描き出しておいた方がよいであろう。一般の慣用によれば自動機器とは人間が関与することなしに決められた操作を行う装置または機械である。生物によつて動かされる自動式プロセスは今日では“キバネルティク (KYBERNETIK)”なる概念で総括され“自動 (AUTOMATIK)”という表現は生きていない物のみの場合に限られる。

自動は大別して二つの原理に分かれる。出力量のコントロールのない操作制御と、出力量のコントロールのある定値制御である。

自動に完全連続性の加わつたものがオートメーションである。これが新しい機械の工学…他の機械を操縦制御する機械…の明確にして包括的な定義である。

工(産)業でのオートメーションとは自動性(自動操作による)と完全連続性の原理を工業過程上の尨大な範囲に亘つて応用したものである。

なお“過程(プロセス)”という概念には大変普遍的な意味があり製作, 変化, 分割諸作用を包含し, 材料でもエネルギーでも情報でも取扱うことが出来る。

こういつた諸概念に立脚してゆくと、ある製作内にオートメーションを持込むには、その前にまず明瞭に諸過程を描き出して把握し區別してゆくことがかなめになって来る。それ故に造船業または造船所におけるオートメーションを語ろうとするなら総合した製作全体に思いを巡らす必要はないが、まず全体の製作過程の一片にスポットを当てて自動化へといろいろ試みることは出来るし、またそうすべきである。

それで自ずと明らかのように船舶建造全般に及ぶ自動化の実施の総合構想で考えてゆくか、ある一つの問題を解決するか如何が重要になって来る。ある一定の作業過程の自動化の問題の解決というものは出発点における立脚点と更には設定した目標によつて影響されるものである。

こういつた関連のよい例としては造船用鋼板の自動切断の現在のいろいろな解決例がある。一方には縮尺1:1とか1:10の型または図面による切断器の出現があり、他に光学標本台の上に縮尺1:100を1:10に拡大投影した図形を辿つてゆくものがあり、また別には1:100のネ

原尺現図場による作業が行われている造船所では縮尺 1:1 の型、木型の作成が問題となるが、光学製図を実施している所では縮尺 1:10 の型製図が型とか木型に取って換わり、これらが切断器の型として必要となつたり、またはガラス板へ縮尺 1:100 に縮小撮影する原型となつたりする。こう云つた縮尺 1:100 のネガ板を使って切断器を操作することも可能だし、他には投影器によつて板の上に縮尺 1:1 の影像に拡大し、光の線を人がタガネで打印することも出来る。(これらに関係したある特定の方法に立入るのは本文の目的ではないのでここではただ網羅しておくという点から指摘するに止める。) こういつた基礎(手段)を更にスケッチ図、部材表、材料の抜き書き等で補う。

これらが工事計画とか実際の製作自体への作業の基となる。外板や甲板の板への展開は光学製図場で行われる。以前は、展開は原尺現図場での仕事であつた。第 2 図には部材の中間置場までの製作の模様を簡単に図示してある。大組立および船台上での組立はこの図では省略されているが、後で扱わねばならぬものである。

第 1 図と第 2 図とに出てくる作業経過または作業過程を結びつけるものは工作図と光学手段と部材表である。

これ等は勿論作業者に各作業に関しての諸情報を提供するだけの書類であつて、ある機械の操作というようなことをするものではないが、唯一つ例外がある。それは縮尺 1:10 の輪廓図とか縮尺 1:100 のガラスネガまたは穿孔テープ、磁気テープであつて、これらを切断器に与えて機械を操作するのである。だが未だ 100% 自動的に操作出来るとしているのではない、というのは人が機械の補助機能を果たすため(例えばバーナーに火を点けたり消したり機械を動かして来たり止めたり)まだまだ労働力が重要なのである。しかしこういう例からはつきりして来るように技術ビューローによつて、作業機械を操作出来るような一つの形式の基礎が出来て来れば、製作の上で一大簡易化が可能になる。

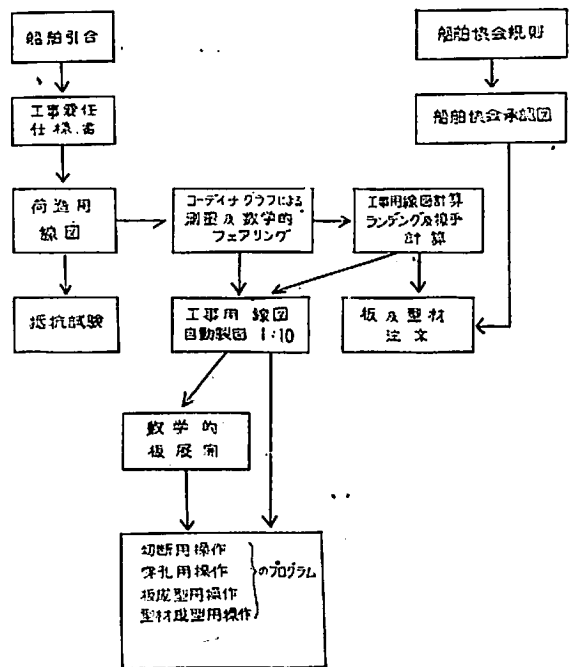
これらの考えがハンブルクのシュリーカー造船所で自動操作式コーディナトグラフ(第 7 図)(スイスチューリッヒのコントレーツ商会製作)と共用する IBM の大型電子計算装置を擁して発展して来た方式の根底となつている。第 3 図はこの第一段階を行う作業工程を图示したものである。純理論的に考えればコーディナトグラフ装置は中間段階に位するものでオートメーションの問題が完全に解決した暁にはなくすことは出来る。しかしこの方式を発展させれば一つの中間段階で計算結果による制御ということが実現出来るので、シュリーカー造船所では、このコーディナトグラフによる方法を選んだので

ある。

この自動式コーディナトグラフで肝心なのは、カードや図面を作る際の測量をやつて行く様式にいろいろと適用されている装置である。これでどンドン蓄えて来る作業プログラムを作り上げ、製図作業を早めそれとともに図面の不備を補つて、ちやんと描き上げるよう仲介をするといったようなことの一助となつて行かねばならない。とまれ未知のものではあるがその価値を考える時コーディナトグラフは補助手段として配置されるしる物である。根本的にはこれは相当な精度でプログラム化された計算作業を行う自動計算機械である。

造船に持つて来る場合は前もつてコーディナトグラフの二つの任務を区別しておかなければならない。第一の任務は図面(線図)から XY 座標を選び出し、この座標に於ける数値を、デジタルな形で(穿孔カード、穿孔テープ)記すことであり、第二の任務はその逆の意味すなわち X-Y 座標のデジタルな値を図上に記すことである。つまりコーディナトグラフの機能によりデジタルな出し入れでやつて行けるわけである。両方の機能を一つの装置で一緒に行う場合もあり、二つの装置に分けて行う場合もある。

シュリーカー造船所では出入を分けた方を採つている。プログラムは穿孔カード、穿孔テープ、十進法スイッチ等々により作られる。デジタルな情報(カードま

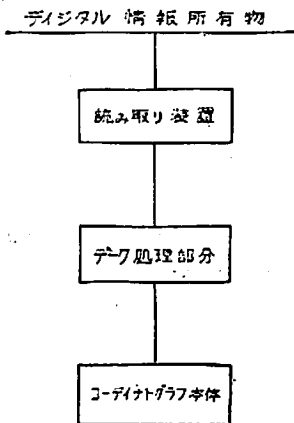


第 3 図

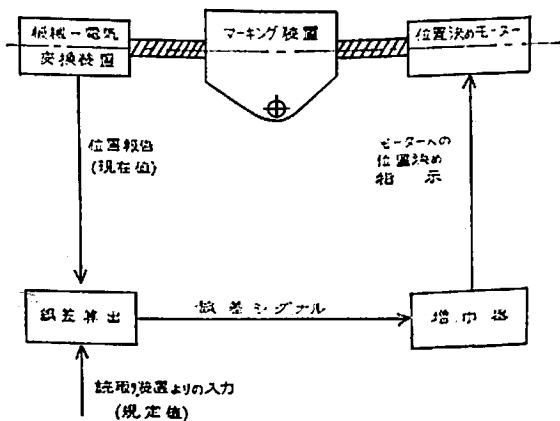
たはテープ)の貯蔵には記憶装置がある。デジタルアナログ変換器でこれらの情報がアナログの圧力に変えられ、それに従ってこれと机上の位置測定エレメントと比較する。設定した X 座標, Y 座標での計算は二つのピニオンの軸上のコントレーヴの精密計算コンデンサーが行う。座標輪はコントレーヴサーボモーターにより駆動される。プログラムで決められた位置に来ると穿孔針が点を打つ。記入をはつきりさせるために一緒に付いている点がそれぞれに応じた記号を記す。適宜記憶装置が次のデータで一杯になつて来ると、全サイクルが全く自動的に新しく始まる。

更に発展すれば、曲線や円弧が描ける完全自動の挿問式コーディナトグラフが出来る。

第4図、第5図はあるコーディナトグラフの働きを图示したものである。(コラドマツト、チュリッヒのコラディ商会製) (現在市販のコーディナトグラフの固有の動



第4図 自動式コーディナトグラフのブロック図

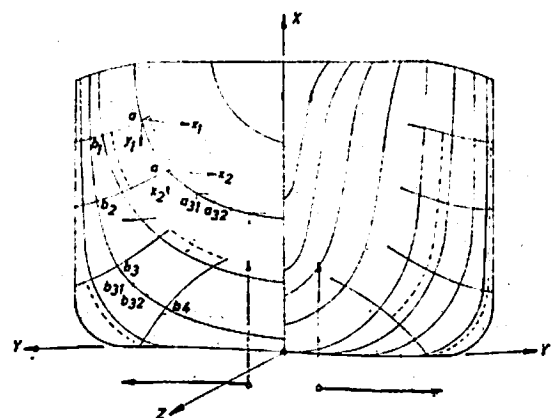


第5図 ある座標で進路追跡のための正規化回路のブロック図

作様式にはここでは立入らないので参考文献の項に呈示した文書を参照されたい)

第1図と第3図を比べただけで、大型電子計算機とコーディナトグラフの装置によつて、船舶建造において事務作業の自動化がどの個所でなされたかがよく分る。構造用線図の初期設計までは設計技師の仕事は変つていない。その後全ての構造用フレームおよびウォーターラインが自動式コーディナトグラフによつて読み取られ穿孔カードへ記入する。デジタルな値の形に翻訳される。(第6図) ここでどのおよびどれ位の数の値を読み取らねばならぬかは計算用プログラムの形式によつて決つて来る。この記入の終つた穿孔カードによつて設計図に必要な計算を行い、必要とあらば修正を加えることも出来る。修正された値は穿孔カードに保存され、コーディナトグラフにて抵抗試験の基となる新しい構造用線図を描く時に再び役に立つ。抵抗試験で模型を修正すると、また新しく X, Y, Z, 座標の値 (Z 座標の値はフレームの位置に等しい) を読みとる。模型修正のない時は既存の穿孔カードが第二段目の作業に取りかかる時すなわち電子計算装置により工事用フレームの算出は一つの数学の問題であり、これをどういふ風に解くかは造船所がどんな計算用プログラムとどんな計算装置を用いるかの如何によつて来る。この結果は再び穿孔カードまたは穿孔テープの形で事務所内に保管される。これ等はコーディナトグラフを全く自動的に動かそうとする時、つまり全く自動的に工事用線図を描かせようという時に新たに役に立つ。更にこれによつてこの後の作業過程全ての基礎が設けられることになる。

さてここでわれわれは、フレームとランディングの一部を定める諸点の数を定める。(第6図)



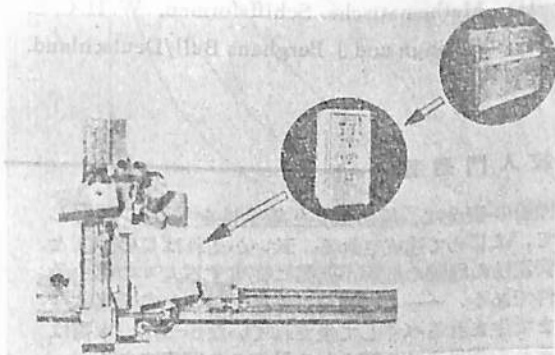
第6図 フレーム位置=Z 座標

a1, a2, a3, a31, a32, a4, 等々

b1, b2, b3, b31, b32, b4, 等々

これら各点に対して X, Y, Z の値が穿孔カードまたは穿孔テープの形で確立する。この線図に今度は更にいろいろな記入事項、例えばシームやバット、ランディング（線図だけでは定まらない部分の）、二重底の線、ウェブフレーム、等々が書込まれる。この値をまた新たに読みとつて貯えておく。外板の展開は造船においては面倒臭い仕事の一つで特別その道に通暁した能力を傾けて、非常に莫大な時間を費やさねばならないものである。それが今やこの発展を基にして大型電子計算機に挿入してゆくというやり方は明々白々たるものになった。選び出しを図式化しそれに旨く適合させた組織を用いれば、データを入れると外板の展開が、人による方法に比べてごく僅かな瞬時の内に行われる。計算作業自体の後、更にこの計算装置を使つて計算された点をコーディナトグラフで記入するのは外板1枚につき2秒あれば出来得る。

こう云つた処から出発してゆけば完全なオートメーションへの道は間近である。いずれ自動操作式コーディナトグラフは座標式切断器に取つて代られねばならぬもの



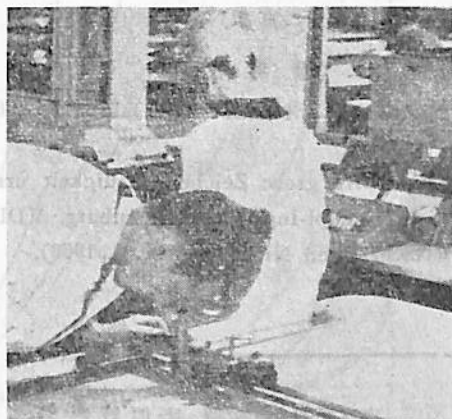
第7図 自動式コーディナトグラフ



第8図 シュリカー造船所の IBM 電子計算センター

であり、こうなつた時は補足として切断速度や切断線の開先形状の表示をしたデータを貯えて板はもはや書きせずに直ちに全く自動的に切断される。

これについては、R. ベヒトル工学博士と T. H. ハイジング工学士の、「新しい切断機械」〔10〕なる論文の中の「数値制御による座標式切断機」という一章を参照して戴きたい。これにはこの機械の作業様式が詳細に取扱われている。シュリカー造船所ではこの発展により前述の計算のためのプログラム化が一部省略されて来ている。自明の如く、自動式数値指示は、補助機能例えば切断酸素の出入れ、早送り、バーナーの出入れ等を行う附属物で補足してゆかなばならない。ここで新しい切断機的发展について述べたことは、型材の冷間曲機、ボール盤、ポンチ、板成型機等の操作に[応用して]ゆこうという時



第9図 コーディナトグラフによる線図からの X, Y 値の読み取り。後方は IBM 穿孔カード読取器



第10図 IBM 穿孔カード読取器。部材表作製時には電気書取器と組合わされる。同時に材料計画や材料整理に必要な穿孔カードに孔があげられる。

にも云えることである。これ等の操作手段が用意されたことによつて転換計画の第二段階として予定された発展すなわち工作機械や製造工場をひつくるめた電子操縦設備の建造に着手さるべき発展が約束されるのである。

造船所の作業方式についての革命的発展が実現すると認めるのも、少しも夢ではなくなつた。ここにおいて明らかとなつたことは、本当の研究活動は、大型計算装置を管理上に採り入れかつ基礎が出来るようにするのに重要となる数学的計算プログラムの形成にすることである。造船所における完全な自動化とともに、解決すべき問題はまた数多くあり、なにかんづく単独の作業工程のプログラムがどの処と、たがいにどう絡みあつて来るかということがある。

しかし今回はまず最初の手始めである。更に今後本文中諸所に示唆された問題を大いにこまごまと扱つてゆかねばならない。(星野 真 訳)

参 考 文 献

- 1) Zeitschrift "Hansa" 98, Jahrgang 1961, Nr 2.
- 2) Wie wird grobe Zeichengenauigkeit erreicht? (Dipl.-Ing. Jäger, Hamburg, VDI-Nachrichten Nr 14 vom 29. 6. 1960).
- 3) Koordinatographen PK mit Programmsteuerung, Firma ARISTO, Hamburg.
- 4) Contraves-Programmsteuerung zum Haag-Streit Koordinatographen.
- 5) Ein automatischer Grobkoordinatograph von Th. Erismann, Schiffbauer, Neue, Züricher Zeitung Nr. 4216 vom 30. 11. 1960.
- 6) Sinn und Zukunft der Automaten, von Kuvt K. Doberer, Europäische Verlagsanstalt, Frankfurt a. M., 1958.
- 7) Die automatische Fabrik, von John Diebold Nost Verlag GmbH., Frankfurt a. M., 1956.
- 8) Automation, die zweite industrielle Revolution C. W. Leske Verlag, Darmstadt, 1956.
- 9) Mensch und Mensch-Maschine, von Norbert Wiener Alfred Metsner Verlag, Frankfurt a. M., 1952.
- 10) Neue Brennschneidemaschinen, R. Bechtel und Th. Hysing, "Hansa" Nr. 17, 1961.
- 11) Mathematische Schiffsrformen, W. H. C. E. Rösingh und J. Berghans Bull/Deutschland.

重 版 ・ 天 然 社 海 技 入 門 選 書

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 380円 (〒70円)

目 次

第1章 力の作用		
1.1 力のつりあい	1.2 力のモーメント	1.3 重心
1.4 回転運動	1.5 振子の運動	1.6 水の圧力
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	3.3 安全率
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

操船の安全は、船の強度と安全性を完全に理解して、はじめて達成される。云いかえればこの強度と安定性の理論の理解が航海に従事する人々の第一条件である。——この理論を平易に説いた参考書は今まで生まれるべくして生まれていなかった。本書はそれを満足させる完全なる最初の入門書である。

5.4 局部強度	5.5 構造様式	5.6 強度の確保
第6章 排水量		
6.1 シンプソンの法則	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		

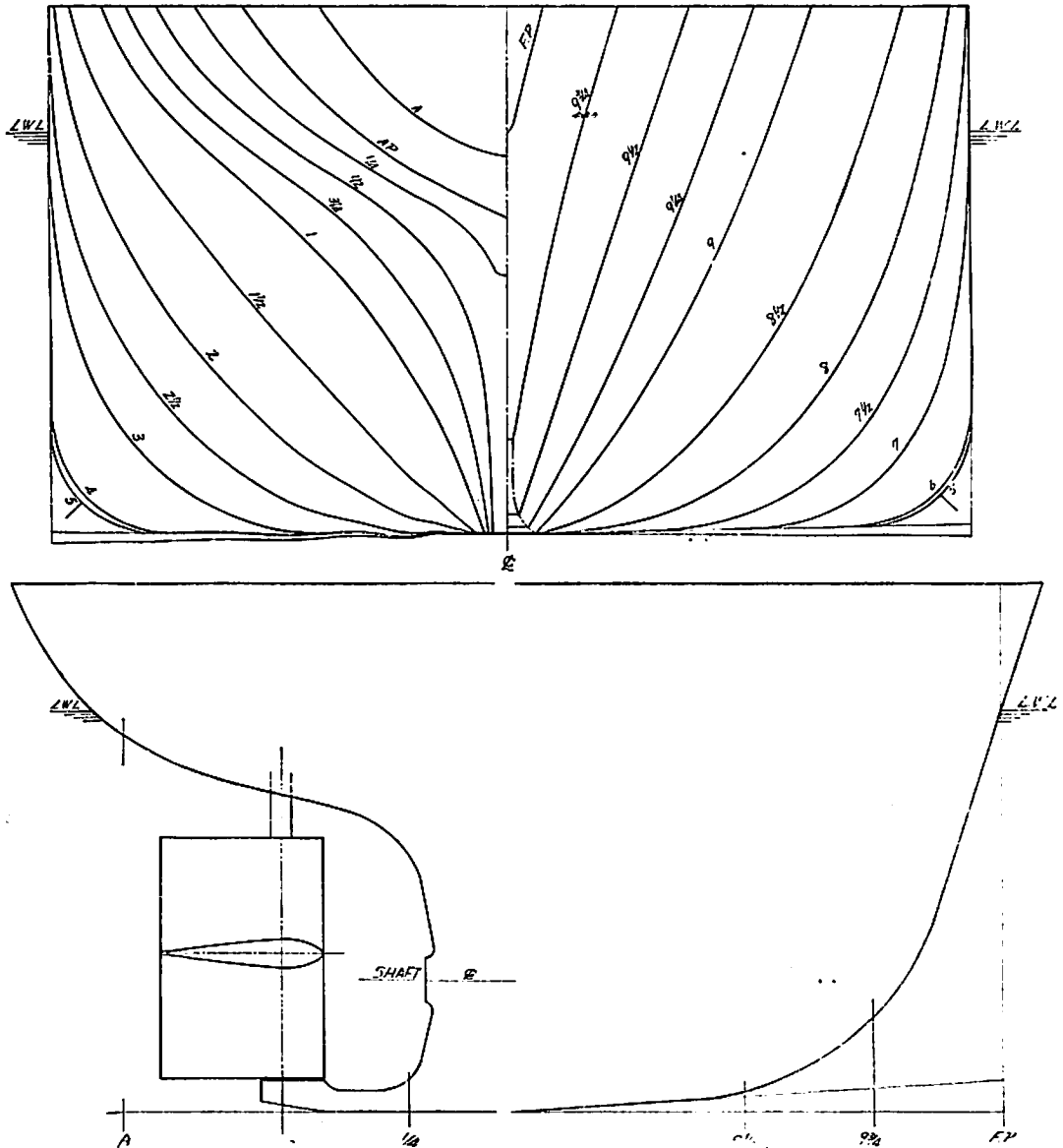
小型貨物船の模型試験

船舶編集室

M. S. 249 は一昨年運輸省からの委任で日本造船工業会が設計した500総噸型の小型標準貨物船の、M. S. 250 は同様に日本小中型造船工業会の手で戦艦船代船の標準設計として作成された1,600総噸型貨物船の船型に対応する、いずれも5m模型船である。両船の主要寸法その他は、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、正面線図および船首尾

形状は第1図、第2図に示す。主機としては、M. S. 249 は500 BHP×380 RPM 程度の、M. S. 250 は1,800 BHP×250 RPM 程度の、ともにディーゼル機関の搭載が計画されていた。

試験は M. S. 249 については満載、試運転の2状態で、M. S. 250 については満載、半載、試運転の3状態で実施された。その結果を第3図、第4図に示す。



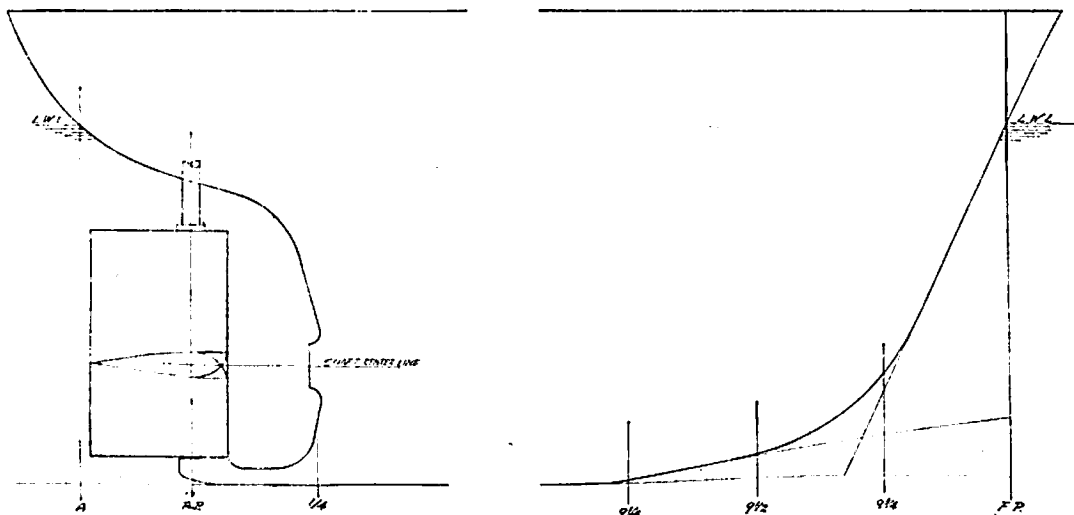
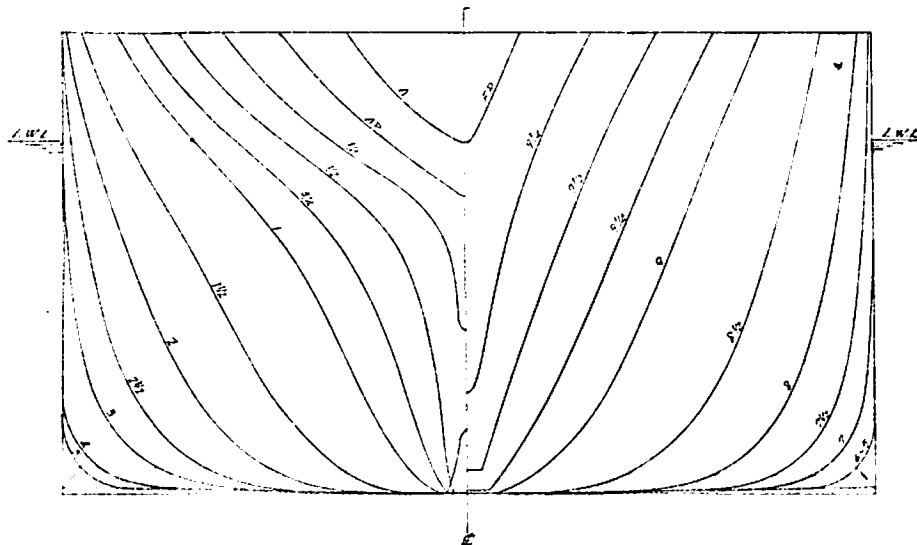
第1図 M.S. 249 正面線図および船首尾形状図

第1表 要 目 表

M.S. No.		249	250
長 (L _{p.p.}) (m)		48.000	76.00
幅 (B) 外板を含む (m)		8.618	12.221
機 載 状 態	吃水 (d) (m)	3.809	5.341
	吃水線の長さ(L.W.L.) (m)	49.78	77.54
	排水量 (Δ) (ton)	1,094	3,678
	C _b	0.677	0.723
	C _p	0.695	0.733
	C _Δ	0.975	0.987
lcb (L.P.P. の%にて 図より)		+0.48	-0.72
平均外板の厚さ (mm)		9	10.5
λ ₀ *		0.1446	0.1431
λ'₀*		0.1839	0.1573

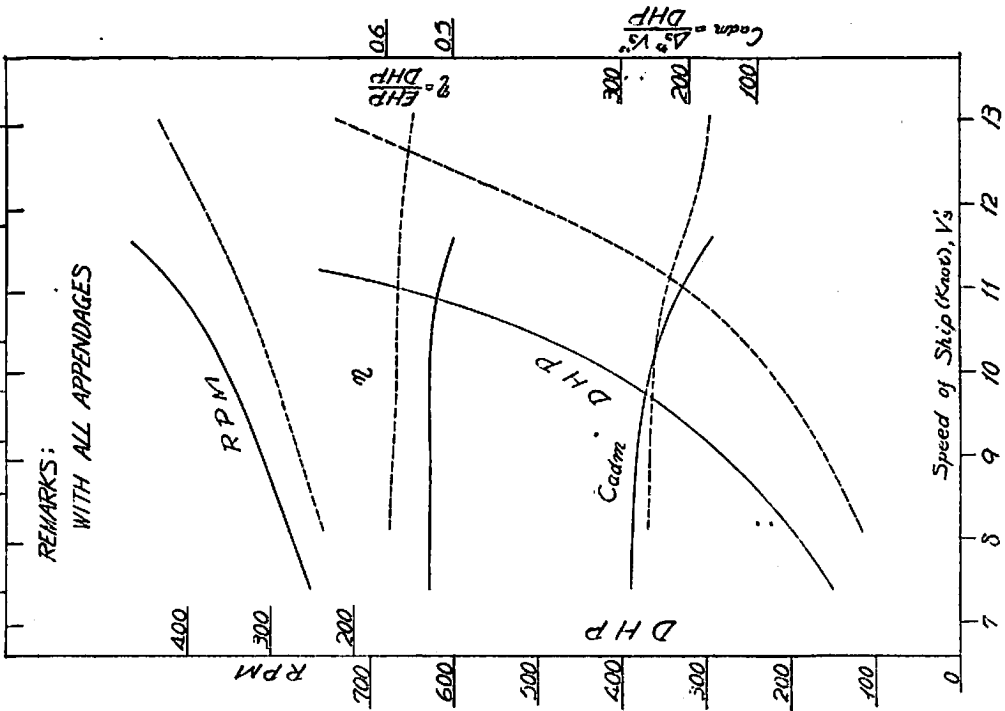
M.P. No.	211	212
直 径 (m)	1.760	2.786
ポ ス 比	0.195	0.195
ピ ッ チ (-定) (m)	0.968	1.532
ピ ッ チ 比 (-定)	0.550	0.550
展 開 面 積 比	0.415	0.415
翼 厚 比	0.050	0.050
傾 斜 角	10°~30'	10°~30'
翼 数	4	4
回 転 方 向	右 廻 り	右 廻 り
翼 断 面 形 状	エーロフォイル	エーロフォイル

*印 L.W.L. に基く



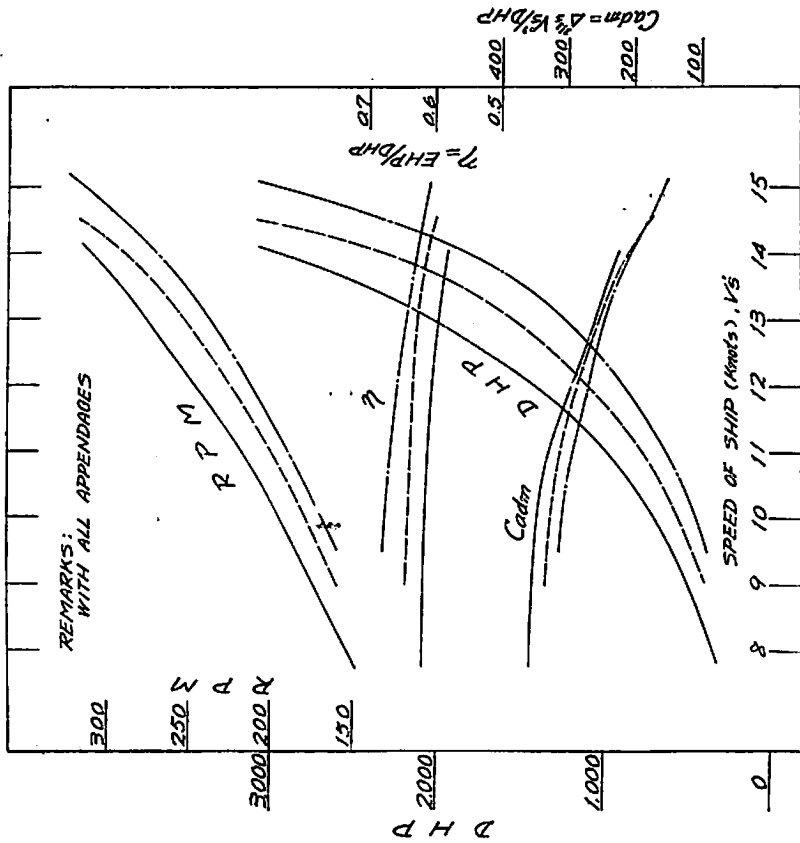
第2図 M.S. 250 正面線図および船首尾形状図

CONDITION	DRAFT (m)	DISPL (m ³)	MARKS
FULL LOAD	3.809	1067	---
TRIAL	2.85	1756	417



第3圖 M.S. 249×M.P. 211 DHP 等曲線圖

CONDITION	DRAFT (m)	TRIAL	DISPLACEMENT	MARK
FULL LOAD	5.341	0	3588	3678
1/2 LOAD	4.128	3048	2303	2361
TRIAL	3.668	1358	1597	1573

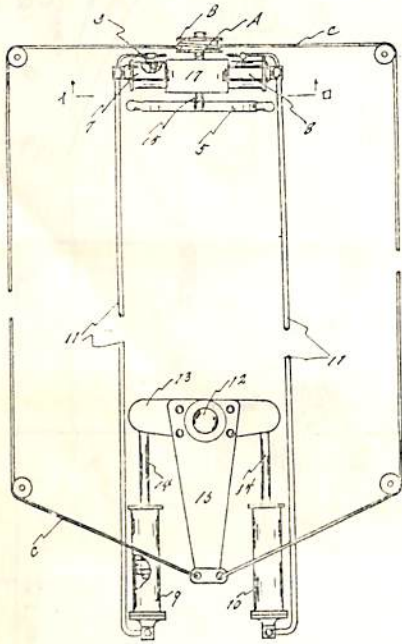


第4圖 M.S. 250×M.P. 212 DHP 等曲線圖

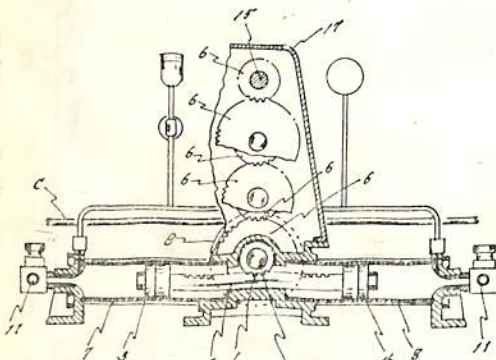
特 許 解 説

手動を兼ねた油圧式操舵機 (実用新案出願公告昭 37-19958 号, 考案者, 泉井勝行, 出願人, 光洋造機株式会社)

この考案は, 操舵輪 5 の回転を減速用中間歯車 6 を介して軸 A に伝え, 軸 A には溝車 B とピニオン 1 を設け, 溝車 B に巻き着けた操舵用ワイヤーまたはチェーン C を舵軸 12 に定着した操作杆 16 に連絡し, 一方ピニオン 1 は左右 1 対のオイルシリンダー 7, 8 内に設けた圧油ピストン 3, 4 を両端に固定して左右に摺動自在なラック 2 と咬合せ, 上記 1 対のシリンダー 7, 8 と舵柄 13 操作作用オイルシリンダー 9, 10 とを圧油管 11 で連絡させた手動を兼ねた油圧式操舵機の構造に関するものであつて,



第 1 図



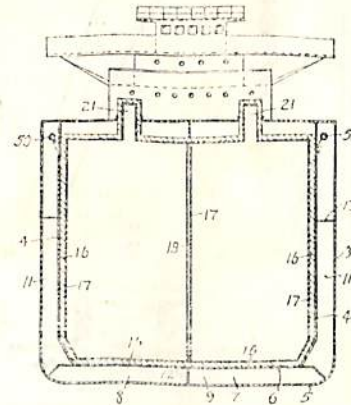
第 2 図

僅少な力で操舵輪を操作することによつて容易に操舵できるとともに, いずれか一方が故障が生じた場合でも操舵に何ら支障がないものである。

液体貨物運搬船 (特許出願公告昭 37-7070 号, 発明者, ジェームズ, ジェー, ヘンリー, 出願人, コンチ, メセイン, サービンス, リミテッド)

零下の温度ならびに大気圧に保つことを要する液体貨物の運搬船に関する発明であつて, 船体中央部の横断面がほぼ正方形となるよう船殻の深さ幅比を約 1:1.1 として船の速度および航性を犠牲にせず液化した低比重材料に最大の貨物空間を与え, 外殻 3 と内殻 4 にて形成される舷側タンク 11 に仕切板 13 を設け底板 5 と内底板 6 にて形成される船底空間 7 を垂直仕切板 12 で区画して船底タンク 8, 9 を設け, これらタンクには熱伝導媒質の働きをするバラストを注入し更に舷側タンク上部にはノズルを有する液体導管 50 を船の首尾方向に延在させて舷側タンクの内殻 4 の上部表面にスプレーを噴射し, 内殻 4 上に液体カーテンを流下させて内殻の垂直方向温度勾配を最低に保ち, 内殻 4, 6 が過冷されても船殻の外板と接触している熱伝導媒質が船を囲繞する海水および空気と熱交換し内殻 4, 6 を危険な低温度におくことはない。次に内殻 4, 6 の内面には熱絶縁材料としてバalsa材層 16 を装置し僅かな間隙を設けてアルミニウム合金製タンク 17 を保持して荒海における船殻の撓みがタンク 17 に実質的に撓みを与えないようにしてある。なお, タンク 17 には甲板を下から貫通する貨物の注入, 排出用のドームが具えられている。

以上の構成においてタンク 17 は米国機械技術者協会 (ASME) 呼称の合金 GR 40 A 規格 SB-178 のアルミニウム合金製であるから温度が -285°F に低下してもその物理的性質は殆んど害されないし, バalsa材の使用はタンクの実質的な構造的支承となる剛性を有するのみでなく多孔質であるからタンク 17 からの漏洩を容易かつ正確に確定することができる。(八木田 茂)

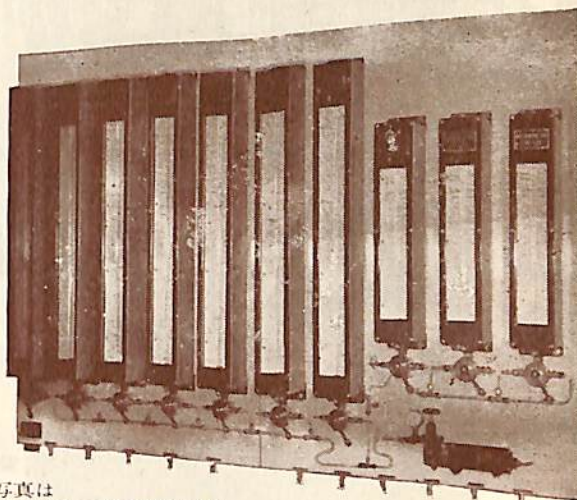


TOKICO

船舶用計測器は！

トキコ

タンクゲージ
 ドラフトゲージ
 船舶用圧力計
 ルーツ流量計



写真は
 タンクゲージ及びパネル
 タンクゲージはタンク内の水、油の深さ又は容量を、
 空気圧を利用して簡単かつ正確に遠隔測定できますの
 で各業界から御好評を得ております。

船舶関係使用例

水、燃料油、潤滑油等の各種タンク、油槽船の原油タンク、船のバランスをとるため海水を注水する船底、船腹のバランスタンク等



東京機器工業株式会社

本社・工場 川崎市 中島 1 番地の 2 電話川崎 (2) 大代表 2561

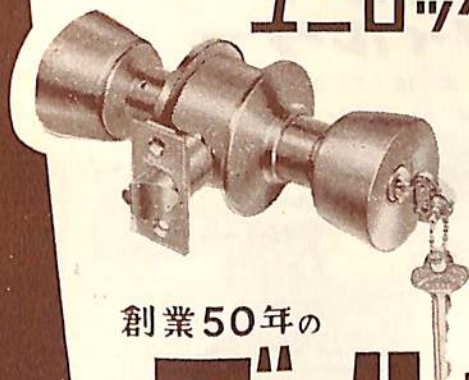
東京営業所 東京都千代田区神田鎌倉町 2 (日立鎌倉棟別館) 電話 (23) 大代表 8111

大阪営業所 大阪市 梅ヶ枝町 1 6 4 電話 大阪 (6) 大代表 1241

福岡出張所 福岡市 横口町 4 6 (正金ビル) 電話 福岡 (5) 2077

名古屋出張所 名古屋市中村区 庄井町 3 の 98 (名古屋ビル) 電話名古屋 (53) 8668・8669 番

高級 ユニロック



創業50年の

ゴールドアロック

GOAL

各種
 シリンダー堀込錠
 押ボタン式堀込錠
 高級棒鍵堀込錠

株式会社 谷山製作所

本社・工場 大阪市東淀川区三津屋北通四丁目四四
 電話 大阪 (301) 代 5231・4414・2517

東京営業所 東京都港区芝浜町四丁目五 電話 東京 (431) 8706

Zenith Marine Chronometre, Switzerland



ゼニット
マリンクロノメーター

二日巻検定証付

瑞西ニューシャテル天文台コンクール六カ年間最高賞連続受領

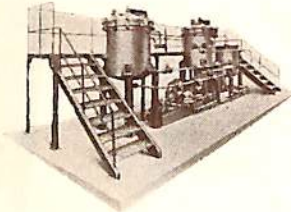
販売特約店 日本漁網船具株式会社
三洋商事株式会社
日興海事株式会社

ZENITH

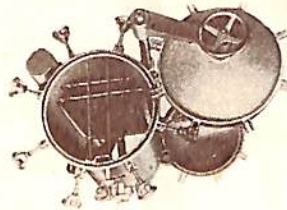
輸入元 K. K. 瑞西時計輸入商会
Tokyo Central P. O. Box 1355

日米特許 エー・ワイ・フィルター
特許 ウルトラ・フィルター

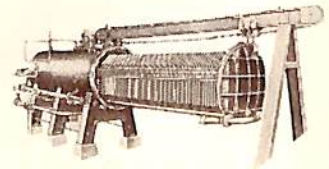
1/2 の濾過面積で 2 倍の濾過量
0.1 ミクロンの微粒子完全除去



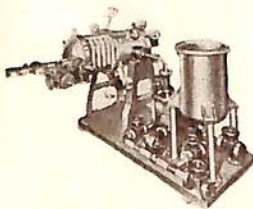
縦型



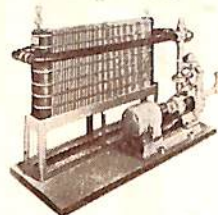
上下蓋開閉型



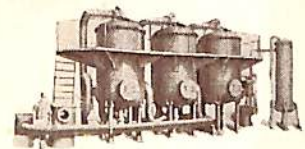
横型
(ケーキ多量処理)



回転式水平リーフ型
(濾過槽残液皆無)

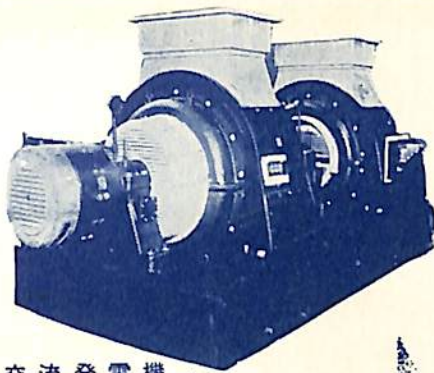


日米特許 A1 フィルター
可逆式連続硅藻土濾水機

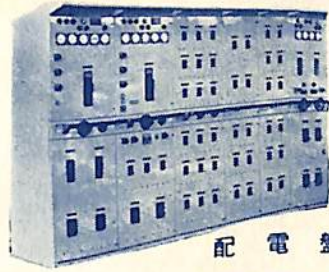


溶剤回収装置
気体脱湿装置

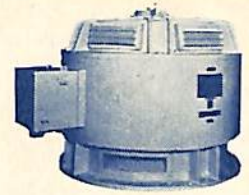
ミウラ化学装置株式会社 東京都目黒区下目黒3の541 電(712)0640・2265
大阪市住吉区帝塚山東2の13 電(671)代0251-4



交流発電機



配電盤



モートル



主要電気機器
 発電機・シリコン変圧器
 アンプライン式増幅発電機
 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

輸送の原動力

Toshiba
東芝
船舶用機器

東京芝浦電気株式会社

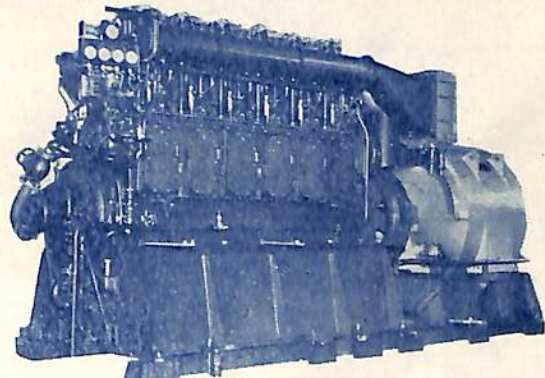
光と熱を生み出すクボタ!

貨物・原油を満載して、昼夜をわかつたず走りつづける貨物船、マンモスタンカー。海底をけつり新しい国土をきづくドレッジャー船。——そこにクボタディーゼルがある。安全な航海も円滑な作業も、多くの実績に保証されたクボタディーゼルが約束しているのだ。

クボタ ディーゼル



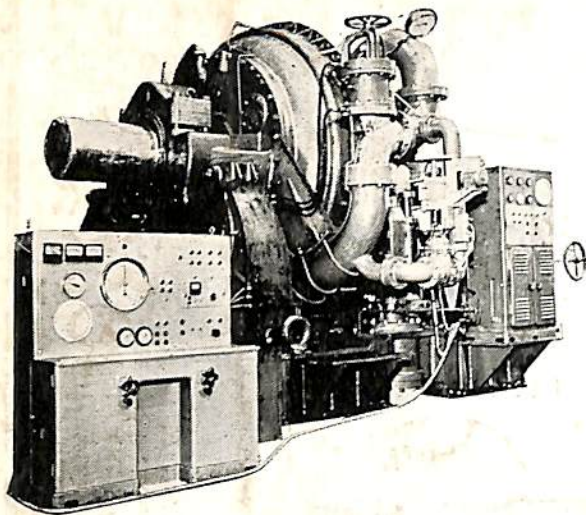
久保田鉄工株式会社 大阪・東京・福岡・札幌・名古屋・仙台・室蘭



●L6D28ACS形 1000馬力 600回転(850KVA)

●補機用 8~1000馬力 ●主機用 4~900馬力

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り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

船舶 才三十五卷 才九号
昭和五年三月二〇日第三種郵便物認可
昭和三十七年九月七日印刷(毎月一回発行)

編集発行 東京都新宿区赤城下町五〇番地
兼印刷人 田岡健一
新田岡健一
研 市東堀通一
修 舎四

本号定価一八〇円 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

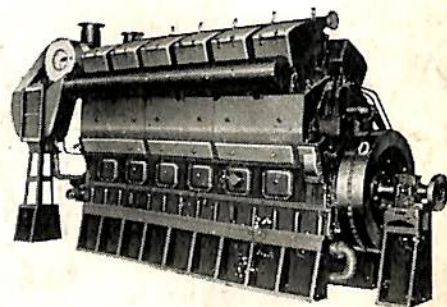
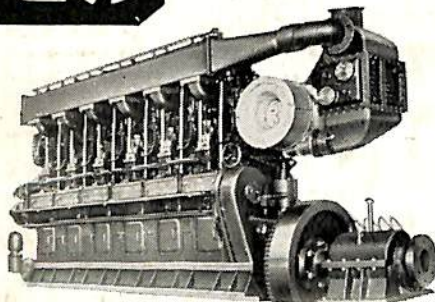
ハンシン ディーゼル



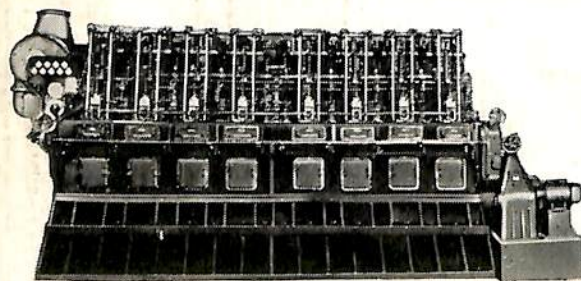
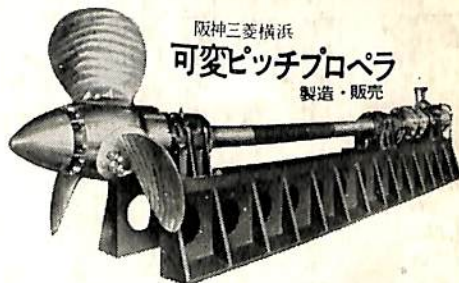
船舶用
発電用
動力用

最高の品質・性能
完全なアフターサービス

130~4500馬力



阪神三菱横浜
可変ピッチプロペラ
製造・販売



阪神内燃機工業株式会社

本社・工場：神戸市長田区一番町三丁目 TEL：神戸(5) 1531~6
東京支店：東京都千代田区丸の内丸ビル TEL：東京(201) 3640~1
下関出張所：下関市豊前町第一ビル TEL：下関(22) 768・1351

保存委番号：

IBM 5541

052095