

昭和五年三月二十日 第二郵便物種認可
昭和二十四年三月二十八日 運輸省特別承認
昭和三十四年八月十二日 発印
行別

船舶 8



S 32.8.13

1959. VOL. 32

ベネズエラ向大型タンカー
“ESSO MARACAIBO”
(35,601重量吨; 速力16.4ノット)
昭和34年7月23日竣工
日立造船・因島工場建造



HITACHI Zosen



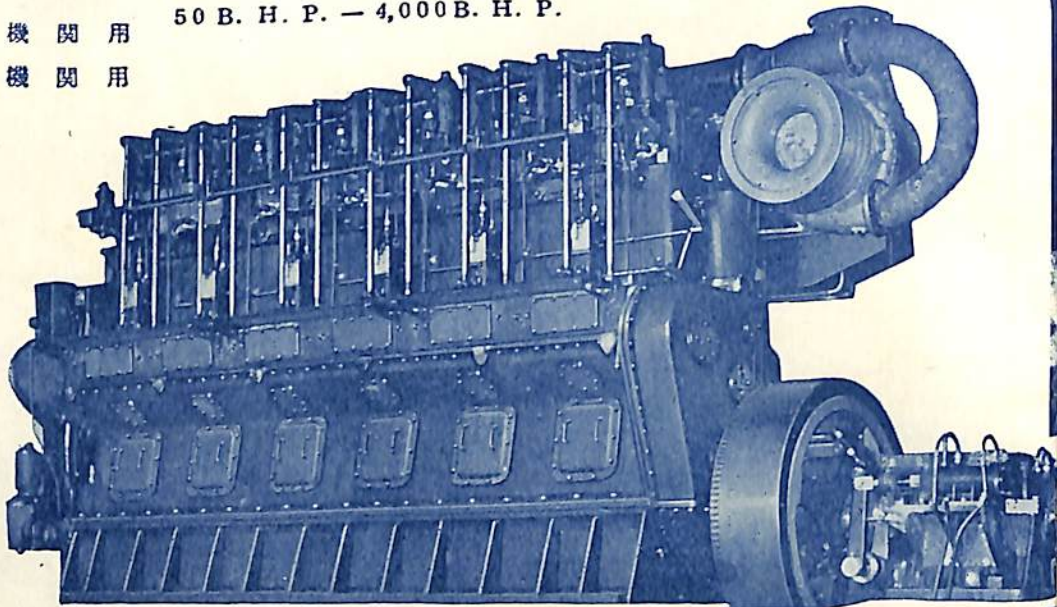
日立造船株式会社

天 然 社

AKASAKA DIESEL

50 B. H. P. — 4,000 B. H. P.

船舶主機関用
船舶補機関用



創業
60年



株式会社 赤坂鉄工所

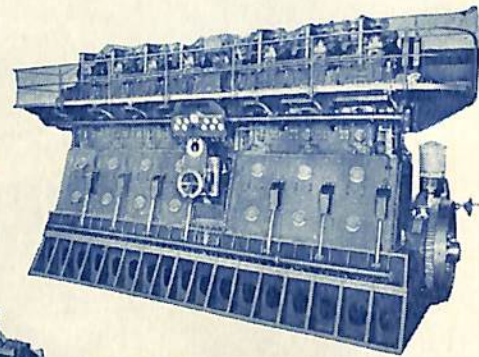
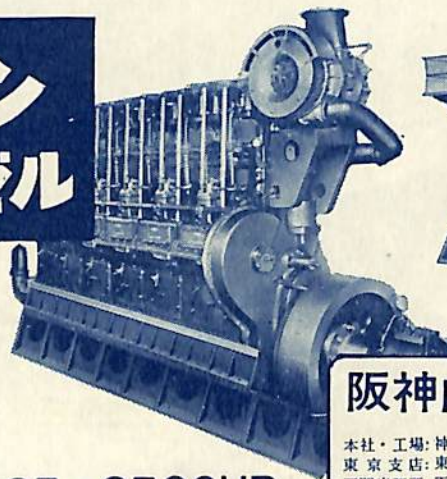
本社 大阪工場
北海道出張所
東北出張所
東京出張所
京浜出張所
東上出張所
中北出張所
中央出張所
区北出張所
銀西出張所
座六出張所
1丁目3
1丁目3
1丁目3

東京出張所
京浜出張所
東上出張所
中北出張所
中央出張所
区北出張所
銀西出張所
座六出張所
1丁目3
1丁目3
1丁目3

電話 (56) 4902, 4903
電 話 (3) 4507
電 話 (23) 4790
電 話 2121-5

ハンシン ディーゼル

船舶用
発電用
動力用

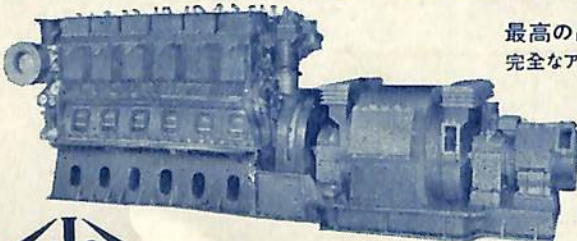


阪神内燃機工業株式会社

本社・工場: 神戸市長田区一番町三丁目 TEL: 湊川 (5) 1531-6
東京支店: 東京都千代田区丸ノ内丸ビル TEL: 和田倉 (20) 3640-1
下関出張所: 下関市豊前町第一ビル TEL: 下関 768

65~3500HP

最高の品質・性能
完全なアフターサービス



阪神三菱横浜
可変ピッチプロペラ
製造・販売

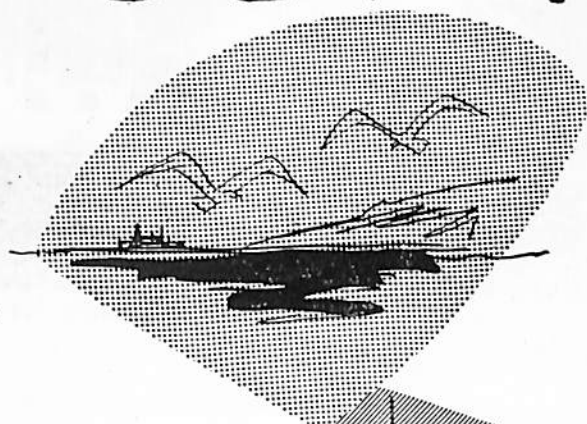




快適な船旅にソフトな床材

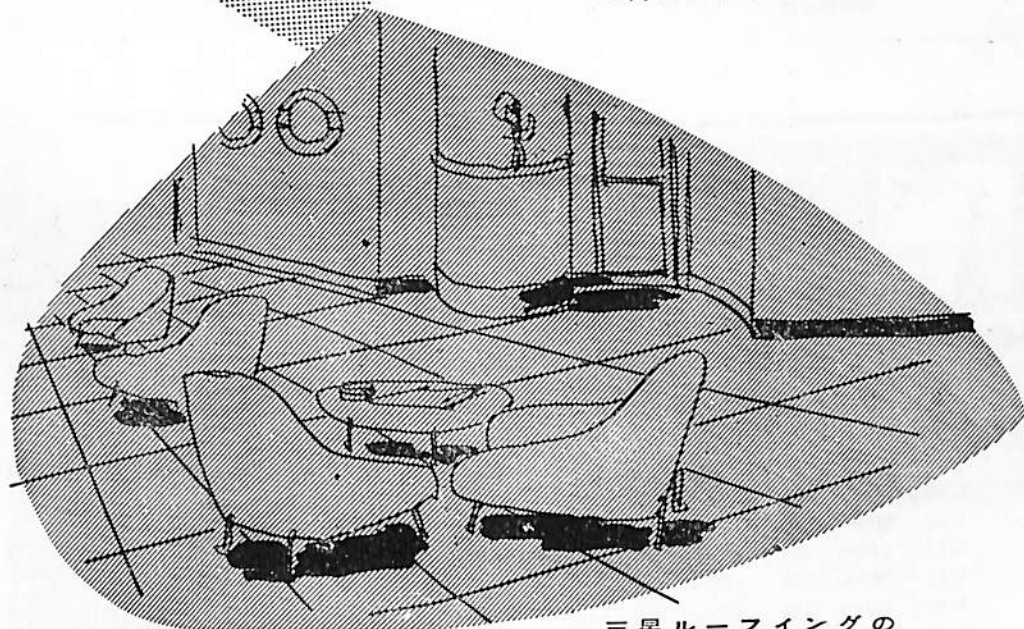
高級弾性床タイル

三星ソフトタイル



三星ソフトタイルは柔軟で、
弾性に富み感触が非常によく
美しい色調が16種以上用意し
てあります。

磨擦に強く褪色せず他の床材
の何れよりも永持ちします。



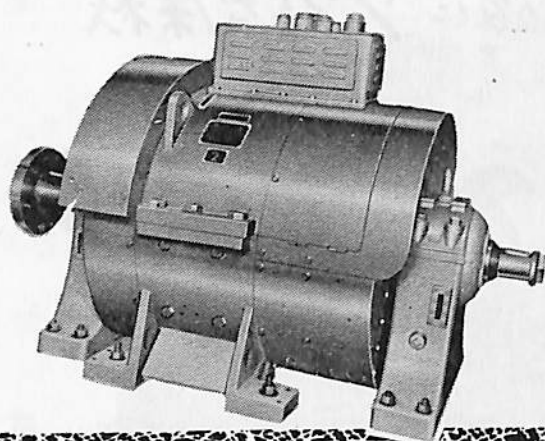
三星ルーフィングの

田島応用化工株式会社

東京・東京都足立区小台町 633 TEL 王子(91)代1131
大阪・大阪市西区京町堀上通 1-14 TEL 土佐堀(44)代809

優秀な技術
納期の確実

大洋発電機



交 流 直 流
発 電 機
各種補機用電動機
管 制 器
制 御 器
配 電 盤
其 の 他 特 殊 機 器

大洋電機株式会社
取締役社長 山田 沢 三

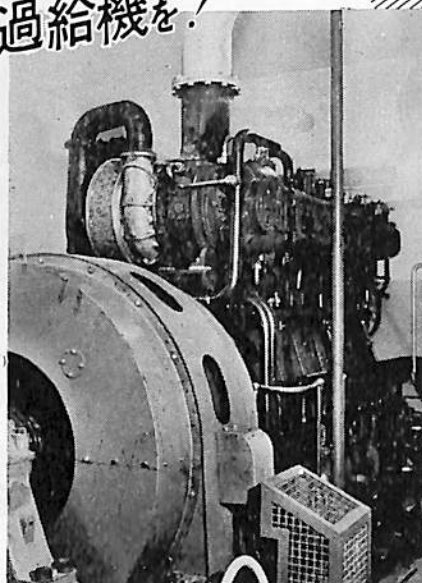
本 社 東京都千代田区神田錦町3の16
電 話 東京(29) 5916 ~ 9
工 場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18
電 話 笠松 2181 ~ 4
出張所 下 関 札 幌 函 館

すべてのディーゼルエンジンに
芝浦タービン過給機を!

芝浦タービン過給機の要目表

型式	機関馬力		過給機裝備後の機関出力		乾燥重量
	HP		HP		
L 20	180～	230	270～	340	140
L 23	200～	260	300～	390	150
L 24	210～	360	390～	540	210
L 31	360～	550	540～	820	350
L 37	550～	900	820～	1,350	480
L 45	900～	1,400	1,350～	2,100	800
L 55	1,400～	2,000	2,100～	3,000	1,500

技術資料提供 御照会下さい

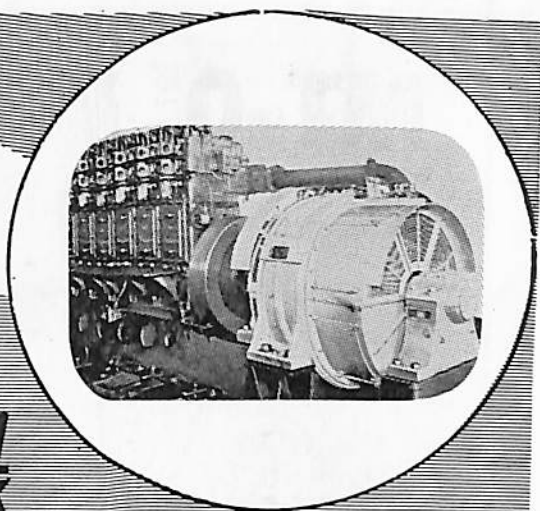


石川島芝浦タービン株式会社

本 社 東京都中央区宝町1-1 電話 京橋(56) 8736-9
鶴見工場 横浜市鶴見区末広町2-4 電話 鶴見 5131-5



中型専門機
100~1,000KW



直流・交流 発電機電動機

各種補機用電動機
管制器及配電盤

直流電弧熔接機
無線用電源電動発電機

東京電機製造株式會社

營業所 東京都文京区湯島天神町一ノ〇五
本社工場 土浦市中高津九五〇
出張所 下町33

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



船用 電線

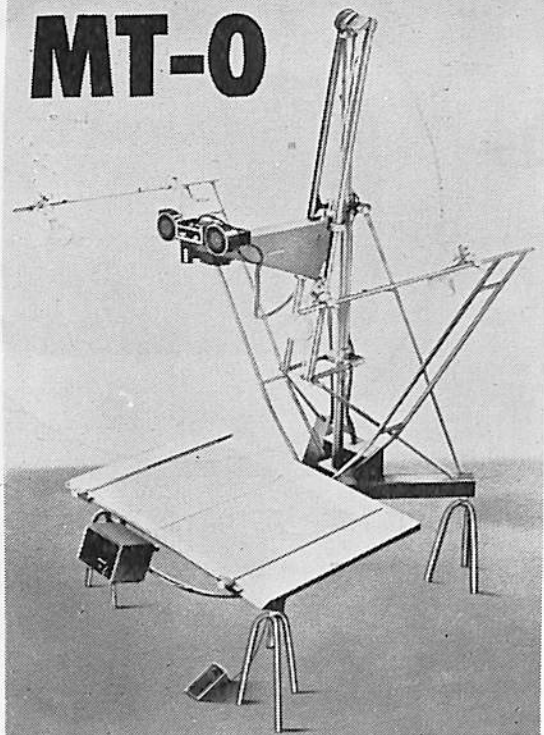


世界の最高水準を行く

日本電線

本社 東京都墨田区寺島町二丁目八番地
營業部 東京都中央区築地三丁目十番地 (懇和会館内)
營業所 大阪・名古屋・福岡・仙台・札幌
工場 東京・川崎

MT-0



ルーモプリント

独逸科学の結晶

マイクロフィルム撮影機

マイクロフィルムシステムの御採用には使用撮影機の優秀を第一条件とします。

西独ルーモプリント社のマイクロフィルム撮影機、マイクロフィルムリーダー及び関係製品はこの要求を完全に具備した世界最優秀機であります。特にSテッサーの解像力の優秀性及び自動焦点、自動露出装置による能率的操作、撮影したレンズを用いてその儘復元し得る装置は、他の何れの撮影機にもない特色であります。



西独ルーモプリント社日本総代理店

日本事務光機株式会社

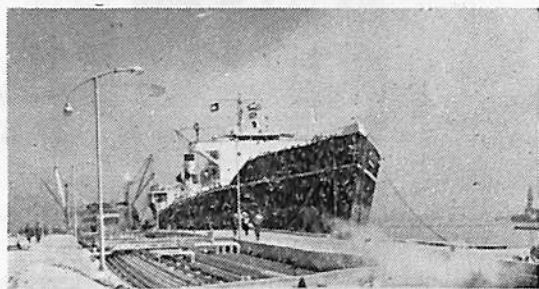
本社 東京都千代田区神田
淡路町2の11(三和ビル)

TEL(25) 0948, 0988, 3347

大阪営業所 大阪市北区老松町3の8
(山川ビル)

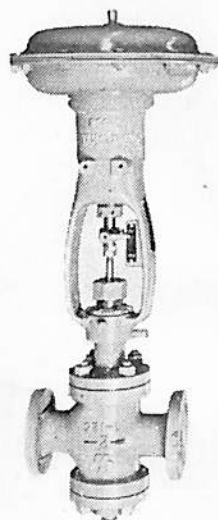
TEL 大阪 (36) 8 6 4 5

カタログ・説明書お申込次第送呈



船舶のオートメーションに.....

山武ハネウエルの調節弁



山武ハネウエル計器株式会社

東京・丸の内・八重洲ビル 電話 (28) 6 7 5 1 (代)

大阪 名古屋 小倉

船舶

第 32 卷 第 8 号

昭和 34 年 8 月 12 日 発行

天 然 社

◇ 目 次 ◇

調質鋼の溶接性	田 村 博	(801)
最近の溶接棒における問題	吉田兎四郎・尾上久浩	(812)
タングステンアーク切断法	鴨 忠 躬	(818)
ガス切断歪の防止について	吉田俊夫・水津 寛	(824)
船舶とオートメーション (2)	自動制御研究室	(835)
原子力船の機関関係の問題点 (2)	川島栄一・松村徳郎	(841)
(文献) 原子力船 (2)		(852)
〔水槽試験資料 103〕超大型油槽船の後進時の模型試験	船舶編集室	(858)
昭和 34 年度計画 外航定期船 (含貨客船) 建造希望申込一覧表	船舶局造船課	(860)
鋼船建造状況月報 (昭和 34 年 6 月)	船舶局造船課	(861)
〔特許解説〕・自動操舵装置における天候に対する調整 装置・造船用フレーム曲げの方法	飯 沼 義 彦	(863)

写 真 進 水——☆ 第八雄洋丸 ☆ 松戸山丸 ☆ 進 栄 丸 ☆ NAESS THUNDER ☆ あきづき
☆ 第一福吉丸 ☆ CEPHALONIA ☆ 海 平 丸 ☆ 高 砂 丸 ☆ 多 賀 丸
竣 工——☆ CLEANTHES ☆ BERING SEA ☆ SJOA ☆ しかご丸 ☆ 熊 野 丸
☆ VIRGINIA GETTY ☆ さちかぜ ☆ 保戸島丸 ☆ 宮 古 丸

世界の最高水準を行く!! 船舶用資材

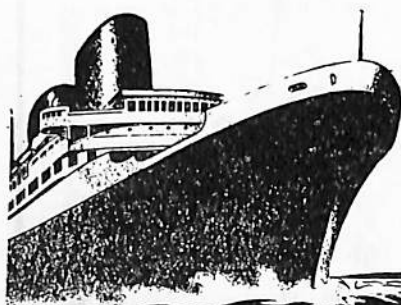
QUICKZIT CO. QUIGLEY CO. BIRD-ARCHER CO. CORDO BOND CO. AMERCOAT CORP. MANGANESE BRONZE & BRASS CO. JAROCO ENGINEERING CO. FARBERTITE CO.

ブリックシール・バスコート・インシュラグ・パネラグ・エキジット助燃剤・コードボンド
バードアーチャー清缶剤・タイメットコート・シミター・ニカリアム・プロペラ・ハーバータイト

日 本 総 代 理 店

井 上 商 会

井 上 正 一



横浜市 中区 尾上町 5 - 80 神奈川県 中小企業会館 39 号室 電話 ⑧ 4 0 2 2 ・ 4 0 2 3 ・ 5 1 4 1

新時代の先端を行く

純国産合成繊維

倉敷ビニロン

クレモナ

ロープ

運輸省・N K 認定

クレモナ・ロープ 1 号

クレモナ・ロープ 5 号



ハッチカバー

倉敷ビニロンクレモナ帆布

運輸省型式承認番号

1 号		第 9 0 2 号	甲種
2 号		第 9 0 3 号	甲種
3 号		第 9 0 6 号	乙種
5006 号		第 9 0 4 号	甲種
5008 号		第 9 0 5 号	甲種
5010 号		第 9 0 7 号	乙種



特 長

1. 破断強力、摩耗強力が極めて強い。
2. 海水、油、バクテリア等に侵されず、強力が持続する。
3. 軽くて運搬に便利 乾きが早く、水排けがよい
4. 耐酸、耐アルカリ性が強く、腐らない。
5. 紫外線に強く耐候性がよい。

倉 敷 レ イ ヨ ン 株 式 会 社

本 社 大 阪 市 北 区 梅 田 二 番 地

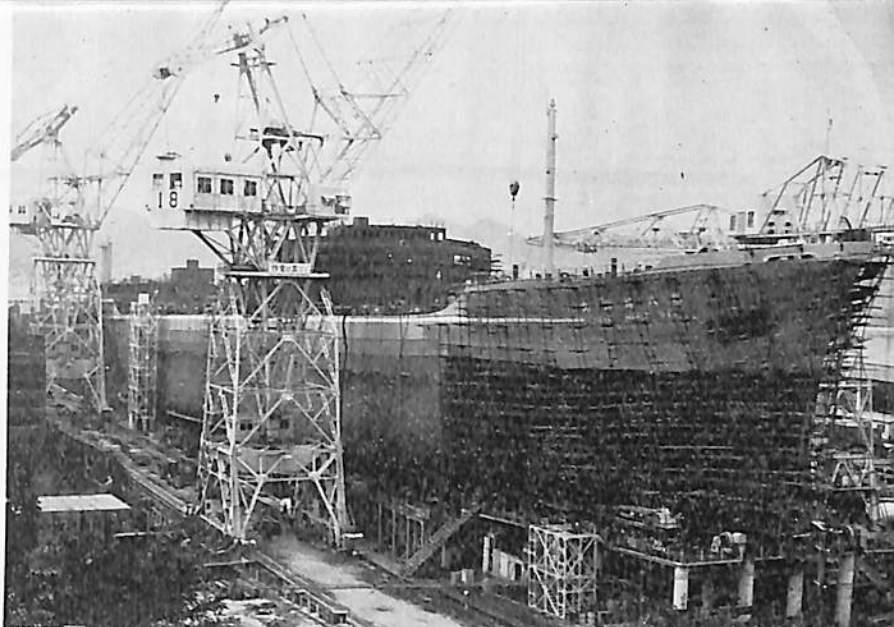
東京事務所 東京都中央区日本橋室町二丁目四番地

丸 洋 雄 八 才

船 主 森田汽船株式会社

造船所 日立造船・因島工場

全長 207.00 m 長(垂) 197.00 m
幅(型) 26.40 m 深(型) 14.00 m
吃水 10.55 m 総噸数 約 21,100 噸
載貨重量 33,800 噸 速力 16.75
ノット 主機 日立 B&W 排気ター
ボ給気式ディーゼル機関 1 基
出力 15,000 BHP 船 級 NK
起工 34-1-7 進水 34-7-8
竣工 34-9 末予定

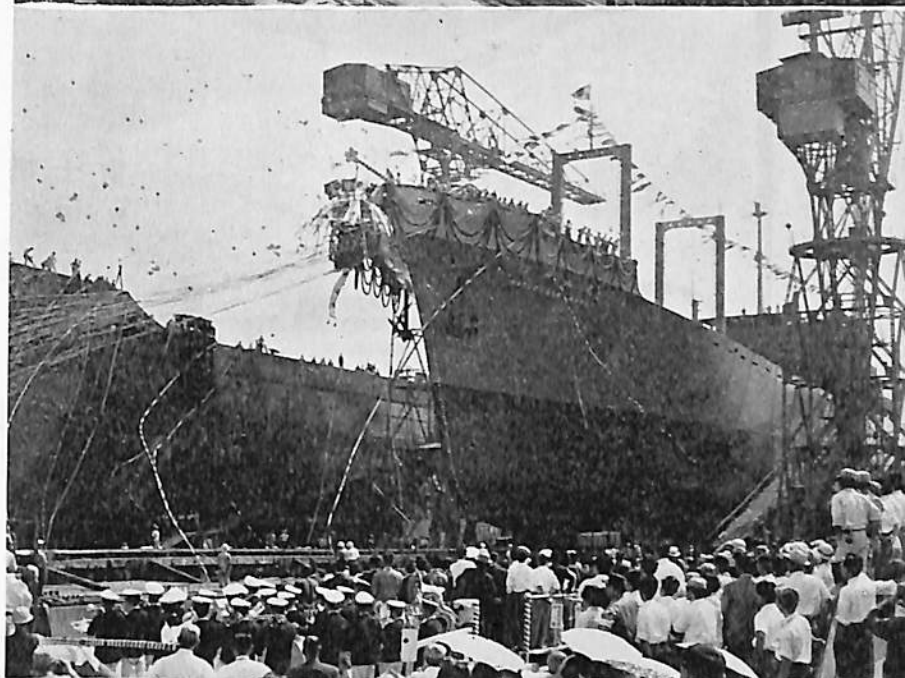


丸 山 戸 松

船 主 三井船舶株式会社

造船所 三井造船株式会社

長(幅) 145.00 m 幅(型) 19.60 m
深(型) 12.50 m 吃水 8.80 m
総噸数 約 9,550 噸 載貨重量 約
11,600 噸 速力 約 18.3 ノット
主機 三井 B&W 974 VTBF 160 型
ディーゼル機関 1 基 出力 11,250
BHP 船 級 LR, NK 起工
34-2-9 進水 34-6-20
竣工 34-10 中旬予定



炭酸ガス測定器 (201型)
(果物品質保持用)

運輸省運輸技術試験所第
482 号船用型式検定済

理研瓦斯検定器

油槽船爆発防止
ガソリンガス・石油ガス・メタンガス測定

熔接・塗替……………アセチレンガス
メチルエチルケトンガス 測定
積荷保全……………炭酸ガス、フロンガス 測定

本器は光波干渉計の原理を応用せる精密光学
瓦斯測定器でありまして、物理的に各種ガス
の微量測定が素人にも迅速に出来ます。



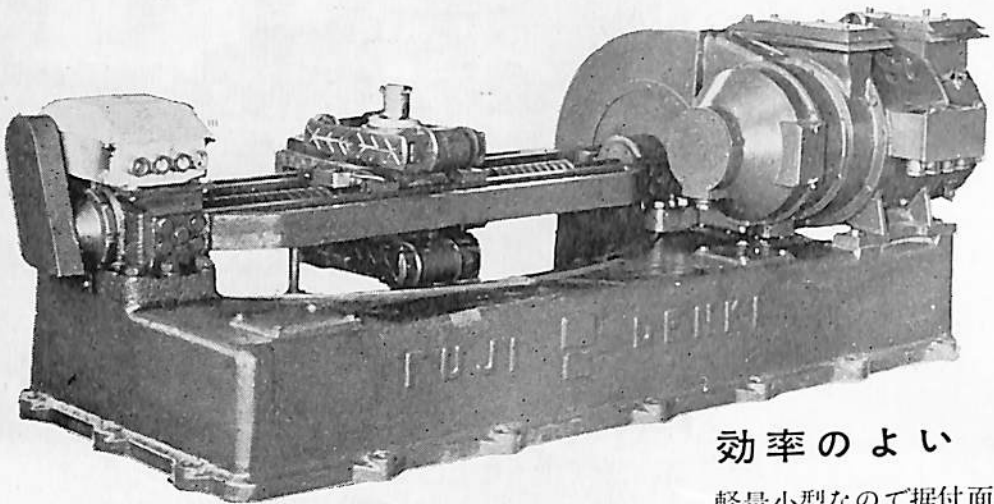
TYPE 18

営業品目

理研瓦斯検定器・ボラリスコープ
光弾性実験装置・教育スライド
理研精密歪計・幻灯器

理研計器株式会社

東京・板橋・小豆沢 2-11
TEL 赤羽 (90) 1136 (代表) ~ 9



効率のよい

軽量小型なので据付面積
も小さく据付が容易です

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

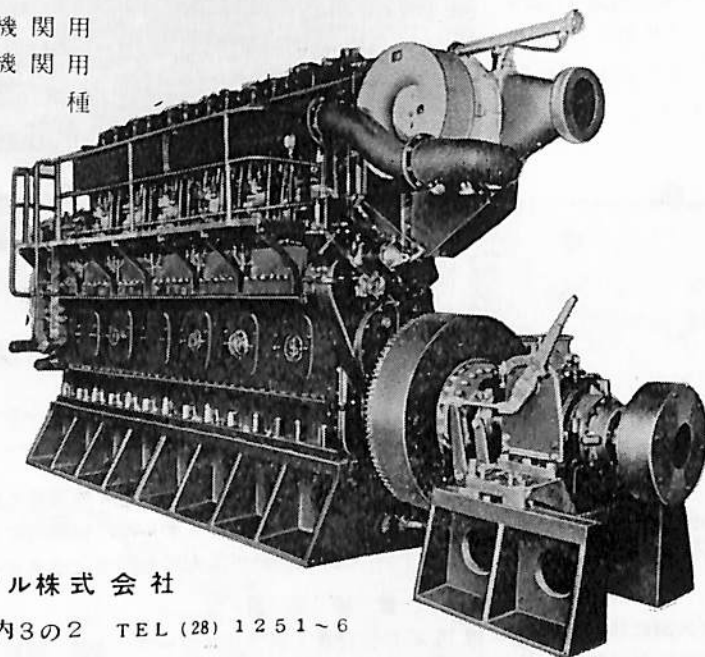
捻子棒式

舵取機

ディーゼル機関

50HP~3000HP

船舶 主機関用
補機関用
陸用 各種



富士ディーゼル株式会社

東京都千代田区丸の内3の2 TEL (28) 1251~6

NAESS THUNDER

船主 NORSTAR SHIPPING
CO.,S.A.

造船所 三菱造船・長崎造船所

長(垂) 213.00 m 幅(型) 30.50 m
深(型) 15.20 m 吃水 11.328 m
総噸数 27,400噸 載貨重量 46,000
噸 速力 16.5 ノット 主機 三菱
エッシャウイス型タービン1基
出力 17,600 SHP 起工 34-1-19
進水 34-6-22

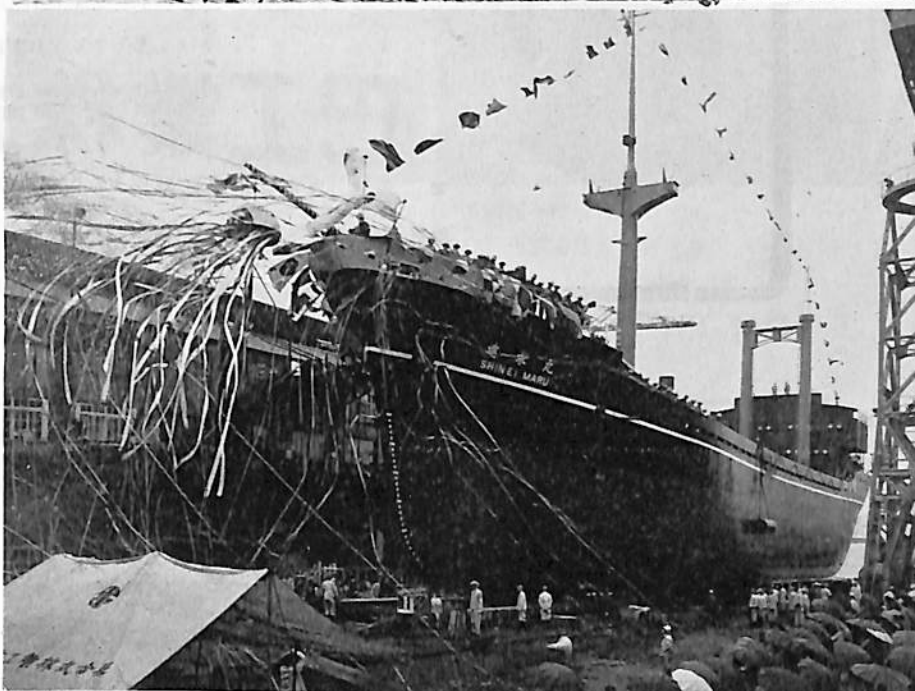


進 栄 丸

船主 合資会社上組

造船所 川崎重工業株式会社

全長 84.95 m 長(垂) 78.00 m
幅(型) 12.70 m 深(型) 6.58 m
吃水 約5.63m 総噸数 約1,830噸
載貨重量 約3,000 噸 速力 約13
ノット 主機 木下鉄工8-UAAK
—S,4サイクル単動トランクピスト
ン型過給機付ディーゼル機関
出力 1,400 BHP×295 RPM 船級
NK 起工 34 3-18 進水
34-5-23 竣工 34-7-28 予定



大日本塗料

特許防錆塗料

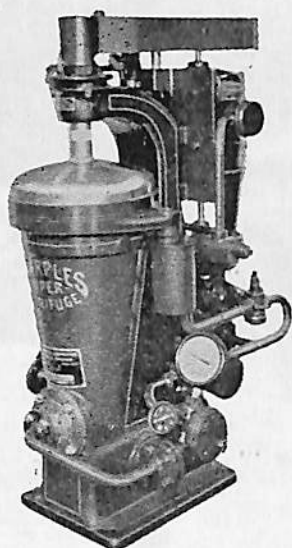
ズボイド



本社 大阪市此花区西野下之町38
支店営業所 東京・札幌・仙台・名古屋・神戸・広島・福岡
工場 大阪・横浜・茅ヶ崎・平塚・大船

型録進呈

バンカーオイルを常用するディーゼル船に.....



新型 シャープス油清浄機

処理能力 (L/H)

機械 型式 油種	タービン及 ディーゼル 潤滑油	ディーゼル 油	バンカー 〃C〃 重油	
			Light Fuel oil	Heavy Fuel oil
No. 16-V	2000~2500	2500~3000	2000~2500	1500~2000

米国シャープレス・コーポレーション日本総代理店

セントリフューガス・リミテッド日本総代理店

巴工業株式会社

本社 東京都中央区銀座1の6(皆川ビル内)

電話 東京 (535) 2451 (代表)

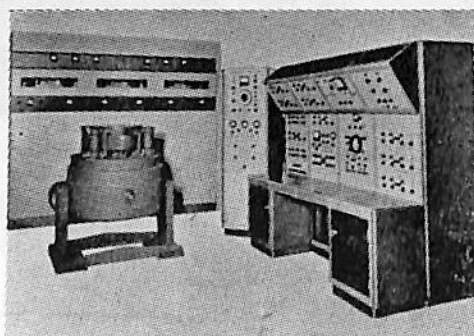
神戸出張所 神戸市生田区京町79(日本ビル内) 電話 三宮 (3) 0288-9

工場 東京都品川区北品川4の535 電話 白金 (44) 4131 (代表) 4132, 1321

MIL-E-5272A, 41065B, MIL-E-5400, MIL-T-5422C, JAN-C-172, MIL-T-17113, MIL-T-945

MB VIBRATION TESTING EQUIPMENTS (MB MANUFACTURING 製品)

疲労試験、振動源の測定、振動下に於ける電気機器の作動試験、
ダンピング特性、共振の検証、GM航空機機体の構造 研究 等



ACCELEROMETER
HIGH TEMP STRAIN TRANSDUCER

GM、高速航空機の衝撃値測定
高温下の歪測定

COLUMBIA RESEARCH 製品

日本総代理店 **エ・ア・ブラウンマクファレン株式会社** 機械部

東京都中央区銀座2-3米井ビル 電話 (56) 5141 (代)

大阪市東区今橋4-1 三菱信託ビル 電話 (23) 4210, 727

あ き づ き
(駆 逐 艦)

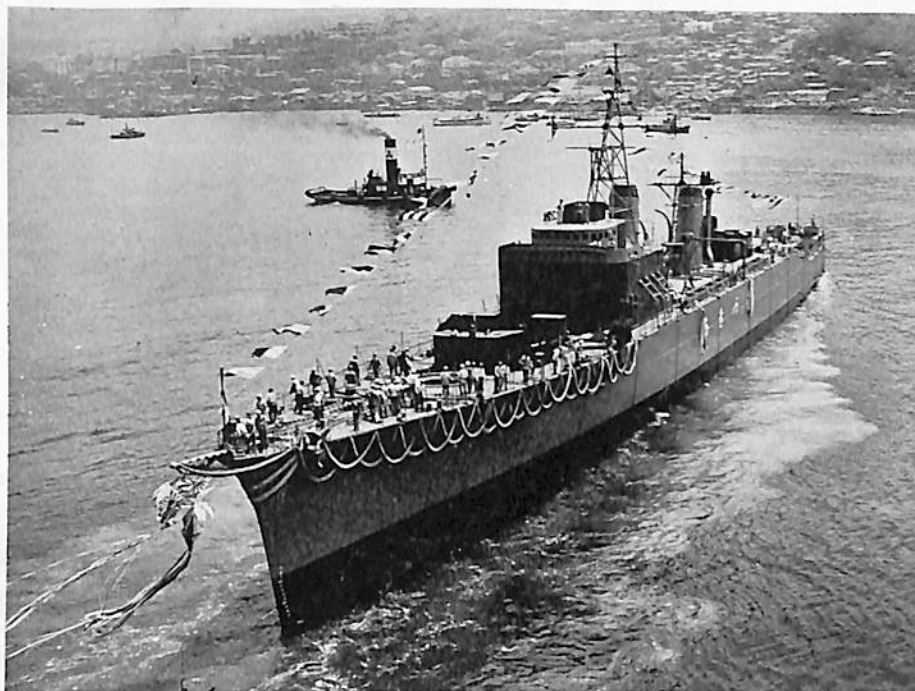
船 主 防 衛 庁

造船所 三菱造船・長崎造船所

長(垂) 118.00 m 幅(型) 12.00m
深(型) 8.50 m 吃 水 4.00 m
基準排水量 2,350 噸 速 力 約
32 ノット 主機 三菱エッシャウィ
ス型タービン2基 三菱長崎 CE 型
ボイラー2基 出力 約 45,000
SHP 起工 33-7-31 進 水
34-6-26

主要武器

5吋単装砲 3基 3吋連装速射砲 2基 爆雷投射機 Y 砲 2基 爆雷投下機 2基
ヘッジホッグ 2基 魚雷発射管(4連装) 1基 ロケットランチャー 1基 短魚雷落射装置 1組

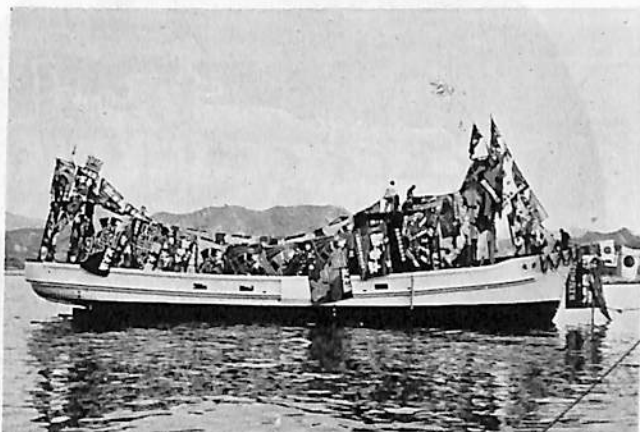


オ ー 福 吉 丸
(鋼製 60 噸型漁船)

船 主 荒 木 若 一

造 船 所 株式会社 臼杵鉄工所下り松造船所

長(垂) 23.00 m 幅(型) 5.30 m 深(型) 2.30m
総噸数 約 60 噸 速 力 約 10 ノット 主 機
臼杵鉄工所製ディーゼル機関 1基 出力 300
BHP 進水 34 6-24



8

つの

船 舶 塗 料

- ・ビニレックス (塩化ビニール樹脂塗料)
- ・LZ ブ ラ イ マ ー (鉄面用下塗塗料)
- ・CRマリーンペイント (ノンチーキング型 合成樹脂塗料)
- ・シアナミドヘルゴン (高度のさび止塗料)
- ・槌印船舶用調合ペイント (船舶用特殊塗料)
- ・槌印無水銀鉄船々底塗料 (鉄船々底塗料)
- ・タイカリット (防火塗料)
- ・ノンスリッブ (滑止塗料)

大阪市大淀区浦江北4
東京都品川区南品川4



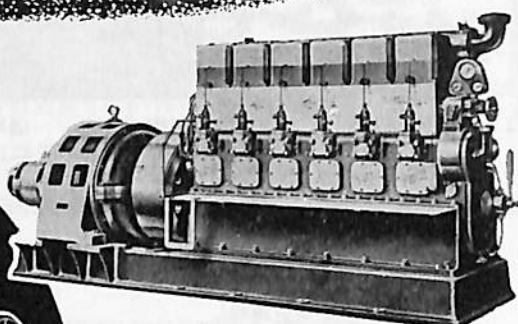
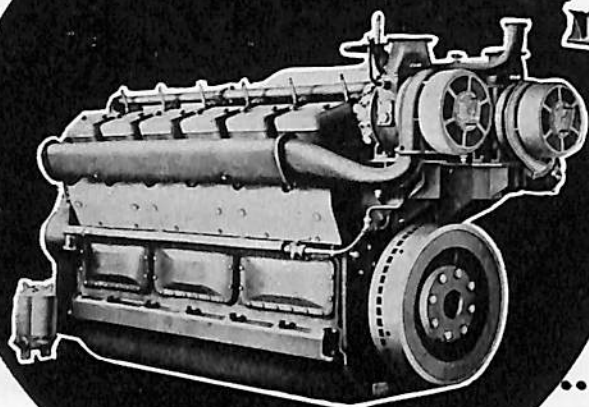
日本ペイント

YANMAR DIESEL ENGINES



船舶補機に……

ヤンマーディーゼル



6MSL
X 150 KVA

12ML-T

570馬力～600馬力

船舶補機用 2～600馬力



日本工業規格合格品

本邦唯一のディーゼル専門メーカー ヤンマーディーゼルでは
小は2馬力から……大は600馬力に至る70余機種の
ディーゼルエンジンを生産しております。



ヤンマーディーゼル株式会社

本社 大阪市北区茶屋町62番地

支店 大阪・東京・福岡・札幌・高松
出張所 金沢・岡山・旭川・別府

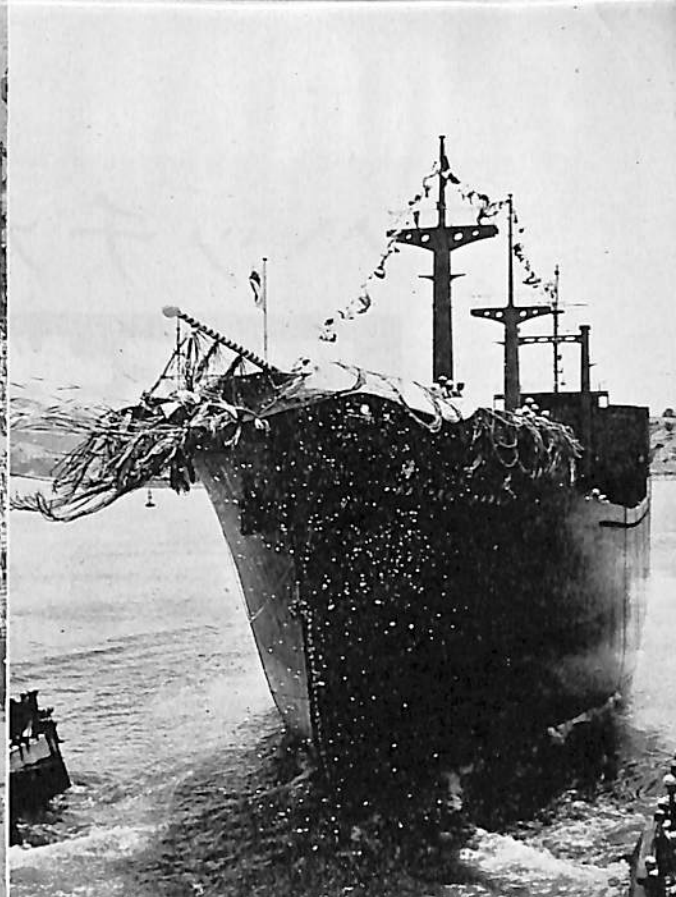


CEPHALONIA

船主 PRIMERA COMPANIA ARMADORA S.A.

造船所 新三菱重工業・神戸造船所

長(垂) 203.00 m 幅(型) 29.10 m 深(型) 14.60 m
吃水 10.80 m 総噸数 24,700 噸 載貨重量 39,900 噸
主機 タービン 出力 19,500 SHP 船級 A B
起工 34-2-21 進水 34-6-30 竣工 34-10-予定



海平丸

船主 嶋谷汽船株式会社

造船所 尾道造船株式会社

全長 104.07 m 長(垂) 96.00 m 幅(型) 14.60 m
深(型) 7.60 m 吃水 6.30 m 総噸数 3,200 噸
載貨重量 4,950 噸 速力 14.5 ノット 主機 2 サイ
クル無気噴油過給機付ディーゼル機関 (新潟 M 6 TS
48 型) 1 基 出力 2,200 BHP × 180 RPM 船級 NK
起工 34-2-14 進水 34-6-24 竣工 34-8-予定

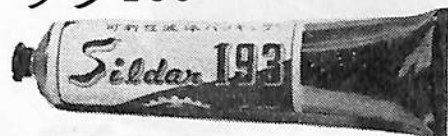


応用自在のパッキン剤

不乾性→シールエンド各種

可剥性→シルダー 193

乾燥性→スターチック 235



製造発売元

シールエンド株式会社

東京都大田区堤方町 900

電話 池上 (75) 2966



弊社のマスコット

油密、水密、気密、耐熱、耐薬品等を具備
している最も進んだパッキンの諸詰です
洩れ防止のことなら御心配なく
弊社の技術陣へ御相談下さい
すべて解決致します
型録・見本呈上 (誌名記入)

ハッチカバーに

ニチボービニロン

ビューロン 帆布



完全な防水
強い！

オールビニロン

官庁用・海運用シート・建築用シート

ビニロン70%混紡

建築用シート・テント・運送用覆シート

ビニロン50%混紡

テント・日覆・防寒用アノラック・作業服

姉妹品 ニチボービニロン
ビューロンロープ

パンフレット送呈
大阪市東局区内大日本紡績(株)LP8係

◆ 大日本紡績株式会社



高 砂 丸

船 主 近海商船株式会社

造船所 株式会社 臼杵鉄工所佐伯造船所

長(垂) 85.00 m 幅(型) 13.60 m
 深(型) 7.00 m 総噸数 約 2,550 噸
 載貨重量 約 3,600 噸 速力 約 14.25 ノット
 主機 阪神内燃機ディーゼル機
 関1基 出力 2,400 BHP 起工 34-4
 進水 34-6-18



多 賀 丸

船 主 株式会社 臼井商店

造船所 株式会社 臼杵鉄工所 佐伯造船所

長(垂) 59.950 m 幅(型) 9.550 m
 深(型) 4.850 m 総噸数 約 850 噸
 載貨重量 約 1,290 噸 速力 約 12 ノット
 主機 新潟鉄工ディーゼル機関1基
 出力 1,000 BHP 進水 34-6-24

重 油 炭 添加剤

P.C.C.

Pat. NO. 178013
 Pat. NO. 192561
 Pat. NO. 193509

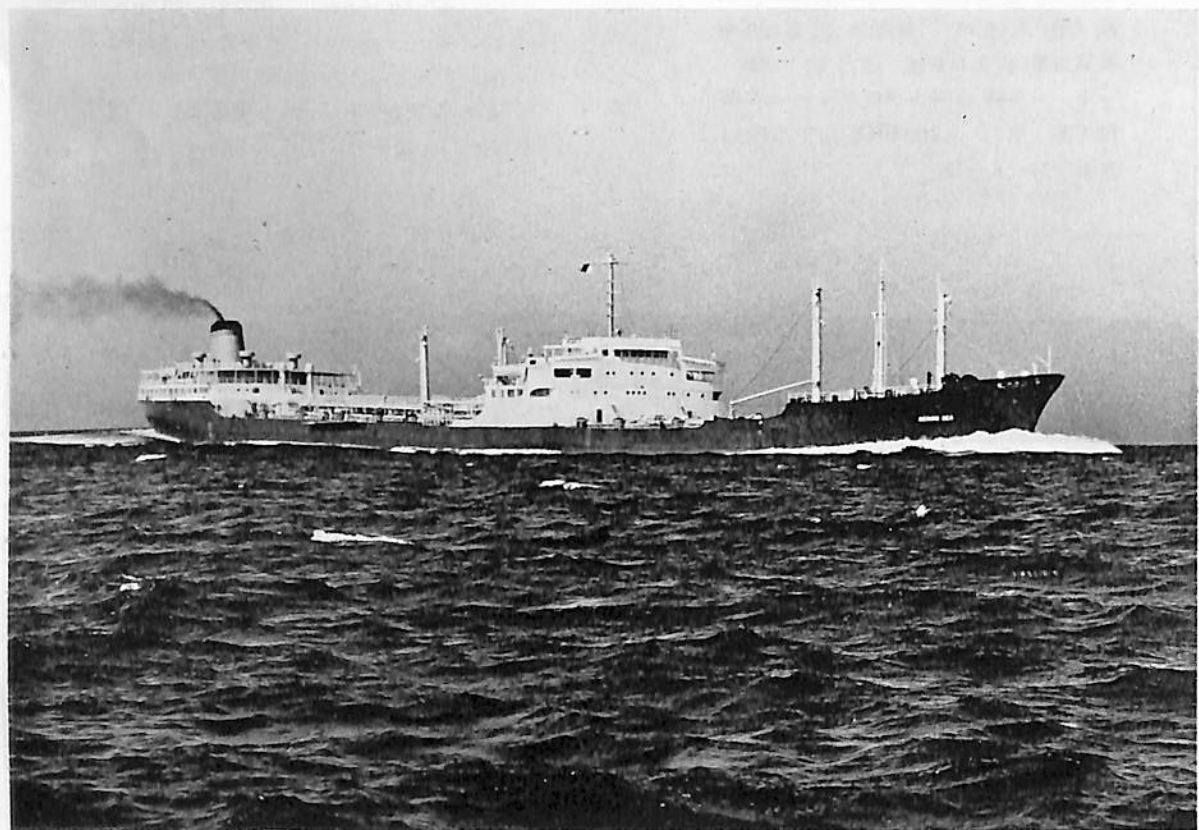
P.C.C. NO. 101	重 燃 油 添 加 剤	製 造 品 目	P.C.C. NO.1000	エマルジョンブレーカー
P.C.C. NO. 210	軽 燃 油 添 加 剤		防 錆 剤 「ラ ス ト リ ン」	
P.C.C. NO. 220	重 燃 油 添 加 剤		コ ー キ ン グ 材 「フ ァ イ ン コ ー ク」	
P.C.C. NO. 250	低 質 重 燃 油 添 加 剤		(鉛 鉛 用 高 級 充 填 剤)	
P.C.C. NO. 270	親 水 性 重 燃 油 添 加 剤			

日本添加剤工業株式会社

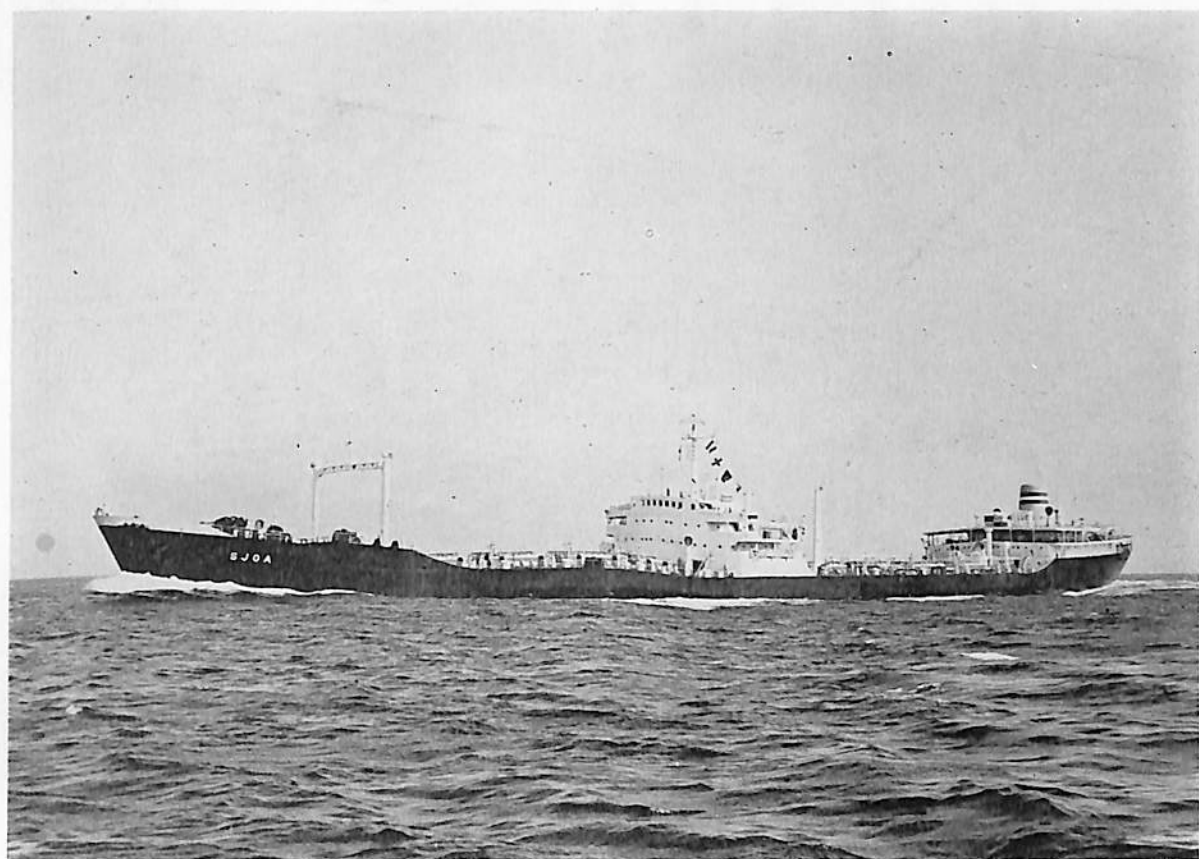
本社工場 東京都板橋区志村前野町884番地 電話東京(96)1738・7737番
 営業所 東京都千代田区神田旭町2番地(大善ビル) 電話東京(25)8376・9136(代表), 7910(直通)
 支店 大阪市西区江戸堀北通1丁目10番地(日々会館ビル) 電話大阪(44)5551~5番
 荷置場 横濱, 神戸, 広島, 下関, 若松



CLEANTHES

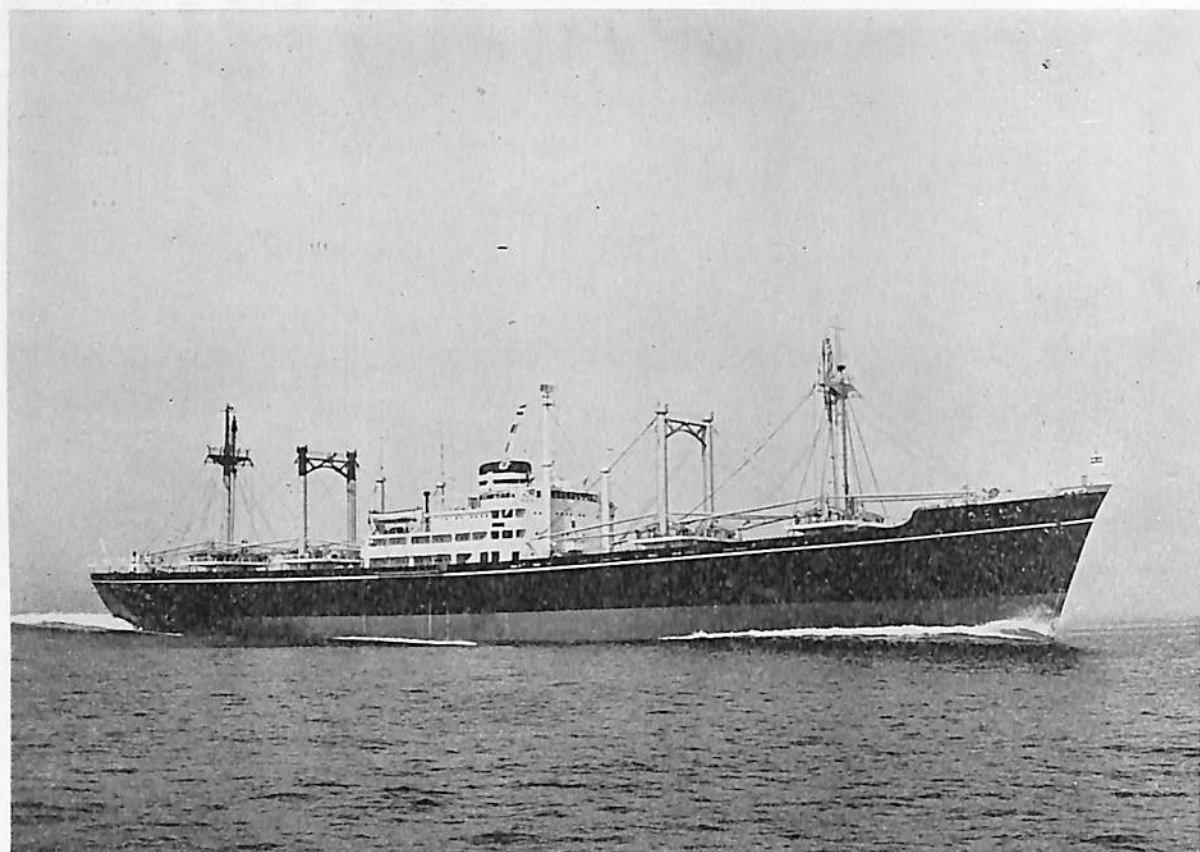


BERING SEA

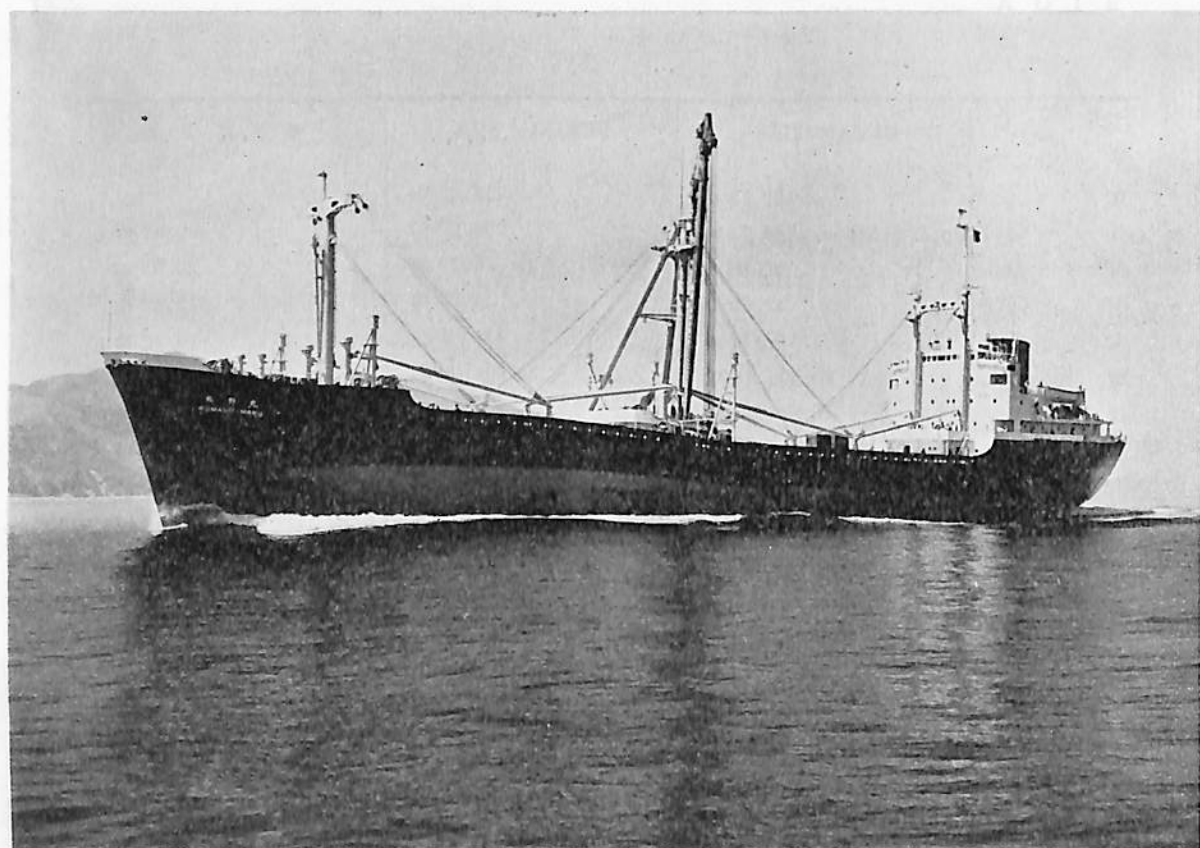


S J O A

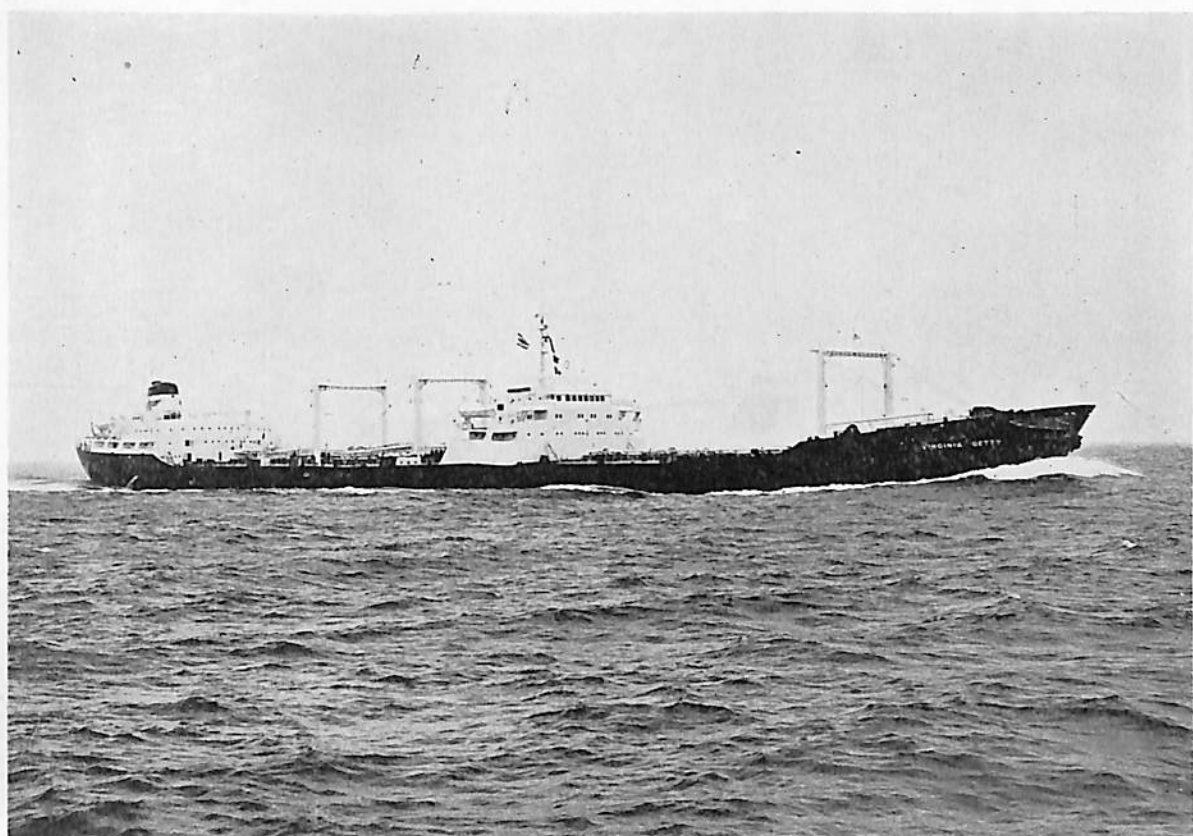
船 名		CLEANTHES	BERING SEA	S J O A
要 目				
全 長		153.53 m	216.39 m	
長 (垂)		143.72 m	205.00 m	192.52 m
幅 (型)		20.30 m	28.20 m	26.52 m
深 (型)		12.50 m	14.80 m	13.82 m
吃 水		9.144 m	約 11.102 m	10.42 m
総 噸 数		10,400.44 噸	24,700 噸	19,700 噸
載 貨 重 量		15,274.55 吨	38,750 吨	32,800 吨
速 力		17.694 ノット	17 ノット	
主 機		三菱エッシャウイス全衝 動二段減速装置付蒸気タ ービン 1 基	川崎式二段減速装置付ス チームタービン 1 基	タービン
出 力		7,150 SHP	16,500 SHP×110 RPM	15,000 SHP
船 級		A B	L R	A B
起 工		33-7-8		33-10-11
進 水		34-3-14	34-2-26	34-2-20
竣 工		34-7-8	34-5-23	34-7-3
船 主		GOOD WIND STEAM- SHIP CORP.	GULF OIL CORP.	STATES MARINE CORP.
造 船 所		三菱造船・広島造船所	川崎重工業株式会社	新三菱重工業・神戸造船所



九 子 丸



熊 野 丸

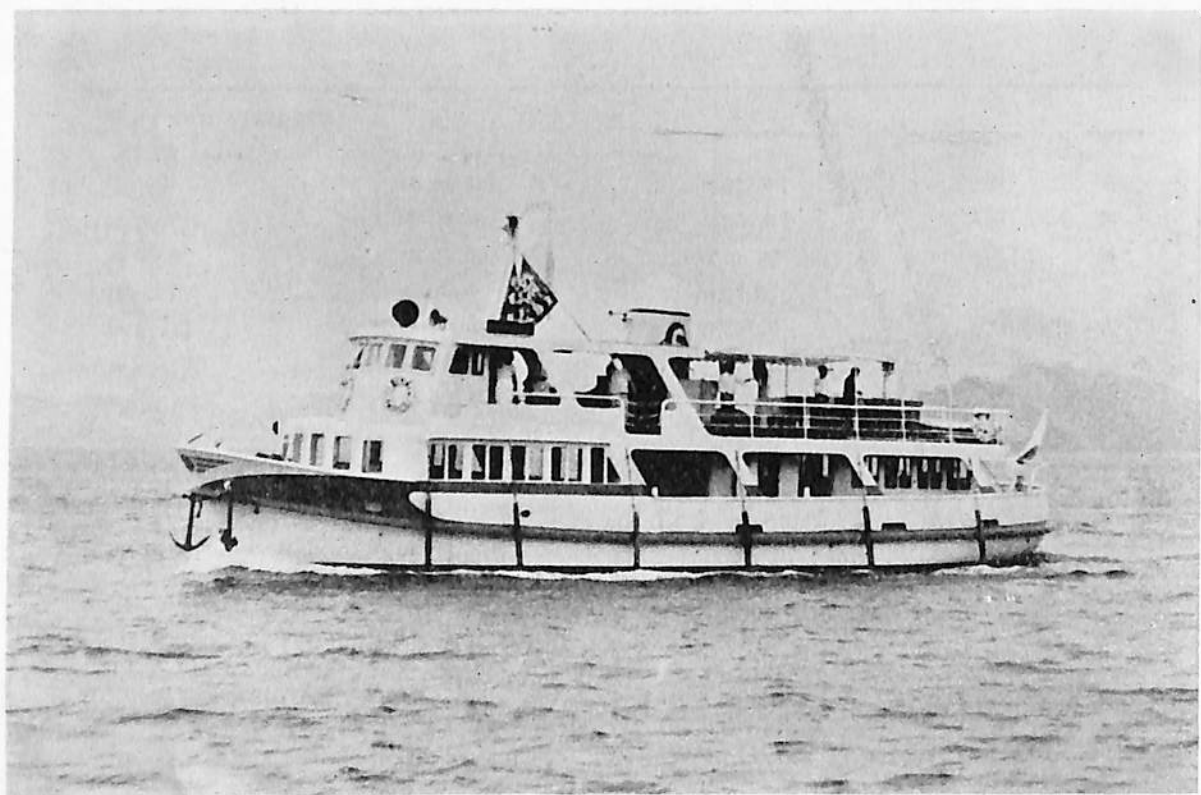


VIRGINIA GETTY

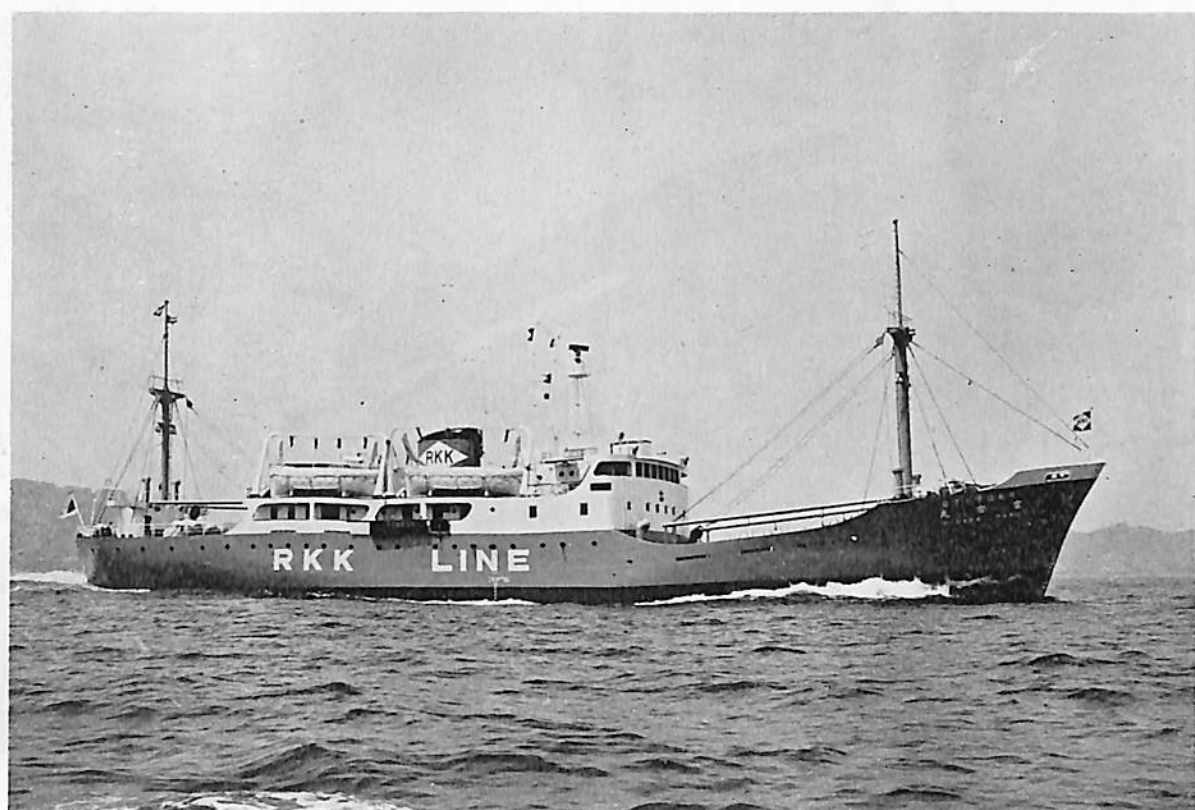
船 名		し か こ 丸	熊 野 丸	VIRGINIA GETTY
要 目				
全 長		156.20 m	122.80 m	
長 (垂)		145.00 m	114.00 m	213.00 m
幅 (型)		19.40 m	16.40 m	30.50 m
深 (型)		12.50 m	9.30 m	15.20 m
吃 水		9.203 m	7.416 m	11.13 m
総 噸 数		9,242 噸	5,024.96 噸	27,400 噸
載 貨 重 量		12,057 噸	7,548.00 噸	46,000 噸
速 力		21.15 ノット	16.247 ノット	16.5 ノット
主 機		三菱神戸スルザースーパーチャージャー付 (9 RS AD-76) 型 2 サイクル単動ディーゼル機関 1 基	川崎 MAN "K 5 Z" 70/120 A 型 2 サイクル単働クロスヘッド型ディーゼル機関 1 基	三菱エッシャウイス型タービン 1 基
出 力		12,000 BHP	4,000 BHP × 128 RPM	17,600 SHP
船 級		N K	N K	
起 工		33-12-30	33-12-31	33-9-4
進 水		34-3-27	34-4-10	34-1-13
竣 工		34-6	34-6-15	34-7-10
船 主		大阪商船株式会社	日之出汽船株式会社	TRANSOCEANIC SHIPPING CORP.
造 船 所		新三菱重工業・神戸造船所	川崎重工業株式会社	三菱造船・長崎造船所



さ ち か ぜ

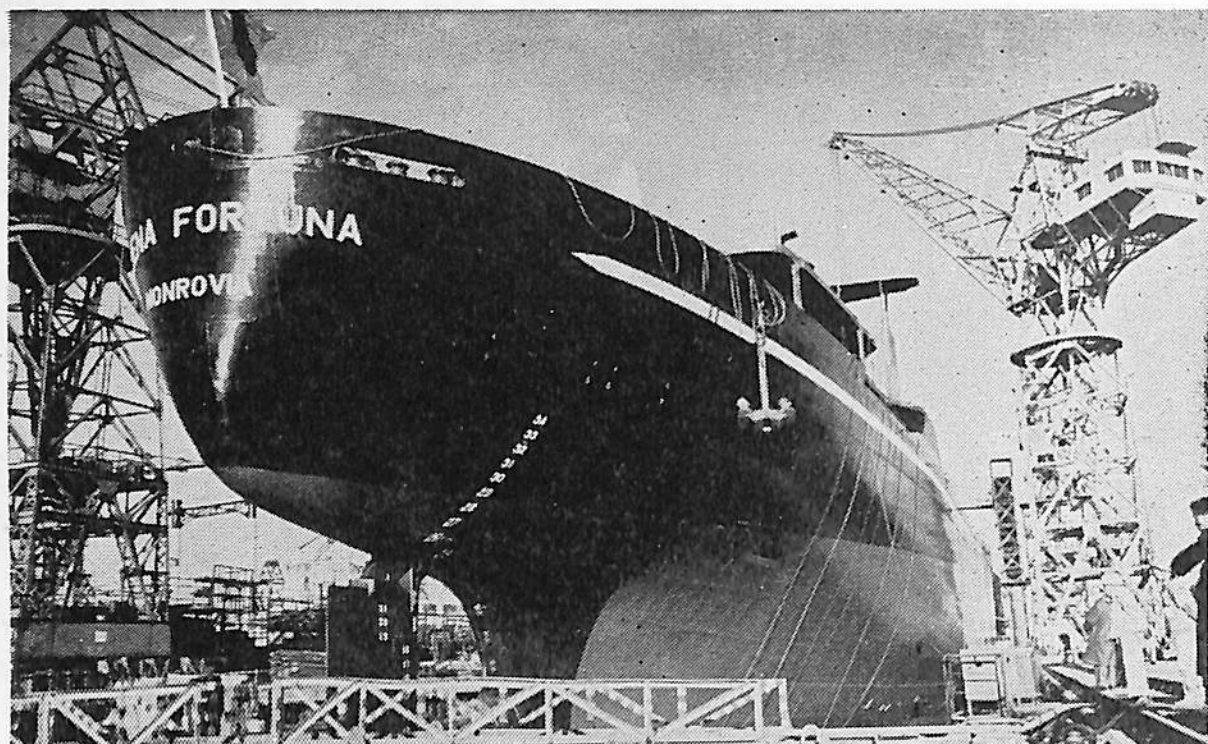


保 戸 島 丸



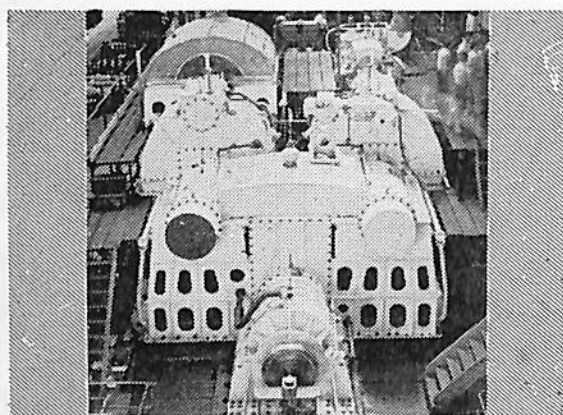
宮 古 丸

船 名		さ ち か ぜ	保 戸 島 丸	宮 古 丸
要 目				
全 長		27.98 m	23.05 m	64.02 m
長 (垂)		25.00 m	20.00 m	57.80 m
幅 (型)		6.00 m	5.00 m	10.40 m
深 (型)		2.45 m	2.38 m	4.70 m
吃 水		1.80 m	1.744 m	4.313 m
総 噸 数		126.440 噸	81.720 噸	925.70 噸
載 貨 重 量		141.034 噸	107.901 噸	754.15 噸
速 力		12 ノ ッ ト	10.107 ノ ッ ト	15.652 ノ ッ ト
主 機		阪神内燃機 4 サイクル堅 型無気噴射ディーゼル機 関	下ノ江大塚鉄工所 4 サイ クル単動ディーゼル	2 サイクル単動無気噴油 ディーゼル機関 (浦賀玉 島ズルザー 5 T D 48 型) 1 基
出 力		320 BHP × 400 RPM	210 BHP × 400 RPM	1,500 BHP × 225 RPM
船 級				N K
起 工		34-3-2	34-3-9	33-12-9
進 水		34-6-8	34-6-27	34-1-14
竣 工		34-6-20	34-7-5	34-6-20
船 主		長崎汽船株式会社	大分県津久見市	琉球海運株式会社
造 船 所		松浦鉄工造船所	松浦鉄工造船所	尾道造船株式会社



船舶艦艇新造・修理

資本金 52億円



19250 HP石川島マリンスチームタービン



石川島重工業株式会社

代表取締役社長 土光敏夫

本社 東京都千代田区大手町2の4(新大手町ビル) 電(211)2171・3171

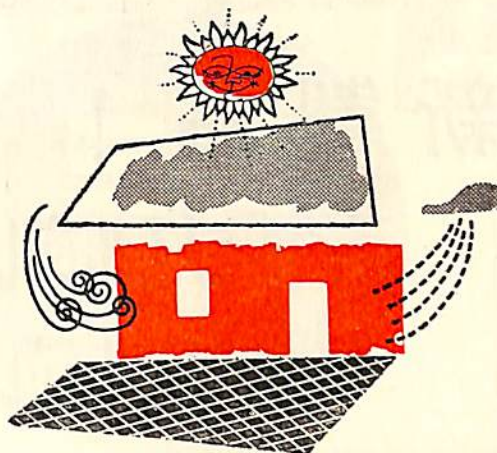
札幌・仙台・横浜 名古屋・大阪・神戸・広島・福岡

運搬機械・製鉄機械・電力機械・建設機械・化学機械・炭礦機械

ペンキや塗装用には是非

デュポン **DU PONT** の新型ハイパロン*

HYPALON 30 を



乾いて、光沢のある、固い表面が出来て、
汚れがつきません

新型ハイパロン30は、特にペンキ、装飾用及び保護用塗装、例えば、屋根の表面、一般の保存用塗装、並に石材塗料のために作られました。ハイパロンは織物、押出製品、履物類、スポンジその他の品物の仕上用として使われます。ハイパロン30はハイパロン20の素晴らしい特質と、同一の固形分量に対し、より早い溶解率と、より低い溶解粘度を兼ね備えています。ハイパロン20とハイパロン30の混合物は、中間の特性物を作ることが出来ます。

デュポン製ハイパロン30で作られた塗料は変形しにくく、ひび割れ、化学薬品、酸素、オゾン、熱及び天候の激変にも耐えます。ハイパロンは又、耐焰性であるため、燃焼を助長することはありません。

ハイパロン30は迅速に溶解します。伸長性は約200%、しかも長期間に亘り、その伸長率と回復率を保持します。これで作った塗料は乾くと、光沢のある、滑かな、ベタつかない表面となり、固まりや擦り疵もつかず、また、汚れのつかないこと、誠に素晴らしいものです。

ハイパロン30の詳細につきましては下記弊社にお問合せ下さい。喜んで御回答申し上げます。
尚、資料に関しましては、是非クーポンを御利用下さい。

製造元 **DU PONT COMPANY, Wilmington, Delaware, U.S.A.**

DU PONT
HYPALON 30

*ハイパロン
HYPALON とは、デュポンの合成ゴムの
一種につけた登録商標名です。



化学を通じ……より良き生活のため、より良き製品を

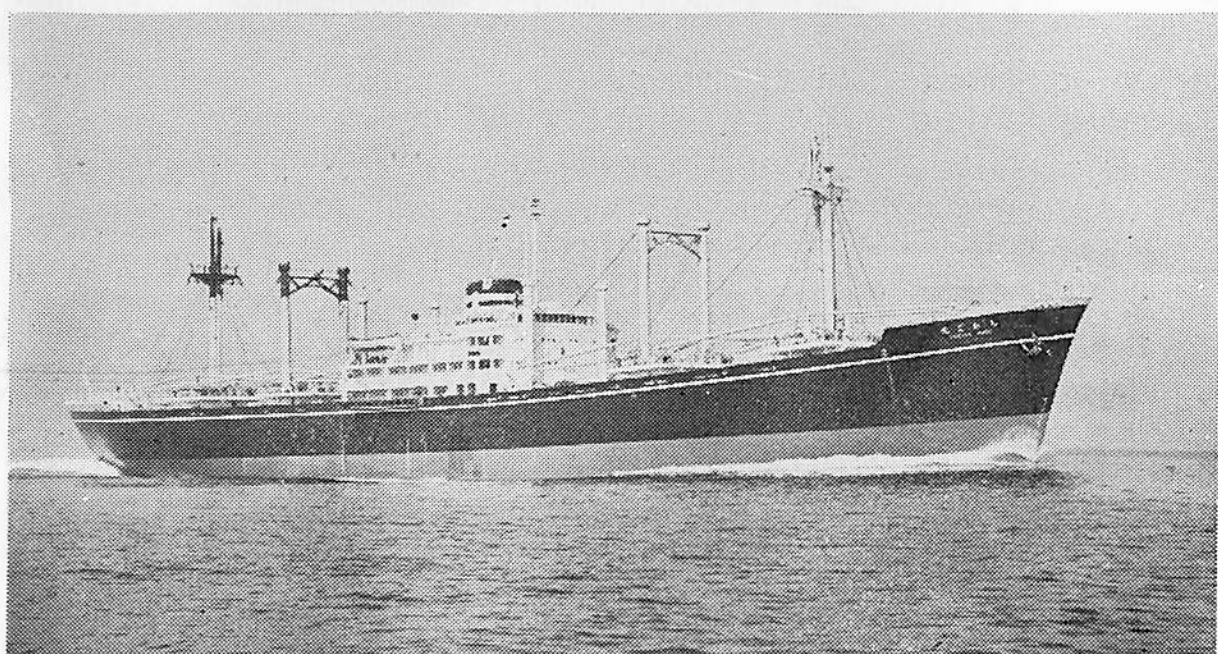
DU PONT 日本総代理店	
アメリカン・トレーディング・カンパニー	
(ジャパン) リミテッド	
東京都港区芝公園7号地の1	SKFビル 電話(43)5140~9
大阪市南区安堂寺崎通り2の47	電話(26)6593~8
(御 芳 名)	
(御 社 名)	
(所 属 部 署)	
(御 住 所)	
このクーポンをお切り取りの上、上記代理店宛郵送下さい。	
資料を差し上げます。(フネ8) 730	

船舶用大型ディーゼル エンジン シリンダ油

新製品！

シエルアレクシャオイル40

シエルアレクシャオイル50



大阪商船
新造船
しかご丸

御好評をいただいておりますシエル アレクシャ オイルAに続いて今回シエル アレクシャ オイル40および50を発表しました。40および50は水溶性添加剤を含有するAと異り、特殊の油溶性添加剤を含有しておりますが、同じシエル アレクシャ シリーズに属するものであります。充分な酸中和力を与えてあり、かつ中和反応速度が大きいので低質重油を燃料とする大型ディーゼルエンジン シリンダ油として特に優れた効果を発揮し、ライナの摩耗を著しく減少し、シリンダを極めて清浄に保ちます。

既に大阪商船株式会社御所有新造船しかご丸を始め世界の航洋船百数十隻に使用していただいております。

潤滑油の先駆者



シエル石油株式会社

本社 東京都千代田区丸の内2の3東京ビル
電話 代表 (23) 4371・4471



船舶交流化に優秀な
三菱極数変換式ウインチ

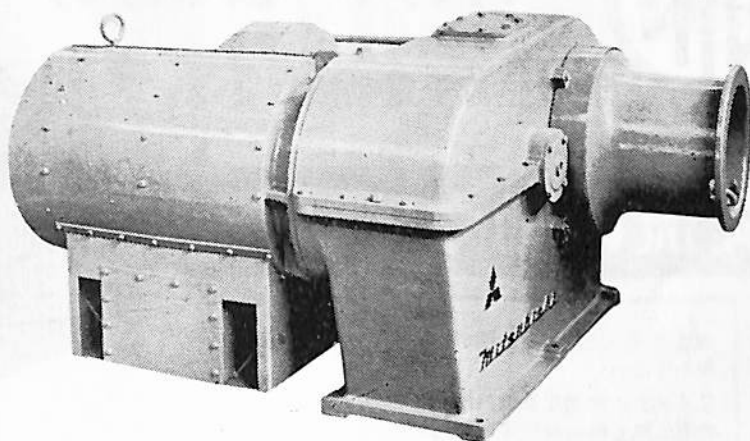
三菱

電動揚貨機

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

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

H
S
K
形
交
流
電
動
揚
貨
機



三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内 東京ビル

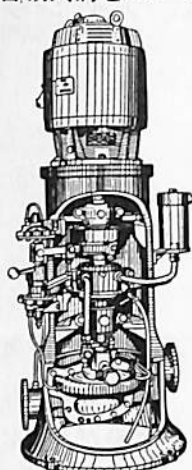
いつでも、どこでも、快調な！

エハラ船用ポンプ・送排風機

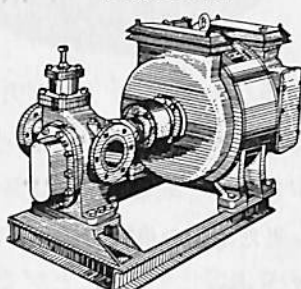
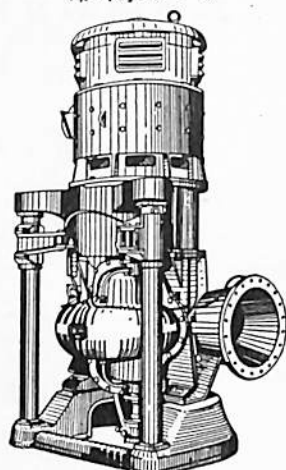


軸流送風機

自吸式渦巻ポンプ



冷却水ポンプ



歯車ポンプ

荏原製作所

本社 東京都大田区羽田
営業所 東京朝日新聞新館・大阪朝日ビル
出張所 福岡・札幌・仙台・名古屋・新潟



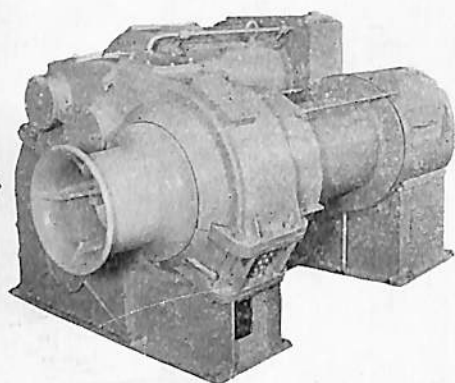
東洋電機の

複合整流子電動機による

交流電動ウインチ

特徴

加速時間が短く荷役性能が極めて高い
ウインチに最適な直巻特性を有し然も軽負荷低速運転が自由で更に電力再生制動を行い得る
ワンマンコントロール式なので作業能率がよい



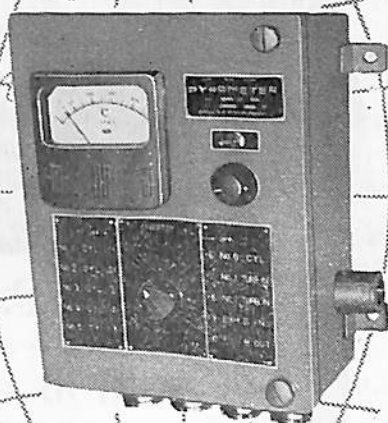
3 ton 交流電動ウインチ

東洋電機製造株式会社

本社 東京都中央区京橋3の4 TEL 東京 (28) 3231・3331 (代表)
営業所 大阪・小倉・名古屋

計度温度補償電熱

機械の
主汽罐の
高温測定用

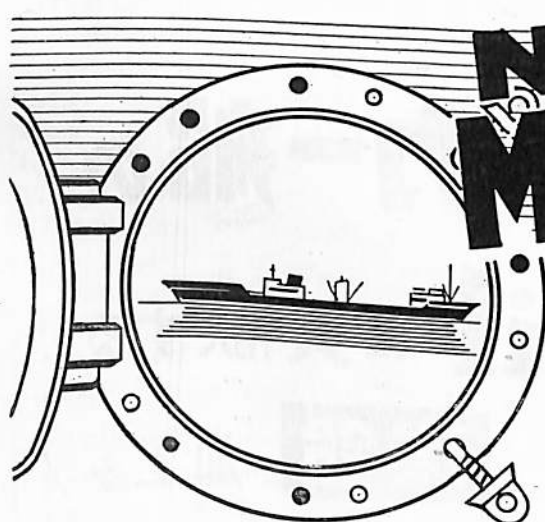


型振耐
精度高く
補償導線不要



理化電機工業 K.K.

東京都田原区唐ヶ崎町 625 TEL 東京 (712) 局 3171~3174

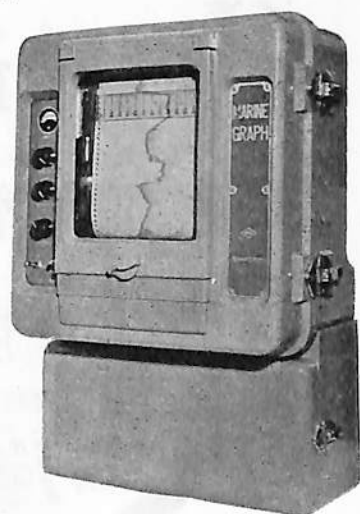


NEC Marine Graph

(音響測深機)

営業品目

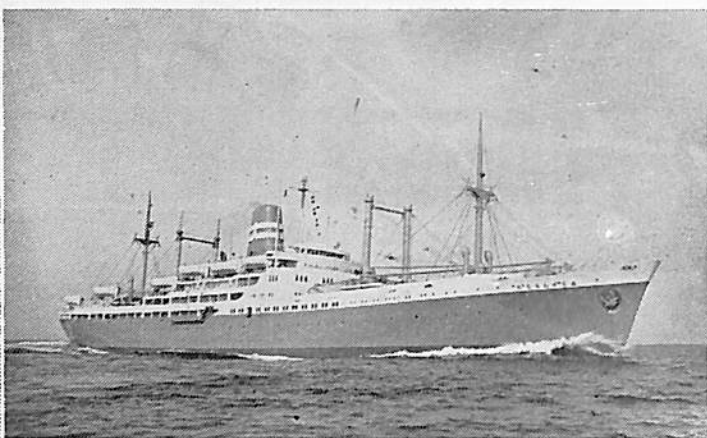
- NEC 製 { 各種音響測深機
各種魚群探知機
- 沖電気製 { ロラン、レーダー
SSB 無線機
- 風向風速計
- 其他船舶用電気機器



海上電機株式会社

本社 東京都千代田区神田錦町 1-1-9
電話 東京29局 2611 (代表) ~3, 8181~3
営業所 小樽, 釧路, 塩釜, 八戸, 東京, 新潟, 清水, 神戸, 宇和島, 境港, 下関, 福岡, 長崎, 鹿児島

TP



船用 T.P.C. ライナー
各種船用ピストンリング

帝国ピストンリング株式会社

本社 東京都中央区八重洲3の7(電)27-2826
営業所 大阪 名古屋 小倉 広島 札幌

渗鉛

タンカー船の

HeatingCoil に貢献する

油槽加熱管の防蝕に **渗鉛** 加工を!

耐久度 鉄の **5倍**

営業品目 渗鉛加工 鉛工事 ビニール工事 一式

日本渗鉛工業株式会社

大阪市東淀川区木川西之町6の5 電話 (39) 0561・0493

調 質 鋼 の 溶 接 性

田 村 博
運輸省運輸技術研究所溶接部

ま え が き

高張力鋼の強度を増すため合金元素量を増加させると、一般に切欠じん性が劣り溶接による硬化性が大になり溶接性を損うから、引張強さ 60 kg/mm^2 以上の溶接性の良い高張力鋼を作ることはきわめて困難とされていた。この問題を解決したものが調質鋼である。調質鋼とは焼入焼もどしによつて強度と切欠じん性の改善をかけた構造用鋼で、米国の US Steel 社の Carilloy T-1 鋼や米海軍の HY-80、わが国では日本製鋼の 2H 鋼がその代表的なものである。

調質鋼の特長は

- (1) 強度とくに降伏点が著るしく高い
- (2) 切欠じん性がきわめて優れている
- (3) 強度の高い割に、合金元素量が少なくて済むから硬化性が少なく従つてきれつ感受性が小さいことなどである。

またこの反面、調質鋼はいわゆる熱処理鋼であるため、溶接用として使用する場合は、

- (1) 溶接熱による軟化域が生じ接手効率を損う
- (2) 質量効果によつて材質に不均一を生ずる等の欠点が考えられる。しかしこれらについては、最近日本造船研究協会を中心に行なわれた調質鋼の溶接工作法の研究の結果、その心配はきわめて少ないことが立証されるに至つたり。かくて調質鋼は、今や最も性能の高い魅力のある高張力鋼として化学容器、高压タンク、あるいは高性能船舶等、高強度でしかも低温じん性の要求の大きい構造材として急速にその需要を増しつつある。

現 用 調 質 鋼

2H 鋼をはじめ現用調質鋼の成分規格および機械的性質を第1表に示す。

2H 鋼

2H 鋼²⁾は High tensile, High notch tough を略した日本製鋼の登録商品名で、熱間圧延直後直接水焼入して焼もどした調質鋼である。焼入焼もどし鋼という点では T-1 鋼と同一であるが、現在用いられているものは普通の 52 kg/mm^2 級 Mn-Si 高張力鋼と同一成分のものを調質して 60 kg/mm^2 級高張力鋼としたものである。従つて強度とくに降伏点が普通鋼の2倍程度高いにもかかわらず引張試験の場合の変形能は大きく、溶接による硬化性は少ない。また組織は低炭素焼もどしマルテンサイト（焼もどしソルバイト）を示すため、切欠じ

ん性は著るしく大で、加工性も普通鋼並みである。ただ板厚が 20 mm よりかなり大になる場合は焼入効果を高めるため若干の Ni, Mo, V 等の合金元素が加わることがある。また合金元素量を増すことによつて同一の方法でさらに 70 kg/mm^2 以上の調質鋼を作ることが可能で、将来 T-1 級の強度のものも国産化されることである。

T-1 鋼³⁾

米国の US Steel 社の登録商品名で、引張強さ 80 kg/mm^2 以上を有する焼入焼もどし低炭素 Mn-Ni-Cr-Mo-V-B 鋼である。強度の高い他、切欠じん性や高温強度が大で、かつ溶接性、加工性および耐食性がきわめて良好な高压容器用鋼として発達したものである。Mn や Ni, Cr, Mo および少量の B はそれぞれ焼入性と溶接性の間の微妙な関係を満足さす役割を演じている。この他、V は焼戻抵抗を、Cu の少量が大気中の耐食性を改善のために加えられている。また低炭素故マルテンサイト開始温度も高い（約 395°C ）から溶接割れも起しにくく、合金鋼であるにもかかわらず一般には予熱なしで溶接が可能と考えられている。

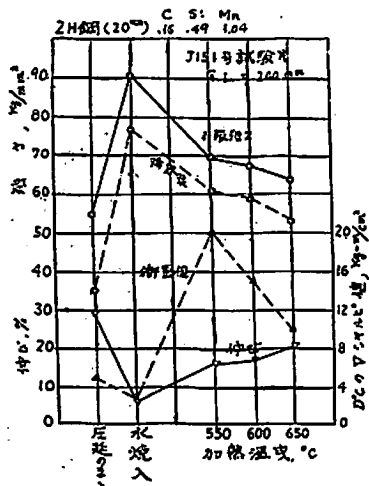
HY-80⁴⁾

米海軍規格の船体用高降伏点鋼で、降伏点が 56 kg/mm^2 以上で、 -80°C 附近における低温の V シェルビ衝撃値が 10 kg-m/cm^2 を超える文字通りの低温じん性の優れた焼入焼もどし合金鋼である。その成分は Mn がリムド鋼なみに低く、Ni 量が高い Ni-Cr-Mo 鋼で、Mo が加えられているため焼もどしぜい性の心配も少ない。未だ NRL 試験（米海軍技研の落重試験）⁵⁾ の他は試験結果の発表されたものは少ないが、極低温用材料として従来のオーステナイト系構造用鋼に代つて今後使用の機会が増すものと見られる。

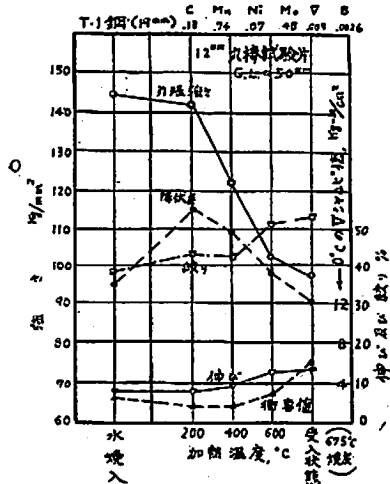
以上の他、英海軍においても軟鋼程度の鋼を焼入焼もどした、高降伏点鋼が調質鋼として船体の一部に使用されている⁶⁾。

調 質 鋼 の 特 性

2H 鋼と T-1 鋼とは、その合金元素量がいちじるしく異なり、強度も相当の差がある2つの鋼であるが、焼入焼もどした構造用鋼という点で共通した点を有している。従つて以下この2種の鋼についての諸実験結果を検討しつつ調質鋼の特性について述べて行きたい。



第1図 a Mn-Si 高強力鋼を水焼入後焼もとした場合の機械的性質および衝撃値の変化 (日本製鋼)

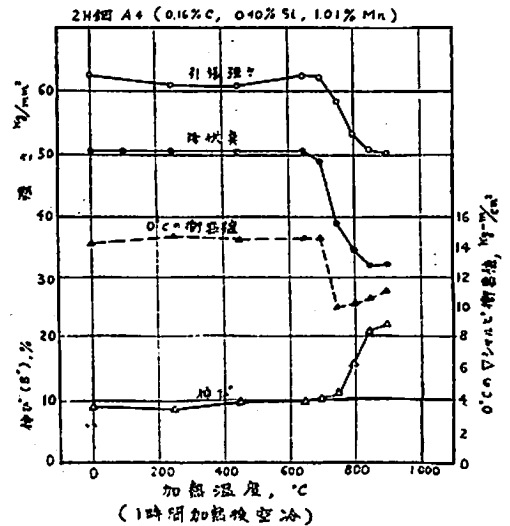


第1図 b T-1 鋼を水素入後種々の温度に焼もとした場合の機械的性質および衝撃値の変化

加熱による性質変化

構造用鋼を高温から焼入するとマルテンサイトを生じ、強度は増し、伸びおよび衝撃値は低下するが、マルテンサイトを適当に焼もどし処理すると強度は次第に下るが、伸びおよび切欠じん性はいちじるしく向上する。第1図 a は Mn-Si 高強力鋼を、同じく第1図 b は T-1 鋼を受入状態から水焼入ののち、各温度で1時間焼もどした場合の機械的性質の変化を示したものである。第1図 a では衝撃値が 550°C で最大値を示しているが一般には 650°C 程度がじん性の最も増加する範囲で、焼もどし温度として最適である。

第2図は、2H 鋼を 900°C までの各温度に再加熱した場合の機械的性質の変化で、強度は 700°C から、衝撃値は 750°C 附近からいちじるしく低下し、焼戻マルテンサイトの特徴が失われる。



第2図 2H 鋼を種々の温度に再加熱した場合の機械的性質および衝撃値の変化

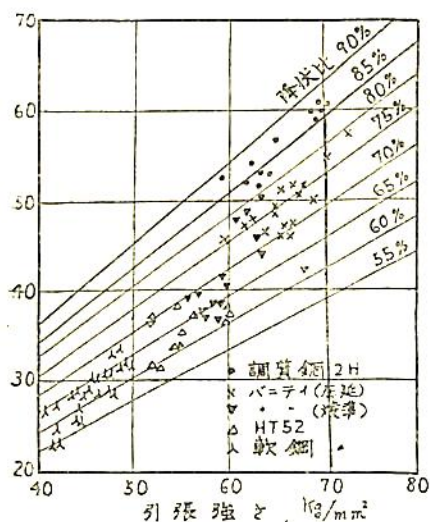
第1表 現用調質鋼の

国名	鋼名および規格	化学成分							
		C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr
日	2H (防衛庁規格)	<0.18	<1.35	<0.55	<0.040	<0.040	<0.30	<0.25	<0.15
日	2H (日本製鋼社規格)	<0.18	<1.35	<0.55	<0.040	<0.050	—	—	—
米	Carilloy T-1	<0.18	0.70/1.0	0.15/0.25	—	—	0.20/0.40	0.70/1.0	—
米	HY-80 (海軍)	<0.22	0.10/0.40	0.15/0.35	<0.035	<0.040	—	2.00/2.75	0.90/1.40

* 板厚 35 mm を超える場合は Ni, Mo 等の元素を適宜添加する。 ** 記録を止めるだけ。

機械的性質

調質鋼の特色は強度、とくに降伏点がいちじるしく高い点にある。第3図は調質鋼の降伏比を軟鋼その他種々の高張力鋼と比較した結果で、Mn-Si 高張力鋼が60~70%であるに対し、ほぼ同じ成分を有する調質2H鋼のそれは80~90%に達する。ただし調質鋼は降伏点



第3図 調質2H鋼の降伏比を各種鋼材と比較した例 (3R36)

と最大荷重の差が少ないため200mmのゲージで測られた伸びの値が一般の圧延鋼材に比べて少ない。

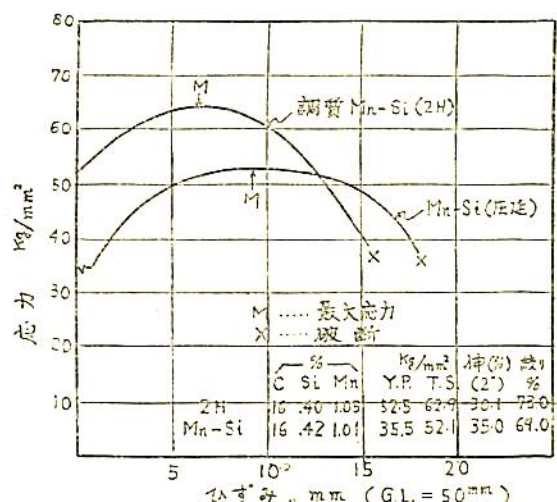
これは強度の大きいT-1鋼ではとくにいちじるしい。ただし、第4図の応力-歪曲線より分る如く、最大荷重以後の伸びは、圧延Mn-Si鋼よりむしろ大きく、従って終りで比較すれば、調質鋼が構造用鋼として充分な延性を発揮しうることが知られよう。

切欠じん性

焼入焼もどしによつて得られた低炭素焼もどしマルテンサイト組織は切欠じん性がとくに優れている。第5図

成分と機械的性質

%				機械的性質			試験	備考
Mo	V	Ti	その他	降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸び %	板厚	
—	—	—	—	>46	60~68	>17(8)	≤35	0°C V シャルビ衝撃値 ≥6.0 kg/cm ²
—	—	—	—	>46	58~68	>16(8)	≤35	同上
0.35/0.50	0.03/0.08	—	B 約 0.003	>63	>74	>18(2)	6~50	-50°F のキーホール シャルビ衝撃値 ≥15 ft-lb
0.23/0.35	—	—	—	56~66.5	**	>20(2)	≤35	-120°F の V シャルビ 衝撃値 ≥50 ft-lb

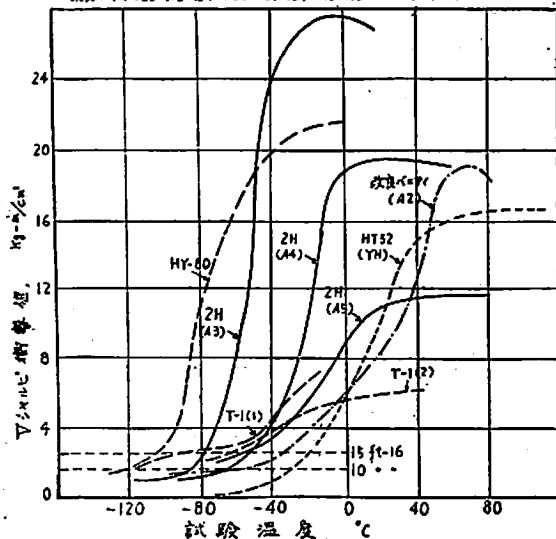


第4図 調質2H鋼の引張特性をMn-Si高張力鋼と比較したもの (日本製鋼)

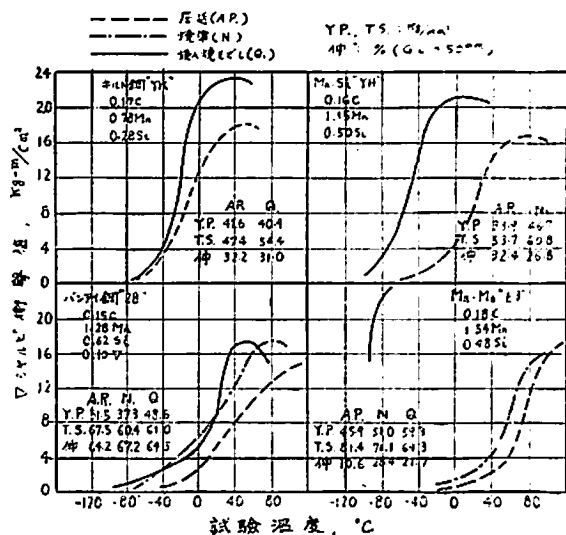
は、調質鋼のVシャルビ遷移温度曲線をMn-Si鋼その他の高張力鋼と比較した結果である。60 kg/mm²級の2H鋼A3およびA4は0°C附近の衝撃値がいちじるしく大である。強度の高い調質鋼では0°C附近の吸収エネルギーは減少するが、例えばT-1鋼では低温の衝撃値は、他の鋼材よりかえって高く、いわゆる延性遷移温度(10あるいは15 ft-lb レベル)はいちじるしく低い。一方HY80は降伏点56 kg/mm²以上を示すにもかかわらず、0°Cおよび-18°C附近の低温の吸収エネルギーがともに高く、正に驚異に値する。

処で焼入焼もどしすると、如何なる鋼材もじん性が大になるとはかぎらぬようである。第6図は種々の構造用鋼を調質処理した場合のVシャルビ遷移温度曲線を比較したもので、キルド鋼およびバニティ鋼では調質による切欠じん性の向上が少ない。一方Mn-Mo鋼はその効果がきわめて大で、降伏点は59 kg/mm²で-80°Cの衝撃値は実に20 kg-m/cm²を超え、前のHY-80を凌ぐ結果を示す。HY-80は低温じん性を増す目的で

	t, °C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	B
2H(A3)	20	.16	.38	.193	.08	.05	.02	— (SR33)
2H(AA)	20	.15	.42	.112	.08	.05	.02	— (SR36)
2H(A5)	20	.15	.54	.125	.49	.06	.11	.09 — (SR36)
T-1 (1)	12	.15	.26	.92	.88	.50	.46	.06, .0011 (DOTY)
T-1 (2)	19	.13	.26	.74	.87	.51	.48	.005, .0026 (前田, 山崎)
HY-80	25	.15	.26	.26	2.21	1.00	.23	.00 — (Pellini)
HT32(YN)	19	.17	.40	1.28	—	—	—	— (田村)
改良型HY80	20	.15	.37	1.01	.61	.24	.15	.10 — (SR33)



第5図 各種高張力鋼の V シャルビ遷移温度曲線の比較



第6図 種々の成分の鋼材を、焼ならしおよび焼入焼もどしたときの V シャルビ遷移温度曲線および機械的性質の変化

第2表 各種調質鋼の NDT, FTE および FTP 温度の

鋼	NDT, °F	FTE, °F	FTP, °F	備 考
K* (焼入 焼もどし)	-180	-140	-100	平 均 値
HY-80 (焼入 焼もどし)	-130	-90	-40	
X (焼入 焼もどし)	-100	-50	-10	(0.30% C, 1.00% Mn, 0.50% Si, 0.75% Cr, +B+Zr)
Y (焼入 焼もどし)	-90	-50	-10	(0.15% C, 0.90% Mn, 0.50% Cr, 0.90% Ni, 0.50% Mo, 0.05% V)
HTS (焼 なら し)	-20	+30	+80	
A 30 (商 用 Mu-Mo)	+10	+60	+100	
ABS-C (焼 なら し)	-20	+20	+80	
A 203 D (焼ならし焼もどし)	-130/-190	-90/-150	-30/-90	
破 壊 実 船 鋼 板	+20/30	+70	+140	平 均 値

* Kruppe 型焼入焼もどし鋼, 成分は HY-80 の C% を 0.3 程度にしたもの

Ni を多量に含むから比較的高価であるが, Ni に依存せずに HY-80 級の高性能の調質鋼ができれば, わが国情からも非常に好ましいことである。

なお米海軍技研では NRL 式落重試験による NDT 温度*や爆破膨らまし試験による FTE あるいは FTP

* (註) NDT 温度は無延性遷移温度 (Nil Ductility Temperature) のことで, 戦時中の破壊実船などの実際の破壊温度と非常に関連が大といわれている。

温度を** HY-80 や T-1 鋼等の多数の調質鋼について実験している。第2表はその結果の一例で, HY-80 は

** (註) FTE は fracture transition for elastic loading, FTP は fracture transition for plastic loading の意で, 米海軍技研では, NDT 温度を一般的なぜい性破壊に対して, FTE を衝突などの偶発事故の場合, FTP 温度を広範囲のその性変形を受けるような軍事的な要求に対する安全性の判定規準として採用している。

じめ調質鋼の各温度は他に比べて遙かに低く、ぜい性破壊に対して良好な結果を示す。

質量効果

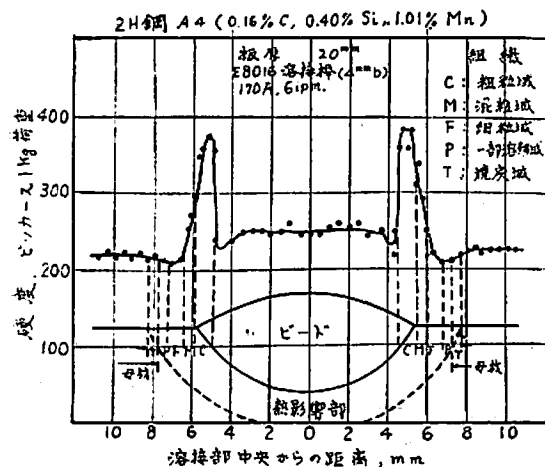
鋼を焼入れする際、鋼材内外部の熱処理効果に差異を生ずる現象は質量効果として広く知られている。低炭素鋼の焼もどし組織は完全焼入すなわちマルテンサイト状態にしたあと焼もどしたものが降伏点もじん性も最も優れている⁹⁾。従つて調質鋼では鋼板厚が増すと内部に焼きの入り難い部分が出来から、内部の切欠じん性が外部に比べて劣下する。2H鋼について厚板の質量効果を確めたところでは¹⁰⁾、25 mm 程度までは内外の差が比較的少ないが、30 mm 以上ではじん性に若干の差を生ずるようである。従つて 30 mm を超える厚板では、内外の材質の相異を充分検討の必要がある。

調質鋼の溶接硬化

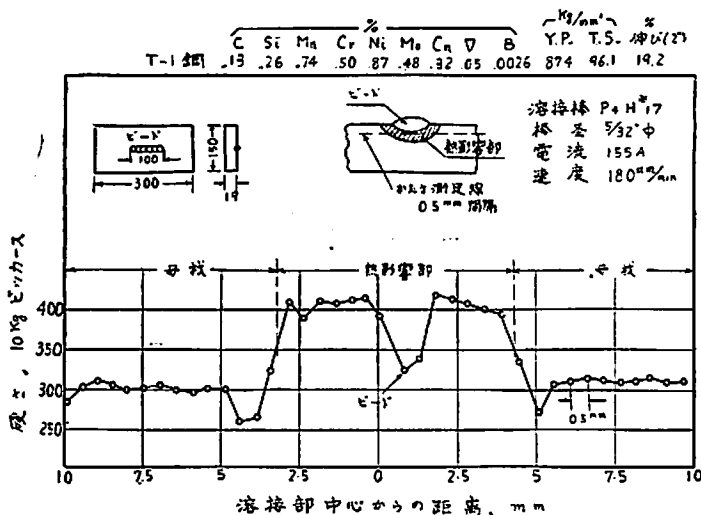
高張力鋼の溶接熱に対する感受性の比較には溶接性試験として、ビード溶接部の硬さ試験、きれつ性試験およびビード曲げ試験が用いられている。

硬化性

第7図aは板厚 20 mm の 2H 鋼に標準条件でビード溶接した断面のかたさ分布を示す。ビードに近接した粗粒域の最高かたさは 375 ピッカースを示すが、変態点以下に加熱された部分に僅かながらかたさが母材より低下した範囲が見られる。第7図bは同じく T-1 鋼のビード溶接部断面のかたさ分布で、最高かたさは約 420 ピッカース



第7図a 2H鋼のビード溶接部のかたさ分布



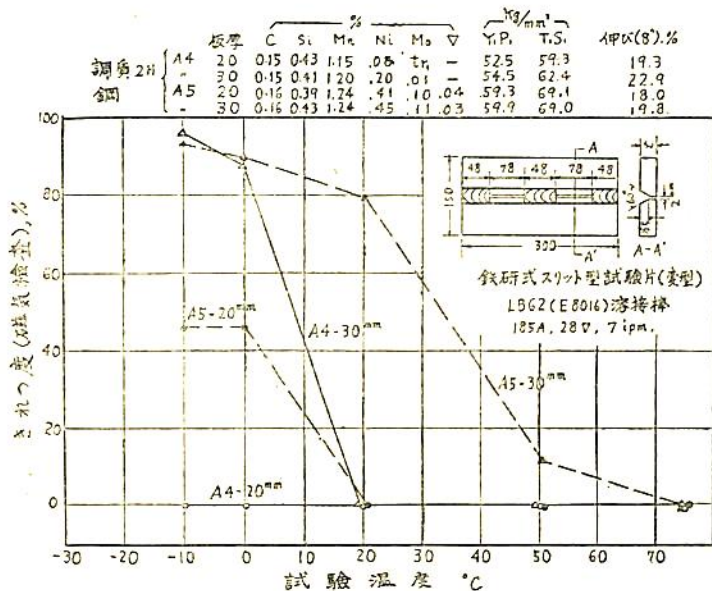
第7図b T-1鋼のビード溶接部のかたさ分布

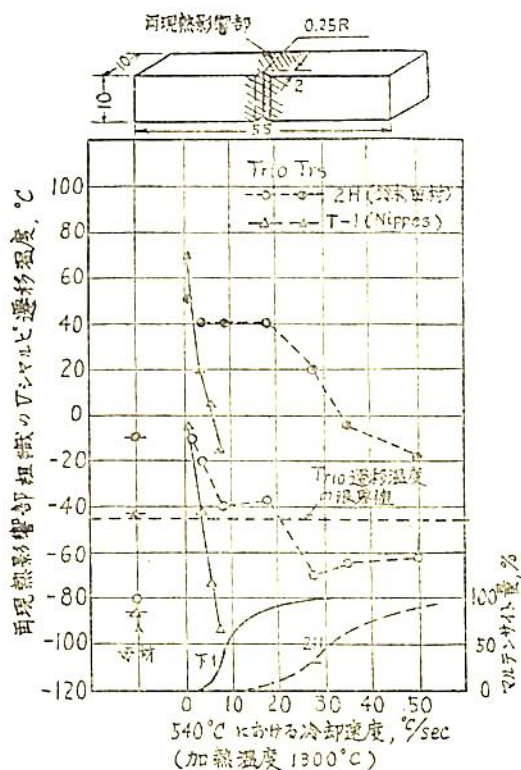
ッカーズで当然のことではあるが、これまでの HT 52 や HT 60 に比べるとかなり高い。

調質鋼の溶接熱影響部の硬化性は、焼入れもどし処理以前の元の鋼材と一般に大差ないものと考えられている。従つて調質鋼では硬化性はもとのままで、強度と切欠じん性がいじめるしく向上するから、溶接用として至極好都合である。例えば 0.14% C, 1.10% Mn 程度のものに Ni および Cr を単独添加して得られる溶接性良好な強度限界は Ni 添加の場合焼入れもどしすることによつて引張強さが約 10 kg/mm²、また Cr 添加の場合は同じく降伏点が約 20 kg/mm² 増加することが示されている¹¹⁾。ただし溶接のような急熱短時間加熱冷却の場合は、厳密には処理前の組織の相異が、溶接後のかたさやその他の性能に影響することが予想されるが詳しい実験はない。

きれつ性

溶接による硬化が同一成分の一般鋼材と同程度とすれば調質鋼のきれつ感受性も熱処理前の性能とはほぼ同様と考えてよい。第8図は、高張力鋼のきれつ性試験としてわが国で最も広く用いられている鉄研式スリット型割れ試験によつて強度の異なつた2種の 2H 鋼のきれつ性を比較検討した結果である。60 kg/mm² 級の 2H 鋼 A4 は板厚 20 mm の場合はあらゆる温度で割れは見られず、従つて低水素系溶接棒を用いれば、予熱なしで溶接が可能なのは HT 52 高張力鋼と全く同様である。ただし 60 kg/mm² 級の 2H 鋼 A4 も板厚が 30 mm 程度では、69 kg/mm² 級の 2H 鋼 A5 材 20 mm と同様、溶接温度が 0°C あるいはそれ以下の厳しい条件





第11図 2H 鋼および T-1 鋼の再現熱影響部の切欠じん性に及ぼす冷却速度の影響

切欠じん性はいちじるしく低下する。従つてぜい性破壊に対する安全性を維持するための条件を -50°F (-46°C) で 10 ft-lb (1.7 kg-m/cm^2) とすれば、第11図から T-1 鋼を溶接する場合には、 900°F (482°C) における冷却速度が 6.5°F/sec (約 4°C/sec at 540°C) と求められる。第11図には比較のため、著者¹⁴⁾らが 2H 鋼について同様な実験を行つた結果を図示した。冷却速度が低下するにつれて V シャルビ遷移温度は上昇するが、先程の T-1 鋼と同様に T_{r10} 遷移温度の限界値と比較すると、T-1 鋼も 2H 鋼ともにマルテンサイト量が全体の組織の数パーセントに減少する冷却速度がその限界冷却速度であることが分る。冷却速度が小になるに連れて V シャルビ遷移温度がよる傾向は、調質鋼によらず、低炭素鋼の一般的傾向であるが、調質鋼では母材の切欠じん性がきわめて良好故に不適当な溶接熱を受けた熱影響部のじ

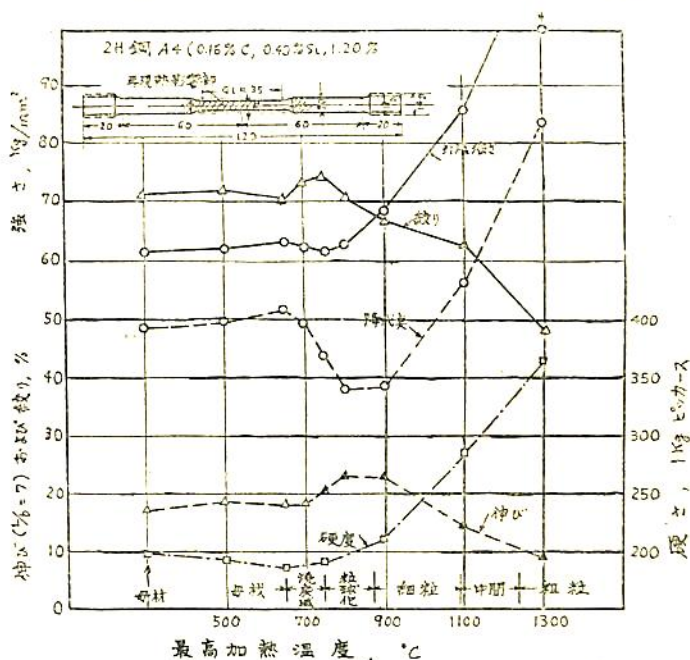
ん性は母材に比べた場合いちじるしく低下する傾向を示すことを考慮すべきである。

調質鋼の施工上の溶接性

調質鋼は焼入焼もどしによつて高い強度とすぐれたじん性を示すように設計された熱処理鋼故、焼もどし温度以上に加熱すると軟化したり、さらには性能の優れた焼もどしマルテンサイト組織が破壊してしまうから溶接接手の性能を劣下する危惧が生じる。次に調質鋼の施工面における溶接性を検討した2,3の結果について述べよう。

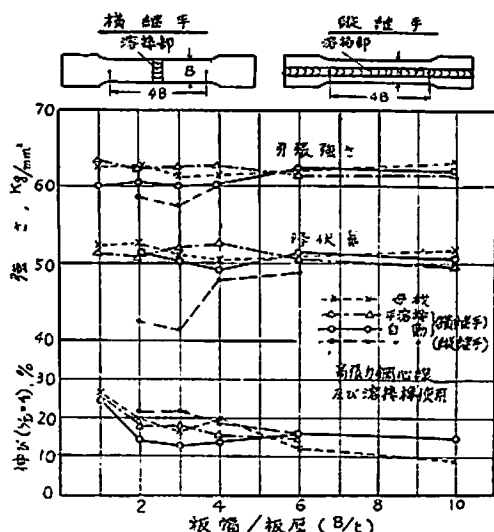
溶接による軟化

古い溶接性の定義によると溶着鋼や熱影響部が母材と継手の上で、できる限り同じ性能を発揮するような理想的条件を作ることが溶接性の必要条件で、従つて熱処理で強くしたような鋼材は軟化部を作るから不適当と考えられていた¹⁵⁾。調質鋼を種々の温度に長時間加熱すれば、第2図のように 700°C 附近から強度や衝撃値が下ることは明らかであるが、これが溶接熱の場合のような短時間加熱の場合にはどのように変化するかをしらべたのが第12図である¹⁶⁾。これは図中に示すような丸棒試験片にビード溶接部における熱サイクルを人工的に加えて引張試験を行つたもので、 750°C 付近でまず引張強さが、さらに温度が上つて 750°C から 1000°C 附近の広範囲で降伏点がいちじるしい低下を示すようである。こ



第12図 2H 鋼の再現熱影響部の機械的性質に及ぼす最高加熱温度の影響

のように単独にとり出した局所的な組織に明瞭にあらわれる軟化が、実際の継手にした場合の強度にどの程度の影響を示すかをしらべたのが第13図の結果である。



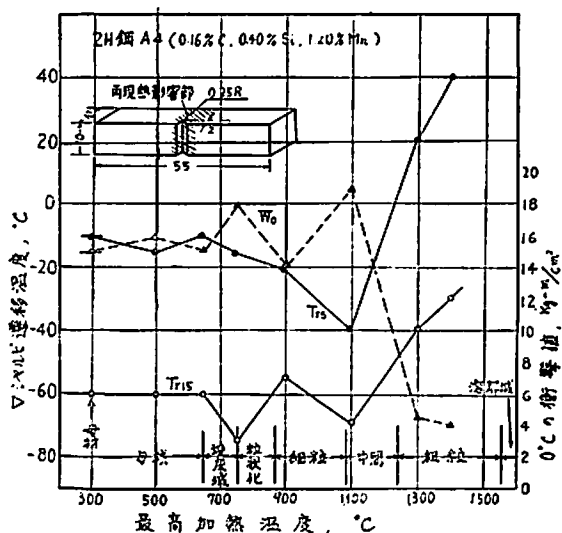
第13図 2H鋼の溶接継手の強度に及ぼす板幅/板厚の影響 (3R 36)

これは2H鋼で図上のような溶接接合試験片を作り、手溶接および自動溶接部の強度が板幅と板厚の比 B/t によつてどのように変るかをしらべたものである。熱量の少ない手溶接では軟化部の幅がごく狭いためこのような接手の引張試験では両側の強い部分に変形を妨げられるため弱点として全くあらわれていない。一方熱量の大きい自動溶接部は軟化部の幅が広いので板幅が板厚に近くなるとやや強度が下る傾向が見られるが、殆んど問題にならない。なお縦継手の場合は板幅が狭いと溶着鋼や軟化部の強度が引掛け上の値として表われるから強度は低下することは勿論である。以上の実験は、2H鋼のような調質鋼の溶接部に生じる軟化域も、実際の継手の強度を低下させる怖れは殆んどなく、2H鋼等が溶接構造用としての性能上何等の支障を与えないことを立証したものである。

なお2H鋼の軟化部はVシャルビ試験による切欠じん性の低下も全く示さないことが、再現熱影響部組織の衝撃試験結果で明らかにされている(第14図)。

冷間、熱間加工、歪時効等の影響

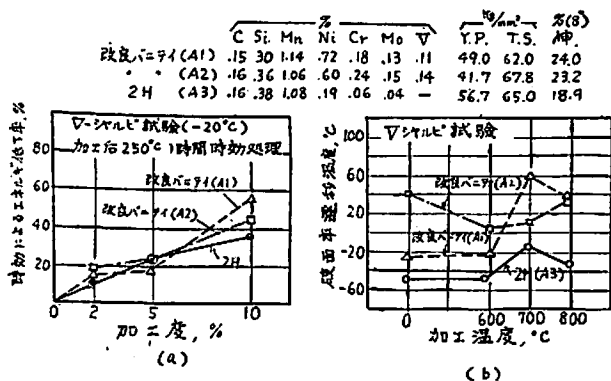
調質鋼の加工性の影響について、例えば T-1 鋼については、US Steel 社の fabrication practice として使用上の種々の注意が払われている。熱間加工については、機械的性質やじん性を維持するた



第14図 2H鋼の再現熱影響部組織の切欠じん性におよぼす最高加熱温度の影響

め、加工温度を 1100°F 以下に押えるようにし、もしさらに高温加工を余儀なくした場合は 1600~1800°F で成型するが、この場合は定める方法で焼入焼もどしすることが望まれている。ガス加工は構造用炭素鋼同様に熱は不要で、もし切断面を軟化する必要がある時も加熱温度は 1150°F を超えてはならない。また T-1 鋼は冷間曲げや、梁絞り加工も可能であるが板厚 50 mm までの場合の曲げ半径を次のように提案している。

板 厚	最小半径
25 mm まで	2 T
25~50 mm	3 T



第15図 2H鋼と改良型パニティ鋼の加工性をシャルビ衝撃試験で比較したもの
a) 冷間加工と時刻の影響 b) 熱間加工の影響

スの組合せによるユニオンメルト溶接 (68×80) の結果も余り良いじん性が示されていない。

日立造船技研²⁰⁾では、2H 鋼に対する CO_2 アーク溶接とユニオンメルト溶接法の比較を行っている。 CO_2 アーク溶接では比較的加える熱量も少ないから、軟化や熱影響部のじん性低下も小で、また溶着鋼の切欠じん性もユニオンメルト溶接より良好であるが、一般にとけ込みが少なく、2層溶接では 25 mm が限度のようである。なお日立造船技研²¹⁾では手溶接溶着金属の優れたじん性とユニオンメルト溶接の作業の高速化の両長所を生かす目的で、これらの組合せ接手のじん性の比較試験も行なっている。

最近米国ではユニオンメルト溶接用として新しい型の溶剤の研究が進んでいる²²⁾。これはボンテッドフラックスと呼ばれるもので、合金元素や脱酸剤や強力溶剤などのいろいろの機能のフラックスを適当に混合することによってあらゆる性能を発揮することが可能とのことで低合金鋼にも適用されている。バツテル記念研究所では海軍の支持を得て HY-80 調質鋼のユニオンメルト溶接の研究を行ってきたが²³⁾、その結果によると Rieppel らは HY 80 の溶接ではその溶接部の強度とじん性を維持するため各層毎の溶接入熱を 44,000 ジュール/時に制限することが必要であると主張している。この入熱は 440 アンペア、30 ボルト、18 時/分の溶接条件に相当する。かくて Cr-Ni-Mo 型の多層溶接による溶着鋼は、降伏点が溶接のままで 58~60 kg/mm² で、V シャルビ衝撃値が -100°F で 20 ft-lb に達する良好な性能を示したことはひとえに合金を補強したボンテッドフラックスの脱酸効果の賜物であるとしている。

溶 接 棒

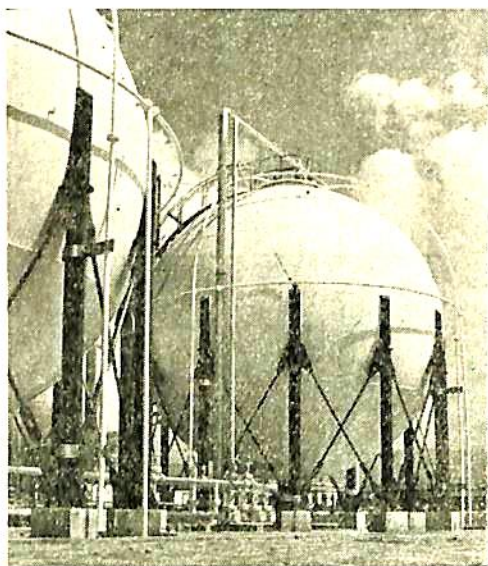
調質鋼用溶接棒に対しては、母材に匹敵する優秀な強度とじん性が要求されることは自動溶接と同様である。調質鋼母材は焼入焼もどしで強度の増加がはかつてあるから、見掛けの強度に比して合金元素量が少ない。従って溶接鋼が母材に稀釈されるだけ余分の合金元素量を常に溶接棒で補つておかねばならない。最近神戸製鋼が 2H 鋼用溶接棒として LB 62 の銘柄で市販しているものは、焼戻ぜい性を防ぐため従来の 60 kg/mm² 級高張力鋼用溶接棒の V を Mo に置きかえた Ni-Mo 系の低水素系溶接棒である。

数年前東京世田谷に初めての T-1 鋼製球形ガスタンクが建設された際、US スチール社で行なわれた試験の結果は予熱の不要と考えられた E 12016 Ni-Mo-V 溶接棒の溶着鋼中に溶接線に直角方向に夥しいクラックを

生じた²⁴⁾。問題は予熱や棒の再乾燥およびピーニングにより溶接線と平行方向の残留応力を引下げるという方法により解決できたが、それ以来、T-1 鋼用溶接棒では溶着鋼中の微小クラックを防止するためには 500°F で 24 時間、800°F で 1 時間程度の再乾燥により、被覆材中の含有量を 0.10% 程度以下に抑えることが必要で、このような処理をとらずに安心して使える溶接棒の生産がまたれている。また現在では E 12016 に代つて V を含まず炭もどしぜい性のない E 11016 Mn-Si-Mo 溶接棒が切欠じん性の点でも充分なため T-1 鋼用に推奨されている。

調質鋼の応用

2H 鋼については昭和 32 年末期から量的生産が開始され、去る 5 月中旬には戦後における潜水艦第 1 号“おやしお”が川崎重工で進水した。そのほか、液体貯槽、ガスホルダなど低温や高圧を要求される構造物用鋼として多数使用され、最近ではベンストック用材として海外輸出も行なわれた。第 18 図写真は出光興産徳山製油所における液体プロパン球形タンクの外観で、T-1 鋼に代つて国産の 2H 鋼による球形タンクという点で特筆できよう。また日本製鋼ではすでに 2H 鋼を高切欠じん性鋼として船体用としての使用をロイド船級協会の承認を得ている。今後種々の圧力容器や大型船舶等に 2H 鋼の使用が益々増加するものと考えられる。



第 18 図 2H 鋼で作られた液体プロパン球形タンク、出光興産徳山製油所
容量 300 M³、内径 8,320 mm。
板厚 31 mm、最高使用圧力 18 kg/cm²

T-1 鋼はアメリカにおいては高速道路梁²⁵⁾や鉄道橋、テレビ塔、ガスホルダ、鉱山機械等に使用の例がある¹⁰⁾。艦船用には先の HY 80 があり、T-1 鋼は専ら橋梁や圧力容器、機械用等のようである。

英国では、潜水艦の耐圧船殻や、空母のスチールカタバルトの特殊な構造の荷重点近傍の応力の高い部分に切欠じん性の大な、30 ton/in² (47 kg/mm²) 程度の降伏点の跳入部もどし鋼が軟鋼の代りに使用された例⁷⁾があるが、これはわが国の 2H 鋼級のもののようである。英国では設備の点で小さい板を接合して作るが爆破試験などの結果成績も良好とのことである。

む す び

以上主としてわが国の 2H 鋼と米国の T-1 鋼の数々の実験結果をもとに、材質上の見地から調質鋼の溶接性とその問題について述べてきた。これらの試験結果により、従来からこのような熱処理鋼の欠点と考えられていた溶接による軟化も強度的には殆んど心配がなく、種々の加工法もある程度の注意を払う程度で非熱処理鋼とほぼ同様に適用が可能という見通しもついた。また最近では原子力船や、大型船で板厚増加に伴う作業能率や施工上の困難を打開のため強度の高い調質鋼の採用が必然的に考慮されることになるし、一方従来の弾性設計に代る塑性設計による安全率のとり方が圧力容器や種々の建造物に応用されつつあるため、降伏点の高い調質鋼の需要は今後いよいよ増すことと思う。昨年度から本年度にかけて目下調質鋼を含む高強度鋼の研究が、日本溶接協会の HY 80 の国産化の研究のほか数件におよんでいるし、一方調質 2H 鋼の溶接施工規準も防衛庁技研を中心に作成されつつある。調質鋼用溶接棒および自動溶接の研究あるいは、2H 鋼についての疲労強度や高温強度の研究など未だに残された問題もあるがこれらの問題も上記の委員会研究の進捗とともに、解決されるものとその成果が大いに期待される。(昭和 34-6-5 記)

文 献

- 1) 日本造船研究協会 SR 36 部会報告, 1957.
- 2) 鎌和田, 官野: 溶接技術, 1958 年 4 月, P 246-251.
- 3) J.M. Hodge and L.G. Bibber: Iron and Steel, Vol. 29, No. 13, 1956, 551/555.
- 4) W.D. Doty: The Weld Journal, Vol. 34, No. 9, 1955, 425-S/441-S.
- 5) MIL-S-16216 C (Navy) 26 June 1957.
- 6) P.P. Puzak and W.S. Pellini The Weld Journal, Vol. 35, No. 6, 1956, 275-S/290-S.

- 7) 造船協会誌第 336 号, P 349/356, 1957.
- 8) W.S. Pellini, The Welding Journal, Vol. 35, No. 5, 1956, 217-S/233-S.
- 9) Hollomon and etc, Trans. A.S.M., 38 (1947) 807.
- 10) 中井, 安藤, 降久: 日立造船技報, Vol. 19, No. 4, 1958, 1/11.
- 11) 鈴木, 田村: 鉄と鋼, Vol. 44, No. 2, 1958, 129/136.
- 12) 前田, 山崎: 溶接技術, 4, 10 (昭和 31), 693.
- 13) E.F. Nippes and etc., The Weld Journal, Vol. 36, No. 12, 1957, 531-S/540-S.
- 14) 鈴木, 田村: 未印刷.
- 15) I.C. Fitch: British W. Journal, Vol. 2, No. 4, 1955, 151/158.
- 16) U.S. Steel 社カタログ.
- 17) 日本造船研究協会 SR 33 委員会報告, 1956.
- 18) W.T. Lankford The Weld Journal, Vol. 1, 35, No. 4, 1956, 195-S/206-S.
- 19) 日本造船研究協会第 39 部会報告, 1958.
- 20) 日立造船技研“2H 鋼に対する炭素アーク溶接について”未印刷.
- 21) 日立造船技研“調質鋼の溶接施工法に関する研究”未印刷.
- 22) H. C. Campbell, and W. C. Johnson, The Weld Journal, Vol. 36, No. 11, 1957, 1078/1084.
- 23) H. C. Campbell, and W. C. Johnson, The Weld Journal, Vol. 37, No. 11, 1958, 1081/1085.
- 24) P.C. Arnold, The Weld Journal, Vol. 36, No. 8, 1957, 373-S/381-S.
- 25) R.A. Wilson, The Weld Journal, Vol. 38, No. 2, 1959, 111/117.

「船舶」のファイル



このたび写真でごらんのような「船舶」用ファイルを作りました。御希望の方には下記の価格でおわかしいたします。

価額 120 円 (〒 30 円)

最近の溶接棒における問題

吉田 兎四郎

尾上 久浩

三菱日本重工業・横浜造船所

1. は し が き

造船工事の溶接には軟鋼の被覆アーク溶接棒が主として使用されるので、これを中心に現在、直面している各種の問題点について二、三の検討を加えてみよう。

一般に被覆アーク溶接棒に溶接作業上要望される性能は、それぞれその製品の使用目的に応じた特性を持つことは当然であるが、最もシンプルな軟鋼の溶接についても溶接作業の種類によつて多種多様の溶接棒が要求されるようになる。すなわち、小は 1~2 mm 程度の板厚の溶接から大は 100 mm 以上の板厚の溶接のように広範囲にわたつて溶接が一般化されている今日、寸法だけでなく接手の形状、溶接の姿勢、拘束の度合、気温等の条件について最適とみなされる溶接施行法があり、またこの条件に対して理想的な溶接棒が考えられ、現在、このような専用の目的のための溶接棒がかなり製造されて実用に供されるようになって来ている。

また、溶接採用量の増加とともに溶接工数の直接に生産原価におよぼす影響が極めて大きくなって来た現在、とくに軟鋼の溶接では溶接作業能率向上のために溶着速度（単位時間に溶着しうる溶着金属重量の割合）の大きい溶接棒が競つて出現して来ている。

もう一つの問題は溶接棒の運搬操作性がよいかどうかということで、いわゆる作業性良否の問題である。溶接棒の発達に伴つてこの作業性のもつ意味も異なつてゐるのは興味あることで、初期においてはかなり熟練した溶接工でも充分な溶接になるかどうかが問題になり、最近では一般に作業性の良し悪しが作業能率におよぼす影響が問題になる工合に着眼点が変わつて来ており、それだけ溶接棒が進歩発展を遂げていることを意味しているのである。

以上、総合していえることは限られた姿勢、接手の種類等の条件に対して最も適した溶接棒であること、すなわち単能化溶接棒が一般化されて来ている点がその特徴で、このため昔のような万能型の溶接棒の方がむしろ特殊なものになりつつある。

次に最近の被覆アーク溶接棒の個々について具体的にその問題点に触れてみたいと思う。

2. 軟鋼被覆アーク溶接棒の JIS 規格について

現在の JIS 規格の被覆系の分類によればイルミナイ

ト、高セルローズ、高酸化チタン、低水素等の各系の如く具体的に示されているが、たゆまない溶接の進歩向上のために溶接棒の単能化の影響を受けて、その被覆系の種類も益々増加する傾向になつて来ている。従つて、この規格の分類も増さなければならないが、あまりにこの窓口が広くなると分類ではなく羅列に終るおそれもある。現にどのタイプに属するか判定に困る溶接棒もかなり出現しており、根本的に考えなおす必要があるのではないかとさえ思われる状態になりつつある。

すなわち、最近作られた JIS 規格の鉄粉系以外にもかなり鉄粉の入つた溶接棒が他の系の規格に入つていたり、ライムチタニヤ系がいろいろの事情によつてイルミナイト系として資格をとつていたり、すべての棒は適当な目的と都合によつてどこかの系に転がり込んでいるようなわけで、JIS 規格の D 4301、4320 等の資格だけで使用区分を決めると思ふぬ間違いを起すおそれがないわけでないので注意すべきであらう。

最近の主として歐洲の意見を代表したと思われる ISO (International Organization for Standardization) の提案の溶接棒の分類は画期的なものとして注目に値する。

すなわち被覆のタイプによる分類として

A=酸性系

B=塩基性系

C=セルローズ系

O=酸化性系

R=ルチール系

T=チタニヤ系

V=その他

が挙げられ、それぞれのタイプの説明がかなり詳細になされている。すなわち被覆剤の主成分、スラグの流動、スラグの密度、アークの安定度等の作業性および溶融速度、スパッタの多少、適合母材々質の範囲、適合溶接々手および姿勢、機械的性質、交直流の別、極性等について述べてある。

可能な溶接姿勢の分類としては次のようになってゐる。

1—全姿勢

2—立向下進を除く全姿勢

3—下向き突合せ、すみ肉

水平、立向きのすみ肉

4 一下向きの突合せおよびすみ肉

これらは、なお検討の余地があると思われるが、使用者にとっては甚だ都合がよい分類である。

この他、軟鋼だけではなくあらゆる被覆溶接棒を含むために抗張力による分類、伸び率による分類、および衝撃強さによる分類等がそれぞれ数字の記号で示されている。

わが国にこれを直接持つてくるにはまだまだ検討の必要はある（例えば被覆系の分類では日本独特のクルミナイト系は中性であるので酸性、塩基性の次に中性の分類を設けたくなる）が、この ISO 式の表現は現在の JIS 規格よりもかなり当を得ているように思われる。

3. 最近の各被覆系溶接棒の傾向

同一の被覆系についてもいろいろの要望によつて性質のかなり異なつた溶接棒が市販されており、最近の傾向といったものをみれば、ある程度、溶接施行者の要求の傾向が伺われるのでその概略について考察してみよう。

3.1 イルミナイト系

わが国での歴史も古く最も popular な溶接棒として知られているが、すでに下向きの突合せ溶接はユニオンメルト等の自動溶接および溶着速度の速い鉄粉系にその領分を喰われて来ているのでイルミナイト系の 4~5 mm 棒は自然、立、上向き用として使用されることが多くなつたために下向き以外の姿勢についての作業性に weight を多くおくような傾向になつて来ている。

一般に作業性をあまり重点におくと、塩基度の少い傾向になり耐亀裂性の悪くなることにもなり勝ちでこの両者の両立しないことはよく知られているので、溶接棒メーカーでは古くからある塩基度のやや強い orthodox なイルミナイト系から立、上向きの作業性を重点においたイルミナイト系を各種準備するような状態になつて来ている。この両極端の間は大体連続的に変えられるわけであるが、使用者は同じイルミナイト系でも選び分けることが好ましい。また、これらの使用区分を明確にするため本来ならば 3 種類位、すなわち耐亀裂性を最も重点においたものと、最も喰い込みの少い、アンダーカットの少い（一見溶接工にとって溶接中、非常に溶け込みが少く感じられ、いわゆる“のび”がよい）立、上向きの作業性のよいものと、その中間の中間程度とに分けることが望ましい。この分類の基準にするものに何をよるか難しい問題であるが、今後の研究問題として検討すべきであろう。

3.2 ライム・チタニヤ系

イルミナイト系の作業性重点棒と同じような意味で

立、上向き等の作業姿勢で注目される溶接棒となつて来た。

これは石灰系の良好な耐亀裂性と優秀な作業性を持つチタニヤ系の長所を兼ね備えようとして作られたものと思われるので、アンダーカットの少いいわゆる「のび」のよい溶接棒としてしかも耐亀裂性も悪くない点で最近ではイルミナイト系の領域に侵入してくるようになった。

このように歴史は新しいがかなり進歩しつつあつて現在ではイルミナイト系と併用して使用されている状態である。今後、この系の溶接棒はイルミナイトに入れ替るかどうかは疑問であるが、使用範囲が拡大して行くだろうと予想される。

溶接棒と溶接工の技術とは皮肉な関係にあるようで、溶接棒の作業性が段々良くなつてくると技術がかなり落ち（作業性の良い棒を使用した場合の技術は落ちず、いわば絶対的な技術といったものを指す）、昔のよくない溶接棒は段々と使いこなすだけの技術が保てなくなるようで、これはここ 6~7 年来の溶接工の技術をみて分るとおりであつて最近どの造船所でも orthodox なイルミナイト系の溶接棒を上向きの姿勢で充分使いこなせる溶接工があまりいなくなつて来たことがこれを如実に示している。

この意味でイルミナイト系の作業性重点棒とかライム・チタニヤ系の使用は益々耐亀裂性を常に忘れないで作業性を向上させるように研究するべきであろう。

3.3 低水素系

炭酸石灰を主成分とする塩基性の溶接棒であり耐亀裂性が優れ、非常に notch tough な溶着金属の得られることで一般に知られているが、アークの安定性、集中性等の作業性が好ましくなく、溶接開始部の溶着金属に細かいブローホールを発生することが欠点とされている。

今、ブローホール解消の対策としては次に示すような処置が講ぜられているが、これらは何れも快心の策とはいへない。難く中には非常にスマートでない方法もあつて、それだけこの溶接棒にとってこの問題の解決が難しいことを意味しているといえよう。

① 被溶接物以外の鉄板にアークを発生してそのままアークを持続させながら速やかに所定の溶接に入る。いわゆる捨てビード法。

② 溶接棒の先端を加工して始点における電流密度の大きくなるようにすることによつて被覆筒の形成をすみやかにし、空気中の O_2 , N_2 等の反応しないようにする。いわゆる先端加工処理法。

③ 始点の運棒を工夫して、たとえば step-back し

て返りの run でブローホールを消すようにする。

④ アーク・ブラスターを取付けた、いわゆるホット・スタート装置により始点から1~2秒程度の電流密度の自動的に上昇させ得る方法による。

⑤ 始点あるいは溶接棒の始端にブローホール防止用のためペースト状の溶剤を塗る方法。

次に作業性そのものの向上はかなりなされており、この点はこの数年前からのこの系の溶接棒の進歩が物語っているのであるが、面白い行き方としては石灰被覆の内側に他の系の被覆を施した、いわゆる低水素系2重被覆溶接棒が北欧のあるメーカーによつて製作され、最近わが国でも競つて研究しているようである。この溶接棒については特に後程詳述するが、この2重被覆によつて格段とアークの安定性が改善されたようである。

以上の如く低水素系は非常に優れた性質をもつ溶着金属の得られる性能を有するにもかかわらず、この欠点のために使用のはばまれているくらいがある。

3.4 高酸化鉄系

下向きおよび水平すみ肉用として作られており、造船ではかなり多く使用され、とくに地上ブロックの溶接の主力とみられる溶接棒となつている。

いわゆるコンタクト溶接棒であつて、脚長 8.5 mm 位まで一層で水平すみ肉溶接が得られるのが普通である。韌性はイルミナイト系に比べて多少おとるが良好な作業性と高能率であるために防撓材のすみ肉溶接等強度面よりも作業性および能率向上の面に weight をおいた箇所に主として使用される。

この点は明らかに単能化された溶接棒とみることでよい。

しかし同じ高酸化鉄系でも各種の特徴をもつた溶接棒があり、溶接棒の進歩、変遷の傾向がいろいろな客観情勢によつて変つて来ているので、ここで一寸、水平すみ肉溶接棒のここ数年の傾向を述べてみよう。

数年前、棒径 6 mm の溶接棒がいわゆる太径棒として使用されるようになり水平すみ肉溶接の能率を従来の 4 あるいは 5 mm の溶接棒時代に比べ著しく speed-up され得るようになったが、この溶接棒も高酸化鉄系であつてイルミナイト系に比べ spatter loss 少く、しかもコンタクト溶接ができるため造船での使用量の多いこともあつて一船当りの溶接の工数は以前に比べて目に見えて低減させることができた。

また、この頃から世界的な傾向として溶け込みの極めて大きい deep penetration electrode が現われ、すみ肉用はとくに deep fillet 棒と一般に呼ばれる溶接棒が

発達して来た。わが国でも主として造船協会の電気溶接委員会において、当時、使用者側、溶接棒製造業者、大学、その他研究所が一体となつて高能率溶接棒の研究、開発のための委員会を結成し、その一分野で deep fillet 溶接棒の研究がなされた。この結果は目覚ましいものであつたが、溶け込みの分に相当するだけの脚長を減らせることが各船級協会から認められず、実際の能率向上に寄与できる見通しがつかなくなった。その理由は溶け込みの寸法がいろいろの溶接条件によつて変り、それを check し得ないことに原因していたようで、これ以外にも母材々質の影響を受け易くて亀裂の入る可能性が比較的多くなる点が問題にされたわけである。

しかし歐洲方面の諸国ではかなり研究され実際に優秀な溶接棒が製作されており、溶接棒としての規格もあり、かなり思い切つた場所に有効に適用している向きもあるので、わが国でも再検討してみる必要があるのではないと思われる。

このようにわが国での deep fillet 棒の使用が頓坐してきたため高能率の方向は溶融速度の上昇と溶着効率の増大に向けられ、従つてとけ込み量は問題にされなくなつて来た。

すなわち初期の太径溶接棒に戻つたようではあるが、そうではなくて作業性の格段と向上したものでしかも懸案になつていたアンダーカットの少い溶接棒で水平すみ肉の脚のたれ下り(下脚が上脚より著しく長くなること)が少い溶接棒が出来るようになったからである。

この頃、折しも iron powder の多量に入つた溶接棒が作られるようになり溶着効率が心線に対して 100% 越すものまで現れて能率向上の折柄注目されたが、高酸化鉄系は 17~20% の鉄粉を入れることに着目してここに非常にすぐれた高能率棒ができ上がることが分つた。鉄粉の 60% も入つた鉄粉系は作業性の点で段々と嫌われて現在は前述の 17~20% 鉄粉の高酸化鉄系が一般にほとんどの造船所で使用されているわけである。

また、さらに speed-up とビード表面の美麗化、作業性向上のために心線の炭素含有量を 0.30% 程度とした、いわゆる 30 カーボン棒が現われるようになった。心線の炭素は溶接中に脱炭されて溶着金属には普通の軟鋼溶接棒の場合と同じ位の炭素含有量になるので問題ないとされる向きもある。しかしながら溶接屋にとつて第一の鬼門である炭素が 0.3% も含んだ心線であり、母材の偏折のあるもの、あるいは溶接性のあまりよくない母材にたまたまぶつかつたときのクレータ割れの懸念も考えられる。すなわち溶接そのものが非常に短時間の反応による局所的な冶金作用であるため極めて複雑な現象の結果

によつて予測しないことが起る危険性をおそれて現在は一時見送りの形としている所もあるようである。

現在の one pass fillet 棒の中でさらに単能化されて興味のある一例を挙げてみよう。

スーパータンカー、マンモスタンカー等超大型船の製作によつて溶接の脚長も 9.5 mm 程度のものの量が非常に増加して来たが普通の one pass fillet 棒では一層で盛り上げることはできず、また、二層以上の多層盛りすることもこの種の棒だけでは殆んど不可能であつて上脚部にはイルミナイト棒 4~5 mm を併用するのが普通である。作業能率上この方法は面白くないのでどうしても one pass で盛り上げたくなつてくるわけであるが、同じ被覆で徒らに棒径を増しても下脚の流れ量だけが增加するだけで、水平すみ肉の位置では普通は棒径は 6.4 mm 程度が止りのようである。

現在、某社で製造された大脚長用棒は、かなりこの目的を達したもので棒径 6 mm で脚長 9.5 mm までが実用上可能であつて、この溶接棒のスラグの流動を映画に撮影して観察した結果、明らかに他の一般のすみ肉用高酸化鉄系と差違がみられたり。

すなわち溶融したスラグは大脚長の場合、すみ肉の斜面に沿つて流れ落ちてしまうことなく、あらかじめ粘性の増したスラグの基礎の上に高温のスラグが乗るような流動になることがその特色とみられた。この棒を使用すれば水平すみ肉の多層盛りも可能で、たとえば脚長 12.5 mm のすみ肉はこの棒による三層盛りを作業基準としている。

4. 特殊な目的、あるいは施行のための溶接棒

以上単能化の傾向は、とりもなおさず特殊な溶接棒誕生の方向を示すが、ここでいう特殊溶接棒は一般にまだ分類する程でないと思われる特殊なものをいう。

ここに 2, 3 の棒を簡単に紹介してみよう。

4.1 2重被覆溶接棒による裏波溶接*

スウェーデンの某社で機械塗りの 2重被覆ライム型の溶接棒が製作された。被覆の外側はライムで内側は高酸化鉄系に近いものであつて、アークの静かなことは普通のライム型に比べ驚くべきほど差違がある。

この溶接棒を使用すれば突合せの開先間隙を適当にとることによつてガス溶接以上に美麗な裏波を出すことができることが分つた。

この裏波溶接に関しては、わが国に紹介されて以来、

*「溶接技術」第7巻第3号「裏波溶接について」
「船の科学」1959, 2月「造船に使用する裏波溶接について」参照

盛んに利用箇所が研究され、国産でもすでに優秀な溶接棒もぼつぼつ製作される段階になつて来た状態である。

勿論、低水素系としてすぐれた機械的性質をもつ点も買われて、すでに各種の鋼管の溶接、造船の工事にも適用され、大きな効果を挙げている。

この溶接棒の出現によつて従来かなり多量にあつた chill-strip を当てた片面溶接（一般に溶着金属量が多過ぎる嫌いがあり、また chill-strip のわかし込みになる箇所から亀裂を誘発することも考えられるので感心した施工でないと思われる）が追放され、裏波溶接がこれに代わり得る可能性も充分考えられる。この棒のスラグの流動の特徴は、やはり映画によつて完全に catch することができた。

4.2 2重被覆溶接棒による2重張り鋼板の沸し込み溶接部の適用

超大型船の建造に伴ない板厚 30 mm 程度の鋼板の銑シーム箇所のバット溶接の沸し込みが頻繁に行われたり、上甲板、底部外板に設けられたダブラープレートの沸し込み溶接、また、いわゆる水切り溶接には、普通底部間隙 6~7 mm を保たせた 45°~60° 開先の沸し込みになつているが、いろいろ実験された結果ルート部から micro crack、あるいは更に macro 的な crack が溶接先影響部、溶着金属いずれへも進展することがかなり多いことが分つた。このような厚板において下板に沸し込むこと自体が無理でありどのような notch tough な溶着金属をもつてきても、予熱を施行して冷却速度を緩和しても、完全には避けることができない状態であることが認められている。しかし従来、この対策として下板に沸かし込まないで銅板を挿入した片面溶接、あるいは 3 mm 程度のスペーサーを入れて沸し込みをするような苦しい施工がなされていることもあるが、この箇所に 2重被覆棒を使用すればスラグがビードの下側に回り込んで film 状のスラグによつて下板に溶着することが妨げられ、しかも非常に粘性の低い溶融スラグのために capillary action の働くためと思われる。この第一層のビード表面はスラグのために多少凹むが非常に滑らかな面であり、引張り、曲げ試験の際にこの箇所が notch となつて亀裂が入ることはなかつた。

この沸し込みの適合条件は間隙 1.5~4 mm でかなり range が広くしかも特に変つた運棒操作を必要とせず一般に裏波溶接よりも遙かに溶接が容易である。

以上の如く、裏波溶接にしても沸し込み溶接にしてもこの目的のために作られた溶接棒でなく、ただ 2重被覆となつた変つた溶接棒を活用してその棒によつて工作がきめられたことは興味ある事実であつて、一般にはある

施工法、ある目的のために溶接棒が作られるのが普通である。

このように1重被覆で解決できない点を2重にすることは他の被覆系でも考えられるので、この方法によつて今後すばらしい溶接棒が誕生して、溶接の施行の問題点もいろいろ解決されて行くことは期待してよいことであろう。

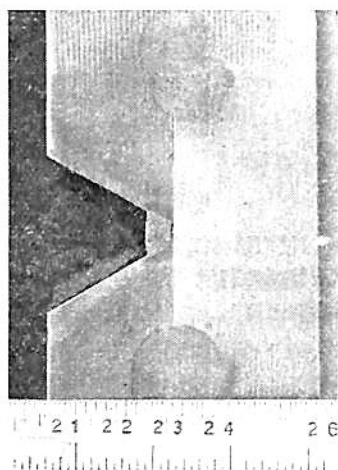


Fig. 1 2重被覆溶接棒による2重裏りの沸し込み接手の溶接の断面のマクロ写真

4.3 重力式溶接棒

半自動の重力式溶接によつて下向きあるいは水平すみ肉溶接の能率を向上する方法がすでに各造船所で実用されていることは衆知であるが、この歴史はかなり古く、例えば戦時中、横船式および異船式半自動溶接として棒径 20 mm 程度の溶接棒を重力で降下させ、これによつて突合せ溶接を実際の船の建造に適用した。

近來、再び脚光をあびるようになったが、横船式の当時と異なることはコンタクト溶接棒の出現によつてこの重力式に非常に容易になりうることである。重力式溶接は、1人の溶接工で2台以上の機械を所掌することも可能であつて、連続溶接の箇所に大いにその効果を発揮している現状である。

一般に長さ 700 mm 程度のいわゆる長尺溶接棒であり、被覆系としては高酸化鉄系であるが、とくに考慮しなければならない点は、長尺棒において通電によるジュール熱のため、終端に近いところでのフラックスの変質と流動性の変化である。

4.4 EHV 溶接棒

溶接棒を横に寝かせたままアークを出し自然の溶融にまかせたまま溶接する方法であるが、わが国では古くからこれに類するものに赤崎式がある。

EHV はドイツのエリン社で発明されたもので、赤崎式と異なるのは銅の押え金を使用することであつて、主たる目的は車輪関係の薄板の突合せ溶接を自動的に美麗なビードを得ることである。接手の上に溶接棒を置きその上下より銅の押え金を適当な圧力で押し付けたままアークを出して溶接をする。これによつて片面溶接で裏まで完全に meltback するので、他の如何なる方法よりもかんたんで、しかも美麗なビード表面が得られるのが特長である。厚板における下向きあるいは水平すみ肉の溶接も可能であるので、重力式と共に今後種々の特許上の問題が明確になり、コストの面から採算のとれる見通しがつけば利用されるようになってくると思われる。

5. 非鉄金属、ステンレス鋼および低合金銅用溶接棒

以上述べた被覆アーク溶接棒は主として軟鋼の溶接棒についての問題であるが、これが非鉄金属、ステンレス鋼となると、溶接箇所のおかれる状態のみならず、溶接すること自体に個々について種々の問題点があり、それぞれについて列挙することができない。そこで軟鋼の場合に著しく異なる2,3の例について参考までにかんたんに述べることにする。

銅および銅合金に関しては不活性ガス・アーク溶接にかなりその分野を狭められたとはいえ、簡便さ、コストの低廉さの点から被覆アーク溶接棒も捨てがたいものである。現在、JIS規格の原案になるものが審議されているところであるが、用途によつて要求される性質が著しく異なるところが分類の難しい点である。

軽合金関係は銅関係に比べ不活性ガスに喰われ存在の陰が薄くなつて来たが、不活性ガスの使用できない特殊な箇所用として考えられる程度で被覆の吸湿しやすいことと作業性のよくない点がやはり問題である。

ステンレス鋼には耐蝕性が問題になる場合があり、またタービン、ジェットエンジン等耐熱鋼として使用されるときには高温のクリープ強度が主として中心の問題点となるが、この他特殊な要求として原子炉に使用されるステンレス鋼に対しては放射性物質の問題もからんでくる。

一般にステンレス鋼では高温で Cr-Carbide の粒界への析出を防止して耐蝕性の劣化を防ぐためにあらかじめ Cb とか Ti の含有した母材および溶接棒を使用することがあるが、Cb および Ta (Cb のあるところ Ta の微量存在しているのが普通) は半減期が長いので、例えばパイプの接手部から微量でも腐蝕があると人体に放射能の害を及ぼすことも考えられるので $Cb+Ta < 10\text{C}$ に押えられているようである。

Cr-Carbide の析出, すなわち weld-decay とこの両者は相反する関係にあり難かしい問題点の一つである

次に肉盛り硬化用溶接棒として出されている低合金鋼であるが, 磨耗そのものが非常に種類が多く難かしい現象で, それぞれの磨耗に応じたハードフェーシング棒を作る必要があり, この分野はまだまた今後の研究に期待されるところが大きいようである。

このように非鉄, 低合金鋼あるいはステンレス鋼になると溶接性などで問題になることが多々生じてくるが, 用途的にも註文が難かしくなつて溶接棒個々についていろいろの問題点に拘束されてくるのが特色であつて, このことはすなわち溶接棒の分類の難かしいことを意味しており, 将来, 益々限定された性能を持つ, 奥行きの高い溶接棒の望まれることは明らかであろう。

6. む す び

以上軟鋼被覆アーク溶接棒を中心に主として造船工事を対象にみたいろいろの問題を述べてみたわけであるが, 一般的にいえることは非鉄金属, ステンレス鋼等は

使用目的によつていろいろ細かい点にまで註文が付けられ, この傾向が段々著しくなつていくことであつて, この点, 最も簡単な軟鋼では生産能率の面から溶接棒を単能化しようとする考え方が大きくとり上げられつつあり, このため, いずれも溶接棒の分類が困難になりつつあるわけで, 従つて不備な規格のもとに分類された溶接棒は, 場合によつては, 使用法を誤つて作業能率に損失を及ぼすだけでなく, 強度上の危険を招くことも考えられるある点は充分検討して根本的に考え直す時期に来ているのではないかと思われる。

文 献

- 1), 2) 吉田 (兎), 阿部, 尾上: 「天然色映画による軟鋼被覆アーク溶接棒の溶融スラグ流動状態の観察」, 溶接学会誌, Vol. 28 ('29) No. 6.
- 3) 吉田 (俊), 松永, 小野: 「二重張鋼板のわかしこみ溶接に関する二, 三の考察」, 昭和34年5月造船協会春季講演会において講演。

天 然 社 ・ 海 技 入 門 選 書

商船大学助教授 鞠谷 宏 士 A5 130頁 ¥220
既刊 船 の 保 存 整 備
商船大学助教授 鞠谷 宏 士 A5 160頁 ¥300
既刊 船舶の構造及び設備属具
商船大学助教授 上坂 太 郎 A5 160頁 ¥280
既刊 沿 岸 航 法
商船大学教授 横田 利 雄 A5 140頁 ¥230
既刊 航 海 法 規
商船大学教授 田中 岩 吉
既刊 海上運送と貨物の船積
(前篇) 海上運送概説 A5 140頁 ¥260
(後篇) 貨物の船積 A5 160頁 ¥290
商船大学助教授 豊田 清 治 A5 160頁 ¥280
既刊 推 測 お よ び 天 文 航 法
商船大学助教授 野原 威 男 著 A5 110頁 ¥180
既刊 船 用 プ ロ ペ ラ
商船大学助教授 中島 保 司 A5 170頁 ¥300
既刊 運 航 要 務
商船大学教授 米田 謹 次 郎 A5 130頁 230円
既刊 操 船 と 応 急
商船大学教授 横田 利 雄 A5 155頁 280円
既刊 海 事 法 規
前東京高等商船教授 小方 愛 朔 著 A5 170頁 ¥300
既刊 船 用 内 燃 機 関 (上巻)
200頁 320円
船 用 内 燃 機 関 (下巻)
商船大学助教授 庄 司 和 民 A5 140頁 ¥280
既刊 航 海 計 器 学 入 門

商船大学助教授 清 宮 貞 90頁 ¥180
既刊 蒸 氣 機 関
商船大学助教授 伊 丹 潔 A5 180頁 ¥320
既刊 船 用 電 氣 の 基 礎
商船大学教授 鮫 島 直 人 A5 未定
以下 電 波 航 法
続刊
商船大学教授 浅 井 栄 資 A5 未定
海 事 氣 象
商船大学助教授 野 原 威 男 A5 未定
船 の 強 度 と 安 定 性
商船大学助教授 賀 田 秀 夫 A5 未定
ボ イ ラ 用 水
海 技 試 験 官 西 田 寛 A5 未定
指 圧 図
商船大学助教授 宮 嶋 時 三 A5 未定
燃 料 ・ 潤 滑
商船大学教授 賀 田 秀 夫 A5 未定
船 用 金 属 材 料
商船大学助教授 小 山 正 一 ・ 其 田 茂
機 械 の 運 動 と 力 学
商船大学助教授 小 川 正 一 A5 未定
機 械 工 作 ・ 材 料 力 学
商船大学教授 真 壁 忠 吉 A5 未定
船 用 汽 罐
商船大学助教授 小 川 武 A5 未定
船 用 補 機

タングステンアーク切断法

鴨 忠 躬

海軍船渠・海軍造船所・造船部

まえがき

現在金属の切断に用いられている方法には大別して機械的方法と酸素ガスの化学反応熱を利用する方法の2種類がある。しかし機械的方法による場合は現場切断が困難であり、切断速度も比較的遅く、かつ曲線切断には不向きである。またガス切断の場合はその切断原理から、金属酸化物溶解温度が母材のそれよりも低く、かつ流動性の良い事が必要である。従つてこの条件を満足する鉄あるいは炭素鋼に対しては好適であるが、鋳鉄、不銹鋼および非鉄金属には不適當である。

上記のほかにアークを利用するアーク・エヤー法、酸素アーク法、消耗電極式アルゴンアーク切断法等の切断方法があるが、これ等は切断幅が大きく、かつ切断面が粗くそのまま溶接開先として使用することが出来ない。なお切断速度も比較的遅い欠点を有している。

非鉄金属、不銹鋼等の溶接法が確立された現在、良質、高速かつ容易な切断法の確立が望まれていた。特に機械的切断法によらざるを得なかつたアルミニウム合金の利用度が高くなるにつれ、この要求が高まりアメリカにおいて実験研究されていたが、1955年12月 Linde Air Products Co. によつて完成、発表され、現在既に相当程度実用化されている模様である。

本方法は後述の如く、純然たる物理的切断方法であるため、アルミニウム合金は勿論、不銹鋼、銅、更には軟鋼の高速切断も理論的に可能であり、その切断面も極めて良質でそのまま溶接用開先として利用出来る。この意味からすれば近き将来他の切断法と比肩し、かつとつて代ることも考えられる。

当所においてもこの点に着目し、研究実験を重ね、種々の隘路を克服、1957年2月その実用化に成功した。(Linde より発表されたものは、ヘリアーク切断とし大略を述べたものであつて、各部詳細は始と不明であつた。)

以下にタングステンアーク切断法の概要を紹介し、併せて現在まで実験によつて得られた結果の主要点を述べ諸賢の御参考に供し度いと考える。

切 断 法

本切断法は第1図に示す如く、タングステン電極とワークピースの間に直流正極性アークを発生させ、このアークをアルゴン、水素の混合ガスとともに絞つたオリフィスを通してしめる。このアークはアークと高温高速ガ

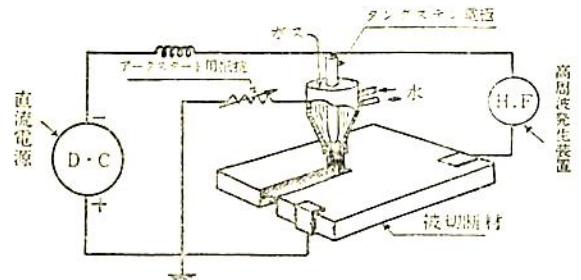


Fig. 1

スジェット双方の性質を併せ持ち、材料の狭い帯状部を急速に熔融し、高速ジェットにより熔融部を連続的に吹き飛ばし切断を完了するものである。混合ガスはワークピースの遮蔽を行うと同時に酸化を防ぐ役割を果たしている。

以上の作用は鉄あるいは炭素鋼における酸素、アセチレンガスを使用し切断する場合のような化学反応でなく物理的作用である。従つて如何なる金属もアークで熔融するものならば理論的に切断可能である。

装 置

本切断に必要な装置は電源、トーチおよびノズル、アークスタート用パイロット装置(高周波発生装置、制御装置および可変抵抗器)シールドガス供給装置および機械切断用キャリッジの5主要部分に分けられる。

a) 電源 本切断に必要な直流電源無負荷電圧は100~130ボルトであり、一般アーク溶接機のそれと比べ著しく高い。

この高い無負荷電圧直流電源を得るためには直流整流器2台、あるいは3台直列に接続すればよい訳である。しかしながら切断前の段取りおよび各調整の便を考慮すれば1セットとしたコンパクトなものが望ましいのは勿論である。

また電源は高周波スパーク、スタートを用いるため適当な高周波フィルター装置で保護した方がよい。

電源特性としては、アーク保持の容易な定電流特性に近い垂下特性が好適で、電圧電流特性が約45°程度のものが良いようである。

b) トーチおよびノズル トーチは一般に使用されているタングステンアーク溶接用トーチ(ただし水冷トーチ、空冷のものは不可)をそのまま使用出来る。トーチとしては電流容量の大なること、タングステン電極

位置がチップ中心にくるよう容易に調節出来るものが望ましい。電極が正しくチップ中心にないと、ダブルアーキング(後述)切削面の粗悪、チップオリフィスの破損等を誘起する。

ノズルはアークを細く絞り高温のガスジェット流を作るのに必要で、先端チップオリフィス径は 3~4.5 mm 程度でなければならない。このためオリフィスはアークの高温、浸蝕に曝される。従つてノズルはこれ等苛酷な条件に耐え得るものでなければならない。種々実験の結果、熔融点はやや低いが熱伝導度の高い銅を使用し、水冷によつて高温に耐えるものとしたものが製作も容易であり、コスト的にも最良であつた。

トーチ、ノズルの 2,3 の例を Fig. 2~4 に示す。当所のはチップをノズルと切離し、チップはノズルに押込むだけのものとしている。切削条件の不備による焼損はチップのみに止め、交換の便宜を考慮したものである。

c) パイロットアーク装置 本装置はアークスタートを容易にするために必要なもので、高周波発生装置、制御装置、可変抵抗器に分けられる。従来タングステンアーク熔接に使用されている不活性ガスアーク熔接制御装置と殆んど変りがない。ただ直流専用でよいこと、高周波出力が強力であることは必要であり、かつ高周波発生はメインアークが発生後直ちに切れるものが望ましい。

可変抵抗はダブルアーキングを防ぐために必要で 4~6 オーム程度の抵抗値が望ましい。然しシールドガスの種類によつてこの抵抗値もまた変化する。

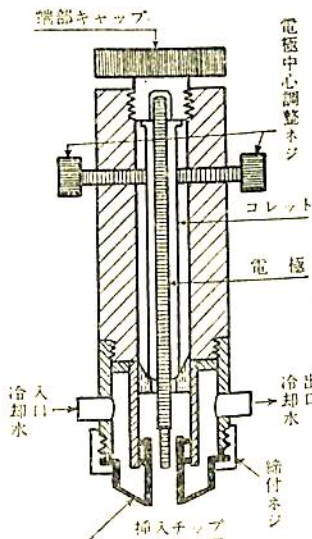


Fig. 2 Cresswell 氏発表のトーチ (参考文献 5)

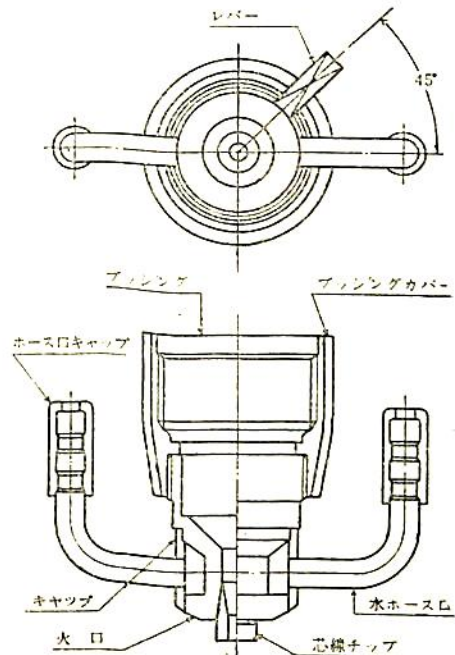


Fig. 3 タングステンアーク切削用ノズルおよびチップ (浦賀船渠実用新案申請中)

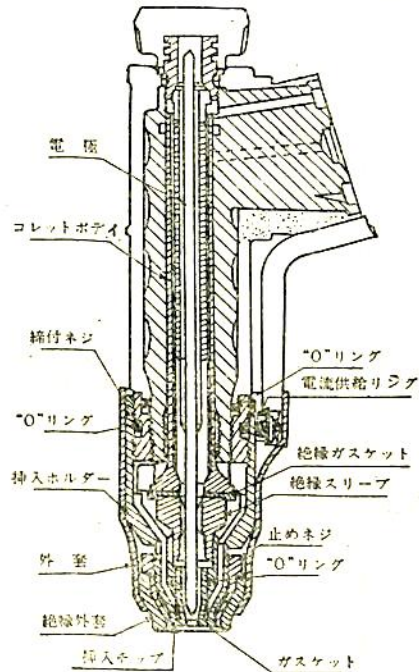


Fig. 4 アメリカで使用されているトーチ

d) ガス供給装置 アルゴン、水素が充分に混合され供給し得るものであれば良い訳であるが、アルゴン、

水素の密度には非常な差がありその混合は常にスムーズに行われるとは考えられない。ミキサーとして低圧ガス溶接器を挿入設置するか、同一シリンダー内に混合ガスを充填せしむることも一方法である。

なお水素混合比率は下記の如くである。

機械切断 A_r 65~55%, H_2 35~45% (H 35~H 45)

手動切断 A_r 約 80%, H_2 約 20% (H 20)

e) 機械切断用キャリッジ 本切断法の特徴が高速切断であり、その切断速度はアルミニウム合金薄板の場合、毎分 7,000 mm にも達するため一般に使用されているガス切断あるいはユニオンメルトのキャリッジでも到底この要求を満たすことが出来ない。切断速度が遅いと被切断材すなわち陽極の消失とともにアークは消滅してしまう。このため本切断用として高速度の特殊なキャリッジが必要である。最高速度毎分 8,000~9,000 mm 程度のものが望ましい。

切断理論の考察

本切断法の特徴は高いアーク電圧を利用することと水素ガスをシールドガスに添加せしむることであるがこれ等が理論的にどのような働きをしているのであろうか考察を加えてみる。

a) 水素ガスの添加 ガスの熱出力は通常使用アーク長におけるアーク電圧で便宜上また実質的に表わすことが出来る。水素ガスをアルゴンガス中に加えて行くとアーク電圧が上昇することは実験的に確かめることが出来る。これは水素が他のガスに比べ高イオン化電圧を有するためと考えられる。

切断に当ってカーフ（切溝幅）が出来る限り小なることの必要性はいうまでもないが、水素ガスを添加するとアーク柱断面積を小さくし熱エネルギーは細い部分に集中し、上記条件を満足せしめる。すなわち水素は原子量が小なるため、運動速度が大で熱の放散が大きい、一方アーク柱は冷却されると熱の放散を小さくするようにアーク柱断面積を小にするいわゆるアークの収斂を起こす。

また水素ガスはアーク柱によつて高温となり熱解離し、原子状の水素となりこれが被切断材に当たり解離熱を与え再び水素分子に戻る。以上、熱出力の増加、アーク柱の収斂、解離熱等水素は高い熱エネルギーを有効に被切断材に運搬する役を果たしている訳である。

なおアークによつて溶融した金属を吹き飛ばす運動のエネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ で表わされるがこの中の v すなわちガス速度は水素ガスの添加によつて増大する。ガス速度はガス分子量の逆数の平方根に比例するといわれ

る。従つて水素のような低密度のガスをかえることは同一ガス消費量でジェット流速を増加し、これは運動エネルギーの増加をもたらす訳である。

b) 高アーク電圧 アーク電圧はアークの伸び得る長さを決定し、アーク長は切断可能板厚を決定すると考えられる。被切断材板厚に対してアーク長が不足すると底部にドロスが附着し美麗な切断が出来なくなり、更には切断不能となり切断部はガウジング状となることが実験によつて確認された。また同じ電圧に対し電流を増すことはカーフを広くするが切断可能板厚には余り影響がないようである。以上の点よりアーク長の比較的長いことを要求される本切断においてはアーク電圧 60~100 ボルトが必要である。従つて相当高い無負荷電圧を有する電源が使用されねばならない。

本切断法確立までに遭遇した問題点

電極先端をノズルの外に出すか、またはノズルと同一平面内におくとアークは円錐状に拡がり出て、その熱は比較的広範囲に分散し広い溶融部を作り、ドロスの附着、カーフの拡大等を伴い良好な切断面は得られない。従つて電極はノズル面より約 4~5 mm 程度引込ませることが必要となつて来る。しかしながらこのためアークスタートは困難となり、ダブルアーク現象を惹起し更にはノズルチップ焼損の原因となる。以下にこれ等問題点の解決について述べる。

a) アークスタート アークスタートの方法として瞬間的に短絡せしめる方法あるいはレトラクト装置によるもの等が考えられるが、上述の如くタングステン電極をノズル内に引込ませる必要のある本切断法においては実際工事に応用する場合種々の不都合を生ずる。このため、イオン化ガスを補助的に供給する Fig. 5 に示す如き可変抵抗を有するパイロットアーク回路を設けることによつて、スタートを円滑に行うことが出来るようになる。

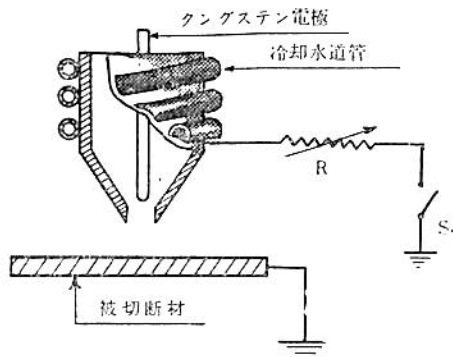


Fig. 5

る。

本回路図について説明を加えれば、次の如くである。電源が入ると最初電極とノズル間に高周波のパイロットアークが飛び、これによつて周囲ガスがイオン化され直流100ボルト程度でもアークを発生し得る状態となり、電極とワークピース間にメインアークが飛ぶようになる。この場合電極とノズル間の距離が、電極とワークピースとの距離より小さいにかかわらずメインアークがこの回路に形成されないのは可変抵抗が大きな抵抗となつて、アーク発生に必要な直流電流を妨げるからである。

b) ダブルアーキング Fig. 6 (a) に示す如くノズルと被切断材間の電位差が大きいとダブルアーキングを起こす。すなわちタングステン電極とノズル間、ノズルと被切断材間にアークが飛ぶ。ダブルアーキングを起こすとノズルの破損を惹起するばかりでなく、アーク柱断面積の増加による熱集中の不足、アークの不安定を来たし、切断不良あるいは切断不能となる。しかしながら Fig. 6 (b) に示す如くノズルを可変抵抗 (R) を通じて適当に接地して電位を下げ、ノズルと被切断材間の電位差を少くするとアークは飛ばなくなる。

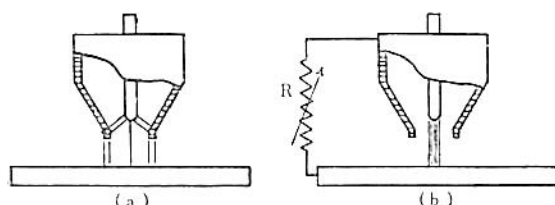


Fig. 6

施工諸要素

a) シールドガス 水素添加が本切断法の特徴であることは既に述べた通りであるが、解離熱の利用、運動エネルギーの増加等を考えるならば2原子分子である窒素ガスにても良いはずであり、かつ窒素ガスは比較的不活性であり被切断材によつてはアルゴンガスの代用をも兼ね得る。事実アルミニウム合金の場合10mm程度までの薄板ならば窒素ガスのみ、あるいは5~20%水素を混合させた窒素ガスにて充分切断出来得る。被切断材の窒化現象と発生すると思われる NO_x 、 N_2O_3 等の有毒ガスに注意すれば切断コスト低減に役立つ。もつとも文献によれば有毒ガス発生はアメリカ衛生学会において推奨している無限度 5 p.p.m 以下である由である。

b) 電 極 普通には純タングステン電極が用いられているが、1%前後トリウムを含有するタングステン電極の方が、消耗度ははるかに少い。すなわち純タングステンのそれに比べ約1/10~1/20となつている。かつ

トリウム入りタングステン電極を用いればアーク発生、維持が容易である。

c) 切断条件 本切断法においては、タングステン電極の高さ、ノズルの高さ、アーク電圧、電流、切断速度等、他の切断方法に比較して変化する要因は非常に多い。各種の切断要因を一つずつ取出し変化させ、それが切断に対して如何なる影響を有するか、アルミニウム合金にて調査実験を行なつた。結果概要を記せば次の如くなる。

i) タングステン電極はノズル内に引込ませることが美麗な切断面を得るために是非必要である。

ii) 適正電流を超え更に電流を増加させることは単にカーフを広くし、かつ電極の消耗およびダブルアーキングを誘起し芳しくない。

iii) 切断速度は遅過ぎるとアークは消滅し、また早過ぎるとガウジング状となる。

iv) ダブルアーキング防止用抵抗値はアルゴン、水素混合ガスを使用する場合6オーム程度が良好で、抵抗値が増すとパイロットアーク発生が困難となる。

v) 磁気吹きの影響はなく、ジェットアークが強くと、容易にアークの方向を変えることは出来ない。すなわち斜切断も充分可能である (Photo. 1 参照)。

vi) シールドガス中、水素混合量が少な過ぎると切断面は滑らかさを欠き、また多過ぎるとアークの発生が困

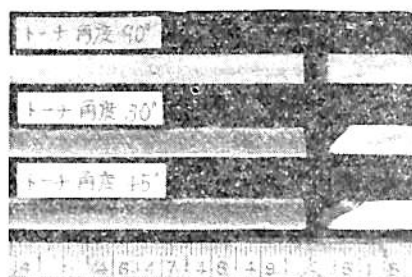


Photo. 1

Table 1 アルミニウム合金切断条件

板 厚 (mm)	タングス テン電極 径 (mm)	アーク 電 圧 (V)	電 流 (Amp)	切断速度 (mm/min)	ガス圧力 (kg/cm ²)
2	2.6	50	240	7,000	5~6
3	2.6	55	250	6,000	5~6
4.5	2.6	60	270	5,000	5~6
6	2.6	65	280	4,000	5~6
8	2.6	70	300	3,000	5~6
10	2.6	75	340	2,500	5~6
12	2.6	75	350	2,000	5~6
20	2.6	80	350	1,500	5~6

難となり、かつシールドが不充分となる。

Table 1 にアルミニウム合金切断の適正条件を示すが、その切断速度の早いことは一瞥に値する (Photo. 2~6 参照)。

アルミニウム合金の他、銅合金、不銹鋼等の良質切断

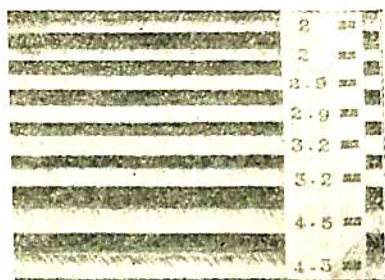


Photo. 2

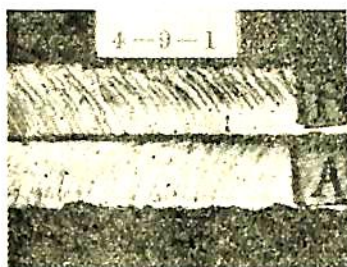


Photo. 3



Photo. 4

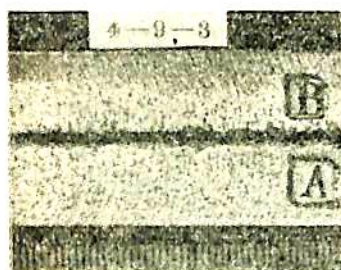


Photo. 5

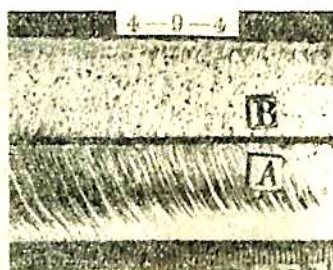


Photo. 6

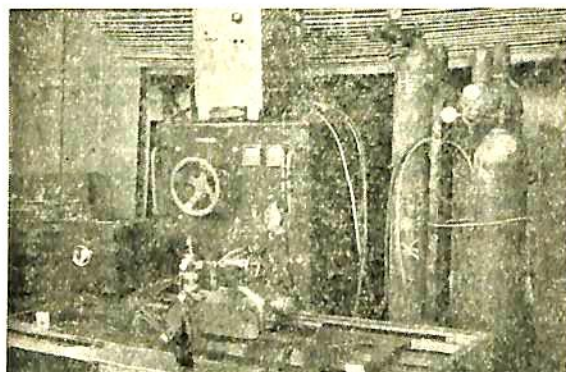


Photo. 7 装置全体図

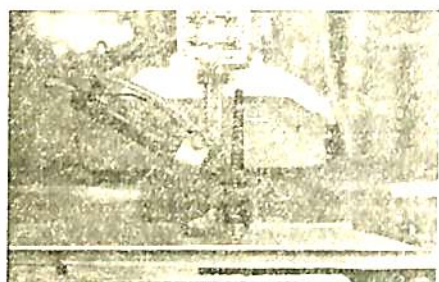


Photo. 8 キャリッジおよびトーチ

が可能であるが、一般に熱伝導の悪い金属類においては切断端底部にドロス (溶屑) が附着する傾向が見られる。更に文献によればマグネシウム合金、ニッケル合金の良質切断可能であることが記されている。おそらくあらゆる金属の切断が可能であろう。

本切断の冶金学的影響

本切断法にて切断したアルミニウム合金の顕微鏡写真によれば、切断面に隣接して狭い幅約 1mm 程度の再凝固部が見られる。不銹鋼の切断においても同様、切断面に薄い溶融域と酸化皮膜が僅か認められるだけで、いずれも更に手を加えることなく、そのまま溶接用先として使用出来る。

本切断法と機械加工によつて切断したアルミニウム合金を溶接し、X 線透過検査、引張試験、歪曲げ試験、硬度試験等を施工したが結果に何等の差違が認められなかった。

将来の問題点

a) 経済性 本文においては本切断法の経済性については余り触れなかったが、機械切削に頼らざるを得なかった材料が切断可能なこと、切断速度の早いこと等の利点は別として本切断法はイニシャルコストが高い点やや不利である。この点に関して、間接材料費として消費されるシールドガス経費が安価であることが望ましいのはいうまでもない。アルゴンガスに窒素ガスが代用出来ることは前にも触れたが、窒素ガスの純度、被切断材種および各板厚に対して混合せねばならない水素量、切断部の窒化物の冶金学的考察等数多の問題が残されている。

b) 切断精度 本切断法によれば酸素アセチレン焰による切断と同様ドラグラインが表われるがその生成機構、形状が何によつて左右されるのか、更にカーフを最少とするには如何にすべきか、実験研究を待たねばなら

ない。

c) 切断可能板厚 切断可能板厚はアーク長に左右されるであろうことは前述の通りであるが、アーク電圧のみを増大しても、延長されたアーク先端にシールドガスが到達し得なければ切断は完成されない。このためには現在酸素アセチレン切断において問題とされているダイバージェント形式のチップが必要であると考えられる。

以上の如く全く新しい切断方法であるだけに多くの解明されなければならない問題点を有している。

む す び

冒頭に述べた如く、タングステンアーク切断法は、従来の酸素切断と異なり純然たる物理的方法であり、理論的にはアーク熱にて熔融可能な金属類はすべて切断出来得る。事実アルミニウム合金、銅合金の切断は容易であり、不銹鋼、軟鋼、クラッド鋼切断も充分可能であることが実験によつて確認されている。

かつ本切断法によれば、その切断速度は従来の切削方法の何れよりも格はずれに早く、切断面もまた美麗であり、そのまま溶接開先として使用出来得る。これ等の諸点から考えればタングステンアーク切断法は必然的に、他の切断法に近き将来とつて代るであろうことは想像にかたくない。

しかしながら前項に述べた如く未知の箇所、あるいは最近アメリカ、Giannini Plasmadyne Corp. より発表された本邦においても実験の開始されたプラズマジェットとの関連性等多くの問題が残されている。

今後更に実験を重ね、その結果の発表を期して本稿を閉じたい。

参 考 文 献

- 1) G.W. Oylar, R.L. O'Brien and J. Maier "Constricted Tungsten-Arc Cutting of Aluminum" The Welding Journal Dec. 1956.
- 2) T. McElrath and E.F. Gorman "Argon-Hydrogen shielding Gas Mixtures for Tungsten-Arc Welding" The Welding Journal Jan. 1957.
- 3) F.D. Hucklesby "Gas-Shielded Tungsten-Arc Cutting of Aluminum" Welding and Metal Fabrication Sept. 1957.
- 4) Paul B. Dickerson "Performance of Welds in Aluminum Alloys" The Welding Journal Feb. 1958.
- 5) R. A. Cresswell "Development of the Tungsten-Arc Cutting Process" British Welding Journal Aug. 1958.

海 技 入 門 選 書

東京商船大学助教授 伊丹 潔 著

舶 用 電 気 の 基 礎

A 5 判 上製 180 頁 定価 320 円 (〒 30 円)

電気のごとく理論的なものを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 舶用電気の基礎

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

海 技 入 門 選 書

東京商船大学助教授 清宮 定著

舶 用 蒸 気 機 関

A 5 判 上製 100 頁 定価 180 円 (〒 30 円)

目 次

往復動機関

- | | |
|-----------|--------------|
| 1 往復機関の型式 | 2 往復機関の理論 |
| 3 主要部分の構造 | 4 弁装置と逆転装置 |
| 5 特殊往復機関 | 6 船用往復機関の取扱法 |

蒸気タービン

- | | |
|-------------|----------------|
| 1 蒸気タービンの型式 | 2 蒸気タービンの理論 |
| 3 蒸気タービンの構造 | 4 船用蒸気タービンの取扱法 |

復水装置

- | | |
|-----------|----------|
| 1 復水装置の概要 | 2 復水器の種類 |
| 3 表面復水器 | 4 空気ポンプ |
| 5 循環水ポンプ | 6 復水器の操作 |

ガス切断歪の防止について

吉田俊夫・水津寛一
川崎重工業株式会社

1. 緒 言

近年造船用鋼板の切断はほとんどガス切断法によっているが、ガス切断は熱を伴っているために歪を避けることが出来ない。この歪はしばしば以後の工程に支障をきたすのでこれが解決は関係者の強く要望してきたものである。最近ではフレームブレンダーを始めとして型切断機を漸次大型化して来ており、これ等は直接機械が切断材に乗らぬためトーチと切断予定線の相対位置の誤差が加わるのでガス切断精度の向上を一層困難にしている。

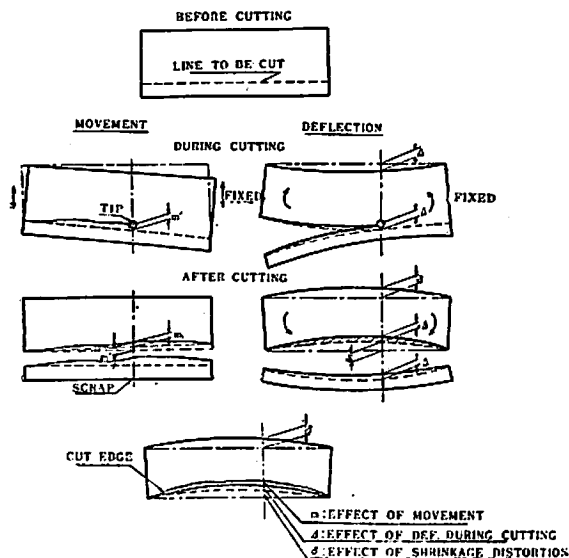


Fig. 1 3-factors affecting the cutting accuracy

ガス切断精度を阻害する原因としては Fig. 1 に掲げることく

- (1) ガス切断トーチの運行精度
- (2) 鋼板に固有の内部応力の解放
- (3) ガス切断線の組織変化を含めて切断線に働く収縮変形
- (4) 切断中の熱膨脹による切断線の変位

等が考えられる。第1のトーチの運行精度はガス切断に固有のものでなく改善も容易であるので論外とし、第2の内部応力は小試験片による歪の計測においても試験片を予め応力焼鈍を行わねば資料が得られぬ位の影響をもっているが、これは実験的に求めることが出来ないのので除外して、(3)(4)について検討を加えた。特に第4の切断線の変位は切断中の鋼板の平面的および立体的な歪

とこれに起因する鋼板の移動によるものであり、以上は切断中の急冷により著しく改善されることが確かめられた。

2. ガス切断歪に関する実験

2.1 試験片および実験方法

ガス切断歪計測の標準試験片は厚さ 6, 12, 20, 28, 40 mm, 幅 180×長 1,000 mm のもので、鋼板の圧延方向に採取し 650°C で焼鈍を行つた後機械的に切削して仕上げた。火口は Table 1 に示す市販の単純火口および末広火口を使用し、Fig. 2 に示す I, Y, X の3通りの切断を行つた。切断および切断中の計測要領および切断後の変形の計測はそれぞれ Fig. 3¹⁾ および Fig. 4²⁾ の要領で行つた。前記切断歪の計測の切断条件に対応する鋼板の吸収熱量は Fig. 5 の要領³⁾ により測定し切断歪と比較検討した。

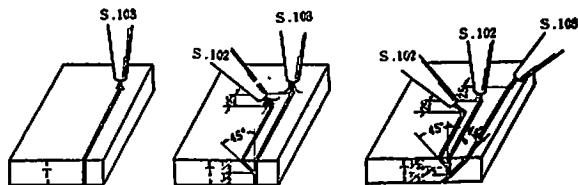
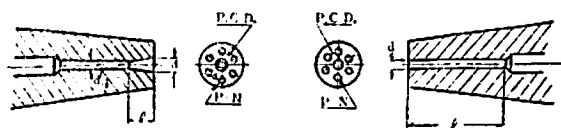


Fig. 2 Cutting procedure

Table 1 Cutting tip used

STYLE No.	SIZE No.	CUTTING ORIFICE			PREHEAT ORIFICE		
		d	d ₁	l	P	P.C.D	H
108	1	1.17	0.90	5	1.1	4.4	6
	2	1.43	1.10	5	1.1	4.7	6
	3	1.56	1.20	5	1.1	4.8	6
	4	1.82	1.40	5	1.2	5.2	6
	6	2.60	2.00	5	1.3	6.0	6
102	0	1.0	—	35	0.7	4.0	6
	1	1.2	—	35	0.8	4.0	6



STYLE 108
(DIVERGENT NOZZLE TIP)

STYLE 102
(STRAIGHT NOZZLE TIP)

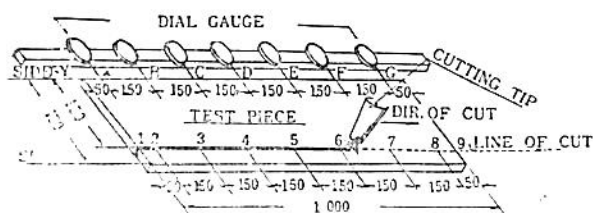


Fig. 3 Measurement of deflection of plate during flame cutting

Fig. 4 Measurement of edge straightness

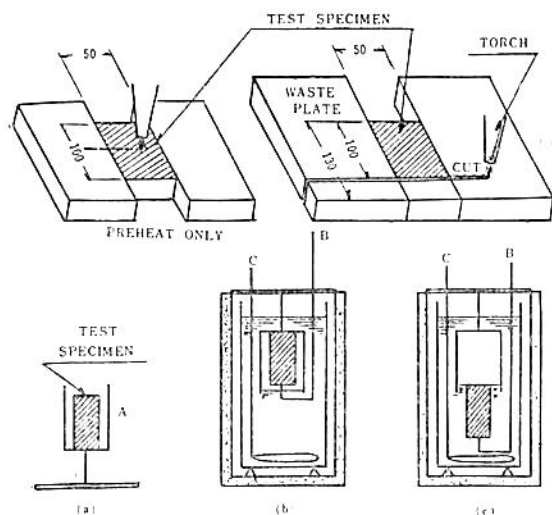


Fig. 5 Measurement of absorbed heat

2.2 実験結果および考察

Fig. 6 は計測結果の1例であるが、本実験において行った他の数十例の結果もすべてこれと同じ傾向を示した。Fig. 6 において計測は切筋しない線 Y-Y で行い、切筋が X-X の各標点1, 2, 3, ……9 を通過する度にこれに対応する Y-Y 上の点 A, B, ……G のダイヤルゲージを読み取り、切筋後は時間の経過による歪の変化を完全冷却後 (120 分) まで測定した。図の下半は標点 A, G を基準としたベースラインに対する各要因を分

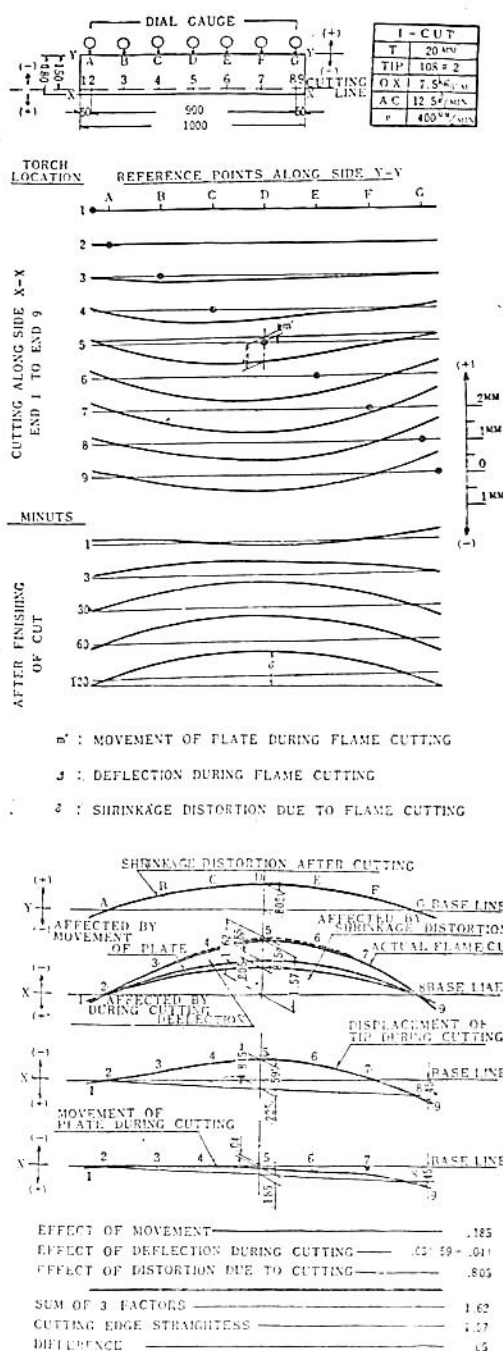


Fig. 6 Shifting of cutting line and its result

析したもので、実際の切筋線の変形は切筋中および切筋後の変形、切筋中の鋼板の移動の総和と完全に一致した。以上の結果からガス切筋に固有の精度は切筋中の歪みと移動および収縮変形の3要素に影響されることが実

証された。

吸収熱量は切断面積で割り、単位切断面積当りの熱量 q (cal/mm²) で示し、更に q は切断反応熱による q_c と予熱焰からの熱量 q_p に分け、収縮変形 δ もこれに対応させて δ_c と δ_p に分けて考えた。なお変形の形状は端部 100 mm を除く中央 800 mm の間では完全な円弧となつてゐることが確かめられたので以下の資料は中央部 800 mm における中心の撓みを計測した後計算を便ならしめるために 1000 mm に換算して掲げた。

(1) 収縮変形について

i 板厚開先形状の影響

Fig. 7 に示す如く、切断反応による単位切断面積当りの吸収熱量 q_c および変形 δ_c は板厚には関係なく開先形状によつてのみ決まり、予熱焰による q_p および δ_p は板厚に反比例した。

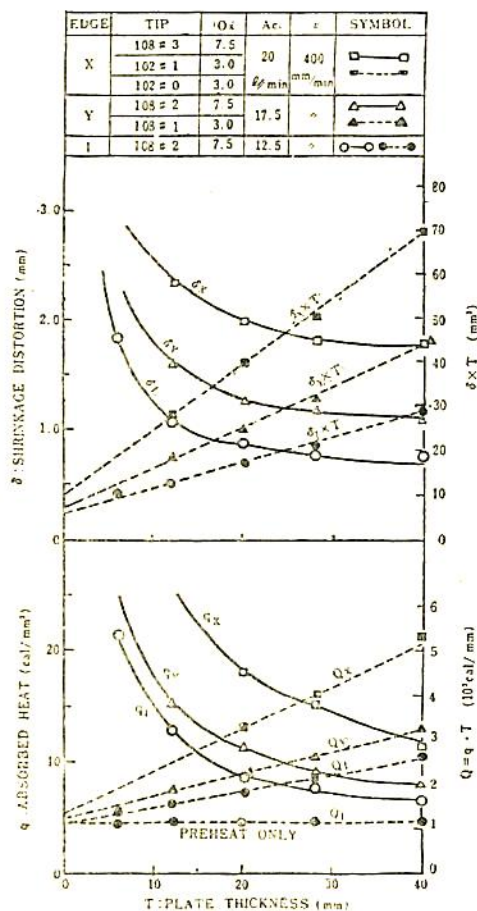


Fig. 7 Effect of plate thickness on shrinkage distortion and absorbed heat

ii 切断速度の影響

Fig. 8 に示す如く q_p , δ_p は切断速度 v に反比例し、 q_c , δ_c は一定であつた。

iii 火口寸法の影響

Fig. 9 に示す如く、 q , δ 共に火口寸法による差異は認められなかつた。

iv 切断酸素圧力および火口種類の影響

Fig. 10 に示す如く、火口径、適正酸素圧力の全く異なる 2 種の火口についてかなり広範囲の圧力で実験した結果は特に差異を認めなかつた。

v 予熱アセチレン流量の影響

Fig. 11 に示す如く、 q_p , δ_p はアセチレン流量 $A^{0.75}$ に比例し、 q_c , δ_c は一定となつた。

vi 板幅の影響

Fig. 12 に標準試験片の重量に対する任意の板幅の歪量を % にて示す。

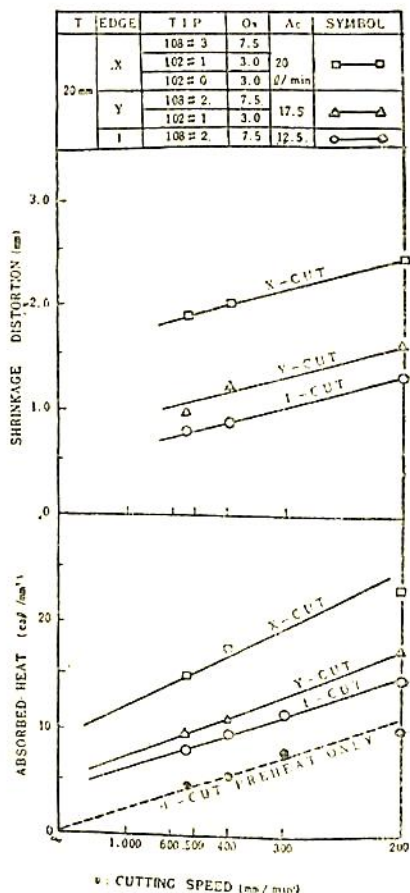


Fig. 8 Effect of cutting speed on shrinkage distortion and absorbed heat

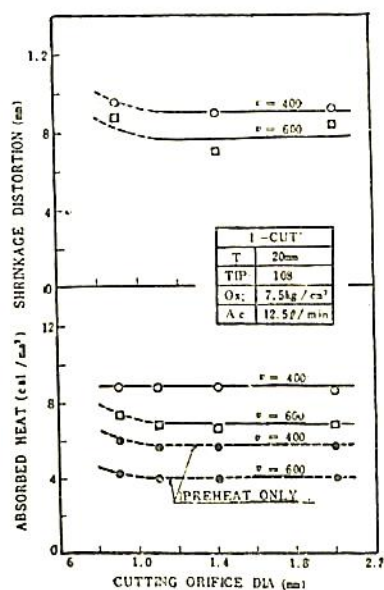


Fig. 9 Effect of tip on shrinkage distortion and absorbed heat

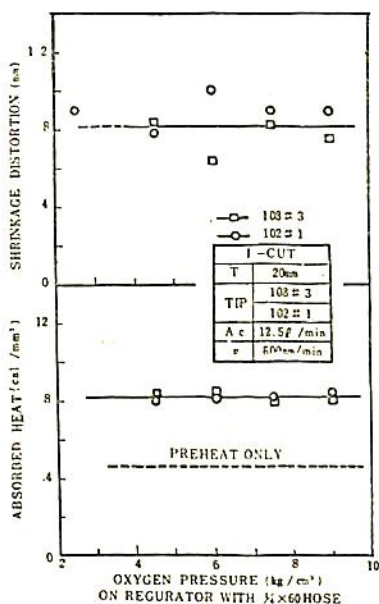


Fig. 10 Effect of cutting oxygen pressure on shrinkage distortion and absorbed heat

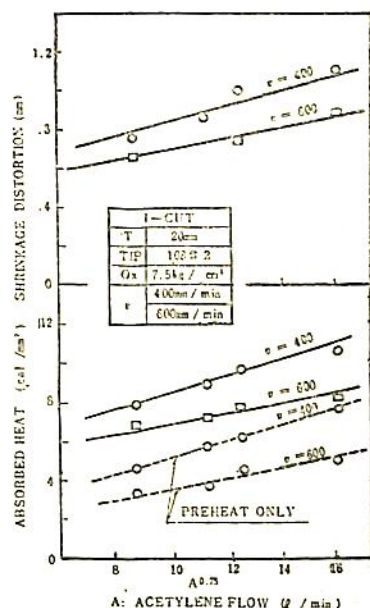


Fig. 11 Effect of acetylene flow on shrinkage distortion and absorbed heat

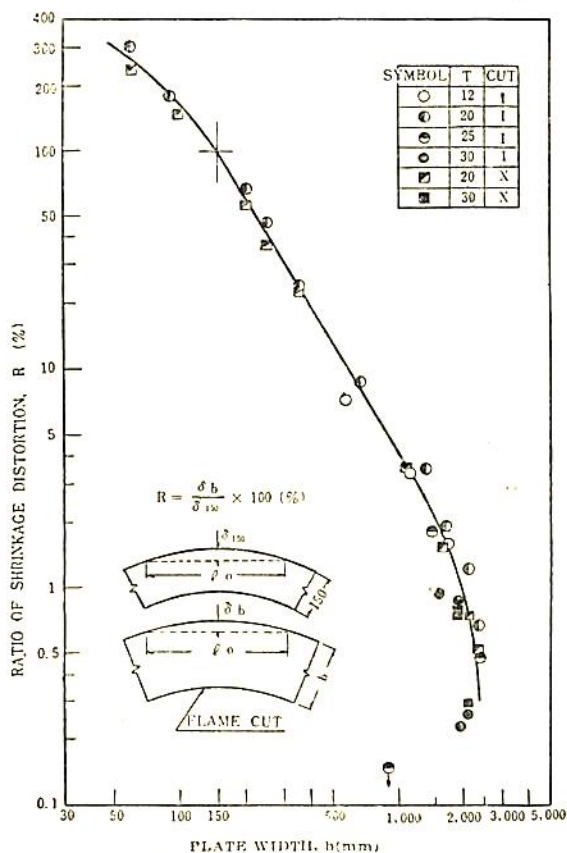


Fig. 12 Effect of plate width on shrinkage distortion

vii 切断長さの影響

切断による収縮変形の形状は円弧状をなしているの
近似的に長さの2乗に反比例する。

以上個々に検討した結果次の実験式が導かれた。

吸収熱量に対する一般式

$$q = q_c + q_p$$

$$q_c = C$$

$$q_p = KA^{0.75}/T_v$$

$$\therefore q = C + \frac{KA^{0.75}}{T_v}$$

板幅 150 mm × 長さ 1,000 mm の収縮変形の一般式

$$\delta = \delta_c + \delta_p$$

$$\delta_c = \alpha q_c = \alpha C$$

$$\delta_p = \beta q_p = \beta KA^{0.75}/T_v$$

$$\therefore \delta = \alpha C + \frac{\beta KA^{0.75}}{T_v}$$

従つて任意の板幅 $b \times$ 長さ l に対する $D\delta$ は

$$D\delta = \frac{R}{100} \left(\frac{l}{1000} \right)^2 \delta$$

$$= \frac{R}{100} \left(\frac{l}{1000} \right)^2 \left(\alpha C + \frac{\beta KA^{0.75}}{T_v} \right)$$

で示される。ただし

C: 鉄の燃焼熱による q_c で開先形状により決
まる量 (cal/mm²)

K: 開先形状により決まる常数

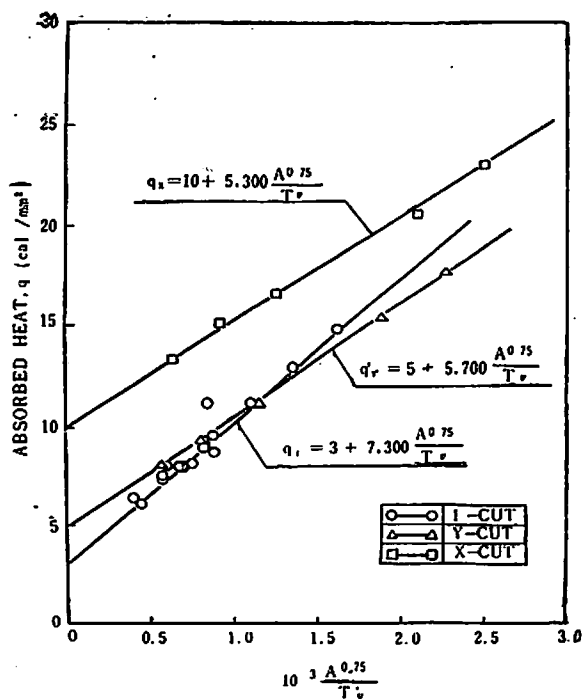


Fig. 13 Summary of absorbed heat due to flame cutting

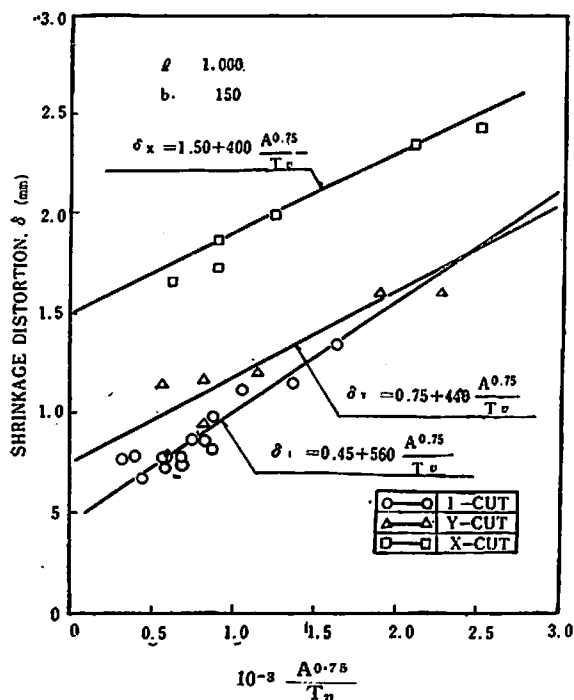


Fig. 14 Summary of shrinkage distortion due to flame cutting

Table 2 Experimental formula for absorbed heat and shrinkage distortion caused by flame cutting

Edge	Absorbed heat $q' = q_c + q_p$ (cal/mm²)	Shrinkage distortion. $D\delta = \frac{R}{100} \left(\frac{l}{1000} \right)^2 (\delta_c + \delta_p)$ (mm)
General	$C + \frac{KA^{0.75}}{Tv}$	$\frac{R}{100} \left(\frac{l}{1000} \right)^2 \left(\alpha C + \frac{\beta KA^{0.75}}{Tv} \right)$
I-CUT	$3 + \frac{7300A^{0.75}}{Tv}$	$\frac{R}{100} \left(\frac{l}{1000} \right)^2 \left(0.45 + \frac{560A^{0.75}}{Tv} \right)$
Y-CUT	$5 + \frac{5700A^{0.75}}{Tv}$	$\frac{R}{100} \left(\frac{l}{1000} \right)^2 \left(0.75 + \frac{440A^{0.75}}{Tv} \right)$
X-CUT	$10 + \frac{5300A^{0.75}}{Tv}$	$\frac{R}{100} \left(\frac{l}{1000} \right)^2 \left(1.5 + \frac{400A^{0.75}}{Tv} \right)$

α, β : 常数

R: 幅 150 mm を基準とした幅効果 (%)

A: アセチレン流量 (l/min)

T: 板厚 (mm)

v: 切断速度 (mm/min)

$A^{0.75}/Tv$ を横軸に, q, δ を縦軸にとれば Fig. 13, Fig. 14 が得られ, これより C, K, α, β の値を求めた結果 Table 2 に示す 1 群の実験式が得られた。

2) ガス切断中の鋼板の撓み

切断中の鋼板の撓みは時間とともに変化するものであるから小試験片の結果を直ちにすべての切断に適用することは出来ない。Fig. 15 は標準試験片で火口が中点に達した時の中央の撓み量 Δ を示すものであるが、これより次の実験式が得られた。

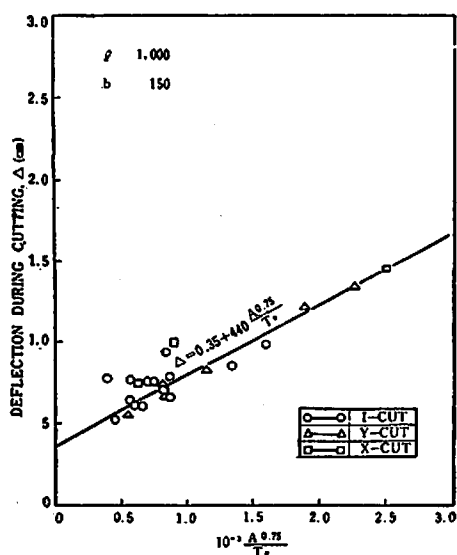


Fig. 15 Summary of deflection during flame cutting

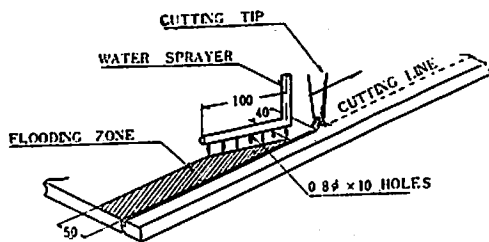


Fig. 16 Method of water cooling during flame cutting

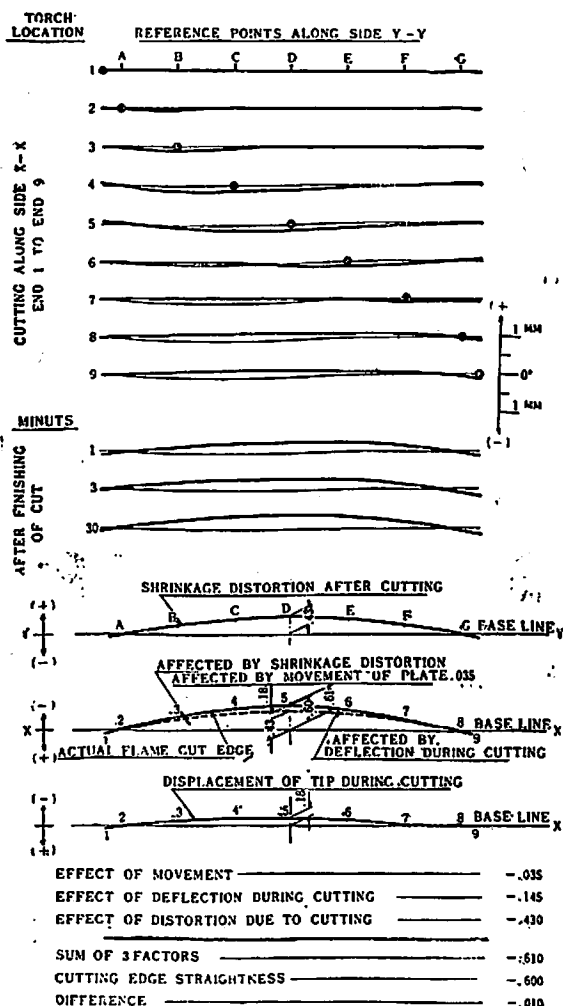
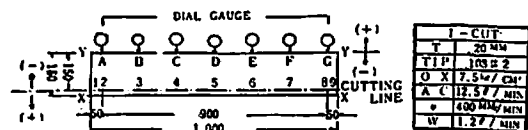


Fig. 17 Shifting of cutting line and its result with water cooling

$$A = 0.35 + \frac{440 A^{0.57}}{T_v}$$

3. 水冷によるガス切断歪防止効果について

ガス切断歪の主たる原因である切断中の変形および切断後の収縮変形はすべてガス切断に伴う熱に起因し、水冷による歪防止についても二三報告^{3,4)}がなされているが筆者等は以下の実験によりその効果をたしかめた。

3.1 実験方法

前項と同一試験片および計測方法で実施した。水冷方法は Fig. 16 に示す撒水冷却と水中浸漬切断を行った。

3.2 実験結果および考察

Fig. 17 は撒水冷却を伴った切断中の板の挙動と収縮変形および切断線の形状を示すが、これを先の Fig. 6 の結果と比較すれば、切断歪の要因は何れも減少を来たし、その結果として切断線の精度は著しく向上を示している。

(1) 切断中の水冷が収縮歪におよぼす影響

単位切断面積当りの冷却水量 W/T_v と δ の減少率の関係は Fig. 18 の如くになり、これより

$$\eta = E \left(\frac{W}{T_v} \right)^{\gamma}$$

が得られ、各切断線に対しては

$$\text{I-cut: } \eta_I = 25 \left(\frac{10,000 W}{T_v} \right)^{0.6}$$

$$\text{Y-cut: } \eta_Y = 30 \left(\frac{10,000 W}{T_v} \right)^{0.5}$$

$$\text{X-cut: } \eta_X = 45 \left(\frac{10,000 W}{T_v} \right)^{0.35}$$

ただし

W : 冷却水量 (l/min)

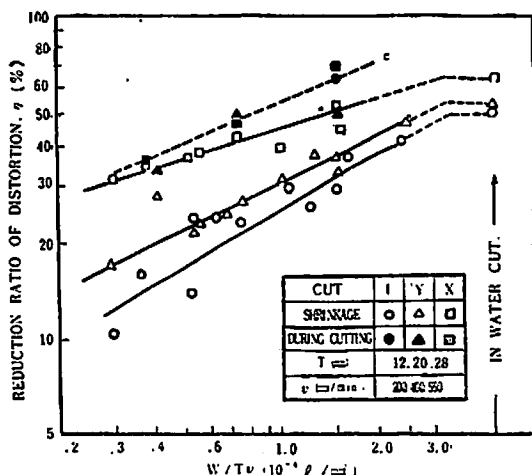


Fig. 18 Reduction ratio of distortion vs. W/T_v

が得られた。

(2) 切断中の水冷が切断中の変形におよぼす影響

切断中の水冷は鋼板の冷却速度を著しくはやめ、収縮変形が早期に進行すれば変形は非水冷の場合とは逆に切断した後完全に冷却した時の収縮変形の影響を減殺する効果をもたらすものである。

以上切断中の変形並びに切断後の収縮変形の状況は冷却速度に大きく影響されるもので単に冷却水量のみでなく、冷却水の位置は冷却効果を大きく左右することが別の報告りに示されている。

4. 実材の切断について

以上、の小試験片の結果を利用して実船の部材に対する切断歪と比較した。

4.1 計測方法

Fig. 19 に示す如く、鋼板の移動は板中心線の両端に配置したダイヤルゲージにより、撓みは中心線上に緊張したピアノ線の移動を中央のコンパレータで計測し、測定は完全冷却まで4~6時間継続した。

切断縁の出入りは切断縁に平行に張ったピアノ線に対して Fig. 20 に示す電氣的な回路を伴ったダイヤルゲージ装置により測定した。

4.2 実験結果および考察

Fig. 21 は厚30×幅1,910×長12,000 mm の実船の船底外板の X-I 切断例を示す。左側の図は鋼板中心の撓みおよび両端の移動量が時間の経過によって変化していく状況を示し、右側の図は冷却後の切断縁の形状と左から求めた真直度を損う三つの量を示している。

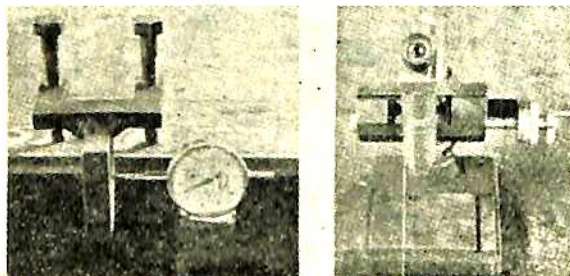
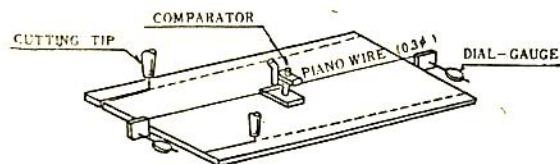


Fig. 19 Arrangement for measuring plate motion and deflection

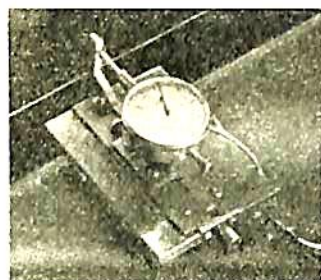
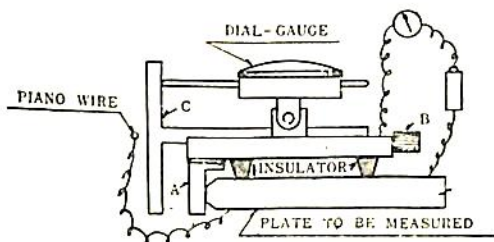


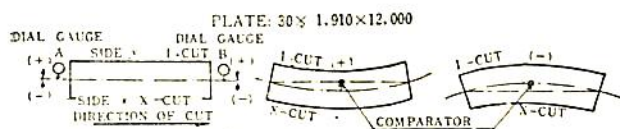
Fig. 20 Dial-gauge instrument for measuring plate edge straightness

水冷を行わないものは、切断中撓み変形は X 側に凸となり切断後は漸次撓みは減少し1時間後には0となり以後逆方向に撓んで最後は 0.83 mm となっている。0.3 l/min 水冷も同様の傾向を示しているが変形は少い。特に切断中の変形の減少が著しい。0.9 l/min 水冷では切断中撓みがすでに X 側に凹になつて、切断後の収縮変形の影響を緩和するとともに収縮変形自体も大きく減少して自動溶接に許容される範囲の真直度が得られている。

Table 3 は上記3例およびこれと同一条件で片縁のみ切断した場合の結果を実験式による計算値と比較したものである。板幅効果は Fig. 11 から $R = 0.6\%$ としているが実験値と計算値とはかなりよく一致している。

Fig. 22 は $12 \times 1,500 \times 9,000$ mm の鋼板における Y-I 切断結果を示す。非水冷の場合の撓み D 線の特異な屈折は切断中における板耳の挫屈変形によるものであり、これが切断縁の形状を不規則なものにしている。Y 側を 0.3 l/min で水冷したものでは切断中、切断後とも I 側が勝つて切断縁は Y 側に凸となり、過冷却の典型的な弊害を示している。

以上の例から判るごとく、本水冷法により切断中後の各瞬間の両縁の変形量を相等しくして相殺することはできないが、水量を適当にコントロールすれば切断中の変形の影響と収縮変形の影響とが相殺され、結果として真直度のよい切断縁をうることができる。この最適水量は Fig. 23 から、板厚 30, 19 mm の X-I 切断では X 側にそれぞれ 1.1 l/min, 0.45 l/min となるがこの水量は



- MEASURING.**
- A: READING OF DIAL GAUGE A
 - B: READING OF DIAL GAUGE B
 - C: MOVEMENT OF PLATE
 - D: DEFLECTION OF PLATE
 - E: STRAIGHT LINE FROM STARTING POINT TO FINISHING POINT OF FLAME CUTTING

SIDE	EDGE	TIP	b^2/m	a^2/m	μ
x	X	108 ± 4	7.0		20
		102 ± 1	3.0		
		102 ± 0	3.0		
y	1	168 ± 2	7.0	12.5	

- RESULT**
- D_x : ACUTAL CUT EDGE ALONG SIDE x
 - D_y : ACUTAL CUT EDGE ALONG SIDE y
 - m : EFFECT OF MOVEMENT
 - d : EFFECT OF DEFLECTION DURING CUTTING
 - D_d : EFFECT OF SHRINKAGE DISTORTION

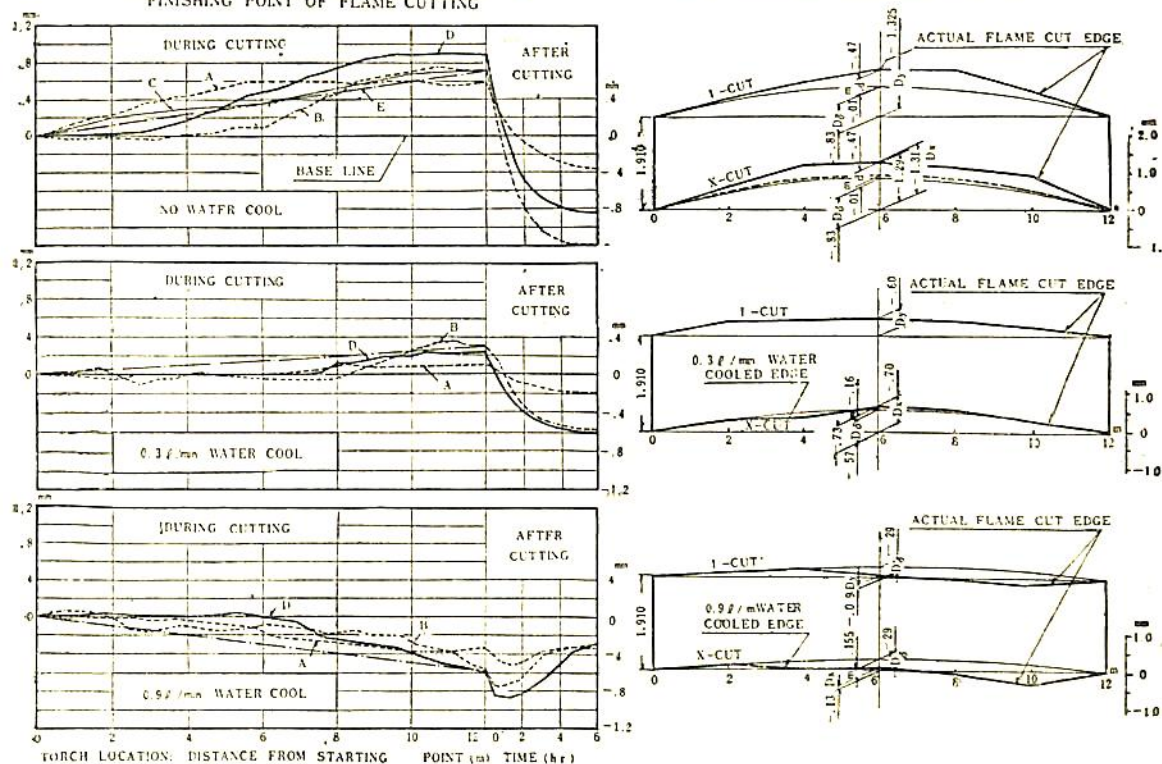


Table 3 Comparison of shrinkage distortion D_d between estimated and measured value

Edge	X	I	X	I	X	I	X	I	X	I	X	I
Cooling water : W (l/min)	0	—	0.3	—	0.9	—	0	—	0.3	—	0.9	—
Reduction of shrinkage distortion : η (%)	0	—	28.5	—	41.5	—	0	—	28.5	—	41.5	—
Estimated shrinkage distortion : D_d (mm)	-1.56	+0.65	-1.12	+0.65	-0.91	+0.65	-1.56	no cut	-1.12	no cut	-0.91	no cut
Measured shrinkage distortion : D_d (mm)	-0.91		-0.47		-0.26		-1.56		-1.12		-0.91	
Actual displacement of cut edge at side X : D_x (mm)	-0.83		-0.57		-0.29		-1.67		-1.06		-0.90	
	-1.29		-0.70		-0.13		-2.74		-1.65		-1.40	

Size of plate : 30 x 1.910 x 12.000
 Cutting speed, v : 400 mm/min
 Acetylen flow, A : 20 l/min (X-cut), 12.5 l/min (I-cut)
 Effect of plate breadth, R : 0.60 %

収縮変形（両縁の差）をそれぞれ76,73%減少させる量である。板厚12mmのY-I切断ではY側に0.035 l/min, 36%となった。X-I切断では上記2例の平均75%, Y-I切断では約1/2の減少率を目標にして種々の板厚に対する最適水量を実験式から算出した結果、実用的な基準として Fig. 24 が得られた。

なおこのほか薄鋼板ではたとえ両縁対称の切断であっても挫屈変形により真直度が低下するが、この場合両縁を大量の水で冷却すると顕著な効果があつた。また片縁のみの切断では水冷と加熱の併用により良好な結果が得られた。ただし薄鋼板では水冷のみで十分であつた。

5. 切断中の水冷が鋼の材質におよぼす影響

軟鋼3種、高張力鋼1種に非水冷切断, 1 l/min 撒水冷却および水中浸漬切断の3通りの切断を素材の圧延方向に行い、ガス切断面を試験面とするシュナット型薄曲

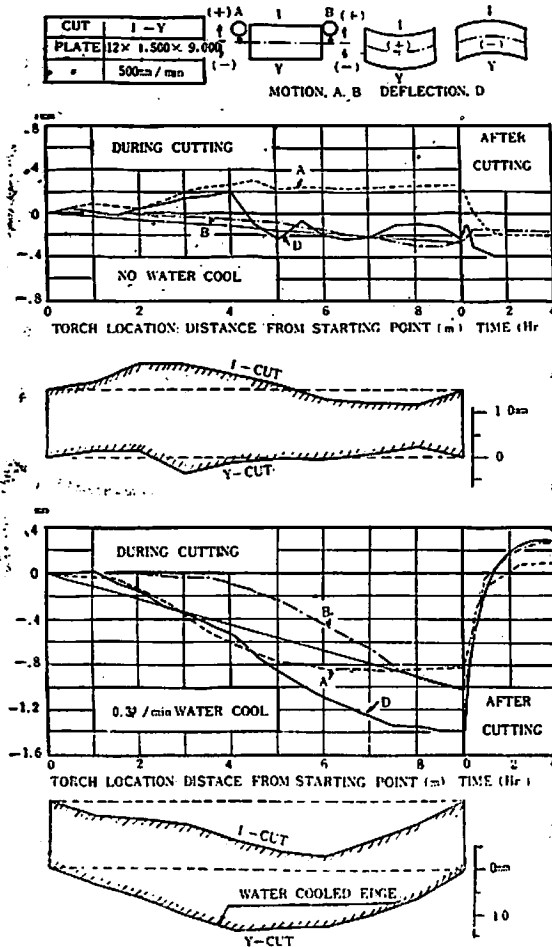


Fig. 22 Effect of buckling deformation (upper) and excessive water cool (lower)

げ試験, 標準 V ノッチシャルビー衝撃試験, 硬度試験により比較した。Fig. 25~28 は試験の結果を示すが、以上の結果からガス切断縁の使用性能は水冷により低下するがこれは主として熱影響部の焼入硬化によるもので、

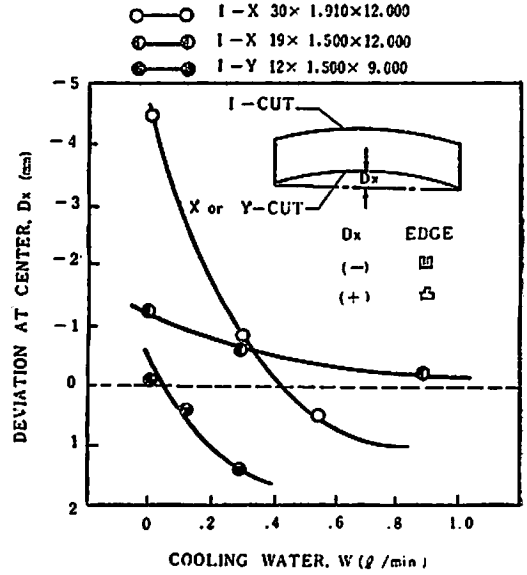


Fig. 23 Deviation at center (Dx) vrs. cooling water (W)

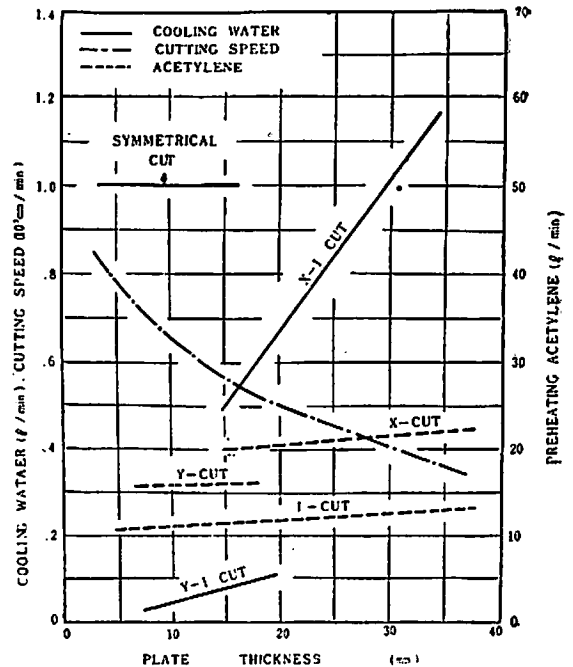


Fig. 24 Standard practice of flame cutting applied with water cooling

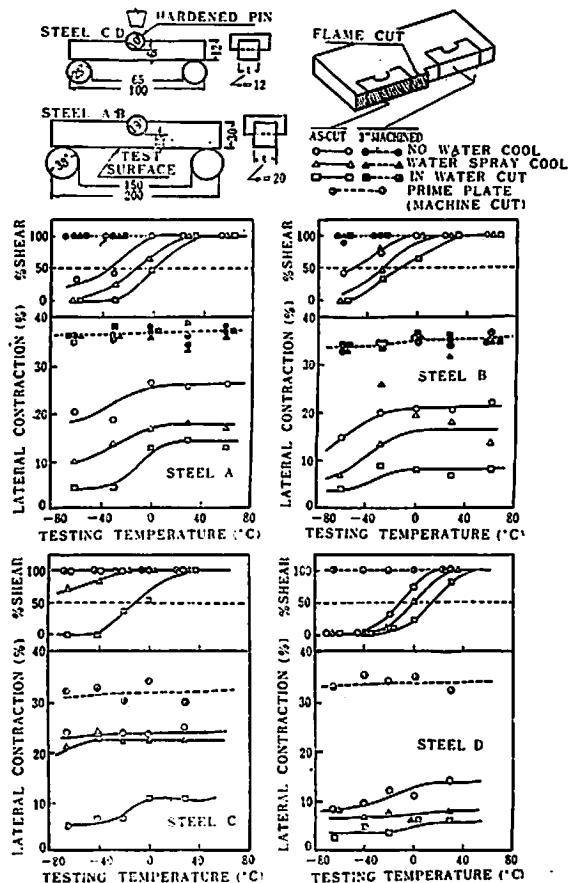


Fig. 25 Results of slow-bend test showing the effect of water cooling on notch toughness of steels A-D

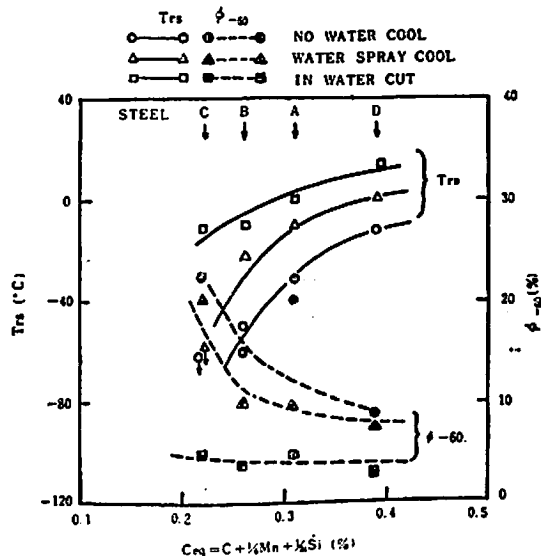


Fig. 26 Summary of slow-bend test results, fracture transition temperature (T_{rs}) and lateral contraction at -60°C ($\phi-60$) vs. carbon equivalent (C_{eq}) in as-cut condition

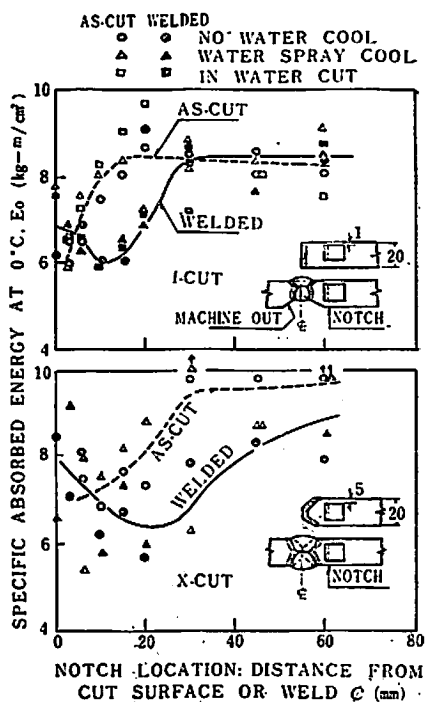


Fig. 27 Results of sharp impact test of steel A, killed 20mm thick

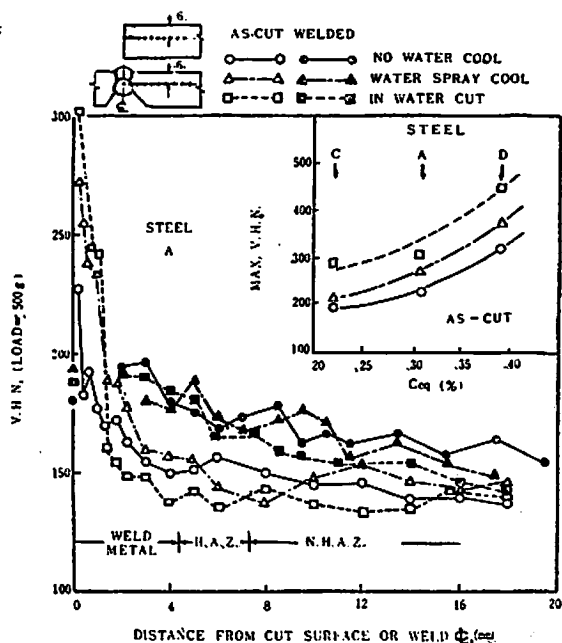


Fig. 28 Results of hardness test

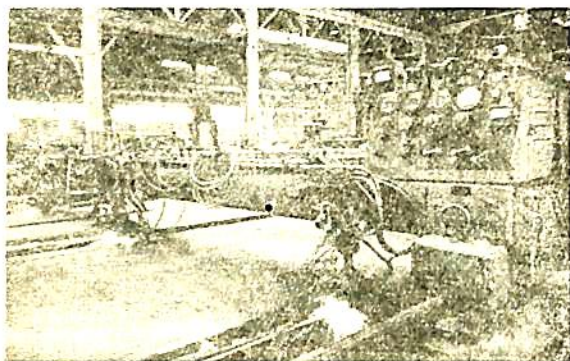


Fig. 29 Flame planer using water to reduce distortion

切断後に溶接を行うものでは水冷しないもの以上の問題は起らないと考えられる。

6. 結 論

以上ガス切断縁の真直度低下の機構とこれに影響する因子、および真直度を向上せしめる水冷法について二、三の調査実験を行ったのであるが、得られた結果を要約すると以下のごとくなる。

(1) ガス切断縁の真直度を損う因子はガス切断中の鋼板の移動および変形と切断後の収縮変形でありこれらはすべて鋼板の吸収熱量と関係がある。切断条件が吸収熱量および変形におよぼす影響に関しては Fig. 12~15 および実験式を得た。

(2) 切断中の水冷は収縮変形を減少せしめるだけでなく切断中の変形にも作用する。非対称開先切断では吸収熱量の大きい側の冷却条件をコントロールすることによって、切断中の変形と収縮変形の影響を相殺させ良好な真直度をうる事ができる。この最適水量は実験式か

ら推定できる。片縁のみの切断では水冷と加熱の併用で好結果が得られる。また水冷は板耳の曲変形の防止にも効果があり、特に薄鋼板ではたとえ対称切断でも両縁を水冷する必要がある。

(3) このような水冷はガス切断のままでは鋼の使用性能を損うが、溶接の場合には水冷を行わないもの以上の問題にはならない。

本実験において得られた結果は Fig. 29 に見られる要領により実作業に応用され効果を取めている。

文 献

- 1) H. G. Hughey and A. H. Yoch: Factor Affecting the Accuracy of Machine Gas Cutting. W. J. of AWS. Oct 1942.
- 2) 安藤公平, 三木勇: 溶接ワークの熱効率について (第一報), 溶接学会誌, 第20巻, 11~12号.
- 3) G. V. Slottman, and E. H. Roer.: Oxygen Cutting. Chapter 17, 1951.
- 4) 村上敏夫外4名: 急速冷却によるガス切断歪の防止について, 造船協会論文集, 第103号, 昭和33年7月.
- 5) 著者等: ガス切断真直度の改善について, 関西造船協会誌, 第93号, 昭和34年4月, 川崎技報, 第16号, 昭和33年7月.

〔新刊紹介〕 船舶の通風と暖房

原書は "The Ventilation and Heating of Ships" (1950年第3版), 著者は英国 F. L. Bullen 氏で、訳者永村清氏は、この書の船舶艦装における通風と暖房に関する実に詳細なる計画および実施方法を永年にわたる体験を基として記述されておられることに大いに興味をひかれ、翻訳を思いたれたといわれている。この種の書は残念ながらいまだわが国では出版されていないのでまことに得がたい参考の書であつて、この書は初版を1935年、1950年第3版を発行している。初版は25年前であるが、新しい造船技術の進展に伴つて十分改訂を施してあるから、その点少しの危惧もいらない。理論と実験とが全く一体となつている好著である。造船工学に関する有益なる書物が次第に充実して来ている折から、その中にこの書を加えることは心強いことである。

(発行所 行政経営協会, 新宿区百人町2の43, 定価 1,000円)

近 刊
東京商船大学教授 鈴木 至 著

航海力学

A5判 330頁 予価 550円

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| 第1章 力の均合 | 第2章 商船揚貨装置 |
| 第3章 物体の重心, 慣性モーメント及び近似計算法 | |
| 第4章 船に働く水の浮力と復原力 | |
| 第5章 トリム | 第6章 懸垂曲線 |
| 第7章 流体抵抗 | 第8章 力と運動状況の変化 |
| 第9章 相対運動 | 第10章 固定軸を有する物体の回転 |
| | 第11章 波 動 |
| 第12章 物体の平面運動 | 第13章 材料の力学 |
| 第14章 独楽の回転と歳差運動 | |
| 第15章 ジャイロ・コンパスの理論 | |

1.5号から第2章1航海関係のオートメーションについて、
第3章は機関関係のオートメーションについての事項を、
二つながら同時に平行して掲載して進めることにした。従
つて、それぞれの記号は互に平行して掲載される。

2. 航海のオートメーションについて (その1)

2.1 操舵装置

2.1.1 まえがき

前号で遠隔操縦船についてその航行形態上から分類を試みたが、これから航海は船の位置の制御であるという狭い観念に立つて、その場合に用いられる装置や方式を考えてみることにしよう。

まず主体となつている自動操舵装置であるが、次のような理由から舵を動かす自動操舵装置のみを対照とし、速力を制御するのは特別の場合にゆずりたい。ただしここでいう自動操舵装置とは、現在市販されているいわゆるオートパイロットを指すものでなく、一般的なある位置の線(オートパイロットはこうち一定針路の線を追う装置と考えられる。)を自動的に追うための操舵装置である。

2.1.2 操舵のみを考える理由

a. 船位の制御には一般に時刻の制限を設けない。

すなわち一般の航海では船が予定する航路を進むように計画するけれども、予定する位置に予定した時刻に必ずしも到達するように要求しない。もし予定航路からはずれていれば、予定航路に乗るような変針を行なうのみで、変速を行つてまで予定位置に持つて行くのは特別の場合に限られている。またその船の能力(速力の限界)からみて、予定時刻に予定地点に達することが不可能な場合が起こり得るし、逆にいえば潮に乗つてスピードが出すぎた時は速力を不必要に下げることが起こり得る。そして速力を絶えず変えることは機関の方にも悪い影響があるだろう。

b. 速力を制御しなければならないのは次のような場合で、この時はそれぞれ別個の独立した装置(系)で対策が考えられなければならない。

i 他船との衝突を防ぐための変速

この場合は自動的な衝突防止装置で針路速力を自動制御することが必要である。

ii 風浪に対する避航のための変速

この場合は船の危険な動揺や傾斜をさけるような自動避航装置を別個に独立した系で考えなければならない。

iii 荒天や低気圧地域をさけるための変速

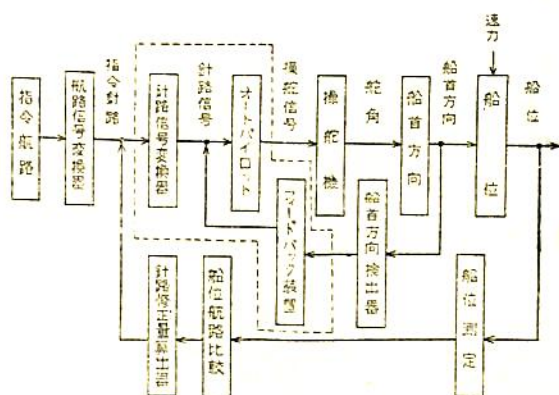
この場合は基地等から臨時の指令で、変針や変速等を行ない、自動航法の一環としては考えない応急指令による。

iv 霧中の減速

この場合はiの自動衝突防止装置で解決して、特に霧中だからといって減速しない方法と、一応減速するという方法と二つ考えられるが、いずれにしても別個の独立した系として考える。

2.1.3 自動操舵装置

先に述べたようにここでいう自動操舵装置は現在市販のオートパイロットを直接指すものではないが、主体は現在のものになるであろうことは背かれると思う。すなわち船位の制御には船の船首方向の決定が先決で、この船首方向を一定の値に保つか、または定められた航路に従うよう一定の割合で変化させることになる。この関係を図で示せば、第2.1.1図のようになる。



第2.1.1図 自動操舵装置ブロック図

ここで従来の自動操舵機は点線でかこんだ部分を受持つことになる。このような場合は従来の自動操舵機に針路のコントロールを任せ、航路からのはずれは針路管制を行なつて正して行こうという考え方である。いわば針路制御の方法といえることができる。

船を遠隔操縦しようという場合には、以上のような針路制御の方法と舵角制御の方法が考えられるが、航海を目的とする場合は針路制御によらなければ到底長時間の

* 東京商船大学内

制御には堪えられない。舵角制御の場合は遠方から被制御船の舵角をコントロールする方法であるが、舵を中央にとつていても一定の船首方向を保つものでもなく、常にコントロールし続けなければならないので大変な仕事となる。ただし大船の船橋からタグボートの遠隔制御をしたいという時は有効かも知れない。

次に自動操舵装置の指令航路を何で与えるかによつて次のような装置の種類が考えられる。

a. 航程の線

通常の航海術であつて、海図上に予定の航路を直線で引き、その線上を航走するように針路を定めて航海させる。常時または一定時間ごとに船位を測定して航路からずれていれば、それに応じて針路を少しく修正して指令して航路にのせるよう航海させる方法で、船位測定、船位航路比較、針路修正算出等を基地（または母船）で行なえば始んど従来のオートパイロットに若干手を加えるだけで達成される。

b. 電波ビーム

船位測定を電波航路計で行なつて、ビームからずれていればそれに乗るように針路を修正するか、舵角をとるようにされるもので、航空機の誘導装置に用いられている。船で長距離の管制にはちよつと困難性がある。

c. 双曲線航法

航路を双曲線航法の位置の線で与える方法で Loran と Decca が主として考えられる。Loran は遠い距離まで用いられるが、Decca の方が船位指示や、比較

には都合がよい。

将来は Decca と Dectra を組合せた Decca navigator を用いる方向が有望である。

d. 慣性航法

慣性航法装置が最近利用されるようになったが、これが発達して手軽に利用できるようになると、再び緯度経度の航法にもどり、これと組合せて一定の航程の線を自動的に追うような操舵装置が考えられる。

以上のような方法の他に DME (Distance Measurement Equipment) を利用する方法等も考えられるが、いずれも一航海の始めから終わりまで、一貫した船位測定法を用いることができるかどうか大きな問題となる。

つぎにこれらの装置には従来の自動操舵機が大きな役割を占めるので、この動作を各形式について複習して、整理してみることにしたい。（この項次号につづく）

3. 機関関係のオートメーション（その1）

3.1 機関部関係諸装置のオートメーション

3.1.1 概 要

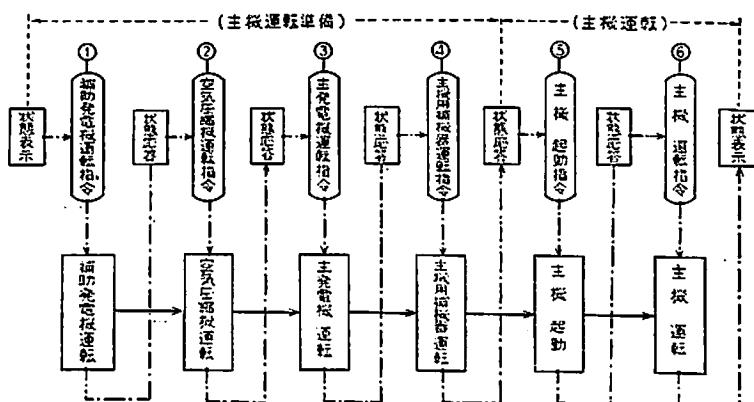
大型商船の機関部関係の諸装置をオートメーション化して遠隔制御する方法を考えるためには、まず諸装置を類別しておのの操作系の構成要素を整理してから一つの船の全操作系を組立てるのがよい。

いま機関部関係の諸装置を主な用途によつて類別すると第3.1.1表のようになる。この表でわかるようにター

第3.1.1表 機関部関係の主要装置の用途による分類表
(○印……………必要装置, △印……………必ずしも必要でない装置)

項	装 置 種 類	ディーゼル船	タービン船	P. W. R. 型 原子力船	2, 3 の 例
1	主 機	○	○	○	
2	主 機 用 補 機 器	○	○	○	冷却水ポンプ, オイルクーラなどのような主機の運転に必要な機器
3	ボ イ ラ		○		
4	ボ イ ラ 用 補 機 器		○		給水ポンプ, 送風機, 噴燃ポンプなどボイラの運転に必要な機器
5	原 子 炉			○	
6	原子炉用補機器			○	クーラントポンプ, 制御器など
7	熱 交 換 器	△		○	
8	熱交換器用補機器	△		○	二次清浄ポンプ, イオン交換装置など
9	帰 港 用 機 器			○	
10	保 安 用 機 器	○	○	○	バラストポンプ, ビルヂポンプなど
11	操 船 用 機 器	○	○	○	操舵装置, ウインドラスなど
12	衛 生 用 機 器	○	○	○	サニタリポンプ, 冷凍機など
13	荷 役 用 機 器	○	○	○	ウインチ, カーゴオイルポンプなど

ベン船と原子力船とでは1および2項は同種であり、またタービン船の3および4項と原子力船の7および8項はそれぞれ類似の装置と考えてよい。10, 11, 12 および 13 項は各種の船にほとんど共通の装置である。したがって装置種類の少ないディーゼル船は操作の系の数が最も少なく、原子力船は最も多いことになる。以下、ディーゼル船、タービン船、原子力船の順に機関部関係の諸装置の操作系を考えてみる。



- 備考 1. → 線は状態の進行過程を示す。
 --- 線は信号の伝達過程を示す。
2. 主機運転準備で①の指令を与え、②, ③, ④の指令は順次自動的に運動させ、次に、主機運転で⑤の指令を与えて⑥の指令は自動的に運動させる仕組みは可能である。したがって①と⑤の指令を与えて主機を運転の状態とする制御系を考えてもよい。

第3.2.1図 ディーゼル船の主機を遠隔操縦する場合の操作順序
 (前状態……全休止、後状態……運転)

3.1.2 操作系を考える前の設定条件

船舶は長い航海中には予知できない障害のおきることもあるが、そんな場合でも安全な航海が続けられるためには常に主機関の運転が確保されねばならない。一般に主機の運転が続けられなくなる故障の原因は、主機自体に故障が発生した場合かまたは主機用補機に発生した故障のために主機の運動要素の供給が続けられなくなった場合かである。後者の場合にそなえて一般に主機用補機には応急処置用の切替え回路を設けたものが多く、さらには二段構えの切替え回路も備えることがある。しかし遠隔操縦を対象にした操作系にこのような二段以上の切替え回路を含めて考えることは、はなはだ複雑なものとなるから、まず本文では特に必要なものだけについては第1項目の故障に対処できる一段切替え回路を持った系とする範囲で考えることとする。

3.2 ディーゼル船の機関部関係諸装置の遠隔制御

3.2.1 運転操作の概要

ディーゼル機関を主機とした大型船では主機に起動用空気、燃料油、潤滑油および冷却水などの運動要素を供給するための補助機器が装置され、これらの各機器にもまた個々に必要な運動要素を供給する装置があつて、いずれも主として人為操作によつて発停、運転が行われている。すなわち主機を起動するときを例にとると普通の操作順序は次のようになる。

補助発電機の運転……起動用空気圧縮機の運転……
 主発電機の運転……主機用補機の運転……(以上主機の起動準備操作)……主機の起動……主機の運転

遠隔操縦の場合にも上記の操作順序は同じであるから、これを線図によつて表わすと第3.2.1図のようになる。これらの諸装置の起動、運転および停止の遠隔操作

がどのようにしたら行なえるかをこの図について順次述べてみる。

3.2.2 補助発電機の操作系

補助発電機は次の諸装置に電力を供給するための設備である。

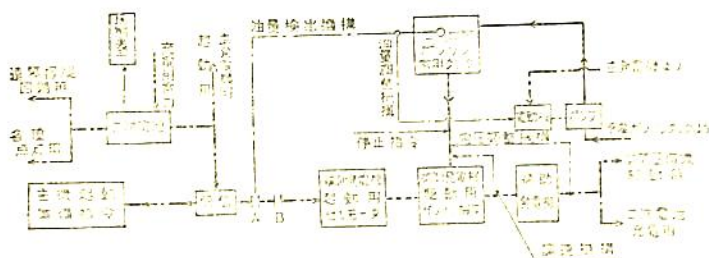
- 補助発電機の電力の用途
- ① 電動式空気圧縮機の駆動用
 - ② 遠隔操縦の回路を作動させる二次電池の充電用
 - ③ 各部の点灯用

① は主発電機直結ディーゼル機関および主機関の起動に用いる圧縮空気をつくるため、② は機関関係諸装置が全停止しているときに、この状態から起動させるための信号伝達および作動回路の電力は二次電池を電源とし、また補助発電機の起動用セルモーターの運転動力も同じ二次電池を電源とする必要がある。この電池を常に一定電圧に保つための充電用電力の供給。③ は各種船灯、信号灯および船内応急灯の点灯用などである。

第3.2.2図は補助発電機の操作系ならびに管系の一例を示す。

1. 操作系

(1) 二池電池から補助発電機起動用セルモーターへの送電回路にスイッチ A および B を設け、スイッチ A は補助発電機を駆動すべきガソリン機関用ガソリン常用タンクの油量が規定量以上あるときは接、スイッチ B は空気だめの空気圧が定められ



第 3.2.2 図

た値以上のときは断となつている。

- (2) 主機起動準備指令の受信により送電回路を接にすると、スイッチ A, B, が接の場合は補助発電機関はセルモーターにより起動する。
- (3) 空気だめの圧力が規定圧以上あるときはスイッチ B が断となつている故、補助発電機関は起動せず、直ちに主発電機関を起動するようになる。
- (4) 調速および電圧調整機構を設け、補助発電機の回転数および発生電圧を一定に保つ。
- (5) 主発電機が起動し、電圧が規定値に達すれば負荷を補助発電機よりこちらに切換え、同時にこれを補助発電機関の停止指令として燃料の供給を絶ち、補助発電機関を停止する。

ロ 管 系

- (1) 補助発電機関燃料にはガソリンを使用する。
- (2) 補助発電機関用 ガソリン常用タンクには最初に規定水準以上にガソリンが入っているものとし、その消費に対しては図示の如くしてポンプにより自動的に補給を行なう。

3.2.3 主機用補助機器の装置の操作系ならびに管系

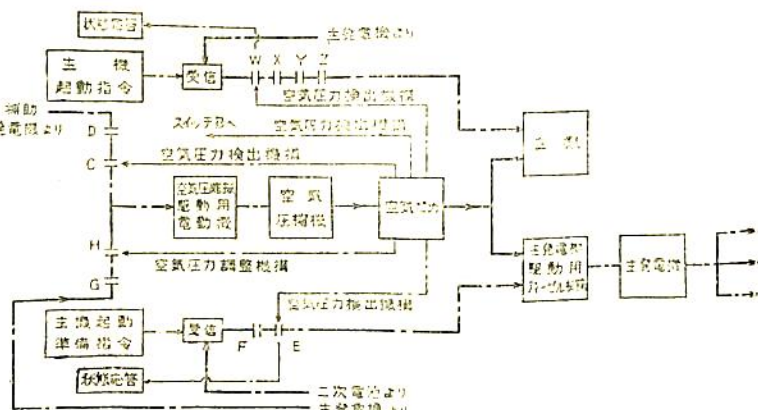
ディーゼル船を遠隔制御する場合の主機用補助機器装置の操作系ならびに管系はいろいろと考えられるが、現在ディーゼル船で行なわれている管系をもとに、それをできるだけ簡略化した上、いかにすればこれらを少ない指令で制御できるかに重点を置いてその操作系を考えてみることにする。

a 空気圧縮装置の操作系ならびに管系

空気圧縮装置は次の諸装置に圧縮空気を供給するための設備である。

- ① 主発電機関起動用
- ② 主機起動用

第 3.2.3 図は空気圧縮装置の操作系ならびに管系の一例を示す。



第 3.2.3 図

イ 操作系

- (1) 補助発電機の電圧が規定電圧に達すると空気圧縮機用電動機に電力を供給して圧縮機を駆動し、空気だめ圧力が規定最高値に達した場合はスイッチ C を断として圧縮機を停止する。
- (2) 空気だめ圧力が規定圧力範囲内にあるか、または、その範囲内に上昇してきた場合、主発電機関起動用電気回路および主機起動用電気回路のスイッチ E および W は接となり、それぞれ状態応答をなさしめる。
- (3) 主発電機関起動後規定電圧となれば、補助発電機より空気圧縮機用電動機への電気回路のスイッチ D を断とし、それから適当な時間を置いて主発電機からの電気回路のスイッチ G を接にし、以後空気圧縮機は主発電機よりの供給電力により空気だめ圧力調整機構を通じて空気だめ圧力を規定範囲内に保つ如く発停させる。

b 主発電機装置の操作系ならびに管系

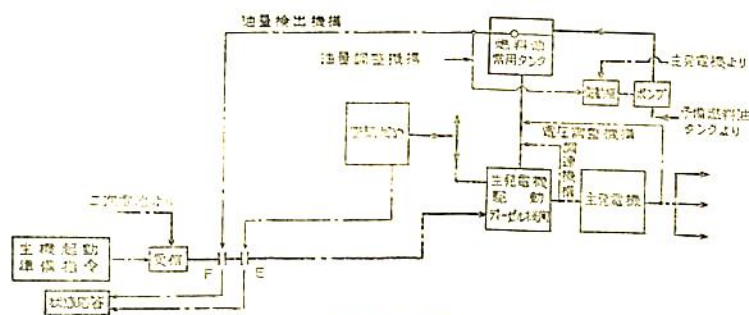
主発電機は次の諸装置に電力を供給するための設備にして、本機起動後は適当な時期に補助発電機と切換え使用する。

- 主発電機の電力の用途
- ① 補助発電機により供給していた電力用
 - ② その他の所要電気機器の電力用

第 3.2.4 図は主発電機装置の操作系ならびに管系の一例を示す。

イ 操作系

- (1) 空気だめ圧力が規定圧力範囲内にあるかまたは空気圧縮機の運転によりその範囲内に上昇してくると、スイッチ E が接となり、また 燃料油常用タンク



第 3.2.4 図

クの油量が規定量以上あつてスイッチ F が接のときは主発電機は起動する。

- (2) 主発電機が規定電圧となれば既述の如くスイッチ D を断とし補助発電機よりの電力供給を全部これに切換え、補助発電機を停止する。
- (3) 調速および電圧調整機構を設け、主発電機の回転数および電圧を一定に保つ。
- (4) 主発電機には予備を一台装備し、電圧の降下を検出して自動的にこれに切換え使用可能の如くする。

ロ 管 系

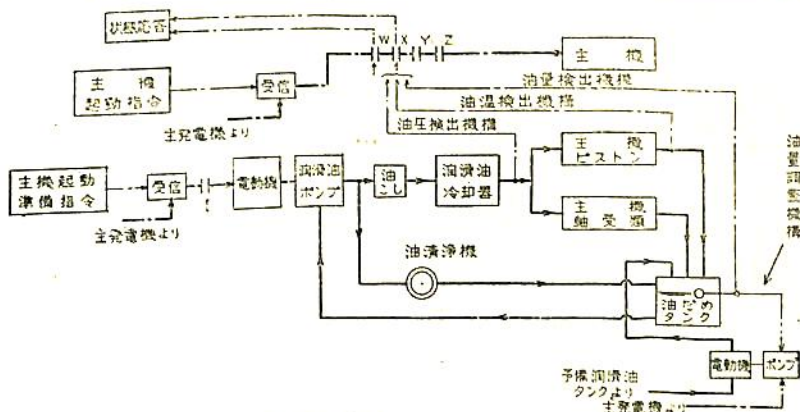
- (1) 主発電機用燃料にはすでに清浄してある A 重油を使用する。
- (2) 主発電機用燃料油常用タンクには最初に規定水準以上に A 重油が入っているものとし、その消費に對しは図示の如くしてポンプにより自動的に補給を行なう。

c 主機用潤滑油装置の操作系ならびに管系

主機用潤滑油装置は次の各所に潤滑油を供給するための設備である。

- ① 主機各軸受部および推力軸受
- ② 主機のピストン冷却を潤滑油で行なう場合には主機各ピストン。

第 3.2.5 図はピストン冷却用に潤滑油を使用した場合



第 3.2.5 図

の主機用潤滑油装置の操作系ならびに管系の一例を示す。

イ 操作 系

- (1) 主発電機が規定電圧に達した後一定時間を置いてスイッチ I を接にし、潤滑油ポンプを起動する。

- (2) 油量、油温および油圧検出機構を設け、そのおのおのが正常状態にある場合のみ主機起動用電気回路

に設けられたスイッチ X を接にし、状態応答をなさしめる。その他の場合はス

イッチ X を断とし状態応答は行なわれない。

- (3) 潤滑油ポンプには予備を一台準備し、油圧の降下を検出して自動的にこれに切換え使用可能の如くする。

- (4) ピストン冷却に清水を使用する場合には、潤滑油内への清水の漏洩検出機構を設け、漏入量多量の場合は上述の検出機構同様スイッチ X に作用せしめる。

ロ 管 系

- (1) 潤滑油は自動排出遠心分離機を使用して連続清浄を行なうよう考えているが、場合によっては停泊中のみ普通の清浄機を用いて人為操作を行なうことも考えられる。

- (2) 油量および油温はともに調整機構を有す。

- (3) 潤滑油圧力の急降による主機緊急停止に備え、非常用潤滑油電力タンクを設け主機が停止するまでの潤滑油を供給する。(この装置は図には示していない。)

- (4) ピストンを清水冷却する場合には、潤滑油に漏入してくる清水の量を例えば油清浄機により分離し、その分離水の量を検出する機構を考えスイッチ X に作用せしめる。

- (5) 油こしは数個を並列に装備し、その出入口の圧力差を検出することにより一個ずつ順次切換え使用する。

d 主機用燃料油の操作系ならびに管系

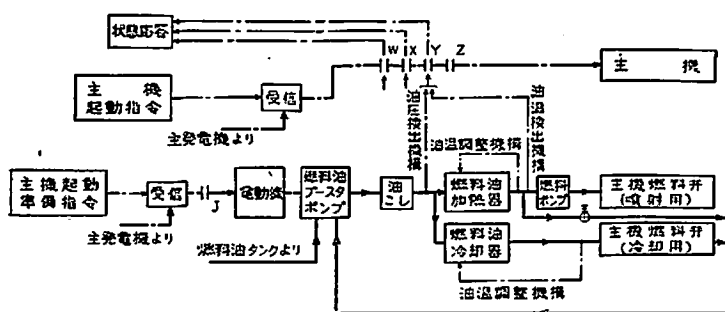
主機用燃料油装置は次の各所に燃料油を供給するための設備である。

- ① 主機の燃料弁
- ② 主機の燃料弁冷却用

第 3.2.6 図は主機用燃料油装置の操作系ならびに管系の一例を示す。

イ 作 系

- (1) 主機用潤滑油装置の状



第 3.2.6 図

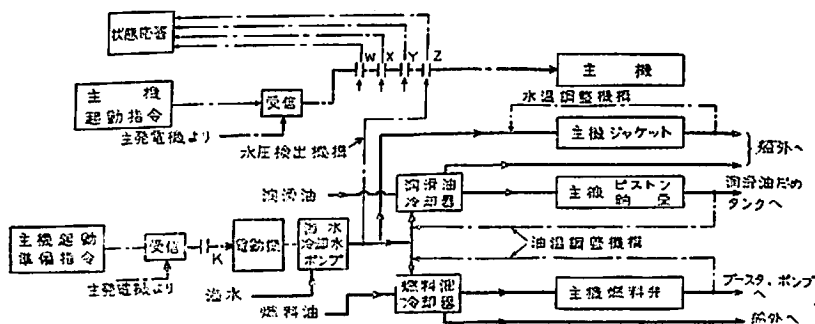
状態応答を発すると同時にスイッチ J を接にし、燃料油プースタポンプを起動する。

- (2) 油圧、油温検出機構を設け、そのおのおのが正常状態にある場合にのみ主機起動用電気回路に設けられたスイッチ Y を接にし、状態応答をなさしめる。その他の場合にはスイッチ Y を断とし状態応答は行なわない。
- (3) 燃料油プースタポンプには予備を一台装備し、油圧の降下を検出して自動的にこれに切換え使用可能の如くする。
- (4) 噴射用燃料油温調整機構および燃料弁冷却用燃料油温調整機構を設け、それぞれ適当な油温を保たしめる。

ロ 管 系

- (1) 主機用燃料には既に消浄してある A 重油を使用する。
- (2) 若干の噴射用燃料油は逃し弁を経てプースタポンプの送出し側より吸込側へ、また燃料弁冷却用燃料油は全部吸込側へ返す。
- (3) プースタポンプには歯車ポンプを使用し、引くべき燃料油タンクの順序を予め決めて置きタンク油量の検出により自動的にタンクを切換え使用する。
- (4) 油こしは数個を並列に装備し、その出入口の圧力差を検出して一個ずつ順次切換え使用する。

エ 主機用冷却水装置の操作系ならびに管系



第 3.2.7 図

主機用冷却装置は主機のピストンあるいはジャケット冷却に海水を使用する場合、海水冷却水装置と海水冷却水装置とに分けられるが、ピストン冷却は潤滑油で行ない、ジャケット冷却は海水で行なうものとして、ここには海水冷却装置についてのみ述べることにする。したがってこの場合主機用冷却装置は次の各所に冷却用海水を供給することになる。

① 主機ジャケット

② 主機用潤滑油冷却器

③ 主機用燃料弁冷却用燃料油冷却器

第 3.2.7 図は上記主機用冷却装置の操作系ならびに管系の一例を示す。

イ 操作系

- (1) 主機用燃料油装置の状態応答を発すると同時にスイッチ K を接にし、海水冷却水ポンプを起動する。
- (2) 冷却水圧力検出機構を設け、それが一定圧力以上にある場合にのみ主機起動用電気回路に設けられたスイッチ Z を接にし、状態応答をなさしめる。その他の場合にはスイッチ Z を断とし状態応答は行なわない。
- (3) 海水冷却水ポンプは予備を一台準備し、冷却水圧力の降下を検出してこれに切換え使用可能の如くする。
- (4) 主機ジャケット冷却水温、主機ピストン冷却用潤滑油温および燃料弁冷却用燃料油温調整機構を設け、それぞれ適当な温度を保たしめる。

結局以上に述べたような主機用補助機器装置の操作系および管系を採用すれば、

- (1) 主機起動準備指令一つで主機起動に必要な補助機器類は運転状態になり、更には主機運転の継続にも即応することができる。

- (2) いずれかの系に主機をこれ以上継続運転すると

主機故障の原因となるような事故が発生した場合には主機は直ちに停止される。

- (3) 各系を一斉に停止の状態とするには、一つの指令で主機起動準備指令で接となつた各系の受信部の接点を断することにより行なうことができる。(この項次号へつづく)

原子力船の機関関係の問題点 (2)

川 島 栄 一
松 村 徳 郎

② 運航上の問題点

ここで第一に問題になるのは動特性だが、これについては主機の所である程度述べたので取上げないことにする。

それ以外に、一次系制御方式の種類によつては二次系蒸気圧力が大巾に変化する点と炉起動時のクセノン毒性作用とがあげられる。

なお、少し違った問題だが機関部員についても少し述べておく。

(1) 一次系制御方式と二次系蒸気圧力

熱交換器を介して二次系に熱を与える蒸気タービンの方式では採用する一次系制御方式、すなわちプラント運転プログラム如何によつては、二次系の蒸気所要量の変化に応じて二次系の蒸気圧力が変化するものがある。

運転プログラムには種々なものが考えられるが、その最も典型的なものに次の三つがある。

- (a) 定冷却材（一次系）平均温度運転プログラム
- (b) 定二次系蒸気圧運転プログラム
- (c) 定冷却材出口温度運転プログラム

原子動力系のエネルギー伝導途中における損失を無視すれば、定常運転では

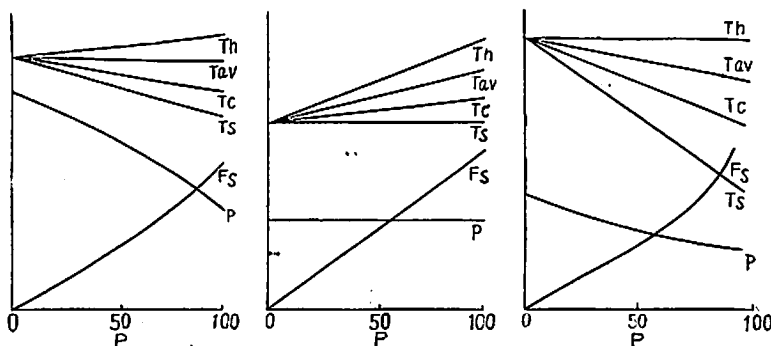
$$P = FC(T_h - T_c) = UA(T_{av} - T_s) \\ = F_s(h_s - C_w T_w) = Q$$

ただし、

P : 原子炉出力
T_c : 冷却材の原子炉入口温度
T_h : 冷却材の原子炉出口温度

T_{av} : 冷却材の平均温度 $= \frac{1}{2}(T_h + T_c)$
F : 冷却材の流量
C : 冷却材の比熱
U : 熱交換器の平均熱貫流率
A : 熱交換器の伝熱面積
T_s : 二次系蒸気温度
F_s : 二次系蒸気流量
h_s : 二次系蒸気熱量 (エンタルピー)
p : 二次系蒸気圧力
C_w : 給水比熱
T_w : 給水温度
Q : タービン入力

(a) の定冷却材平均温度運転プログラムは上の関係式から第6図 (a) の負荷特性をもつことになる。熱交換器から出る二次系蒸気を飽和蒸気とすれば圧力 p は温度 T_s に対する飽和蒸気圧として定まる。ここで留意すべきものは負荷の増加に対し、二次系蒸気圧力が低下することである。これは上式の内 $p = UA(T_{av} - T_s)$ において、伝熱面積 A は一定、冷却材の平均温度 T_{av} は一定になるように制御されており、熱貫流率 U は負荷の変化にたいしあまり変らないから、負荷 p が増加するためには T_s が減少してゆかねばならない。T_s の減少は p の減少となつて表れる。このように負荷の増加に対して二次系蒸気圧力が低下するから、蒸気流量と出力の増加よりも速い割合で増加する必要がある。すなわち出力需要の大小に応じて在来のボイラ装備の船よりも速い割合でスロットル弁を開閉しなければならないわけである。



(a) 定冷却材平均温度運転プログラム
P : 原子炉出力
T_c : 冷却材の原子炉入口温度
T_h : " " 出口温度
T_{av} : " の平均温度

(b) 定二次系蒸気圧運転プログラム
T_s : 蒸気温度
F_s : 蒸気流量
p : 蒸気圧力

(c) 定冷却材出口温度運転プログラム
T_s : 蒸気温度
F_s : 蒸気流量
p : 蒸気圧力

第6図 各種運転プログラムの負荷特性

原子炉は一般に負の温度係数を持っているから、燃料の消費や中性子吸収性分裂生成物の影響などを考えなければ外部的な反応度の調節（主として制御棒の上下）がなくても定常運転状態では負荷に見合う核出力を出すように自動的に調整される。例えば蒸気流量を増して負荷が増加すれば熱交換器から取去られる熱量が増加して原子炉に流入する冷却材温度が下がる。この結果炉の負の温度係数のため反応度が増し、炉出力が増加しはじめ、冷却材出口温度が次第に上昇する。このような過渡状態は原子炉平均温度 T_c が前と同じ値へ戻り反応度が再び釣合状態に落着くまでつづく。このことは原子炉は外部から調節しなくても原則として、冷却材平均温度が一定になるような自己平衡性を有していることを示している。従つて、定冷却材平均温度運転プログラムは原子炉の負の温度係数による自己平衡性を十分に利用して安全な運転を行いうる特長を持っている。しかしその反面負荷の変動によつて、蒸気圧力が変化することは二次系機器にとっては決して望ましいことではない。

このような不都合を除く運転プログラムが (b) の定二次系蒸気圧運転プログラムである。これでは第6図 (b) のように、二次系蒸気圧 p 、従つて二次系蒸気温度 T 、が負荷の大小によつて変わらないようにしてある。前述の式から各温度の関係を求めると、第6図 (b) のように、冷却材温度は負荷増加とともに高くなる。従つて原子炉平均温度が増し、負の温度係数から反応度が低下するので、定常運転をするには制御棒を引抜いてやらねばならない。またこの運転プログラムでは冷却材体積も変動するから、加圧水型炉では加圧タンクを大きくしなければならない。この点が炉、すなわち一次系からみた欠点である。

定冷却材出口温度運転プログラムは第6図(c)のよう
に冷却材の原子炉出口温度 T_h を負荷の如何にかかわ
らず一定にするものである。従つて、(b)とは反対に負
荷増加によつて原子炉冷却材平均温度が低下し、制御棒
はかえつて挿入するようになる。原子炉の構造材その他
の都合で冷却材最高温度に制限がある時、この運転プロ
グラムは望ましいものであろう。これらの三つの運転プ
ログラムは典型的なものであつて、これら以外にも中間
的な折衷案がある。以上の説明は主として加圧水型炉に
関係深いものだが、沸騰水型炉の場合は負の温度係数に
よる自己平衡性に加え、更に強い炉内の気相液相の比
率変化による自己平衡性を有して、負荷増加にととも
ない過渡時には一時的に気泡がふえ、反応度が減少する
性質もある位である。

上記の運転プログラムの内、二次系側としては在来の

蒸気タービン船と同じ方式である (b) の定二次系蒸気圧運転プログラムが望ましいのであるが、原子炉の安全な運転の目的から (a) の定冷却剂平均温度運転プログラムを採用している計画船が少なくない。現在米国で建造中のサバナ号もこの運転プログラムを採用し、二次系圧力は連続最大出力時 460 psia、零出力時 730 psia、(それぞれ 32.3 および 51.3 kg/cm² abs) と発表している。

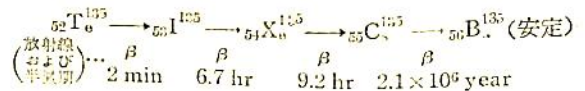
わが国で最初に建造される原子力船もこの方式が採用される公算が強いだろう。

このように定冷却材平均温度運転プログラムでは低負荷時に二次系圧力が増大するのであるから、蒸気系統機器を定格圧力よりも、ずっと高い圧力に調えるように計画しておくねばならず、また主機、ターボ補機類の部分負荷効率が低下し、コントロールも難しくなる。給水ポンプ吐出圧力もその点を考慮しておくねばならない。主機がある負荷以下になれば、その負荷を保っている間はずっとダンパ復水器または主復水器へ一部蒸気を流しこむか、熱交換器出口に蒸気減圧弁をつける等考えられるが、いずれも効率その他の点から研究を要する問題が多い。

(2) 炉起動時のクセノン毒性作用

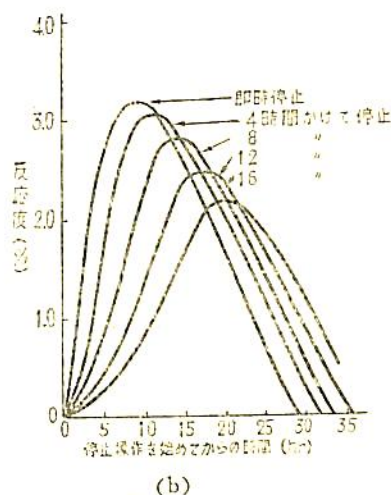
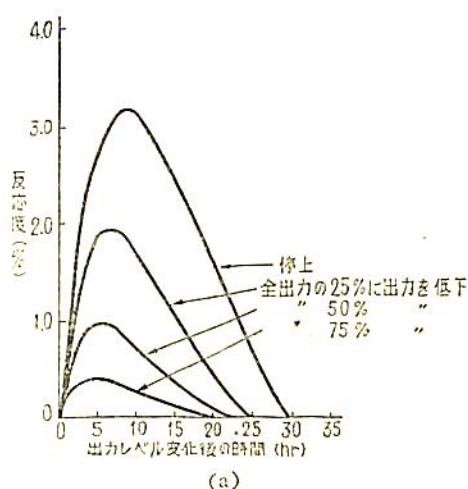
今ここで問題にしている原子炉は全て不均一型のもので燃料は被覆内に密封されているため燃料の核分裂によって生じた各種の分裂生成物やそれらが崩壊したのもも被覆内にとじこめられている。それらの内 X_{146}^{135} は熱中性子吸収が最も強く、炉の運転中は熱中性子を吸収して炉の反応度を下げる作用をする。しかし、中性子を吸収するということは X_{131}^{135} 自体がとんど消費されてゆくことになる。一方では X_{146}^{135} は中性子吸収を伴わない崩壊によつても消滅してゆく。そこで炉の運転中は X_{146}^{135} の量（生成）と（消費・消滅）が釣り合った所で平衡状態を保っていることになる。

X_e^{135} の出来てくる系列はいろいろあるが、その主な系列は次のように核分裂によつて生じた $_{92}Tb^{135}$ が崩壊して出来るものである。



この変化は崩壊によるもののみを示し、中性子吸収によるものは示していない。すなわち上記の（生成）と（消滅）とを示していることになる。一方 X_{e}^{136} は中性子を吸収して X_{e}^{136} になるが、これが上記の（消費）に相当する。 X_{e}^{136} は中性子の吸収が少い。

今原子炉を急に止めた時を考えると、 T_0^{135} , I^{135} は運



第7図 クセノンの毒作用

転時と同じ量だけ残っており、それが上の順番に崩壊して X_{135}^{135} に変化してゆく。所が X_{135}^{135} の崩壊による消費は以前と同様に行われるが、中性子吸収による大きな消費がなくなったので X_{135}^{135} が蓄積されることになる。勿論崩壊による消費は X_{135}^{135} の現在量に正比例するので X_{135}^{135} が蓄積すればそれにつれて崩壊量も増加する。しかし、 T_e , I の半減期が X_{135}^{135} のそれより短いので炉停止後何時間かは X_{135}^{135} の量がぐんぐん増し、 T_e , I の崩壊が弱まった頃に最大に達し、その後は減少してゆく。第7図 (a) に出力を低下させた場合の一例を示し、(b) にいろいろな時間変化の割合で直線的に出力を減らした場合の一例を示す。従つて炉停止後しばらくして炉を起動しようとするれば熱中性子を強く吸収する X_{135}^{135} が運転中の平衡状態以上に多量に存在するのでこれを乗切るだけの能力が炉にない場合は起動出来ず、ある時間だけ X_{135}^{135} の崩壊による消費をまたねばならないことになる。これを炉起動時の X_{135}^{135} の毒性作用という。

通常は炉を設計する場合炉の能力を大きくとり、この現象が表われる前に燃料を取替えるような設計にする。しかし、特に小型の炉を要求された場合等には燃料取替以前にこの現象が起るのを覚悟の上で設計することがある。また特別な理由で燃料取替作業がおくれた時にも、この現象が起る可能性がある。

従つて、特殊な例ではあるが、操船にあたり、この現象のあることを考慮しておく必要がある。これの対策は停泊中も炉をとめずにダンプ復水器または主復水器で蒸気を処理しておくか、毒性作用の消えるまでの間は非常用推進装置で航運するより方法がない。

(3) 機関部員

原子力船の機関部員は在来船のものに比して原子動力や放射線保健の知識が必要であり、また機関の取扱はより複雑である。その上場合によつては一瞬した不注意、ミスから全乗員のみならず広範囲にわたる災害をもたらす危険性を包蔵している。従つて機関部員は精神的にも肉体的にも優秀なものであると同時に十分に専門的訓練をうけたものでなければならない。特に機関部士官の一部または全部が法律による資格試験に合格したものであることを要求されることになるであろう。

一方次のようなことが問題になつてくる。乗員特に機関部員は常に pocket chamber または film badge を携行して被曝量を測定しており、その量が許容値を超えた場合には一定期間作業を停止しなければならない。そのためには常に十分な予備員を待機させておくか、簡単な作業には甲板員を流用させる等の方策をとる必要があるかも知れないが、いずれも簡単に解決のつく問題でない。また長年月の原子力船乗船を禁じ、強制休暇をとらせたり (1937 年の第5回 国際放射線学会の勧告によれば放射線職業従事者は毎年少くとも1ヶ月連続)、一定期間毎に非原子力船へ転勤させるようにしなければならないことも考えられる。

上述の事情は高級な機関部員を予想以上に多数要求することになり、一方では複雑な取扱を要する原子力船において、その船に不馴れた機関部員の数が何時も大きな割合を占めているという不幸な結果にもなりかねない。このことは訓練用原子力船の早期建造が強く要求される一つの理由でもある。従つて遠隔操作、自動制御の度合を大きくし、機器類の信頼性を高め、常時機関室に配置

すべき人員数を減らす必要がある。

② 補機器および非常用推進装置に関する問題点

(1) 補機器

補機器に関する問題点のうち、今までのべてきた各項目や後の各項目の説明の中にも関係する事項はその都度触れているが、ここではそれら以外の点で気付いたことをあげてみる。

主機タービンに飽和蒸気を使わねばならない場合、当然同一出力の主機にたいする復水給水量が増し、それらのポンプ、熱交換器等が大きくなってくる。

また、主機タービンに飽和蒸気を使用する場合は補機用タービンにも飽和蒸気を使用することになる。在来船でも主給水ポンプ、バタワースポンプ等には飽和蒸気を使う場合が多いのであまり関係がない。しかし、発電機用タービンは主機と同じ条件の蒸気を使う場合が多いから原子力船ではタービン、復水器、付属補機が大きくなる。

また前にも述べたように大出力の主機が使われると補機類の大容量化、台数の増加、予備補機類の増減等の問題が生じてくる。一方船体の大型化に伴ってバタワース装置、タンク加熱装置、荷油ポンプ等の大容量化、台数の増加等が問題になってくる。

また補助機器のうち、どの機器には予備を必要とし、故障時に別の機器で代行させようようにしておくべきかの問題は原子炉付属機器ほどではないが、在来船とは異った観点から再検討すべきである。

原子炉機器の内主要な機器は耐圧構造のコンテナ内に収められているが、放射能の危険の少ない補助機器はコンテナ外に出し、機関室に配置する。場合によつてはコンテナを小型にしたいためとか、取扱、保守等の便宜上放射能の危険のあるものも遮蔽を施して、コンテナ外に配置することもある。(例、サバナ号の一次系冷却材清浄用イオン交換塔)。機関部計画に際し、一次系、二次系の担当者が異なる場合が多く、また目新しい補機でもあるのでこの点十分連絡を密にし、それらの補機の性格等を理解して計画しなければならない。

間接回路方式の蒸気タービン式の場合、二次系の給水は全然炉を通らないので、一次系循環水程高度に清浄化する必要はないが、現在の船用ボイラに使用している程度のものでよいか否かを再検討する必要がある。

(2) 非常用推進装置

現状では実際に運転している動力用原子炉特に船用原子炉の数が僅少で未だ、その信頼性に関する実際的裏付けに乏しい。そのため非常用推進装置の必要性について

の確立された意見は見当らない。しかし、原子力機関は在来の機関以上に高度のかつ新開拓の技術を要求するものであり、まだ開発初期段階にあることを考えればその信頼性が在来の機関のそれを上廻るとは考えられない。また現状でも中型以上の船舶の殆んど全部がボイラを2基以上装備しているが、原子力船の場合は原子炉の性質上殆んど船が1基しか炉を装備しないであろうという点も考慮する必要がある。

一方原子炉あるいはその重要補機が故障した場合、作業のため近付けるようになるまでには炉停止後ある程度の時間放置しておく必要がある上、大きな設備と細心の作業を要する炉心の修理、取替は、海上では不可能であり(特殊な例では船内に設備を有し、海上にても可能である。例えば英国ヒントン卿発表の計画タンカー)、原子炉付属補機類に関する作業も放射線被射量の関係で炉付近での滞在時間に制限をうけるので、実際上海上では点検と小修理に止まるものと思える。

以上のことを考え合せると原子炉1基の場合は非常用推進装置を設けるのが当然であろう。超大型高速商船や大型戦艦艦艇で原子炉を2基またはそれ以上装備する場合は船種、航路等を考慮して、その都度決定すべきであろう。レーニン号は砕氷船という特殊事情から常用原子炉2基、予備原子炉1基をそなえており、従つて非常用推進装置をもっていない。勿論、将来原子炉の信頼性が高まれば、1基装備の船でも非常用推進装置の必要性のなくなるのは当然である。

出入港時、放射能の危険性を幾分でも下げるため、その時だけ在来の機関で運航するよう計画した例もあるが、これは特殊な例であろう。この場合は非常用の推進もこの機関によればよい(日産汽船船油兼用船、スエーデン Götaverken 社計画タンカー)。

非常用推進の動力装置の型式はその重量、容積、価格、取扱や保守の難易、燃料消費、信頼性等について検討の上決定すべきであり、また主機関の型式、主補発電機の型式および容量、推進軸駆動方式その他にも左右されるであろう。しかし各計画の例をみると大部分がディーゼル直結あるいはディーゼル電気推進を採用している。

動力装置の出力とその場合の速力であるが、各計画船のうち明記してあるものの殆んど全部が6~7ノットの速力を採用している。非常用推進装置のみによる航続力も上の出力や速力と同様個々の場合について検討すべきであるが、ここ当分の間は原子力船の修理は一、二の特定港に制限されるであろうし、安全とはいえ故障した原子力船を一般港湾が入港を許可するのは疑問であるから途中で燃料油を補給しえない場合のあることを考慮して

おかねばならない。

参考のため以下に詳細の判明している非常用推進装置の例を記載してみる。

1. 米国海軍潜水艦ノーテラス号

世界最初の原子力船でもあり、また軍用でもあるためディーゼル発電機、非常推進用モーター、非常推進用蓄電池を備え、推進軸系は船首から主機、クラッチ、非常推進用モーター、推力軸受、プロペラの順で配置されている。普通は水上、水中を問わず炉=主機で推進し、非常推進用モーターは空転させておく。炉故障時はクラッチを外して主機タービンを停止させておき、水上ではディーゼル発電機=非常推進用モーターおよび蓄電池充電、水中では蓄電池=非常推進用モーターという推進方式になる。

2. 米国貨客船サバナ号

主減速装置に結合された非常推進用モーター (take home motor) 750 IP 1台を備えており、主タービン空転損失を差引き、約 640 IP が推進に使われる。平水中の速力は6ノットである。この電力は、炉用、機関用補機や雑用の電力とともに 750 KW ディーゼル発電機2台より供給される。

また、この時重油焚ボイラで雑用蒸気を得るとともに、主抽気エゼクターを働かして主タービン内を減圧し、空転損失を最小ならしめる。

3. 日本原子力船調査会 P₁, P₂, B グループ計画タンカー

最初から非常用推進装置を考慮しないことにして計画を進めた。これは必要性を認めなかつたためではなく、計画当初の事情によるものである。

4. 大阪商船移民船

高速ディーゼル機関 2,000 BIP 1基を装備し、減速装置 (主タービン用とは別個に装備)、および嵌脱装置を介して右舷中間軸に結合している。非常推進時は中間軸接手のボルトを外し、主タービンと縁を切る。速力は7ノットである。本船ではこの方式と油焚非常用ボイラにより主機を廻す方式とについて、概略設計を行つた結果、この方式の方が雑用蒸気用の小型ボイラを含めて、重量、スペース、燃料消費量の点で有利であると判定している。

5. 日立造船計画タンカー

非常用ディーゼル発電機 1,700 KVA と電動機 1,000 IP を各1台装備している。

6. 川崎重工業計画海洋観測船

非常用ディーゼル発電機 350 KVA と電動機 120 IP を各2台装備している。非常推進時には前者のうち1

台を使う。

7. ドイツ Illies 氏計画タンカー (蒸気タービン)

主減速装置に補助発電機を結合しており、非常推進時には非常用ディーゼル発電機 (1台) より電力を供給して推進モーターの役をさせる。

8. 米国 G. E. 社計画タンカー

油焚補助ボイラで主タービンを廻す。

9. 日本原子力船調査会 G グループ計画タンカー

単段減速装置および流体接手を介して主減速装置の一段児歯車に結合した油焚ガスタービンにより推進する。この場合主タービンは流体接手により縁をきる。速力は約7ノットである。

10. 米国 Gibleon および kurz 氏計画タンカー

ディーゼル発電機 600 KW 2台 (併用) と電動機 1台を装備する。

11. 米国 General Motors 社計画タンカー

油焚補助ボイラと非常推進用蒸気タービン 750 IP 各1台を装備する。

12. ドイツ Busch 氏計画タンカー

ディーゼル発電機と Pleuger アクチブラダーにより推進する。

13. ドイツ Illies 氏計画タンカー (ガスタービン)

主推進タービン駆動の発電機に非常用ディーゼル発電機より電力を供給して推進モーターの役目をさせる。

14. 英国ヒントン卿発表計画タンカーおよび Yarrow 社計画タンカー

明記していないが、油焚補助ボイラで主タービンを廻すものと思われる。

15. 米国 North American Aviation 社計画タンカー

主減速装置の一段児歯車にタンデムに連結した2台の 400 IP モーターにより推進する。電力は 1,000 KVA ディーゼル発電機2台の内、1台から供給する。残り1台は炉関係の非常電源に用いる。モーターは通常主機と縁をきっておき必要に応じボルト式接手でつなく。

② 艦装に関する問題点

ここで第一にあげる必要のあるのは放射線にたいする問題である。その外にこまごましたことを列記しておく。

(1) 放射線の問題

通常原子炉を機関室内またはその隣接部に配置することが多い。また前記の③④の直接回路方式では、原子炉内を通つた流体 (蒸気、水、ガス等で原子炉冷却材と

呼ばれる)が遮蔽を施した区画内の主機その他の中を流れる。従つていずれの場合も機関部員は放射線源の近くで作業することになる。また原子炉付属機器の保守、点検あるいは簡単な修理の時は、炉を停止させて放射線量を下げた後から近付くのであるが、作業時間を極度に短縮させるとはいえ相当量の放射線を受けることは明かである。

もちろん機関部員が作業中にある場所は十分許容量以下になるように、炉その他の放射線源に遮蔽を施している。最近では下げるように勧告されたが、それまでの放射線作業人の国際許容基準値は300 mrem/weekとなっていた。原子力船計画では大抵の場合300 mrem/weekの何割かを計画目標とし、それ以下になるように計画している。例えばサバナ号の機関室は100~10 mrem/weekを計画目標としている。しかし許容量以内でも全然放射線をあびない人にくらべると、ごく僅かではあるが悪影響はある。

なお、燃料被覆の破損は絶無とはいえず、破損すれば直接回路方式、間接回路方式によつて差異はあるが、機関室の放射線量は当然多くなってくる。以下に原子炉を機関室内、またはその隣接部に配置した場合に考慮すべき事項を列記してみると、

1. 常に人員が配置していなければならない場所は出来れば炉より離す。場合によつては遮蔽を考える。これには制御室、主機ハンドル位置等が関係する。制御室は計画によつては機関室外に配置することも考えられる。
2. 連続運転または運転回数の多い機器やたえず監視を要する機器などは出来れば炉から離す。これには推進関係機器、発電機、配電盤等が相当する。
3. 前述のように機関室は居住区よりも、放射線量が多いので当然被管理区域となり、入室を制限される。そのため出入口の数や配置に考慮を払う必要が起ってくるであろう。通常使用する出入口を1箇所とし、別に非常用出口(軍艦等で用いられるもので通常閉じておき、強く蹴るか叩くかすれば簡単に破れるもの)を必要数設ける方法も考えられる。一方海難による没沈や火災の場合の非常口は在来船と同じ考えて配置すればよいが、炉事故の場合の非常口として、放射線の点から出来るだけ安全と思えるものを設ける必要がある。また出入口に監視員を常置させるとか、鍵をかけるということも出来ないと思うから、機関室に入るには必ずワッチ責任者の配置位置を通らねばならないように、グレーチング梯子等を設けておくのも一法と思う。

4. 出入口付近に身体、衣服、手袋等のモニタリング(放射能有無の検査)、消音、臭分等の設備を設けなければならない。
5. 原子炉冷却材、二次系の蒸気、給水系統等の外にビルド、空気モニタリング装置が必要である。
6. 通風トランクの機関室内吹出端、吸入端の配置を十分吟味し、空気の滞留することのないよう計画しなければならない。換気回数も在来船よりも増すことになるだろう。何らかの理由で機関室内の放射能が強まった時、機関室内の空気を居住区に流入させぬため、出入口を十分気密にし(場合によつては二重扉装備)、排気通風機を給気通風機より強力にして室内を負圧に保つ必要もあるだろう。また、船速、風向、風速の如何にかかわらず給気通風機が衝突、マスト等から放出される放射性廃棄ガスを吸入する恐れのないようにしなければならぬ。いずれにしても給気、排気とも、主トランクにフィルタを装備する必要があるだろう。
7. 安全のため、居住区を原子炉、従つて機関室から遠く離して設けた船では機関室を完全な自動制御や遠隔操作にせぬ限り不便なことが多い。例えば機関室へ行くのに時間がかかつて急用の時に間に合わない心配もあり、タンカー等で各ワッチ毎に長いギャングウェイを往復するのは悪天候の場合相当な苦痛である。

上記の放射線に関する考慮はあまりにも心配しすぎると思えないこともないが、用心の上にも用心という意味で列挙したものである。将来、原子力船が多数就航し多くの実績がえられるようになれば、かつてボイラが敬遠され過ぎたのと同様、単なる杞憂にすぎなかつたと判断されるかも知れない。しかし現在の許容量でも少いとはいえ悪影響のあることは認められており、従来の傾向をみてみると、研究の進むにつれて許容量自体が下げられてきているのでこの問題は事情の許す限り用心するに越したことはない。

炉を機関室より相当距離をはなして配置する船では機関室に対する放射能の影響は小さくなり、特に取上げる程の問題でなくなる。

(2) その他

艦装に関する問題点のうち、今までのべてきた各項目や後の各項目の説明の中にも関係する事項はその都度触れているが、ここではそれら以外の点で気付いたことをあげてみる。

主機や発電気タービンに飽和蒸気を使う場合は蒸気流量(重量)は増すが、蒸気の比体積が小さいので同一出

力では蒸気管の径にあまり差がない上、温度の点から使用材料に高価なものがいらなく、配管もしやすいので楽になる。しかし復水、給水系統では管径が大きくなる。

船速が速くなるのでスクープによる主冷却液水取入がよく使われるようになるだろう。

防火対策は在来船でも十分行っているが、原子力船では火災は炉の制御装置や安全装置の破壊、放射性物質の無制御放出を伴う危険性があるので特に留意すべきものである。

蒸気タービンを利用する 間接回路方式の①②において、熱交換器が油断して一次系の蒸気または水が二次系に混入した場合、二次系も放射性になる。前述のようにこの汚損は一次系の水の O^{16} が中性子を吸収し、陽子を出して放射性的 N^{16} になるために生じたものだが、 N^{16} は気相より液相に止まる割合が大きく、またこれの γ 線放出半減期が 7.38 秒ですぐに弱まる。しかし客船などの場合は暖房その他の甲板用蒸気に影響を及ぼすのを極力さけねばならないから、この事故にたいする対策として別に小さい低圧蒸気発生器を設けて三次蒸気を作つて供給し、更に炉停止時間に重油焚ボイラを設けなければならぬだろう(例、サバナ号、レーニン号)。旅客のない船では影響の割合をしらべてから決定すべきであろう。著しい影響がなければ寒冷水域航行船でないものは二次蒸気をそのまま暖房等に使い、事故時は次の修理までの間使用量をへらすか、使用禁止にしておいてよいのではなかろうか。タンカー等で荷油加熱用低圧蒸気発生装置をもっているものはこれを流用するから問題はない。

次に煙突の問題がある。原子力船は煙突不用であるというのが常識になっているが、補助爐、ディーゼル発電機等の燃焼排気や一次系系ガス等の放出も考えねばならない。かつてディーゼル船出現当時、従来のような大径の煙突を廃止した船があつたが funnel mark の入れ場所に弱つたという話をきいたことがある。極端な考えかも知れないが他船や港湾関係者に原子力船であることを認識させるために法令等で煙突を廃止するよう強制されることも考えられる。ここでも問題の提示だけに止めておく。

電気装置に関する問題点

原子力船では原子炉関係補機に相当多くの電力を必要とし、特に間接回路方式では一次系冷却材の循環に大馬力の補機を必要とする。例えばサバナ号は主機連続最大出力 22,000 SHP であるが、出力 250 KW の循環ポンプ 4 台常用と発表している。従つて従来船以上の容量の

発電装置が必要となる。また、発電機 1 台当り容量はこれら大馬力補機の起動能力の点から押えられる場合が多い。直接回路方式の内、沸騰水型炉は炉内水の強制循環の割合如何によつては在来船よりやや大きい位の容量で間に合うこともある。同方式のガス冷却炉も間接回路方式にくらべて循環用送風機が不用なため、あまり大きな容量を必要としないだろう。

間接回路方式の一例として原子力船サバナ号と在来船の米国マリナー型貨物船の場合を比較してみる。前者は貨客船、後者は貨物船の違いはあるが、大体良く似た船であるのでよい参考になる。

サバナ号(原子燃料、蒸気タービン貨客船)

主機出力	Nor	20,000 S.H.P
	M.C.R.	22,000 S.H.P
発電装置	主発電機	(タービン駆動)
		1,500 KW × 2 台
	補助発電機	(ディーゼル駆動)
		750 KW × 2 台
	非常用発電機(同上)	
		300 KW × 1 台

マリナー型(重油焚蒸気タービン貨物船)

主機出力	Nor	17,500 S.H.P.
	M.C.R.(商用)	19,250 S.H.P.
	M.C.R.(軍用)	22,000 S.H.P.
発電装置	主発電機	(タービン駆動)
		600 KW × 2 台(軍用時には 2 台追加する)
	非常用発電機(ディーゼル駆動)	
		75 KW × 1 台

この 1 例をみても発電装置が大きくなつていことが分る。

また、炉起動前加熱、炉起動、炉故障時の冷却および制御、非常推進時等、在来船以上に消費電力をしらべるべき場合が多い。更にまた、それらの場合に使用すべき補助機器の使用区分、負荷率等についても原子力船の立場から検討し直すべきである。

主発電機駆動装置は次のような例が大部分である。すなわち、主機が蒸気タービンの場合は補助蒸気タービン駆動、主機がガスタービンの場合は主機駆動、一方補助発電機はディーゼル駆動が多く、非常推進に電動機を利用する場合の電源になつてい例が多い。

これらの主、補助発電機の容量、台数、駆動機の種類等は関連する事項が極めて多く、いろいろの場合の消費電力をしらべ、個々の船について十分検討した後に決定すべきものである。この決定結果が機関部計画の優劣を大きく左右することになるであろう。なお、炉の制御、計

測装置等は電源停止の場合も送電を止めるわけにゆかないから蓄電池を2組以上装備し、安定した電源を確保しておかねばならない。補助発電機（大抵の場合ディーゼル駆動）の自動起動の確実性が高く、また自動起動時間が短かければ、この蓄電池容量は少なくて済むが現状では相当大容量のものとなるであろう。在来船でも勿論だが原子力船では特にこの確実性と短縮化がのぞまれる。

② 制御に関する問題点

原子炉およびその付属機器は放射能の点から考えても、また大部分の船においては耐圧構造の格納容器（コンテナ）内に配置されている点から考えても、手動操作は当然不可能で遠隔操作に頼る外はない。一方炉の制御には高級な制御装置が必要で、人間の能力では実行不可能なものもある。

この場合同じ船の主機およびその付属機器の操作や制御が在来船同様のものでは外観上のみならず機能上からも不均衡を免れず、在来以上の方法がとられなければならない。差当つては主機および主要補機が制御室から操作され、間歇使用補機、非常用補機の運転と主機、主要補機の発停時付随諸操作、監視、調整のみが機側で行われることになるであろう。③、④の直接回路方式では主機その他も二次遮蔽内に配置され、運転中は見ることも出来ないのて遠隔操作の度が増してくる。従つて、主要弁類の遠隔操作等も必要となつてくる。また工業テレビの活用も考えられる。いずれにしても信頼性が十分あつて、操作容易なものが望まれる。将来は、1人だけが監視役として、機関室に残っているか、全然1人も入らずに事故時以外は控室で待機しているようになるであろう。その場合、機関室の空気調和や、放射線の問題も簡単になる。こうなれば制御室の者を除き大部分の機関員は現在のように機械を動かす人から航空機整備員の如く整備する人となり、機械が動いている間は暇な者程優秀な機関員であるというようになるかも知れない。

なお、上記の傾向は計測機器の増加、高級化を伴うが、それにつれて、次のような点に考慮を払う必要が起つてくる。

1. パネルが大型化し、配置位置に制限をうける。また監視に便利なパネル様式を検討しなければならない。
2. 電子機器の増加に対応して、制御室のエアコンディショニングが必要になる。
3. 船体振動の少ない場所に配置しなければならない。耐振計測機器や防振支持法の採用も必要になる。
4. 在来船になかった計測機器、整備、保守専任者を

配属する必要がある。

機関部の遠隔操作、自動制御が進歩するにつれ、船の運航、操船時の連絡が在来のようなテレメーター、電話によるような簡単なものから、もつと緊密なものとなることが考えられる。これら機構系列や管理制度の改革は関連する事項が多く、今後の研究にまつべきものである。

③ 沸騰水型直接回路方式に特有の事項

③の沸騰水型炉直接回路方式では炉を出た蒸気が直接主タービンその他に入ることになるから熱交換器を介する他の方式に比して、難しい問題が多い。以下にこの方式に特有な機関部関係の問題点をとりあげ、G.E. 社計画タンカーの場合の例について述べてみよう。

1. 主機その他は二次遮蔽内に配置される故、定常運転中は簡単に近付けない。従つて遠隔操作を必要とする。

本船では定常運転中はマスターコントローラーにより前後進操縦弁、バイパス弁をコントロールしており、起動、停止操作時のみ遮蔽内に入つて操作するようにしている。

2. 主機用以外の蒸気、特に雑用蒸気には炉より出たものをすぐに使用することは困難で、何らかの方策が必要である。

本船では主復水を全部イオン交換塔を通した後、その一部を蒸気発生器に送り、そこで発生した蒸気をターボ発電機、造水装置、甲板雑用に使っている。またバッテリー、タンク加熱用等に重油焚補助罐を設けている。非常推進時にはこの罐から主タービンに蒸気を送る。

3. 炉から出た蒸気は放射能の点から漏洩を極度に少なくしなければならない。
4. 海水中の N_2 が冷却材中に入ると放射性になるから、復水器での海水漏洩を起さぬよう、極度に注意しなければならない。

本船では管、管板に 90-10 キュプロニッケルを使い、管板を二重にして、管をロール締めしている。

5. 原子炉へ送入する水は従来考えられているよりもずっと高い純度を保たねばならない。そのため給水、復水系統の管はステンレス内張り、またはステンレス製としなければならない。また補給水純化用のイオン交換塔を装備することは勿論、大容量の復水純化用のイオン交換塔が必要になる。
6. 管、弁、ポンプ、熱交換器等の構造によつては一部に放射性物質が蓄積する恐れがある。蓄積量を調査するとともに流体の流れ具合を検討して形状を決定

しなければならない。

7. 原子炉から出る蒸気の中には (a) 水の中性子照射により作られた放射性 H^{16} , O^{17} 等 (b) 水の放射線分解により生じた水素と酸素 (非放射性), (c) 燃料要素が破損した場合に出てくるキセノンとクリプトン等のガス (放射性) を含んでいる。これらはすべてタービンや復水器へ漏洩して入ってくる空気とともに抽気エセクターから取出して処理されることになる。間接回路方式では上記のガスは一次系回路内に限定されるからその処理装置は炉付属装置として扱われるが、今の場合は主機付属装置になる。

上記ガス中 (b) は放射性はないが量が多く (体積で約40%) 爆発性であるから再結合装置、冷却器を通して水に戻す。(a) は半減期が短いので冷却器を出たガスを数分程度とどめておいてから放出すれば危険がない。しかし (c) が出たことが分ればガスは高压容器内に長時間貯蔵しておいて、危険がなくなつてから放出しなければならない。

いずれにしてもタービン、復水器での漏洩空気量をへらすようにしないとこれら廃ガス処理装置の容量が大きくなる。

この G. E. 社の計画以外にスウェーデン Götaverken 社計画タンカーがあるが、これは船体中央に原子炉およびその付属装置、主タービンを装備した電気推進船で、補助蒸気は油焚ボイラより供給し、推進電動機用以外の電力はディーゼル発電機より供給している (いずれも後部機関室に配置) 詳細は不明だが上記諸問題を少しでも緩和するためにとられた配置方法であろう。

② 原子力ガスタービン船に特有の事項

化石燃料による大型ガスタービン船は、数が少ないが原子力船の場合はその割合が多くなるように考えられる。以下にその場合の問題点をあげてみるが、化石燃料のガスタービンと共通のものも記入した。

1. 効率、重量、スペースの点から直接回路方式の方が有利であり、ペーパープランでもその方が多い。この場合、主機その他は二次遮蔽内に配置される故、簡単に近付けない。従つて、遠隔操作を必要とする。
2. 原子炉冷却材に適したガスは H_2 , N_2 , CO_2 等であり、現在開発されている化石燃料用ガスタービン機関のガスと性状を異にするので、それらのガスに適したタービン、圧縮機、熱交換器、管系等を開発してゆかねばならない。
3. 特殊のガスを使う点から考えてガス漏洩を極度に少なくしなければならない。特に直接回路方式では

放射能の問題が加わる。

4. ガス漏洩分補充のため、貯蔵装置を必要とする。液体と異なり容器のスペース、重量が大きくなる。 CO_2 発生装置、 H_2 , N_2 採取装置等の船用に適したものが利用出来るか否かを検討する必要がある。
5. 後進方式には何を採用すべきであるか。これには電気推進、ラジアルガスタービン、トルクコンバーター、可変ピッチプロペラ等が考えられ、いずれも利害得失がある。
6. タンカーの場合、荷油ポンプ動力をどうするか。
7. 補助蒸気発生装置をどうするか。特にタンカーの場合にはバッタワースやタンク加熱に相当量の熱量が必要である。ある例ではタービン用クーラー類の冷却用海水が高温になるのを利用してそれを甲板雑用、造水装置、バッタワースタンク加熱の熱源に使っている。廃熱利用の点ではよい考えだが、実際的かどうかは詳細に検討した上でないともいえない。

③ 原子力潜水艦に特有の事項

軍用潜水艦としては既に実用されているが、商用潜水艦が実用されるようになるまでには多方面にわたる難問を解決する必要がある。従つてここには特に気付いた点を数項あげてみるが、これら以外にも多々あることは勿論である。

1. 潜水時蒸気タービン、主復水器等の海水側には大きな水圧がかかるので、管板と冷却管との水密装置が従来のものと全然異つた方式にしなければならない。また幾分でもこの問題を緩和するため、プラント効率を犠牲にしても真空度を悪くして、冷却面積をへらす必要があるだろう。その外、冷却管を長くして本数をへらして冷却水室や冷却水管径を小さくしたり、補助復水器を共用のものにして台数をへらしたりすることも考えられる。

2. 潜水艦の特色の一つは、水中高速にある故、冷却水取入口をスクープ方式としたいが、耐圧内殻に大きな開口を設けることはよくない。

外殻、内殻間にスクープ装置を設け、内殻面にほぼ直角に管を貫通させるようになるであろう。

3. 主機、補機、管系等の蒸気、ガスの漏洩は水上艦船以上に極度に少なくしなければならない。そのため補機は殆んどが電動化しなければならないだろう。ノーチラス号も発電機以外の補機は給水ポンプをも含めて全部電動である。

4. 機関室内の空気調和装置が必要になる。機関室で

は特に主機、ターボ発電機、蒸気管等の放熱が問題になるだろう。ノーチラス号でも大問題であつたようだ。

§ あ と が き

以上、いろいろと気付いた点を述べたが、著者らの調査不十分のため重要な点を漏らしていたり、また中にはすでに解決済みのものもあることと思うがその点は御了承がいたい。またこれらの問題点はあくまで著者らの私見であることを強調しておく。

なお、これらの問題点を解決してゆくため、原子力船研究協会その他が中心になり、各種研究機関、民間会社等が努力しておられることを報告しておく。

文 献

ここには建造中または計画の原子力船に関するもののみをあげる。原子力船一般または部分的事項に関するものは記載していない。

- (1) "The Nuclear Propulsion Plant of the U. S. S. Nautilus SSN-571"

by L. H. Roddis, J. W. Simpson,
ASME 1954

- (2) "U. S. S. Nautilus"

Nuclear Engineering, Nov. 1957

- (3) "The Nuclear Powered Passenger-Cargo Ship"

by D. C. MacMillan, 1957年7月米国
原子力船シンポジウム報告書(船舶33年2
月号に邦訳あり)

- (4) "Design of First Merchant Ship Nuclear Propulsion Plant"

by R. P. Grimes, 1957年7月米国原子
力船シンポジウム報告書(船舶33年2月号
に邦訳あり)

- (5) "Power Plant Design for N.S. Savannah"
by G. H. Hodges

- (6) "Design of the Power Plant for the First Nuclear Merchant Ship"

by R. L. Whitelaw, 1958年3月
Nuclear Engineering & Science Con-
ference (内容は上記 Hodges 氏のものと
大差なし)

- (7) "Reactor Physics and Core Design of the Merchant Ship Reactor"

by P. M. Wood & Z. Levine, 1958

年3月 Nuclear Engineering & Science
Conference

- (8) "The Power Plant for the First Nuclear Merchant Ship (N. S. Savannah)"

by J. W. Landis 1958年8月米国原子
力船シンポジウム報告書

- (9) "Design Considerations in Nuclear Merchant Ships"

by R. P. Godwin & D. L. Worf
1958年第2回ジュネーブ会議提出論文

- (10) "ロシア砕氷船の原子力機関"

Nucleonics, Aug. 1958 (page R 3)

- (11) "The Soviet atomic icebreaker Lenin"

Shipbuilding & Shipping Record, Sep.
12, 1957.

- (12) "Atomic Icebreaker Lenin"

by Alexandrov 外3名 1958年第2回
ジュネーブ会議提出論文

- (13) "日本原子力船調査会 P₁ グループ報告書"

- (14) "日本原子力船調査会 P₂ グループ報告書"

- (15) "原子力移民船の設計試案について"

by 松崎豊三外2名 第1回原子力船シ
ンポジウム論文集

- (16) "原子力移民船"

1958年第2回ジュネーブ会議提出論文

- (17) "65,000重量吨, 25,000馬力, 原子力タービン
タンカーの設計について"

by 能丸敏 第1回原子力船シンポジウ
ム論文集

- (18) "原子力推進 鉱油兼用船の特徴について"

日産汽船

- (19) "原子力商船の基本計画並びに配置について"

by 田中兵衛 船舶33年8月号

- (20) "原子力実験兼海洋観測船の設計"

by 当社原子力船研究室, 原子力研究室

- (21) "原子力実験兼海洋観測船の設計"

by 当社原子力船研究室, 原子力研究室

FAPIG 第6号(33年10月)

- (22) "Kernenergie-Antriebsanlage für ein Tankschiff"

von K. Illies, Jahrbuch der Schiffbaute-
chnischen Gesellschaft, 1956.

- (23) "Auslegung, Entwurf und technische Probleme einer Druckwasser-Reactoranlage für

- ein Tankschiff von 10000 WPS”
von K. Illies, Atomkern Energie, Dez.
12, 1958
- (24) “原子力潜水タンカーについて”
by 重満通嗣 第1回原子力船シンポジ
ウム論文集
- (25) “Mitsubishi nuclear submarine tanker
design at Geneva”
Shipbuilding & Shipping Record, Aug.
28, 1958
- (26) “Possibilities and Conditions of Use of
Water or Gas Type Reactors in a Tan-
ker”
by L. Bureau du Colombier 外
1958年第2回ジュネーブ会議提出論文
- (27) “A Nuclear Whaler”
by George K. Brokaw 外
Nuclear Engineering Nov. 1958.
- (31) “日本原子力船調査会 B グループ報告書”
- (32) “Summary Report of a Closed Cycle
Boiling Reactor for the Propulsion of a
Merchant Ship”
by C. J. Brous 1957年7月米国原子
力船シンポジウム報告書
- (41) “Preliminary, 22,000 Shaft Horsepower
Shipboard Boiling Water Reactor Plant”
by General Electric Co.
- (42) “Boiling Water Reactor for Merchant Ship
Propulsion”
by R. L. Schmidt & L. F. Fidrych,
1958年8月米国原子力船シンポジウム報
告書
- (43) “Project for Machinery of 65,000 tons
Nuclear Tanker, Designed at Götaverken”
by L. Nordström & T. Thunell, In-
ternational Shipbuilding
Progress, Aug. 1958
- (51) “日本原子力船調査会 G グループ報告書”
- (52) “20,000-S. H. P. Nuclear Propulsion Plant”
by R. P. Giblon & G. H. Kurz,
Motor Ship, Mar, 1957.
- (53) “20,000-S. H. P. Nuclear Propulsion System
for Tanker: General Summary and Con-
clusion”
1957年7月米国原子力船シンポジウム報
告書(船舶 33年8月号に邦訳あり)
- (54) “Gas-Cooled Reactor Concepts”
by W. I. Thompson, 1957年7月米国
原子力船シンポジウム報告書
(船舶 33年12月号に邦訳あり)
- (55) “Kernenergie-Schiffsanlagen mit Gastur-
binen”
von J. Busch, Schiff und Hafen 1958
H. 2
- (61) “Technische Überlegungen zu Kerne-
nergie-Schiffsantriebsanlagen mit Gastur-
binen”
von K. Illies, Atomkern Energie,
Okt. 1957.
- (71) “Ships: Gas-Cooled Reactor is the Choice”
by C. Hinton & R. V. Moore,
Nuclear Power, Jan. 1958.
- (72) “Nuclear Propulsion of Ships”
by C. Hinton & R. V. Moore, The
Engineer, Nov. 29, 1957.
- (73) “船舶の原子力推進”
日本原子力産業会議, 原子力資料 No. 21
- (74) “Firms’ design, Babcock and Wilcox Co.”
Nuclear Power, Jan 1958.
- (75) “Future Trends in Marine Engineering”
Shipbuilding and Shipping Record,
International Design & Equipment,
1958
- (81) “Organic Cooled and Moderated Reactor
Approach to Marine Propulsion.,
by R. J. Gimera, 1957年7月米国原
子力船シンポジウム報告書(船舶 33年6
月号に邦訳あり)
- (82) “船用有機液体原子力プラントの予備的研究”
by 東大西脇仁一外, 第1回原子力船シン
ポジウム論文集

原 子 力 船 (2)

1958 年ジュネーブ原子力平和利用国際会議より (ニュークリア・パワ誌より要訳)

船関係の残りの論文は、根本的な考え方において著しい対照を示している。英国から寄せられた二つの論文は、極度に控え目な態度を取っているから、さきの議論で大部分は論じ尽されているのであるが、日本から出された二つの論文は、熱心のあまり、応々にして、技術的な信頼性の限界に近いところまでも扱っている。残念なことに、スカンジナビアの諸国や、オランダ、ベルギーなどからは、何も提出されなかつた。というのは、フランスの慎重かつ楽観的な行き方に対して、これらの諸国が何らかの見解を示したならば、それは、中間の行き方を暗示するものとして極めて価値の大きいものであつたろうと思われるからである。

4. 英国のガス冷却炉

船用ガス冷却炉の考えは、英国の権威者 R.V. Moore と C.E. Iliffe によつて完璧に検討された (266)。在来船における機械、燃料および燃料庫の全重量からみて、原子船に対しては、機械類全体の重量が 400 lb/hp を目標にするのがよいとされた。主要要素は遮蔽体の重量であるから、これが炉の大きさと材料の密度によつて

どう変わるかも調べられた。例えば、直径 10 ft の反射体は普通のコンクリートで 2,000 t、重い骨材を用いたコンクリートで 1,300 t を要する。

炉心の大きさは、減速材対燃料の比によつて大きく影響されるが、この比は水の場合 3 対 1 であるのに、黒鉛の場合には、都合の悪いことに 40 対 1 となる。経済性の比較となると、燃料を必要な程度にまで濃縮するのに要する費用も問題にされねばならない。ガス冷却炉においては低濃縮が可能であるということは、この型の炉を撰定するに際して、極めて重要な因子となつている。炉心の寸法を小さくするには、燃料を出来るだけ薄く分割するのがよい。こうすれば出力密度が増加するからである。ガスの温度が高ければサイクル効率が大きいから、ガスの温度を高めることが望ましいのはいうまでもない。以上のことを具体的に示せば第 1 表の如くである。なお併せて燃料サイクルをも示しておいた。

商船に関する Smith と Richards の論文 (265) は、本質的には、彼等が 1957 年 6 月にスコットランド造船工学会に提示した問題の経済的な側面を扱つたものである。結論として、最高の濃縮度は 1.4 であること、並び

第 1 表 ガス冷却炉の比較 (Moore と Iliffe による)

燃 料 要 素	マグネシウム合金で包まれたウラン金属・燃料棒 18 本、直径 0.3 インチ		サーメット: UO ₂ 15 pc wt S.S. 85 pc wt 厚さ 0.045 インチの平面板
円筒型容器直径	18 ft 6 in.		7 ft 4 in.
円筒型容器厚み	3 in.		3 in.
炉 心 直 径	14 ft		4 ft 9 in.
チャネルの長さ	13 ft		4 ft 8 in.
蒸気圧力 (psig)	300		800
入口ガス温度 (°C)	217		260
出口ガス温度 (°C)	400		480
最高燃料要素表面温度 (°C)	450		600
照 射	3000 (MWd/Te)		UO ₂ の 5 pc wt 損傷
平均燃料率	11.85 (MW/Te)		0.98 (MW/kg U-235)
タービン停止バルブ蒸気温度 (°F)	702		840
タービン停止バルブ蒸気圧力 (psia)	500		1030
軸 馬 力	50,000		50,000
燃 料 サ イ ク ル	1 回 使 用	pu 平衡再循環	
臨 界 濃 縮 度	1.28 Co	1.28 Co	重さで UO ₂ 15 pc
燃 料 濃 縮 度	1.34 Co	0.885 Co	" 17.7 pc
減 損 濃 縮 度	0.96 Co	0.675 Co	" 12.7 pc
メークアップ濃縮度	—	1.00 Co	—
再 循 環 率	—	0.354	—

に少なくとも 20,000 shp を要する 船に限ることを述べている。

余りに高価な米国型式

今のところ、運転実績のあるものとしては、加圧水型だけしかないが、これは資本費がかかり過ぎるし、また商業的な利益からみて、サイクル効率が低すぎる。水の代りに有機液体を用いれば、系の圧力を減ずることは出来るが、しかし、また液体の熱伝導率をも減ずることになる。更に資本費の軽減されることも期待されているが船に應用して好適かどうかは、放射線による照射と高温の下で、炭化水素が安定であるという期待通りの報告を得てからでないと決められない。米国の経験を報告するところによれば、この考えについて自信を持つてもよいことがわかった。論文 606 においては、船への應用に関して充分討論がなされており、また、論文 421 では、技術的に可能であることが実験的に証明されている。

ガス冷却系では高いサイクル効率が得られる。黒鉛減速と重水減速が考えられるが、設計上、力学的な複雑さを避けるために、黒鉛が採られる。英国での経験は主にこの分野のものであるが、最小出力は 30,000 shp 以上が望ましいといわれている。

プルトニウムは 1970 年までには英国の発電所から手に入るようになる予定である。この燃料を燃やすのに最適な炉型は未だ知られていないが、恐らく負の温度係数を持つた液体減速型のものになると思われる。

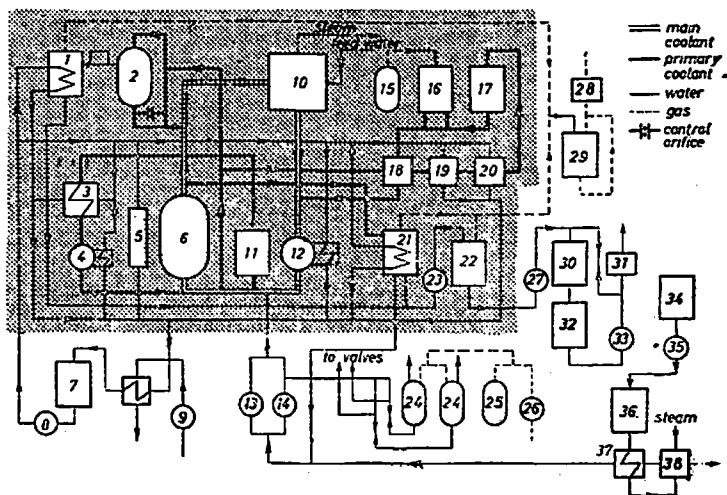
5. 日本の加圧水型原子炉

日本の海運業の経済的背景の焦点は、その全屯数が 1957 年の終りに 450 万屯であつたこと、及びその船舶による重油の消費高が陸上の発電所による消費高に近づいて来たことである。現在、年間 30 万総屯から 40 万総屯の増加が要求されており、しかも重油は全部輸入にまたねばならないのである。かように、日本は重油に代わる原子力推進の研究に対して、強く動機づけられておるわけであり、更に南アメリカへの移民船としても原子力船が適していることが示されているのである。現在この便にあたる船舶の輸送能力は、年間 8,000 人、1 航海に要する日数は 40 日となつてゐるが、原子力

船によれば、容量は 4 倍に、また所要日数は半分になしうるとされている。

ジュネーブに提出されたところによれば (1319) 船の主な特性は次のようである。

全長	205 m
満載排水量	26,380 t
載貨重量	9,100 t
旅客定員	2,500 名
乗組員数	232 名
航海速度	23.5 ノット
常用定格 (2 軸合計)	40,000 shp
蒸気条件	396 kg/cm ² , 250°C
機械重量	
主タービンおよびコンデンサー	460 t
補機	1,140 t
原子炉	480 t
遮蔽および容器	2,320 t



第 7 図 日本の原子力移民船における原子炉プラントのフローダイアグラム: 1. プローオフタンク 2. 加圧器 3. 停止時冷却器 4. 停止時冷却ポンプ 5. 遮蔽タンク 6. 原子炉 7. サージタンク 8. ポンプ 9. 海水ポンプ 10. 蒸気発生器 11. 酸素混合タンク 12. 主ターボポンプ 13. 注入ポンプ 14. チャージポンプ 15. 水素シリンダ 16. 水素噴出タンク 17. デミネライザ 18. 19. 20. 冷却器 21. フラッシュタンク 22. 廃棄物処理タンク 23. ドレインポンプ 24. 制御水タンク 25. 高圧空気シリンダ 26. 高圧空気圧縮器 27. 廃棄物処理ポンプ 28. フィルタ 29. 廃棄物処理タンク (ガス) 30. デミネライザ 31. フィルタ 32. 廃棄物処理タンク 33. 吐出しポンプ 34. 清水貯蔵タンク 35. 小出しポンプ 36. デミネライザ 37. ヒータ 38. デエアレイタ
——— 主クーラント。 - - - - - 一次クーラント。
..... 水。 ガス。 -|:- 制御オリフィス。

原子炉は主として運転実績のあるものに基づいて選定されており、180 MW の加圧水型炉である。これは、推進と船内サービスの両方の需用を満たすことになっている。プラントのフローダイアグラムは第7図に示されている。炉は次の概要々目によつて設計されている。

炉 心 寿 命	10,000 h
平均 燃 焼 率	9,260 MW d/ton UO_2
炉 容 積	平均直径 160 cm 高 さ 150 cm
幾何学的バックリング	0.00104 cm^{-2}
重 量: UO_2 燃料	8,250 kg
ジルコニウム合金	6,300 kg
体積比: $\text{H}_2\text{O}/\text{UO}_2$	1.4
$\text{H}_2\text{O}/\text{U}$	3.1
原子比 $\text{H}/\text{U}-238$	2.88
$\text{H}/\text{U}-235$	167
濃縮度: 初 期	1.7 atom pc
: 最 終	0.9 atom pc
初期 転 換 率	0.74
平均中性子束 k_{eff}	$5 \times 10^{13} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ 1.170 max (常温清浄) 1.122 (高温清浄)
p	0.791
e	1.05
冷却材圧力	140 kg/cm^2
冷却材流量	6,800 m^3/h
最大速度 (炉心)	4.8 m/sec
圧力降下 (炉心)	1.58 kg/cm^2
冷却材温度: 入 口	259°C
出 口	281°C
最高燃料温度	412 m ²
伝 熱 面 積	

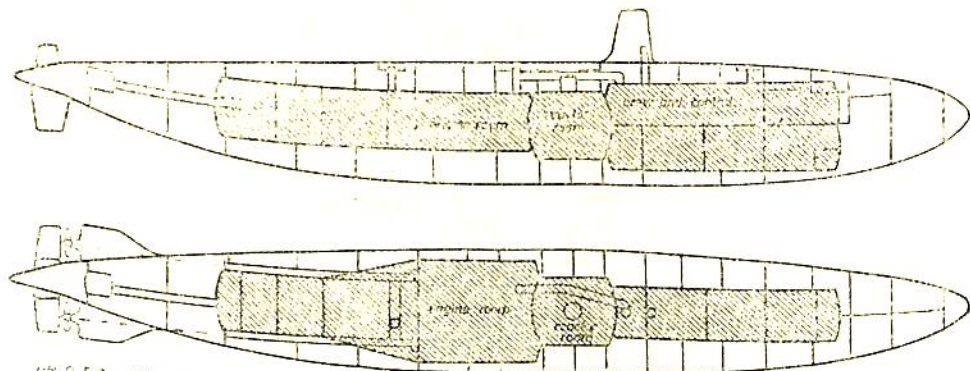
炉心においては、直径 9 mm、長さ 9 mm のペレット 54 個が外径 10.25 mm、肉厚 0.6 mm のジルコニウム合金のチューブの内部に積み重ねられて、長さ 50 cm の燃料棒を構成している。燃料棒は 13 cm のピッチで並べられた 100 個のバンドルの中におかれている。バンドルを三つ連ねて一つのアセンブリとなし、全部で 88 個のアセンブリが用いられている。

コンテナは第7図に示された一次回路の諸部分を包むのに用いられる。そして、サバンナに適用されたのと同様な基準に従つて内部の圧力 12 kg/cm^2 に耐え得るように設計されている。更に二次遮蔽と、事故の時破片が外に飛び出さないようにする目的で鉛のうち張りがある。一次遮蔽は水を満たしたタンクとポリエチレンと鉛とから成っている。高温の箇所、例えば炉の出口、蒸気発生器、およびデミネライザーなどは局部的に鉛で遮蔽されている。コンテナを取り囲む二次遮蔽は構造用鋼と重いコンクリートからなっている。これによつて、照射線量率は次の如き許容値をとるようになる。乗組員居住室 0.17 m rem/h (24 h/day): 機械区画 0.53 m rem/h (8 h/day): 倉庫および貨物倉 1.43 m rem/h (3 h/day)。

この船の建造および運轉経済については、分析が詳細になされている。機械類と船体建造費は 2,400 万ドルであり、燃料費は米国 AEC 濃縮燃料およびアルミニウム買い戻し 価格表によれば、一炉心あたり 248 万 9,000 ドルとなつている。

潜水タンカー

原子力潜水タンカーの最大の特徴は、造波抵抗を潜水によつて消去することを利用した船体の設計にある。油が貨物として選ばれた理由は、油の性質からして、荷重の分布の問題が簡単になること、および区画の耐圧性に甚しい影響を与えずに安易に取り扱いうることである。



第6図 発表された日本の潜水タンカーは内部船殻だけが加圧される；外部船体は貨物油タンク 30 個と主バラストタンク 10 個を有する。前後の空間と上部構造は水密でない。

潜水船の最大の寸法は最適の表面（表面摩擦効果）を持つということによつて決められるが、この場合、船体構造材と原子炉の出力経済も考慮に入れられるのである。（第8図）

幸い、要求される出力は論文1319で述べた移民船の機器要目と一致している。従つて、二つの動力プラントは、同様のものとなるが、ただタンカーでは貨物の取り扱いを容量 1000 m³/h の蒸気タービン遠心ポンプ3台と同じく 350 m³/h のもの2台とで行なっている点が異なる。またこれらは軽荷状態において、底荷を速やかに積み込むのに役立つことになる。安全潜航深度 100m を有する耐圧殻は内部船殻内に限られている。内部船殻は三つの主たる区画に分けられている。

1. 前方区画 めがねの枠の形をしており、居住室、制御室、補機室および四つの貨物油タンクからなる。
2. 中央部区画 円筒形をしており、原子炉コンテナと二次遮蔽体を含む。
3. 後部区画 めがねの形をした補機室を含んでおり、機関室は四つのポンプ室および四つの貨物油タンクの方へ向つて尖つて行つて、その先で円筒形となつている。

外部船体は横方向と縦方向の水密隔壁によつて分割されており、貨物油タンク30個と主バラストタンク10個を構成している。そして次のようなものが装備されている。オイルと水バラストのための配管およびポンプ、船首と船尾の潜水具、エスケープハッチを含む救命具、放射線遮蔽と保健設備、および放射性廃棄物の処理系統。

6. 今後の開発

原子力推進が海運業に利益を齎らすということは、ジュネーブの多くの論文によつて実験的に証明されたのであるが、紙面の制限上これらの中から二つだけを取り上げて述べることにする。軽水沸騰水型原子炉は非常に良好な性能を有することが証明されているから、運転回路の安定性とタービンとタービン回路の放射能化について詳細に述べることにする。遮蔽ということでは、無視され得ないにもかかわらず、既に発表された論文においては無視されていた。英国の金属—水遮蔽に関する研究は移動用原子炉に特に関係のあるものなので、これについて述べてみよう。

自然循環を行なう沸騰水型では高い熱密度の運転が可能であるという非常に重要な成果が得られた。また1937年の1年間を通じて、運転中に不時の運転停止をしたことが一度もないことから、出力時における運転の信頼性

は沸騰水型実験炉で証明されたといえる。停止回路は非常に実用的であることがわかつた。このように、充分な安定性が得られるとともに次のようなことが明らかになつた。

1. 絶体利得と位相余有は特定の炉の実験によつて知ることができる。
2. 新しいデザインの安定性は、フィードバックの解析の原理を適用して評価することができる。
3. 燃料と関係のある熱伝達の時定数を非常に大きくすれば安定性は増す。
4. ボイドの反応度は安定性に対する特異な基準ではない。
5. 出力に伴うボイド反応度の増加は安定性に関して重要な量である。
6. 沸騰している炉の中性子束シグナルにおけるノイズの大きさは、究極的な安全性とは簡単には関係づけられない。
7. キセノンの歴史はフラックスの形とともに絶対的な安定性に対して影響を及ぼすことは明らかである。
8. 安定性に対する最終的な解析においては、ボイドフラックスの平坦化は、半径方向のボイド係数の効果と関係して重要となりうる。

EBWR の運転中に得られた表面放射能の値は mr/h 単位で示せば表Ⅱのようになる。

表Ⅱ 運転中の EBWR における
表面放射能 (mr/h)

炉出力(熱)	10 MW
冷却器の後の空気イゼクタ	90 mr/h
コンデンサ温水溜	10
蒸気乾燥器	80
タービン排気ケーシング	2
給水フィルター	8
プラント空気排気口	6

この放射能の主な成分は半減期 7.4 sec の N-16 である。運転1年後、回路の機器を開いてみたら、次のような放射能が測定された。

- a. 蒸気乾燥器—5~6 mr/h (主に酸化鉄コーティングから)
- b. タービンケース (10日後)—ノズル入口において 5 mr/h。ブレードにおいて 0.2 mr/h。
- c. コンデンサー温水溜—2 mr/h 以下。

抽出フィルターとイオン交換器は同じものを二揃い備えた。各器は4インチの鉛で遮蔽された。運転中には、

これらの容器の内側で、それぞれ、1 mr/h, 10 mr/h の放射能の再生をみたが、2週間の崩壊期間を与えれば、陸上でフィルタや樹脂塔を運ぶとき遮蔽体ごと持ち歩く必要はなくなるのである。

この程度の放射能では、タービンの保護に普通用いられている方法をそれ程変える必要はなく適当な度合で局所的に遮蔽すれば、運転中でも充分タービンを保護し得ることがわかる。

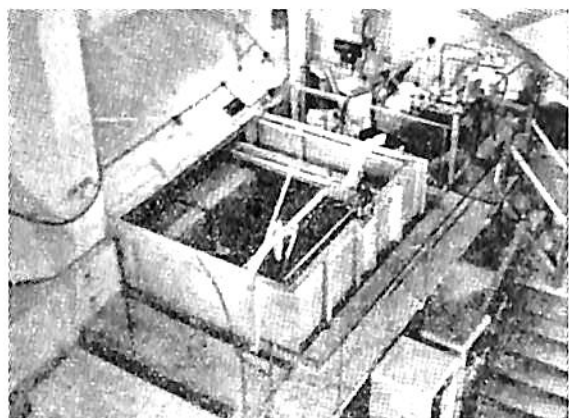
遮蔽設計

原子炉の遮蔽設計においては、主として捕獲 γ 線発生を計算するために熱中性子束と熱外中性子束の空間分布を正確に知ることが必要である。この必要性は遮蔽体が多層の金属と水とからなるとき特に重要となるが、この場合には、理論的な方法は適用不可能であるか、または甚だ厄介なものとなる。熱中性子束の分布は英国において、鉄と水とからなる多層系に対して詳しく研究されており、実験データは三群理論に基づいて解釈されている。(84/Rev 1) この三群理論のモデルは遮蔽体における中性子の運動の三種類の基本的特徴を記述している：まだ衝突を経験したことがないと仮想的に考えられた中性子の飛翔、これは「除去理論」によつて記述される；さきに述べた群から散乱の結果外れていく中性子の減速、このとき考えている層の内部で衝突したものと外部から漏洩その他で入ってくるものとを別々に扱う；熱エネルギーにおける拡散、このモデルによつてデータを充分理解するには、鉄と水に対して、三群パラメータの幾つかを経験的に得ておく必要があった。

ハーウェルにおける研究

先に述べた三群理論のモデルは一般に 20 pc より良い精度で熱中性子束や熱外中性子束を記述している、経験的なパラメータを用いれば複雑な多重層への応用も容易になる。この扱いは高速デジタルコンピュータ用にプログラムすることもでき、そうすれば平面あるいは円筒型の14領域までも扱うことができる。こうして、設計上最適な遮蔽体配置が、それ程長時間を要せず求められるのである。

実験装置はハーウェルの原子炉 Lido を中性子源として用いたものであるが、それを第9図に示しておいた。実験中のタンク内における鉄板の配置が見えているが、位置の精度は1 mm より良いものである。中性子束の測定は板の内部においてはマンガンとインジウムとの放射能化によつて行なわれ、またまわりの水の中には、B-10 F₂ 比例計数管と各方向に対して1 mm 以内に設置し得るようなコドワント肝上に持ち来たされ



第9図 Lido の遮蔽体実験タンク：鉄と水とからなる一連の多重層における中性子束分布を決定するために用いられた。

た U-235 核分裂箱によつて行なわれた。

7. 現状ではどの炉型がよいか

商船用原子炉として最適のものを選べばよいことは確かであるが、しかしどれか一つを選定するとなると他の事情も考慮されねばならない。即ち、それぞれの国の造船能力に適応しうること、貿易上の必要性、および燃料の供給に影響する経済等の条件によつて限定されるのである。しかしながら、船用加圧水型原子炉は既に2隻の商船に应用されることになつていて、2年以内には就航を予定されている。

有機液体型と軽水沸騰水型の原子炉は、その性能の改良を充分約束しており、恐らく5年以内にはそれが達成されるものと思われる。後者について、ジュネーブで示されたことは特に魅力があつた。現在検討されている利点は、一次系とコンテナの圧力が比較的低いこととタービン回路の放射能化が極めて弱いことである。これらすべては建造費と安定性の面から充分考慮に値するものである。EBWR の全出力運転によつて、運転の安定性と運転1年後における直接サイクルタービンの放射性の低いことが示されている。フランスでは要心して、中間熱交換器を仕様につけ加えたが、彼等の計算によれば、船の運動で見かけ上重力に変化を生ずるときでさえも、安定性は強くは影響されないとされている。低蒸気条件という制限が、常に水系統につきまとつて来たのであるが、Allis Chalmers の提唱する核過熱を伴つた強制再循環沸騰水炉ではこの制限は除かれる。蒸気は 525 psi, 825°F で作られ、炉は1962年には発電所で用いられる予定である。濃縮度と原子炉がコンパクトに出来上つているということは密接に関係している。プルトニウム

ムは液体減速系の持つ負の温度係数によつて将来脚光を浴びることと思われる。米国では1962年までに BWR 推進による原子力タンカーを建造することを予定していると John Cockcroft がジュネーブ会議の結びにおいて述べたのも、これらいろいろの議論によつて恐らく促進されたものである。

3年前のことであるが、高温ガス冷却の密塞サイクルに直接つながる原子炉の考えが、Institute of Marine Engineers の論文に提出された。恐らく、10年あるいは15年以内には達成され得る長期計画としては、この可能性は依然妥当なものである。フランスの研究はこれを支持している。また米国海運局もゼネラルダイナミック社との提携で7年以内に原型の運転を行なうといっており、その可能性は充分である。

規則の実施が必要

論文の討論中に、数名の著名な講演者によつて、建造と運転実施に関する規則の早期成立が要求された。国家的な水準においては、運輸相が関係委員会の代表者を招いて、海上並びに港湾における原子力船の安全性について勧告を与えている。船に関する論文のすべての著者が彼等の設計において安全性の面が特に重要であることを強調している。より詳細に亘つては、多くの著者がコンテナおよび放射性廃棄物等の論題で考察を試みて、いる。論文2352は特に、多くの国々の法律を考慮しつつ債務および財政的保護の問題を討論するために提出され

たのである。英国政府は、以上の問題が海上における人命安全に関する国際会議(1960年)に上提されるよう各国に提案している。

参考文献

- 266 UK Nuclear propulsion for ships. Moore & Iliffe
- 265 UK Nuclear propulsion for merchant ships. Smith & Richards
- 421 USA The OMRE—a test of organic moderator/coolant concept. Trilling
- 606 USA Application of organic moderated reactors to central station power and marine propulsion. Weisner & Parkins
- 1319 Japan Nuclear powered emigrant ship. Takeuchi et al
- 1320 Japan Nuclear powered submarine tanker. Shigemitsu
- 2379 USA Performance evaluation of direct cycle boiling plants based on recent EBWR and Borax data. Harrer et al
- 84/Rev 1 UK Some design criteria for hydrogen/metal shields. Cooper et al
- 2352 USA Legal problems of liability and financial protection connected with radiation injuries. Stason

海技入門選書

小方愛朔著

船用内燃機関 (上巻)

A 5版 上製 170頁 定価 300円(〒30円)

取扱者の立場より、ただちに役に立つことを主眼として執筆されたもので、著者の永年の豊富な経験をあますところなく書きしるした最適の手引きの書である。

目次

- 第I章 基礎的知識
- 第II章 燃料および潤滑油
- 第III章 金属材料
- 第IV章 内燃機関の概要
- 第V章 要目と性能
- 第VI章 機関の主要部
- 第VII章 弁および弁装置
- 第VIII章 燃料装置
- 第IX章 点火装置

海技入門選書

小方愛朔著

船用内燃機関 (下巻)

A 5判 上製 200頁 定価 320円(〒30円)

目次

- 第X章 諸附属装置
 - 第1節 消音装置
 - 第2節 冷却装置
 - 第3節 潤滑装置
 - 第4節 始動装置
 - 第5節 推進装置
 - 第6節 伝達および逆転装置
- 第XI章 電気点火機関
 - 第1節 構造
 - 第2節 運転
 - 第3節 故障
- 第XII章 無水焼玉機関
 - 第1節 構造
 - 第2節 取扱
 - 第3節 故障
- 第XIII章 ディーゼル機関
 - 第1節 ディーゼル機関の概要
 - 第2節 ディーゼル機関の構造
 - 第3節 計器、材料試験等
 - 第4節 ディーゼル機関運転法
 - 第5節 故障
- 第XIV章 発動機取扱上の注意事項

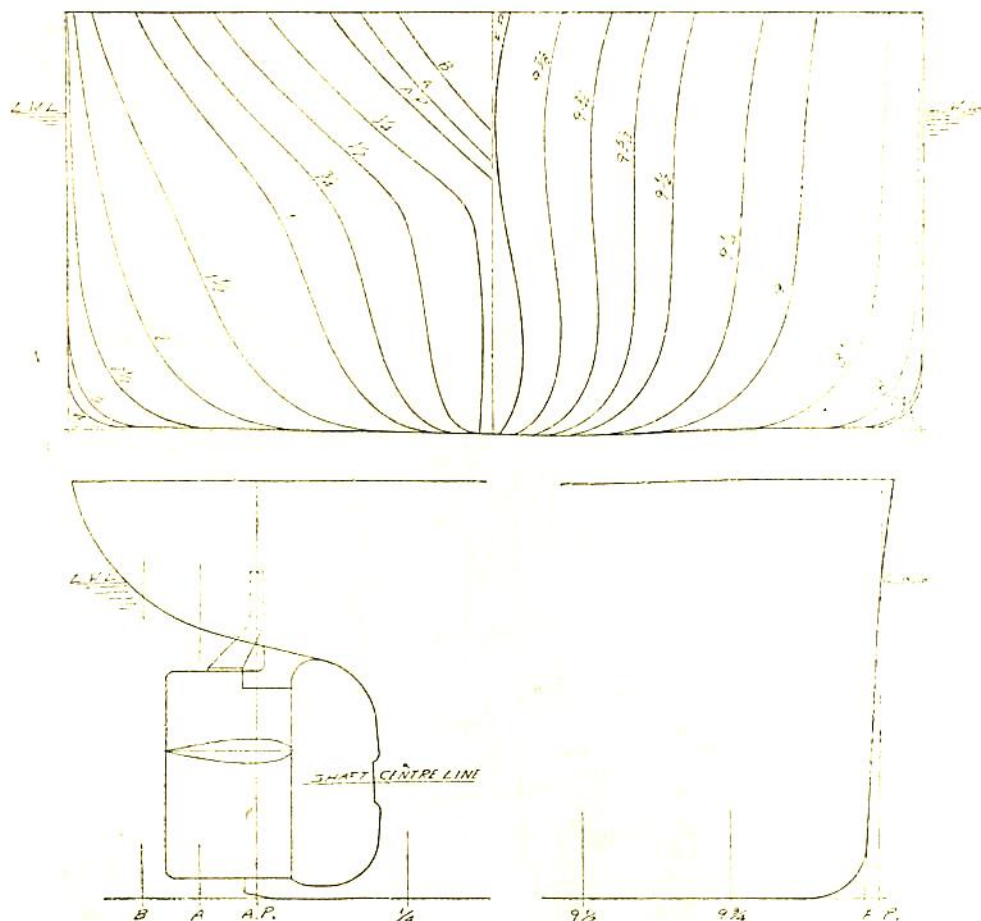
— 超大型油槽船の後進時の模型試験 —

M.S. 178 は載貨重量約 46,000 吨型の油槽船に対応する 6.5 米模型船で、その主要寸法は、試験に使用した模型プロペラの要目とともに、実船の場合に換算して第 1 表に示す。本船の方形係数は 0.799 であり、プロペラはトルースト型断面を有する 5 枚羽根のものである。正面線図および船首尾形状は第 1 図に示したが、図にみる如く、船首はバルバス・バウで、かつ舵は流線型舵を装備している。

後進時の抵抗および自航試験は満載状態に対してのみ実施されたが、その結果を、同時に実施された満載、半載および $\frac{1}{2}$ 載貨の 3 状態に対する前進時の試験結果と一括して第 2 図に示す。なお本図の作成に当つては摩擦抵抗係数としてシェーンヘルの式を使用し、実船に対す

る粗度修正係数 ΔC_f は 0 をとつている。また模型船と実船との間の伴流係数の相異に対する修正は施していないから、実船性能の推定に当つてはこれらの点に考慮を払う必要がある。

後進時の性能に関しては、本資料の 5 (第 24 巻第 6 号、昭和 26 年 6 月) に貨物船について 模型試験例 2 種を掲げたことがあるが、この場合は後進時の馬力は前進時に比し有効馬力で約 20% 増、伝達馬力では約 3 倍という結果であつた。M.S. 178 についてのこの数字はそれぞれ約 40% 増および約 5.5 倍という見当である。後進時の伝達馬力の増加は、抵抗増加のほか、プロペラ効率の増加とプロペラ後流により更に抵抗が増加するため上述の如き大きい値を示すものと考えられるが、特に本船の



第 1 図 M.S. 178 正面線図および船首尾形状図

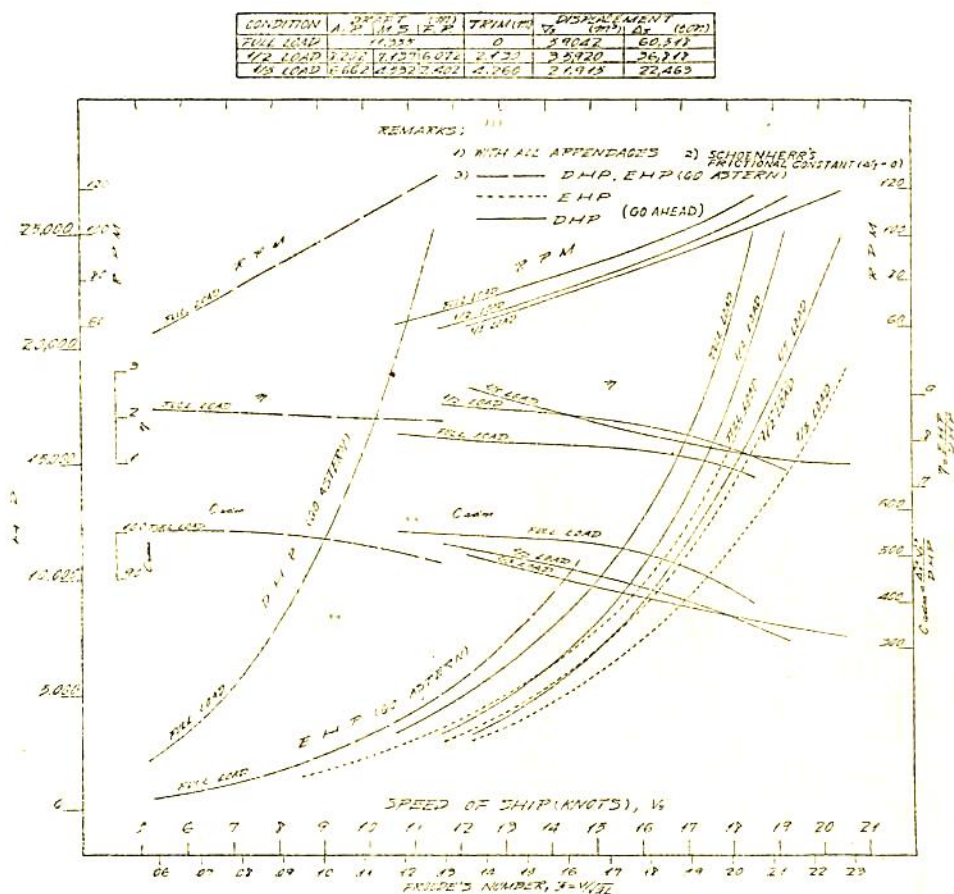
如きフルな船速にあつては、抵抗増加も普通型貨物船に
比し大きい上に、プロペラ後流による抵抗増加は、船型

がフルな程大きいことが示されていると見てよいであら
う。

第 1 表 要 目 表

M.S. No.	178
長 (L.P.P.)	213.00 米
幅 (B) 外板を含む	30.548 米
吃水 (d)	11.354 米
吃水線の長さ (L.W.L.)	217.500 米
排水量 (J)	60,518 屯
C_b	.799
C_p	.806
C_{Δ}	.992
lcb (L.P.P. の%にて)	-1.92
平均外板の厚さ	24 耗

M.P. No.	148
直 径	6.724 米
ボ ス 比	.185
ピ ッ チ (一定)	5.009 米
ピ ッ チ 比 (ノ)	.745
展開面積比	.541
翼 厚 比	.0521
傾 斜 角	9°
翼 数	5
回 転 方 向	右廻り
翼 断 面 形 状	トルースト型



昭和34年度計画外航定期船（含貨客船）建造希望申込一覽表

34. 7. 25. 運輸省造船課

造船所	船主	用途	船級	船型	G. T.	D. W.	L×B×D×d (M)	主 種	機 力	航海 速力	工 程			予定航路
											起	進	竣	
三菱日本 横濱	日本郵船	貨	LR NK	平甲板型	9,500	11,700	145.00×19.50×12.30×9.00	D	12,000	18.0	34. 11. 中	35. 2. 下	35. 6. 22	スエズ經由 歐洲
日 立	山下汽船	〃	NK	〃	9,300	12,650	145.00×19.60×12.40×9.28	〃	12,500	〃	34. 10. 初	35. 3 末	35. 6. 末	紐 育
因島	新日本汽船	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
佐野安	関西汽船	貨客	—	長船首樓型	2,600	2,200	82.50×13.70×6.90×5.30	〃	3,150	14.5	34. 9. 下	34. 12. 上	35. 3. 中	沖 縄
飯 野	飯野海運	貨	LR NK	平甲板型	9,250	12,000	145.00×19.50×12.30×9.18	〃	12,000	17.8	35. 3. 上	35. 7. 末	35. 11. 末	東 部 カナダ
新三 神 戸	大阪商船	〃	NK	〃	〃	〃	145.00×19.40×12.50×9.18	〃	〃	17.7	34. 12. 中	35. 3. 下	35. 6. 末	紐 育
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	35. 2. 中	35. 5. 下	35. 8. 末	〃
川 崎	川崎汽船	〃	〃	〃	10,100	13,330	150.30×20.50×12.90×9.38	〃	11,500	17.6	34. 9. 下	35. 1. 中	35. 4. 中	〃
〃	〃	〃	〃	〃	7,800	10,580	135.00×18.50×11.70×8.37	〃	7,500	15.6	35. 1. 中	35. 4. 下	35. 7. 中	南 西 阿
播 磨	東京船舶	〃	〃	〃	6,700	9,750	123.00×17.70×10.80×8.27	〃	5,500	14.2	35. 1. 下	35. 3. 下	〃	イ ン ド ネ シア
三 井	三井船舶	〃	LR NK	〃	9,550	11,600	145.20×19.60×12.50×8.80	〃	12,500	17.5	34. 9. 下	34. 12. 中	35. 4. 下	西 廻 世界一週
玉 野	〃	〃	〃	〃	6,550	8,350	123.00×17.60×10.70×7.60	〃	6,500	15.0	34. 10. 上	34. 12. 下	35. 5. 下	深 洲
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	34. 12. 上	35. 2. 下	35. 6. 下	ガ ル フ
三 島	三菱海運	〃	NK	〃	9,200	12,000	145.00×19.50×12.50×9.23	〃	12,000	18.0	34. 12. 上	35. 4. 上	35. 7. 末	紐 育
長崎	日本郵船	〃	LR NK	〃	9,435	11,700	145.00×19.50×12.30×9.00	〃	〃	〃	34. 9. 上	35. 1. 下	35. 4. 末	スエズ經由 歐洲
〃	大同海運	〃	〃	〃	9,850	12,110	148.00×20.50×12.50×9.25	〃	13,000	18.5	35. 1. 〃	35. 4. 〃	35. 7. 〃	紐 育
大 洋	大島運輸	貨客	NK	〃	2,000	850	82.00×12.90×7.20×4.70	〃	3,600	16.5	34. 11. 下	35. 3. 上	35. 6. 末	鹿 島 名瀬一那覇

計 12 社 17 隻 136,185 G/T 173,820 D/W

鋼船建造状況月報(34年6月)

船舶局造船課

(イ) 起工船

(昭和34年6月末までに報告のあつたもの)

造船所	船番	船主	総噸数	主機	用途	起工年月日
浦賀造船	755	東海運	6,000	D	貨物船	34. 6. 19
大阪造船	152	北星海運	4,700	〃	〃	34. 6. 5
瀬戸田造船	85	宮崎産業	1,935	〃	〃	34. 6. 3
今治造船	62	不 明	420	〃	〃	34. 6. 6
九州造船	235	共和産業海運	930	〃	〃	34. 6. 2
来島造船	33	加納幸雄	425	〃	油槽船	34. 6. 24
三保造船	250	松村友吉	410	〃	漁船(鮪)	34. 6. 24
〃	252	大沢楯右エ門	510	〃	〃	34. 6. 24
日立、桜島	3,881	バナマ	10,050	〃	輸出(貨)	34. 6. 8
鋼管、鶴見	749	ブラジル	21,800	T	〃(油)	34. 6. 23
三菱、長崎	1,505	バナマ	27,400	〃	〃(〃)	34. 6. 22
三井造船	634	デンマーク	12,700	D	〃(〃)	34. 6. 22
川崎重工	1,001	リベリヤ	30,500	T	〃(油兼鉾)	34. 6. 11
幸陽船渠	117	香洋海運	430	D	貨物船	34. 5. 9
竹原造船	70	枅本産業	450	〃	〃	34. 5. 9
他 40 隻 (400 噸未満) 6,344 総トン						
起工船合計			55 隻	125,004 総噸		

(ロ) 進水船

(昭和34年6月末までに報告のあつたもの)

造船所	船番	船名	船主	総噸数	主機	用途	進水年月日
三井造船	639	松戸山丸	三井造船	9,550	D	貨物船	34. 6. 20
日立、因島	3,875	志賀春丸	新日本汽船	9,300	〃	〃	34. 6. 4
来島船渠	23	五 星 丸	扶桑海運	2,850	〃	〃	34. 6. 6
四国ドック	508	第12天社丸	神原汽船	2,250	〃	〃	34. 6. 12
佐野安船渠	171	朝 光 丸	曉 海 運	450	〃	〃	34. 6. 24
尾道造船	62	海 平 丸	嶋 谷 汽 船	3,200	〃	〃	34. 6. 24
中村造船	161	た い ら 丸	近 藤 海 運	1,000	〃	〃	34. 6. 30
宇品造船	341	新 辰 丸	新 辰 汽 船	450	〃	〃	34. 6. 21
福島造船	150	静 弘 丸	丸 二 商 会	550	〃	〃	34. 6. 6
白 杵 鉄 工	1,018	多 賀 丸	白 井 商 店	850	〃	〃	34. 6. 24
〃	1,007	高 砂 丸	近 藤 商 船	2,550	〃	〃	34. 6. 18
鋼管、鶴見	760	宏 和 丸	太平洋海運	21,800	〃	油槽船	34. 6. 20
飯野重工	46	鶴 邦 丸	飯 野 海 運	29,400	〃	〃	34. 6. 20
川崎重工	972	月 興 丸	東京タンカー	24,700	T	〃	34. 6. 9
波止浜造船	78	開 盛 丸	第二盛運汽船	699	D	〃	34. 6. 30
四国ドック	513	神 明 丸	神戸石油船	990	〃	〃	34. 6. 21
三保造船	247	第3加喜丸	徳 島 水 産	450	〃	漁船(鮪)	34. 6. 2
九州造船	232	一	旭 土 建	600	—	雑船(浚)	34. 6. 20
飯野重工	45	Corinthic	バナマ	10,100	D	輸出(貨)	34. 6. 15
新三菱、戸神	886	Cfephalonia	〃	24,700	T	〃(油)	34. 6. 30
三菱、長崎	1,504	Naess Thunder	〃	27,400	〃	〃(〃)	34. 6. 22
播磨造船	542	Desh Deep	イ ン ド	7,500	D	〃(〃)	34. 6. 30

大阪造船	147	Inagua Tern	リベリヤ	493	D	300	輸出(油)	34. 6. 27
向島船渠	45	正 向 丸	正 向 海 運	400	〃	420	貨 物 船	34. 5. 7
土佐造船	119	楽 洋 丸	丸 楽 商 運	425	〃	550	〃	34. 5. 21

他 40 隻 (400 トン未満) 6,903 総トン

進水船合計 65 隻 189,561 総トン

警備艦進水

(昭和34年6月末までに報告のあつたもの)

造船所	船番	船名	注文者	排水屯	主 機	型 式	進水年月日	
浦賀船渠	751	は る さ め	防 衛 庁	1,700	T	15,000×2	甲 礮	34. 6. 18
新三菱, 神戸	1,003	て る づ き	〃	2,300	〃	22,500×2	O. S. P.	34. 6. 24
三菱長崎	1,530	あ き づ き	〃	〃	〃	〃	〃	34. 6. 26

合 計 3 隻 6,300 排水屯

(ハ) 竣工船

(昭和34年6月末までに報告のあつたもの)

造船所	船番	船名	船主	総屯数	主	機	用	途	竣工年月日
三菱, 日本	830	埼玉丸	日本郵船	9,350	D	12,000	貨物船		34. 6. 11
川崎重工	986	熊野丸	日之出汽船	5,050	〃	4,000	〃		34. 6. 15
新三菱, 神戸	904	しかご丸	大阪商船	9,250	〃	12,000	〃		34. 6. 27
釜戸船渠	206	上島丸	靖和汽船	1,995	〃	1,700	〃		34. 6. 30
白杵鉄工	1,017	彌栄丸	近海商船	690	〃	950	〃		34. 6. 6
塩山船渠	241	第2海晴丸	田淵海運	670	〃	800	〃		34. 6. 8
尾道造船	61	隆海丸	室町海運	2,500	〃	2,400	〃		34. 6. 9
宇品造船	337	昭友丸	友松産業	415	〃	550	油槽船		34. 6. 30
三保造船	247	第3加喜丸	徳島水産	450	〃	900	漁船(鮪)		34. 6. 30
林兼造船	931	第3隆邦丸	日東捕鯨	430	〃	3,000	〃(捕鯨)		34. 6. 5
日立, 桜島	3,885	臨海1号	森田汽船	500	—	—	雑船(浚)		34. 6. 2
〃	3,886	〃2号	〃	〃	—	—	〃(〃)		34. 6. 2
函館ドック	242	Piran	ユーゴスラビヤ	10,900	D	7,200	輸出(貨)		34. 6. 27
鋼管, 潜水	150	Deneb	リベリヤ	12,400	〃	7,500	〃(〃)		34. 6. 16
日立, 桜島	3,812	Delphic Oracle	バナマ	12,800	〃	8,750	〃(〃)		34. 6. 26
三菱, 広島	142	Theomana	ギリシヤ	10,200	T	7,150	〃(〃)		34. 6. 5
新潟鉄工	265	Oriente	キューバ	2,300	D	2,900	〃(〃)		34. 6. 10
三菱, 日本	825	Ahoros Tanker	バナマ	23,600	T	19,000	〃(油)		34. 6. 13
尾道造船	58	宮古丸	琉球球	940	D	1,500	〃(貨客)		34. 6. 20
日立, 向島	3,873	Dnestr	ソ連	500	〃	1,210	〃(鮪)		34. 6. 5
岸上造船	—	第2進徳丸	進徳海運	495	〃	600	貨物船		34. 5. 30
東北造船	7	玉島丸	東北海運	850	—	—	雑船(浚)		34. 5. 28

他 37 隻 (400 トン未満) 5,453 総トン

竣工船合計 59 隻 112,238 総トン

警備艦竣工

(昭和34年6月末までに報告のあつたもの)

造船所	船番	船名	注文者	排水屯	主 機	型 式	竣工年月日	
三菱, 下関	531	高 速 5 号	防 衛 庁	30	D	800×2	高速救命	34. 6. 12

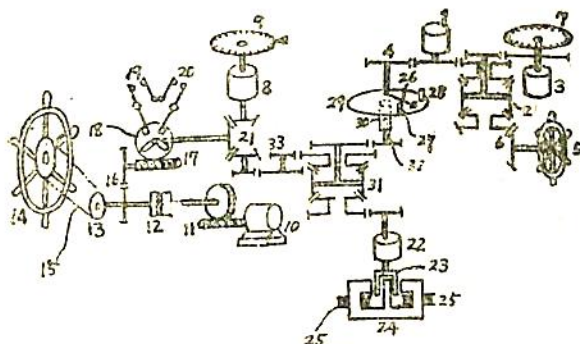
1 隻 30 排水屯

特許解説

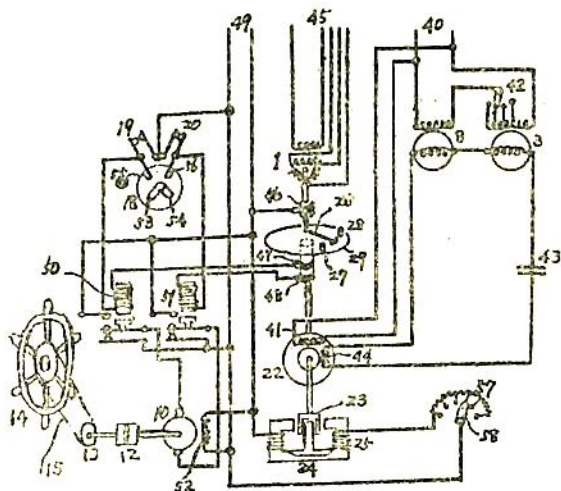
特許庁 飯沼義彦

自動操舵装置における天候に対する調整装置（昭和34年特許出願公告第5,078号、発明者・佐々木準一、同・小林実、同・前田金蔵、出願人・株式会社北辰電機製作所）

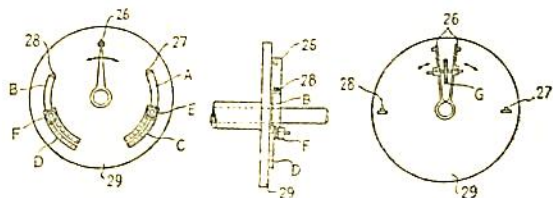
本発明は特許第192,363号「自動操舵装置」の改良に関するもので、荒天時における船のヨーイングに対して舵取回数を減少させるための調整装置を前記自動操舵装置に設けたものである。図面について述べると第1図は特許第192,363号の発明による自動操舵装置の機械的系統図、第2図はその電気的系統図、第3図は本発明による天候に対する調整装置の平面図、第4図はその側面図、第5図は本発明による別の実施例の平面図である。まず特許第192,363号の発明の概略を説明すると第1、2図に



第1図



第2図



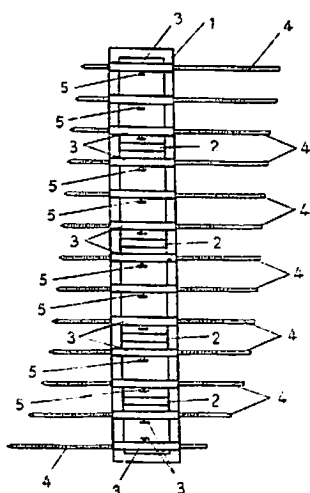
第3図

第4図

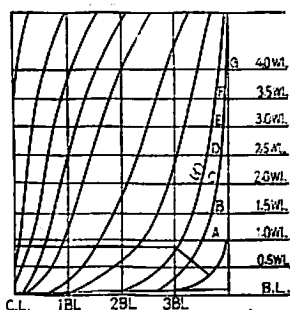
第5図

示すように船の所定針路よりの偏角に対応して回転変圧器3に発生する電圧と舵角に対応して電圧発生器8に発生する電圧とが界磁線輪44において合成され、この合成電圧に応じて回転する追従電動機22は二つの電気接点27, 28を具えた円板29を駆動回転させる。一方、方位電動機1により駆動回転される接触片26が前記二つの接点27, 28の間に介在し、接触片26の回転速度と円板29の回転速度との相対的關係によつて接触片26は2接点27, 28のいずれか一方と接触するかまたはいずれとも接触しない。そして接点27, 28のいずれか一方が接触片26と接触するとそれに応じてリレー50または51のいずれか一方が作動して操舵電動機10を正転または逆転させ操舵が行なわれる。この場合接点27, 28の接触片26に対する接触間隔は一定しているから、この間隔が狭い場合は荒天時における船体のヨーイングに伴つて無用の舵取が頻繁に行なわれることになり操舵装置をいためることになる。本発明は上記接点の接触間隔を天候に応じて調整できるようにしたもので、第3, 4図に示すものは接点27, 28をその保持片C, Dから突出自在に構成してありクランプE, Fにより調節固定される。また第5図に示すものは接触片26に2脚を設けその両脚の間隔をスプリングコンパスの調整機構によつて調整できるようにしている。このように本発明によれば荒天時ヨーイングの激しいときは接点27, 28と接触片26との間隔を大きくしてヨーイングに対する感度を減ずることができるが、さらに本発明はヨーイングに対する不感帯を大きくしても船がヨーイングを行ないつつその平均針路が予定針路からずれる場合は接点27, 28のいずれか一方が閉じて操舵電動機10を作動させる点に特色があり、従来天候に対する調整手段として行なわれている偏角検出部に遊びを設けて感度を低下させる場合に比べて針路保持の精度が良い。

造船用フレーム曲げの方法（昭和34年特許出願公告第5,079号、発明者・永恒義一、同・佐藤信、出願人・日立造船株式会社）



第 1 図



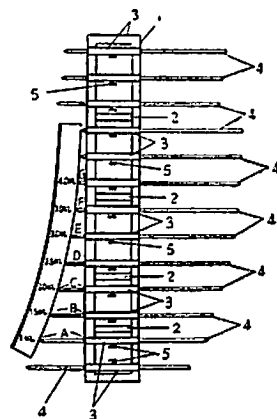
第 2 図

フレーム (cm)	0.5 WL	1.0 WL	1.5 WL	2.0 WL	2.5 WL	3.0 WL	3.5 WL	4.0 WL	2nd BL 位置
1	A	B	C	D	E	F	G		
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									

第 3 図

従来造船工作において行なわれているフレームの曲げ加工は各フレーム毎に現図の正面線図に直接合わせて曲げ型を製作し、しかも曲げ加工後は大方型材を廃材とし

ているが、本発明は現図の正面線図からフレームラインと各水線との交点の座標を求め、その値を可調節の型材に与えて曲げ型を得るようにしたフレームの曲げ加工法に係るもので、曲げ型の製作工程を短縮するとともに曲げ型を繰返し使用できるようにしている。以下図面について述べると第 1 図は本発明において使用されるフレーム曲げ型装置の平面図で、基部 1 には多数の管体 3 が互に平行に正面線図における水線間隔をもつて設けられ、



第 4 図

各管体に目盛付指示棒 4 が止金具 5 によりその位置を調節できるように挿通されている。第 2 図は正面線図の一部を示すもので本発明により例えば第 2 図におけるフレーム (イ) の曲げ型を得るにはまず各水線上において船側線とフレーム (イ) との距離 A, B, C, ..., G を求めて第 3 図のように表を作成し、これらの値を第 4 図に示すように目盛付指示棒 4 に与えれば各指示棒の先端の位置によつてフレーム (イ) の曲げ型が形成される。このように本発明は正面線図から第 3 図のごときフレームラインの位置を示すオフセットを作成し、その値を可調節の曲げ型装置に入れて曲げ型を形成するようにしたので簡単に曲げ型が得られるとともに多量の型材を節約できる利点がある。

船 舶 第 32 卷 第 8 号

昭和 34 年 8 月 12 日発行
定価 150 円 (送 12 円)

発行所 天 然 社

東京都新宿区赤城下町 50

電 話 東京 (34) 1908

振 替 東京 79562 番

発行人 田 岡 健 一

印刷人 研 修 舎

購 読 料

1 冊 150 円 (送 12 円)

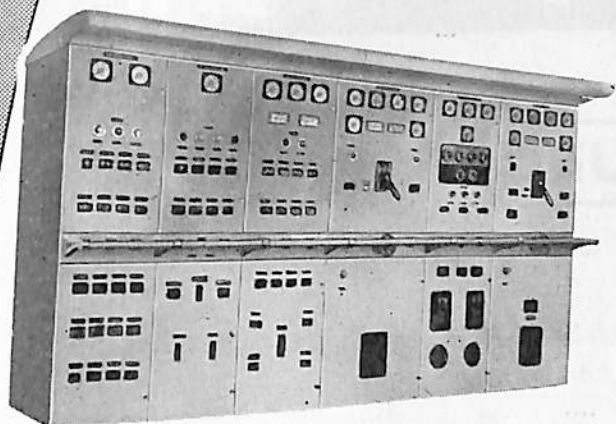
半年 (前金予約) 800 円

1 年 (") 1,500 円

半年および 1 年の直接前金予約
購読の方にかぎり増頁による特
別号等特価の場合も差額を頂戴
いたしません

NIKKO

ノーヒューズ専門メーカー



完全電磁式FM型

サーキッドブレーカー

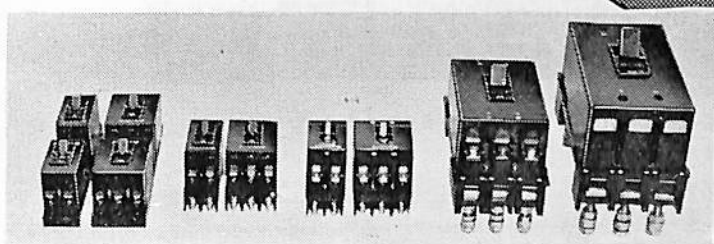
設計・製作
各種配電盤
区分電盤
各種遮断器

◎ 配電盤用
225 A フレーム
NK認電4047号

◎ 配電盤用
100 A フレーム
NK認電4046号

◎ 動力分電盤用
50 A フレーム
NK認電4035号

◎ 電灯分電盤用
30 A フレーム
NK認電4045号



NK

株式会社 日幸電機製作所

東京都世田谷区玉川奥澤町1丁目275番地
電話 田園調布(72)代表6191-(5), 3313

最低値と小型化の決定版

JRCL-7-

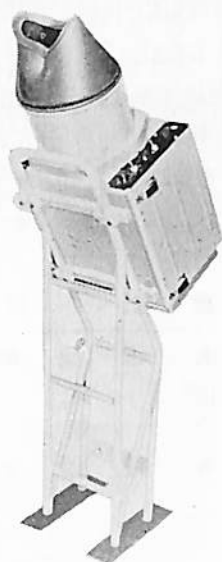
超 小 型

JMA-107 型

性能

JRC

- 空 中 線 反射鏡 長さ4呎 重量40 kg, 平均風速40 米に耐える
水平輻射角度 2°
- 送 受 信 機 周波数 9345~9405 Mc, 尖頭出力 8 KW 以上, パルス巾
0.25 μ s 繰返し周波数 1000 サイクル, 415 巾×500 高×
246 mm 奥行, 重量 28 kg
- 指 示 機 7 吋, メタルバック, ブラウン管, 2.8 及び 20 哩の 3 範
囲, 距離分解能は 70 米, 方位分解能 2°, 最小探知距離
70 米, 310 巾×302 高×724mm 奥行, 重量 20kg
- 電 源 JMA-107 A 24 VDC
JMA-107 B 100 VDC
JMA-107 C 110V 60 c/s



JMA-108 型 レーダー (中型)

周 波 数 9320~9430 Mc 尖 頭 出 力 30 KW パルス巾 0.4 μ s
254 mm メタルバック, ブラウン管 2, 5, 10, 25, 40 哩の 5 範囲, 最小探知距離 80 米

東京・港・芝田村・1~7 才3 森ビル 電話 (59) 9311 (10), 9321 (5)

大阪・北・堂島中 1~22 電話 (34) 0656~9

日本無線株式会社

天然社・海軍工学図書

田中兵衛著 B5 上製 200頁 500円 (送50円)
 天然社編 B5 上製 260頁 900円 (送50円)
 船舶の写真と要目 才6集(1958年版)
 清宮定著 A5 上製 100頁 180円 (送30円)
 船舶用蒸気機関
 庄司和民著 A5 上製 140頁 270円 (送30円)
 航海計器学入門
 小方愛朔著 A5 上製 170頁 300円 (送30円)
 船舶用内燃機関 (上)
 小方愛朔著 A5 上製 200頁 320円 (送30円)
 船舶用内燃機関 (下)
 横田利雄著 A5 上製 150頁 280円 (送30円)
 海事法規
 米田龍次郎著 A5 上製 130頁 280円 (送30円)
 操船と応急
 中島保司著 A5 上製 170頁 300円 (送30円)
 船舶運航要務
 野原威男著 A5 上製 110頁 180円 (送30円)
 船舶用プロペラ
 豊田清治著 A5 上製 160頁 280円 (送30円)
 推測および天文航海
 田中岩吉著 A5 上製折込4葉140頁定価260円 (送30円)
 海上運送と貨物の船積
 (前篇)海上運送概説
 田中岩吉著 A5 上製 170頁 290円 (送30円)
 (後篇)貨物の船積
 陶谷宏士著 A5 上製 160頁 300円 (送30円)
 船舶の構造及び設備風具
 上坂太郎著 A5 上製 160頁 280円 (送30円)
 沿岸航海法
 横田利雄著 A5 上製 140頁 230円 (送30円)
 船舶の保存整備
 陶谷宏士著 A5 上製 130頁 220円 (送30円)
 風代勉著 A5 70頁 100円 (送20円)
 日本船舶信号法解説
 天然社編 A5 120頁 170円 (送30円)
 船舶職員国家試験模範解答(甲種機関科)
 石田千代治・真壁忠吉著 上製 340頁 680円 (送50円)
 蒸気ボイラ
 渡多野浩著 A5 上製 350頁 700円 (送50円)
 航海計器第1巻
 依田啓二著 A5 上製 280頁 380円 (送50円)
 新海上衝突予防法概要
 浅井・上坂共著 A5 上製 290頁 480円 (送50円)
 地文航海法
 天然社編 B5 上製 8段組 200頁 500円 (送50円)
 (品切)船舶用品便覧
 造船協会鋼船工作研究委員会編
 A5判アート 220頁 (折込11枚) 450円 (送50円)
 船舶の溶接工作法
 福永彦又著 A5 上製 240頁 400円 (送50円)
 海図の見方
 浅井・豊田共著 A5 上製 280頁 450円 (送50円)
 天文航海法
 岐島直人著 A5 箱入 250頁 450円 (送50円)
 船舶位置誤差論
 宇田道隆著 A5 上製 300頁 500円 (送50円)
 海洋気象学
 和達・島山・福井監修 A5 450頁 1200円 (送50円)
 気象辞典
 中谷勝紀著 A5 箱入 230頁 500円 (送50円)
 船舶用チーゼル機関の解説
 上野喜一郎著 A5 箱入 630頁 850円 (送50円)
 船舶安全法規

天然社編 B5 上製 220頁 450円 (送50円)
 船舶の写真と要目 才2集(1953年版)
 天然社編 B5 上製 230頁 650円 (送50円)
 船舶の写真と要目 才3集(1955年版)
 天然社編 B5 上製 180頁 650円 (送50円)
 船舶の写真と要目 才4集(1956年版)
 天然社編 B5 上製 260頁 900円 (送50円)
 船舶の写真と要目 才5集(1957年版)
 上田篤次郎著 A5 上製(折込7枚) 500円 (送50円)
 船舶用電気設備
 造船協会電気溶接研究委員会編
 A5判絵アート 200頁 360円 (送40円)
 船舶の溶接設計要覧
 小林恒治著 A5 上製 260頁 420円 (送50円)
 實用航海術
 小野寺道敏著 A5 上製 340頁 500円 (送50円)
 気象と海難
 山縣昌夫著 B5 上製 350頁 850円 (送50円)
 船型学(推進篇)
 山縣昌夫著 B5 上製図表別冊 700頁 (送50円)
 (品切)船型学(抵抗篇)
 上野喜一郎著 A5 上製 280頁 380円 (送50円)
 (品切)船舶の歴史 才1巻 古代中世篇
 上野喜一郎著 A5 上製 300頁 420円 (送50円)
 船舶の歴史 才2巻 近代篇船体
 上野喜一郎著 A5 上製 340頁 500円 (送50円)
 船舶の歴史 才3巻 近代篇推進
 米國造船機学会編 米原令敏訳 各 B5 上製
 船用機関工学(第1分冊)650円(送50円)
 " (第2分冊)520円(送50円)
 " (第3分冊)700円(送50円)
 " (第4分冊)800円(送50円)
 " (第5分冊)900円(送50円)
 茂在寅男著 B6 上製 210頁 280円 (送40円)
 解説「レーダー」
 橋本・森共著 A5 上製 200頁 300円 (送40円)
 船舶積荷
 小野錫三著 A5 上製 170頁 250円 (送40円)
 船舶用聯動汽機
 矢崎信之著 B6 上製 300頁 250円 (送40円)
 船舶用機関史話
 渡辺加藤一著 A5 上製 200頁 280円 (送40円)
 荒天航海法
 小谷・南・飯田共著 A5 上製 340頁 450円 (送50円)
 機関士必携
 依田啓二著 A5 上製 400頁 450円 (送50円)
 船舶運用法
 小谷信市著 A5 上製 300頁 350円 (送50円)
 船舶用補機
 高木淳著 A5 上製 240頁 300円 (送50円)
 初等船舶算法
 中谷勝紀著 A5 上製 320頁 350円 (送50円)
 船舶用チーゼル機関
 中谷勝紀著 A5 上製 200頁 250円 (送40円)
 船舶用燒玉機関



古き歴史と
新しい技術を誇る

三ッ目印 清 罐 剤

登録 罐水試験器
実用新案

一般用・高圧用・特殊用・各種

最新の技術、35年の経験による
特許三ッ目印清罐剤で汽罐の保護と
燃料節約を計って下さい。
罐水処理は何んでも御相談下さい。
営業品目

三ッ目印清罐剤 三ッ目印罐水試験器
罐水試験試薬各種 磷酸根試験器
BR式PH測定器 試験器用硝子部品
PTCタンク防蝕剤

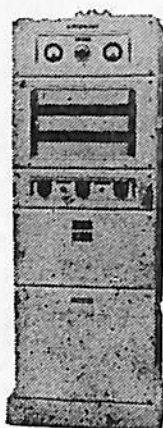
内外化学製品株式会社

本社 東京都品川区大井寺下町1421
電話 大森 (76) 2464~6
大阪出張所 大阪市西区本町1の3 電(54) 1761

能美式(船舶安全法規定)

SMOKE DETECTOR

CO₂瓦斯消火装置



自動火災警報装置
其他警報消火装置一般
言及言十。

製作、
工事、
保全。



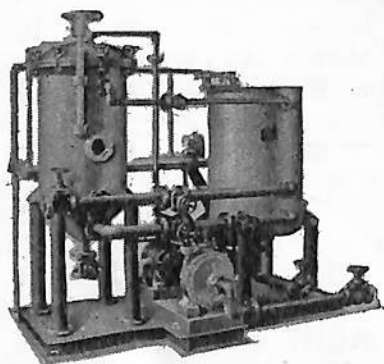
能美防災工業株式会社

東京都千代田区九段四ノ一三
電話 東京 (33) 代表 8301~9
出張所 大阪・名古屋・広島
福岡・仙台・札幌

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

- ◎一回の濾過で完全清澄
(0.1ミクロン迄微粒子完全除去保証)
- ◎据付面積最小
- ◎操作簡便



- ▽復水中の油分除去
- ▽飲料水用
- ▽燃料油・機械油・潤滑油の浄化
- ▽溶槽浄化用



クーポン
はがきに御氏名
記入の上貼付し
御申込み下さい
カタログを差し
上げます。
船 舶
一切取線

ミウラ化学装置株式会社

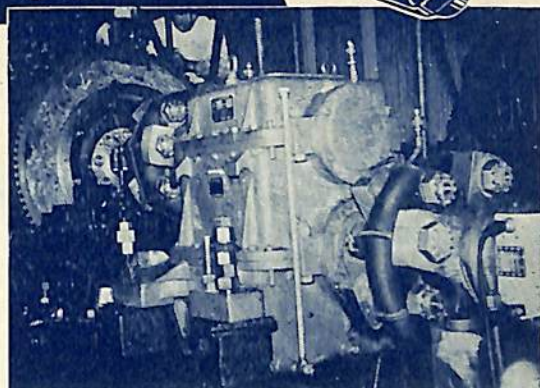
東京都目黒区下目黒3の541 電話 目黒 (712) 2265
大阪市住吉区帝塚山東二丁目13 電話 住吉 (67) 0251・0252
弊社直接或いは……代理店を通じて御照会下さい。
代理店 三菱商事・第一物産・日協産業・大戸商会

住友の防振ゴム CG型ゴムカップリング



第一港湾局の向 黒部丸 (65 吨 タグボート)
主機 軸継手に住友の CG 型ゴムカップリングが採用
されました。

既に CG カップリングは鉄道車輛、自動車、産業機械
を初め多数採用され好評を得ておりますが、船舶主機の
継手としての採用は本邦で最初のものであり、伏木港に
於て曳き船として運航中であり、船体の振動は少なく従
って乗員の居住性についても良好であります。之等から
CG カップリングは船用エンジンのねじれ振動の防止と
云う問題について今後大きな意義を持つものであると思
われます。

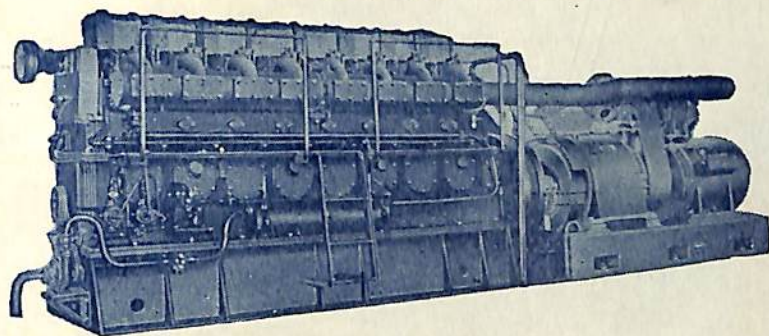


住友電気工業株式会社

本社 大阪市此花区恩貴島南之町 60 電話大阪 (46) 1031 (大代表)
支社 東京都港区芝罘平町 1 電話東京 (50) 3421 (代表) 3461 (代表)

船舶補機……

発電・動力・ポンプ用に



補機用 9 ~ 1000 馬力
主機用 5 ~ 90 馬力

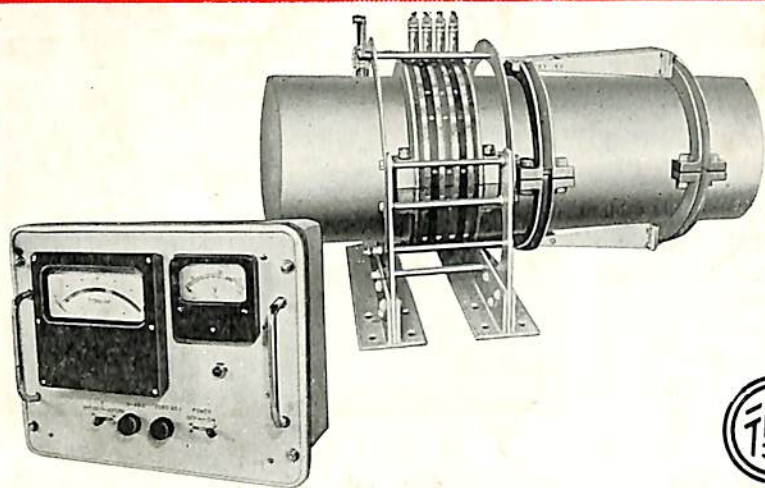
クボタ
ディーゼル



久保田鉄工株式会社

大阪市浪速区船出町 2 丁目 東京・福岡・札幌・名古屋・室蘭

電気式船用トルクメーター



本機は我国最初の測定機にして航行中の船用プロペラ軸のトルクを常時、測定、監視する遠隔指示電気式トルクメーターであります。

該写真は三菱造船株式会社長崎造船所御建造のマリエッタ号に装備致したものであります。

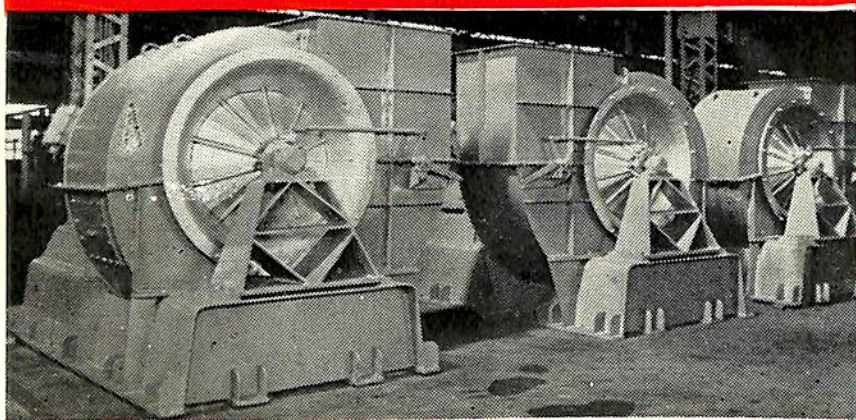


東京都品川区北品川4の516・TEL 白金(44) 1141 (代表)
大阪市南区八幡町6 ・TEL 南 (75) 6140
福岡県宗像郡津屋崎町・TEL 津屋崎 104

株式会社 東京衡機製造所



豊富な経験・斬新な設計!



日立

船舶用
送風機

ボイラ押込用プロペラファン
ウインチ室換気用デスクファン
船内倉庫換気用プロペラファン

機関室換気用プロペラファン
主機関掃除用ターボブロク
その他

日立製作所

N-04

保存委番号:

52092

IBM 5541

船舶

才三十二卷

才八号

昭和五十五年三月二〇日 第三種郵便物認可
昭和三十四年八月十二日 印刷(毎月一回)

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
印刷所 新潟市東堀通一
研修 舎

本号定価 一五〇円 発行所 天

然社
東京都新宿区赤城下町五〇番地
電話 東京 〇七九六二番
振替 東京 〇一九〇八番